第二部
ポスターセッション

SP1

舟棺の出土状況

○河原純之（千葉大学）
岡本東三（同）
内田貴陽（同大学院）

大寺山洞穴からは、十二基の舟棺が出土している。発掘区は洞穴の南半分のみに設定したので、洞穴全体の埋葬はさらに増える可能性もある。舟棺は洞穴の南壁に沿って、ほぼ一列に、かつ一部は重なりながら出土した。

これら舟棺が、通有の舟形木棺と異なることは、一号舟棺の洞穴奥側から出土した半月形の隔壁材によって明らかになった。この隔壁材は７号舟棺の棺底内面に彫り込まれた、幅 4cm の溝にはめ込んだものと考えられるが、　隔壁材は、幅（弦）約 27cm、高さ約 20cm 厚さ約 5cm で全面に赤彩が施されている。この隔壁材の上辺に磨耗痕が認められるため、この舟棺が葬送に際して特別に造られた棺ではなく、実用されていた舟に赤彩を施して、葬送に転用されたものであることがわかる。

１号舟棺が最も遺存状態が良好である。舳先もよく残り、先端近くには両側縁内側には角材を受けるほぞ穴が施されていた。舳先は洞穴開口部を向いていた。

11 号舟棺は３号棺が転覆して覆いかぶさっていたため、当初は、３号舟棺を蓋だと考えていたが、３号舟棺を取り上げて内部の精査をしたところ遺物、人骨を断片的に検出したに過ぎず、蓋ではなく、本来独立した舟棺が、なんらかの作用で 11 号舟棺の上にひっくり返ってかぶさったものと思われる。

２号舟棺はもっとも洞穴開口部近くから出土したもので、人骨の依存度はもっとも良好であった。三体の人骨が、仰臥伸展葬の状態で、頭位を開口部に向けて埋葬されていた。人骨の遺存度には明確な差があり、一定の時期差をもって追葬されたことがわかる。

６・７・８号舟棺は１号舟棺の下から出土した。６号舟棺は平板である。以下７・８号舟棺が下に重なっている。　７号舟棺には、上述の通り隔壁材を受けるためとみられる溝が二条刻まれていた。４～６ ·10・12 号舟棺は平板な状態で出土した。土圧による変形とみられる。

１号舟棺の下、６号舟棺との間に横木が渡してあり、また 11 号舟棺の先端部周辺に角礫を配置してあり、いずれも舟棺の安定を企図したものかと考えられる。その他、３号舟棺が転覆していたように、他の棺も棺内から遺物、人骨が検出することは稀で、多くは、後世の撹乱を受けていたものと思われることからこれら舟棺は、土中に埋納されたのではなく、壁際に次々に立て掛けるように安置していったものと考えられる。洞穴内の土質は乾燥した砂質であり、そのためか舟棺の周囲に明確な掘り方は確認されなかった。また、１号舟棺の舳先近くから鎌倉時代のものとみられる和鏡が出土している。これらのことも上の推定を補強する。安置の行われた順序は、８→７→６→１→ 11 →３→４号舟棺の順序が重なり合いから確実であるが、２・５・10・12 号舟棺は位置が離れているため不明である。舟棺の材質は、スギである。東北大学理学部鈴木三男教授の鑑定による。

参考文献
千葉大学考古学研究室　1993『大寺山洞穴測量調査概報』
千葉大学考古学研究室　1994『大寺山洞穴第１次発掘調査概報』
千葉大学考古学研究室　1995『大寺山洞穴第２次発掘調査概報』
千葉大学考古学研究室　1996『大寺山洞穴第3·4 次発掘調査概報』
千葉大学考古学研究室　1997『大寺山洞穴第５次発掘調査概報』
千葉大学考古学研究室　1998『大寺山洞穴第６次発掘調査概報』

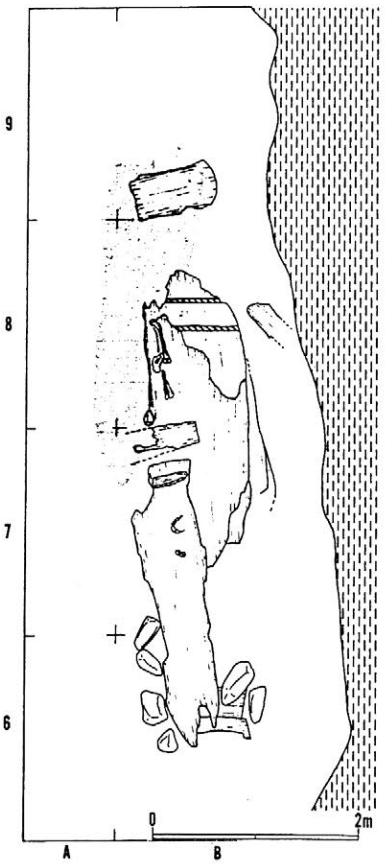


図１　舟棺および横木出土状況
（１号舟棺取上げ後）

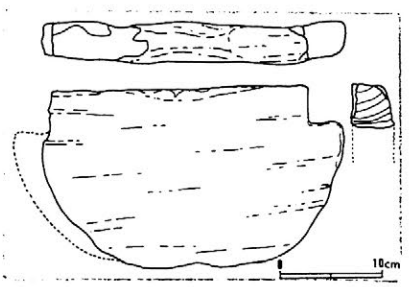
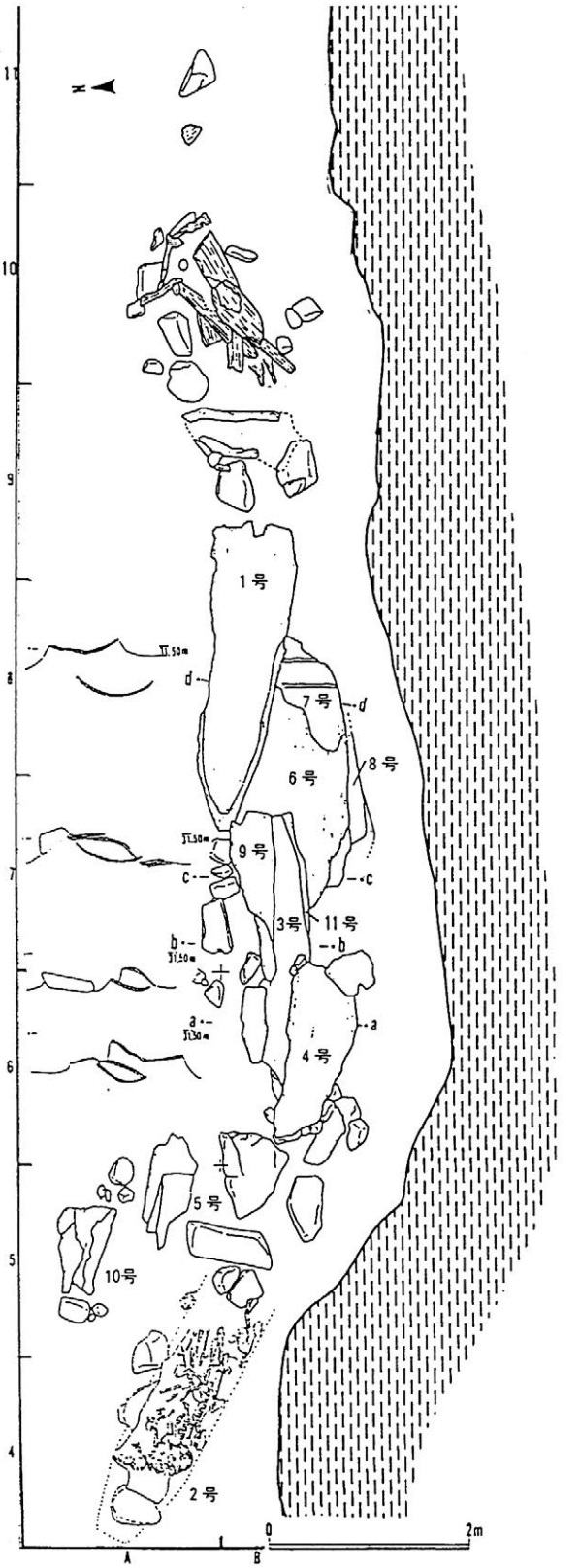


図２　隔壁材 ▲

図３　舟棺出土状況（全体図）▶



SP2

大寺山洞穴遺跡の出土遺物

○河原純之（千葉大学）
岡本東三（同）
内田貴陽（同大学院）

千葉県館山市大寺山洞穴は、約六千年前、縄文海進時に凝灰岩質砂岩が波浪に侵食されてできた海食洞穴である。その後の海退と地殻変動により現在の標高は約 30m となっている。洞穴の規模は開口部の幅 5.5m 高さ 4.0m 奥行き 29.0m である。ここに営まれた古墳時代の洞穴墓の発掘調査を千葉大学考古学研究室が中心となって 1993 年以来おこなってきた。遺跡の時期は古墳時代中期～後期の四次にわたっている。　副葬品の内容は、房総半島の前方後円墳、大形円墳に匹敵するものであり、大和政権との関係において重要な地位を担っていたと考えられるが、墳丘を築かず洞穴をそのまま利用した点が特徴的である。

洞穴内は、雨が吹き込むこともなく、天井の風化による砂の堆積でおおわれ、非常に乾燥した状態であった。このことが、塩分の多い地勢ながらも鉄製遺物その他の保存に有効であったかと考えている。以下遺物を種類別に記載する。

土器類　土師器は鬼高期のものが中心で和泉期のものが混じる。坏を中心に高坏、短頸壷、甕も出土している。特に坏、高坏には、赤彩が施されたものが目立つ。須恵器の出土は多くはないが大きく４期に分けられる。１の大形甕が五世紀後半代、２の短脚高坏が六世紀初頭、４の長脚高坏が六世紀後半代、６の平瓮が七世紀前半代のものと思われる。

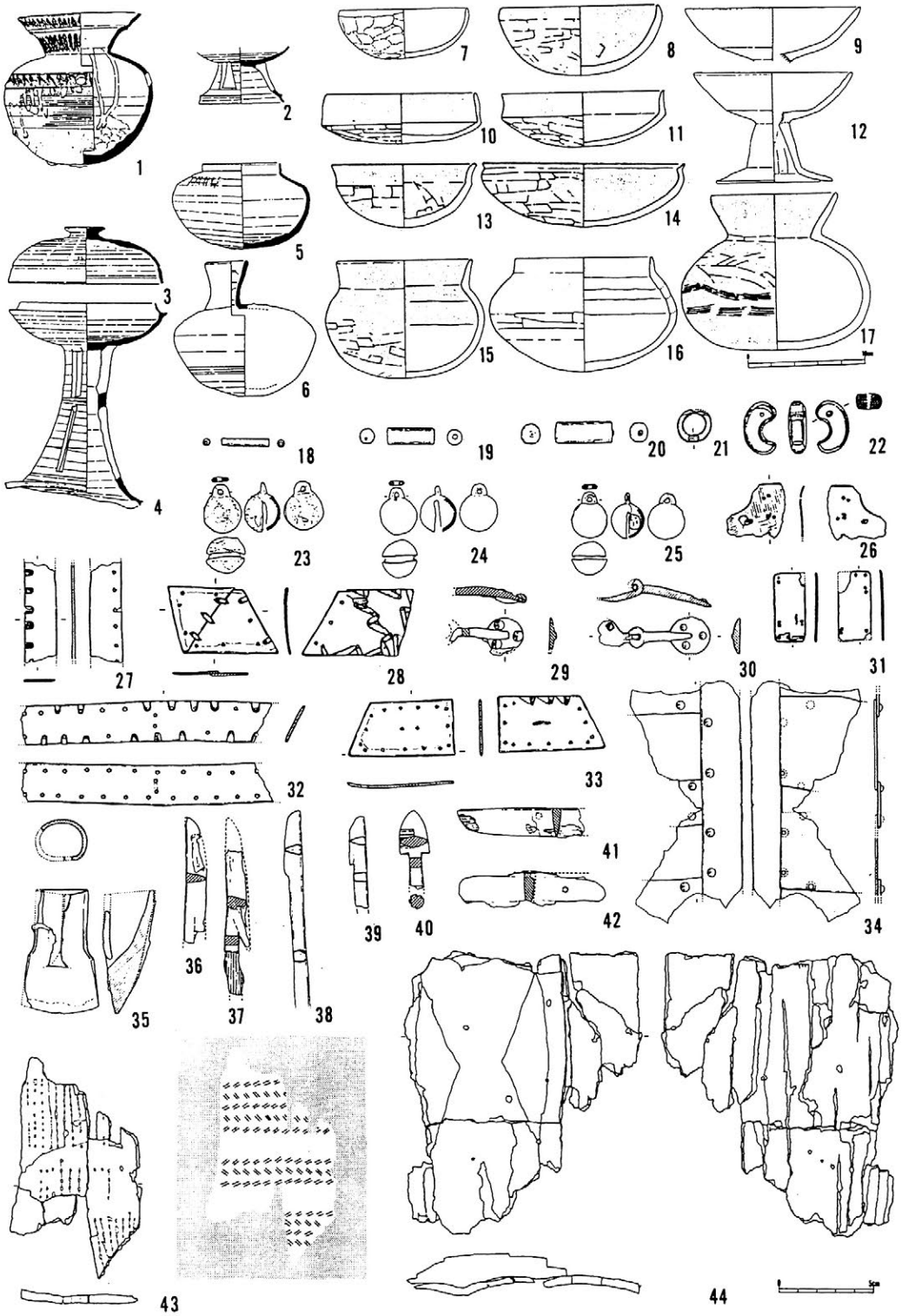
装身具　玉類を主とする。碧玉製の管玉が、径 0.45mm の細身のものが四点、径 0.75 ～ 0.98mm の中太が八点、1.15 ～ 1.25mm の太身が、三点、細身以外は片側穿孔である。埋もれ木製とみられる管玉が三点、径は 0.7 ～ 0.9mm で両側穿孔である。ガラス製小玉が６１点、色はエメラルドグリーンから濃紺色までさまざまだが、青色を基調とする。琥珀製棗玉一点、同丸玉が一点、赤瑪瑙とみられる切子玉一点、同丸玉一点、碧玉製ソロバン玉一点、翡翠製の勾玉一点が出土している。銅地鍍金の耳環が一点、歩揺をもつ金銅板の小片が出土している。鋳造の青銅製鈴が三点、身は球体で、鈕は円形、口と鈕は平行する。帯飾りの付属品とみられ、五世紀中葉の舶載品の可能性がある。

武具　鉄製甲冑がある。三角板革綴短甲・横矧板鋲留短甲・三角板革綴衝角付冑が出土している。冑は三角板革綴短甲とセット関係にあると考えられる。革綴甲冑をセットで副葬した古墳は房総には例がなく、関東でも栃木県佐野八幡塚古墳をみるのみである。小札が出土しているが、数が少ないため、挂甲を構成するものでなく、草摺などの付属具であろう。木製盾もモミという軟質な材を使用した儀仗的要素の強いものであるが、武具の範疇に入るものであろう。菱形を基調とするレリーフを施し、糸でかがり、矢羽根状の装飾文を構成した部分があるが、全体の文様構成は不明である。

武器　大刀・鉄剣を主とする。断片的なものばかりで遺存がよくないが、目釘孔をもつものだけで、八口、鉄鏃は残欠が多いが片刃箭を中心に最少でも 28 点、他に一本造りで巻きと漆塗りの弓が出土した。

鉄製工具類　鉄斧は、完存するものは一点だが、多くの鉄片のうち重ねの厚い幾つかは、その破片と考えられ、最少二口あったことがわかる。鎌がある。木質の痕跡を残し着柄角度がわかるが、先端部を欠く。刀子は七点出土している。

参考文献
白井久美子　1994「館山市大寺山洞穴の出土遺物」千葉県史研究２
田辺昭三　1981『須恵器大成』角川書店



大寺山洞穴の出土遺物　1~6須恵器 7~17土師器(以上縮尺1/5) 18~20管玉 21耳環 22勾玉 23~24鈴 26歩揺付金銅板(以上30%) 27. 28. 32. 33三角板革綴短甲 29. 30. 34横矧板鋲留短甲 31小札 35鉄斧(以上20%) 36~40鉄鏃(35%) 41. 42刀剣(20%) 43. 44盾 (刺繍模式図)

P 1

ＯＳＬ（光ルミネッセンス）年代測定法の基礎的研究（３）
—— 旧石器遺跡年代測定への適用 ——

○長友恒人（奈良教育大学）小松久美（奈良教育大学）梶原　洋（東北福祉大学）
鎌田俊昭（東北旧石器文化研究所）　藤村新一（東北旧石器文化研究会所）
横山裕平（東北旧石器文化研究所）　柳田俊雄（郡山女子短大）

はじめに

OSL（光ルミネッセンス）法は太陽光によってタイムゼロイングされた遺跡文化層の年代測定法として期待される。

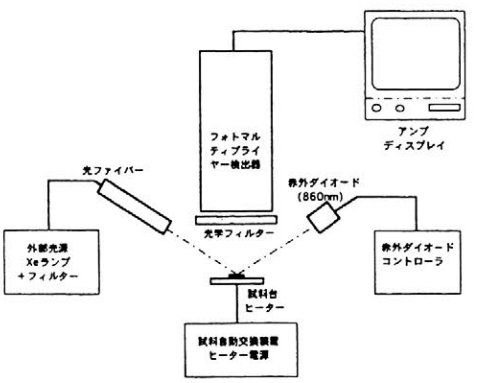
我々はOSL年代測定法の基礎的研究を継続し、鉱物標準試料（石英・長石）の粗粒子試料および湖底堆積物の微粒子試料を用いた予備実験として：
１．光ブリーチング（タイムゼロイング）のチェック、　２．発光強度の温度依存性、３．発光強度の励起波長依存性、４．OSL測定後の熱ルミネッセンス（TL）強度変化、５．プレヒートの効果、６．OSLに関与するelectron center、７．線量依存性、８．石英の赤外光励起によるOSL、などを検討してきた。

その結果に基づいて、山形県袖原遺跡・富山遺跡、福島県原セ笠張遺跡、兵庫県藤江川添遺跡、ロシア・ウスチノフカ遺跡などの年代測定を試みた。測定は、従来わが国のTL法で用いられてきた石英粗粒子法の他、長石粗粒子法、微粒子法でも行った。

１．測定

試料処理：従来適用してきた粗粒子法（粒径100μmの石英または長石を測定試料とする）のための試料処理の他、微粒子法による測定のための土壌試料の処理を行った。草木の根などを水簸により取り除いた後、60メッシュの標準篩で粗粒子法用と微粒子法用に分ける。微粒子法用はH_2O_2とNaOH溶液で有機物を、HCl溶液で炭酸塩鉱物を溶解する。その後、アセトン中で沈降速度の違いを利用して約2～8μmの微粒子鉱物を選別する。微粒子法の測定試料中には石英、長石の他、粘土鉱物も混入している。

蓄積線量の測定：Daybreak社製のTL/OSL測定装置を使用した。励起光源は赤外光またはグリーン光である。赤外光は860nmの発光ダイオード、グリーン光はXeランプに光学フィルターを組み合わせて514nmを選択している。



熱／光ルミネッセンス自動測定装置

年間線量の測定：微粒子法で

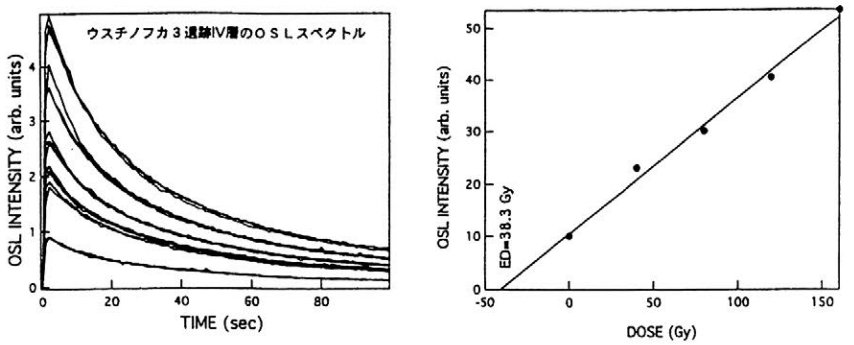
は自然放射線のなかのアルファ線量も考慮されなければならないが、今回はγ線スペクトル法によって決定したU, Th 含有量から換算する方法を採用した。また、アルファ線のルミネッセンス効率は10%と仮定した。

2．測定結果

ここでは、ロシア・ウスチノフカ３遺跡III層とIV層のOSL年代測定結果を例示する。図はIV層のOSLスペクトルと等価線量（ED）を決定するための生長曲線である。OSL測定によって求めた等価線量、スプラリニア補正線量とγ線スペクトル法から決定した年間線量（α、β、γ線量の合計）およびこれらから決定したOSL年代を表に示す。測定の誤差は５%程度であるが、γ線スペクトル法から決定した年間線量における含水率補正およびα線のOSL効率を10%と仮定したことを考慮すれば、表に示したOSL年代値の誤差は10～15%程度であると考えられる。

試　　料	等価線量 (Gy)	ｽﾌﾟﾗﾘﾆｱ補正線量 (Gy)	年間線量 (mGy)	OSL年代 (年)
III層	29.64	16.57	5.05	9,200
IV層	38.34	14.32	4.94	10,700

表．ウスチノフカ３遺跡III層とIV層のOSL年代測定結果



図．ウスチノフカ３遺跡IV層のOSLスペクトルと等価線量の決定

3．考察

OSL年代測定は、個々の試料についての線量依存性、波長特性などについての検討が引き続き必要である。特に、タイムゼロイングが完全であるかの検証、不安定な発光をする電子捕獲中心の影響を完全に除去することが必要であると考えられる。また、微粒子法を適用して精度の良いOSL年代値を得るためにはα線の年間線量およびOSL効率の評価法を確立することも必要である。OSL年代測定法では線量依存性は直線的であるといわれているが、試料によっては上記の例が示すようにTL年代測定法と同様、スプラリニアリティが現れることが明らかになった。

いずれにせよ、OSL年代測定法は遺跡文化層の新しい年代測定法としてわが国でも実用の段階に入った、といえる。

P 2

考古学資料のTL年代測定

○杉山直弥（新潟大院自然），小松康子（同），橋本哲夫（新潟大理）

1. はじめに

考古遺物等の年代測定法の一つとして、被熱または焼成考古遺物中に含まれている石英粒子からの天然放射線由来の、天然蓄積ルミネッセンスを測定する熱ルミネッセンス(TL)法がある。我々の研究室では以前よりこの方法によって土器試料などの年代測定を行っている。[1]縄文以降の若い年代に関する石英粒子は蓄積線量が少ないため弱いTL強度しか得られず、計数統計の良好な結果がこれまで得られなかった。このような試料に対して信頼性の高いTL年代測定を行うためにはTL測定装置の高感度化が必要である。本実験では、TL測定装置の高感度化を目ざすとともに、いくつかの試料に対してTL年代評価を行うこととした。その結果、TL測定試料と光検出用の光電子増倍管の間にコアー型のライトパイプを用いて光検出効率の顕著な向上を確認できた。考古学試料として縄文土器片試料、新薬師寺瓦片、須恵器の窯跡試料を用い、それぞれから抽出した石英粒子から全て赤色TL(RTL)であることを確認したあと、このRTL測定装置を用いTL年代測定を試みた。

2. 実験

1）試料：　a) 縄文式土器片　新潟県東蒲原郡上川村北野遺跡　　b) 新薬師寺瓦片　奈良県奈良市新薬師寺　c) 須恵器の窯跡構成表面材　新潟県上越市滝寺遺跡

2）実験操作：ここでは、石英粒子法を用いたTL年代測定を行った。いずれの試料も粉砕後に水洗いし、粒子状物質を6N塩酸、6N水酸化ナトリウム水溶液で処理した後にフッ酸によるエッチング処理を行って石英粒子を抽出した。32～60meshにふるい分けをした石英粒子試料をいくつかの画分に分け、京都大学原子炉実験所の^{60}Co-γ線源（2.09Gy/h）により既知量の人工付加照射を行い、付加線量法による蓄積線量評価を行った。石英粒子からのTLカラー画像(TLCI)観察によりいずれも赤色TL(RTL)特性を有していることを確認できたので、以後全てRTL測定を行った。

3）TL測定装置：熱ルミネッセンス(TL)測定装置のヒーター部分（測定用試料を加熱する部分）と光電子増倍管（PMT: 赤色TL検出用、浜松ホトニクスR-649）との間にクラッドロッド型ライトパイプ（日星電気製、直径11㎜、長さ57㎜の石英柱状で光を通すコア部と光を反射するクラッド部分を有する）をはさみ、光の検出効率の向上をはかった。

光検出感度の増加に伴いRTLの測定では、特に高温部における黒体放射に由来する発光強度も増加した。この影響の除去のために、赤外線吸収フィルタを従来のもの(IRC-65L:厚さ2mm)に加えて、これよりも薄いもの(UCF02:厚さ0.5mm)を組み合わせることにより、バックグラウンドの減少に成功し、装置の性能指数(FOM)は1.2倍に向上できた。

3. 結果と考察

従来のTL測定装置に比較してピーク面積で52倍に及ぶ高感度化を達成できた。この高感度RTL測定装置を使用し、2片の縄文式土器からの抽出石英粒子のRTL測定を行い、それらの付加線量応答曲線より蓄積線量値は5.8Gy、8.8Gyと見積もられた。土器とともに採取した土壌の天然放射能測定からの年間線量（1.54mGy/y)をもとに年代を評価した。この2片の縄文式土器片は、^{14}C法により約5000年前と年代づけられている火山灰層をはさむ上下の地層から採取しており、この実験で得た上層からの土器片に対する約3800年前、および下層からの土器片に対する約5700年前の年代値間には矛盾は見られなかった。

さらに、天然蓄積線量がより少ない若い試料(新薬師寺瓦)についてもFig. 1に示すような良好なRTLグローカーブを得ることができ、Fig. 2のような線量応答曲線から蓄積線量を4.9Gyと見積もることができた。瓦の年間線量率の見積もりについては、土器の場合のように埋没周辺土壌からの天然放射線被曝ではなく、瓦胎土自身からの天然放射線被曝のみを検討する必要がある。つぎに、滝寺遺跡の窯跡試料より抽出した石英からのRTLグローカーブをFig. 3に示す。他の試料と同様に線量応答曲線から見積もった蓄積線量は4.1Gyであり年間蓄積線量3.2mGy/yより年代値は約1300年前と見積もられ、発掘された須恵器の様式からの年代（およそ1200年前）にほぼ一致した結果となった。

1) 橋本ら, 考古学と自然科学, 33, 1 (1996).

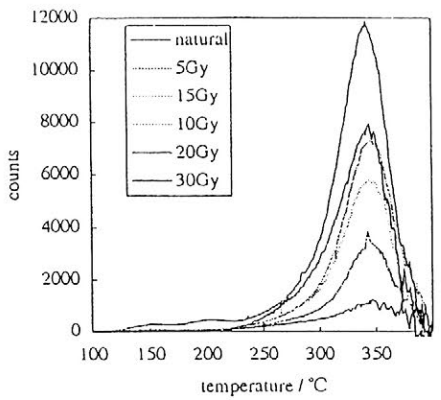


Fig.1 RTL glow curve of roof tile (Shinyakusi temple)

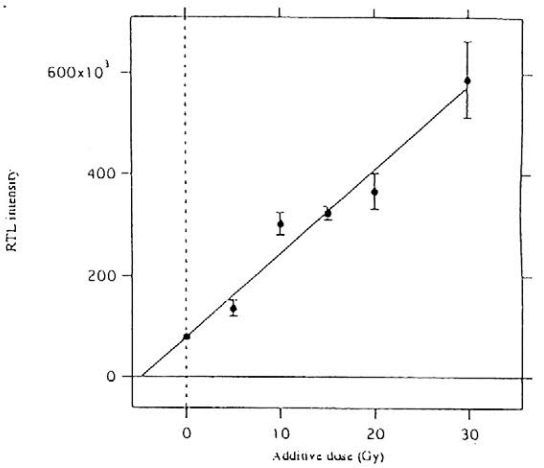


Fig. 2 Glowth curve of roof tile (Sinyakushi temple)

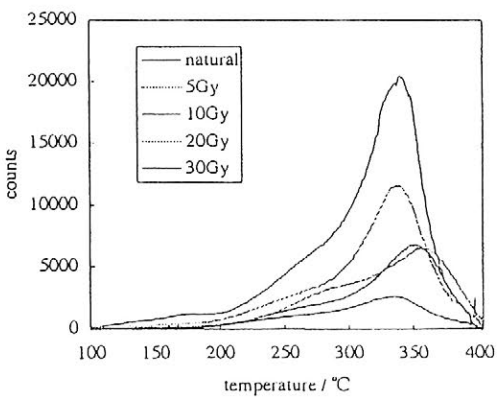


Fig. 3 RTL glow curve of Takidera site

P 3

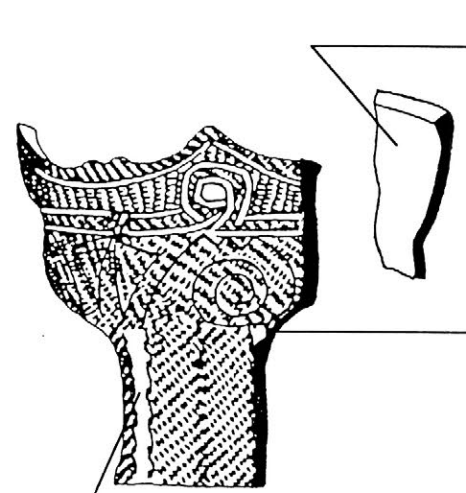
縄文土器のC－14年代（2）

○吉田　邦夫・宮崎　ゆみ子（東京大学総合研究博物館）
丸山　彰久・小原　圭一　（日本大学文理学部）

1．はじめに

加速器質量分析（AMS）法によるC－14年代測定は、ここ数年いくつかの研究機関に導入されている第二世代と呼ばれる分析装置が出現して、新たな段階を迎えている。これまでの第一世代の装置より、さらに微量の試料を使い、より精度の良い測定が可能になる。具体的には、1 mg以下の試料で、精度0.5%（±40年）の年代決定が可能で、場合によっては±20年まで決定できる可能性をもっている。

このような性能が発揮されれば、これまで取り扱えなかった問題にもアプローチする願いを叶えてくれることになる。土器の直接年代決定もその一つである。



東京大学原子力研究総合センターのAMS装置は第二世代だが、まだ所期の性能が得られていない中で、基礎的なデータ収集を行っている。主として、新潟県葎生遺跡（縄文後・晩期）から出土した資料を用いて、測定方法を検討した。

2．付着物、内部黒色部分、土壌、フミン酸の年代

後期、および晩期の土器片および土壌について、次のような測定試料を用いた。

1）土器片のおよそ三分の一に表面付着物が認められたので、内側と外側の付着物をそれぞれ用いた。

2）土器片内部の黒色部分。

3）土壌　花粉分析のために採取されていた土壌資料を用いた。

乾燥した後、ふるいを用いて大粒度（>850 μm）、中粒度、および小粒度（<300 μm）に分離した。大粒度中の木炭を対比資料とした。

小粒度の土壌からフミン酸成分の抽出を行った。1.2mol/ l NaOH を加え、90℃で 4～8 時間の処理を、水溶液が殆ど着色しなくなるまで 16 回行った。各回の溶出液からフミン酸成分を回収・精製して、4 回目と 9 回目のフミン酸を測定に用いた。また、処理後の土壌を、測定試料とした。

酸－アルカリ－酸処理した試料を、酸化銅（Ⅱ）で酸化して二酸化炭素とし、さらに鉄触媒を用いた水素還元により、測定用のグラファイト試料を生成する。これをアルミニウム製カソードの直径 1mm の孔にプレスして詰め、測定を行う。測定は、高速逐次入射法を用いて、^{12}C を 0.3msec、^{13}C を 1msec、^{14}C を 100msec 入射、加速するシークエンスを 6000 回（^{14}C の測定時間 600 秒）繰り返し、この測定を 3 回行った。加速電圧は 2.60MV で、荷電変換後の C^{3+}について、$^{14}C/^{12}C$ 比を測定した。標準資料は、OX Ⅱおよび ANU スクロースを用いた。

測定によって得られた年代は、後期、晩期資料それぞれの付着物、内部黒色部分、土壌、フミン酸、および木炭について、誤差範囲内でよく一致した値が得られた。

3．内部炭化物の探索

葎生遺跡の後・晩期の土壌については、含まれている黒色有機物とフミン酸成分のどちらも、同層の木炭と同じ年代を示しているので、堆積した後、これらの土壌内有機物が、地層の上や下へ流出したり、上下から流入したりしていないと考えられる。このような場合には、今回の結果が示すように、表面付着物や内部黒色部分のどれを資料として用いても、信頼できる年代値が得られることになる。しかし、同層の土壌が常に入手できるわけではなく、また、土壌、フミン酸の測定には手間がかかる。したがって、製造年代を確実に示す資料として、単に表面に付着しているのではなく、表面にめり込んでいるような資料が望ましい。しかし、今回用いた総計約 300 個の土器片のうち、そのようなものは、わずかに 2 点に過ぎなかった。

そこで、土器内部に包含している炭化物を探索するために、軟X線検査装置（0～100kV、0～5mA、PbO テレビシステム併用型；ソフテックス K.K.社製）を導入し、その利用を検討した。土器胎土（ケイ酸塩）と炭化物（炭素）では、X線透過度が異なるので、ある程度の大きさの炭化物が内部に存在すれば、識別可能である。通常は、X線フィルムで撮影して該当するものがあれば、その部分を TV システムで約 20 倍に拡大して精査する。炭化物と思われる時は、直径 10～25mm のホールソーで、該当個所をくり抜いて炭化物を取り出す予定である。

なお、本研究は平成 8～10 年度、文部省科学研究費補助金・基盤研究（B）（課題番号 08451086「土器の製造および使用、さらに伝搬についての暦年代」、研究代表者：吉田　邦夫）による成果の一部である。

P 4

箱根埋没スギの年輪年代と炭素14年代との比較
―日本産樹木による炭素14年代修正に向けて

○坂本　稔・今村　峯雄・白石太一郎・佐原　真（国立歴史民俗博物館）
光谷　拓実（奈良国立文化財研究所），中村　俊夫（名古屋大学）
J. van der Plicht（グローニンゲン大学）

1.　はじめに

炭素14年代法は，先史時代の年代を知る方法として世界的に広く使われている。日本でも旧石器・縄文・弥生時代の年代測定に利用されている。一方炭素14年代値は，^{14}Cの半減期を5,568年とし，大気中の^{14}C濃度が過去において一定であったとする仮定に基づいて算出されるため，暦年代（実年代）との間にはずれが生ずる。実際過去における大気中の^{14}C濃度は必ずしも一定ではなかったことが指摘されている。

これらの不確定さを補正し，炭素14年代の値を暦年代に換算するために，年輪年代法に基づく修正（calibration）が行われてきた。ところが，日本はもっぱら北アメリカ・ヨーロッパ産樹木による修正年代を用いている。日本における高精度の暦年代修正のためには，日本産の樹木による年輪年代法に基づいた修正年代が必要である。

奈良国立文化財研究所は長年にわたって年輪年代法の研究を推進してきた。ヒノキについては紀元前317年まで，スギについては断片的にではあるものの紀元前420年までの標準グラフが完成しており[1]，さらに古い年代に関する標準グラフの作成も継続的に行われている。ヒノキ・スギはいずれも日本列島に広く分布する針葉樹で，特にヒノキは建築部材や遺物としての出土例も多く，考古学的にも意義のある資料である。

このたび，名古屋大学に第二世代タンデトロン加速器質量分析計が導入され近く稼働を始める。この装置による新しい炭素14年代測定システムでは，比較的若い年代値をもつ試料について±0.3%以下，年代値にして±20～30年程度という高い測定精度の実現が期待される[2]。

年輪年代の確定した資料をこの年代測定システムで精密に測定し，日本における修正年代が構築できたならば，日本だけではなく中国・朝鮮半島を始めとした東アジアにおける先史時代の暦年代の基準として用いることができると期待される。さらには，アメリカ・ヨーロッパにおける修正年代と比較検討することによって，地球規模の暦年代を組みあげることができるだろう。

2.　資料・実験操作

予備的な実験として，年輪年代の確定した樹木資料に炭素14年代法を適用した。箱根で出土したスギ埋没樹幹を年輪年代法で測定し，B.C. 245～A.D. 207という結果を得た。そのうち，B.C. 200～B.C.81の試料について10年分の年輪層約150mgを連続的に採取した。

試料を蒸留水に浸し，アスピレータで吸引・脱気したのちに煮沸して，ミクロトームで表面を切削・除去した。次いでミクロトームやミキサーで粉砕し，1.2N塩酸，1.2N水酸化ナトリウム溶液，1.2塩酸でそれぞれ繰り返し処理を行った（AAA処理）。年輪層の間で移動が起こるとされるリグニンを塩素漂白により除き，重合度の低いセルロースを濃水酸化ナトリウム溶液で処理した。

精製された試料を酸化銅ワイヤと共にパイコール管に封じ，電気炉で加熱して二酸化炭素を得た。真空ラインを用いて二酸化炭素を精製し，ガラス管に封入したものをオランダ・グローニンゲン大学に送付し，加速器質量分析計（AMS）による炭素14年代測定を行った。

3.　結果・考察

測定結果を表1に示す。HK095B，HK105B，HK165Bは試料を酸化して得られた二酸化炭素を2本

のガラス管に分割し，またHK145Bは同一の年輪資料の異なる部位を採取したもので，それぞれ両者の結果を併記した。炭素14年代は，AD1950年を起点として何年前であるかを示すBP年代表記によっている。

得られた炭素14年代を，グローニンゲン大学のコンピュータプログラムにより，北アメリカ・ヨーロッパ産樹木の年輪年代に基づいた修正曲線を適用して実年代（暦年代）に換算した。炭素14年代には計測上の統計誤差や再現性などに由来する誤差が存在するが，年輪試料が10年毎に採取されていることから，全体のデータを統計的に比較するwiggle-matchingによる実年代の算出が有効である。

Stuiver & Pearson (1986) のデータ[3]を用いると（図1左），年輪年代よりも1年だけ若いという極めて一致した実年代が得られた。他方，Stuiver et al. (1993) に基づくと[4]（図1右），年輪年代よりも15年若い実年代が得られた。この2つの修正曲線について，グローニンゲン大学のチームはβ線計数法による樹木の年代測定においても同様の傾向を報告している。

表1　箱根出土スギ埋没樹の年輪年代と炭素14年代

name	tree-ring age BC	^{14}C age BP
HK085B	90 - 81	2055 ± 65
HK095B	100 - 91	2050 ± 45
		2085 ± 45
HK105B	110 - 101	2080 ± 45
		2120 ± 45
HK115B	120 - 111	2035 ± 45
HK125B	130 - 121	2085 ± 45
HK135B	140 - 131	2150 ± 65
HK145B	150 - 141	2130 ± 65
HK145B-2	150 - 141	2080 ± 40
HK155B	160 - 151	2130 ± 45
HK165B	170 - 161	2090 ± 45
		2180 ± 45
HK175B	180 - 171	2150 ± 75
HK185B	190 - 181	2160 ± 45
HK195B	200 - 191	2125 ± 45

この結果は，日本における年輪年代の妥当性を裏付け，修正年代構築の可能性を示すものである。少なくとも本研究で注目した期間については，アメリカ・ヨーロッパと日本の大気中の^{14}C濃度は大気循環などにより均一化されていたと考えられる。今後，このスギ埋没樹資料について炭素14年代の修正曲線を完成させ，他の樹種についても同様の集成を行う計画である。

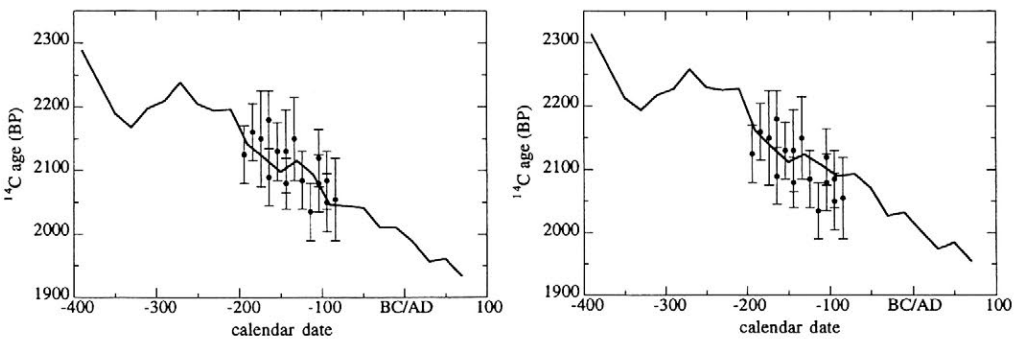


図1：箱根出土スギ埋没樹の炭素14年代と修正曲線

1. 奈良国立文化財研究所編 (1990): *年輪に歴史を読む—日本における古年輪学の成立—*, 195pp., 同朋社出版.
2. 中村俊夫・池田晃子・太田友子・柴田賢 (1996): *名古屋大学加速器質量分析計業績報告書*, 7, 128-145.
3. Stuiver & Pearson (1986): *Radiocarbon*, 28(2B), 805 - 838.
4. Stuiver et al. (1993): *Radiocarbon*, 35(1), 1 - 24.

P５

縄文時代の高精度編年をめざして

○辻　誠一郎（国立歴史民俗博物館・歴史）・今村　峯雄（同・情報資料）・
春成　秀樹（同・考古）・西本　豊弘（同・考古）・坂本　稔（同・情報資料）

高精度編年の背景と方向性

放射性炭素年代測定法が開発されて以来，日本でも最終氷期あるいは旧石器時代以降の夥しい試料について年代測定が行われてきた。その試料の多くは，地質層序・編年，火山灰層序，環境変遷史に関するものが占めており，人類遺跡に関するものは意外に少ない。測定法が日本に導入されて間もない頃は，縄文時代の重要な遺跡から出土する遺構・遺物について年代測定が積極的に実施されたが，測定値が蓄積されるにつれ，土器形式による編年と大きく食い違う事例や，同形式でも掛け離れた測定値が得られたり，前後が逆転するような事例が目立つようになり，しだいに放射性炭素年代測定は敬遠され，どちらかと言えば気休めに測定しておくといったような風潮が生じたためであろう。そのため，これまでの何度かの測定資料の集成にもとづいて縄文時代の編年案が提示されてはきたが，一土器形式の年代幅や土器形式による時期区分の境界年代などが明瞭に示された事例は著しく乏しいのが現状である。

このような経過の中で，1970年代後半には，それまでのβ線法では測定が叶わなかった微量な試料やより古い時代の年代測定が可能な加速器質量分析法（ＡＭＳ法）が開発され，旧石器時代以降の試料や微量な固形炭素試料について年代測定が実施されるようになった。日本でも，世界における第一世代機の第２号機が1982年に名古屋大学に設置され，とくに旧石器時代の編年や，微量なためこれまで対象にできなかった古文書試料など幅広い領域にわたって大きな成果を上げてきた。

国立歴史民俗博物館では，このような日本における編年研究の経過を踏まえて，高い正確度を有する資料が未だに乏しい縄文時代に焦点を据えて，加速器質量分析法を主体にした高精度の編年研究を1997年度にスタートさせた。このプロジェクトでは，人類遺跡における編年だけでなく，火山灰層序・編年や環境史編年についても同様の高精度編年を目指し，両者を一体化させようとしている。また，測定試料の内容の違いによる年代値の固有の偏りや変異性の原因を明らかにし，測定試料の選択やより高い精度にするための方法をも検討しようとしている。まだ，スタートしたばかりであるが，三内丸山遺跡など人類遺跡と周辺域におけるまとまった資料が蓄積され，また，測定試料についての問題点などが明らかになってきたので報告しておきたい。

三内丸山遺跡の事例

青森県の三内丸山遺跡は，集落の規模がひじょうに大きく，さまざまな施設が構築され，縄文前期中頃の円筒下層ａ式土器から縄文中期中頃の円筒上層ｄ・ｅを経て終末の大木10式土器まで長期にわたって連続する。さらにこの遺跡は，土器が連続するだけでなく，その包含層には多量の木炭が含まれ，また，谷底や台地斜面での水湿地性の堆積物からは夥

しい種子・果実の遺体が集積しているので，単に遺構や遺物の編年だけでなく，生業や植生の移り変わりとを対応させた編年が行えるという好条件を備えた遺跡である。

すでに報告されたものをも含めると，これまでに53試料についての放射性炭素年代測定値が得られている。1点が草本の茎であるのを除くとすべて木材についてであり，掘立柱を除くと木炭についてである。土器形式についてまとめると次のようになる。測定値はすべて補正値である。円筒下層ａ式は5145～4732 yrBP，下層ｂ式は4970 yrBP，下層ｄ式は4680～4570 yrBP，円筒上層ａ式は4640 yrBP，上層ｂ式は4560～4430 yrBP，上層ｄ式は4470～4400 yrBP，上層ｅ式は4490～4330 yrBP，榎林式は4100～3910 yrBP，最花式は3880 yrBP であった。また，掘立柱については，南・北盛土場に挟まれた中央の掘立柱外側が4180～4190 yrBP，北西部に位置する直径1ｍ前後の巨木掘立柱外側が4090～3980 yrBP であった。以上のことから，三内丸山に居住が営まれたのは，補正炭素年代測定値では約5150～3880 yrBP であると言える。この年代は，これまで周辺域での既報のβ線法による放射性炭素年代値から言われてきた約5500～4000年前と比較して，始まりが約350 年，終わりが約120 年新しくなることになる。また，円筒下層式から円筒上層式への移行はおおむね4600 yrBP であるとみなせる。補正炭素年代測定値にもとづく限り，掘立柱は円筒上層式土器のあとの榎林式土器の時期に対応するものと言える。掘立柱も時間的にずれのあることが指摘される。

炭素年代測定値が地質層序から見て層位的にすべてが矛盾しないわけではない。たとえば南盛土場の第６トレンチでは，盛土の大半（ほぼ第88層～第40層）が円筒上層ｄ式土器を包含しており，厚さ２ｍ弱の盛土がきわめて短期間に形成されたことが示されたが，下部の第88層の測定値は4420 yrBP，上部の第40層の測定値は4470 yrBP であった。これに挟まる第55層と第42層は，それぞれ4400と4410 yrBP であった。このような事例は他の地区においてもしばしば認められる。このような測定値の正確度を評価するには，単に測定機械の精度を問題にするだけでなく，むしろ測定試料の性格・内容について検討を施す必要がある。すなわち，三内丸山遺跡で測定対象とした試料は，掘立柱を除いては，ほとんどすべてが木炭片であった。木炭片は木材のほんの一端に過ぎないので，仮に300 年の樹齢をもつ木材の外側と内側のそれぞれ一片づつを測定したとすると，理想的に高精度で測定された測定値は最大で300 年の時間的な開きが現れることになる。また北の谷と称する地点で，層位的には居住が始まる前の自然堆積した泥炭層中の木材が4860 yrBP という測定値が与えられた試料が１点あった。後日の木材組織解剖的検討によって，この木材は層位ははっきり確かめることはできないものの上位から下りてきた根材であることが判明した。

放射性炭素年代の精度と正確度を高めることは層位的に矛盾のない理想的な測定値を得るのに欠かせないが，上述のように，試料の選択だけをとっても，現地での試料の取り上げや試料部位の選別など留意しなければならない点が多々あることが，三内丸山遺跡のような多数の試料を対象とすることができた事例から分かる。数年枝や柱のような年数が読み取れる木材の部分を材料として抽出するなど，試料選択にあたっての正確度を高めることによって，飛躍的に年代の議論の領域を広げることができるであろう。

P 6

骨化石に対する信頼度の高い^{14}C年代測定の試み
－XAD-2吸着樹脂を用いて－

○南　雅代・中村俊夫
（名古屋大学年代測定資料研究センター）

1．はじめに

骨化石の正確な^{14}C年代測定，同位体比測定のためには，元の同位体比が保存されており，外来の炭素がすべて除かれていることが重要である。骨化石の^{14}C年代，同位体比測定に際しては，化学的風化作用に対して比較的安定であるとされる硬タンパク質のコラーゲンが用いられてきた。しかし，骨化石の多くはコラーゲン続成作用を受け，また，フミン酸，フルボ酸など化石の周囲の堆積物由来の有機物によって汚染されている。特にコラーゲン含有量が低い骨試料においては，ゼラチンコラーゲン抽出法によって得られた^{14}C年代は実際の年代より若返った値を示すことが報告されている[1), 2)]。

そこで本研究では，骨化石試料を脱灰後，加水分解し，得られたアミノ酸集合体からXADD樹脂を用いてフミン酸，フルボ酸などの不純物を取り除き，信頼度の高い^{14}C年代，炭素同位体比を測定する試みを行った。

2．試料

試料とした骨化石は，琵琶南湖の瀬田川の河口近くに位置する粟津湖底遺跡の第３貝塚から(財)滋賀県文化財保護協会によって1991年に採取されたイノシシ，ニホンジカ，スッポンの獣類細骨片である。粟津湖底遺跡は水面下２～３mの湖底に沈んだ縄文貝塚で，第３貝塚からは縄文時代中期前葉の船元Ⅰ式の土器が出土している。第３貝塚は最上層の第Ⅰ層から最下層の第Ⅸ層まで大きく９層に分けられ，第Ⅱ～Ⅲ、Ⅴ～Ⅸ層から採取された骨片については，セルロースチューブ内で1.2N HClで脱灰後，90℃の水でゼラチン化を行うゼラチンコラーゲン抽出法によってδ^{13}C値，^{14}C年代値が出されている。また，骨片と同層の同じ地点から採取された木片，セタシジミ貝についても^{14}C年代値，δ^{13}C値が出されている[3)]。

3．実験方法

実験方法は，主としてStafford et al.[4)]の方法に基づいた。0.2N NaOH中であらかじめ超音波洗浄し，粉末にした化石骨試料を0.8N HCl (4℃, 24hr)で脱灰した後，6N HCl (110℃, 24hr)と反応させて加水分解した。得られた加水分解物をXAD-2樹脂を詰めたカラム(1×30 cm)に通して6N HClでアミノ酸集合体を溶出させ，樹脂に吸着している外来有機物成分は0.5M NaOH，1M NH_4OHで溶離した。各成分はロータリーエバポレーターで濃縮後，凍結乾燥した。このようにして得られた試料は酸化銅，銀線とともにバイコール管に真空封管して850℃に加熱し，生じた気体を真空ラインを用いて精製してCO_2を得た。CO_2を水素還元法によりグラファイト化し，タンデトロ

ン加速器質量分析計を用いて^{14}C年代を測定した。CO_2の一部は分取して，気体用質量分析計(MAT-252)により$\delta^{13}C$値を測定した。

4．結果と考察

分析した獣類細骨片について，XAD樹脂処理をしたアミノ酸集合体成分（XADと略す）のC/N比，$\delta^{13}C$値および^{14}C年代値をゼラチンコラーゲン成分（GCと略す）と，同層から得られた木片の値とともに表1に示す。AWA-10を除いてXADの^{14}C年代値は層序によらず約4500 (yr BP)であり，GCに比べて，同層の木片から得られた^{14}C年代値に近づき誤差内で一致する傾向が見られた。フミン酸，フルボ成分の^{14}C年代は約2000 (yr BP)と骨コラーゲン本来の年代よりかなり若い年代を示した。したがって，XAD-2樹脂処理を行うことで，若返りの原因となるフミン酸，フルボ酸などの外来炭素が有効的に除去されたことが伺える。XADの^{14}C年代値はGCと比較して，ゼラチンコラーゲンの収率が悪い試料では約400年古く，また，収率が比較的良好な試料では約100年古い値を示した。

以上のことから，保存状態が悪くゼラチンコラーゲンの収率が0.7%に満たない骨化石に対しては，GCの^{14}C年代値は実際より若返っている可能性が考えられるのに対し，XAD吸着樹脂を用いる方法は，効果的に外来炭素を除去し，信頼度の高い^{14}C年代値を得るのに有効であることがわかった。

Sample	Collagen yield (%)	CO_2 yield (%)	C/N ratio	$\delta^{13}C_{PDB}$ (‰)	^{14}C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
AWA- 8 XAD	-----	41.4	2.9	-20.2	4490± 80	5303
(第II層) GC	0.62	42.8	3.2	-20.7	4180± 70	4832
AWA- 9 XAD	-----	24.7	2.7	-21.0	4500± 80	5304
(第III層) GC	0.56	38.6	3.4	-21.4	4090± 80	4833
AWA-10 XAD	-----	24.1	3.1	-20.2	4360± 70	5142
(第V層) GC	2.15	44.5	3.2	-20.8	4360± 80	4839
AWA-11 XAD	-----	27.5	2.9	-20.4	4540± 100	5830
(第VI層) GC	1.86	38.6	3.2	-20.9	4210± 80	4840
AWA-12 XAD	-----	23.4	2.7	-22.6	4540± 80	5145
(第VII層) GC	3.80	44.7	3.0	-23.0	4430± 80	5077

表1．粟津湖底遺跡の第3貝塚から採取された獣類細骨片のC/N比、$\delta^{13}C$値および^{14}C年代値

参考文献

1) 沢田ほか，地球科学, **46**, 133-142 (1992).

2) 中村ほか，地学雑誌, **105**, 306-316 (1996).

3) 中村ほか，名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **VIII**, 237-246 (1997).

4) Stafford et al., Geochim. Cosmochim. Acta, **52**, 2257-2267 (1997).

P 7

タンデトロン加速器質量分析計による古文書資料の ^{14}C 年代測定

○小田寛貴[1)]，中村俊夫[1)]，古川路明[2)]

1）名古屋大学年代測定資料研究センター

2）四日市大学環境情報学部

1．はじめに

加速器質量分析法（AMS）による^{14}C年代測定法は，測定に要する炭素の量が数mgと，従来の放射線計数法の約1000分の1であるという特徴を持つ．AMSの登場により，量の少ない試料，また鉄器など炭素含有量の低い試料についての年代測定が可能となり，^{14}C年代測定の試料の範疇が拡大された．その一方で，貴重であり破壊分析に供する量に限度があるような資料についての測定も実現されるに至った．特に，古文書の年代測定は，実質的な^{14}C年代の適用範囲を，より現代に近い歴史時代にまで拡大したということができる．

しかしながら^{14}C年代とは，試料の物理学的属性であり，資料の歴史学的年代（その資料が道具として存在した年代）とは異なるものである．対象となる時代が現代に近づくにともない，歴史学的年代と^{14}C年代とのズレ（誤差）を明確化する必要性が高まるに至った．

本研究は，歴史学的年代の既知である古文書資料について，加速器質量分析計を用いた^{14}C年代測定を行うことで，^{14}C年代と歴史学的年代とのズレ（誤差）を明確化することを目的に据えたものである．

2．測定試料

測定に供した古文書資料は次の11点である．

No.	歴史学的年代	No.	歴史学的年代	No.	歴史学的年代
1	平安末～鎌倉初期	5	南北朝期	9	平安末～鎌倉期
2	鎌倉前期	6	南北朝末期	10	江戸
3	鎌倉前期	7	平安末～鎌倉期	11	江戸
4	鎌倉前期	8	平安末～鎌倉期		

No.１～９は古文書本体から切り抜いたものであり，No.10は江戸時代の経典の修理に用いられていた裏打紙である．また，No.11は，この裏打紙を現代において漉き直したものである．

3．実験

これら試料を数十mg分取した．超音波洗浄により試料表面の不純物を除去した後，1.2N HClと1.2N NaOHの交互洗浄，0.07M $NaClO_2$（塩酸酸性下，70～80℃）による脱リグニン処理，17.5％ NaOHによるβ・γ-セルロース除去を行い，1.2N HCl，H_2Oによる洗浄を経て，各試料からα-セルロースを得た．約7mgのα-セルロースを，CuOとともに加熱（850℃，2h）しCO_2に変換した．このCO_2を，精製した後，H_2および触媒のFeとともに加熱（650℃，6h）することで還元し，グラファイトとした．

このグラファイトを名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計による^{14}C年代測定に供した．また，精製後のCO_2のδ^{13}C値を測定し，同位体分別効果の補正を行った．測定誤差を抑えるべく，測定時間を通常の３～４倍とし，さらに，一試料について２～４回の再測定を行った．

４．結果・考察

得られた^{14}C年代を暦年代に換算（較正）し，各資料の歴史学的年代とともに図１に示した．

古文書本体から採取した試料（No.１～9）の^{14}C年代は，No.２がやや古い値を示しているものの，いずれも歴史学的年代と良い一致を示している．一般に，木製の文化財資料では，^{14}C年代が歴史学的年代よりも古い値を示すことが指摘されている．和紙は楮などから生産されてきたが，古い枝では製紙作業が困難であり，また，製品の質が落ちることから，原則的に当年生の枝のみが選択的に材料として用いられてきた．資料No.１～9の両年代の一致は，こうした和紙材料の特性に起因するものであろう．この点から，和紙は，歴史時代の^{14}C年代測定において，極めて有効な資料であるということができる．

一方，裏打紙(No.10)では，^{14}C年代が経典の歴史学的年代よりも数100年古い値を示している．この結果から，同経典の修補に際して，古紙が裏打紙として用いられたことがうかがえる．また，資料No.11の^{14}C年代は，No.10のそれに比べて100年ほど新しい．これは漉き直し作業の際，現代の炭素が混入したためと考えられる．和紙の^{14}C年代が，その歴史学的年代と異なる例は，今昔物語集「鈴鹿本」の綴糸においてもみられた．いくつかの綴糸は，修補（綴じ直し）されたものであったため，「鈴鹿本」の書写年代よりも新しい^{14}C年代を示した．

これらの結果は，和紙の「具体的性格」（古文書本体であるか，裏打紙，綴糸であるかという相違）が，^{14}C年代と歴史学的年代との関係に大きな影響を与えていることを示すものとなった．

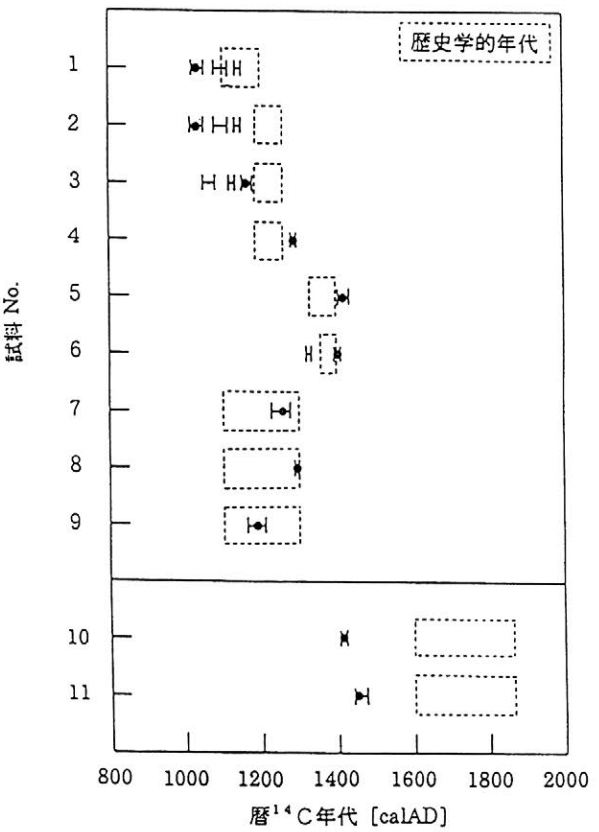


図１．歴史学的年代の既知である古文書資料の放射性炭素年代

P 8

名古屋大学タンデトロン加速器年代測定システムの現状

中村　俊夫（名大・年代測定セ），小田寛貴（同），池田晃子（同），南　雅代（同）
丹生越子（同），ルディ・パルス（ハイボルテージ・エンジニアリング・ヨーロッパ）

はじめに　^{14}C 年代測定法は，約 47 年の歴史を持ち，今や考古学・地質学・文化財科学などの研究に深く浸透している．^{14}C の測定法としては，47 年前から利用されてきた放射能測定法（^{14}C の壊変で放出されるベータ放射線を検出し，^{14}C の存在量を知る方法）による ^{14}C 年代測定法に対し，原子核物理学の研究に使われる加速器技術を取り入れた新しい ^{14}C 年代測定法（加速器質量分析法：Accelerator mass spectrometry; AMS)が 1970 年代の後半に開発され，現在全世界で活躍している．

この新しい ^{14}C 年代測定法に基づいて設計・製作されたタンデトロン加速器質量分析計が，いち早く名古屋大学に導入されたのは，15 年前の 1982 年 3 月であった．この間、^{14}C をトレーサーとした環境 ^{14}C 濃度分布に関する研究及びさまざまな環境試料の ^{14}C 年代測定に基づく研究が行われ，1998 年 3 月末の測定数は 7,800 個を越える．タンデトロン分析計は、学内共同利用機器として研究・教育に利用され，また，国内やロシア，マレーシア，ブラジル，カナダを始めとする諸外国の研究者の共同研究の場としても盛んに利用されている．これらの研究成果は，名古屋大学加速器質量分析計業績報告書で報告されている．

さらに 1996 年 3 月には，多くの目を見張るべき改良が施された最新型の高性能タンデトロン加速器質量分析計が新たに導入され，現在調整が進められている．本報告では，旧型のタンデトロン分析計を用いてこれまでに得られている研究成果，最新型機の特徴・予想される諸性能及びこの新型機を用いる今後の研究計画を紹介する．

加速器質量分析法（AMS）とタンデトロン加速器年代測定システムの特徴

タンデム加速器と質量分析計を組み合わせた AMS 技術によるごく微量元素測定の方法は，アメリカ合衆国とカナダを舞台にして，1976 年から 1977 年にかけて開発が始められたが，1980 年代には早くも実用の段階に入った．AMS では，放射性同位体の放射性壊変を待つのではなく，放射性同位体自身を識別して直接計数する．すなわち，目的の放射性同位体とその安定同位体をイオン源でイオン化し，タンデム加速器で加速する．加速されたイオンのエネルギー選別，質量選別を行ってバックグラウンドイオンを除去したあと，安定同位体イオンをファラディカップを用いて電流として定量し，さらに放射性同位体のイオンを重イオン検出器を用いて識別して 1 個 1 個計数する．AMS は，10^{-12}～10^{-16} の同位体比が測定可能な超高感度同位体比分析法である．AMS は，従来，放射能測定により数日から数十日の長い時間をかけて定量されていた天然の長寿命放射性同位体などについて，必要な試料の量を千分の一以下と少なくし，測定時間を数時間程度に短縮し，さらに検出可能な低濃度の限界を大幅に

更新することにより，新たな応用研究の分野を切り開いている．その応用の一つが放射性炭素 ^{14}C を用いた年代測定である．

加速器質量分析の発展の初期の段階では，原子核物理学の実験などに用いられていた既存の汎用タンデム加速器（加速電圧 5～12MV）を改造して AMS に利用することが一般的で，全世界で 30 を越える施設で AMS が利用可能となっている．こうした既存のタンデム加速器の改造とは別に，小型タンデム加速器（加速電圧 2～3MV）を用いた AMS 専用のシステム（タンデトロン加速器質量分析計）が米国 General Ionex 社によっていち早く開発され，1981～1983 年にかけて米国，日本，カナダ，イギリス，フランスに導入された．名古屋大学で活躍中のタンデトロン分析計はその１台である．この AMS の専用機はきわめて安定した性能を持ち，これらの数台で全世界の AMS による ^{14}C 測定データの過半数を生み出していると言って過言ではない．

さらに，1991 年以降は，形状こそ従来のタンデトロン分析計と同程度であるが，最新のコンピュータ，機械制御の技術を取り入れた高性能の最新型タンデトロン分析計が開発されている．この第二世代の ^{14}C 測定専用の分析計は，第一世代のタンデトロン分析計と比較して表１に挙げるような特徴を持っている．

表１．第二世代タンデトロンの特徴

１．強力イオン源を装備

＊炭素負イオン出力が従来の 10 倍以上⇨計数率の増大・測定時間の短縮

＊59 個のターゲットの連続測定が可能⇨測定の効率化

２．炭素同位体の同時入射系を装備

＊Recombinator を用いた同時入射⇨炭素同位体組成測定の時間的安定性

＊^{12}C, ^{13}C, ^{14}Cの同時測定　⇨炭素同位体分別効果の補正が可能となり ^{14}C 濃度測定の正確度が向上

３．加速器高電圧

＊2.5MV まで付加可能（C^- ⇨C^{3+}の収率が最大になる最適電圧）⇨検出効率の向上，測定の効率化

＊スリットフィードバックによる高電圧の安定化⇨測定の再現性・精度の向上

４．重イオン検出器

＊ΔE - Eresidual 測定による正確な ^{14}C 識別⇨バックグラウンドの低減による６万年前を越える古い年代の測定

５．計算機自動制御

＊制御系は光ケーブルを使用⇨高電圧サージによる弱電機器の破損を防止．

＊自動測定　⇨測定の省力化・高能率化

６．総合性能

＊測定誤差　⇨　±20～±30 年

＊測定能率　⇨　3000 個／年

P 9

関東ローム層の帯磁率について

会田信行（千葉県立佐原高等学校）

帯磁率（磁化率）は中国黄土層で盛んに研究され，黄土中に挟在する古土壌の帯磁率が大きいこと（Heller and Liu, 1982），帯磁率と海洋での酸素同位体比との相関が指摘され（Heller and Liu, 1984），現在では古地磁気層序のみならず，古気候研究の対象となっている．

ローム層は赤土層，（風化）火山灰土などと呼ばれ，日本各地に分布している．最近，ローム層の起源について，風成塵（レス）の影響を重視する見解が多く出されている（早川，1986; 吉永，1995など）．しかしローム層の帯磁率測定例は少なく，岩崎ほか（1996）が福島県の見祢山ローム層・葉山ローム層で行ない，中国黄土層との対比を試みている．中国黄土層同様，ローム層の帯磁率は古気候変化を反映している可能性が高いことを指摘している．

関東ローム層（立川・武蔵野ローム層）およびその上位の完新世土壌について，遺跡発掘時に携帯型帯磁率計（WSL-A）で測定した．

熱磁気特性

図１は千葉県松戸市２カ所の遺跡から採取した試料について，砂粒成分の熱磁気特性の結果をまとめたものである．磁化温度曲線のタイプは１～７の８タイプに分けられ，層準ごとに異なっているのが特徴である．磁化温度曲線が同一タイプの場合，鉄鉱物の種類が同じであること，すなわちローム層の供給源が同じであることを暗示させる．このタイプ分けは下総台地のローム層で共通するほか，武蔵野台地の場合にも適用される（会田，1993）．

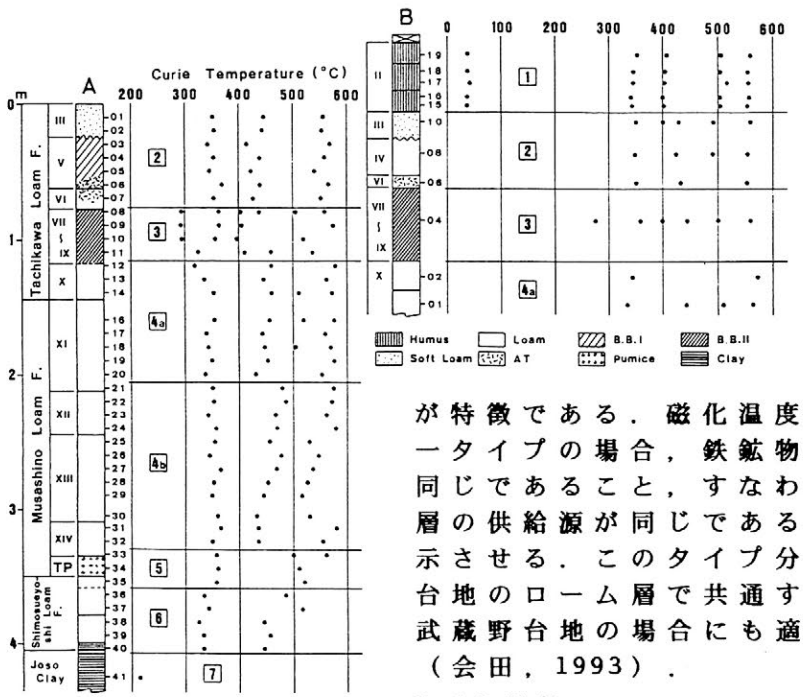


図１．立川・武蔵野ローム層の熱磁気特性
Ａ：溜ノ上遺跡（松戸市根本）Ｂ：登戸Ⅱ遺跡（松戸市千駄堀）

帯　磁　率

相模野台地の例

図２に測定例を示す．基本層序に近い土層堆積状態である．富士黒土層（FB）と立川ローム層（青柳部層）の暗色帯（Bl）で帯磁率が大きいことがわかる．

下総台地の例

図３に図１のＡ地点から北に約500m離れている地点での測定例を示す．BB1～BB2の暗色帯層準とその下位の暗色帯層準の２層準で帯磁率が大きい．この傾向は下総台地のローム層で共通する．

暗色帯で帯磁率が大きいことが判明した．暗色帯は古土壌とされ，中国黄土層のレス－古土壌の関係に類似した結果である．しかし暗色帯によってはロームとほぼ同じ帯磁率を示す層準があり，今後の問題点である．

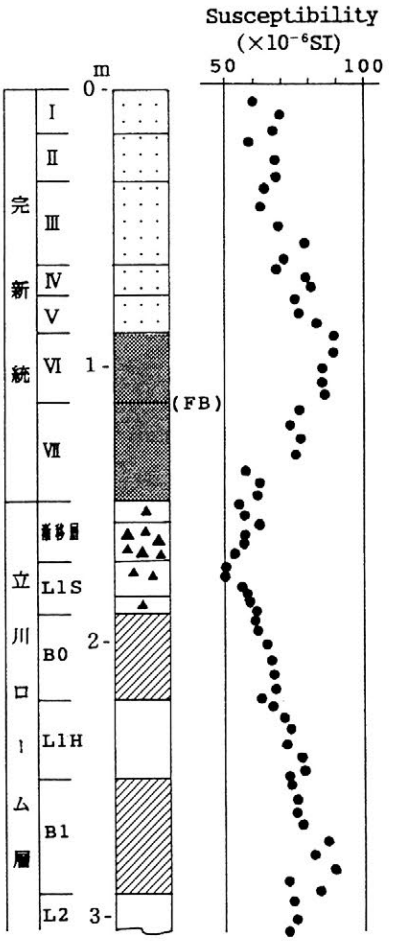


図２．上草柳第３地点南遺跡（神奈川県大和市）試料の帯磁率

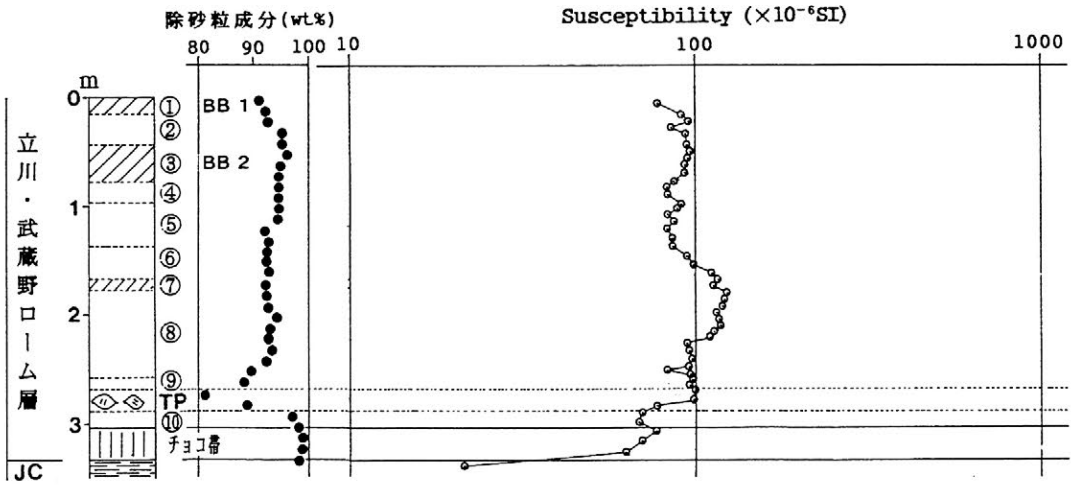


図３．馬屋敷遺跡（千葉県松戸市大谷口）試料の除砂粒成分比と帯磁率．（JC：常総粘土層）

P 10

大阪府鬼虎川遺跡にみられる沖積層中・上部の堆積環境復原

○松田順一郎・別所秀高・池崎智詞(財団法人 東大阪市文化財協会)

大阪府中央部に拡がる河内平野東端、生駒山麓の扇状地に隣接する沖積低地における鬼虎川遺跡第35次発掘調査(図1)に際して地表下約12mまでの沖積層中・上部を観察し、採取した堆積物試料の分析を行ない、珪藻分析結果や近隣での堆積層の調査結果とあわせて、後氷期のいわゆる縄文海進期以後の堆積環境の変遷を復原した。堆積物試料に関して、沈降管粒度分析装置と比重計による粒度分析、灼熱損量による有機炭素量の推定、硫酸塩(SO_4)の重量分析を行なった(図2)。珪藻分析はパリノ・サーヴェイ(株)による。

本調査地の堆積層の累重では、最下部に更新統最上部(1万数千～2万年前)と考えられる陸成層がみられる。その上面のT.P.-6.5mには海進時のラビーンメント面があり、ラグ堆積物を含む砂礫質シルト層が載る。-6.0mに鬼界アカホヤ火山灰層を挟んで上方細粒化し、-3.7mまでシルト質粘土層が累重する。この海成層の累重の内、アカホヤ火山灰層以下では、砂礫と泥からなり、見かけ上塊状で、しばしば砂礫が保存状態の悪いウェーブリップル状の葉理をなすことから、波力の弱い外浜から前浜下部の堆積環境が推定される。アカホヤ火山灰より上位の泥層もほぼ塊状をなし、その粒径や海水～汽水生種の卓越する珪藻化石組成からみて、沖浜から浅海の堆積環境が推定される。

-3.7m以浅では、生物擾乱と砂・泥の葉理の互層を特徴とする砂質泥が-1.5m付近まで累重し、さらに上位の粘土がちな泥層に上方細粒化する。これらの堆積物は粒径頻度分布、堆積構造からみて、おおむね干潟潮間帯で、最上部は干潟潮上帯の堆積環境下で堆積したと考えられる。下位の沖浜堆積物からの変化は比較的急激で、海域の浅化つまり相対的海水準の低下が推定される。堆積物粒度の影響を受けていないと仮定すれば硫酸塩の含有量も、堆積環境の変化にともなって変化し、減少しており、この層準付近から、汽水・淡水生種が増加する傾向がみられる。ただし、潮間帯堆積物がさらに累重することから、この堆積期間に海水準は相対的に上昇したと考えられる。硫酸塩の含有量が潮間帯堆積物の上部で急増する傾向と、珪藻化石のなかで海水～汽水生で、干潟奥部などのほとんど水深のない塩水性沼沢に生息するとされる*Nitzschia granulata* が急増することなどとも調和的である。

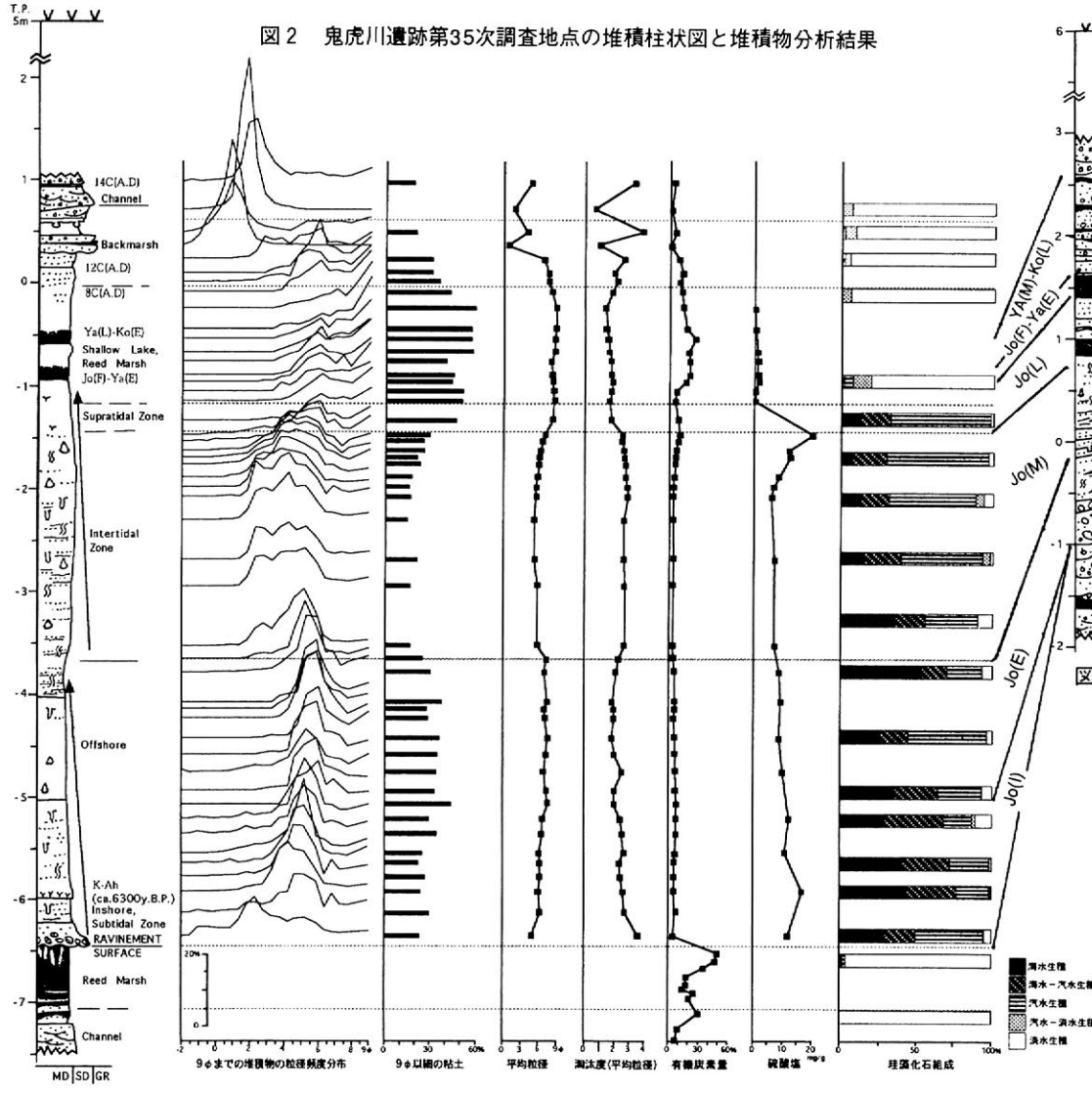
-1.2mより上位では、水平層理・葉理をなし、しばしばヨシの根・匍匐茎あるいはその植物遺体を多量に含む堆積物が0m付近まで累重しており、ヨシ群落をともなう湖沼の堆積環境が推定される。下位の干潟潮上帯の層相との境界は、不明瞭であるが、-1.2mで硫酸塩の含有量は急減し、珪藻化石組成は淡水生種へと急変している。また、この層準付近では縄文時代後期末の土器片とともに晩期末の土器片が検出されており、約800年間堆積速度のきわめて緩慢あるいは無堆積の期間が想定される。さらに、河内平野西部の宮ノ下遺跡では、同時期の干潟堆積物の上面を下刻した開析谷(いわゆる埋積浅谷)が検出されている。これらは、縄文時代晩期初頭にもふたたび相対的に海水準が低下し、水位がその後回復した時期には水域は淡水化していたことを示している。鬼虎川遺跡の弥生時代中期の集落跡は、湖沼の泥層下に埋没しており、この湖水準は少なくとも-0.5mの弥生時代後期から古墳時代前期の亜泥炭層準までさらに相対的に上昇し停滞したと考えられる。

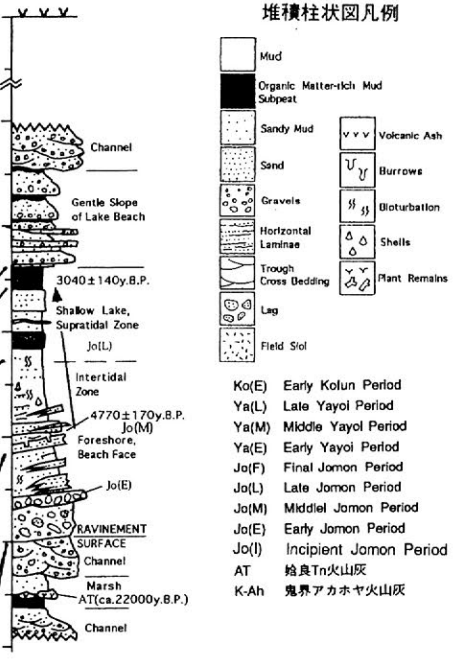
これより上位の泥層からも湖沼の堆積環境が推定されるが、この環境形成にはいわゆる河内湖から大阪湾への排水不良という要因を考慮する必要がある。河川堆積物とみなせる砂礫が奈良時代(8世紀頃)から流入し、河道と後背湿地の堆積環境とがしばしば交替する氾濫原が形成されていったと推測される。

本発表ではさらに、以上の堆積層の累重と、第35次調査地の東方約 500mに位置し、海域および湖沼の拡大期の汀線が確認された第32次調査地点の堆積層の累重を対比し、より広範囲な堆積システムの復原を試みたい。

1998.6.14

図２　鬼虎川遺跡第35次調査地点の堆積柱状図と堆積物分析結果





堆積柱状図凡例

Ko(E)　Early Kolun Period
Ya(L)　Late Yayoi Period
Ya(M)　Middle Yayoi Period
Ya(E)　Early Yayoi Period
Jo(F)　Final Jomon Period
Jo(L)　Late Jomon Period
Jo(M)　Middlel Jomon Period
Jo(E)　Early Jomon Period
Jo(I)　Incipient Jomon Period
AT　姶良Tn火山灰
K-Ah　鬼界アカホヤ火山灰

図３　鬼虎川遺跡第32次調査地点の堆積柱状図

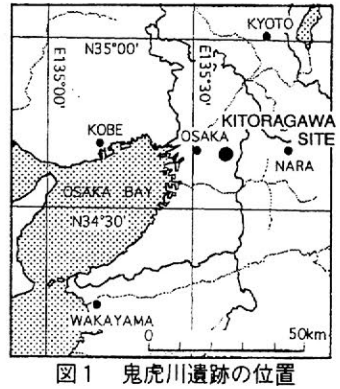


図１　鬼虎川遺跡の位置

P 11

神奈川県池子遺跡の植物珪酸体化石群

江口誠一（千葉県立中央博物館）

近年，大規模な遺跡発掘調査の成果が数多く公表されるようになり，各時代の遺跡をとりまく古環境も詳細に明らかにされるようになった．三浦半島北西部に位置する神奈川県池子遺跡でも，米軍家族住宅建設用地内の開析谷谷底ほぼ全域を発掘し，比較的広い区域における縄文時代以降の古環境復原調査が行われた．本発表では，その中の植物珪酸体分析の結果について報告する．特に，この地域が縄文海進期に古逗子湾湾奥部であったことからその海退期の古植生，および弥生時代中期の遺構，遺物が多数検出されていることからこの時期の古植生を明らかにした．

試料は，開析谷本谷縁部でなるべく分散した 12 地点で採取し，H_2O_2 処理・ HCl 処理・超音波処理・沈降法の順に処理し，植物珪酸体を抽出した．プレパラートはオイキットを封入剤として作成した．珪酸体の同定および計数は，400 倍の光学顕微鏡下で直線視野法によって，短細胞，機動細胞，カヤツリグサ型，樹木型の合計 200 個を目標に行った．

分析の結果以下のように考察された．縄文時代中・後期の海退期には海岸植物がみられ，時期を経るにしたがいその組成も内陸方向へ変化し，やがて晩期になると淡水の水生植物が優勢となる．これは，砂浜汀線付近に生育するシオクグを含むスゲ属型や海崖付近に生育するハチジョウススキ型が出現する組成から，後浜中央部に生育するカモノハシ属型，ノガリヤス属型，チガヤ型，ヨシ属型，さらにはオギ型へと変化することによる．弥生時代中期には，ほとんどの地点でイネ型が産出したことから，谷底の各所で稲作が行われていたと考えられる（図 1）．特に，イネ型の短細胞が産出した地点では，イネ型の機動細胞が高率で，水田雑草であるヒエ属型やコブナグサ型なども産出することから，その付近で耕作が行われたと推測される．図 2 ではイネ型が検出されなかったが，これはこの地点が稲作の行われなかった支谷口に位置していることによる．

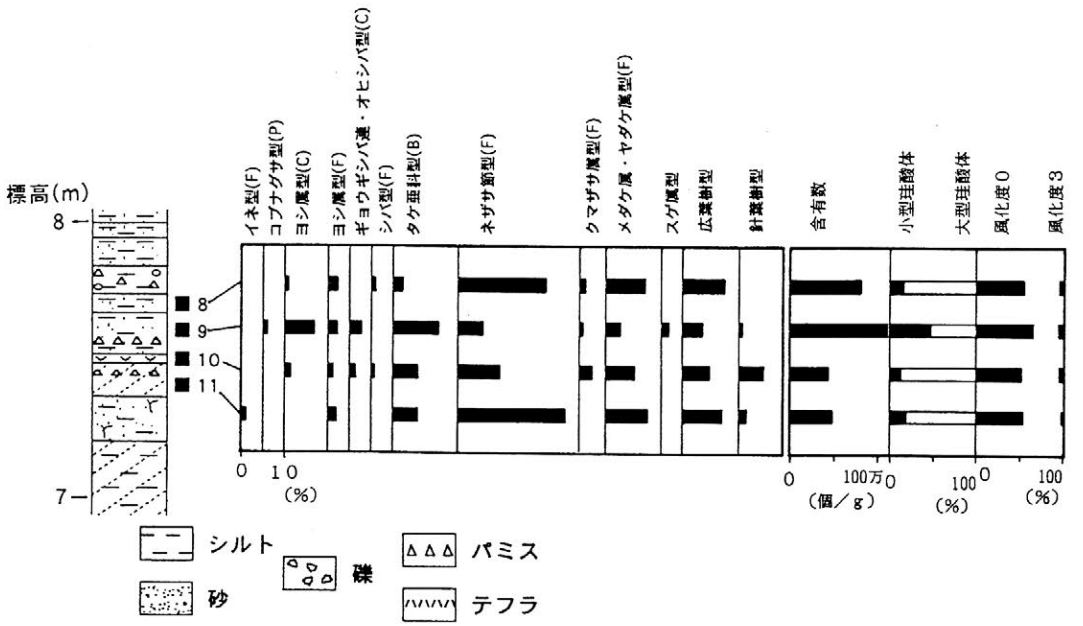


図1　露頭20の植物珪酸体化石群の層位分布

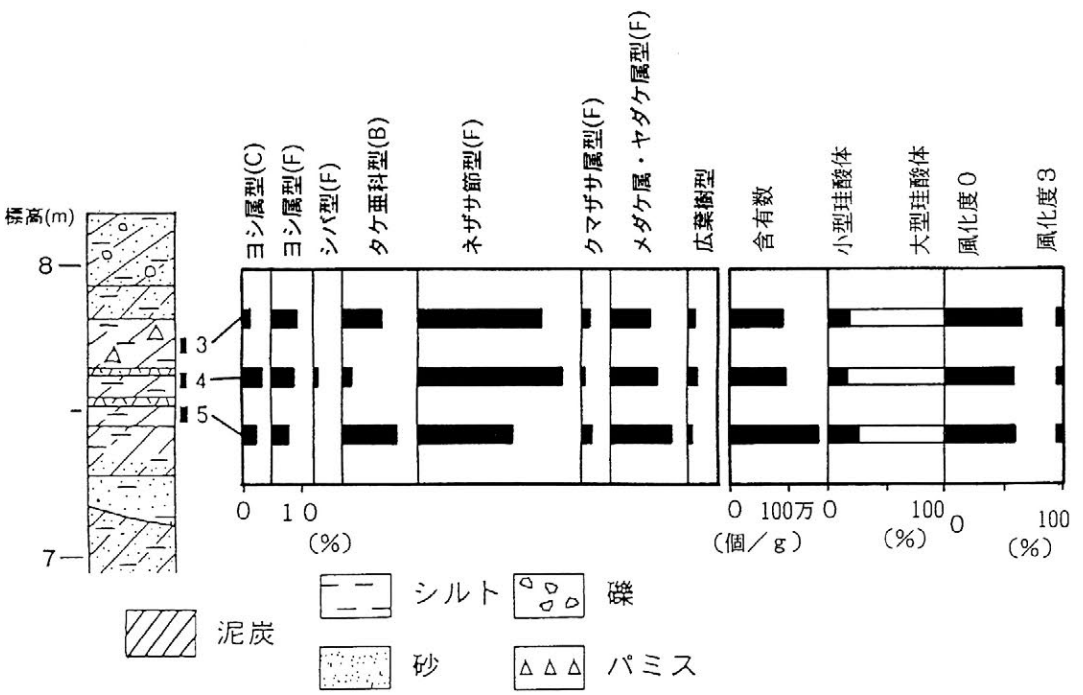


図2　露頭19の植物珪酸体化石群の層位分布

P 12

イネ苗の植物珪酸体とその応用－水田埋没の季節推定－

杉山真二（古環境研究所）

１．はじめに

生育初期（苗の段階）のイネの葉身に含まれる機動細胞珪酸体は、その大きさや形態から生育中後期（分げつ開始期以降）のものとは明瞭に識別される。生育初期のものは、生育中後期のものより断面形状（縦長・横長）が20％程度小さく、側面が細長く見えるものが多い（図１，２）。また、形態が貧弱であり、側面突起が未発達で縁が滑らかなものや、内部が中空のものが多いという特徴がある。

水田土壌中に残留するイネの植物珪酸体（プラント・オパール）は、そのほとんどが出穂期以降の葉身に由来するものであり（宇田津ほか，1993）、イネ苗に由来するものの出現率は通常数％未満とわずかである。

２．イネ苗の植物珪酸体の応用

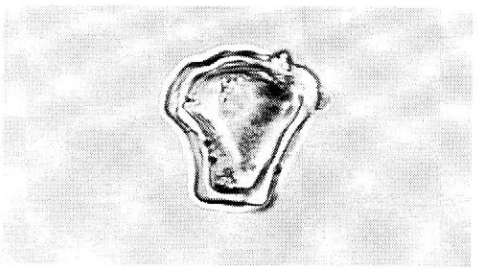
（１）群馬県子持村の黒井峯（くろいみね）遺跡では、榛名二ツ岳伊香保テフラ（Hr-FP，６世紀中葉）直下から”小区画の畠”が検出された。この遺構面からはイネの植物珪酸体が検出されたが、その90％以上がイネ苗に由来するものであり、同遺構が陸苗代であることが明らかとなった（能登ほか，1989）。また、周辺の遺跡から検出された同テフラ直下の水田面でも、イネ苗に由来するものの出現率が30～40％前後に達するところがあり（図３）、これらの遺構がHr-FPによって埋没された季節が田植え前後の初夏であったことが推定された。これは、水田面に残された作業痕跡（小畦の作成状況など）から導かれた考古学的所見と一致している。

（２）宮崎県都城市の鶴喰（つるはみ）遺跡では、桜島文明軽石（Sz-3，1471年※）直下から水田跡が検出された。このうち、水田面に激しい凸凹が認められる区画では、イネ苗に由来するものの出現率が30％前後であったが、凸凹が認められない区画では５％程度と低率であった。このことから、水田面の凸凹は田植え直後の状況を示しており、これらの遺構がSz-3によって埋没された季節は、田植え前後の初夏と推定された。

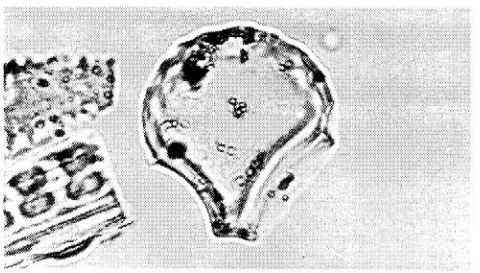
3．まとめと今後の課題

イネ苗に由来する植物珪酸体に着目することで、テフラの降灰季節や水田埋没の季節を特定することができた。ススキやチガヤなどイネ以外の植物についても、同様の研究に応用できる可能性が考えられる。

※桜島文明軽石については、文献資料との対比に不明な部分があり、降灰年代や季節は確定していない（都城市教育委員会，1998）。



イネ苗（6/10）の機動細胞珪酸体



成熟葉（10/16）の機動細胞珪酸体

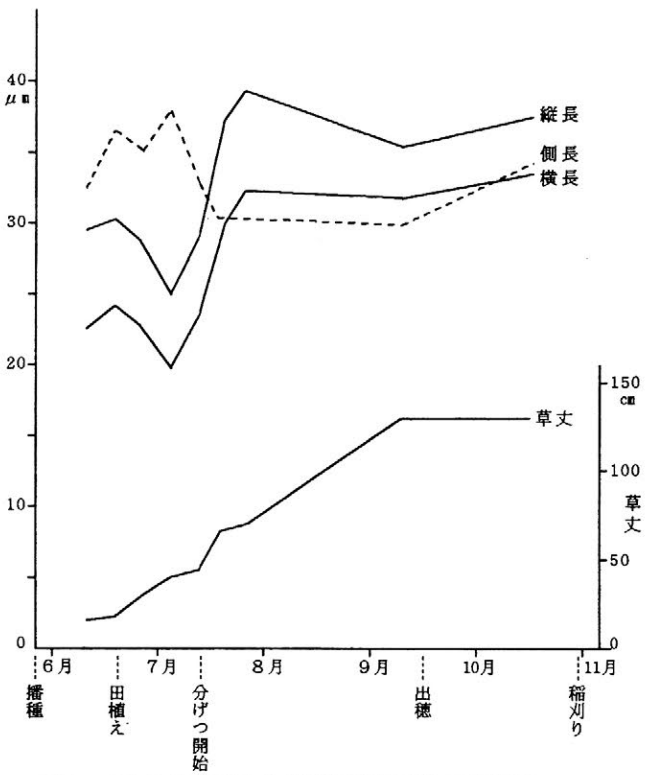


図1　イネの成長にともなう機動細胞珪酸体の形状変化
各成長段階において上位から3～4葉までをサンプルとした。

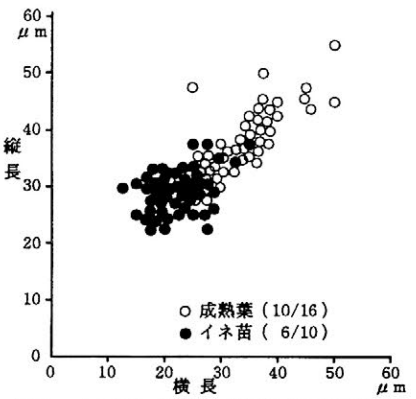


図2　イネ苗と成熟葉の機動細胞珪酸体形状

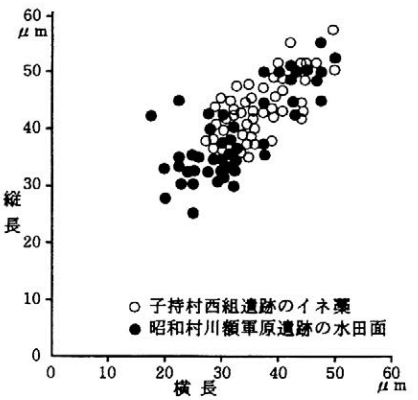


図3　Hr-FP直下から検出されたイネの珪酸体形状

P 13

中国：草鞋山遺跡における広域水田址探査

○宇田津徹朗[1)]、湯陵華[2)]、王才林[3)]、鄭雲飛[4)]、佐々木章[5)]、藤原宏志[6)]
1)宮崎大学（日本学術振興会海外特別研究員）、2)江蘇省農業科学院、
3)日本学術振興会外国人特別研究員、4)鹿児島大学連合農学研究科、
5)大分短期大学、6)宮崎大学

１．はじめに

中国：草鞋山遺跡は江蘇省蘇州市近郊に所在する新石器時代の遺跡である。１９９４年、日中共同調査により今から約６０００年前の馬家浜文化期の水田遺構が発掘されている。

発掘された水田は畦畔や水口を有してはいるものの、これまで我が国で発掘された弥生時代の水田とは大きく異なるものであった。特に、当該遺跡で発掘された水田は、自然地形の谷部を人為的に拡張・結合したものであり、”線的”な広がりは持つものの、”面的”な広がりを有していない。遺構内土壌のプラント・オパール定量分析の結果を見る限りにおいては、かなりの期間にわたって稲が生産されたと推定される。この結果は、この水田が一時的ではなく、少なくともある一定の期間利用されたことを示しているといえよう。

生業形態としては、獣骨などの出土から採集狩猟との併用が推定されるものの、骨耜の出土や前述した畦畔や水口の存在から考えてある程度の収穫が期待されたものであったとも考えられる。したがって、遺跡周辺の同様な谷部に水田が広がっていたことは想像に難くない。

水田がどの程度の範囲で営まれていたのかを把握することが出来れば、間接的ではあるが、当該遺跡で営まれていた稲作のイメージを構築する実証的なデータとなる。そこで、筆者等は、草鞋山遺跡において２キロ四方の範囲でボーリングを行い、今回発掘された水田遺構の広がりを把握することを試みた。

本報では、１９９５年、１９９６年草鞋山遺跡で行った広域ボーリング調査による水田址探査の結果について報告する。

２．調査の概要

発掘された水田遺構は地山層に直接掘り込まれたものであった。当該遺跡の地山は黄土とよばれる堆積層であり、地質学的な調査から長江下流域の広い範囲に分布していることが確認されている。地山の識別は比較的容易であり、その直上の土層にイネのプラント・オパールが含まれていれば、同様な遺構の存在を簡易的に確認することが可能である。

調査は、１９９５年１１月と１９９６年１２月の２回に渡って行われた。調査範囲は、測量の基準とした水田の発掘域近くの草鞋山遺跡の石碑を中心として東西南北約１ｋｍ、面積にして４ｋｍ^{2}の範囲とした。ボーリングの間隔は、100mとし、石碑を中心に８方向、合計４６地点について行った。サンプリングは、ハンドボーリングを用いて、地山層または地表下３ｍまでの土壌を採取した。

採取試料については、プラント・オパール定量分析を行い、イネプラント・オパールの有無およびその密度を調査した。

３．調査結果

図１は、各ボーリング地点における地山層直上の土層およびプラント・オパールがまったく検出されない最下層の直上の層から検出されたイネプラント・オパール密度を表したものである。図の中央部分が水田遺構の発掘域である。これを見ると、発掘域を中心に約６００ｍの範囲でイネのプラント・オパールが検出されている。

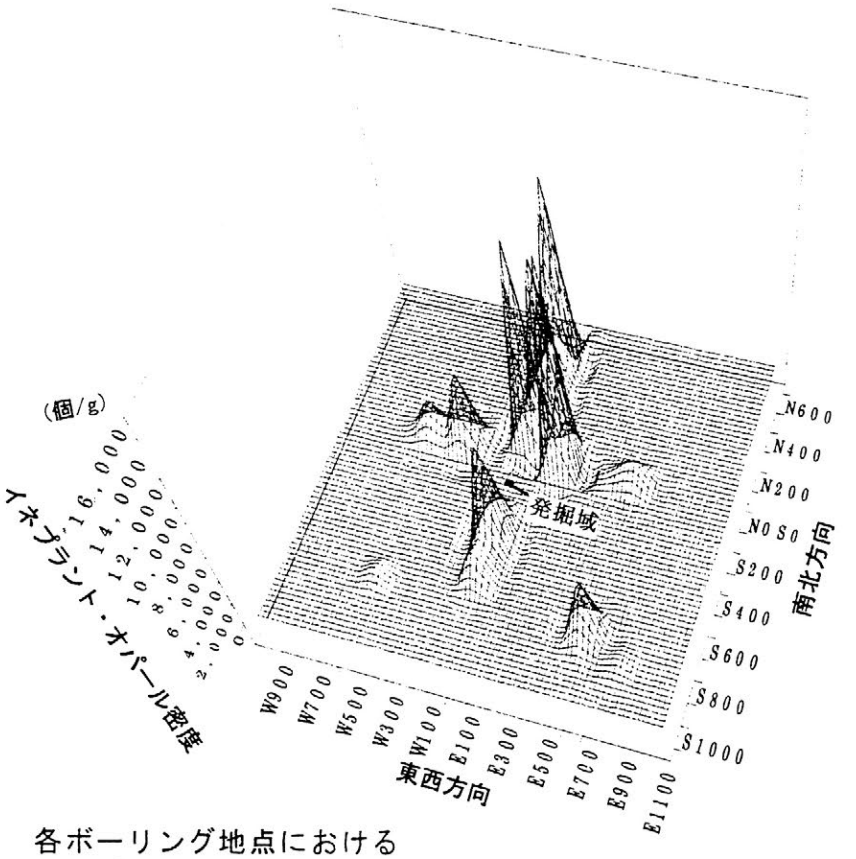


図１　各ボーリング地点における
　　イネプラント・オパール検出密度

４．まとめ

草鞋山遺跡において、ボーリング調査による広域水田址探査を行った結果、多くのボーリング地点でキー層となる地山層を認めることができ、水田遺構の広がりをほぼ把握する事ができた。

調査の結果、少なくとも東西南北約６００ｍの範囲に水田遺構が広がっていたと推定される。さらに、発掘域の南７００ｍ東６００ｍ地点および南７００ｍ西５００ｍの地点でもイネプラント・オパールが検出されており、水田域が南へさらに広がっていた可能性もうかがえる。

＜参考文献＞

南京博物院(1980)：江蘇呉県草鞋山遺跡、文物資料叢貫３，北京，P1-54
梅津正倫(1990)：中国江南デルタの地形形成，名古屋大学文学部研究論集36
日本文化財科学会、シンポジウム「稲作起源を探る」実行委員会編(1996)：「稲作起源を探る」，P1-82

P 14

中国・龍虬庄遺跡におけるプラント・オパール分析

○王才林[1),2)]・張　敏[3)]・李民昌[3)]・宇田津徹朗[4)]・鄭雲飛[4)]・藤原宏志[4)]

1)中国江蘇省農業科学院
2)日本学術振興会外国人特別研究員, 宮崎大学農学部
3)南京博物院考古研究所
4)宮崎大学農学部

1．はじめに

龍虬庄(Longqiuzhuang)遺跡は中国・江蘇省江淮東部の高郵市（北緯32° 50´）に位置する新石器時代（B.P.7000年）の遺跡であり，現在のところ当該地域で最も古い遺跡である。南京博物院の発掘調査により，当該遺跡には8つの堆積層があり，4層から8層までは新石器時代の文化層であることが確認された。また，第4, 6, 7及び8層から炭化米が多量に発見された。

本研究は，1995年の発掘調査で龍虬庄遺跡から採取した土壌試料のプラント・オパール定量分析及び形状解析結果について報告し，当該遺跡周辺における稲作の開始及びその発展について検討を行うものである。

2．材料及び方法

分析用試料は，龍虬庄遺跡のピットT1526の第4層から第8層まで5つの土層及び無遺物層（第9層）から採取した6試料である。^{14}Cの測定データにより，第4層から第6層までは5500～6300年前の土層であり，第7層から第8層までは6300～7000年前の土層であることが分かっている。

これらの試料について，藤原(1976)の方法にしたがってプラント・オパール定量分析を行った。検出されたプラント・オパールの量から各種植物の地上部乾物重及び種子重に換算し，面積1a，厚さ1cm当たりの生産量(t/a·cm)を推定した。定量分析結果に基づき，イネのプラント・オパールが検出された試料について形状解析を行った。1試料につき，検出されたイネプラント・オパール50個について，縦長(VL)，横長(HL)，側長(LL)及びbの長さを計測し，bの長さをaの長さで割った形状係数b/aを算出した。50個のプラント・オパール形状の平均値を各試料の形状値とした。計測は，1試料につき3回行い，その平均値を各層の形状値とした。計測した形状値を用い，プラント・オパールの由来するイネの亜種の判別を行った。なお，亜種の判別は，下記のアジア在来イネ（*indica* 50品種，*japonica* 47品種）の機動細胞珪酸体形状解析結果から作成した判別式（王ら1996）を用いた。

$$Z=0.49VL-0.30HL+0.14LL-3.82b/a-8.96 \quad (Z < 0: \textit{indica};\ Z \geq 0: \textit{japonica})$$

当該遺跡周辺で栽培されたイネ系統の歴史的変遷を検討するため，各層から検出されたイネプラント・オパールの形状及びその判別得点の比較を行った。また，中国在来イネの機動細胞珪酸体や，太湖流域の草鞋山遺跡から検出されたプラント・オパールとの比較を行い，当該遺跡から検出されたイネプラント・オパールの形状特性を検討した。

3.結果

分析に用いた6つの試料において，無遺物層（第9層）を除く他の土層からイネの機動細胞に由来するプラント・オパールがいずれも大量に検出された。その量は，第8層で水田址の存在を判断する基準の土1gあたり5000個よりやや下回る(4000個)のに対し，他の層ではすべて1万個以上検出されている。また，下層から上層に向かって次第に増加する傾向が明瞭である(図1)。B.P.5500年のイネ生産量はB.P.7000年に比べて18倍近くも増えている。

検出されたイネ機動細胞プラント・オパールの形状による亜種判別の結果，各土層の判別得点はすべて0より大きかった。判別得点の変化をみると，第8層から第4層に向かって判別得点が次第に大きくなる傾向がみられる(図2)。また，各土層プラント・オパールの形状の変化にも，下層から上層に向かって縦長と横長が大きくなる傾向がみられる(図3)。

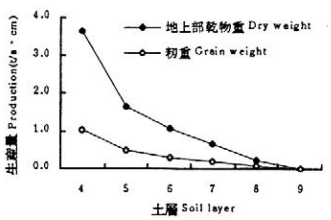


図1　龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネプラント・オパールの量より推定されたイネの生産量

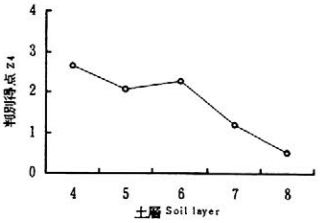


図2　龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネプラント・オパールの形状による判別得点の変化

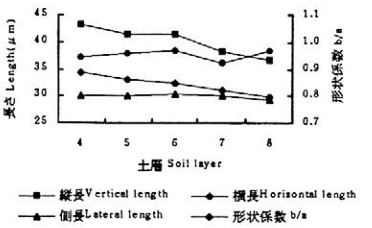


図3　龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ機動細胞プラント・オパール形状の平均値の変化

各土層から検出されたイネのプラント・オパールの形状と中国太湖流域に由来する在来粳稲(*japonica*に相当)26系統の機動細胞珪酸体形状を比べると，龍虬庄遺跡から検出されたイネのプラント・オパールの形状は，すべて在来粳稲の分布域に包含されているが，ピークは明らかに異なる。4形質の中で横長が小さい方向へ移行するものの，他の3形質はすべて大きい方向へ移行している(図4)。有意差を検定した結果，横長を除く，他の3形質はいずれも1%の水準で有意差があった。b/aは同じく太湖流域に由来する在来籼稲(*indica*に相当)とほぼ同じであった。

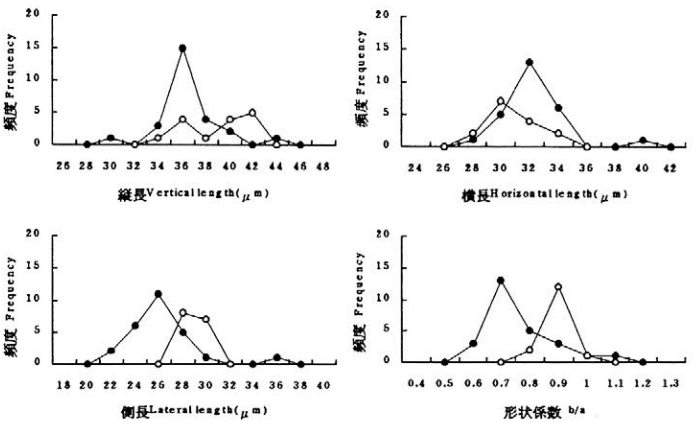


図4　龍虬庄遺跡から検出されたイネプラント・オパールと中国太湖流域在来粳稲の機動細胞珪酸体形状の分布

また，太湖流域に位置する草鞋山遺跡の馬家浜文化層(約6000年前)から検出されたイネのプラント・オパールと比べた結果，縦長のみ龍虬庄遺跡のプラント・オパールのほうがやや小さいものの，他の3形質はいずれも有意差がなかった。各土層の平均値をみると，第5，6層のプラント・オパールは草鞋山遺跡のプラント・オパールとよく似ている。

4.考察

プラント・オパール定量分析の結果，各土層からイネのプラント・オパールが大量に検出された。また，その量は時代の進むにつれて次第に増加しており，とくに第4層のイネ生産量が高く，第8層の18倍近くにも達した。この結果とこれまでの考古学的結果などを考えあわせると，龍虬庄遺跡周辺では，B.P.7000年から稲作が始まっており，B.P.5500年までの1500年間イネが継続的に栽培されていたと推測された。また，各土層のイネ生産量及びその増加スピードから当該遺跡の稲作はかなり長い始原的な稲作段階を経て，B.P.5500年ごろ，ようやく栽培イネの初期段階にたどりついたと推測された。プラント・オパールの形状解析結果から，当該遺跡で栽培されていたイネは主に*japonica*であったと判別された。また，中国太湖流域の在来粳稲(*japonica*に相当)の機動細胞珪酸体形状と比べた結果，龍虬庄遺跡のプラント・オパールは縦長と側長が大きいとともにb/aも大きく，草鞋山遺跡から検出されたB.P.6000年のイネプラント・オパールと近似していることが明らかになった。これらの結果は，今後江淮東部地域ひいては中国における稲作の起源及びその伝播ルートを探る上で興味深いものと考えられる。

P 15

微少量試料による鉄遺物中の炭素及び硫黄の定量

○上原大助（武蔵工業大学工学部）、平井昭司（同）、鈴木章悟（同）、岡田往子（同）

はじめに

「鉄の歴史」には、その製法・年代・産地・原料の知見など未知な部分が数多く残されている。この未知なる部分を発達してきた現代科学で補おうと、日本各地で、遺跡の発見や発掘調査が盛んに行われており、発掘された鉄遺物中の主成分元素や、その他微量元素分析の研究が進められている。その中でも特に炭素はその量によって鉄の特性を大きく変えるため重要である。例えば現代の鉄分類法から考えると、一般的に鉄鉱石から直接製造された銑鉄で 3.0～4.5%、鋳物に用いる鋳鉄で 2.0%以上、我々の生活のあらゆる場に用いられている鋼では 0.02%～2.0%、鉄鉱石から直接還元され刀の芯金や鎖などに用いられている錬鉄で 0.02～0.2%、鉄の純度の非常に高い純鉄では 0.001%～0.015%、この純鉄に近い軟鉄は 0.02%以下の炭素濃度を示す。そして各々硬さや引っ張り、延性などに特有の性質を持つ。また硫黄は、製造法によって含まれる硫黄量が異なるので鉄の製造技術の解明に重要である。

一般に炭素及び硫黄は赤外線吸収法により、約 1g を用いて定量されている。しかし考古学鉄遺物は大変貴重であり、できるだけ少ない試料量(0.05～0.2g 程)で分析を行わなければならない。そのため本研究では、少ない試料量で精確に分析する方法を検討した。その結果に基づき考古学鉄遺物を分析し、いくつかの知見について考察したので報告する。

実験方法

本研究で用いた赤外線吸収法は、鉄を助燃剤と共に燃焼させ、試料中の炭素と硫黄を二酸化炭素及び二酸化硫黄に各々変換し、特定の赤外吸収スペクトルを測定することにより行う。実験手順としては、まず各種濃度の標準鉄鋼物質を用いて、重さ(1.0, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05, 0.03, 0.01g)を変えて 4 回づつ測定し、各濃度毎の試料重量における測定値への依存性の検討を行い、これらを基に濃度補正曲線を作成した。また、この結果を基に福島県関林D遺跡(鋤先:同一試料 2 つと錆)、福島県鳥打沢A遺跡(鉄塊:同一試料を 5 つに分割)、 カマンカレホユック(トルコ)の 4 試料の鉄器・鉄塊遺物を測定し、濃度補正曲線により分析値を算出した。分析した試料は、ダイヤモンドカッターにより表面の土が付着した赤錆等を削り落とし、内部の黒錆部と金属光沢をした金属部を採取してから行った。

結果及び考察

図 1 に炭素、図 2 に硫黄の各濃度による標準鉄鋼物質の試料重量毎の濃度補正曲線を示した。横軸に試料重量(g)、縦軸に認証濃度(wt%)に対する検出濃度(wt%)の割合を示した。(校正は 150-14(1g)を用いた。)図 1 の炭素の場合、試料量が減少するに従って 0.025～0.48wt%の濃度試料では、測定濃度/認証濃度(濃度比)が 1 よりも徐々に上昇しており、高濃度試料(4.73wt%)では、0.9 付近から 1 付近へ上昇する傾向を示した。特に低濃度試料(0.025wt%)において 0.2g より少ない重量で、他の試料と比較して 1 から大きく離れる傾向を示した。検出限界は、この低濃度試料において約 0.03g であったが、これ以上の濃度試料では約 0.01g 程度であった。測定値のばらつきは、どの試料も 1g の試料量で 1%未満であった。また 0.1～0.05g では、低濃度試料を除いて 1～3%であり、低濃度試料では 7～10%であった。

図 2 の硫黄の場合、試料量が減少するに従い 0.0076～0.03wt%の濃度試料では、濃度比 1 より下の位置から徐々に下降し、高濃度試料(0.346wt%)では、1 をわずかに上回る位置から 1 へ下降する傾向を

示した。また、150-14試料は、本試料で校正しているため濃度比が1を示すはずだが、0.97と若干低めになっていた。検出限界について高濃度試料では約0.01g程度であったが、低濃度試料になるに従って検出限界は高くなり、一番低濃度な試料(0.0076wt%)で約0.05gであった。測定値のばらつきは、1gの試料重量で高濃度試料を除いて2～4%であり、高濃度試料では1%未満であった。また0.05g付近では高濃度試料を除いて3～7%であり、高濃度試料では1%であった。従って、鉄遺物のように少ない試料量で分析する場合、濃度に関係なく、炭素及び硫黄を10%以内の精度で分析するには、最小試料重量が約0.05g程度であれば良いことがわかった。

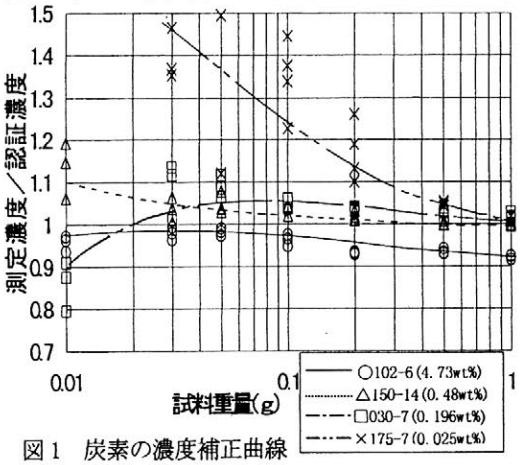


図1　炭素の濃度補正曲線

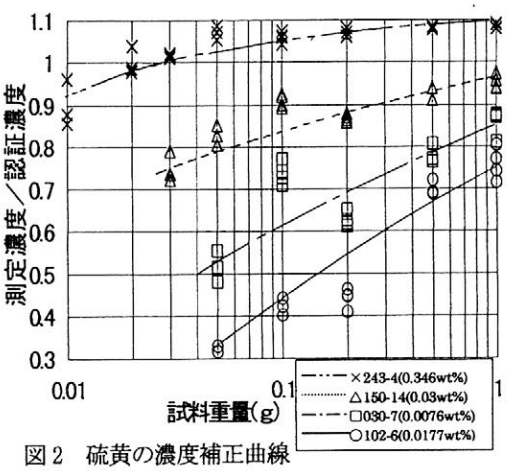


図2　硫黄の濃度補正曲線

実試料を分析した結果を表1,表2,表3に示す。表1の関林D遺跡は、現代の鉄分類から軟鉄レベルの鉄であることがわかった。錆の部分は、炭素及び硫黄濃度が大きくなっていた。また硫黄濃度が低いことから砂鉄を原料としたたら製鉄法ではないかと推察できる。表2の鳥打沢A遺跡では、銑鉄または鋳鉄レベルの鉄であることがわかった。特にこの試料に関しては、重さが約3gであったので、5分割して試料の均一性を調べた。その結果、炭素で7%、硫黄で37%の均一性を持つことがわかった。表3のカマンカレホユックは、全ての試料が鋼レベルであった。またC-3,4試料は、黒色試料で、錆化していることから鉄濃度が低かった。鉄濃度100%と60～70%の試料を比較すると傾向的に錆化した試料は、炭素及び硫黄濃度が高めとなっていた。

表1　福島県関林D遺跡鉄器遺物の分析結果　(wt%)

試料	重量(g)	鉄濃度	炭素濃度	硫黄濃度	分類(現代)
K-1	0.049	100	0.016	*<0.0040	軟鉄
K-2	0.072		0.012	*<0.0030	
K-3 錆	0.061	65	1.65	0.21	

*：濃度補正曲線の範囲外

表2　福島県鳥打沢A遺跡鉄塊遺物の分析結果　(wt%)

	炭素濃度	硫黄濃度	鉄濃度	分類(現代)
平均値	3.17	0.053	97	銑鉄又は鋳鉄
標準偏差	±0.23	±0.020		
相対誤差(±%)	7.0	37		

N=5

表3　カマンカレホユック鉄器・鉄塊遺物の分析結果　(wt%)

試料	重量(g)	鉄濃度	炭素濃度	硫黄濃度	分類(現代)
C-1	0.032	100	0.15	0.020	鋼
C-2	0.047	100	0.24	0.022	鋼
C-3	0.084	60	0.69	0.113	鋼
C-4	0.093	72	0.72	0.086	鋼

P 16

材質・製作技法からみた耳環の分類

（財）元興寺文化財研究所
渡辺智恵美

1．はじめに

耳環は直接身につける装身具の一種であり、その初現は縄文時代早期に遡ることできる。縄文時代の耳環（耳飾り）は、鹿角、石、木、土等を素材として用いており、晩期には10cm大の大型ものも見られる。ところが弥生時代に入ると、縄文時代に東日本を中心に流行した耳飾りは忽然と姿を消し、次に現れるのは古墳時代中期、5世紀中葉になってからである。5世紀代は、畿内をはじめ各地で巨大古墳が築造された時期であり、首長達はこぞって大陸から新しい風習や技術を取り入れようとした時代である。それらは窯業技術、土木技術、鉄器生産技術であり、また当時の首長達の身体や所有物を華麗に飾った金、銀装飾品をはじめとする金工技術であった。耳環もこのような社会的背景のもとにわが国にもたらされ、定着していったものと考えられる。

ここでは、古墳時代後期に汎日本的に流行する単環（形状的には細い棒を環状に曲げただけのもので、縄文時代の石製　状耳飾りに似ている）を取り上げ、主として自然科学的手法を用いて製作技法等を解明し、非常に曖昧になっている呼称を使用されている材質や製作技法によって分類することを提唱したい。分類については、小池氏が中空耳環について製作技法等から分類を試みた例があるが*、大部分が発掘担当者が肉眼的観察により呼称を与えているのが現状である（例えば金環、銀環等）。

2.材質、製作技法からみた耳環の分類

図1は自然科学的調査により明らかになった材質、製作技法から耳環の分類を試みたものである。分類は以下に記した耳環を構成する個々の要素に基づいて行った。

【形 状】

大別して中実（芯をもつもの）と中空のもの、無垢のもの（単一の素材で作られているもの）が存在する。環は太いものと細いものが存在し、傾向として無垢のものは細く、中空のものは太めである。

【構 造】

中実の場合、中間層を持つものがあり、その上にめっき（鍍金あるいは鍍銀）を施すことが多い。芯は純度の高い銅を用いることが多い。中空の場合は、薄い銅管にめっきを施したり、金、銀の薄板を被せて仕上げているものと金や銀の薄板ををを単体で用いたものがある。

【材 質】

耳環を構成する材質としては、金、銀、銅、錫、鉛、鉄などがあげられる。これらは単独で用いられる場合もあるが、芯材や合金として用いたりしている。また中空耳環の芯材として、木などの有機質や砂が使用されている可能性もある。

【装飾方法】

耳環表面を装飾する方法として少なくとも以下の2通りがある。

（1）水銀アマルガムによりめっきを施す方法

（2）金あるいは銀の薄い板（または箔）を芯に被せる方法

また、完成品であるか否かは不明であるが、無垢以外で表面の装飾を伴わないものも存在する。

【接面の仕上げ方法】

接面（耳朶に接する部分）の仕上げ方としては現在のところ、以下に述べる４通りが確認できている。

（1）側面（環を構成する面）の端部を接面に被せるようにたたみ込んで仕上げているもの

（2）側面の端部を接面で絞り込んで切断しているもの

（3）接面に合わせた形状に切断した薄い板を接面にのせ、それを被うように側面端部を垂直に折り曲げて仕上げているもの

（4）まず側面端部を折り曲げてから薄い板を蓋状に被せて仕上げているもの

【側面の仕上げ方法】

つぎに側面の仕上げ方について述べる。側面は研磨して仕上げたりめっきを施しているため仕上げの痕跡が残っていないことが多いが、いくつかの耳環で確認できた。芯に薄板を巻いたり中空の環を製作する際、内側面で板を重ね合わせて処理していることが多い。

【接着方法】

環を構成する板の重なり部分や接面の蓋状の板を固定するための接着剤として、銀鑞や水銀を使用した例が確認できた。また接着剤を用いないで鍛接しているものも存在する。

３．おわりに

古墳時代後期を通じて最も一般的に用いられている技法は、銅芯銀貼鍍金技法である。この技法は汎日本的に分布しており、耳環の流通経路、製作工人等を考える上で重要な事項となると考えられる。耳環は金属製品であり、土器や木製品とは異なり、材料の調達や製作技術に特別な体制が必要であり、群集墳を構成する共同体内で個々に製作されたとは考えにくい。また耳環は一般的には装身具として用いられており、階級など当時の社会的背景をある程度反映しているものと考えられる。色調的にも金、銀あるいは銅色といった使い分けがなされていたかも知れない。

今回は非常に曖昧になっている耳環の呼称の統一に主眼をおいたが、今後は製作技法や材質と年代との相関関係の有無やその所有形態、装身具としての耳環とそれ以外の使用方法における相違等について追求していきたい。

＊ 小池　寛「中空耳環について」『京都府埋蔵文化財論集第１集』（財）京都府埋蔵文化財調査研究センター（1987）

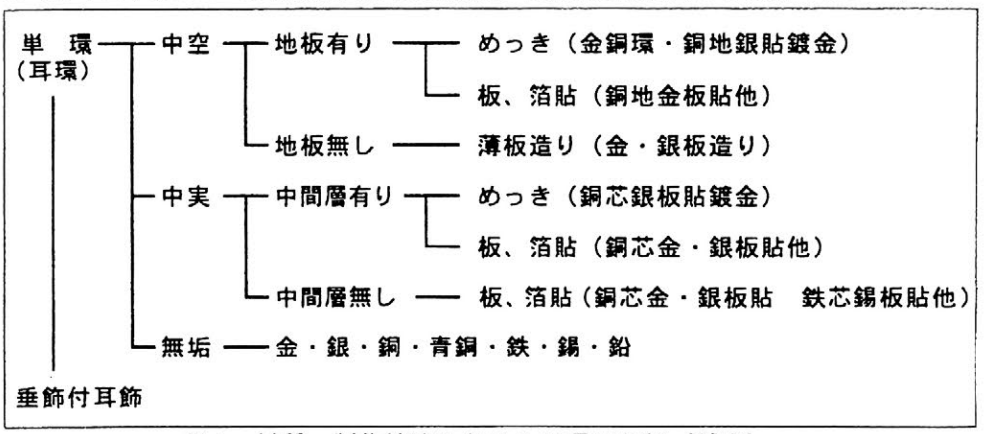


図１　材質・製作技法からみた耳環の分類（試案）

P 17

中世鋼素材の材質調査－滋賀県能登川町斗西遺跡出土例－

○赤沼英男(岩手県立博物館)　中川正人(滋賀県文化財保護協会)
植田文雄(能登川町埋蔵文化財センター)

1.はじめに

滋賀県能登川町斗西遺跡における 1986 年度の発掘調査において、古代末～中世の溝状遺構から塊状鉄器(図１)が出土した。この遺物は８本の鉄釘が錆化したものと考えられてきたが、X線ラジオグラフィーによる透視によって、中世のいくつかの館跡から検出されている棒状鉄器(鋼素材)である可能性が高いことが明らかになった。そこで、遺物から試料片を摘出し、地金の材質に関する調査を行い、これまでに解析された棒状鉄器との形態・材質に関し比較検討した。

2. 資　料

調査した鉄製品は、長さ約 18cm、断面が長方形を呈する８本のほぼ同形状の棒状鉄器が、錆化によりくっつき塊状となったものである。現存の重量は 974 g で、相当量のメタルが残存しているものと判断された。資料全体の形状を損ねることのないよう細心の注意を払い、採取可能な７本の棒状鉄器の先端部分から２つの試料片を摘出し、大きい方を組織観察に、小さい方を化学成分分析に供した。

3. 結果ならびに考察

棒状鉄器 (No.2)から摘出した試料片のマクロおよびミクロエッチング組織は、黒く腐食されたパーライト〔フェライト(α Fe)とセメンタイト(Fe_3C)の共析組織〕とフェライトの占める面積割合がほぼ同じで、炭素含有量が 0.4 ～ 0.5 %の鋼と判定できる領域がその大半を占めたが、パーライトに比べフェライトの占める面積割合が多く炭素含有量 0.1 ～ 0.2 %とみなすことのできる領域も観察された(図 2a)。化学成分分析結果によれば、摘出した試料片の平均炭素量は 0.46 %であり、上述の組織観察結果とほぼ合致した。また、フェライトの一部は白色の針状をしたウイッドマンステッテン状組織を形成していたため、パーライト変態点以上の高温領域から空冷されたものと推定された。他の６本の棒状鉄器から摘出した試料片も炭素含有量が 0.8 %未満の亜共析鋼からなることが確認されたが、ほとんどの試料片のパーライトの分布に偏析が認められた。

摘出した試料片にはところどころに暗灰色の結晶 XT_0 が残存する非金属介在物がみられた(図 2b)。EPMA によって結晶 XT_0 は主として酸化チタンと酸化アルミニュウムからなる化合物であり、その回りは $CaO\text{-}Al_2O_3\text{-}SiO_2$ 系で、酸化鉄をわずかに含有するガラス質けい酸塩(S)によって取り囲まれていることがわかった。この化合物は相当量の炭素分を含む鉄または炭材と、砂鉄などのように鉄チタン化合物を含む物質の使用によって生成したスラグの接触により生じたものと推測される。同様の組成の非金属介在物は棒状鉄器(No.5、No.6)にも見いだされ、他には酸化鉄と酸化チタンを主成分とする化合物の残存する非金属介在物が確認された。

小試料片から得られた ICP-AES 法による化学成分分析結果をもとに、T.Fe と Ni 分、Co 分の関係を示したものが図３である。７本の棒状鉄器のうち６本には 0.04 %を越える Ni 分が検出され、残りの１本についても 0.035 %の Ni 分が含有されていた。さらに、棒状鉄器(No.1)には 0.04 %もの Co 分も含まれていた。これらは、通常の砂鉄に比べ高い値である。前述の非金属介在物組成を考慮すれば、相当量の Ti 分と Ni 分、または Co 分を含む特異な鉄鉱石を始発原料として

製造された鋼を素材としていたか、あるいは相当量の Ni 分または Co 分を含む鉄鉱石(おそらくは磁鉄鉱)を始発原料として生産された銑鉄を、少量の砂鉄を用いて脱炭するという鋼精錬によって製造された鋼を用いて製作された可能性が高いと考えられる。

図３には青森県浪岡城跡、岩手県盛岡城跡、福島県福島市飯坂から出土した棒状鉄器の分析結果もプロットしている。既述のとおりこれらの遺物は斗西遺跡出土のものに比べ大型ではあるが、形状という点ではほぼ同じとみることができる。いずれにも残存する非金属介在物中に鉄チタン化合物がみられ、その多くは通常の砂鉄に比べ高レベルの Co 分を含んでいるが、斗西遺跡出土のものに比べれば Ni 分は低いレベルにある。また、自然科学的調査はなされていないが、ほぼ同形状をした棒状鉄器は広島県吉田町吉川元春館跡などでも見いだされている。

上述の調査結果に基づけば、古代末～中世には、ある地域で製造された鋼素材が列島内の広い地域にもたらされ、そこで必要とする鋼製鉄器に加工され使用されていた様子をみてとれる。流通する鋼素材の形状が規格化されていることをふまえれば、小刀のような特定の鋼製鉄器の製作に用いられていたのかもしれない。なお、分析した鋼素材に若干の化学組成上の差異がみられるが、これは時代とともに鋼素材の製造地域が変わったか、あるいは時代によって鋼素材製造のために用いられた原料鉄の入手先が変わったことを示しているものと思われる。この点については中世の鉄生産関連遺構から検出される鉄塊を調べ、その結果と鋼素材との材質上の比較を行うことによってより明確にできるであろう。

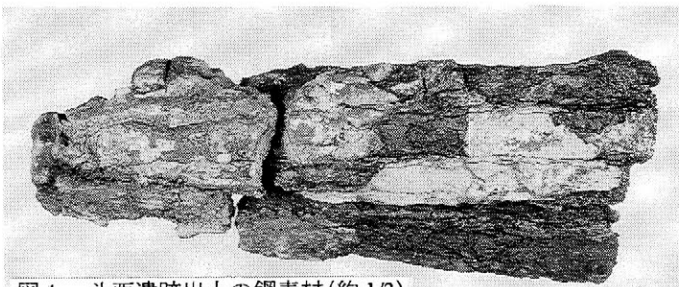


図１　斗西遺跡出土の鋼素材(約 1/2)

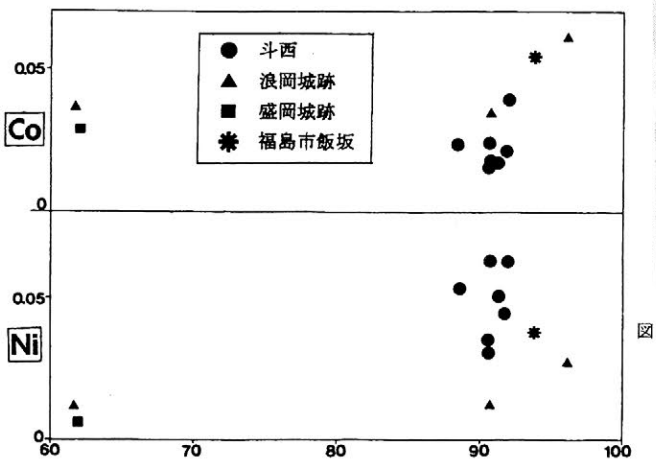


図３　棒状鉄器に含有される T.Fe と Ni、Co の関係

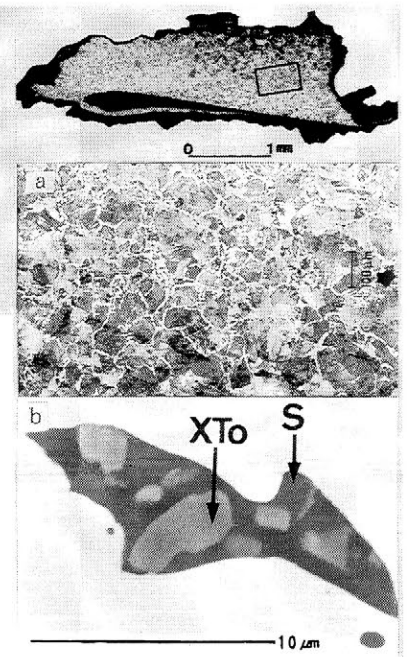


図２　No.2 棒状鉄器から摘出した試料片の組織観察結果
a：マクロおよびミクロエッチング組織、マクロエッチング組織の枠で囲んだ部分はミクロ組織観察位置。
b：EPMA による非金属介在物組成像（COMP）。

P 18

刀剣類の外装に使用された木材 II

——奈良県出土資料を中心に——

奈良県立橿原考古学研究所　福田さよ子

1. はじめに

古墳から出土する遺物の中に、刀や剣がある。この刀や剣(以下刀剣類とする)は、ほとんどが身を鉄で造る。鉄は土中に埋まって酸化しながらも、発掘調査によって、錆と土の塊のような様相を呈して出土する。われわれが出土遺物として間近にみる鉄刀剣類は、このような錆と土の塊が大半である。しかし、これを丹念に調査し、クリーニングする課程で、有機質の存在が確認できるものも少なくない。身や茎に木質が付着して残存していれば、木装の鞘や把の存在が伺われるし、繊維の痕跡を認めることもある。刀剣類が古墳に納められたとき、決して錆の塊であったはずではなく、磨き込まれて光を放つ鉄身に、有機質を用いた外装を凝らしたものも多かったはずである。

酸化し、腐朽・錆化しながらも、ごくわずかでも残存した有機質遺物の材質や形状を分析することによって、①当時の刀剣装具の製作技術が、少しでも解明できないだろうか、また、②埋葬の際に、刀剣類が受けた取り扱われかたが伺えるのではないだろうか。ここでは、以上の２点に着目して、奈良県下の古墳出土刀剣類について、外装具の材をとり上げる。

2. 古墳出土遺物の観察

《前期》

[小泉大塚古墳]＊前方後円墳(全長88m)
後円部竪穴式石室　古墳時代前期

石室内から出土した鉄剣と刀子には、木質の拵えが認められず、鉄身の表面に直接繊維が付着する。裂は幾重かに折り返している。鉄剣は繊維の上に木質痕跡が確認できる。

遊離した裂の断片が複数あり、木質の拵えを払った後、幾重にも裂で巻いていたようである。



＜鉄器付着裂の断面＞

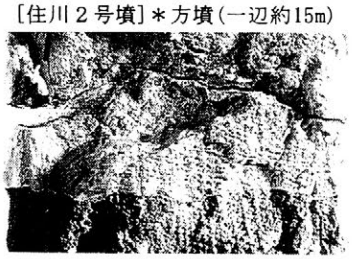
[島の山古墳]＊前方後円墳(全長190m)　前方部頂部粘土槨 割竹形木棺　古墳時代前期(末)

棺内から出土した鉄製刀子４点は、すべて把には木質が残存するが、鞘の木質は認められない。２本に繊維痕が認められ、他の２本は鉄身のみ。棺外の遺物である鉄製小刀５点の内、把・鞘とも木質が残存するのは２点。鞘木のみ認められるもの１点、把木のみ認められるもの１点。鉄剣１点には把木が厚く残っている。

棺内に刀剣類は無く、刀子は木製の把を持っており、もともと鞘がなかったというよりは、わざわざ鞘を払って埋納に供した可能性がある。裂に包むものとそうでないものとが区別されたのであろう。棺外に納められた刀の内２点は、木製の拵えが揃っており、もう１点と剣は、やはり鞘を払って埋納したようである。

《中期》

[住川２号墳]＊方墳(一辺約15m)　木棺直葬 割竹形木棺　5世紀前半～中葉



＜刀１に巻かれた裂＞

棺内から出土した直刀１点には、把や鞘の装具はなく、平絹でくるんだ後、袋状に縫い込んだ紐で留める。剣２点にも、把や鞘の装具はなく、平絹でくるむ。棺蓋直上に重ねて置かれた剣２点・棺蓋を閉じて盛った土の上に置かれた直刀と剣各１点も、把や鞘の装具はなく、平絹でくるむ。

木質の痕跡は棺上から出土した不明鉄器に残るのみであるが、ごく薄い痕跡であるため、樹種の同定は不可能であった(註1)。

[石光山４６号墳]＊方墳(15×9m)　木棺直葬(第1埋葬施設)割竹形木棺　6世紀初

棺内から出土した鹿角装直刀は、装具の拵えをすべて備えている。鞘木の上に部分的に布帛を

巻く。鉄地金銅張半球形の大刀飾金具を持つ。同定の結果、把木はシイノキ属、鞘木は針葉樹。この刀は、鉄身に木装の把と鞘の装具・鹿角の把縁と鞘口の装具・裂・金銅装金具で拵えをそろえ、装飾大刀の完成した姿で棺内に入れられている。柄頭と鞘尻の形態は欠損のため不明。

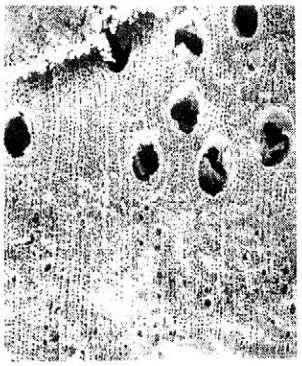


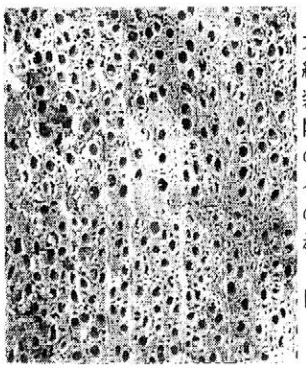


＜把の材(木口面)＞

《後期》

[烏土塚古墳]＊前方後円墳(全長60.5m)　横穴式石室　6世紀中後半





＜烏土塚出土大刀鞘材と把材(木口面)＞

石室内(石棺西側)から出土した金銀装大刀は、把も鞘も木質を使用し、把に銀線を葛巻きにし、鞘木に金銀装金具を着装し、金銅製の鍔を持つ。また、刀身の関付近には連弧輪状の象嵌を施す。木質の樹種は、把は広葉樹(散孔材)、鞘はシイノキ属(註2)。この刀も、鉄刀身に木質の外装具を持ち、金銅や金・銀でさらにそれを飾る。柄頭と鞘尻の形態は不明。

[藤ノ木古墳]＊円墳(径48m)　横穴式石室　6世紀後半～末

石室内から出土した金銅装や銀装・ガラス玉や銀リングで装飾するものなどの、大刀5点と剣1点は、すべて木質を土台とした拵えを持つ。漆塗りの鞘(大刀2)や、平絹で巻いた鞘を持つもの(大刀3)等、保存状態が良好で、飾り大刀の外装の研究は現在も継続中である(註3)。

3. まとめ

以上、奈良県下の古墳から出土した刀剣類を、いくつかとりあげた。

前期古墳である小泉大塚古墳や島の山古墳には、外装の拵を持たず、鉄身を直接裂で包んだ状態で、刀剣類が納められている。島の山古墳の棺内には刀剣ではなく刀子が入れられ、木製の把が認められる。古墳埋納のためににわざわざ鞘を払ったと考えられる状態である。

中期古墳である五条住川2号墳は、鉄器のみが副葬された古墳である。刀剣類を含む大半の鉄器は、木質の部分をまったく持っていない。そのうちのいくつかは、墓壙の中に入れるとき、鉄単体をそれぞれ個別に平絹や麻で包んだ状態であった。ここに埋納された刀剣類も、小泉大塚のものも、もともと鉄身のみの状態で、埋葬のために準備されたのかもしれない。一変して石光山46号墳では、棺内に外装具をそろえ持つ飾り大刀を副葬している。鞘木も把木も備わり、前3例と比較すると、この古墳に埋葬する刀を製作するための工程や技術・装飾材料は、大きく異なる。

後期古墳である烏土塚古墳出土の飾り大刀は、金銅製の鍔や銀線を用い、刀身には象嵌を施すなど、石光山46号墳出土の飾り大刀とは異なった技術や製作工程を経て造られている。藤ノ木古墳出土例に至っては、当時の多くの工芸・装飾技術と材料を盛って、多くの工人の手を経た結果、完璧に拵えをそろえた刀剣類が、古墳埋葬に際して用意された。

古い時期の古墳から出土する刀剣類は、その鉄身本体に注意が払われ、古墳に埋納する際に「織物で巻く」ことによって、他の遺物よりも丁寧な扱いをされたのであろう。当時の織物、特に絹は、時代を降った金銅や銀などの装飾材料と、同程度の貴重なものであったかもしれない。新しい時期になると、すべての外装を装備した刀剣類の外観が、被葬者のアイデンティティーを示すものとして、ステイタスシンボルとなってゆくのだろう。

用材については、中期の古墳から出土する刀に、シイノキ属が使われはじめるようである。この材は比較的加工しやすく、弾力性のある重硬な材であるが、道管径が大きく仕上げの外見は決して良いとは言えない。用材選択のなされた藤ノ木古墳でも、4号大刀にこの材が用いられている。これが刀剣類に用いられる理由は何かあるのだろう。

今、ここで言えることは、失われやすい有機質遺物を丹念に観察し、分析することで、当時の人々が埋葬に際しておこなった行為や当時の技術が、少しずつ見えてくるということである。

註1　『五條市住川墳墓群発掘調査報告』「奈良県遺跡調査概報 1992年度」に調査を担当した土橋理子氏の詳しい報告がある。
註2　報告書では「桧材柾目の鞘木」とあるが、今回同定した結果、鞘材はシイノキ属であった。
註3　『理化学的手法による大刀の構造調査』今津節生「藤ノ木古墳第2・3次調査報告書」に詳しい報告がある

P 19

アイヌ玉の考古化学的研究

○斎藤亜三子（東京理科大学）・早川泰弘（東京国立文化財研究所）
平尾良光（同）・中井泉（東京理科大学）・佐々木利和（東京国立博物館）

1. はじめに

アイヌ玉とは日本の北方に暮らすアイヌ民族の女性が、正装するときに身につけたガラスでできた首飾りである。これまでアイヌ玉はアイヌ民族の交易の範囲や歴史といった考古学的考察の鍵となってきた。本研究ではアイヌ玉に対して自然科学的手法を用いた分析をすることで、アイヌ玉が持っている意義について考古学的な考察に加えて情報を与えることを目的とする。今回はアイヌ玉の化学組成を分析し、組成によるアイヌ玉の分類と着色元素の検討を行なった。アイヌ玉の化学組成の測定は試料が貴重であるため非破壊的手法である蛍光X線分析法を用いた。

2. 資料

資料は東京国立博物館所蔵のアイヌ玉35資料である。首飾りになっている資料については、複数個の玉を選択し計216玉の測定を行なった。

3. 実験

分析装置および測定条件は以下に示す。

分析装置：セイコー社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置SEA5230E
（試料室の大きさ；45(W)×15(H)×40(D)㎝）

測定条件：①X線源；モリブデン管球　②管電圧；45kV及び15kV　③測定時間；500秒　④X線のビーム径；Φ1.8mm　⑤試料室雰囲気；真空

4. 結果と考察

今回測定したアイヌ玉216個は、分析の結果72玉がアルカリ珪酸塩ガラスで135玉が鉛珪酸塩ガラス、そして残りの9玉がガラス以外の材料で作られた玉であった。

このうち色や形状の類似している乳濁した青色系統のガラス玉96玉について、特徴的な元素によってさらに分類したところ、アルカリ珪酸塩ガラスに属するものは酸化ナトリウムの含有率によってカリ石灰ガラス（K-Ca-Si系；Na_2O含有率約2%以下）と混合アルカリ石灰ガラス（Na-K-Ca-Si系；Na_2O含有率約3%以上）に分類できた。また、鉛珪酸塩ガラスに属するものは酸化カリウムを約10%程度含む鉛カリガラスのみが確認された。これは酸化アンチモンの含有率によってSb_2O_3を含む鉛カリガラス（Pb-K-Si(Sb有)系）とSb_2O_3を含まない鉛カリガラス（Pb-K-Si(Sb無)系）の2種類に分類できた。以上4種類のガラスの化学組成の平均値と資料数を表－1に示す。分類の結果、首飾りの中央を飾る直径30㎜以上の青色系統の玉の9割がK-Ca-Si系に属することがわかった。

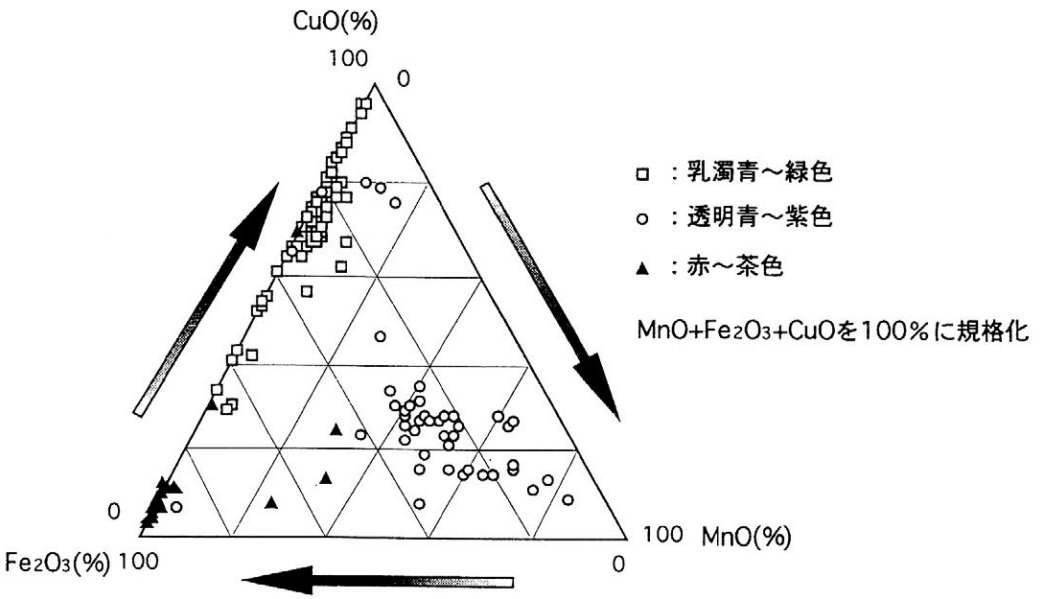
アイヌ玉は青、緑、紫、白、黒、赤、茶と多彩である。今回の測定で検出された元素のなかで、ガラス中で色を呈するものはMn,Fe,Co,Cu,Zn等である。これらの着色元素のうちMn,Fe,Cuの酸化物の定量値を100%に規格化した値を図－1に示した。

図－1より乳濁した青～緑色系統のガラスではCu、透明な青～紫色系統のガラスではMn、そして赤～茶色系統のガラスではFeが着色元素として寄与している可能性が高いことが確認された。

表－1：乳濁した青色系統のガラスの化学組成（平均値）と資料数

(wt%)

ガラスの種類	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	Fe_2O_3	CuO	ZnO	PbO	Sb_2O_3	資料数
K-Ca-Si 系	1.1	1.6	67	18	10	0.4	0.9	0.2	0.2	-	27
±1σ	0.6	0.4	3	4	2	0.2	0.5	0.1	0.2	-	
[Na,K]-Ca-Si 系	5.2	1.6	65	16	8.6	0.5	1.2	0.3	0.3	-	32
±1σ	2.1	0.2	2	3	0.9	0.6	0.4	0.2	0.5	-	
Pb-K-Si(Sb有) 系	0.3	0.1	51	9.6	0.1	0.1	1.0	0.2	34	3.9	15
±1σ	0.2	0.0	5	0.7	0.2	0.1	1.4	0.2	2	1.7	
Pb-K-Si(Sb無) 系	0.5	0.1	47	9.8	0.2	0.2	0.6	0.0	39	n.d.	22
±1σ	0.3	0.0	5	1.5	0.3	0.1	0.3	0.0	3	-	



図－1：ガラス中の着色元素（MnO,Fe_2O_3,CuO）の三元分布図

P 20

鉄に金を固定する技法の新例

杉山晋作（国立歴史民俗博物館）　斎藤努（同）　○阿部百里子（昭和女子大学大学院）
趙榮濟（慶尚大學校博物館）　全玉年（釜山大學校博物館）

１．はじめに

古代における鍍金技法は、水銀を用いるアマルガム法が一般的であったとされる。しかし、この技法は鉄板には適用できないとされており、古代では主に銅板に金装飾した金銅製品を製作する際に用いられた。したがって、鉄製品を金装飾する場合は鍍金した金銅板を鉄地に被せる手法が専ら用いられた。ここに紹介する資料は、国際共同研究「古代日韓における非鉄金属製品の成分組成に関する比較研究」にて提供を受けた韓国・玉田Ｍ１号墳出土胡籙金具で、水銀を利用して鉄地に金膜を直接固定する技法を用いたと見られるものである。

２．分析方法

資料の表面と断面の観察を走査型電子顕微鏡（日本電子製ＪＳＭ８２０）でおこない、またエネルギー分散型Ｘ線検出器（Ｐｈｉｌｉｐｓ製ＥＤＡＸ４）で成分の定性・定量分析を数カ所でおこなった。またその分布状態を知るため、電子プローブマイクロアナライザー（日本電子製 ＪＸＡ８９００）を用いて金膜部の断面を１０，０００倍で元素マッピング分析を行った。

３．分析結果

3.1.表面観察

金色を呈する部分は金を主成分とし、その表面には一方向に走る多数の擦痕が見られる＜写真１＞。アマルガム鍍金において通常見られる粒子は確認できなかった。

3.2.断面観察

鉄の表面に金の膜が密着している。金膜の厚みはほぼ均質で３～４ﾐｸﾛﾝ。径０．５ﾐｸﾛﾝ程の空隙が多数見られる＜写真２＞。金膜の主成分として金・銀・水銀・銅が検出された。各元素でマッピングしたものが＜図１＞である。金膜層は金・銅からなる表面層と、その下の金・銀・水銀からなる層に分かれる。さらに金・銀・水銀からなる層は上部と下部で金・銀の濃度に差がある。このことから金膜は上・中・下の３層構成によると見たほうがよい。各層の組成は上層で金７０％、銅３０％、銀・水銀０％、中層で金４５％、銀３０％、水銀２５％、銅０％、下層で金３５％、銀４０％、水銀２５％、銅０％であった＜図２＞。上層中の銅の分布領域は中・下層の銀の分布領域とは重ならない。なお上層について、水銀は層中に検出されず、中層との境界付近にのみ分布している。なお、２次電子像による観察では各層の明瞭な境界は確認できなかった。

４．まとめ

ａ.この資料は鉄地に金膜を直接固定したもので、鉄地と金膜の間に別の金属層は確認できなかった。

ｂ.金膜は組成の異なる３層からなる。

ｃ.金膜各層の厚みは約１ﾐｸﾛﾝ前後で分析資料のどの部分でもほぼ一定であること、また金膜各層の組成が異なることから金属箔を重ねて使用した可能性がある。

ｄ.鉄地と金膜の固定や、金膜各層の重ね合わせには水銀が媒介物として使用されたと考えられる。

ｅ.鉄に対する水銀を用いた金･銀の固定法の解明や、金膜各層を重ね合わせい具体的な工程については今後想定実験などで検討していきたい。

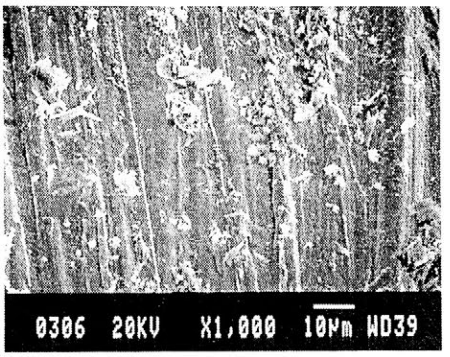


写真１　金膜表面の状態

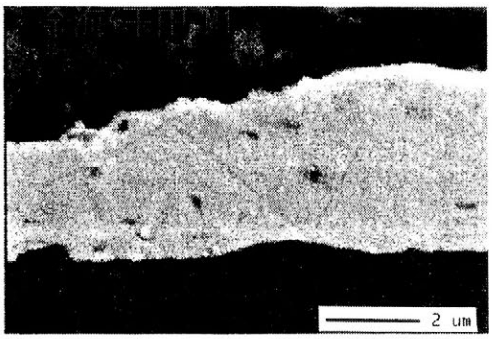


写真２　金膜断面の２次電子像
（×10,000）

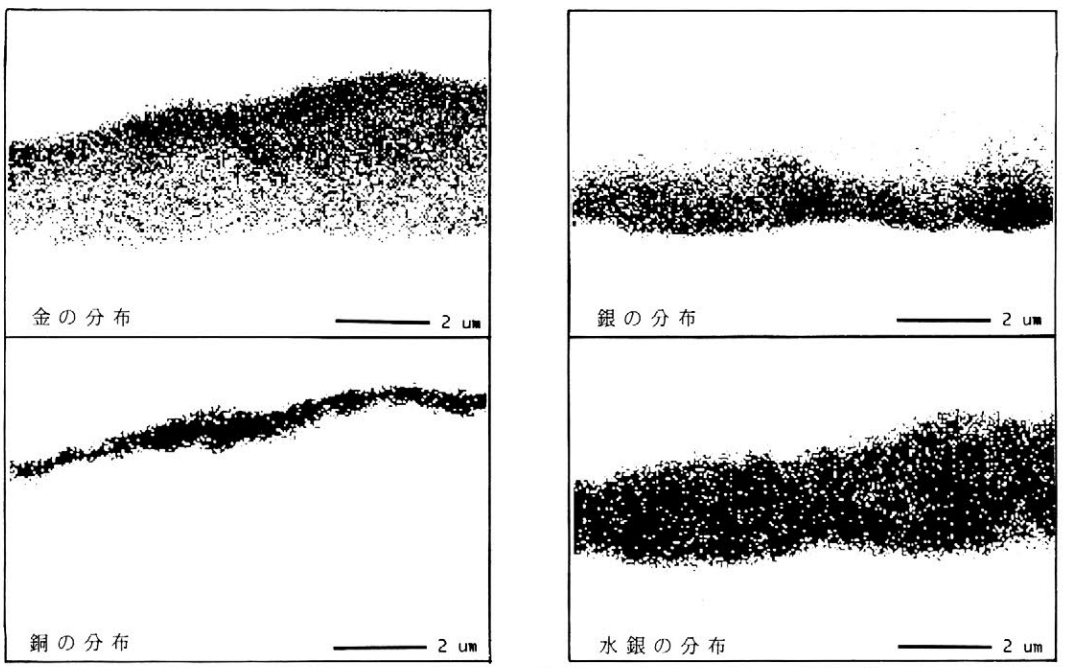


図１　金膜中の元素分布状態（断面のマッピング図）

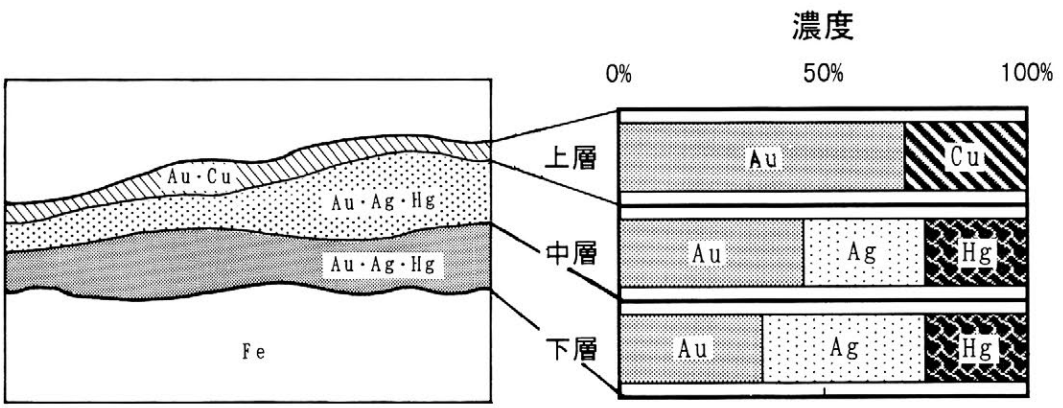


図２　金膜断面の状態図と組成

P 21

東日本における縄文早期中葉の赤色顔料関係資料

○成瀬正和（宮内庁正倉院事務所）
領塚正浩（市立市川考古博物館）

はじめに

最近縄文時代草創期、早期の赤色顔料が関心を集めている。東日本の状況を探るため、神奈川県横須賀市田戸遺跡、千葉県香取郡小見川町城ノ台貝塚、静岡県富士宮市黒田向井林遺跡、栃木県佐野市出流原小学校内遺跡、福島県郡山市一ツ松遺跡、北海道函館市中野Ａ遺跡、北海道苫小牧市ニナルカ遺跡などより出土した縄文時代早期中葉の赤色顔料関係資料について、顔料の種類、土器への塗彩技法などを調査した。

調査の方法

調査の要点は次の通りである。①顔料の種類（ベンガラか朱か）、②ベンガラである場合にはその粒子の形状（いわゆる「パイプ状粒子」が認められるかどうか）、③土器器面に付着するものの場合には意識的な塗彩か否か、④赤彩である場合には、塗彩が土器焼成前か後か。

調査は蛍光Ｘ線分析装置、Ｘ線回折装置、走査電子顕微鏡、光学顕微鏡および実体顕微鏡を用い行った。

結果の概要

調査結果は表の通りである。赤色顔料はいずれも広義の意味でベンガラすなわち鉄が発色の原因となる化合物であることが確認できた。

関東地方では、これまで赤星直忠の報告により田戸遺跡の田戸上層式土器の中に赤彩土器が存在することが知られていたが、城ノ台（北・南）貝塚、黒田向井林遺跡、出流原小学校内遺跡出土の田戸上層式土器の中にも赤彩土器が見い出され、該期の土器組成の中で地域的な広がりをもって、安定して存在することが明らかとなった。田戸上層式土器における赤彩技法は土器焼成前、焼成後の両者があったようである。

一ツ松遺跡出土土器、および黒田向井林遺跡出土土器（のうちの１点）は田戸上層式に先行する田戸下層式あるいはそれと併行する型式の赤彩土器として注目される。

中野Ａ遺跡から出土した赤色顔料が付着する２点の土器は、付着部位などから見て、赤彩土器ではなく、赤色顔料の貯蔵容器であると考えられる。ただしそのうち一点は赤色顔料が混ざった漆の容器であった可能性もある。

ニナルカ遺跡の赤色顔料は土器の破断面に沿って塗られており、このことから当時おそらく漆等の固着剤に赤色顔料を混ぜ、補修剤として用いられたものとも推測できるが、現在固着剤は確認できない。

田戸遺跡の土器の中では、調査した土器１５点中、顕微鏡観察を行った１１点全てに、城ノ台貝塚の土器では４点全てに、また出流原小学校内遺跡の土器１点に、いわゆるパイプ状粒子を含むベンガラが用いられていた。

試料は以下の機関より提供を受けた。奈良国立文化財研究所（山内資料）、千葉県香取郡小見川町教育委員会、富士宮市教育委員会、佐野市郷土博物館、郡山市埋蔵文化財発掘調査事業団、市立函館博物館、苫小牧市埋蔵文化財調査センター。

表 調査の結果

番号	遺跡名	付着物	時期	蛍光X線分析		X線回折		顔料の種類	ベンガラの形状	備考
				Fe	Hg	赤鉄鉱	辰砂			
1	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	－	－			非赤彩
2	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	－	－	ベンガラ	観察せず	
3	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成前赤彩
4	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	
5	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	観察せず	
6	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成前赤彩
7	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	
8	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	－	－	ベンガラ	観察せず	
9	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	－	－	ベンガラ	パイプ状	焼成後赤彩
10	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成後赤彩
11	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状を含む	
12	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	
13	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	
14	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状を含む	
15	田戸遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	
16	城ノ台南貝塚	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成前赤彩
17	城ノ台北貝塚	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成後赤彩
18	城ノ台北貝塚	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成後赤彩
19	城ノ台北貝塚	土器	田戸上層式	＋	－	＋	－	ベンガラ	パイプ状	焼成後赤彩
20	出流原小学校内遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	－	－	ベンガラ	パイプ状	焼成後赤彩
21	一ツ松遺跡	土器	田戸下層式併行	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	焼成後赤彩
22	黒田向井林遺跡	土器	田戸下層式併行	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	焼成後赤彩
23	黒田向井林遺跡	土器	田戸上層式	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	焼成後赤彩
24	中野A遺跡	土器	中野A式(物見台)	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	ベンガラ貯蔵用
25	中野A遺跡	土器	中野A式(物見台)	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	ベンガラ貯蔵用
26	ニナルカ遺跡	土器	東釧路Ⅲ式	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	破断面接合に使用
27	ニナルカ遺跡	オオノガイ	東釧路Ⅲ式	＋	－	－	－	ベンガラ	非パイプ	ベンガラ貯蔵用

P 22

南九州における縄文時代の赤色顔料について

―――日本最古級の赤彩土器―――

鹿児島県立埋蔵文化財センター　大久保浩二

1．はじめに

近年南九州においては，縄文時代草創期から早期にかけての大規模な遺跡が次々に発見され，全国に先駆けた定住の問題や壺形土器の発達など，先進的な文化内容が注目されているところである。

赤色顔料についても，平成９年に稲荷原遺跡から縄文早期初頭の岩本式土器に赤色塗彩を施した土器が出土した。これは現在のところ土器に赤色顔料（ベンガラ）を塗彩した例としては，日本最古級のものであると考えられる。その分析例を中心に南九州の縄文時代の赤色顔料の状況について報告したい。

尚，顔料の粒子の観察や種類の同定にあたっては，鹿児島県立埋蔵文化財センター所蔵の日本電子製走査型電子顕微鏡（5300LV）とエネルギー分散型Ｘ線分析装置（JED2001）を使用した。

2．稲荷原遺跡の赤彩土器――縄文時代早期初頭（約１万年～９千年前）

稲荷原遺跡は鹿児島県日置郡伊集院町に所在し，平成９年に伊集院町教育委員会が調査報告したものである。赤色塗彩された岩本式土器は縄文時代早期初頭の前平式土器の最古段階に位置づけられている土器型式で「岩本タイプ」とも呼ばれている。円筒形平底を呈する土器である。約１万１千年前の噴火で堆積したとされる薩摩火山灰の直上から出土することから，実年代も１万年～９千年前が考えられている。赤色塗彩が認められる土器個体は３点あった。



稲荷原遺跡の赤彩土器

赤色塗彩の状況　いずれも口縁部の内面が塗彩されているのが特色である。特に塗彩が明瞭な１点については，口唇部内肩から下に13～15ミリの幅で帯状に塗彩されている。色調はやや暗い赤色ではっきりしており，土器の胎土との境も明瞭である。実体顕微鏡で外面や内面の他の部分も観察したが赤色顔料の付着は見られず，明らかに帯状の部分だけ塗彩されている。

Ｘ線分析　３点ともＦｅが顕著なピークとして検出された。よって顔料の種類はベンガラであると考えられる。

ＳＥＭ像の観察　顔料の粒子としては，いずれからも１μｍ前後の微細な粒子が観察された。パイプ状を呈する粒子などは観察されない。

稲荷原遺跡の土器は内面に塗彩があることが特色であるが，貯蔵容器としてベンガラが付着したといった程度のものではなく，人間が意図して塗彩したものであることは明確である。この稲荷原遺跡の類例として，岩本式土器の標式遺跡である鹿児島県指宿市岩本遺跡の出土資料が挙げられる。内面塗彩と外面塗彩のものが一例づつ出土しており，顔料は分析の結果ベンガラであることがわかっていたが，今回の稲荷原遺跡の赤彩土器はベンガラの塗彩がより明瞭に残されていた。よって南九州では土器への赤色顔料塗彩の技術がすでに縄文時代早期初頭には存在し，ある程度の範囲（地域）には及んでいたということが，今回の発見により裏づけられたと言えよう。

3．縄文時代早期後葉の状況

次に赤色塗彩が認められるのは早期後葉の平椿式土器（約７千５百年前）である。これは国分市上野原遺跡から出土している壺型土器や耳栓などに塗彩されているもので，先般国の重要文化財に指定された。赤色顔料の種類はベンガラで，顔料の粒子にはパイプ状を呈するものもある。

4．縄文時代全体を通して（第１表に観察表を示す。）

◎赤色顔料の出土例のほとんどがベンガラである。

◎水銀朱はほとんど検出されない。後期の干迫遺跡で朱塗りの注口土器（加曽利Ｂ式類似）が出土しているが，これは移入土器と考えられる。在地の土器では晩

期の黒川式の浅鉢で，外面にベンガラ，内面に水銀朱が付着した特殊な例が一例あるのみである。

◎土器型式により赤色塗彩技術の有無がある。２ヵ所以上の遺跡で赤色塗彩が認められる土器型式は，岩本式土器（早期）と深浦式土器（前期），市来式土器（後期），鐘ヶ崎式土器（後期），黒川式土器（晩期）である。

◎市来式の台付皿形土器（後期）には赤色塗彩が多く見られるが，これには白色顔料（白土系）を同時に塗彩しているものがあり注目される。

◎顔料の加工具等については，水銀朱の付着した石器等は出土していない。ベンガラについては，中期から後期にかけて石皿や磨石に付着したものが数点出土しているが，加工と結びつくものなのか今後の検討を要するものである。

５．おわりに

発掘件数の増加に伴い，出土資料は膨大な量にのぼる。塗彩土器だけでなく，遺構に関わるものや顔料製造に関する遺物も存在すると考えられる。今後も各地の調査担当者の協力を得て新資料の確認に努めるとともに，これまでの出土資料の見直しも行っていきたい。

〔参考文献〕
梅北浩一「稲荷原遺跡」『伊集院町埋蔵文化財発掘調査報告書（10）』 1998.3

第１表　鹿児島県内出土赤色顔料観察表（縄文時代）　　成分分析により同定した資料を掲載

時期		遺跡名	所在地	観察対象	ベンガラ	水銀朱
縄文時代	早期初頭	岩本遺跡	指宿市	岩本式土器	○	
		稲荷原遺跡	伊集院町	岩本式土器	○	
	早期後葉	上野原遺跡	国分市	平栫式土器（深鉢 壺）耳栓	○ パイプ状粒子他	
	前期	星塚遺跡	横川町	深浦式土器	○ パイプ状粒子他	
		干迫遺跡	加治木町	深浦式土器	○ パイプ状粒子	
	中期	前床遺跡	輝北町	石皿（春日式土器共伴）	○ パイプ状粒子	
	中期末	市来貝塚	市来町	南福寺式土器	○ パイプ状粒子	
	後期	山ノ中遺跡	鹿児島市	土器，敲石（指宿式土器共伴）	○	
		市来貝塚	市来町	市来式土器（台付Ⅲ型土器）	○ パイプ状粒子他	
				二枚貝に入ったベンガラ	○ パイプ状粒子	
		草野貝塚	鹿児島市	市来式土器（台付Ⅲ型土器） 軽石加工品	○ パイプ状粒子 ○	
		干迫遺跡	加治木町	市来式土器（台付Ⅲ型土器）	○（白色顔料も併用）	
				鐘ヶ崎式土器	○	
				加曽利B式土器類似の注口土器（移入品）		○
		一湊松山遺跡	上屋久町	鐘ヶ崎式土器	○	
				市来式土器（台付Ⅲ型土器）	○ パイプ状粒子	
	晩期	榎崎Ｂ遺跡	鹿屋市	黒川式土器（浅鉢）	外面 ○	内面○
		千河原遺跡	加世田市	黒川式土器（浅鉢 深鉢）	○ パイプ状粒子他	

P 23

絵画を対象としたＸ線エミシオグラフィに関する基礎的研究
～油彩画顔料成分や彩色層の構造とエミシオグラムとの関係～

○片多雅樹・松田泰典
（東北芸術工科大学大学院 芸術工学研究科）

１.はじめに

文化財の保存修復にとって，事前の科学的調査は不可欠である．美術品を対象とした調査では非破壊法が要求されることが多く，そのため機器を利用した諸法が開発されている．Ｘ線エミシオグラフィも非破壊法の一つである．例えば絵画の場合，試料に強いＸ線を照射することで発生する二次電子の強弱の分布をＸ線フィルムに画像（エミシオグラム）として再現することができる．本法の応用例は多数報告されてはいるが，標準試料と画像との関係を体系化するような基礎的な研究はほとんどなされていない．演者らは基礎的な実験を通してＸ線エミシオグラフィの特徴を理解し，絵画材料の材質同定への応用の可能性を探っている．本発表では，いくつかの標準となる油彩画顔料のエミシオグラムにおける差異や，彩色層の構造から生じるその濃淡などに注目し，実験を行った結果について報告する．

２.撮影方法

被写体の上に直接フィルム（富士工業用Ｘ線フィルムＦＲ）を置き，その上から高いエネルギーのＸ線（硬Ｘ線，225kV）を照射した．フィルムは低いエネルギーのＸ線（軟Ｘ線）に対して感度が高い為，硬Ｘ線は被写体表面に置いたフィルムをほとんど感光させることなく透過し，顔料から二次電子（光電子）を発生させる．フィルムはこの発生した光電子によって感光してエックス線画像を作る．また，225kVのエネルギーのＸ線に含まれる軟Ｘ線によるフィルムの感光を防ぐために，錫板（３mm厚）を照射口に取り付け，軟Ｘ線を取り除いた．

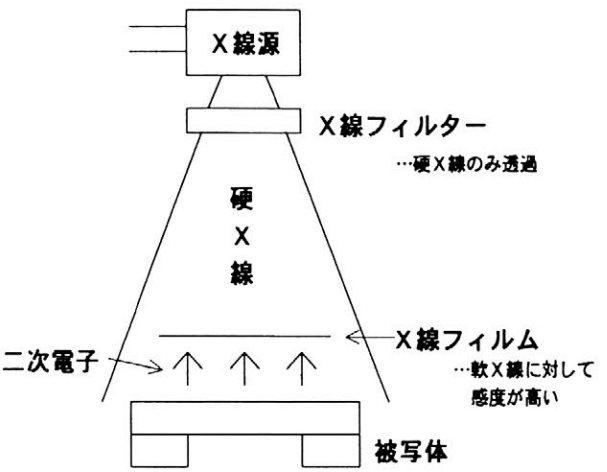


図-１　エミシオグラフィの撮影方法

3 .試料

原子番号の違いによるフィルムの感光度の差異を調べるため，20種類の絵具をキャンバスに塗り試料とした．個々の絵具の情報を得るためにキャンバスを膠でのみ下地を施した．使用した20種類の絵具に関しては，あらかじめ元素分析を行い，実験結果と比較し考察した．表-1に試料のキャンバスにおける彩色位置を示す．括弧内の元素記号は，無機顔料に関しては主成分金属元素を，有機顔料に関しては体質顔料[1)]に含まれる金属元素を示す．

表-1　試料における絵具の配置

シルバーホワイト (Pb)	カドミウムイエロー (Cd)	クロムグリーン (Cr)	バーミリオン (Hg)	セルリアンブルー (Sn, Co)
ジンクホワイト (Zn)	バーントアンバー (Fe, Mn)	ビリジャン (Cr)	カドミウムレッド (Cd)	コバルトブルー (Co, Al)
チタニウムホワイト (Ti)	イエローオーカー (Fe, Al)	ビリジャンヒュー 錯体有機顔料(Ca)	チャイニーズレッド 錯体有機顔料(Ba)	ウルトラマリン 有機顔料(Ba)
胡粉 (Ca)	ランプブラック (Ca)	パーマネントグリーン 錯体有機顔料(Ca)	パーマネントイエロー 有機顔料(Ti)	インジゴ 有機顔料(Ba)

4 .結果と考察

試料のエミシオグラムを写真-1に示す．

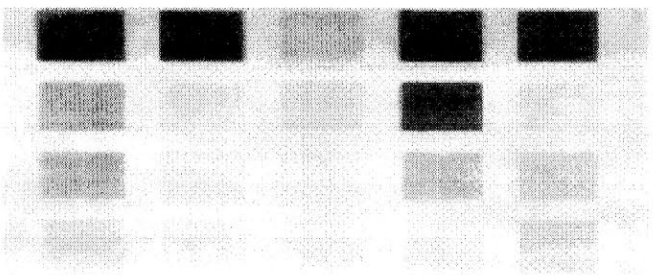


写真-1　試料のエミシオグラムと撮影条件

エミシオグラム（ネガフィルム）より，無機顔料と有機顔料との間には，固有の傾向は見られず，個々の顔料の差が得られた．無機顔料に関してはPb_{82}, Hg_{80}, Sn_{50}, Cd_{48}を含むものはフィルム上に黒く写り，Zn_{30}, Ti_{22}は灰色，その他は薄い灰色もしくは白く写った．これは顔料に含まれる金属元素の原子番号によると考えられた．有機顔料に関しては，金属塩を含む顔料（錯体有機顔料）の有無による規則性は見られなかったが，体質顔料としてBa_{56}を含む顔料は，Ti_{22}，Ca_{20}を含む顔料よりも濃く写った．有機顔料では，体質顔料中の金属元素による影響が大きい．

このほか下地の含有元素に対する影響，及び彩色層の厚みと黒化度との関係についての実験を行ったが，大会での発表にゆずる．

1）それ自体は白色でありながら，展色材で練るとほとんど透明になるという性質を持つ．この性質を利用して有機顔料に混ぜて粘稠度を整えるのに使われたり，レーキ顔料の担体（その上に染料を沈着させる白色顔料）に用いたりする．

P 24

キャピラリー電気泳動法による文化財染織品の染料分析

o佐々木良子（奈良国立文化財研究所）佐藤　昌憲（同）肥塚　隆保（同）

1. はじめに

文化財遺物としての繊維品には、多様な彩色が施され、その色調が現在も尚残っているものもある。日本では伝世品では正倉院と法隆寺の宝物である染織品が有名である。さらにそれより古い時代の遺物は古墳などの出土品であり、一般に遺存状態が極めて悪いために繊維自身が著しく劣化し、色彩が明瞭に残っている場合は希である。たとえ残っていても長い歳月の間に分解褪色している可能性が大きい。非破壊法で繊維表面のUVスペクトルや、蛍光スペクトルを測定しても経年褪色のため、また、褪色が少なくても媒染剤による色目の変化のため、染料の同定を行うことが困難である場合が多い。そこで、微量の試料を採取し、種々の有機溶媒により残存する染料を繊維内部から抽出し、その抽出液を種々の機器分析方法を用いて分析を行う必要がある。

有機溶媒などで色素成分を布から抽出するとき、例えば重ね染めの場合には両方の色素が同時に抽出されてしまうので、そのままUV-Vis吸収スペクトル分析や、蛍光分光分析を行っても混合物の分析を行なうことによる各種の問題点がある。また、出土繊維品の抽出液には、色素成分の他に、経年変化と遺存環境中の光、水、バクテリア等による繊維や色素成分の分解物など多くの夾雑物が共存している。もちろん抽出液中に特定の色素成分が残存していれば、分析は可能である。そこで、分離と同定の両方を一度に行える分析法が必要とされる。著者らは、現在用いている高速液体クロマトグラフィー（HPLC）と分離原理の異なるキャピラリー電気泳動法（CE）を文化財科学の分野に導入するための基礎検討を重ねているが、天然染料の同定も、その中の課題の一つと考えている。

2. キャピラリー電気泳動法の原理

キャピラリー電気泳動法の原理を図１　に示す。分離モードは各種あるが、原理的には毛細管中の電気浸透流による荷電分子（中性分子（N）も界面活性剤の存在により）の移動力の差により分離を行う。CEはHPLCに比べて所要試料量、使用する緩衝溶液の量、などが少なくて済み、分析時間も短縮できるが、検出法、検出感度、定量性などに問題があるとされている。

3. 結果と考察

今回、繊維品の現代標品として、紅花とキハダで重ね染めをした絹布を用いた。現代品の場合には、色調が明瞭であり、布表面の可視吸収スペクトルを測定するだけで両方の成分を確認できる。この絹布の一部を切り取ってメタノールに浸し色素

成分を抽出した。このメタノール溶液をキャピラリー電気泳動法で分析したところ二成分の吸収ピークがそれぞれ明瞭に分離し、各々のピークでの吸収スペクトルより、それぞれの成分が紅花とキハダであることが示された（図２）。

現在、標品を用いて染料の分析条件最適化と分析結果の蓄積を行ない、HPLCとの得失を比較検討している。近世の染織品の実例についても報告する。

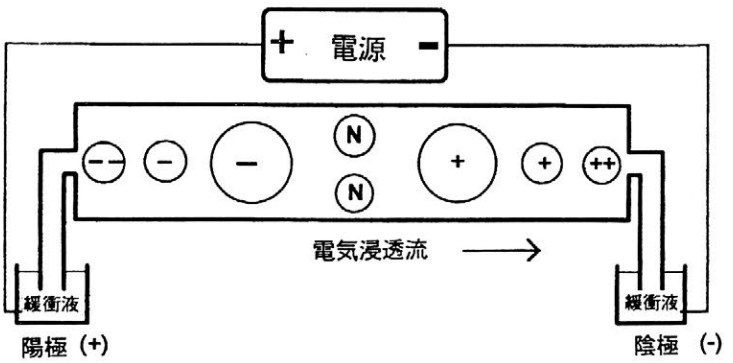


図１：電気泳動の原理

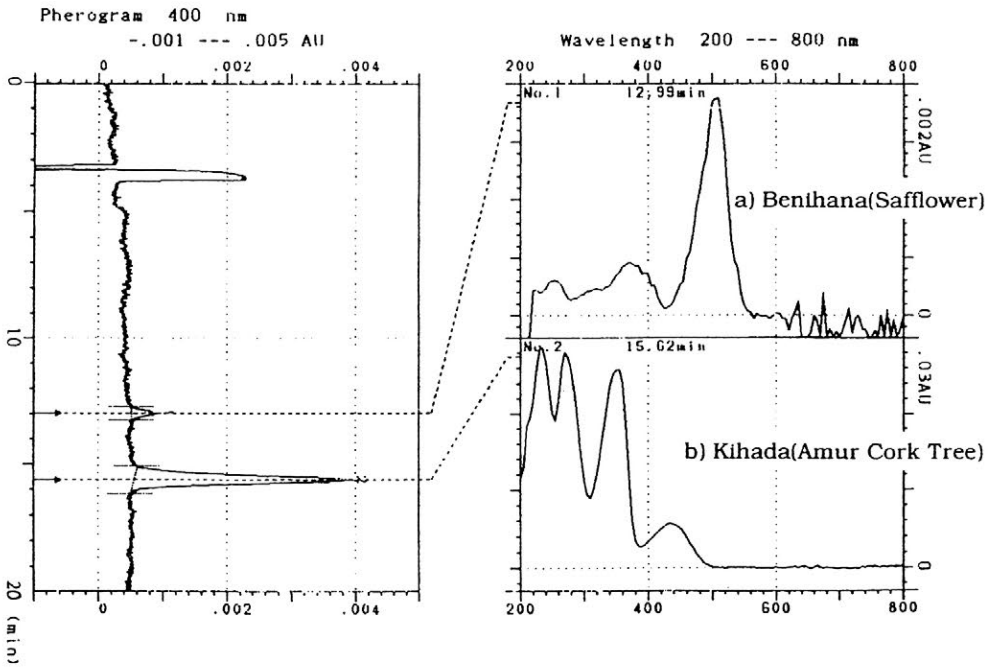


図２：紅花とキハダの重ね染をした絹から抽出した染料の分析結果
泳動液：20mM Na_2HPO_4, 20mM NaH_2PO_4, 50mM SDS
キャピラリー：75 μm ×500mm
印加電圧：15kV

P 25

福井県鳥浜貝塚出土縄文漆器の研究（２）

－北白川下層Ｉｂ・Ⅱａ式期の漆器－

岡田文男（京都造形芸術大学）
成瀬正和（宮内庁正倉院事務所）
網谷克彦（敦賀女子短期大学）

１．　はじめに

昨年に引き続き本年も、福井県鳥浜貝塚遺跡から出土した漆器の塗膜構造調査の結果を報告する。今回調査の対象としたのは北白川下層ＩｂからⅡａ期の漆器１６点（木胎漆器１４点、弓１点、紐１点）で、薄片による顕微鏡観察、および蛍光Ｘ線分析などを実施し、塗装技術や使用顔料に関する検討を行なった。

２．　観察結果

光学顕微鏡による塗膜断面構造の観察結果は以下の通りであった。

⑴下地

①炭粉と漆を混和

木地の直上に疎らに細かな木炭粉が観察された試料が１点認められる（U9002）。木炭粉は非常に細かく粉砕されている。

⑵漆層

①透明漆

木地の直上に透明漆層が観察され、混和物が特に認められなかったものが１１点ある。表面から黒くみえた漆は顕微鏡下では透明で、黒色顔料などの混和物はとくに認められなかった。赤塗りの漆器の中には透明漆層が３層確認できたものがある（U9001）。顕微鏡下では赤色漆の下層の透明漆が黄褐色であるのに対して、黒く見える漆ではやや赤褐色で透明感に欠ける傾向がみられた。

②赤色漆

赤塗りの漆器は木地の上に透明漆層があり、その上に赤色漆層が観察された。赤色漆を２層塗り重ねたものは１点のみ（U8035）で、それ以外は赤色漆を１層塗布したのみであった。表面観察で赤色漆の塗膜が安定しているものは断面が厚い傾向が認められた。

⑶紐を埋め込んだ木胎漆器

木胎漆器のうち口縁部内外面に、幾何学的な隆起線文様を施す資料がある（U1007）。隆起線には撚りが認められ、紐が埋め込まれたものと予測できたので、このことを光学顕微鏡で確認した。平らな木胎の上に透明漆を１層塗り、紐を固定し、その上にさらに透明漆を１層と、やや厚めの赤色漆（約100ミクロン）を１層塗ったようである。

⑷赤色顔料

赤色顔料の使用が認められた試料は７点で、蛍光Ｘ線分析の結果、すべて鉄が検出され、水銀は検出されなかったので、顔料はベンガラ（酸化第二鉄）と推定した。顕微鏡下では、ベンガラの形状にきわめて定形的なパイプ状が観察された５点（U9001、U6292、U1007、U3002、U8035）と、ほとんどが不定形微粒子からなる２点（U6293、U3023）があった。



図１（Ｕ６２９２）

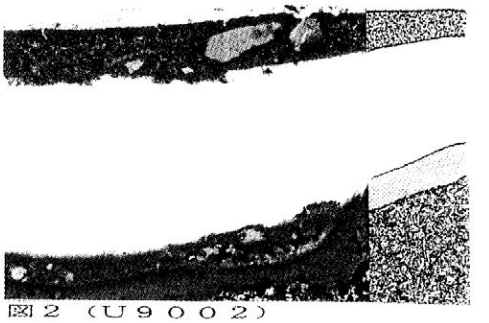


図２（Ｕ９００２）

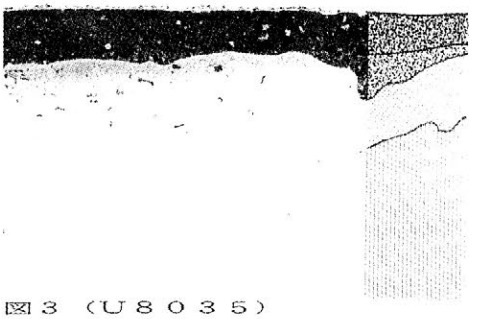


図３（Ｕ８０３５）



図４（Ｕ９００１）

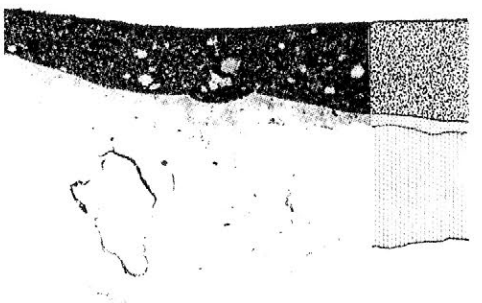


図５（Ｕ１００７）

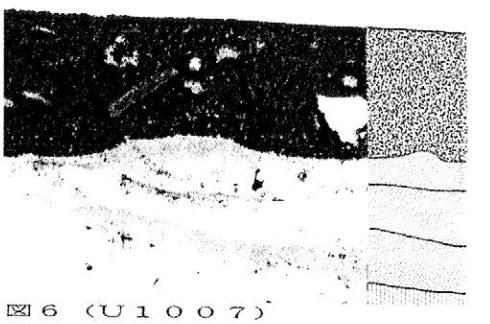


図６（Ｕ１００７）

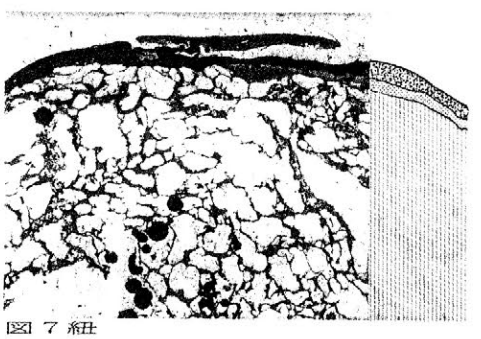


図７紐

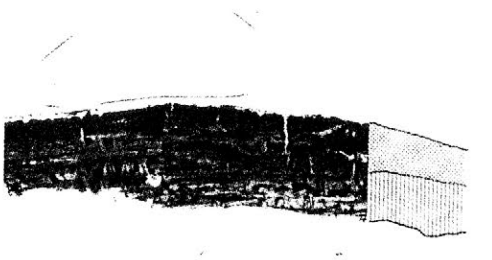


図８（Ｕ３０１１）

漆製品塗膜断面顕微鏡写真

50μm（スケール同）

ベンガラ漆層　透明漆層　炭粉漆層　木胎

P 26

秋田県戸平川遺跡出土縄文漆器の研究

○岡田文男（京都造形芸術大学）・成瀬正和（宮内庁正倉院事務所）
高橋忠彦（秋田県埋蔵文化財センター）・藤沢昌（秋田県仙南村立中学校）

1．はじめに

戸平川遺跡は秋田県添川に所在する縄文晩期大洞ＣＩ式期を中心とする時期の遺跡である。低湿地より、漆塗り竪櫛２０点、籃胎漆器２点、および赤や黒の漆塗り土器多数が出土している。このうちすべての櫛と籃胎漆器の一部、および漆塗り土器の一部を対象として、塗膜構造や赤色顔料の調査などをおこなった。

2．調査方法

各遺物から表面約２ミリ角程度の微小片を採取して試料とし、それをエポキシ樹脂に包埋して研磨して薄片に仕上げ、その塗料膜構造を光学顕微鏡で観察した。漆塗り土器のうち、赤色漆塗り土器については用いられた顔料の種類を明らかにするため、蛍光Ｘ線分析とＸ線回折もおこなった。

3．結果

①　櫛

櫛はすべて結歯式で、いずれも表面は赤色漆塗りである。櫛の塑形材は漆に木粉を混和した、いわゆる木屎漆が用いられている。塑形材の上には漆に土を混和したいわゆる地の粉漆を塗ったもの、漆に炭の粉を混和した炭粉漆を塗ったもの、透明漆のみを塗りかさねたものがある。表面の赤色漆層は１層だけのものが多いが、中には２層塗り重ねたものがある。１点のみ赤色漆を塗った後、再び透明漆と赤色漆を順次塗り重ねたものがある。この櫛のみは塗り直しを行なった可能性も残されるが、他の櫛には塗り直しは認められなかった。他遺跡の漆製品の調査結果からも、縄文時代の櫛は塗り直しを行なうほど使い込んだものはなかったことが指摘できる。

②　籃胎漆器

籃胎漆器の素地はすでに消失しており確認できなかったが、素地を覆う塑形材は木屎漆が用いられている。その上に透明漆を１層薄く塗布し、さらに赤色漆を２層塗布している。

③　漆塗り土器

赤色漆塗り土器は器面の上に透明漆を１層塗り、その上に赤色漆を１層塗っている。また、黒漆塗り土器は器面の上に透明漆を１層塗るだけの単純なものである。すなわち漆層には油煙等の黒色顔料はまったく含まれていない。正確には「黒漆」ではなく、黒く見える漆塗り土器というべきである。また、胎土部分の観察から、赤色漆塗り土器では土器表面が白く、また黒く見える漆塗り土器では土器表面が黒いものが多い傾向にあることが明らかとなった。この時期の漆塗り土器は、最終的に漆によって表面をどのような色に仕上げるかを予定して、土器を燃焼していたものと考えられる。

④　赤色顔料

櫛、籃胎漆器、赤色漆塗り土器とも赤色顔料はいずれもベンガラが用いられていたが、いわゆる「パイプ状」粒子は認められなかった。

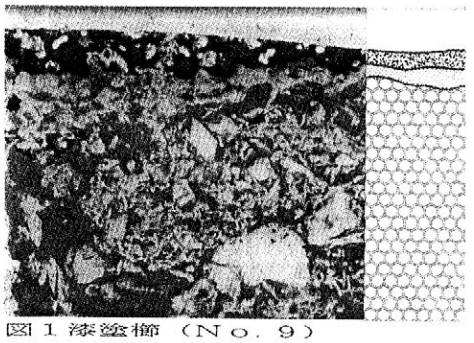


図１漆塗櫛（Ｎｏ．９）

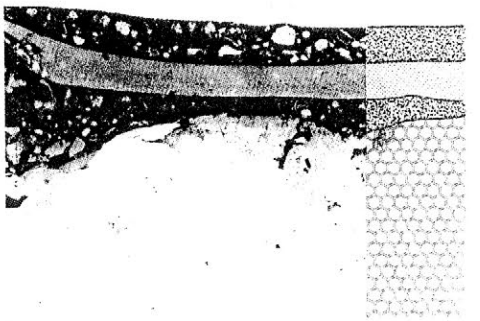


図２漆塗櫛（Ｎｏ．７）

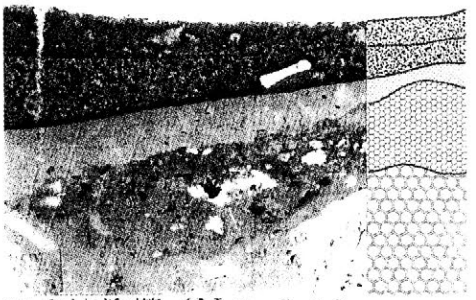


図３漆塗櫛（Ｎｏ．１１）

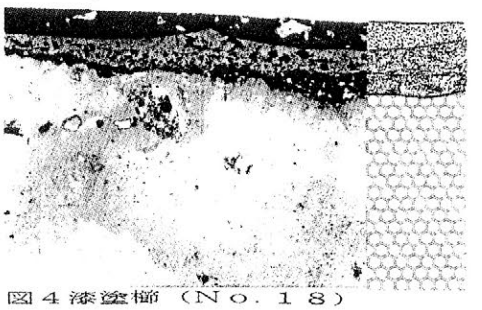


図４漆塗櫛（Ｎｏ．１８）

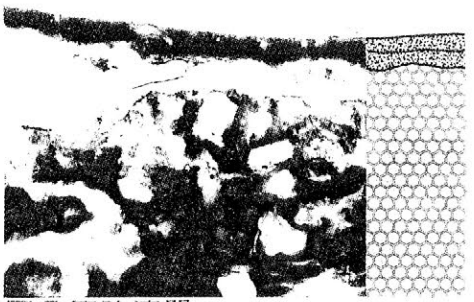


図５籃胎漆器



図６籃胎漆器

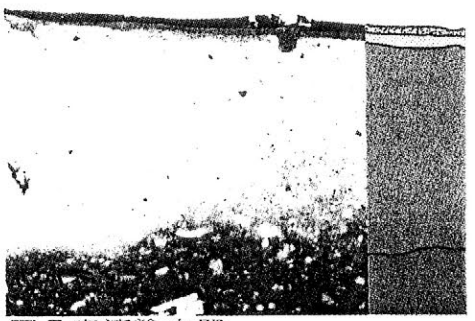


図７赤漆塗土器



図８黒漆塗土器

漆製品塗膜断面顕微鏡写真

５０μｍ（スケール同）

ベンガラ漆層　　透明漆層　　炭粉漆層

木屎漆　　鉱物を含む漆層　　胎土

P 27

カマン・カレホユック遺跡から出土した彩文土器に関する化学的研究

泉山　優樹（東京理科大学）・松永　将弥（同）・中井　泉（同）

1．はじめに

トルコ共和国にあるカマン・カレホユック遺跡は、約 4000 年の歴史を有し、人々の生活跡からなる積層構造を形成している。現在、本遺跡は財団法人中近東文化センターにより発掘調査が進められ、第Ⅰ層（オスマン・トルコ時代）、第Ⅱ層（鉄器時代）、第Ⅲ層（中後期青銅器時代）、第Ⅳ層（前期青銅器時代）の４文化層が確認されている。このうち第Ⅱ層は、さらに考古学的に４つの時代Ⅱａ、Ⅱｂ、Ⅱｃ、Ⅱｄにわけられている。また、この第Ⅱ層からは彩文土器と呼ばれる表面に鮮やかな彩色が施された土器の破片が大量に出土していて、その施紋方法や紋様の彩色などの考古学的知見は、第Ⅱ層をさらに分類するための指標として用いられている。本研究では、第Ⅱ層から出土した彩文土器について胎土および顔料の点から分析化学的研究を行い、彩文土器の考古学的分類に物質化学的根拠を与えるすることを目的とした。

2．実験方法

彩文土器の分析として、胎土分析と顔料分析の２種類を行った。胎土分析は試料としてカマン・カレホユック遺跡出土の彩文土器 40 点を用いた。試料は粉砕・乾燥後、約 500kg/cm^2 の圧力を加えてペレット状にしたのち、波長分散型蛍光Ｘ線装置 System 3270（理学電機製）を用いてファンダメンタル・パラメータ法で定量分析を行った。

顔料分析は試料として 12 点の彩文土器を用いた。試料は実体顕微鏡で見ながら、土器表面の顔料を針で剥ぎ取ることでサンプリングを行った。サンプリングした顔料の定性分析を行い、同定された元素について本研究室で自作した装置により蛍光Ｘ線による２次元イメージングを行った。

3．結果および考察

ａ）胎土分析

胎土を定量分析したところ、いくつかのサンプルについて特異的な化学組成を持つものが存在することがわかった。これらのサンプルは、いずれも SiO_2 の含有量がほかのサンプルと比べて約 30wt%も少なく、逆に CaO や Fe_2O_3 の含有量が高濃度であるのが特徴であった。また、これらの土器は手で持ってみたところほかの土器よりも軽く低密度であった。しかも、このような特異的な組成を持つ土器は、Ⅱａ層出土の彩文土器からは見つからず、Ⅱｃ、Ⅱｄ層から出土したも

のからのみ確認することができた。このため、このような特異的な組成を持つ土器はⅡｃ、Ⅱｄ層にだけ見られる可能性がある。現在、このような組成となる原因について検討している。

また、特異的な組成を持つ土器を除いてから Ti,V,Cr,Mn,Ni,Cu,Sr,Zr および比 Ca/K を用いて元素パターン図を作成してみたところ、３種類のパターンが見られた。これらのパターンには出土した時代とは関係無くⅡａ、Ⅱｃ、Ⅱｄのものがいずれも含まれていることが分かった。従って、土器胎土の化学組成のみから、第Ⅱ層の土器を分類することは、現時点では試料数が少なく困難であった。今後分析数を増やすことにより、さらに検討を加えたい。

ｂ）顔料分析

各彩文土器の赤色部分、茶色部分、こげ茶色部分の顔料について定性分析を行ったところ、Fe,Mn,Ni の３元素が顔料中に含まれていることが分かった。そこで、これらの元素についてイメージングを行ってみた。この結果、Fe と Mn については、顔料中の褐色部分に含まれていることが分かり、特に色の濃い部分では Mn が多く含まれていることが分かった。一方、Ni は調べたサンプルのうちⅡｃ層出土のものの一部からのみ、こげ茶色の部分と対応していることがわかり、分類の鍵のひとつとなることが期待される。

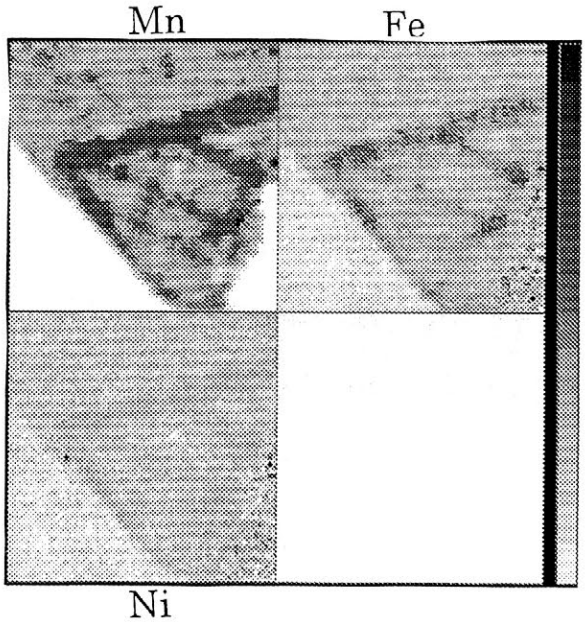


図１　彩文土器のイメージング

表１　土器胎土の主成分元素の化学組成

	Year No.	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	MgO	CaO	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O
通常の土器	92000773(IIa)	64.0	15.8	0.239	1.84	6.49	7.64	0.981	2.77
	93000585(IIa)	57.8	16.2	1.25	4.43	6.44	9.45	1.32	2.70
	96001412(IIc)	65.2	15.8	0.876	1.90	7.02	5.41	0.639	2.87
	96001423(IIc)	55.0	14.4	0.943	6.92	8.33	10.1	1.59	2.44
	96001541(IId)	61.4	14.6	0.307	1.85	11.1	7.62	0.927	2.00
	96001543(IId)	60.3	13.2	1.16	3.84	10.6	6.75	0.927	2.76
特異的な土器	92000771(IIc)	35.9	10.2	2.13	9.30	17.8	17.3	2.25	4.19
	96001410(IIc)	33.5	13.0	0.882	6.25	27.7	13.0	1.58	3.53
	96001424(IIa/IIc)	32.3	12.0	0.928	7.23	27.1	14.4	1.75	3.53
	92000770(IId)	33.3	7.92	1.61	8.82	30.5	12.2	1.40	3.46
	92000765(IId)	38.1	19.4	0.227	2.32	17.1	18.8	1.27	2.44
	96001540	33.5	13.0	0.882	6.25	27.7	13.0	1.58	3.53

P 28

カンボジア国シエムリアップ地域ターニー古窯址採集の陶片の化学分析

肥塚隆保（奈文研）岸良鉄英（自営）o 山崎一雄（名古屋大学）

ターニー古窯址で表面採集した陶片 6片（表1, No. 1-4, 14, 15)(低地クメール陶）とタイのブリラム地域の陶片 9片（表1, No. 5-13)(高地クメール陶）の釉と胎土を蛍光X線分析法とX線回折法で分析、比較した。 胎土はすべて焼成時に生成したムライトとクリストバライトを含み、ターニー窯の陶片の方が一般に焼成温度が高い。

陶片 3は無釉でグロリエが命名したLie de vin（ブドウ酒の沈殿物の色）に相当すると思われたが、分析すると表面に鉄分の多い薄い層があり無釉ではない。グロリエの陶片はベトナム戦争で失われ比較ができないが、無釉ではなかったかもしれない。

次に釉の成分の分析値からSeger 式を求め、（Si02など）の比を横軸に、（A1203 など）の比を縦軸にとって図を描くと、ブリラム地域の陶片は狭い範囲に集まるが、ターニー窯の陶片の組成の点は散らばり、原料が一定でないことを示す。

表1 陶片

試料番号	試料	出土場所	色調	
1	SRT-1	シェムリアップ ルンターアエク・ターニー窯	黒褐釉片	
2	SRT-2	シェムリアップ ルンターアエク・ターニー窯	灰釉片	カンボ
3	SRT-3	シェムリアップ ルンターアエク・ターニー窯	紫褐色釉（薄層）リドヴァン?	ジア
4	SRT-4	シェムリアップ ルンターアエク・ターニー窯	紫褐色釉片	
5	BSD	ブリラム県北部 サドゥク郡 ドンヤイパオ窯	黒褐釉片	
6	BKR	ブリラム県北部 クラサン郡 バンクラサン窯	黒褐釉片	タイ
7	BBK-T	バンクルアト郡 プラサート・タモ 無名窯	灰釉片	
8	BKY-S	バンクルアト郡 バンコクヤイ古窯群 サワイ窯	黒褐釉片	
9	BRK	パカム郡 プラサート・ノンタレ 無名窯	灰釉片	
10	SBS	スリン県 バンサワーイ	黒褐釉片	
11	BTN-10	バンクルアト郡 ナーイジェン窯	灰釉蓋片	
12	LBN- 2	ラハンサーイ郡 第2バラネ村 窯跡	黒褐釉片	
13	LBN- 2	ラハンサーイ郡 バラネ・コックキーレク窯	灰釉片	
14	SRT- 6	シェムリアップ ルンターアエク・ターニー窯	灰釉合子蓋片	カンボ
15	SRT-25	シェムリアップ ルンターアエク・ターニー窯	灰釉片	ジア

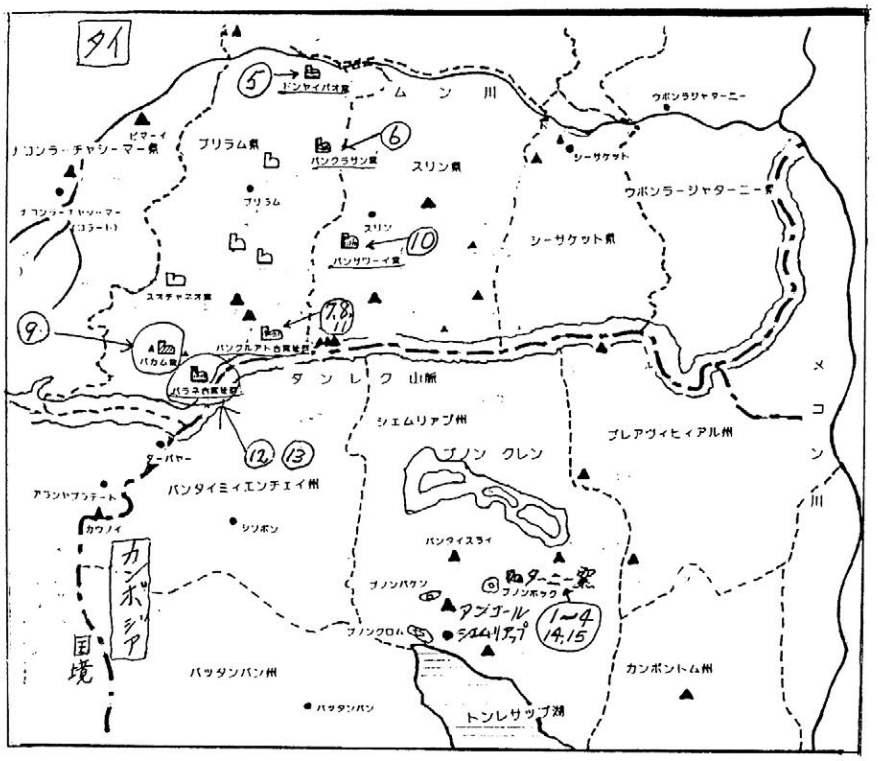


図1　タイ、カンボジアの窯址

表２　釉の蛍光X線分析

試料番号	釉の色調	ケイ素 SiO_2	アルミニウム Al_2O_3	鉄 Fe_2O_3	チタン TiO_2	マンガン MnO	カルシウム CaO	マグネシウム MgO	ナトリウム Na_2O	カリウム K_2O
1	赤褐色	62.4	15.2	8	0.8	2.9	6.4	0.7	0.1	2.6 %
1	黒褐色	51.8	25.4	10	1.1	6.1	2.5	0.3	0.1	2.5
2	灰白～淡緑	62.2	16.8	2.8	0.9	0.17	13.3	0.7	0.3	1.8
3	紫褐色	57.3	19.1	13.3	1.2	0.1	1.1	0.7	0.2	5.9
4	紫褐色	66.3	18.6	5.4	1.1	0.01	2	0.4	0.2	4.2
5	黒褐色	61.3	14.9	5.6	0.8	0.06	12.7	0.5	0.2	3.1
6	黒色	63.8	14.1	6.8	0.7	0.06	9.5	0.8	0.2	3.1
7	淡灰緑色	60	20.2	1.7	1	0.05	13.3	0.4	0.2	2.4
8	黒褐色	59.9	12.5	10.3	0.7	0.08	13.8	0.4	0.2	1.5
9	灰白～淡緑	57.5	18	1.4	0.7	tr	20	0.2	0.2	1.4
10	黒褐色	63.3	13.7	5.1	0.8	0.08	12.5	0.4	0.1	3.2
11	白～淡緑色	66.3	14.4	1.3	0.9	tr	14.1	0.4	0.2	1.4
12	黒褐色	60.7	14.6	9	0.6	0.07	11.7	0.4	0.3	2.1
13	白色	63.4	18.6	1.4	0.8	0.02	12.1	0.2	0.2	2.2
14	淡褐色	69.4	17.6	1.8	0.8	0.08	4.7	0.8	0.1	3.8
15	白色	74.9	18.2	1.4	0.9	tr	0.2	0.2	0.2	2.2

tr＝定量限界以下

P 29

カマン・カレホユック遺跡出土の前期青銅器時代の土器における石灰の利用

○神田信之（東京理科大学）、松永将弥（同）、中井　泉（同）

1．はじめに

カマン・カレホユック（トルコ共和国）は、日本隊により調査が行われている積層構造を有する遺跡である。同遺跡では、第 11 次発掘調査（1996 年）により第Ⅳ層と分類される前期青銅器時代（前 3 千年紀）の生活跡が確認された。この前期青銅器時代の土器は、轆轤（ろくろ）を用いない手づくねの土器であり、轆轤を用いる中後期青銅器時代（第Ⅲ層）以後と土器製法の点で大きな違いが見られる[1]。また、昨年の研究により土器胎土の化学組成が青銅器時代前期と中後期で大きく異なることが明らかになった[2]。その後の研究で前期青銅器時代の土器はカルシウムを高濃度で含み、カルシウム成分の多くは石灰（炭酸カルシウム）として存在していることがわかった。そこで、前期青銅器時代の石灰を高濃度で含む土器について、中後期青銅器時代の土器と組成を比較し、第Ⅳ層土器の特徴を物質科学的に明らかにすることを目的として研究を進めた。

2．実験

分析試料は、第Ⅲ層出土のクリーム土器 9 点、赤色塗彩土器 10 点、及び第Ⅳ層出土のクリーム土器 10 点、赤色塗彩土器 10 点の計 39 点である。これらの土器について赤外分光分析、熱分析（TG-DTA）により炭酸カルシウム（石灰）の含有量を求めた。熱分析は室温～ 1000 ℃の範囲で、昇温速度は 10 ℃/min、基準物質は Al_2O_3 を用いた。

3．結果と考察

図 1 に第Ⅳ層土器の赤外吸収スペクトルを示す。ケイ酸イオン SiO_4^{4-} による吸収の他に、炭酸イオン CO_3^{2-} による吸収が見られ、炭酸カルシウムの存在が推定される。また、図 2 に熱分析の結果を示す。700 ℃付近に炭酸カルシウムの分解に伴う大きな重量減少と吸熱のピークが見られる。第Ⅳ層土器では、重量減少量と組成分析で求められたカルシウム量がほぼ比例しており、胎土中のカルシウムはそのほとんどが炭酸カルシウム（石灰）の形で存在していることがわかった。

熱分析の結果から土器中の石灰含有量を計算すると、それぞれの土器種の平均値は表 1 のようになり、頻度分布図を作成すると図 3 のようになる。同種の第Ⅲ層土器と比べて、明らかに第Ⅳ層土器は石灰成分が多く、意図的に石灰を添加して土器を製作していたと考えられる。第Ⅲ層土器の組成やモルタルの組成を比較すると、第Ⅳ層土器のうち特に石灰含有量の高いものは、その含有量がモルタルに近いことがわかる（表 1）。また、これらの土器は塩酸処理を行うと胎土がぼろぼろになり、不溶成分として石英などの鉱物が残っていた。このことから粘土による焼成を用いず生石灰をプラスターとして使用して容器が製作されていた可能性も否定できない。しかし、残念ながら現在のところ焼成の有無や器形を判断できる、状態の良い試料が見つからない。石灰は高温で焼成すると炭酸ガスを放出して、生石灰に戻る。この時大きな体積変化を伴うので焼成したとしても 700 ℃以下の低温であろう。未焼成あるいは低温での焼成は、土器の軽量化や製作を容易にする方法とし

て有効であると考えられる。特に焼成の困難な大型土器などは石灰プラスターを使用して成形していた可能性もあることから、今後出土土器を再調査することにより容器の形態と石灰の量の関係を明らかにして行きたい。

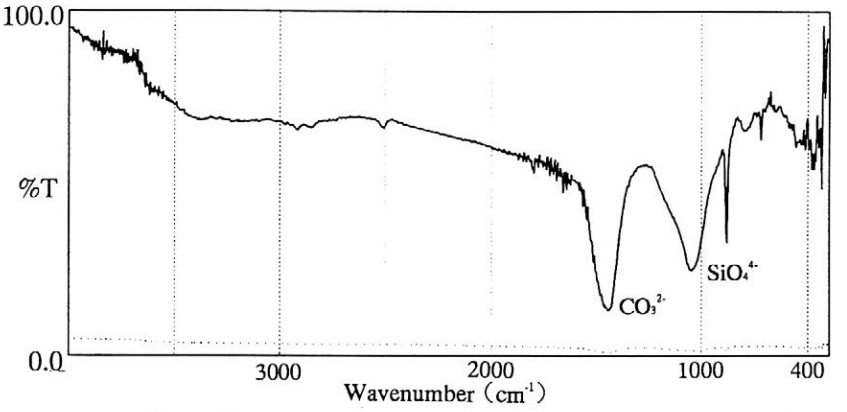


図 1. 第Ⅳ層出土土器の赤外吸収スペクトル

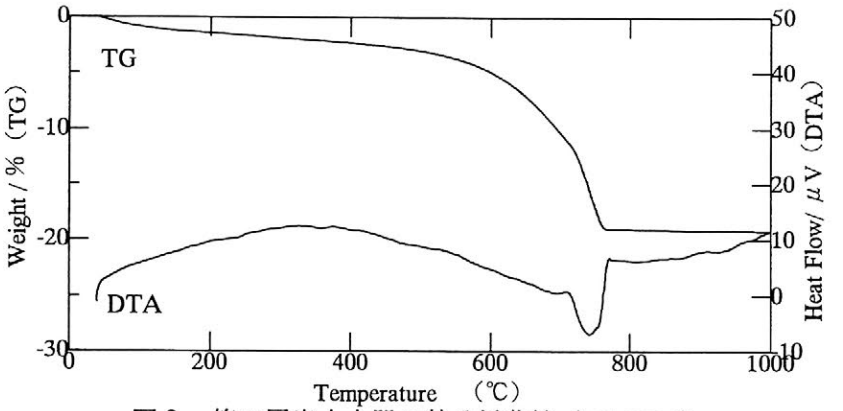


図 2. 第Ⅳ層出土土器の熱分析曲線（TG-DTA）

表 1. 土器の石灰含有量の平均値

土器種	$CaCO_3$(wt%)
第Ⅳ層クリーム土器	21.48
第Ⅳ層赤色塗彩土器	11.55
第Ⅲ層クリーム土器	5.94
第Ⅲ層赤色塗彩土器	3.98
モルタル素材*	25.36

*ハギアソフィア大聖堂
1995. 足立峰子. 東理大卒業論文

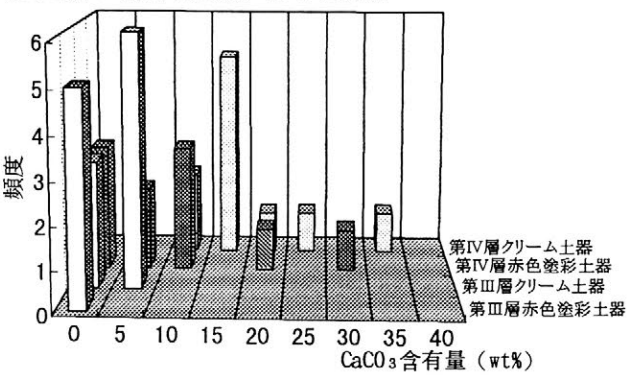


図3. 土器中の石灰含有量の頻度分布

参考文献

1)大村幸弘：アナトリア考古学研究 vol.Ⅵ p.15(1997)

2)神田信之、松永将弥、中井 泉：アナトリア考古学研究 vol.Ⅶ pp.293-303(1998)

P 30

Bulla における石灰の使用について

○松永　将弥, 中井　泉　(東京理科大学　理学部)

1. はじめに

Bulla とは、壺等の口を結わえた紐の封印として使用されていたと理解されている、押印された粘土片のことである。カマン・カレホユック遺跡(トルコ共和国)では紀元前二千年紀の層から破片のみが検出されている。この遺物は紐を固定するという用法から未焼成の粘土として理解されているが、それ自体が非常に堅く未焼成とは考えにくい。また破断面にのみ白い物質が付着している等から、Bulla に使用されている粘土にはなんらかの処理が行われていたのではないかとの指摘が発掘隊員からなされていた。本研究ではこの問題に対し、表面観察、X 線回折法、熱重量分析法等を適用し、分析結果をもとに考察を行った。

2. 試料、実験方法

分析には同遺跡出土の Bulla 2 点を用いた。破断面に見られる白い物質に対し、粉末 X 線回折分析、熱重量分析等を行い、構成成分についての知見を得た。また未焼成の粘土であるかの検証として、水を含んでいる場合の Bulla の硬さについて基礎的な実験を行った。

3. 結果と考察

表面観察の結果、Bulla 本体はいずれも均質な肌色であったが Bulla の破断面のうち、紐の痕を中心とした領域において白い物質が確認された(写真 1)。この物質の粉末 X 線回折の結果炭酸カルシウム($CaCO_3$)が検出された(図 1)。また本体の熱重量分析の結果、約 650℃で炭酸カルシウムの熱分解に対応する重量減少が観察された(図 2)。重量減少の値から計算して得られた 2 つの試料に含まれている炭酸カルシウムの量はそれぞれ 3.2%、3.8%であった。また一週間 Bulla の小片を水に浸したが、Bulla は焼成した土器と同程度の硬度を保っていた。

以上の結果から白い物質は純粋な炭酸カルシウム(石灰)であり、Bulla に石灰が加えられていることが明らかとなった。すなわち非常に堅く、水に強いという性質と Bulla 自体に石灰が含まれている事と併せて考えた場合、当時の人々が Bulla の封印としての機能に生石灰の硬化作用を利用していたことが考えられる。本研究室の研究により同時代の層で見つかった高さ 40cm 程の白土は分析の結果から石灰($CaCO_3$)であり、遺跡を構成している土自体も周囲の土にくらべ石灰の含有量が高いことが明らかになっている。これらの事実を見ると生石灰が当時の同遺跡の人々により広く利用されていたことが推定できる。

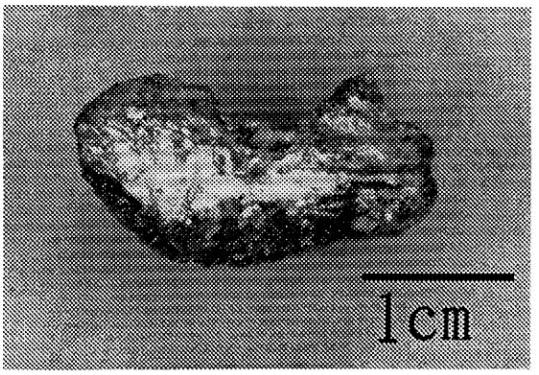


写真 1　Bulla の破断面

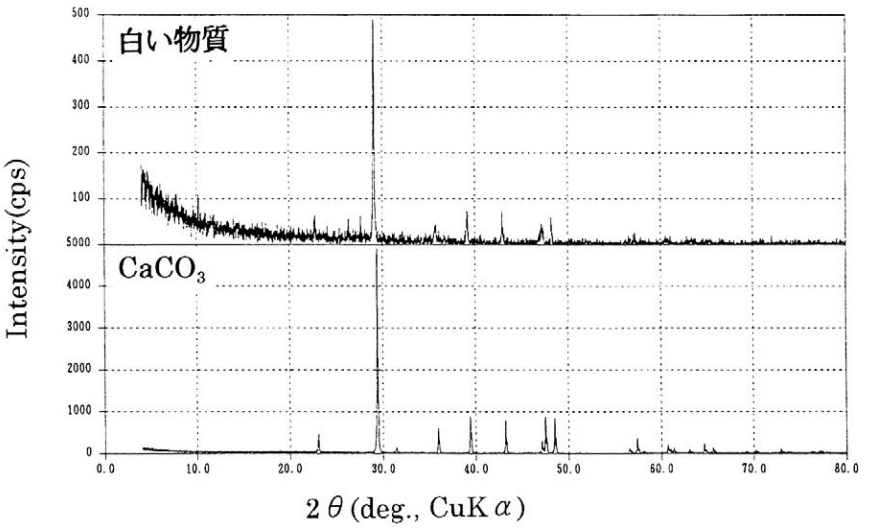


図 1　Bulla 破断面に見られる白い物質の粉末 X 線回折分析結果

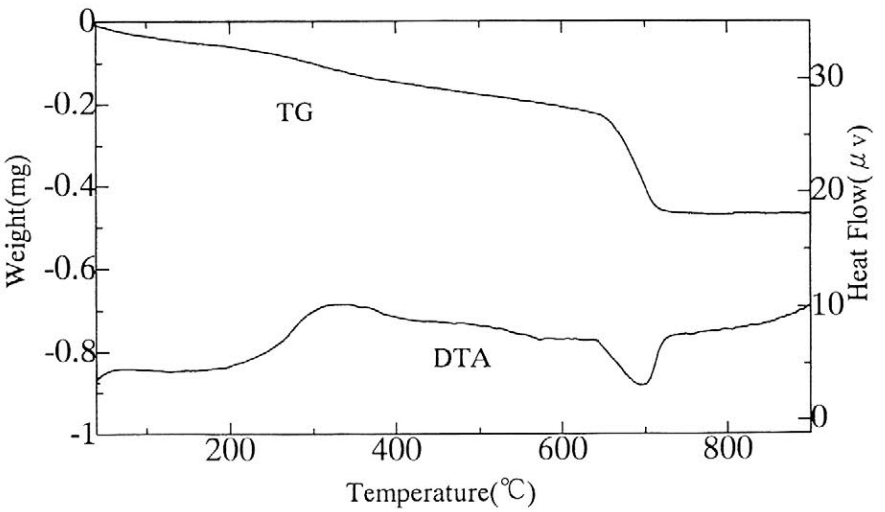


図 2　Bulla 本体の熱重量分析結果

P 31

カマン・カレホユック遺跡の建築材料の物質科学的研究

○木村麻由実　松永将弥　中井泉（東京理科大学　理学部）

1. 序

カマン・カレホユック遺跡はトルコ共和国中央部のアナトリア高原に位置する遺跡である。我々は化学の立場から物質科学的解析を通じて考古学への情報を提供しようとしている。遺跡の炉や土なども物質であることから化学の対象と考えられその物質科学的データーは考古学的情報と結びつけることが可能である。本研究では、本遺跡で発掘される遺構である炉と、遺跡を作り上げている土に着目した。これらの物質について、以下に述べる問題を明らかにすることを目的として研究を進めた。

本遺跡から多くの炉と呼ばれるものが発掘されているが、その底に石灰様の物質が堆積し、付近からも石灰様の白土の堆積箇所が見いだされるものが確認された。本研究ではその材質と付近の白土が何であったかを化学的に明らかにすることにより当時どのような目的で使われていたかを考察した。また、本遺跡には壁面や床面に石灰をプラスターとして塗布した遺構がしばしば見いだされた。壁面に石灰の流動パターンがあることから、意図的に塗布した痕跡が認められる。この壁面物質に対して化学的検討を加えた。

2. 実験方法

分析には本遺跡の1997年の発掘により採取した白土12点、炉の試料35点を用いた。分析方法は熱分析による熱分解挙動の研究と揮発成分の分析、IR による揮発成分の分析と陰イオンの同定、蛍光X線による元素分析、X線回折による鉱物同定を行った。

3. 結果と考察

炉の試料として北Ⅲ区より見いだされた H160 の底に付着した物質は、種々の解析の結果、ほぼ純粋な炭酸カルシウムであることが判明した。図1にこのサンプルの蛍光X線スペクトルを示す。また、その表面中層より非晶質の熔解物様と鉄の熔解物様（図 2）析出物が見られたことから高温状態を経過していたことが示唆されたため、H160 は炉として用いられていたと考えられる。これにより炉の用途としては石灰焼成窯の遺構であると推定された。

本遺跡の北ＸＸＸ区より見いだされたR234 のⅡd 層の壁に塗られた物質は IR より CO_3^{2-}の存在が確認された（図 3）。TG/DTA より $CaCO_3$ の分解反応に対応する 800℃付近に吸熱ピークが認められたことから（図 4）石灰であると同定された。壁面に塗られた流動パターンと意図的に塗布された痕跡から石灰プラスターであると言える。また、北Ⅶ区の西壁には幅2m にわたって白いレンズが見られ分析を行ったところ同様に石灰であ

ることが明らかになった(図 5、図 6)。おそらく床の上に塗られたものと推定される。以上のことより石灰が建築材料(プラスター)として壁面や床面に広く用いられていたことが推定された。

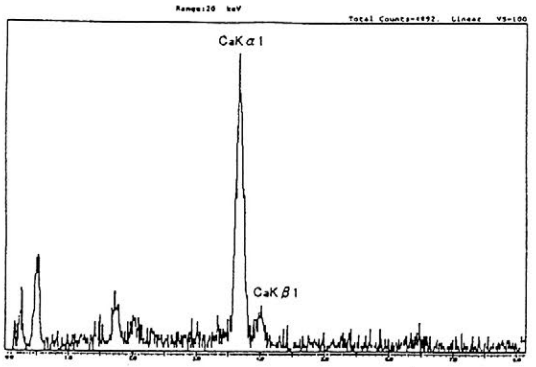


図1 北Ⅲ区 H160 炉底物質の蛍光X線スペクトル

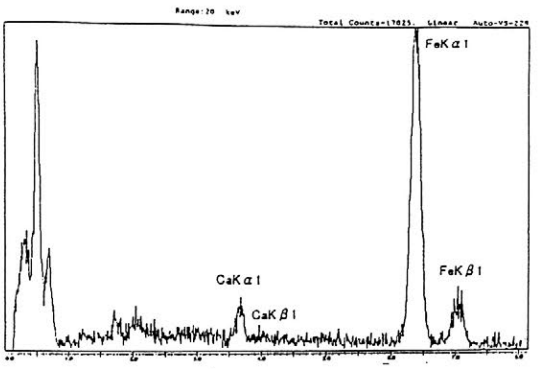
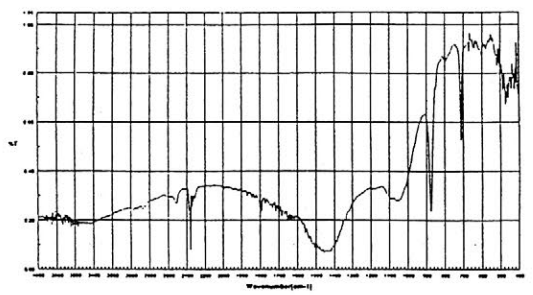


図2 北Ⅲ区 H160 炉底中層物質の蛍光X線スペクトル


図3 北ＸＸＸ区 R234 Ⅱd層の壁面物質のIRスペクトル

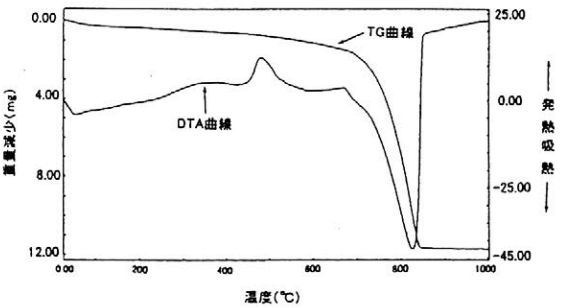
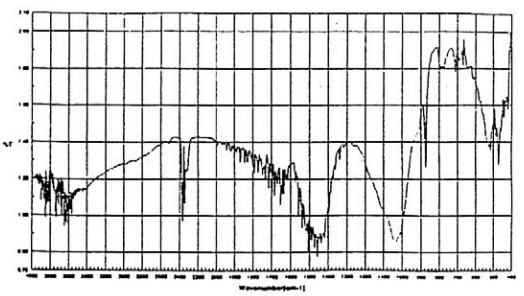


図4 北ＸＸＸ区 R234 Ⅱd層の壁面物質の熱分析結果


図5 北ＸＸＩ区 西壁の白土のIRスペクトル

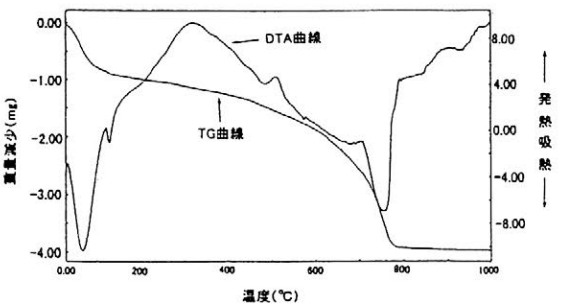


図6 北ＸＸＩ区 西壁の白土の熱分析結果

P 32

銅鐸鋳造実験

小泉武寛（金属工芸家）

はじめに

弥生時代の銅鐸造りは数百年の長きに渡りその製作技術を継承発展させた。多くの工人達がいかに銅鐸を作ったのか？現代の我々には出土遺物からより伺い知ることが出来ない。滋賀県大岩山４号銅鐸などに見られる、紐の渦巻状双耳の欠落跡と見られる部分、ここが、もし鋳込口と仮定した場合に、その鋳造銅鐸の完成度を探ろうと２点の鋳型で鋳造実験を行ったので報告する。

実験モデル――桜ヶ丘絵画銅鐸を参考に高さ 37cm、踏み返しにより鋳型を製作

鋳造方法

今日美術鋳物で広く普及し「ガス型鋳造」と呼ばれ、硅砂に硅酸ソーダを入れて混練し鋳型に炭酸ガスを注入し硬化させる。（短時間で作業が出来、焼成不要、常温で鋳込み可能）

実験

使用地金 ―― 銅 87%＋錫 8%＋鉛 5%

工程― 硅砂混練 → 母型作り → 中子作り → 鋳口彫り → 型合わせ ―→ 鋳込み

硅砂混練

鋳型材料である硅砂に硅酸ソーダ約 7%を入れ、よく混ぜる。

母型作り

銅鐸ヒレを境に裏表の雌型を造る。　この時上記で練った硅酸ソーダ入りの砂を用い、モデル銅鐸表面を５cm程の厚みに砂で覆う。その砂に炭酸ガス 1kg／cm の圧力で太い注射針数本を使用し砂に注入、砂は数分間で硬化し鋳型として使用可能になる。

中子作り

母型よりモデル銅鐸を取り出し、その部分に再び砂を入れ炭酸ガスで硬化、中子とする。中子を取りだし銅鐸の肉厚の分を削り取る。　（2 mm以内）

鋳口彫り

湯口とも言うが溶解した青銅を流し込む口であり、青銅の湯が銅鐸の隅々まで流れるよう、鋳型に湯道、ガス抜き、ともに彫りこむ　　（図参照）

型合わせ

母型、裏表１対に中子を組合せて開かないように針金で縛る。

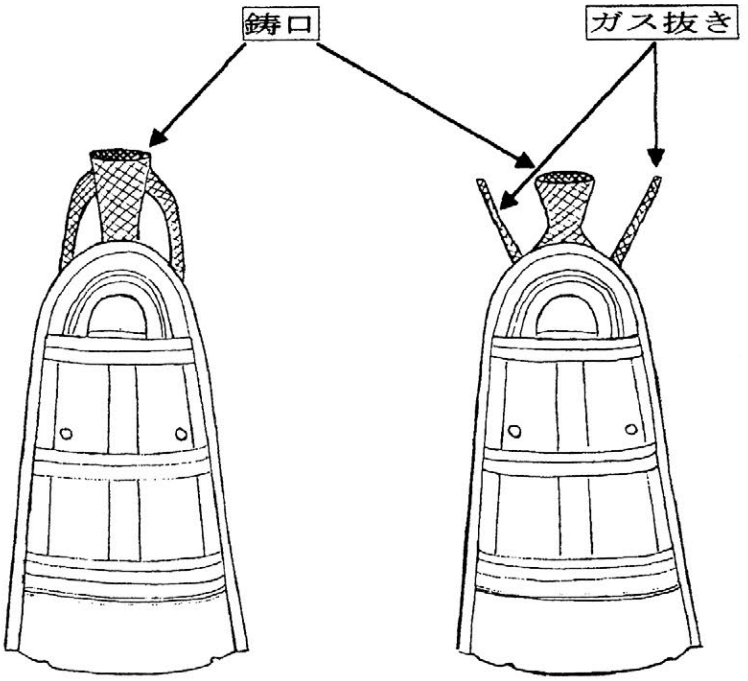
鋳込み

＃10 黒鉛坩堝に青銅地金を溶解（1250℃）、　燃料、コークス、　溶解時間、約１時間半

今回の銅鐸は２mm以内と薄く、鋳込み温度 1200℃と、高い温度に設定、鋳込み時間約５秒出来る限り素早く鋳込み作業をする事とした。

鋳込み終了後１時間、型バラシを行い、新しく出来た銅鐸を取り出す。

以上鋳造実験終了



結果・考察

銅鐸を鋳造する場合、最も一般的な鋳口の場所は下部裾であり、裾より鋳込むほうが成功率は高い。しかし、上部紐から鋳込んだ場合に一部、裾部分に湯回り不良がでた。(これは極力肉厚を薄くしてあるので実物銅鐸にも見られる同様のものである。)

2点の鋳型をガス抜きの形状を変えて鋳造したが、ガス抜きを単独で立ち上げたほうが湯回り具合が良いと思われる。又、鋳込み温度も薄肉の場合は通常よりも高めが望ましい。

鋳型は本来ならば石型もしくはマネ型と呼ばれる泥で作るのであるが、今回の鋳型はガス型鋳造法で行った。ガス型でまずまずの出来映えであるから、石型やマネ型で鋳型を700℃ぐらいまで焼けば、さらに完成度が増すと考えられる。

以上の実験結果から鋳型を焼き、ガス抜きの位置を工夫すれば、銅鐸は紐上部より鋳込むことは、充分可能である。

青銅器の鋳型には石型とマネ型がよく知られているが、これら以外にも使用可能な材料がある、それらは古代でも入手出来、家庭でも出来るので記す事にする。「ふのり、洗濯糊、デンプン」、これらは砂と混ぜて良く乾燥させ、文様を彫り込んで鋳型とする。又、現代、イカの骨に鋳型を彫り銀のアクセサリーなど、小物に使用例がある。

鋳型は普通、強度が弱いほうが、ガスが抜けやすくて結果良好である。鋳型内面文様部分に、息を強く吹きかけても崩れない程度でよいのである。流し込まれた金属が固まるまで持てばよいのである。強度が必要なのは金属の湯の圧力に対してであり、土中に埋めて鋳造すれば解決するのである。又木材などで補強することも可能である。これらの事から銅鐸鋳型材料を幅広く求め、その可能性を探る必要があると考える。

P 33

中国銭貨五銖銭の腐食について

〈銅鐸自然銅説再考〉

伊藤博之　和光金属技術研究所

1.はじめに：加茂岩倉遺跡の銅鐸の大量出土により、銅の原産地問題が再び最近各所で取り上げられている。いわゆる銅鐸国産自然銅説である。これは20年前久野氏により“伝羽曳山出土(狭山藩旧蔵)銅鐸の金属学的調査報告　考古学論攷 第三冊”橿原考古学研究所　1979.に発表された説である。詳しくは原著を読んで戴くとして、ここにはその概略を引用する。銅鐸と漢の五銖銭とを比較研究した。組織観察を行い、銅鐸金属中には自然銅の樹枝状晶と赤銅鉱粒子が存在し、五銖銭中には見いだされなかった。化学分析では硫黄は銅鐸には少なく、五銖銭からはより多く検出された。これらのことから、銅鐸は赤銅鉱を伴った自然銅を原料に、五銖銭は黄銅鉱を原料に用いられたというものであった。
しかしこの説は鉛同位体比の研究により否定されたものと思われた。又故江本氏も“銅、銅と生活”40号 1983,9,中で明確に否定し、赤銅鉱の結晶は埋蔵環境中で二次的に生成されたものであろうと言い、中国の銅銭の表面に大小さまざまな赤銅鉱が晶出しているのを観察したと述べている。
本来ならば本研究の発表の意味合いはすでに無いのであるが、昨今の自然銅説の一人歩きを見ていると、金属技術史研究者として座視出来ず、改めてここに発表する次第である。

2.五銖銭の自然科学的研究
銅鐸自然銅説で銅鐸の比較資料として用いられたものと同種の漢代の五銖銭を試料として、その腐食の実態にせまろうとしたものである。表面にはピンホール状の孔食が多数見られた。(写真１)

(1)化学組成(ICP分析　w%)
Sn:3.73　Pb:4.60　As:0.27　Sb:0.43　S:0.18　Fe:－　Ag:－
硫黄は前記銅鐸と同程度であり、鉄は検出限界以下であった。

(2)鉛同位体比
207Pb/206Pb 0.8754　208Pb/206Pb 2.1634　206Pb/204Pb 17.766　207PB/204PB 15.552
208Pb/204Pb 38.434　　典型的な中国製青銅器と同じ位置に属する鉛であった。

(3)顕微鏡観察
五銖銭の外側面をヤスリで軽く削り(0.2mm)そのまま走査型電子顕微鏡で観察した。(写真２.)
最大粒子径50μmの一酸化銅(Cu_2O)の単結晶群が見い出された。光学顕微鏡で観察したところ、あずき色に美しく輝いていた。しかし単結晶は立体であり、光学顕微鏡は焦点深度が浅く、単一視野で全体像を写真に収めることは不可能であった。EPMA観察したが、銅と酸素のみから成り立っていた。

(4)五銖銭の一部を切断し、樹脂中に埋め込み表面を鏡面研磨し、顕微鏡観察した。
単結晶の立体像は見られず、それと思われる部分の断面が粒子状に観察された。(写真３)

3.結果と考察
中国の五銖銭の腐食孔内に一酸化銅の単結晶群を検出した。これは銅の腐食現象の一つであり(孔食)、決して特殊なものではない。昔から多くの研究者により観察されていたものである。(注1)
一般には銅の粒子状腐食と呼ばれているものであり、その反応過程は沢田の著書に詳しい。(注2)
一酸化銅の単結晶の大きさは最大粒子径でも50μmであった。この大きさでは低倍率の実体顕微鏡での観察は不可能である。高倍率の光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡での観察では、一般的に資料の一部を切断し樹脂に埋め込み、その表面を鏡面研磨する。これでは単結晶の立体像を観察することは出来ない。
写真３の様に断面が観察されるのみである。観察しずらい対象であると言えよう。

本研究に用いた試料は中国製の五銖銭である。自然銅説中で黄銅鉱を原料に製作されたと言われたものである。その五銖銭の表面近傍から、銅鐸が自然銅から製作された証拠として提示された一酸化銅の単結晶群が観察された。この中国製の五銖銭を自然銅を原料に製作されたと主張する人はいないであろう。これら一酸化銅の単結晶群は長期間の埋蔵環境中における腐食生成物と考えるのが妥当である。
また久野氏論文中には、極微小な(SEM観察　7,500倍)銅の針状結晶が観察されている。この物質の生成理由はいくつか考えられる。それらのいくつかをここに記すと、2,000年という長時間による固体金属表面からの再結晶相の成長(ウィスカーの一種)、銅イオンの還元による金属結晶の生成。鋳造時のスの内部での微小結晶の生成。等々である。又氏の発表された写真からは銅の結晶に熔解時の熱影響が見られない。この銅の針状結晶を原料自然銅の鋳造時の未熔解部分である考えるのは妥当ではない。

4．最後に

一酸化銅、キュプライト、亜酸化銅、赤銅鉱、これらはすべてCu_2Oであり、同一物質である。金属表面に存在すれば錆びと呼ばれ、結晶の集合体となり一定以上の大きさの塊りであれば鉱石と呼ばれる。それが大量に地中に存在していれば、鉱脈と呼ばれるのである。銅鐸金属組織中の一酸化銅の単結晶は未熔解な赤銅鉱粒子と解釈するのではなく、超長時間の埋蔵により生じた腐食生成物質と考えるのが妥当である。

蛇足ではあるが、この研究の結論は銅鐸の原料銅が日本産か否か、と言うものではない。
日本産か、中国産か、朝鮮産か、その他の地域の銅なのか、それは全く解らない。単に久野理論では、自然銅を銅鐸の原材料として使用した証明とはならないとの結論を得ただけである。

そもそも自然科学が提示する新理論とはあくまでも仮説である。一般的には新説が学会に提示されたならば、多くの研究者により追試や検討が行われる。改められる箇所は改められ、定説と成って行くのである。この点は我々後輩の研究者にも責任の一端が有るものと考えている。自然科学者の多くはこの自然銅説を否定しているものと思われるが、文化財に関する学会の場において、一部鉛同位体比の研究を除き、追試の結果報告も反対理論の発表も20年間一つもされなかった。いくら入手困難な資料と言えども、これは学会、研究者ともに問題を残すところであろう。これらの事も自然銅説がいまだに一人歩きをしている一因とも考えられる。

もちろんここに提示した本研究の結論も今だ仮説である。今後諸兄により、改めるべきは改めて、より良き形で定説となって行くことを希望するものである。そもそも自然科学の世界において未来永劫正しい理論など存在しない。日々の科学の発達により、その都度訂正され、より真実の姿に近付いて行くのである。

なお自然銅説の発表方法にもある種の問題が存在すると考えられる。有名ではあるが、一研究機関の紀要に発表されたものである。これでは言いっ放し、書きっ放しである。事例報告ならともかく、新説の発表等は必ず、質問、反論の場が確保された、公開の学会の場で行うのが研究者としての姿勢であろう。

文化財科学は境界領域の学問であり、各種の学問領域の研究者が集まって、一つの学問領域を形作っている。ある学問領域では該知の事柄も、他の領域ではまったく知られていないと言う事は多々あることである。自然銅説の問題もこの様な事例の一つであるとも思われる。今後の文化財科学のより良き姿での発展を願い今回この様な発表を行った次第である。

本研究は中国の五銖銭の腐食研究を通して“伝羽曳山出土(狭山藩旧蔵)銅鐸の金属学的調査報告”久野雄一郎　考古学論攷第三冊　橿原考古学研究所　1979　中の銅鐸自然銅説批判の為に書かれたものである。あくまでも該理論の学問的批判である。著者個人の人格を批判しているものでは決してない。むしろ個人的には文化財の科学的研究分野の先達として尊敬している次第である。



写真1．五銖銭

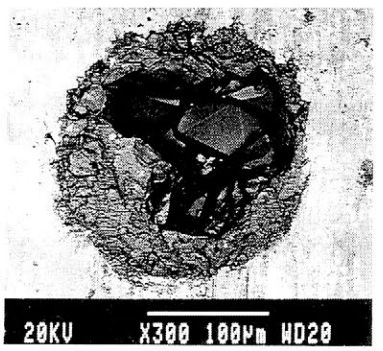
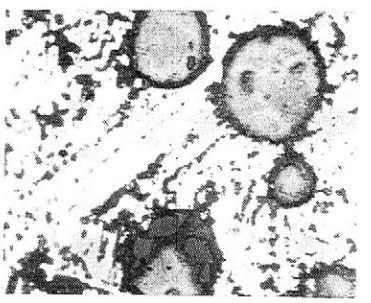


写真2．五銖銭に見られた一酸化銅の単結晶群のSEM像


写真3．鏡面研磨したSEM像

注1．道野鶴松　“銅ものがたり一銅器時代は存在したか”P56．アグネ　1967
　　増子　昇　“さびのおはなし”日本規格協会　1997
注2．沢田政昭　“文化財保存科学ノート”近未来社　1997

P 34

γ線を用いた青銅の非破壊分析

○　小泉好延[1)]、河野益近[2)]、小林紘一[3)]
1)　東京大学アイソトープ総合センター
2)　京都大学工学部
3)　東京大学原子力研究総合センター

はじめに

青銅製品は、程度の差はあれ表面部が錆で覆われており、透過力の弱い電子線を用いた非破壊定量分析が困難である。また、X線を用いた分析の場合、多くは50～60keVのエネルギーで照射した分析が行われている。しかし、電子線を用いた場合に比べて錆の影響が軽減されるが、主成分であるCu、Pbの特性X線エネルギーがCu Kα 8.0keV、PbLa、Lβ10.5keV、12.6keVと低いために、表面の錆の影響を受けていると考えられる。

本研究では、照射線源として^{57}Co放射性同位元素を使用し、Pb分析において、比較的錆の影響が少ない、74 keVのPbKαを測定した。また、X線検出器として、SnKα、PbKα線の検出に優れた感度を持つCZT検出器を用いた。青銅貨幣の分析、および表面部の錆成分を想定した実験、および計算を行った結果について述べる。

方法

PbのKα線エネルギー74keVを発生させるためには、PbのK吸収端エネルギーより高いエネルギーで照射しなければならない。^{137}Csや^{60}Co線源も使用できるが、特性X線の収率と線源の遮蔽を考慮して、120keVのγ線を放出する^{57}Co密封線源を選択した。γ線は鉄材を用いて径5mmにコリメートし、青銅試料に照射した。線源強度は12MBqである。

試料からのCu、Sn、Sb、Pbなどの特性X線は、100keVまでの検出器効率が100%近い特性を持つCZT検出器（AMPTEK社、XR-100T-XCT）で測定した。このX線検出器は、、Si(Li)半導体検出器に比較して、電子冷却を行うことによって寒剤が不要のため、検出器は極めてコンパクトになっていること、エネルギー特性に優れていることが特徴である。

一方、実際の試料では、錆の厚さ測定することは困難であるため、γ線照射によって発生する特性X線量と自己吸収をシミュレーションする簡単なプログラムを作成し、主成分と錆のシミュレーション計算を行った。

結果

1．Pbのみの測定結果を図1.に示す。PbL X線のピークに比較してPbK X線ピークが5倍の感度を持ち、青銅製品のPb分析において、^{57}Co γ線を用いた方法は有効である。なお、錆を想定して、Pb表面に薄いアクリル層を置いて同様の測定を行った結果、PbL線は減少した。これはPbL線が錆の影響を受けることを示している。

2．青銅貨幣「開元通宝」銘の測定を行った結果を図2.に示す。貨幣のサイズは厚さ1mm、径25mmである。主成分であるSn、PbのKαが十分な感度で検出された。

図 1. Co-57γ線照射によるX線スペクトル
Pb試料

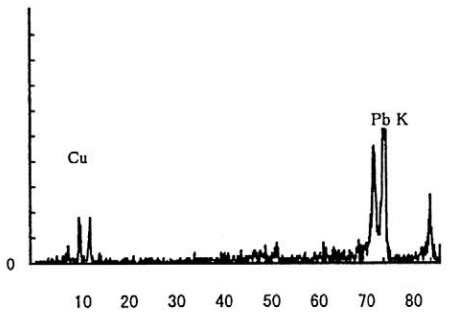
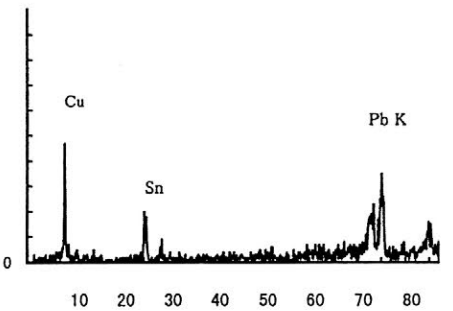


図 2. Co-57γ線照射によるX線スペクトル
青銅貨幣「開元通宝」銘



おわりに

照射線源に^{57}Coのγ線、X線検出にCZT検出器を用いた分析システムは、青銅製品の非破壊分析に有効であろう。このシステムと計算による錆影響の評価や、本大会において、別途発表するβ線を用いた表面分析法を併用すれば、青銅の非破壊分析の精度が向上する。また、このシステムは極めてコンパクトであることから、試料を分析システムに持ち込むのではなく、移動が困難な大型の文化財や保存施設から持ち出すことのできない文化財にシステムを持ち込むことが可能である。

P 35

石器原材の産地分析（１５）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）、東村武信（関西外国語大学）、
佐藤宏之（東京大学大学院人文社会系研究科）、
ゾーラ・ラプシナ（ｺﾑｿﾓﾙｽｸ･ﾗ･ｱﾑｰﾚ郷土博物館）

１、方法　　黒曜石製石器は超音波洗浄器で水洗するだけの完全な非破壊で、また、サヌカイト製石器は風化面にアルミナの粉末を圧縮空気で吹き付けて、表面の風化物を取り除いて、蛍光Ｘ線分析法によって元素分析を行っている。現在、遺物の産地推定は、日本全国の黒曜石原石群及び同質組成の遺物群の１２８群と、サヌカイト産地を分類した３９個の原石群と遺物試料を、元素の相関を考慮したマハラノビスの距離を求めて行うホテリングのＴ^{2}検定から、それぞれの群に帰属する確率を求めて行っている。今回は旧石器時代の日本・環日本海遺跡の産地分析の結果を報告する。分析試料は、アナディール地方ウスチベラヤ村遺跡：木村英明（札幌大学）、ウスチノフカ６遺跡：梶原洋（東北福祉大学）、イリスウタヤ１・ゴルバトカ３遺跡：加藤博文（筑波大学）、会寧城外遺跡：山中一郎（京都大学）の各氏から御提供を受けた遺物である。これらの産地分析結果からは考古学の定説になっている白滝、男鹿、隠岐産黒曜石など日本産黒曜石の使用は確認できなかった。しかし、遺物相互に似た組成の遺物がみられることから、会寧城外遺物群、イリスタヤ遺物群を確立し、これら遺物群と同組成遺物の使用範囲を求めた（表１～３、図１）。

表１　フーミ遺跡出土の黒曜石製遺物の原材産地推定結果

分析番号	原石産地（確率）	判　定
46665	不明産地Ａ	不明産地Ａ
46666	会寧城外遺物群(67%)	会寧城外遺物群
46667	会寧城外遺物群(D^2=119)	会寧城外遺物群　？
46668	不　明	不　明

表２　イリスタヤ１、ゴルバトカ３遺跡出土の黒曜石製遺物の原材産地推定結果

分析番号	原石産地（確率）	判　定
49972	会寧城外遺物群(55%)	会寧城外遺物群
49973	会寧城外遺物群(1%)	会寧城外遺物群
49983	不明産地Ｂ	不明産地Ｂ
49984	不明産地Ｂ	不明産地Ｂ
49985	不明産地Ｃ	不明産地Ｃ

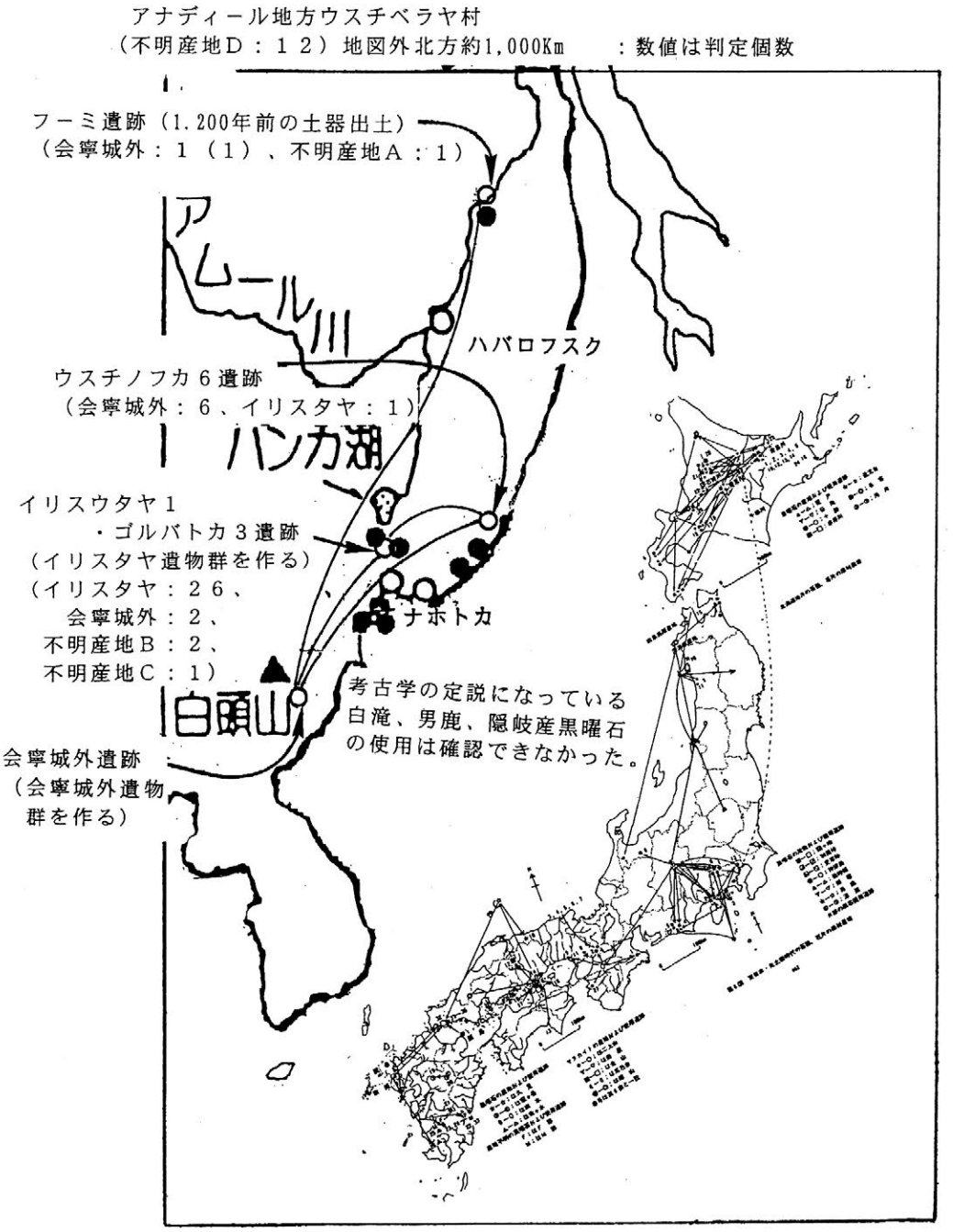
表３　ウスチノフカ６遺跡出土の黒曜石製遺物の原材産地推定結果

分析番号	原石産地（確率）	判　定
46665		不明
46666	会寧城外遺物群(0.01%)	会寧城外遺物群　？
46667	会寧城外遺物群(D^2=70)	会寧城外遺物群　？
46668	会寧城外遺物群(0.01%)	会寧城外遺物群　？
46669	イリスタヤ遺物群(0.03%)	イリスタヤ遺物群？
46670	会寧城外遺物群(0.01%)	会寧城外遺物群　？
46671	会寧城外遺物群(93%)	会寧城外遺物群
46672	イリスタヤ遺物群(0.01%)	イリスタヤ遺物群？
46673	会寧城外遺物群(76%)	会寧城外遺物群
46674	会寧城外遺物群(80%)	会寧城外遺物群
46675	会寧城外遺物群(52%)	会寧城外遺物群
46676	会寧城外遺物群(25%)	会寧城外遺物群
46677	イリスタヤ遺物群(32%)	イリスタヤ遺物群
46678	会寧城外遺物群(D^2=98)	会寧城外遺物群　？
46679	会寧城外遺物群(4%)	会寧城外遺物群

アナディール地方ウスチベラヤ村遺跡の産地分析の結果では、不明産地Ｄの原石が１２個使用されていると判定。

不明産地Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄは、調査した日本全国の黒曜石原石群及び同質組成の遺物群の１２８群には一致せず、未発見の原産地Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄから採取された原石が使用されていると推測された遺物。

図１　旧石器時代の日本・環日本海遺跡の産地分析



なお、本研究は平成7～9年度、文部省科学研究費補助金・基盤研究(C)(2)（課題番号07831006「石器、玉類の原材産地分析から考察する石器、玉類の分布圏の研究」、研究代表者：藁科哲男）および文部省科学研究費補助金・国際学術（課題番号09044003「ロシア極東少数民族の自然集落に関する国際共同研究」、研究代表者：藤本強）による成果の一部である。

P 36

黒曜石の産地推定による静岡県東部の旧石器時代における黒曜石利用の変化

○辺見哲也[1)]、望月明彦[1)]、池谷信之[2)]、高尾好之[2)]
1) 沼津工業高等専門学校　2) 沼津市教育委員会

はじめに

静岡県東部の旧石器時代の遺跡からは近隣の伊豆箱根地域の黒曜石原産地からだけでなく、長野や神津島の日本有数の黒曜石原産地からの黒曜石も搬入されている。ロームの堆積は厚く、黒色帯は 8 枚に分離されており、年代を決定する鍵層の検出もしやすいことから旧石器時代の研究には適した地域である。現在、約 30,000B.P.の BBV層以上の層から旧石器時代遺跡が発掘されている。ここでは愛鷹地域の遺跡から出土した黒曜石製石器の蛍光 X 線分析による産地推定の結果を報告する。

分析試料

新たに産地推定を行った遺跡と分析点数は以下の通りである。
土手上遺跡第 1 地点 E 区 BBⅢ層(169 点)、土手上遺跡第 1 地点 E 区 BBⅠ層(463 点)、清水柳北遺跡 BBⅢ層(72 点)、清水柳北遺跡東尾根 BBⅡ層(197 点)、子の神遺跡 BBⅠ層(67 点)、子の神遺跡 SCⅠ層直上(89 点)、中見代第Ⅱ遺跡 SCⅢ層(27 点)、西洞遺跡 YLU 層(77 点)、葛原沢第Ⅳ遺跡草創期住居址外(166 点)　計 1327 点

分析法と産地推定法

分析試料は超音波洗浄器で洗浄後、そのまま測定した。分析装置は SEIKO SEA-2001 である。
測定条件　管球：ロジウム(Rh)、電圧：50kV、電流：3－36μA、照射径：3mm、10mm
　　測定時間：240，300sec、雰囲気：真空
各元素の蛍光X線スペクトル強度から計算される次のような指標のプロット (判別図法)から産地が推定できる。A=(Rb 強度+Sr 強度+Y 強度+Zr 強度) としたとき
Rb 分率=Rb 強度×100/A　Sr 分率=Sr 強度×100/A　Zr 分率=Zr 強度×100/A
Mn 強度×100/Fe 強度　　Fe/K
判別図法による試料の産地推定結果の確認を5つの指標全部を変量とする判別分析によって行った。判別分析では各試料と原石群とのマハラノビス距離と原石群に属する確率を算出した。

結果

表 1 と図 2 に現在までに分析済みの遺跡すべての産地推定結果を示した。これらの図表では下から上に古い時代から新しい時代の順に示した。AT は図 1 において NL 層中に存在する。
BBV層では清水柳北遺跡東尾根が蓼科系と柏峠系からなるが、土手上遺跡第 1～第 3 地点では長野系、伊豆箱根系、神津島系すべてが検出される。SCⅢ層は中見代第Ⅱ遺跡のみであるが、蓼科系のみからなる。BBⅢ～BBⅡ層の 5 遺跡は柏葉尾遺跡で長野産が多く検出されている以外は近隣の伊豆箱根産、特に柏峠が多用されている。AT 上位の BBⅠ層では長野産のうち蓼科系が使用され、伊豆箱根系では柏峠が多用される。BBⅢ～BBⅠ層までの黒曜石の使用状況は類似しているといえよう。この時期には長野の蓼科系と伊豆の柏峠の組み合わせが多く見られる。また、BBV層から BBⅠ層まで長野の有名な和田峠や霧ヶ峰の黒曜石は柏葉尾遺跡を除いて多用されることはない。SCⅠ層と BB0 層の遺跡は 1 個所ずつであるが、近隣の黒曜石は少量で長野産が顕著である。休場層下層、中層の分析例はないが、上層(YLU)になると非常に神津島の黒曜石が多く用いられ、伊豆箱根系はほとんどみられない。この時期は細石器～草創期にあたる。
まだまだ分析の増加を待つ必要があるが、現在までの産地推定の結果からは、愛鷹地域における黒曜石の利用状況は①BBV～BBⅣ層、②SCⅢ層～BBⅠ層、③YL 層以降に分けられよう。旧石器時代の石器群は第 1 期～第 5 期に分類されており、①は第 1 期、②は第 2、3 期、③は第 5 期と草創期に対比される。分析数の少ない SCⅠ～BB0～YLL･YLM が第 4 期にあたる。

表 1　愛鷹地域の旧石器時代遺跡出土の黒曜石の産地推定結果

遺跡	産地	和田峠系 WDT	霧ヶ峰系 KRM	蓼科系 TTS	柏峠 KSW	畑宿 HTJ	神津島1群 KOZ1	箱根系A群 HKNA	総計
葛原沢草創期住居址	点数	1	2	1	3	1	164	0	172
	組成%	0.58	1.16	0.58	1.74	0.58	95.35	0	100
葛原沢草創期住居址外	点数	8	62	3	2	11	80	0	166
	組成%	4.82	37.35	1.81	1.20	6.63	48.19	0	100
中見代III YLU	点数	1	0	0	2	1	139	0	143
	組成%	0.7	0	0	1.4	0.7	97.2	0	100
西洞 YLU	点数	1	2	0	6	1	67	0	77
	組成%	1.30	2.60	0	7.79	1.30	87.01	0	100
西大曲 BB0	点数	0	3	50	5	0	0	0	58
	組成%	0	5.17	86.21	8.62	0	0	0	100
子の神 SC1直上	点数	0	68	16	2	3	0	0	89
	組成%	0	76.40	17.98	2.25	3.37	0	0	100
土手上1E区 BB1	点数	6	14	8	128	307	0	0	463
	組成%	1.30	3.02	1.73	27.65	66.31	0	0	100
子の神 BB1	点数	0	0	0	67	0	0	0	67
	組成%	0	0	0	100.00	0	0	0	100
中見代I BB1	点数	0	4	34	8	0	4	0	50
	組成%	0	8	68	16	0	8	0	100
清水柳北 BB1	点数	2	3	57	114	24	0	0	200
	組成%	1.00	1.50	28.50	57.00	12.00	0	0	100
清水柳北東尾根BB2	点数	0	28	0	150	19	0	0	197
	組成%	0	14.21	0	76.14	9.64	0	0	100
清水柳北 BB3	点数	0	0	0	72	0	0	0	72
	組成%	0	0	0	100	0	0	0	100
柏葉尾 BB3	点数	51	145	0	30	0	0	0	226
	組成%	22.57	64.16	0	13.27	0	0	0	100
土手上1E区 BB3	点数	1	0	0	39	129	0	0	169
	組成%	0.59	0	0	23.08	76.33	0	0	100
中見代I BB3	点数	0	2	2	74	0	0	0	78
	組成%	0	2.56	2.56	94.87	0	0	0	99.99
中見代2 SC3	点数	0	0	27	0	0	0	0	27
	組成%	0	0	100	0	0	0	0	100
二つ洞 BB4	点数	0	0	0	0	0	17	0	17
	組成%	0	0	0	0	0	100	0	100
清水柳北東尾根BB5	点数	0	0	59	5	0	0	0	64
	組成%	0	0	92.19	7.81	0	0	0	100
土手上1 BB5	点数	0	65	5	275	138	126	256	865
	組成%	0	7.51	0.58	31.79	15.95	14.57	29.6	100
土手上2 BB5	点数	1	2	5	28	276	41	0	353
	組成%	0.28	0.57	1.42	7.93	78.19	11.61	0	100
土手上3 BB5	点数	2	11	3	87	253	328	0	684
	組成%	0.29	1.61	0.44	12.72	36.99	47.95	0	100

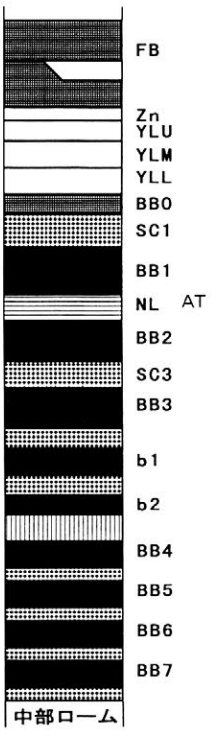


図 1 愛鷹の標準土層

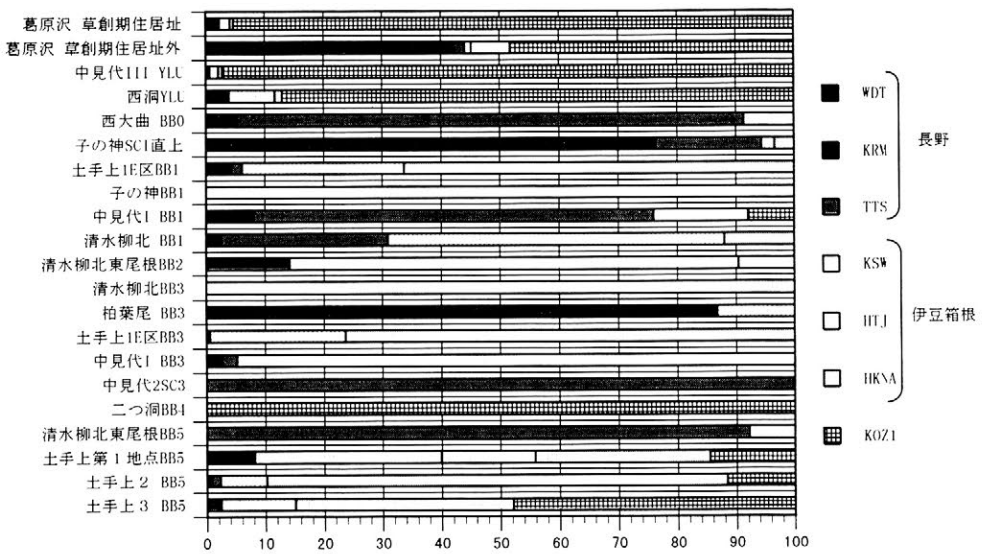


図 2 遺跡出土の黒曜石の層別組成

P 37

埼玉県横田遺跡出土の黒曜石の産地推定による石器ブロック形成の研究

○望月明彦（沼津工業高等専門学校）、西井幸雄（埼玉県埋蔵文化財調査事業団）

はじめに

埼玉県は黒曜石の主要産地である長野県の和田峠、霧ヶ峰、蓼科などからの距離も比較的近く、旧石器時代の遺跡から多くの黒曜石製石器が出土しているが、今まで出土した黒曜石の産地推定はほとんど行われた例はほとんどない。本研究では埼玉県の横田遺跡から出土した黒曜石製石器の産地推定を行った。横田遺跡は十数個所の石器ブロックからなる大きな遺跡であり、ブロックを形成する石器の器種にも特徴がある。各石器ブロックの違いを明確にするために 1200 以上もの試料を分析した。

分析試料

分析試料を出土した遺跡は埼玉県鶴ヶ島市の横田遺跡である。本遺跡では第Ⅲ層～第Ⅳ層上部を中心として 4 個所の礫群と 17 個所の石器ブロックが検出され、黒曜石製石器が約 4000 点出土している。このうち、1240 点について産地推定を行った。

分析法と産地推定法

分析試料は超音波洗浄器で洗浄後、そのまま測定した。分析装置は SEIKO SEA-2001 である。

測定条件　管球：ロジウム(Rh)、電圧：50kV、電流：3－36μA、照射径：3mm、10mm

測定時間：240，300sec、雰囲気：真空

A=Rb 強度+Sr 強度+Y 強度+Zr 強度としたとき

Rb 分率=Rb 強度×100/A　Sr 分率=Sr 強度×100/A　Zr 分率=Zr 強度×100/A

Mn 強度×100/Fe 強度　　Fe/K

のプロットから産地を推定した(図 1、図 2)。

判別図法による試料の産地推定結果の確認を5つの指標全部を変量とする判別分析によって行った。判別分析では各試料と原石群とのマハラノビス距離と原石群に属する確率を算出した。

結果と考察

1222 試料について産地推定が可能で、遺跡全体では長野産の黒曜石がほとんどであった。内訳は和田峠系 633 点(51.8%)、霧ヶ峰系 402 点(32.9%)、蓼科系(麦草峠)139 点(11.4%)、男女倉系 45 点(3.7%)、その他箱根畑宿 2 点と神津島 1 群 1 点が検出された。重量組成はそれぞれ、54.5%、30.5%、11.3%、3.3%であり、試料数組成と重量組成との差はない。石器ブロック、礫群別の産地組成を図 1 に示す。また、産地別の黒曜石の分布状況を図 2 に示す。細石刃を主体とするブロックではブロック 11 で和田峠系、ブロック 15 で霧ヶ峰系が主体であった。ブロック 3 は分布状況からそれぞれ霧ヶ峰系、蓼科系を主体とする 2 つのブロックからなる。その他にもブロック 4、6、7、8、11、13、14、15 などに複数の産地の集まりが重なる状況が見られる。蓼科系はブロック 3 とブロック 14 に集中的に分布しているが 105 試料のうち石器はわずか 2 点であるのに対し、全体に散漫に分布する試料は 34 試料中 11 点が石器である。男女倉系はブロック 7 と 14 に分布し、ほかにはほとんど検出されない。畑宿と神津島 1 群の黒曜石はいずれも砕片である。遠方の産地の石器ではない黒曜石が単独で存在する理由は検討の必要があろう。

石器の器種と産地との関連も検討した。複数の産地が重なるブロックでは、石器の器種から見るとほとんどの場合はナイフ形石器、尖頭器の重なりであるが、ブロック 11 の場合は細石刃(和田峠系)とナイフ形石器(霧ヶ峰系)の重なりである。男女倉系は石器の器種としては尖頭器または尖頭器の未製品だけであることが特徴である。ナイフ形石器は全 14 試料のうち和田峠系 1 点以外はすべて霧ヶ峰系である。ブランクはすべて和田峠系である。蓼科系の器種は尖頭器が主であるが、他の産地が未製品を含むのに対し、すべて完成品であった。

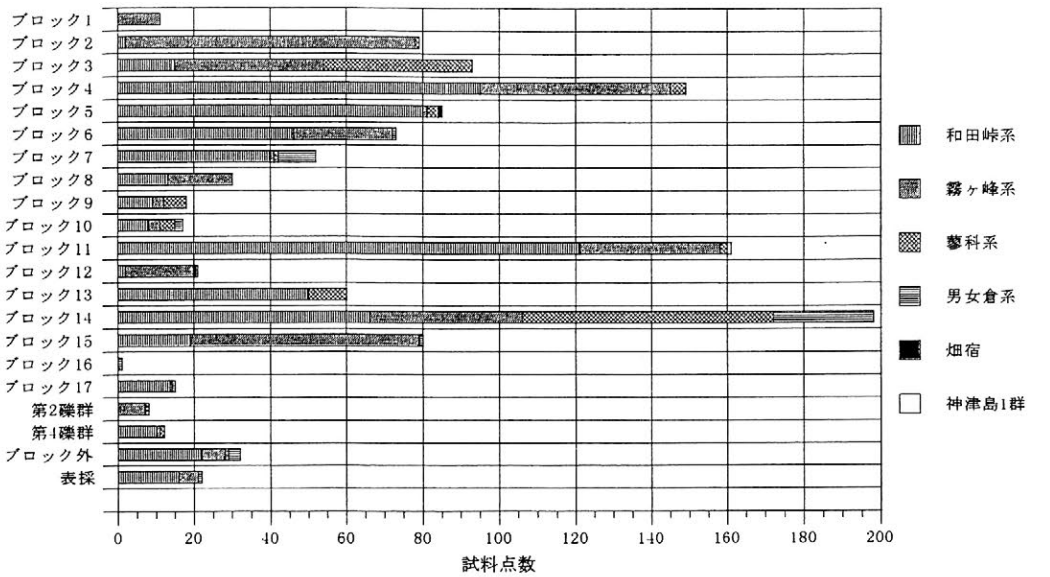


図1　ブロック別産地組成

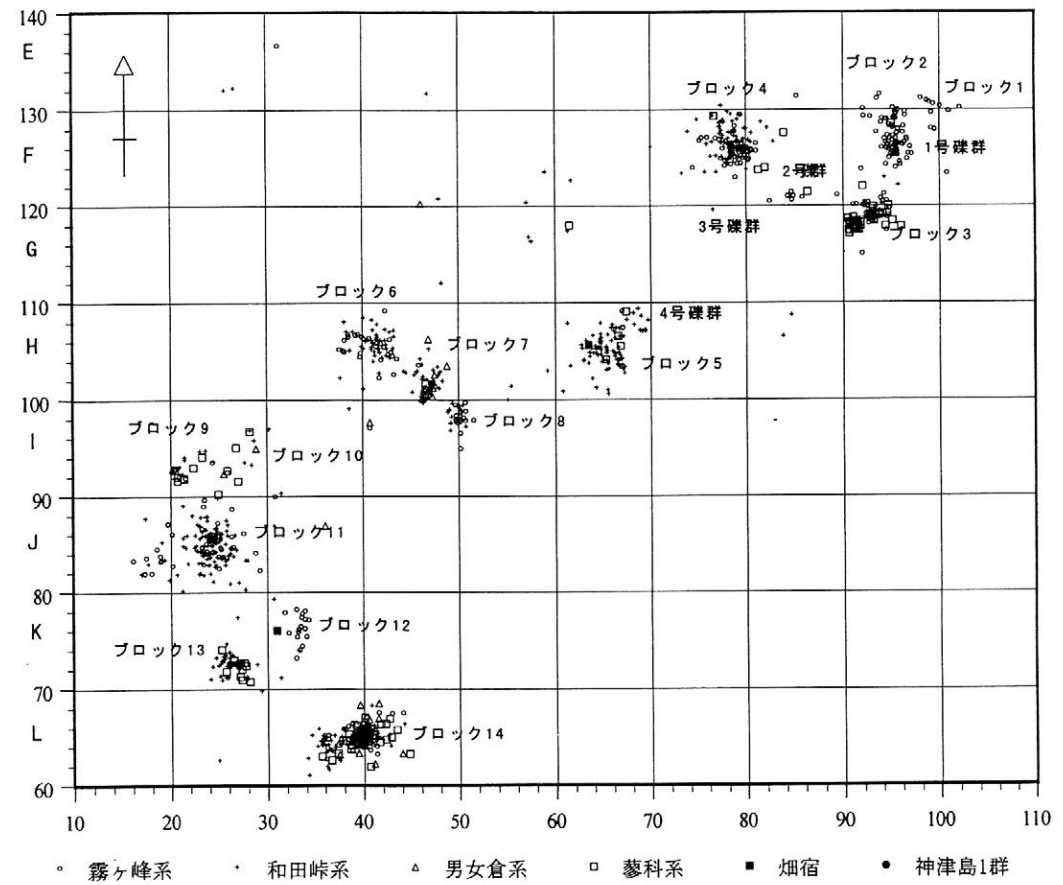


図2　遺跡内における黒曜石の産地別分布(ブロック 1～ブロック 14)

P 38

けい素等の主成分元素含有量による黒曜石の産地推定

○戸村 健児（立教大原研）・輿水 達司（山梨県環境科研）

1．はじめに

従来、黒曜石製石器の産地推定は主として蛍光 X 線分析法や中性子放射化分析法による微量成分元素濃度に基づいて行われて来た。ここでは、SiO_2 や Fe_2O_3, K_2O, Na_2O 等の主成分元素濃度の差から黒曜石石器の原産地の推定を検討すると同時に黒曜石の産地推定の基礎となる地球化学的要因についても考察した。

2．分析方法

主成分元素のほとんどが定量できる蛍光 X 線分析法を用いた。蛍光 X 線分析装置は(株)リガク社製 RIX3100 を使用した。

黒曜石試料をアルミナ乳鉢で粉砕し、約 0.4g を秤量し、10 倍の四ホウ酸リチウムと混合し、剥離剤として臭化リチウムを加えた。白金ルツボに入れ、(株)東京科学製のビードサンプラーNT-2000 にて 1150℃で 240 秒溶融し、480 秒間混合した後、急冷して測定用ビードガラスを作成した。Rb, Sr も含め 12 元素を定量した。鉄については全鉄を Fe_2O_3 として計算した。

3．結果

伊豆、箱根、長野県から採取した黒曜石原石と日本地質調査所の標準岩石試料についての分析結果の一部を表 1 に示す。また隠岐島及び北海道産黒曜石についての分析結果を表 2 に示す。

表 1 から明らかなように SiO_2 濃度は芦ノ湯の 68.1%から柏峠の 82.2%までかなりの変動が見られたが一産地グループ内での変動は極めて小さく、産地推定に有効な元素と思われる。畑宿産の 2 試料では他の元素濃度は類似しているが SiO_2 のみに変動が見られた。これは畑宿で 2 種類の黒曜石が産出することを意味しているのかも知れない。砂糠崎（神津島）と恩馳島は放射化分析による微量元素濃度でも差が小さく識別が難しいケースであったが、SiO_2 による分類が可能のように思われる。

Fe_2O_3 は霧が峰の 0.51%から芦ノ湯の 4.9%まで SiO_2 とほぼ逆方向に変動した。

K_2O は芦ノ湯の 0.77%から男女倉の 4.82%まで SiO_2 と同じ傾向の変動を示した。

北海道産の黒曜石は関東周辺に比べ、主成分元素含有量の変動が小さく、主成分元素による産地推定は微量元素に比べ慎重を要するように思われる。

4．地球化学的考察

黒曜石の化学組成と生成地球化学環境との関連を明らかにすることが、産地推定をより科学的にすると考え、日本列島の火山岩起源の研究に用いられたと同様の地球化学的手法を黒曜石にも適用した。久野久等は SiO_2 と Na_2O+K_2O の関係図から日本及び隣接地の中新世ー現世火山岩をソレアイト、高アルミナ玄武岩、アルカリ玄武岩に分類した。同様な手法を黒曜石に適用した結果（図 1）からも明らかなように箱根と伊豆の一部はアルカリの少ないソレアイトに、隠岐島はアルカリ玄武岩に、神津島、伊豆の一部、長野、北海道は中間の高アルミナ玄武岩に似た組成を示すことが明らかになった。

関東近辺はソレアイトと高アルミナ玄武岩帯の隣接地帯でもあり、化学成分による黒曜石の分類が容易な地域であることが理解できる。

表-1　関東周辺産黒曜石と地調標準岩石の主成分元素濃度

試料	測定結果(wt.%)										(ppm)	(ppm)
	CaO	K_2O	P_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Na_2O	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	Sr	Rb
信州地域												
麦草峠	0.74	4.08	0.010	77.1	12.4	0.16	3.34	0.82	0.050	0.16	131	153
男女倉	0.61	4.82	0.004	76.8	12.8	0.11	3.13	0.71	0.080	0.11	44	295
和田峠1	0.59	4.71	0.004	76.6	12.7	0.08	3.19	0.70	0.085	0.11	37	324
和田峠2	0.55	4.61	0.001	76.6	12.8	0.08	3.31	0.66	0.099	0.08	19	364
霧が峰	0.50	4.60	0.007	76.8	12.9	0.09	3.27	0.51	0.077	0.10	54	200
伊豆箱根地域												
芦ノ湯1	3.86	0.79	0.148	68.0	14.9	1.13	4.32	4.9	0.17	0.70	223	19
芦ノ湯2	3.87	0.77	0.147	68.1	14.8	1.14	4.26	4.9	0.17	0.70	258	12
畑宿1	1.99	1.33	0.039	76.0	12.6	0.41	4.04	2.7	0.10	0.34	161	15
畑宿2	1.95	1.34	0.040	80.4	13.4	0.35	4.20	2.7	0.10	0.34	157	9
鍛冶屋1	1.95	1.69	0.023	79.9	13.6	0.26	3.91	2.3	0.09	0.25	181	36
鍛冶屋2	1.99	1.69	0.024	78.6	13.6	0.31	3.92	2.4	0.09	0.24	183	33
上多賀	1.68	1.78	0.014	77.4	12.3	0.28	3.46	1.8	0.06	0.20	147	26
柏峠	1.59	2.58	0.015	82.2	13.2	0.27	3.12	1.8	0.05	0.21	116	51
大賀茂	0.81	4.56	0.021	73.0	12.5	0.29	2.30	0.9	0.09	0.07	70	84
神津島地域												
恩馳島1	0.81	3.27	0.016	77.6	12.8	0.18	3.74	0.7	0.08	0.12	80	87
恩馳島2	0.83	3.26	0.016	77.4	12.9	0.18	3.69	0.7	0.08	0.12	88	92
砂糠崎	0.73	3.69	0.014	79.2	13.3	0.11	3.54	0.7	0.08	0.12	70	101
JG-2	0.70	4.72	0.045	77.4	12.5	0.07	3.69	0.9	0.02	0.04	23	405
JB-2	9.82	0.41	0.080	52.4	14.1	4.43	1.47	13.9	0.22	1.19	170	—
JA-2	6.40	1.82	0.131	56.9	15.5	7.63	2.55	6.5	0.11	0.70	268	101

表-2　隠岐及び北海道産黒曜石の主成分含有量

試料	測定結果(wt.%)								
	CaO	K_2O	P_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Na_2O	Fe_2O_3	MnO	TiO_2
隠岐島A	0.60	5.20	0.0007	74.7	13.0	0.04	3.94	1.22	0.06	0.12
隠岐島B	0.60	5.21	0.0026	74.8	13.0	0.04	3.97	1.22	0.06	0.11
隠岐島C	0.31	4.74	0.0006	75.9	12.1	0.03	4.29	1.18	0.04	0.11
隠岐島D	0.31	4.72	—	76.0	12.0	0.03	4.28	1.17	0.04	0.11
隠岐島E	0.72	5.94	0.02	72.1	14.5	0.16	4.09	1.30	0.05	0.21
赤井川1	0.79	4.61	0.01	76.5	12.9	0.11	3.46	0.64	0.06	0.07
赤井川2	0.79	4.59	0.01	76.1	12.8	0.10	3.46	0.61	0.06	0.06
旭川1	1.84	3.40	0.06	73.4	14.6	0.39	3.61	1.25	0.07	0.15
奥尻島(パーライト)	0.84	4.69	0.01	75.9	13.2	0.15	3.45	0.35	0.10	0.09
置戸1	0.88	4.12	0.01	76.6	13.0	0.15	3.53	0.63	0.04	0.11
置戸2	1.02	3.42	0.01	76.5	13.0	0.14	4.01	0.80	0.05	0.11
白滝Ⅰ	0.89	4.12	0.01	76.6	12.9	0.15	3.56	0.62	0.04	0.11
白滝Ⅰ茶色の卓越部	0.57	4.62	0.01	76.2	13.1	0.06	3.60	0.67	0.05	0.04
白滝Ⅱ	0.50	4.67	0.01	76.3	13.2	0.06	3.76	0.64	0.06	0.03
白滝野宿の沢	0.51	4.63	0.01	76.5	13.0	0.06	3.72	0.75	0.06	0.03
十勝	0.74	4.25	0.01	76.4	13.2	0.08	3.83	0.63	0.05	0.05
名寄3	1.18	3.76	0.01	76.3	13.1	0.14	3.68	0.82	0.03	0.12
名寄4	1.18	3.78	0.01	76.2	13.0	0.17	3.53	0.82	0.03	0.12
富良野	0.73	4.29	0.01	76.6	13.2	0.08	3.79	0.62	0.05	0.04

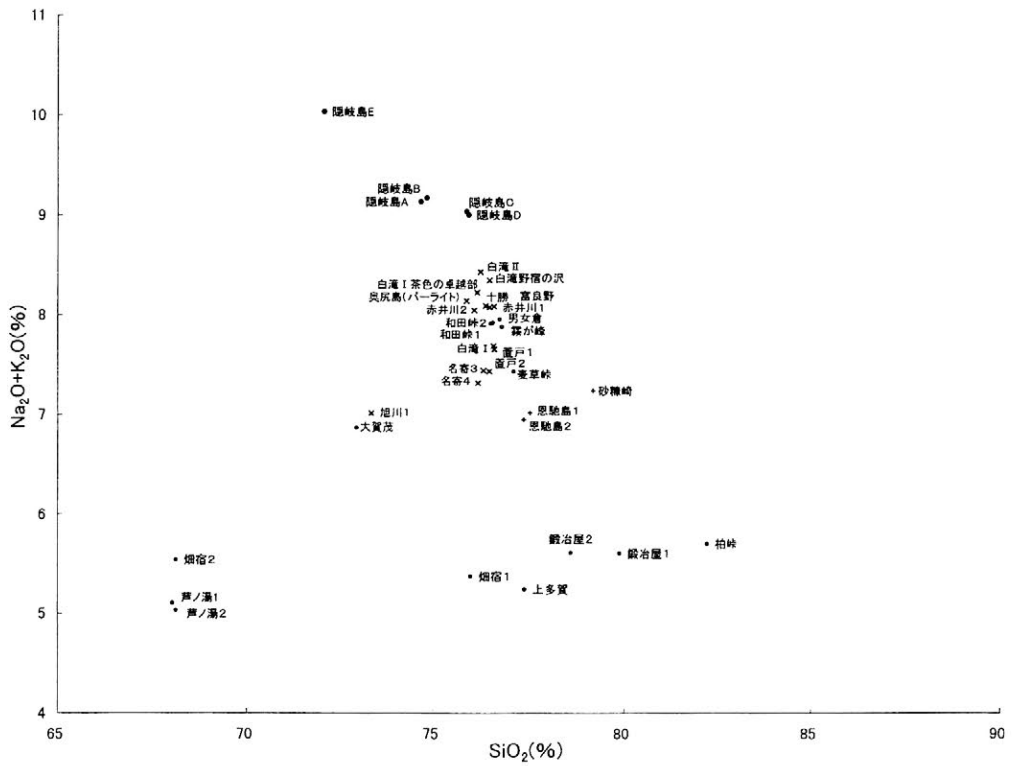


図1　黒曜石のSiO_2, Na_2O+K_2O関係図

P 39

蛍光X線分析による南九州産出黒曜石の検討

○高橋　豊（沼津工業高等専門学校）・望月明彦（同）・鎌田大輔（同）

はじめに

本研究の目的は南九州地域の原石産地から採集した黒曜石について、考古学的な遺跡から出土する黒曜石との対比・産地判別をするための情報を得ること、その黒曜石の岩石学的な特徴と地質学的背景を把握することにある。

分析試料

図1に示す。鹿児島を中心に、南九州の西側、市来市の平木場・上牛鼻、中央部を南から北に大隅半島の大根占、姶良カルデラに沿う三船（竜ケ水）、鹿児島県北の大口市日東、五女木猟猟、県境の熊本県人吉市白浜、桑ノ木津留、阿蘇火山北の西小国、国東の姫島の試料を取り扱う。これに九州北西部の試料として大村湾に沿う大崎、針尾島、佐世保市淀姫、腰岳、北松浦の大崎の試料を加え検討した。各地点25～100 個の試料を扱う。

分析方法

分析装置－SEIKOU SEA-2001 、X線管ターゲット：ロジウム、検出器: Li(Si)半導体検出器
測定条件－電圧:50kV 、電流:3μA 、照射径:10 ㎜、測定時間:240sec 、雰囲気: 真空。

産地分類

蛍光X線分析スペクトル強度から計算される次の指標を用い、望月(1997)の手法により図3～6を作成した。

指標：Rb分率＝Rb強度×100/A 、Sr分率＝Sr強度×100/A 、(ただしA= Rb 強度＋Sr強度＋Y 強度＋Zr強度とする）、Mn強度×100/Fe強度、logFe/K 。

結果

南九州地域の黒曜石の分析値は比較的良いまとまりをみせる。一部重複するが図5と6、図3と4を用いれば、その帰属は明らかである。

図3、4には関東・中部の各原石産地の黒曜石の分析値も記入されているが、その値は南九州地域の値と殆ど重複せず峻別される。図4では、最下部に這うように信州系の分析値が、右上に伊豆弧の黒曜石の分析値が延び、異なった分布をみせる。

南九州地域の黒曜石の分析値は、図4と6では左下から右上がりに3つのまとまりをみる。下部の信州系の帯と並行に2系列、霧島火山帯に沿い北北東に延びる白浜－桑ノ木津留－猟猟－日東－五女木－西小国－姫島－三船の系列と、その上部の九州北西部に集中する大村湾の大

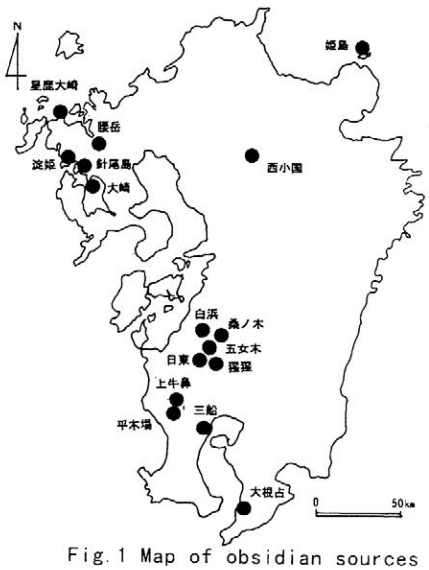


Fig.1 Map of obsidian sources

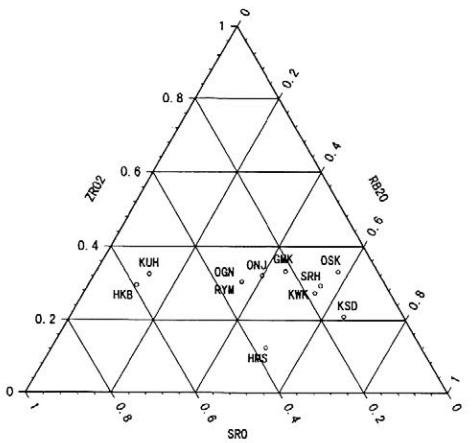


Fig.2 Rb-Sr-Zr Diagram of obsidian sources

HKB:平木場　KUH:上牛鼻　ONG:大根占　RYM:竜ヶ水・三船
SRH:白浜　KWK:桑ノ木津留　OGN：西小国　HMS:姫島
GMK:五女木・猟猟・日東　OSK:大村大崎　KSD:腰岳・星鹿大崎

崎－腰岳－北松浦の大崎－針尾島－淀姫の系列が認められる。これらの帯は、沈み込み帯のマグマに関わると考えられ、5 ～3Ma 年前から九州地方の東方沖から九州地方下部に沈み込みを始めたフィリピン海プレートと琉球弧との境界、海溝からそれぞれ水平距離で 200km、300 km の距離にあり注目される。平木場、上牛鼻の黒曜石は異質であり他と区別される。

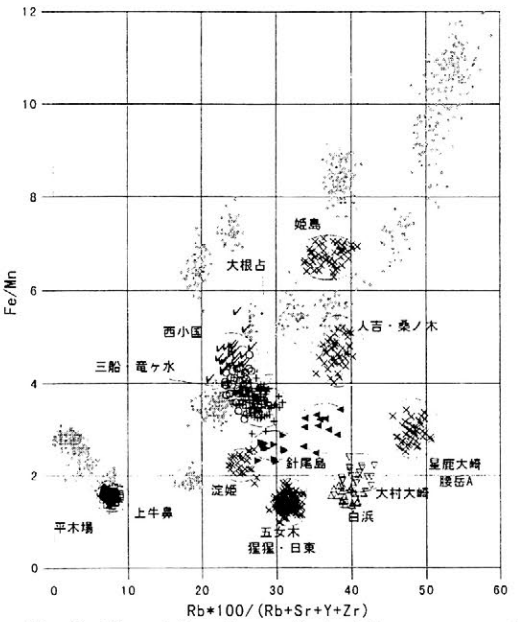


Fig. 3 Classification of obsidian sources-1

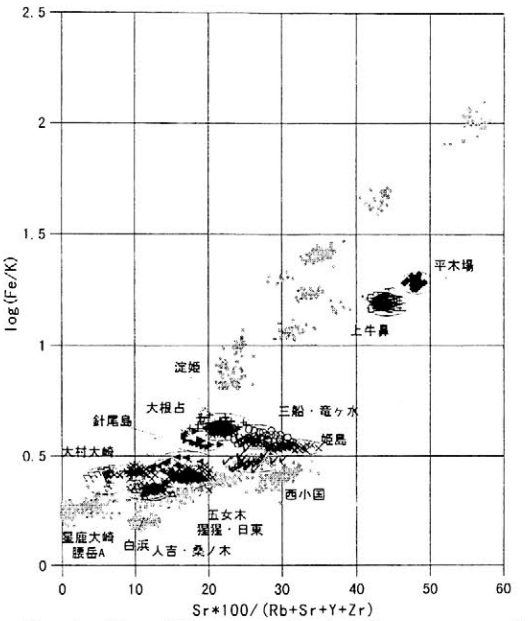


Fig. 4 Classification of obsidian sources-2

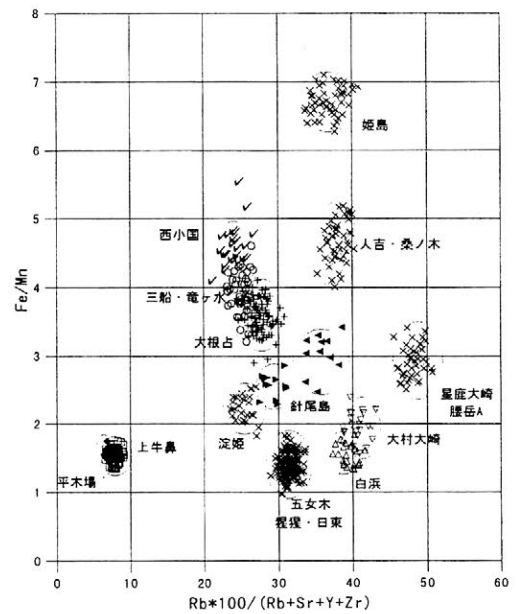


Fig. 5 Classification of obsidian sources-3

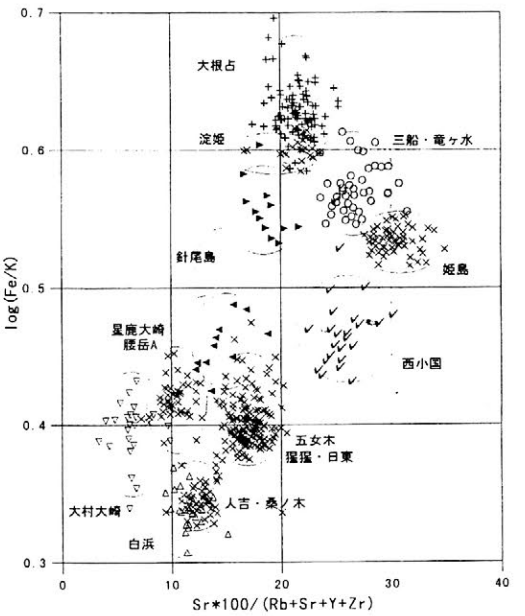


Fig. 6 Classification of obsidian sources-4



P 40

北大作遺跡（千葉県我孫子市）出土の ガラス質黒色安山岩製石器の石材産地について

○柴田　徹（都立青山高校）・山本　薫（筑波大学歴史・人類学研究科）・
高松武次郎（国立環境研究所土壌環境研究室）・石田守一（我孫子市教育委員会）

1．目的

本年２月に千葉県立中央博物館の橋本氏より得た情報に基づき、栃木県西部の武子川・姿川周辺（宇都宮市・鹿沼市）を調査した結果、この地域でもガラス質黒色安山岩を採集できることが分かった。そこで本研究では、これまでの９地点（図１）に、武子川・姿川周辺を加えた１０地点を候補地として、北大作遺跡（千葉県我孫子市）出土のガラス質黒色安山岩製石器（19点）の石材産地（採集可能地）を推定する。

2．プレパラート法による石材産地推定結果

石器19点をプレパラート化し、偏光顕微鏡を用いて観察した。岩石を構成する組織の特徴から次の４タイプに分けられた。以下に、各タイプの特徴とそれぞれの採集可能地の推定結果を示す。

ア.タイプ１（６点）：写真１

輪郭が不明瞭でガラス部分との識別が難しいほぼ四角形の斜長石と、鉄鉱物の粒子を含む粒状の輝石から構成される。輪郭明瞭な柱状の斜長石は少ない。粗粒である。ガラスの部分は平行ニコル下では褐色であるが、部分的に焦げ茶色が混ざる。

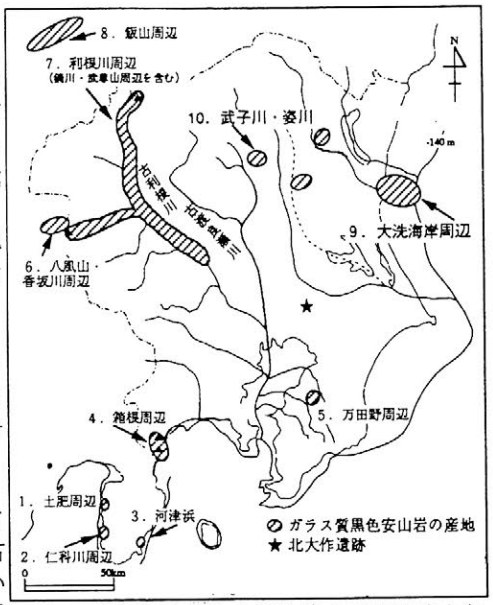


図１　関東地方周辺におけるガラス質黒色安山岩の産地および北大作の位置

構成粒子の大きさ、構成鉱物の配列、ガラス部分の色、鉄鉱物の分布の様子などの特徴から、産地試料大洗４Ｂ(写真３)と極めて近似すると言える。推定される採集可能地は【大洗海岸】。

イ.タイプ２（４点）：写真２

ほぼ大きさの揃った中程度の大きさの柱状及び粒状の斜長石や輝石の結晶が配列する。配列に著しい方向性のあるものと無いものとあるが、プレパラート化した切断方向の違いによると推定される。ガラスの部分は平行ニコル下では褐色であるが、部分的に焦げ茶色が混ざる。

構成粒子の大きさ、構成鉱物の配列、ガラス部分の色、鉄鉱物の分布の様子などの特徴から、産地試料大洗２Ａ(写真４)と極めて近似すると言える。推定される採集可能地は【大洗海岸】。

ウ.タイプ３（６点）：写真５

写真１(150倍)
タイプ１（石器）平行ニコル　直交ニコル

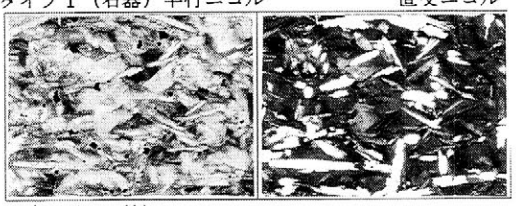


写真２(150倍)
タイプ２（石器）平行ニコル　直交ニコル

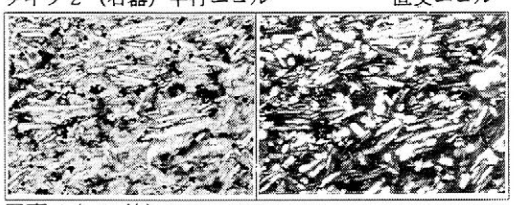


写真３(150倍)
大洗４Ｂ（産地）平行ニコル　直交ニコル

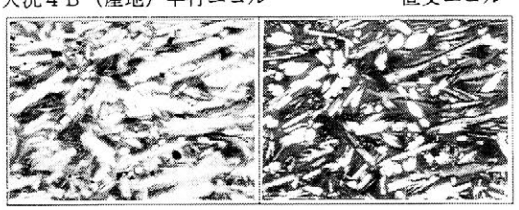
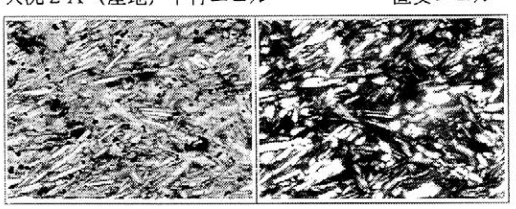


写真４(150倍)
大洗２Ａ（産地）平行ニコル　直交ニコル



石基部分は、のっぺりとした感じで灰褐色のガラスの中に、針状から長柱状の斜長石とごく小さな黒い鉄鉱物を含む小さい粒状の輝石が点在する。ほぼ長方形の斜長石と鉄鉱物の斑晶が点在する。平行ニコル下では石基部分の結晶の量は少ないが、直交ニコル下では長柱状の斜長石と小さな粒状の輝石で埋められているように見える。

構成粒子の大きさ、構成鉱物の配列、ガラス部分の色などの特徴から、武子川・姿川の産地試料姿川橋８ａ(写真７)と極めて近似すると言える。推定される採集可能地は【武子川・姿川】。

エ．タイプ４(３点) ：写真６

平行ニコル下では、ほんの少し褐色を帯びたガラスの中に、ごく小さな黒い鉄鉱物をもつ小さな粒状の輝石が点在する。少し大きめの黒い鉄鉱物が少量だが目立って存在する。斜長石はほとんど目立たない。直交ニコル下では、密に分布する小さな柱状の斜長石と微少な粒状の輝石により埋められているように見える。小さな柱状の斜長石が明瞭な方向性をもって配列するものと、配列に方向性をもたないものとあるが、プレパラート化した切断方向の違いによると推定される。

構成粒子の大きさ、構成鉱物の配列、ガラス部分の色などの特徴から、武子川・姿川の産地試料武子川６ｂ(写真８)と極めて近似すると言える。推定される採集可能地は【武子川・姿川】。

以上のように、北大作遺跡出土のガラス質黒色安山岩製石器19点の石材採集可能地は、10点が大洗海岸、９点は武子川・姿川であるとの推定結果が得られた。

３．蛍光Ｘ線分析法による分析結果

プレパラート法で分析した全石器について、蛍光Ｘ線分析法(山本1993)による産地推定を試みた。プレパラート法で大洗海岸であると推定された10点は、蛍光Ｘ線分析法によっても全て大洗海岸産と推定された。プレパラート法で武子川･姿川であると推定された9点のうち6点(上記のタイプ３)では結果が一致したが、残り３点(上記のタイプ４)は箱根産と推定され一致しなかった。

４．おわりに

本研究の結果、「下総地域で用いられるガラス質黒色安山岩には、大洗海岸産のものと利根川産のものが大半を占めるであろう」との、我々の従来の見解に修正が必要となった。下総地域に位置する北大作遺跡では、大洗海岸のものに加えて栃木県西部の武子川・姿川に分布するガラス質黒色安山岩が使用されていた。また、本遺跡ではガラス質黒色安山岩以外に、茨城県北部産と思われるメノウや東北地方産と思われる硬質頁岩、栃木県高原山産と推定された黒曜石（註１）も出土している。このことは、北大作遺跡が、茨城県中部・北部方面のみならず栃木県西部方面（あるいは栃木県西部方面を介した東北方面）と関係のあることを示唆している。

これまで、北大作遺跡の位置する下総地域では、多くの遺跡から東北地方産と思われる硬質頁岩がよく出土し、しかも定形石器のみでなく剥片や接合資料も出土することが知られている。北大作遺跡で出土したガラス質黒色安山岩製石器には大洗産のものだけでなく、栃木県宇都宮市・鹿沼市周辺の武子川・姿川産のものも含まれていたという本研究の成果をも考え合わせると、下総地域を分析する際には、茨城県中部・北部方面はもとより栃木県西部方面との関係を考慮する必要があると言えよう。今後、下総地域と下野地域とのつながりについて明らかにしてゆきたい。

（註１）望月明彦氏の分析結果による。

写真５(150倍)
タイプ３（石器）平行ニコル　直交ニコル

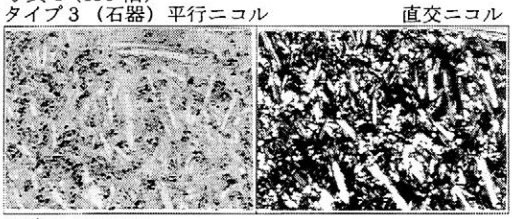


写真６(150倍)
タイプ４（石器）平行ニコル　直交ニコル

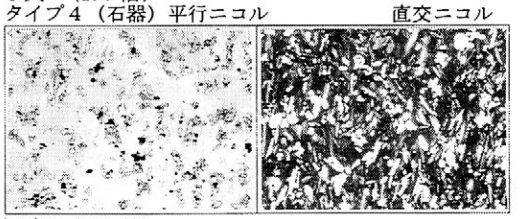


写真７(150倍)
姿川橋8a（産地）平行ニコル　直交ニコル

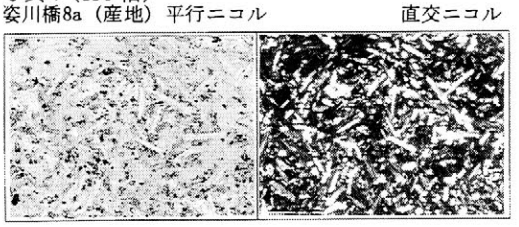
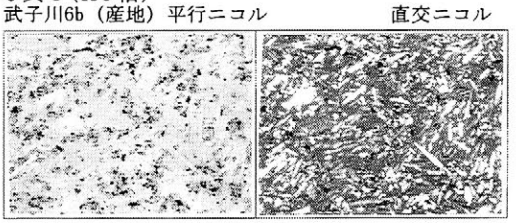


写真８(150倍)
武子川6b（産地）平行ニコル　直交ニコル



P 41

ベリリウム同位体による縄文土器産地推定法：九州・南西諸島の縄文前期土器について

○今村峯雄（国立歴史民俗博物館）、坂本稔（同）、斎藤努(同)、
西谷大(同)、小林貴之（日本大学）、小林紘一（東京大学）

【はじめに】

縄文土器の型式には共通性と地域性が混在しており、これらは縄文時代の人の交流の程度を反映するものと考えられている。地域間の共通性が、文化（技術）の伝播によるものなのか、あるいは土器または粘土の移動によってもたらされたものなのかは、縄文の人々の交流を知るうえで興味深い情報である。この課題の解決のためには自然科学的な方法で土器の製作地を明らかにする必要がある。本報告では、粘土鉱物に親和性を持つ元素ベリリウム同位体（^{9}Be と放射性の ^{10}Be）を用いる新しい産地推定法を提案し、九州・南西諸島における縄文前期土器 に関して本法を応用して得られた結果について報告する。

なお本研究の試験的な試みについては、昨年度の本研究会において坂本等が鉛同位体と ^{10}Be 濃度との関連で報告した（文献 1）。本報告では更に資料例を追加するとともに、二つの同位体 ^{9}Be と ^{10}Be 濃度から産地解析を行った。

【ベリリウム同位体による土器産地推定の考え方】

ベリリウムは地球化学的にはアルミニウムと類似した挙動をする微量元素である。同位体には ^{9}Be と放射性の ^{10}Be（半減期 151 万年）が存在し、その起源が異なる。^{9}Be はもともと地球の創生時から存在する安定元素で、岩石の風化を通じて地球化学的に類似の性質をもったアルミニウムとともに粘土鉱物に取り込まれる。^{9}Be は玄武岩より花崗岩質の地殻に多く含まれ、また海洋底や湖底などでは、細かい粒子成分の沈降によりベリリウムの濃縮がおこるため、その濃度は地質環境と堆積環境の影響を受ける。一方 ^{10}Be は、宇宙線によって二次的に上層大気で生成する同位体である。エアロゾルあるいは雨とともに降下し海洋底や湖底に堆積する。この場合、粒子成分の堆積率が大きければ、^{10}Be はうすめられて低い濃度を示すことになる。また ^{10}Be は堆積してからの長い時間の経過のうちに壊変し消滅してゆく。したがってその濃度は堆積環境と堆積粘土層の年代に依存する。

このようにそれぞれ異なった起源を持つ二つの同位体は、堆積粘土層の地質環境、堆積環境、年代を反映した特徴的なベリリウム濃度、同位体組成を示すことになる。

【資料および分析方法】

本研究で用いた土器片資料は、鉛同位体等測定に用いた資料（文献 1）に更に十数資料を追加したもので、轟式（条痕系）・曽畑式・押引列点文土器・室川下層式系土器が含まれる。これらの土器群が用いられた縄文時代前期には、西北九州、熊本・鹿児島、そして琉球列島という非常に広範囲にわたって人々が活動し轟・曾畑・室川式土器を製作したと考えられている。資料は鹿児島県教育委員会・熊本大学考古学研究室・沖縄県北谷町教育委員会・沖縄県読谷町教育委員会から提供いただいたものである。

一辺がおよそ 1 cm～数 cm の土器片試料をミリメートルサイズまで粉砕し、さらにめのう乳鉢を用いて細粒化する。重液分離を行い、粘土鉱物を比重 2.56 以下の部分に、アルカリ長石を比重 2.56-2.62 の部分に得る。本方法では正確な意味での粘土鉱物を分析することにはならないが、粘土鉱物は土器胎土の主成分であり、ベリリウムは粘土鉱物に濃縮しているので、ベリリウム同位体の分析にたいしては回収された試料は土器胎土の粘土鉱物を代表するものと考える。

^{9}Be、^{10}Be 測定には、100-150 mg の試料を用い、酸溶解する。^{9}Be 測定のためにはこの溶液の一部（約 10%）をとり、希釈して 1% 硝酸溶液とする。測定は ICP-MS（セイコー電子製、SPQ-9000）により分析（日鉄テクノリサーチによる依頼分析）した。分析感度は溶液で 0.1ppb である。

残りの溶液（^{10}Be 測定用）には ^{9}Be 坦体約 150 μg を加え、溶媒抽出とイオン交換樹脂によりベリリウムの分離精製を行う。電気炉中で 900℃で加熱し、酸化ベリリウムとしたのち ^{10}Be/^{9}Be 比を東京大学原子力研究総合センターのタンデム加速器施設の加速器質量分析（AMS）設備を用いて定量した（文献 2）。測定した試料の ^{10}Be/^{9}Be は 10^{-11} のオーダーで、加えた坦体と試料に含まれるベリリウムの量の和と測

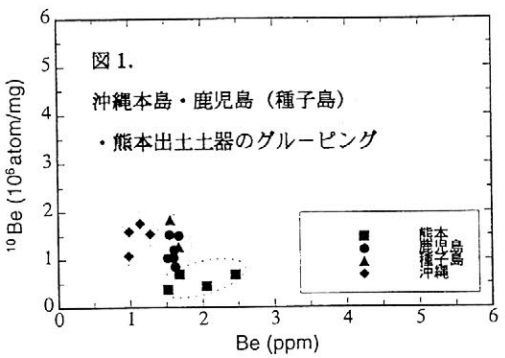
定した $^{10}Be/^{9}Be$ 比から試料中の ^{10}Be 濃度が求められる。

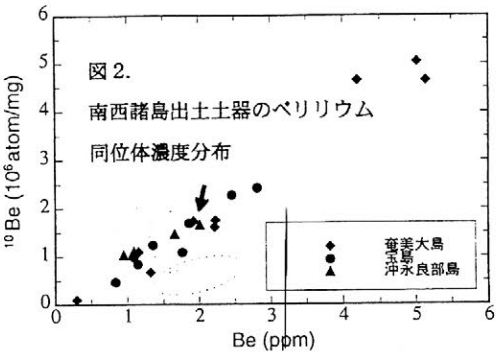
【結果と考察】

これまでに合計 37 個（沖縄本島 4、沖永良部島 4、奄美大島 9、宝島 8、種子島 2、鹿児島 6、熊本 4）の縄文土器片の分析を行った。土器胎土中のベリリウム同位体の分析によって沖縄本島や九州本土出土の土器の特徴をとらえてグルーピング行った結果を図 1 に示す。図 2 には南西諸島の同位体濃度の分布を示す。

(1) 熊本・鹿児島・沖縄のデータはそれぞれ 4、6、4 という統計的に極めて限られた数ではあるが、お互いに別のグループをつくることが示唆される。このことはベリリウム同位体濃度の分布は、土器の型式よりも地域性を反映していること、粘土を多く産する地域では外からの土器製品の流入はまれであることを示すものと思われる。

(2) 奄美大島・沖永良部島・宝島からの出土資料は非常に分散した傾向をもつ。このことは、これらの地域の土器がさまざまな粘土資源を用いて製作されたことを示す。このことが、土器交易が盛んであったことを示すのか、製作に用いた原料の粘土をさまざまな地域から手に入れて使用したのか、あるいはこれらの地域の小規模なさまざまな粘土が用いられたことを示すのかは現時点では判別できない。





(3) 図 2 のデータの中で、奄美大島・沖永良部島・宝島の各一個（矢印で示すデータ）はほぼ同じ位置にある。胎土に含まれるアルカリ長石の鉛同位体（$^{208}Pb/^{206}Pb$, $^{207}Pb/^{206}Pb$, $^{206}Pb/^{204}Pb$）のデータを調べるとほぼ同じ値が得られ、表に示すように 5 つの指標値がほぼ完全に一致した（表 1）。このことはこれらの土器が同じ粘土層を用い製作されたことを強く示唆する。これらが異なる土器型式をもつことも興味深い。

表 1. 極めて近接した指標値をもつ南西諸島の 3 つの縄文土器

遺跡名	土器型式	Be(ppm)	^{10}Be/mg 土器(10^6)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{204}Pb$
大池遺跡／宝島	室川下層式	1.9±0.1	1.70±0.06	0.8488	2.0956	18.387
下山田遺跡／奄美大島	轟系	1.9±0.1	1.74±0.06	0.8488	2.0955	18.386
神野遺跡／沖永良部島	神野A	2.0±0.1	1.67±0.06	0.8488	2.0957	18.391

(4) 以上のように限られた資料数に基づく結果ではあるが、ベリリウム同位体による産地推定は、少なくとも本研究で目指した南西諸島の土器の交流を研究するうえで有効であると考えられる。さらに多くの資料の分析を進めると同時に、現地あるいは粘土移入元候補地の粘土層の関係を、ベリリウム・鉛同位体の特徴を含め比較検討する作業を進めているところである。

文献 (1) 坂本稔ら: 日本文化財科学会第 14 会大会研究発表要旨集、6-9(1997).

(2) M. Imamura et al. : *Nucl. Instrum. and Methods* B5, 211-216(1984).

P 42

九州縄文時代晩期土器の胎土分析

○松本直子[1]・中園聡[2]・和田好史[3]・三辻利一[4]
1) 九州大学ＶＢＬ
2) 福岡市教育委員会
3) 人吉市教育委員会
4) 奈良教育大学

1．研究の目的

縄文土器の生産体制や流通の状況はまだ不明な点が多く，また，土器製作に関する技術や知識の体系についても，明らかでない部分が多い．縄文晩期の土器は，精製器種と組成器種の違いが顕著であり，成形技法・器面調整・焼成技法において明確な作り分けがある．しかし，これらの差異を意識した胎土調整段階での操作が行われているかどうかは明らかではない．これらの点について理解を深めるためには，従来の型式学的研究や肉眼観察に加えて，胎土の科学的組成も分析することが有効であると考える．今回は，晩期の良好な集落遺跡である中堂遺跡の土器を中心に，一部関連する縄文時代の資料も加えて，基礎的分析を行った．

2．資料と方法

今回の分析の中心は，熊本県人吉市中神町字中堂に所在する中堂遺跡の土器である．中堂遺跡は，球磨川の沖積地約8800㎡の範囲に63軒の竪穴住居跡，38基の埋甕，石組炉3基，屋外炉15基，土壙20基のほか，柵列，土器廃棄場所が展開しており，石器製作場と推定されている一角もある．集落の形成は晩期初頭にはじまり，晩期後半の黒川式の時期にもっとも繁栄し，その後刻目突帯文期（弥生時代早期）に放棄されたとみられる．遺跡からは大量の土器が出土しており，土器の胎土に関して，晩期の範囲内での時間的変化や器種間の差異を検討するのに適した資料である．

時期・器種が分かる土器について調整・色調・胎土について記録し，試料を採取した．試料表面を研削し，タングステンカーバイド製乳鉢で100メッシュ以下に粉砕し，その粉末試料を内径20mm，厚さ5mmのビニール製リングの枠に入れて約13t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．使用した装置は，波長分散型蛍光Ｘ線分析装置（理学電気製3270型機）である．測定した元素はK，Ca，Fe，Rb，Sr，Naの６元素である．ここで用いる分析値はすべてJG-1の各元素の蛍光Ｘ線強度を使った標準化値で表示する．

3．結果と考察

1)器種間の差

縄文時代晩期の土器は精製の浅鉢と粗製の深鉢という２つの大別器種に分けられる．それぞれの大別器種間の差異を検討した結果，KとRbの含有量において有意差があることが分かった（危険率５％）（図１）．両者の胎土成分に違いが見られるということになれば，成形・器面調整・焼成という一連の工程に先立つ胎土の準備段階から，両器種の作り分けがされていたということになる．ただ，この胎土成分の違いが，粘土そのものに由来するのか，混和材の違いによるものなのか，あるいはその他の作業工程において生じるものなのかについては，さらに検討していかなければならない．そのためには，薄片作成と顕微鏡観察の手法を組み合わせることが必要となろう．

2)色調との関係

土器片の色相と胎土に含まれる鉄分との相関を分析したところ，色相の赤みが強いほど鉄分の含有量が多いという相関がみられた（図２）．資料とした土器の色相はすべて黄色と赤色の間のYRとして表示される範囲におさまる．YRは，より赤いものから黄色いものに向けて，2.5YRから10YRまでに分けられている．ここでは，より赤い方の値を大きくするために，10YRが0，0YRが10となるように変換した．そうして得られた色相の値と鉄分含有量とのスピアマンの相関係数は0.767であり，かなり高い正の相関がある．さらに，この色相の値と彩度の値とをかけ合わせた数値（R）と鉄分含有量との相関をみると，

相関係数は0.827となり，非常に高い．

鉄分の量が多いと赤色に焼成されるということはすでに指摘されているが，一般には胎土中の鉄分の量よりも焼成条件（最終的な酸化・還元の度合い）の方が，焼成後の色調を大きく左右すると考えられてきた．しかし，今回の分析で得られた胎土中の鉄分含有量と，色相・「赤さ指数」との強い相関は，やはり鉄分が焼成後の色調，とくに赤みの強さをかなり規定していることを示唆している．今後の課題としては，こうした胎土中の鉄分含有量の差異が，意図せずして生じたものであるのか，それとも赤い色調を得る目的で意図的に混入したものであるのかを検討していかなければならない．

以上の点を明らかにしていくことによって，縄文晩期の土器製作者がもっていた技術や知識の体系をある程度復元することができると考える．また，データを増やすことによって，今回は扱うことができなかった土器の生産システムや流通の問題についても明らかにしていくことができよう．

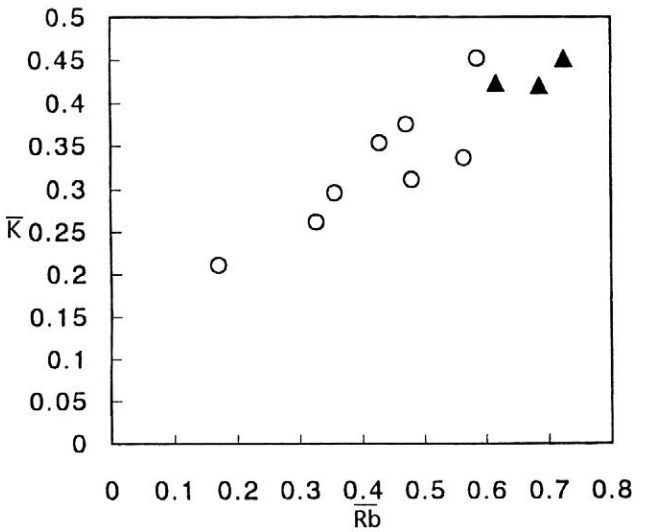


図1　K-Rb 分布図
▲浅鉢　○深鉢

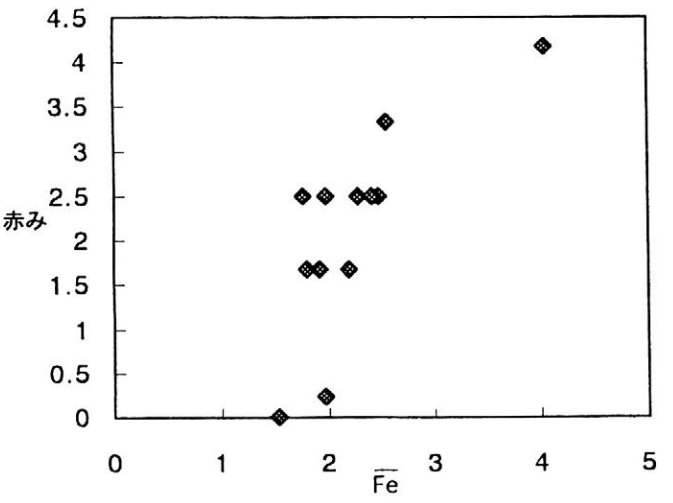


図2　色調（赤み）と鉄分含有量

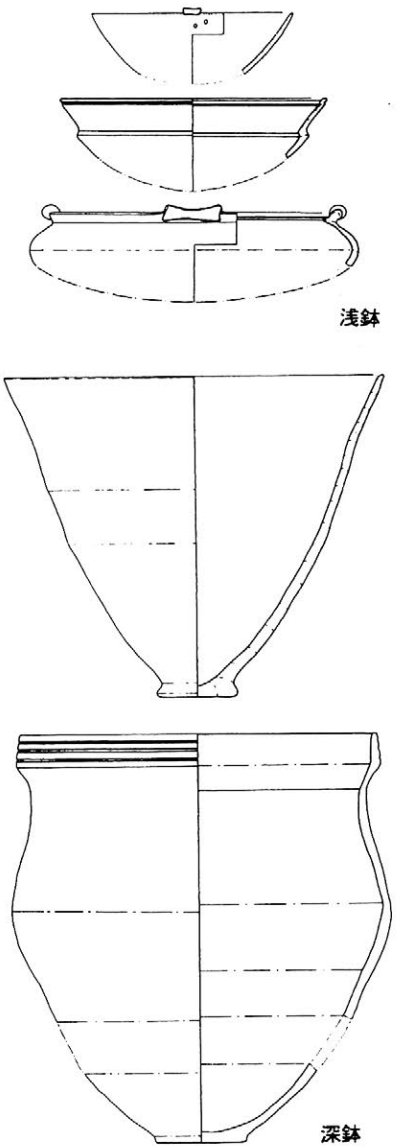


図3　中堂遺跡出土縄文時代晩期土器実測図

P 43

縄文土器にみる交流と「在地」の多様性

－長野県御代田町川原田遺跡出土土器の胎土分析（中間報告）－

○建石　徹（東京芸術大学大学院美術研究科）
堤　　隆（御代田町教育委員会）
西本豊弘（国立歴史民俗博物館考古研究部）

目的

近年の埋蔵文化財調査の中で、縄文土器の胎土分析はすでに一般化しつつある。中でも土器の製作地推定を主題とした分析はかなりの頻度で実施されている。しかしこれらの分析では、遺跡出土土器のごく一部が対象とされていたり、また、たとえ多くの資料を分析していたとしても、それらが型式学的検討が加えられないほど微小な土器片である場合も多いように思われる。一部の研究を除けば、土器のどの部分（たとえば粘土（マトリクス）部分中心なのか、混和材部分中心なのか、胎土全体なのか）を分析しているのかという議題についても曖昧なものが目立つ。

国立歴史民俗博物館では、1996 年度より特定研究「生産と利用に関する歴史資料の多角的分析」（研究代表者　杉山晋作）を開始し、その一部門として、北関東～信州地域における縄文時代中期中葉土器の胎土分析を中核に据えた共同研究を実施している。共同研究では、次の二点を前提として分析をおこなっている。

(1)各土器群研究の前線で活躍する若手・中堅研究者を共同研究メンバーにむかえ、各地域における土器の型式学的研究と充分リンクさせ得るような質・量の資料を抽出する。
(2)各分析で胎土のどの部分をどのように分析するのかを明示し、それが考古学的にどのような成果と結びつくのか議論する。

本発表では、焼町式土器をはじめ、当該期の多様な土器群が豊富に出土した川原田遺跡の資料を取り上げ、特に胎土中の粘土（マトリクス）部分の主成分化学分析結果をもとに、分析資料からみた地域間交流の問題や、「在地」と括られるグループの実際について検討を加える。

分析条件

分析装置 ‥ セイコー電子工業製エネルギー分散型蛍光Ｘ線装置 SEA-2001、Ｘ線発生部ターゲット ‥Rh（ロジウム）管球、電圧 ‥15kV、電流 ‥100 ～ 160 μ A、照射径 ‥ 3 mm、検出器 ‥Si（Li）半導体検出器、試料室雰囲気 ‥ 真空、測定時間 ‥300 秒、測定　回数 ‥ ５回以上、標準試料 ‥ 群馬県出土縄文土器、測定元素‥Na,Mg,Al,Si,K,Ca,Ti,Mn,Fe

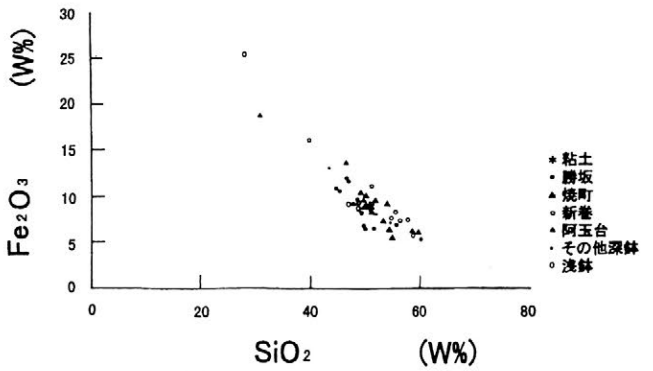


図　川原田遺跡出土土器の Si － Fe 相関

分析結果

図は測定した９元素のうち、風化（粘土化）過程での溶脱が少なく、風化以前の母岩の性状を反映すると考えられる Si（ケイ素）と Fe（鉄）を両軸にとったものである。各分析値はほぼ直線上にプロットされる。図中には示さなかったが、新鮮な岩石の測定結果もほぼ同一の直線上に位置づく。

考察

「在地」と「非在地」

問題は単純ではないが、ここでは遺跡周辺の地質（主にアンザン岩性地質）と一致しない資料を「非在地」的粘土として抽出し、それ以外のものを「非在地」とはいえない一群というレベルで「在地」的粘土の可能性があるものと考える。

本分析では、SiO_2が 45 ～ 55 %程度の資料を、「在地」的粘土の中心グループとし、それより大きく外れる資料（酸性より、塩基性よりいずれも）を「非在地」的粘土をもつ土器として認識する。当該期の竪穴住居跡床面より出土した粘土塊は「在地」的粘土をもつグループのおよそ中央にプロットされた。

土器にみる交流

縄文土器にみる縄文人の交流の多様性についてはすでに多くの研究で検討が加えられているが、今回の分析でも興味深い結果を得た。

SiO_2含有量が 30 %弱ときわめて少ない２点の資料は、阿玉台式（後半）土器とミニチュア土器である。遺跡周辺を巨視的に見渡せば、SiO_2含有量の少ない地質をもつ地域として、富士山（ゲンブ岩性地質）の影響を受ける南関東地域などを指摘することが出来る。型式学的に「非在地」的型式といえる阿玉台式のうち、この１点以外はいずれも「在地」的粘土の特徴をそなえており興味深い。

SiO_2含有量が 60 %程度の資料の中に、勝坂３式（井戸尻式）土器が含まれている。詳細な型式学的検討は今後の課題としたいが、現段階ではこの資料は八ヶ岳周辺などの勝坂式の分布の中心地域と関わる型式学的特徴を有するものと考えている。ちなみに八ヶ岳南麓の山梨県地域はSiO_2含有量の多い地質（カコウ岩性地質）で知られる地域である。

「在地」の多様性

今回の分析では、多くの資料が「在地」の枠におさまった。ただし、この中をさらに詳細に検討すると、各土器型式ごとに微妙に２元素の分布域が異なっている可能性を指摘することができる。これが偶然のものであるのか、他の分析法などを用いてさらに検討する必要を感じるが、この視点の重要性は自明であろう。たとえばこの結果が、粘土採取露頭の違いや活動領域の違いを反映したものであれば、同型式の土器を製作する人々がどのレベルでの同一「集団」といえるのかという議論は、今後の縄文時代研究の中で成熟させていくべき課題である。これらの議論を統合しながら、縄文遺跡ではむしろ一般的ともいえる異系統土器群が共存する状況の成り立ちを説明する必要がある。

本発表は、国立歴史民俗博物館の特定研究「生産と利用に関する歴史資料の多角的分析」縄文研究グループによる共同研究の成果の一部である。

P 44

ガラスビード法蛍光X線分析による縄文土器片の産地推定のための基礎研究 —山梨県釈迦堂遺跡の場合—

○門西　恵・奥水 達司・柴田 知之（山梨県環境科学研究所）
河西　学（帝京大学山梨文化財研究所）

はじめに

土器原料の産地・土器の製作地を推定するための基礎研究として、縄文土器の含有元素の分析を行った。土器原料の産地・土器の製作地を推定する際に、土器胎土と遺跡周辺の粘土層をはじめとする地質・岩石との化学的特性の対応が問題になる。また、土器の流通・製作技術の伝播を考察する上で、多くの遺跡、型式の土器胎土の化学的特性を明らかにすることは重要である。今回は、釈迦堂遺跡（山梨県一宮町・勝沼町所在）出土土器片の含有元素について、簡便な分析方法を用いて濃度を測定し、化学的特性により土器を識別することを目的とした。

測定の対象としたのは縄文土器片 230 試料である。これらは、縄文時代の早期から後期にかけての幅広い時期のものであり、1 遺跡内での時期・型式別比較が可能である。また、今後他遺跡出土土器と比較する際にも有利である。釈迦堂遺跡の縄文土器については、河西（1992）が曽利式・加曽利E式土器胎土中の岩石鉱物について周辺地域の河川砂組成と比較し、産地推定を行っている。しかし、0.05 ㎜より小さいものについは分析を行っていない。したがって今回は、微細な土器胎土粒子を含めた土器全体の元素含有量を把握するため、試料を均質にして測定できるガラスビード法蛍光 X 線分析を用いた。産地推定を目的とする土器の胎土分析にはさまざまな方法があるが、その中で蛍光 X 線分析は簡便であり、各地の須恵器に関する研究が行われている（三辻,1983）。縄文土器では、粘土層と土器胎土との対応が上條・石川（1992）によって報告されており、さらに研究事例を増して行く必要があると思われる。

試料調整・分析方法

土器片を 1 ㎝^{3}程度に切り出したものを測定に用いた。切り出した土器試料を、超音波洗浄した後、アルミナ乳鉢で粉砕し、粉末にした。110℃で乾燥後、土器粉末試料を 0.4 g 前後秤量し、土器粉末試料の 10 倍量の融剤四ホウ酸リチウムを加え、両者を混合した。この混合試料を白金ルツボに入れ微量の剥離剤臭化リチウムを添加し、高周波炉で溶融（1150℃、480 秒）後急冷して、ガラスビードを作製した。測定には波長分散型蛍光X線分析装置（RIGAKU, RIX3100）を使用し、標準岩石試料 10 種で作成した検量線を用いて定量を行った。測定した元素は、主成分元素（SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, MnO, Na_2O, K_2O, P_2O_5）の 10 元素である。

結果・今後の課題

土器の含有元素濃度は試料全体を通して類似するパターンを示した。これは釈迦堂遺跡の多くの土器が全時代を通じて遺跡の比較的近くに分布する砂・粘土を材料にして製作されたものである可能性を示す。

図. 1 にクラスター分析の結果を樹形図として示した。クラスター分析では、測定値を基準化した値を、ユークリッド距離を用いた最遠隣法で分類した。その結果、早期末の含繊維土器と無繊維土器とは異なるクラスターに属しており、両者は異なる原料で作られたと推定される。前期の北白川下層式土器は、考古学的には搬入土器と考えられているが、5 試料のうち 2 試料が同一クラスターとして融合する以外、試料ごとに異なったクラスターに属している。中期の五領ヶ台式土器、新道式、藤内式、曽利Ⅰ・Ⅱ式、曽利Ⅲ・Ⅳ式、および後期の堀之内式は、それぞれ複数のクラスターを形成するが、同一形式土器が同一クラスター内に集中する傾向がある。これに対し前期の諸磯b式、中期の狢沢式などは、多くのクラスターに分散して属する傾向が認められる。これらの特徴は、土器製作過程での原料の採取地点や調整方法などにおける土器形式ごとの特徴を反映しているものと考えられる。

主成分元素の分析だけでは各クラスターの特徴が明確に現れなかったため、今後は主成分元素だけでなく微量元素についても測定を行う必要がある。さらに含有される砂粒子の岩石鉱物の特徴を踏まえ、周辺地域の地質・岩石の分布とも照らし合わせて解釈していく必要があると思われる。

引用文献

上條 朝宏・石川 隆司（1992）縄文土器の胎土分析—常総粘土層と土器の胎土分析について—. 国立歴史民俗博物館研究報告. 第 38 集. 199-232.

河西　学（1992）岩石鉱物組成からみた縄文土器の産地推定—山梨県釈迦堂遺跡・郷蔵地遺跡・柳坪遺跡の場合—. 帝京大学山梨文化財研究所報告. 第 4 集. 61-90.

三辻 利一（1983）古代土器の産地推定法. ニュー・サイエンス社.

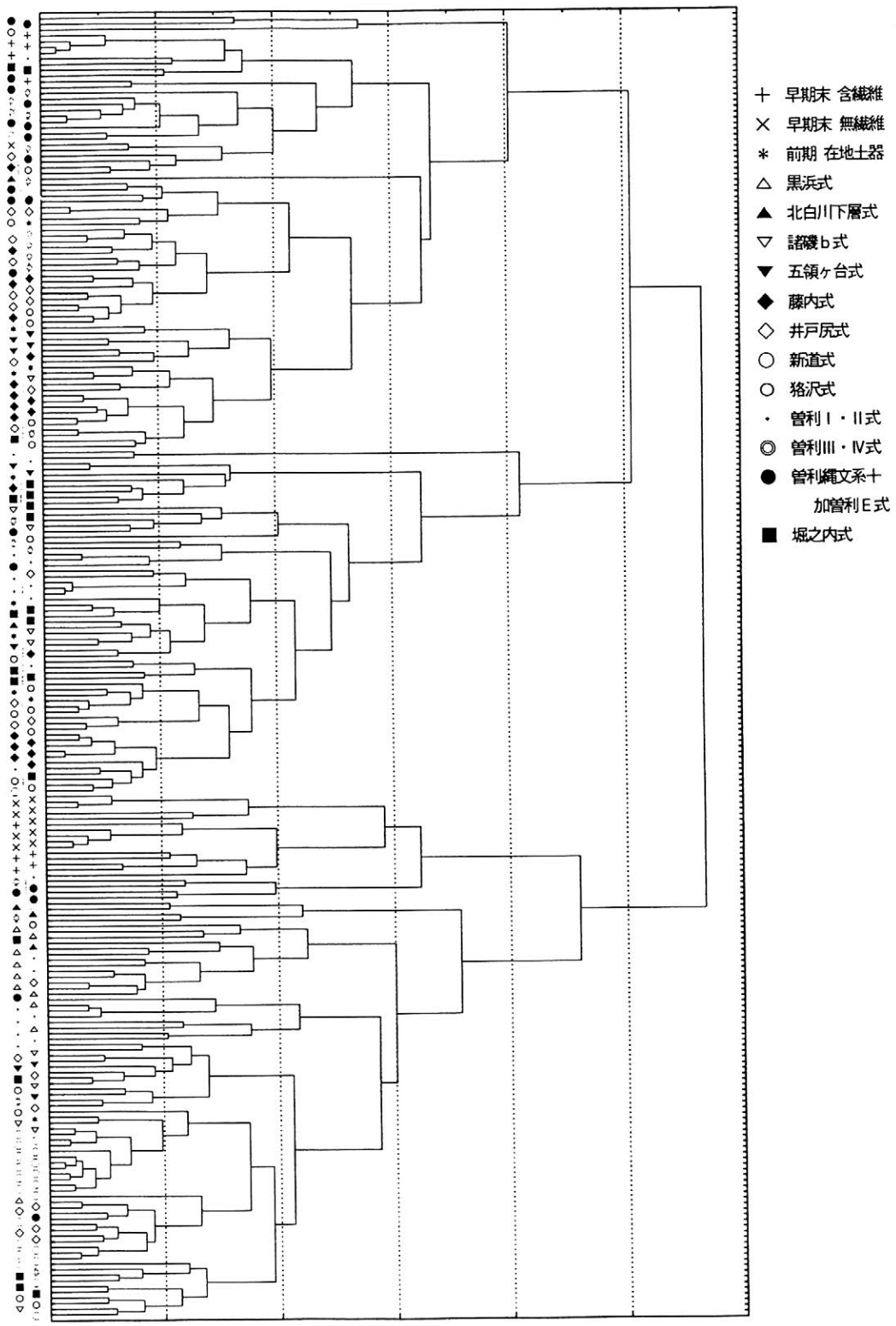


図. 1　釈迦堂遺跡土器試料の樹形図

P 45

九州弥生土器の胎土分析

○中園聡[1]・三辻利一[2]
1）福岡市教育委員会
2）奈良教育大学

1．はじめに―問題点―

我々は近年，北部九州を中心とした九州地域の弥生土器・甕棺胎土の蛍光X線分析も進めてきた．今回の発表では，これまでの研究結果についての現段階でのまとめを行うとともに，九州内での胎土の化学特性の地域性についても予察的に論じる．

蛍光X線分析による産地推定については，すでに須恵器や埴輪において多大な成果をおさめている．これまでの分析結果では，窯跡のはっきりしない土器において須恵器等のような精度で産地を推定することは困難な面があると思われる．ここでは九州内での大まかな胎土の地域性と型式等との関係を論じ，その有効性と限界について検討する．

そしてさらに，弥生土器における胎土分析の新たな展開の方向として，たんなる産地推定でなく，問題設定を変えることで応用範囲が広がるものと考える．例えば，a)甕棺の上甕・下甕のセットは胎土が一致するか（同時製作の問題），b)同一個体内での胎土成分のばらつきはどれくらいあるか（サンプリングの妥当性の検証），c)隣接地域間や遺跡間での胎土は一致するか（生産単位の問題），d)1遺跡における時期的な胎土の変化（流通や粘土採取地，胎土の調整法の問題），e)器種間で胎土に差があるか（機能的制約・シンボリックな作り分け等の問題）などである．それについて従来の成果を合わせて紹介・検討する．

2．方法

試料表面を研削した後，タングステンカーバイド製乳鉢で100メッシュ以下に粉砕した．その粉末試料を内径20mm，厚さ5mmのビニール製リングの枠に入れて約13ｔ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．装置は波長分散型蛍光Ｘ線分析装置（理学電気製3270型機）を使用した．この装置の自動試料交換装置には岩石標準試料JG-1が常に装填されている．それは，定量分析のための標準試料とするためである．また，自動分析が定常状態で進行したことを確認するためのモニターとしての役割も併せもっている．測定した元素はK，Ca，Fe，Rb，Sr，Naの6元素である．ここで用いる分析値はすべてJG-1の各元素の蛍光Ｘ線強度を使った標準化値で表示する．

比較の方法は各元素間の2次元散布図の視察，主成分分析・クラスター分析等の多変量解析も用いる．また，考古学的にできるだけ適切に時期や型式を同定しそれとの突き合わせを行う．

3．結果と考察

分析の結果，化学特性の地域性は巨視的に，ある程度把握できることが判明した．例えば南部九州では系統差のある土器様式の複雑な動態が問題となっているが，とくに大隅半島と薩摩半島西部・東部との胎土の差が顕著であり，薩摩半島北部との判別も可能なことなど，その解明にあたって有望な成果といえる．また，例えば薩摩西部の松木薗遺跡の事例では瀬戸内的要素をもつ土器の多くが在地の胎土と判別できず，在地製作の可能性が高まった．

今後さらに遺跡数を増やして分析を行っていけば，さらに地域的な特性が把握できることは疑いないが，もともと1遺跡で出土する土器群の胎土成分はある程度ばらつきがあることもあり，遠隔地においても明確な判別が難しい場合もある．弥生土器の産地推定にあたって，やはり型式や技法など通常の考古学的観察項目との十分な突き合わせが必要である．

また，各種の問題設定の研究の現状については，上記のa)甕棺の同時製作の問題については，上下棺で胎土が酷似するものが多く，同時製作を示唆するものがしばしばみられる．しかし，そうでないものもあり，葬送儀礼との関連や階層の表示など考古学的に興味ある問題と関係すると考えられる．また，形態・

技法の一致度と胎土の一致度がよく相関する．b)同一個体内では部位に関わらず胎土成分が均一である．c)近接する同時期の遺跡間で胎土成分に微妙な差が認められる場合があり，大量生産と広域流通は考えにくい．d)福岡県甲条神社遺跡など，土器伝統の転換がない遺跡でも時期的に胎土成分に微差がみとめられることがあり，原料採取地点の差の可能性がある．e)器種間での胎土成分にはあまり差がないものが多いが，北部九州の丹塗土器などの一部には胎土中にFe量が多いものがあり，胎土の色と関係する可能性がある．

以上の研究はまだ緒についたばかりであり，今後も弥生土器の分析を進めていきたい．また，南西諸島に持ち込まれた九州系土器との比較なども進める予定である．

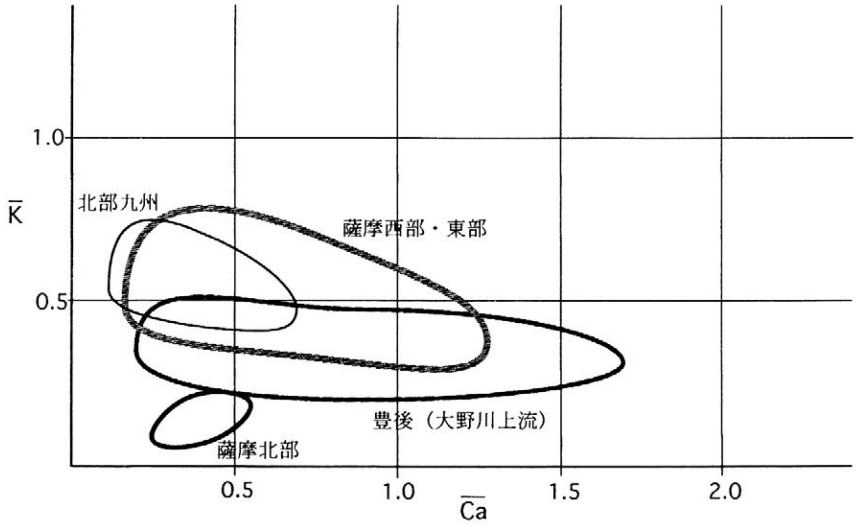


図1　九州の胎土の地域性（K-Ca）

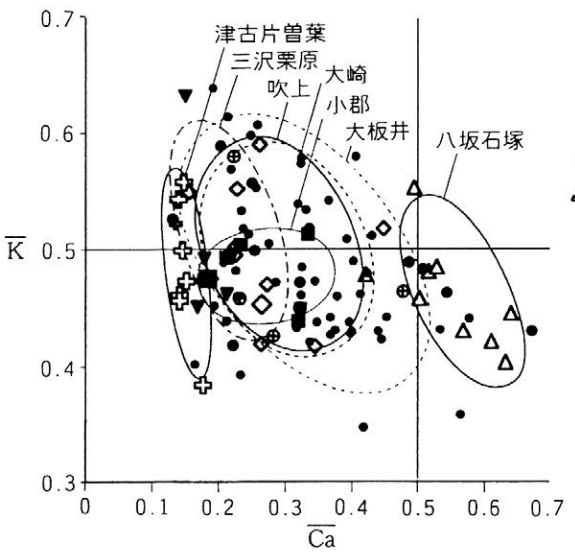


図2　胎土の微細な地域性（筑後北部）

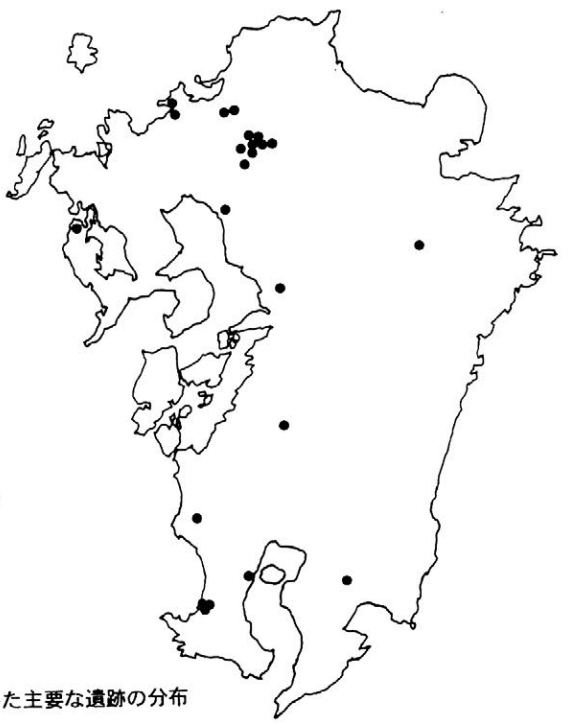


図3　使用した主要な遺跡の分布

P 46

灰釉陶器の胎土分析

○三辻利一（奈良教育大学）　鈴木敏則（浜松市立博物館）　山川俊一郎（奈良教育大学）

1）目的

土器胎土の元素分析によって、全ての土器の地域差がわかるというのが筆者らの考えである。ただ、土器の生産地が多いので、生産地をいかに整理するかが問題である。本報告では、東海地方の各地で製作された灰釉陶器の化学特性を蛍光X線分析で求め、その相互識別について検討した結果について報告する。

2）資料

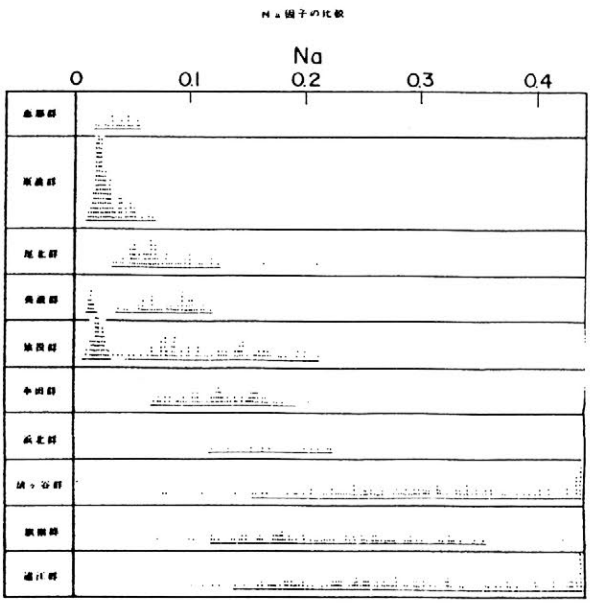
・恵那群（正家１号，永田８号窯）
・美濃（東濃）群（穴弘法３号，丸石２号，北丘２５，１５号，大原２，１０，１１号，白土原２号，住吉，明和４０，４１号，虎渓山２号窯）
・尾北群（篠岡４７，８７，９６，１５，９９，１７，８０，４号窯）
・美濃須恵群（東山１，２号，天狗谷１号，谷迫間１号，鎧ノ木洞１号，砂行窯）
・猿投群（ＮＮ２６８，ＮＮ２７８，ＮＮ２８２，Ｈ１，Ｋ５，Ｋ３０，広久手２０，Ｃ３，Ｃ１，Ｅ，Ｆ，百代寺，南山１２号窯）
・幸田群（上矢崎，堤ケ入窯）
・二川群
・浜北群（吉名１，２，５，６号窯）
・清ケ谷窯群
・旗指窯群
・遠江群

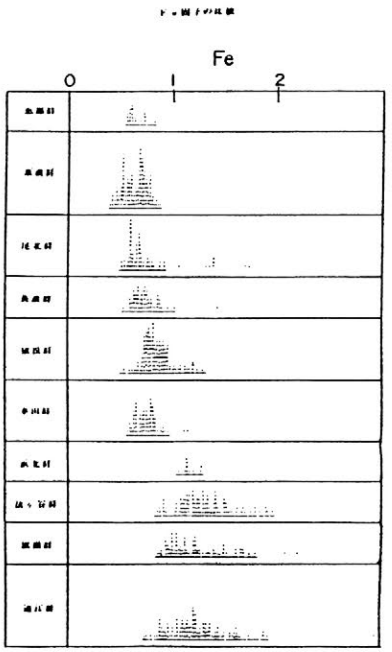
3）分析法

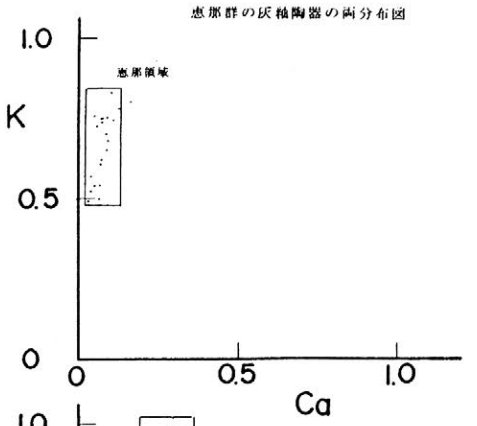
資料は表面を研磨して灰釉を除去したのち、胎土をタングステンカーバイド製乳鉢で１００メッシュ以下に粉砕した。粉末試料は塩化ビニール製リングを枠にして、高圧をかけてプレスし、錠剤試料を作成した。

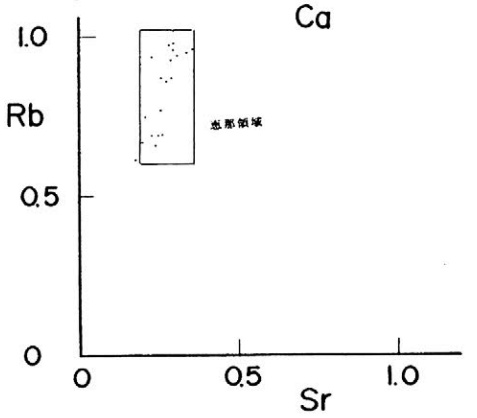
4）分析結果

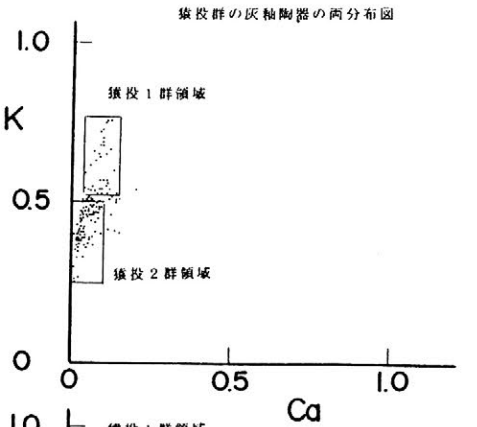
各窯群の分析結果はＫ－Ｃａ、Ｒｂ－Ｓｒの両分布図上で比較された。以下に示す、東濃群・猿投群・遠江群や旗指群では２種類の粘土を使用していたことがわかる。各窯群の２群間判別分析の結果、および幾つかの遺跡出土の灰釉陶器の産地推定の結果については、当日ポスターで報告する。

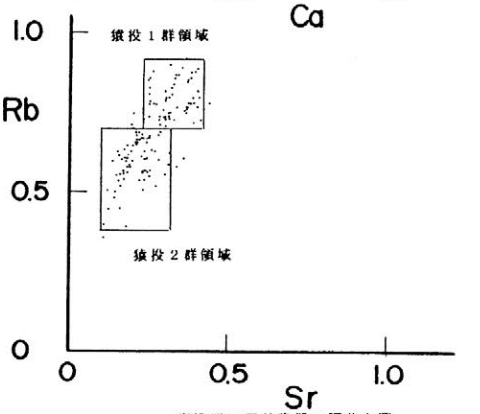


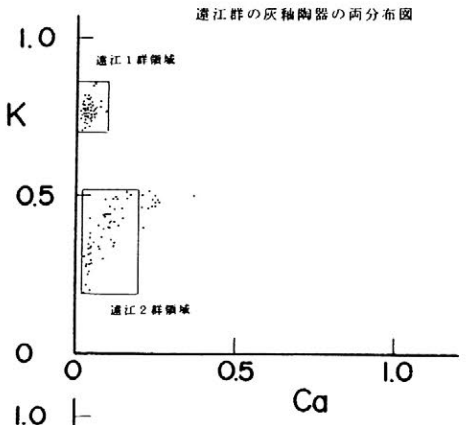


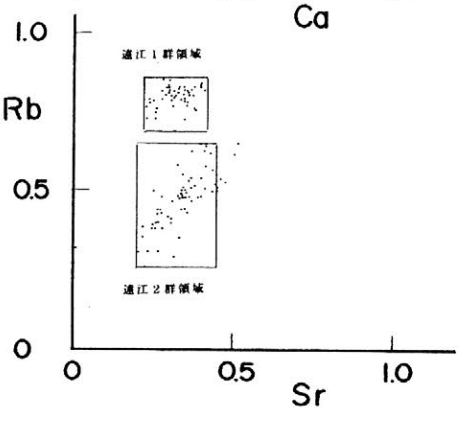

恵那群の灰釉陶器の両分布図
1.0
K
0.5
0
恵那領域
0
0.5
1.0
Ca

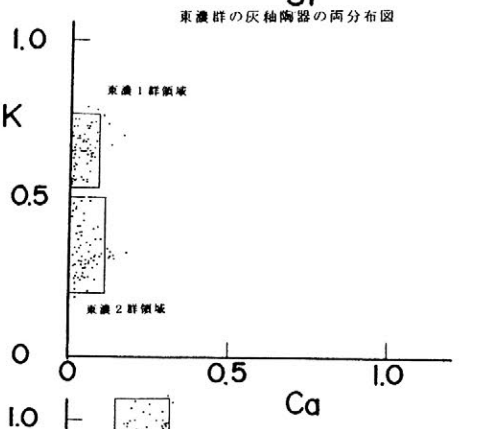

1.0
Rb
0.5
0
恵那領域
0
0.5
1.0
Sr

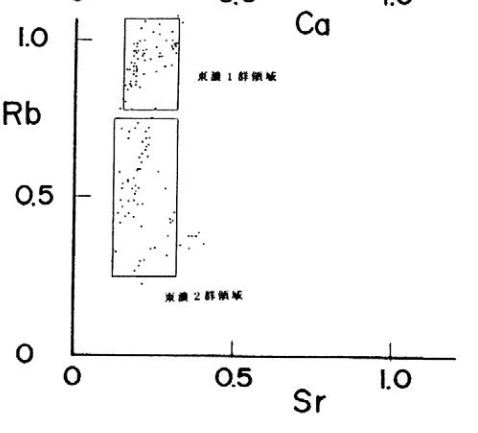

猿投群の灰釉陶器の両分布図
1.0
K
0.5
0
猿投1群領域
猿投2群領域
0
0.5
1.0
Ca


1.0
Rb
0.5
0
猿投1群領域
猿投2群領域
0
0.5
1.0
Sr


遠江群の灰釉陶器の両分布図
1.0
K
0.5
0
遠江1群領域
遠江2群領域
0
0.5
1.0
Ca


1.0
Rb
0.5
0
遠江1群領域
遠江2群領域
0
0.5
1.0
Sr


東濃群の灰釉陶器の両分布図
1.0
K
0.5
0
東濃1群領域
東濃2群領域
0
0.5
1.0
Ca


1.0
Rb
0.5
0
東濃1群領域
東濃2群領域
0
0.5
1.0
Sr

P 47

画像処理によるハレイラ遺跡火災倉庫出土陶磁器の産地推定

佐々木達夫・酒井中（金沢大学埋蔵文化財調査センター）、楠寛輝（金沢大学大学院文学研究科）

ハレイラ遺跡はアラビア半島アラブ首長国連邦ラス・アル・カイマ首長国のアラビア湾に沿う古代・中世交易島遺跡である。1994年に発掘調査を開始し、1997年4月の発掘で島南端Ｆ１区第３号住居跡第１室が火災を受けた倉庫と判明した。６畳一間ほどの室内から出土した破片の個体識別を行うと、緑釉陶器が８個、無釉土器が42個、合計50個ほどと推定できる。室内全面に配置されたと想像できる。同時に使用した陶器であるから同時代の可能性が高く、素地はバラエティに富むため各地から運搬された陶器群と推定できる。そこで、小さな火災室出土陶磁器の産地を岩石学的分析とコンピュータ画像解析を中心に考える。

始めに肉眼観察で陶器素地の色や質によって分類した。緑釉陶器は黄色素地、土器は黄色、赤色、黒色素地に３分類でき、含まれる鉱物粒によって、さらに細分できる。多種類の素地が含まれることは、産地の複雑さも想定できる。次いで、26個の出土陶器片の素地を0.03mmの薄片とし、偏光顕微鏡観察と写真撮影を行い、コンピュータで鉱物、空隙、基質、粒径を画像処理し定量化した。その結果はTable 1、Table 2、およびFigure 1のようになった。

分析データ分類と肉眼観察分類を組み合わせると、赤色素地産地が３カ所、黒色素地産地が４カ所、黄色素地産地が９カ所となる。赤色素地、黒色素地、黄色素地の産地は重ならない。黄色素地産地は緑釉陶器と無釉土器を同時に生産している場所が中心的産地と推定でき、これ以外の産地の無釉土器及び緑釉陶器を別に生産した産地が存在する。

出土品は運搬貯蔵用の壺や瓶が多く、生活物資を入れて運ばれたのであろう。黄色素地の土器は外面に指圧痕が並ぶ壺、スタンプ文が押された壺等に特徴があり、メソポタミアからのものが多い。これと同じ素地の緑釉瓶も同じ産地から運ばれている。黄色素地の無釉土器の一部は他の産地と明らかに異なる。赤色素地の土器は壺や瓶等が多く、黒色素地の土器は壺が多く、７カ所の産地が推定できる。アラビア半島北部産が黒色素地と赤色素地の多くを占めるのであろうが、他地域産もあるようである。

各地域産の瓶や大壺が生活物資を入れてアラビア湾と内陸のキャラバンルートを交易されたと推定できる。プラスター貼床上の焼土層に潰れ破片となった陶器は、初期イスラーム時代ウマイア朝陶器であり、アラビア湾岸の発掘資料は初出である。同時存在陶器の種類及び産地を推定する手掛かりを得た意義は大きい。

			Quartz										
			Large, 3	Large,1	Medium, 4	Medium, 3	Medium, 3・Small,1	Medium, 2・Small, 3	Medium,2・Small, 2	Medium, 2	Small, 3	Medium, 3	Small,1
Coarse matrix	Unidentified minerals	Large, 3										JHU95-337●	JHU95-339 JHU97-11
		Medium,1	JHU95-338										
		Small,1									JHU95-340● JHU95-336		
Fine matrix		Large, 2								JHU97-53			
		Medium, 3								JHU95-335			
		Medium, 2			JHU95-323		JHU95-358	JHU95-319 JHU95-320 JHU95-325 JHU95-326 JHU97-24	JHU95-272 JHU95-318 JHU97-13	JHU95-322 JHU97-60			
		Medium,1		JHU95-321		JHU95-324 JHU95-357 JHU97-62							
		Small,1									JHU95-294● JHU97-87		

● refers including quartz and many other minerals (mica, augite, and others)
(many) 4 > 3 > 2 > 1 (few)

Table 1 Classification of the Materials from Hulyla by Petrographic Analysis

No.	Ware, Type	Form	Fabric colour	Matrix (pixel)	Voides (pixel)	Minerals (pixel)
JHU95-339	Unglazed earthernware	Jar	Red fabric	1438282	420848	812813
JHU97-11	Unglazed earthernware	Jar	Red fabric	1484636	559615	663975
JHU95-337	Unglazed earthernware	Cooking pot	Black fabric	1607384	276470	810098
JHU95-338	Unglazed earthernware	Vase	Red fabric	1895513	244118	550567
JHU95-335	Unglazed earthernware	Vase	Black fabric	1753954	291611	325523
JHU95-323	Unglazed earthernware	Vase	Yellow fabric	2086595	319810	296299
JHU97-87	Green glazed ware	Jar	Yellow fabric	2078185	353400	258048
JHU95-340	Unglazed earthernware	Vase	Red fabric	2086060	338101	256474
JHU97-53	Unglazed earthernware	Jar	Black fabric	2153657	194956	336277
JHU95-318	Unglazed earthernware	Jar	Yellow fabric	2185517	291148	208925
JHU95-272	Green glazed ware	Vase	Yellow fabric	2218636	268108	181719
JHU97-24	Green glazed ware	Vase	Yellow fabric	2271129	151163	262295
JHU95-358	Unglazed earthernware	Vase	Yellow fabric	2266257	310915	94607
JHU95-326	Unglazed earthernware	Vase	Yellow fabric	2312354	310557	63429
JHU95-357	Green glazed ware	Vase	Yellow fabric	2294982	180876	184385
JHU97-60	Unglazed earthernware	Vase	Yellow fabric	2325601	180459	186421
JHU97-13	Unglazed earthernware	Jar	Yellow fabric	2350421	157074	194690
JHU95-322	Unglazed earthernware	Jar	Yellow fabric	2347649	163251	180803
JHU95-325	Unglazed earthernware	器台	Yellow fabric	2314590	207764	127874
JHU97-62	Green glazed ware	Vase	Yellow fabric	2343894	164481	175079
JHU95-319	Unglazed earthernware	Vase	Yellow fabric	2347712	199887	118099
JHU95-324	Green glazed ware	Vase	Yellow fabric	2337001	181761	120777
JHU95-320	Unglazed earthernware	Vase	Yellow fabric	2409707	70688	212052
JHU95-294	Green glazed ware	Vase	Yellow fabric	2126438	32531	181080
JHU95-321	Unglazed earthernware	Jar	Yellow fabric	2521115	127036	42680
JHU95-336	Unglazed earthernware	Jar	Black fabric	2521039	65096	97146

Table 2 List of Samples for analysis and Pixels of Matrix , Voids , and Minerals

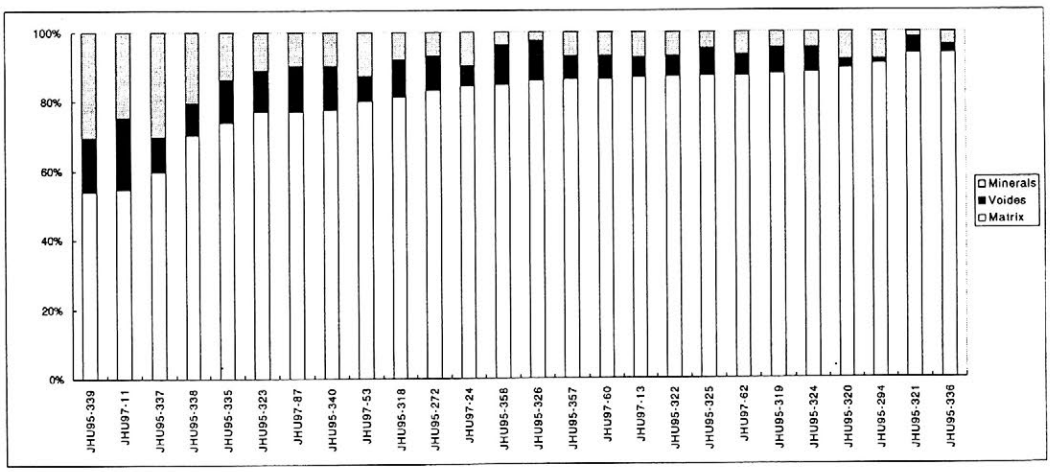


Figure 1 Proportion of Matrix , Voids , and Minerals

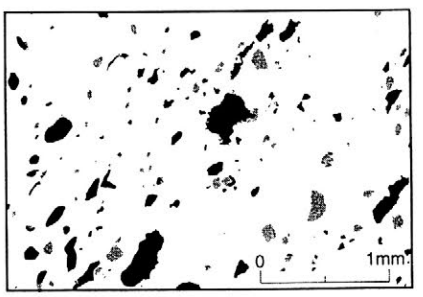


Figure 2 "JHU95-325" Petrofabric

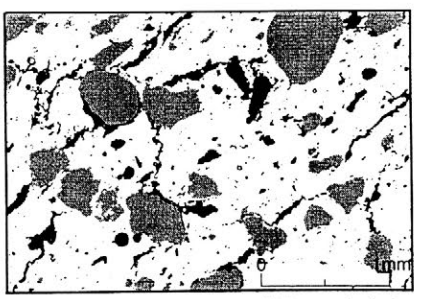


Figure 3 "JHU95-338" Petrofabric

:Matrix, :Voids, :Minerals,

P 48

ヒスイ・碧玉製玉類の産地分析（７）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）
東村武信（関西外国語大学）

１、はじめに　玉類を超音波洗浄器で水洗するのみの完全非破壊で、蛍光Ｘ線分析装置および電子スピン共鳴装置（ＥＳＲ）を用いて分析を行なった。

２、ヒスイ製玉類の原材原産地分析

調査を終えている硬玉、軟玉の原石は、新潟県糸魚川市、鳥取県若桜町、兵庫県大屋町、岡山県大佐町、長崎県長崎市、北海道神居コタン産の硬玉、神居コタン変成帯の日高と空知川産、静岡県引佐町、岐阜県丹生川村飛騨ヒスイおよび長崎県大瀬戸町の軟玉原石で、各産地の弁別にはZr/Sr:Sr/Fe、Ca/Sr:Sr/Fe、Na/Si:Mg/Si、比重およびNi/Fe、Baなどの分析値を指標にして行う。また、九州南部の各地遺跡で使用されている産地不明の結晶片岩様緑色岩（ヒスイと称する人あり）についも分析し、岐阜県西田遺跡の丸玉に組成が一致することを確認した（図１）。

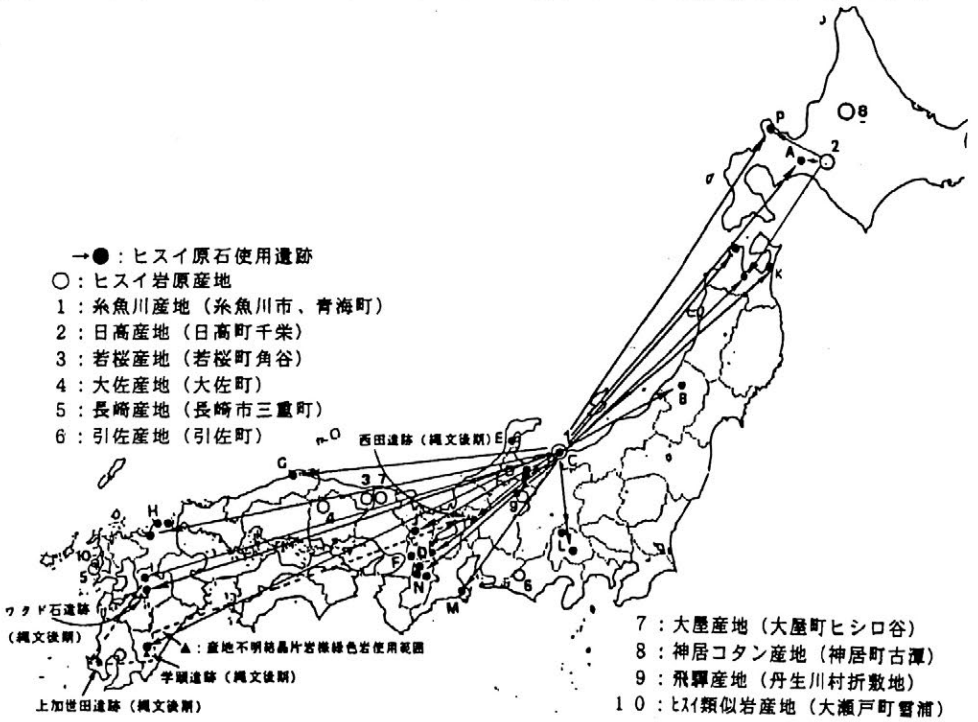


図１　ヒスイ原産地および古墳時代時代のヒスイ製玉類の原材使用分布圏

３、碧玉製玉類の原材産地分析

調査をおえている碧玉および碧玉様産地は１０ヶ所で、原石産地は不明であるが、西日本の遺跡から出土する碧玉製管玉、石片の中に同じ組成の原材料が使用されて

いることが確認された。この遺物原石は豊岡市女代遺跡で主体的に使用されていることから、女代（B）群、また宇木汲田遺跡の管玉に産地未発見の原石を使用した同質の材料で作られた管玉で作った未定C群をそれぞれ原石群と同じように使用する。これら原石群、遺物群の使用圏を図2、3に示した。

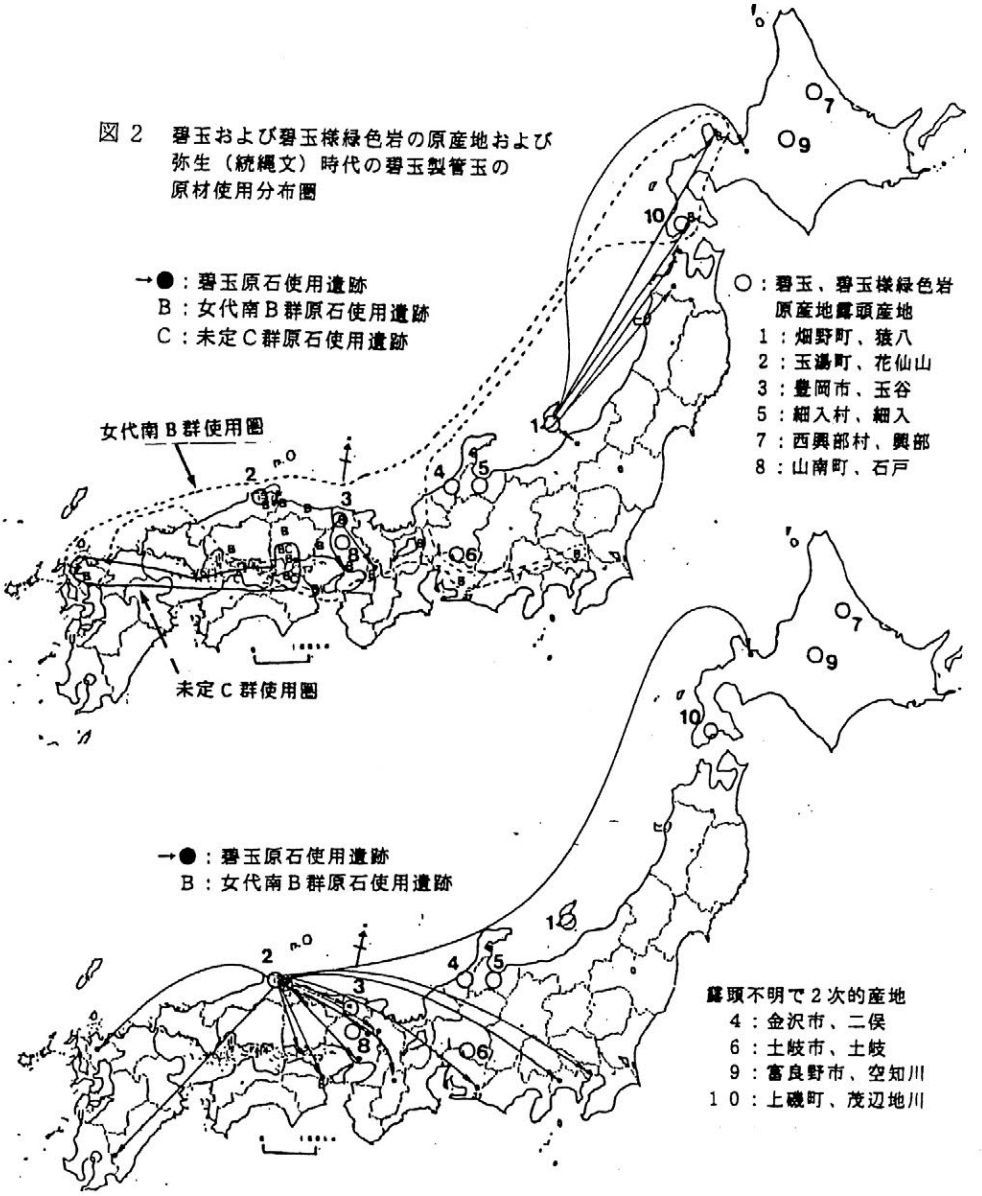


図2　碧玉および碧玉様緑色岩の原産地および弥生（続縄文）時代の碧玉製管玉の原材使用分布圏

図3　碧玉および碧玉様緑色岩の原産地および古墳（続縄文）時代の碧玉製管玉の原材使用分布圏

なお、本研究は平成7～9年度、文部省科学研究費補助金・基盤研究(C)(2)（課題番号07831006「石器、玉類の原材産地分析から考察する石器、玉類の分布圏の研究」、研究代表者：藁科哲男）による成果の一部である。

P 49

甲府盆地におけるS字状口縁台付甕の産地推定ー村前東A遺跡を中心にー

○河西　学（帝京大学山梨文化財研究所）・中山誠二（山梨県教育委員会学術文化財課）・
小林公治・三田村美彦・小林健二・小林孝子（山梨県埋蔵文化財センター）

1．はじめに

古墳時代前期のS字状口縁台付甕（以下S字甕）は、甲府盆地においても多く出土し、東海地域からの波及・搬入によるもののほかに、在地化し定着したものさらに地域独自に変容を遂げたものなどが認められ、後者は「甲斐型S字甕」と呼ばれている（小林，1998）。従来、土器の型式学的研究によって甲府盆地のS字甕は、南東部地域では定着し在地化したものが多く、北西部地域では在地化したもののほかに濃尾平野と類似したS字甕が出土していることが指摘されている。S字甕の産地に関わる情報は、人の移動、土器の生産・流通、あるいは政治・社会などの解明に寄与するものと考えられる。しかしS字甕の産地については、盆地北西部の韮崎市伊藤窪第2遺跡や北巨摩郡須玉町塩川遺跡でわずかな胎土分析例があるのみである（河西，1991，1992）。ここでは、盆地西部に位置する村前東A遺跡出土土器の胎土組成を明らかにし、河川砂の組成との比較によって、甲府盆地内での土器生産について考える。

2．分析方法

土器試料は、切断後、エポキシ樹脂を含浸させて補強し、岩石薄片と同じ要領で土器薄片を作製した。さらにフッ化水素酸蒸気でエッチングし、コバルチ亜硝酸ナトリウム飽和溶液に浸してカリ長石を黄色に染色しプレパラートとした。次に偏光顕微鏡下でポイントカウンタを用い、岩石鉱物成分のモード分析を行なった。

3．S字甕の岩石鉱物組成の特徴と産地推定

胎土中の砂粒子の岩石鉱物組成および重鉱物組成を図1に示す。岩石10種のポイント総数を基数としてクラスター分析を行った（図2）。クラスター分析での非類似度は、ユークリッド平方距離を用い、最短距離法によって算出した。

濃尾平野系S字甕（No.33）は、砂粒子以外のマトリクス部分は極めて細粒緻密な粘土質から構成され他のS字甕胎土とは明瞭に異なっている。含砂率は13.5％で、花崗岩類＞変成岩類で、砂岩・泥岩・珪質岩をわずかに伴い、重鉱物組成は黒雲母＞角閃石である。図2では甲府盆地河川砂と類似性が高いが、胎土組織の特徴、および安山岩・デイサイト・単斜輝石・斜方輝石などを伴わないことなど甲府盆地内に産地が推定される他のS字甕とは明らかに異なる。濃尾平野・伊勢平野で出土するS字甕の重鉱物組成（矢作ほか，1997）の特徴とも類似性が認められることから、東海地域からの搬入土器の可能性がある。

S字甕A類（No.6）は、含砂率が23.3％で、安山岩・デイサイトが花崗岩類よりも多く、重鉱物組成は角閃石・酸化角閃石・単斜輝石・斜方輝石・不透明鉱物・黒雲母からなる。S字甕B類（Nos.10，17）・S字甕C類（No.11）は、含砂率が11.3～14.3％と低く、花崗岩類が多く、安山岩・泥岩・砂岩を伴い、重鉱物組成では黒雲母＞角閃石である。これら以外のS字甕は、含砂率が16.8～25.5％で、花崗岩類が多く、安山岩・泥岩・砂岩、ときにデイサイトを伴い、No.12を除く重鉱物組成では黒雲母・角閃石・単斜輝石・斜方輝石・不透明鉱物から主として構成され、多くの試料で酸化角閃石も検出される。S字甕A類・B類・C類およびこれ以外のS字甕は、廻間遺跡など濃尾平野出土のS字甕の重鉱物組成とは明らかに異なり、荒川・塩川・釜無川・笛吹川などの河川砂組成と類似性が高いことから、村前東A遺跡の立地する御勅使川扇状地周辺とは異なる甲府盆地内に、複数の産地が存在する可能性が高いと推定される。

甲府盆地内でのS字甕の生産において地域性が認められることから、甲府盆地南部～東部地域のS字甕を今後分析することで、盆地内での生産・流通などが解明される可能性がある。

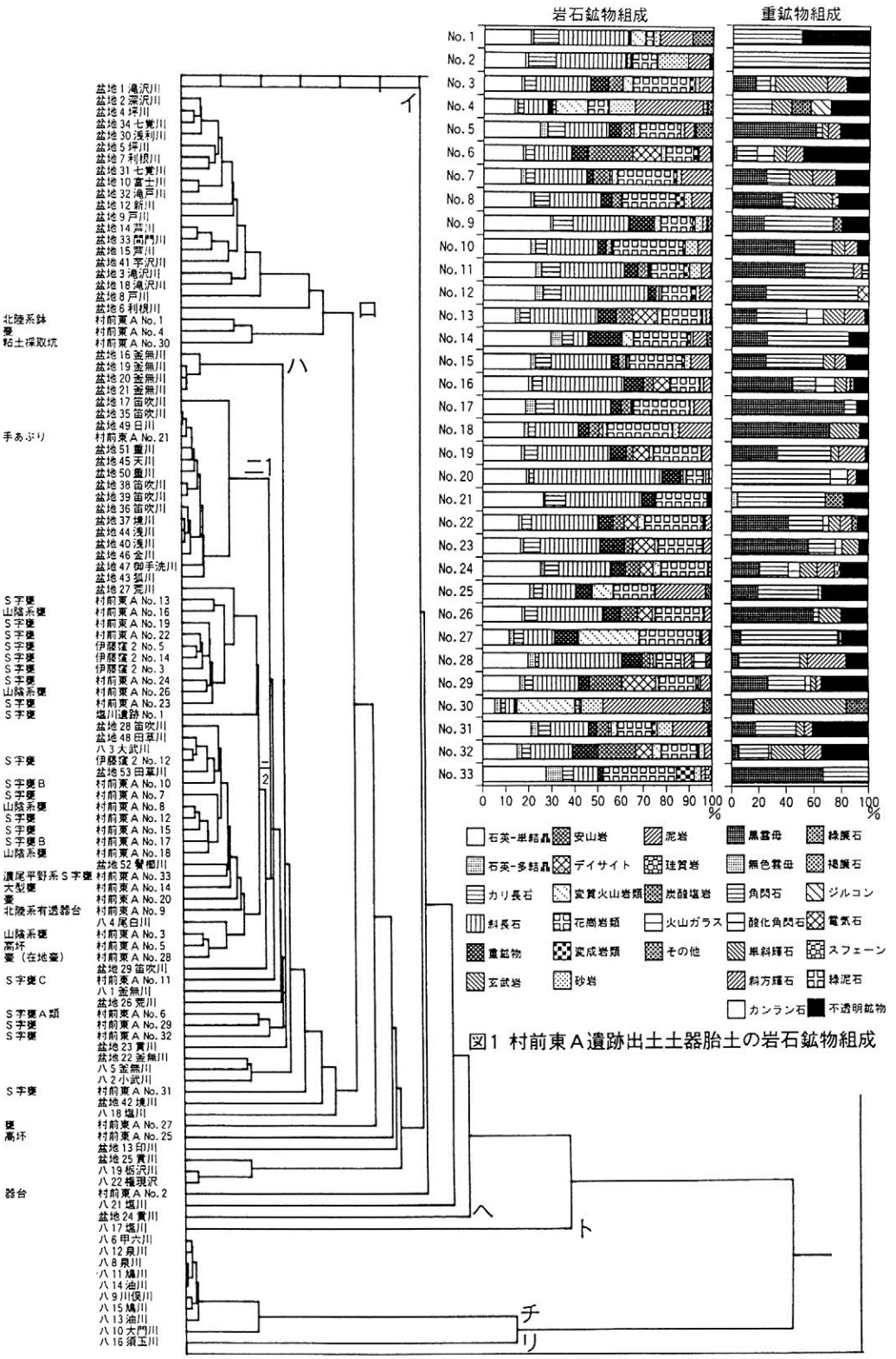


図1 村前東A遺跡出土土器胎土の岩石鉱物組成

図2 S字甕胎土と甲府盆地河川砂によるクラスター分析樹形図

P 50

放射線誘起ルミネッセンスカラー画像を用いた産地と被熱温度の推定

○西山笑子（新大院自然），三辻利一（奈良教育大），
川村幸生（秋田県教育セ），橋本哲夫（新大理）

はじめに

鉱物と電離放射線（γ線やβ線など）との相互作用の結果として、アフターグロー（放射線照射直後の燐光、AG）や熱ルミネッセンス（照射後の加熱による発光、TL）などの各種放射線誘起ルミネッセンスが観測される。当研究室では、薄片試料を用いてこれらのルミネッセンスを簡便な方法でカラー画像化し、鉱物の種類や被熱温度により多彩な発光パターンを示すことを見出してきた[1]。そこで、本実験では焼成考古遺物やその原料から放射線誘起ルミネッセンスカラー画像を撮影し、得られた画像をより定量的に扱うために、パソコンを利用したカラー画像解析を行うことにより、焼成考古遺物の産地推定や被熱温度推定へのルミネッセンスカラー画像の適用を検討した。

実験

試料は、滝寺古窯（上越市）で採取した粘土や、現在の陶磁器用原料として用いられているいくつかのカオリン鉱物と粘土などの粒子試料、また、いくつかの産地の須恵器を用いた。粒子試料については、被熱温度の影響を観察するため、150～250μmにふるい分けした試料について、様々な温度で熱処理を行った。須恵器は、鉱物カッターで約1mm厚に切り出して表面を研磨して、薄片とした。粒子試料は、熱処理後、テフロンプレートに加熱により埋め込んで、固定した。

・アフターグローカラー画像(AGCI)撮影

薄片試料と、テフロンプレートで固定した粒子試料に、人工的にX線（target；W、出力；40kV-25mA）を約3.5kGy（5分間）照射し、30秒間経過した後で、暗袋中でカラーフィルム（FUJI COLOR SUPER G ACE 800）の感光面に3分間押し当てることにより、AGCIを撮影した。

・熱ルミネッセンスカラー画像(TLCI)撮影

薄片試料に、人工的にX線を約7.0kGy（10分間）照射し、AG消失後、定速昇温（1℃/sec）のヒーター上に試料をセットし、上方に固定したカメラにより撮影した（FUJI COLOR SUPER G ACE 800）。温度80～390℃の範囲でカメラのシャッターを解放し、TLCIを得た。

なお、いずれの方法も、現像は通常の現像店で行った。

・AG強度測定

あらかじめ150～250μmにふるい分けした粒子試料について、人工的にX線を約3.5kGy照射し、光電子増倍管と光子計数装置を用いて赤色と青色領域のAGの強度を測定した。

今回の実験では、得られた画像をネガからフィルムスキャナーで取り込み、カラー画像解析を行った。画像解析には、RGB（赤、緑、青）値の割合を用いた場合と、色度図の中心からの角度分布により得られるヒストグラムを用いた場合の2通りの方法を用いた。

結果・考察

須恵器片におけるAG、TLの発光量は、それぞれX線照射時間4分、8分以降で安定になる傾向を示した。そのため、照射時間5分におけるAGCIの撮影やAG強度の測定、照射時間10分におけるTLCIの撮影を行ったところ、以下の結果が得られた。

粒子試料（滝寺古窯の粘土）のAGCIは、熱処理温度の上昇にともなって、発光色が青から赤に変化した（図1）。また、粒子試料のAG強度は、赤色、青色領域ともに熱処理温度によって異なり、さらに、焼結が進む（1000～1200℃）と強度は極端に減少することが確認された（図2）。このことから、焼結が進んでいない温度範囲（土器や土師器など）ならば、AG現象を用いて被熱温度の推定が可能であることが示唆された。

また、同じカオリン鉱物でも、カオリナイトとハロイサイト間で焼結前後においても、前者は顕著な赤色へ、後者は強い黄色へと明らかに異なるルミネッセンス発光色特性を示した。このことから、同じ温度域において焼結の進んだ試料（瓦や須恵器）であれば、ルミネッセンスカラー画像から胎土・陶土などの違いが判断できることがわかった。実際に、いくつかの産地の須恵器（通常、1200℃程度の被熱温度と考えられている）でルミネッセンスカラー画像を撮影したところ、産地ごとにRGB値の大まかな分布を得ることができた（図3）。このことからも、ルミネッセンスカラー画像による産地推定の可能性が示唆された。

1) Hashimoto et al., Radiat. Meas. 24, 227 (1995).

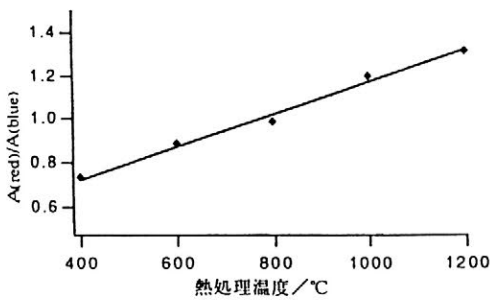


図1　熱処理温度にともなうAG発光色変化

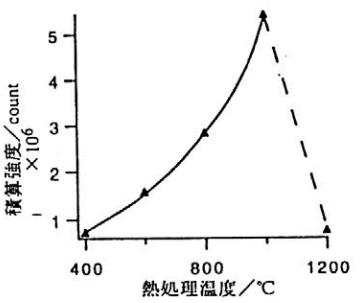


図2　熱処理温度によるAG強度変化（赤色領域）

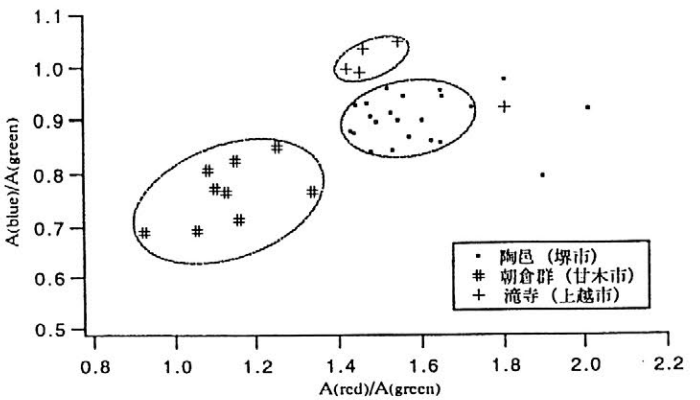


図3　各産地の須恵器の総発光量A(green)に対するA(red)とA(blue)の割合の比較(AGCI)

P 51

遺物の取り上げと保護

—医療用ギプスを用いた事例の紹介—

伊藤幸司・鳥居信子（(財) 大阪市文化財協会）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

1．はじめに

発掘調査で出土する遺物の中には、依存状態が悪かったり、形状や大きさ、材質によって、手で持って取り上げることができないものがある。このような場合、発見直後から遺物の強化・保護など応急措置を施して安全に取り上げなければならない。保存処理の専門家がいる機関では硬質発泡ウレタンなどを用いて敏速に取り上げることもできるであろうが、多くの調査現場では突然発見された脆弱遺物の扱いに苦慮しているのが現状であろう。

また、取り上げた脆弱遺物は、持ち帰った後に詳細な調査を行わなければならない事が多く、そのほとんどが保存処理を要するといっても過言ではない。安全に取り上げる事は重要だが、それだけにとらわれて過剰に包み込んでしまうと、保護材・補強材を外す作業で遺物を傷めることになる。

そこで、脆弱な遺物を発見した直後から、調査担当者自身が遺物を保護し安全に取り上げることを目的として医療用ギプス（以下、ギプス）の利用を検討した。

2．保存処理の材料としてのギプス

利用の歴史

1984年、土器修復材の心材として使用したのが最初である。この後、籠などの脆弱な有機遺物の保存処理や水漬保管する際の保護材として使用した。

1991年からは中小の脆弱遺物の取り上げ材料として活用している。

特徴

ファイバーグラス、ポリプロピレンの繊維にポリウレタン樹脂を染み込ませた水硬性のキャスティングテープである。骨折時の保護材として開発されたものなのでX線の透過率が高い。伸縮性に優れているので巻き付けたり形にそわせたりし易く、敏速に作業できて熟練を必要とせず、周囲を汚すこともない。網目構造のために通気・通水がよく、耐水性も高い。反面、ラップフィルムや高気密性シートを使用すれば密閉も可能である。取り外しは、はさみや刃物で切断すればよく、ドライヤーなどで加熱すると軟化するのでギプス同士の接着を外すこともできる。

使用方法

必要量のギプスを水に5～10秒つけ、軽く水を切って、すぐに使用する。

この際、硬化するまでは樹脂分が付着する恐れがあるので、あらかじめ対象物をラップフィルムなどで覆っておく必要がある。

3分ほどで硬化をはじめ、約30分で完全に硬化する。

3．活用の事例

例1　大坂城跡出土の漆塗り鞘の取り上げ

1996年、大坂城跡の調査で豊臣時代の地表面から130本あまりの刀の鞘が敷き詰められたように折り重なって発見された。現場作業の制約から、土ごと切り取ることは不可能であったため、鞘のみを取り上げることとした。さらに、それぞれの鞘は隣と接し、不規則に重なっているため数本を一度に取り上げることも困難であった。

この様な条件を検討し、硬質発泡ウレタンでは施工に際しての作業性が極めて悪いと判断して、ギプスで覆う方法を採用した。その結果、20時間ほどで一本ずつ全ての鞘を取り上げることができた。ギプスは単層もしくは2層で鞘を取り上げるのに十分な強度が得られた。

例2　黒塚古墳における鏡の保護と遺物の取り上げ

1997年、33枚の三角縁神獣鏡が発見された奈良県天理市黒塚古墳で、発掘調査中の鏡の保護、鏡の周辺土壌や大刀・剣などの鉄製品の取り上げにギプスを活用した。

発掘直後の鏡の表面に防錆剤（ベンゾトリアゾール0.1%水溶液）を噴霧し、ラップフィルムで鏡を覆い、凸凹にそわせてギプスを縦横に張り合わせて硬化させた。写真撮影や公開などを除く通常の発掘作業中は、鏡と外気を遮断することで錆化や損傷を防いだ。また、大刀や剣などの鉄製品はギプスで覆い、石室内の位置関係を直接ギプスに書き込んで取り上げた。

上記2例のように、ギプスは遺物が集中して出土している場合や石室内で作業する場合、周囲を汚すことなく、熟練者でなくとも迅速に作業することができる点で利用価値が高い。

4．まとめ

保護材・補強材としてよく用いられる硬質発泡ウレタンは、強度や気密性、硬化後の切削などの作業性に優れ、大型の遺物の取り上げや遺構の切り取りには必要不可欠なものである。

しかし発掘調査でよく見つかる中小の脆弱遺物などについては、ギプスのほうが迅速に、簡単に、安全に対処できることが多い。

たとえ薬剤の扱いが不慣れであったとしても、水でもんで巻き付けるだけのギプスならば、現場で発掘担当者自らが脆弱遺物を保護し、さらには取り上げることも可能であろう。

現場での保護・取り上げ以外でも、耐水性が高いこと、通気性が良いこと、弾性が高く衝撃に強いことなどの特徴を踏まえて工夫することにより、様々な局面で、さらに利用範囲が広がる材料である。



木製鋤の取り上げ
（大阪市・長原85号墳）
鋤の表面をラップフィルムで覆う。その上からギプスを被せて形にそわせ、硬化させる。
写真は硬化後、反転したところ。

P 52

新材料による考古遺物の修復

○岡田文男（京都造形芸術大学）
谷内 暐・神原 慎（㈱ 吉田生物研究所）
山井二三人（元㈱ 積水化成品工業中央研究所）

1．はじめに

出土遺物の中で木製品や金属製品などは一般に脆弱であり、合成樹脂による含浸強化を必要とすることが多い。また、それらの多くは破片となっているため、含浸強化後に、破片を接合し、欠失部を合成樹脂で補填することが行なわれる。従来、木製品や金属製品の保存処理後の補填剤としてエポキシ系樹脂が用いられることが多かった。補填用のエポキシ系樹脂は、あらかじめ増量材を添加したものなど、数種類市販されているが、可逆性という点でやや難があった。

今回開発した樹脂はアクリル系樹脂で、液体と粉体からなり、両者を筆をもちいて欠失部に積み重ねていくだけで済み、エポキシ系樹脂よりも細かな作業が可能となる点に特長がある。さらに硬化後、再修復を行なうときには溶剤で除去することもできる。以下に、本樹脂を用いた修復の具体例を示し、その使用方法を報告する。

2．樹脂の性質

⑴成分

主成分：炭素数１～18のアルキル基を有するアルキルメタクリレート(60wt%)と、炭素数２～６のヒドロキシアルキル基を有するヒドロキシアルキルメタクリレート(40wt%)の重合物（重合開始剤、重合促進剤0.02～２wt%）を含む。

副成分：変性ポリ酢酸ビニール、小量のFiller、硬化剤、促進剤。

⑵形状

樹脂は粉体と液体からなり、それらを筆先で混合する筆積みタイプ（３～５分硬化型と10分硬化型の２種類がある）と、容器内でヘラなどを用いて混合するパテタイプがある[1)]。後者の方がやや硬い。

3．修復工程

修復工程は、⑴破片の仮接着、⑵樹脂の充填・補填、⑶樹脂の整形・加工、⑷樹脂部分への着色からなる。この工程は、保存処理した木製品や金属製品、陶磁器類など、対象が変わっても基本的には同じである。以下にその修理工程を具体的に記す。

⑴破片の仮接着

仮接着には筆積みタイプの３～５分硬化型を用いる。液体と粉体をそれぞれ別の容器に入れ、面相筆などを利用して樹脂を取り扱う。まず、筆先を液体で湿らせて粉体をすくい、筆先についた玉状の樹脂を破断面にのせる。破断面へ数ヶ所、点付けで仮接着をし、全体の形に歪みがないかどうか確認する。歪んだ時は、アセトンで樹脂を軟化させて破片を外し、樹脂部分を取り除いてから、再び仮接着する。

⑵樹脂の補填・充填

隙間への充填には筆積みタイプの10分硬化型を用いる。仮接着後、３～５分硬化型と同じ使い方で隙間に充填する。また、大きな欠失部分の補填にはパテタイプを用いる。パテ

の調合には紙コップ、デスポカップなどを用い、調合比率は液体１：粉体２を標準とする。液体と粉体を撹拌後、ヘラで柔らかい餅状に練る。破断面と樹脂との接着をよくするために、あらかじめ破断面に液体を塗布し、そこに餅状の樹脂を補填する。パテは筆積みタイプに比べやや硬く整形・加工しにくいので、欠失部分を埋めるようにし、表面近くは整形が容易な筆積みタイプを用いる。

⑶樹脂の整形・加工

樹脂の硬化後、余分な樹脂やはみ出した樹脂を、精密グラインダー、サンドペーパーなどを用いて整形する。対象の質感にあわせて、木目を入れる、凹凸をつける、平滑にするなどの加工をする。

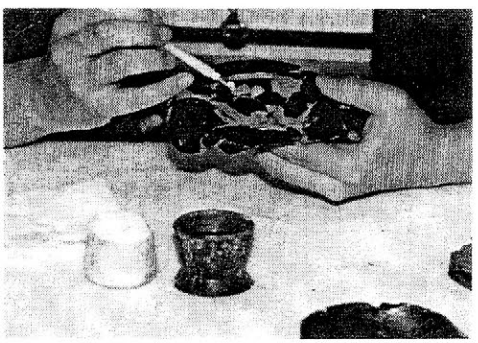
⑷樹脂部分への着色

必要に応じて樹脂部分をアクリル絵具などで着色する。

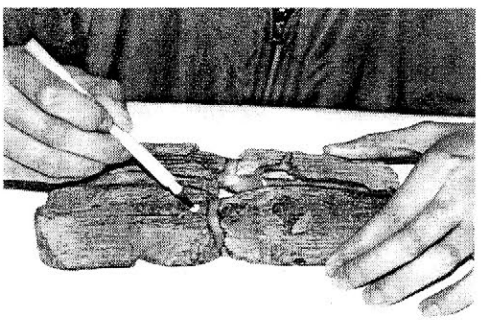
注

[1] ここに記した硬化時間は気温約20℃においてのものであり、気温差で多少の違いがある。

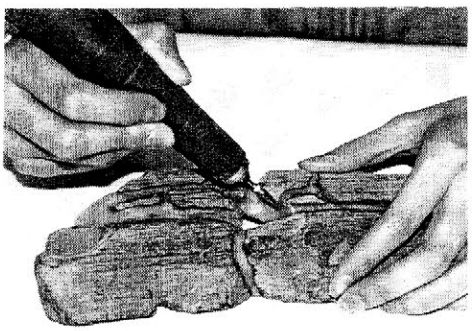
〈 修復工程〉



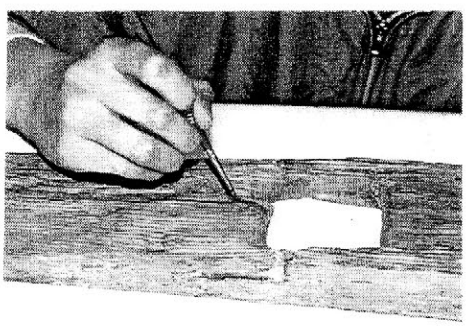
⑴破片の仮接着



⑵樹脂の充填・補填



⑶樹脂の整形・加工



⑷樹脂部分への着色

P 53

出土琥珀の劣化について

○植田直見　（(財）元興寺文化財研究所）
室賀照子　（奈良県立橿原考古学研究所共同研究員）

1．はじめに

琥珀は針葉樹類の植物から流れ出た樹脂が固化し化石化したものである。日本でも各地から産出しているが地域や地層などの違いによって生成年代が異なる。そのため、由来する植物が異なったり、樹脂が高分子化する過程が違ったりする。その結果、琥珀は多様な分子構造を持ち、様々な物性を持つと考えられる。さらに、出土琥珀は使用当時あるいは埋没中、さらに出土後も劣化が進行している。そのため、発掘時あるいは発掘後に崩壊することが多く、それぞれの琥珀に適した保管および保存処理が必要になる。その方法を検討するため、加えて産地同定を行うため、基礎的なデーターを蓄積し、劣化に関する情報を得るため琥珀の劣化について検討した。

特に今回は劣化を定量的に把握するための一手段として、出土琥珀の赤外分光分析を行った。また、劣化の要因を探るため久慈産琥珀およびいわき産琥珀を用いて劣化促進実験を行い、同様にその生成物の赤外分光分析を行った。

これら分光分析の結果から琥珀の劣化について考察し、得られた知見について報告する。

2．方法

2-1．赤外分光分析

（1）試料

出土琥珀としては岡谷市梨久保遺跡出土琥珀（縄文時代中期初頭）および高山市丸山遺跡出土琥珀（縄文時代前期）を用いた。特に後者はかなり劣化が激しく表面は紛状で失透しておりわずかな衝撃でも崩れてしまうほどであった。

琥珀産地より最近得られた琥珀としては久慈市川代地区産、九戸郡種市町有家地区産、いわき市広野町産琥珀を用いた。

（2）分析

出土琥珀については劣化している部分と健全な部分を少量づつサンプリングし、それぞれをフーリエ変換型赤外分光光度計（FT-IR）（日本電子（株）製　JIR-6000）で測定した。測定はKBr（臭化カリウム）錠剤を作成し、透過法で（分解能 1cm^{-1}）で行った。また、久慈産琥珀およびいわき産琥珀は劣化促進実験前後の琥珀を少量サンプリングし前記と同様の方法で分析した。

2-2．劣化促進実験

光、水、熱、酸による劣化を調べるため以下の実験を行った。

（1）光による劣化

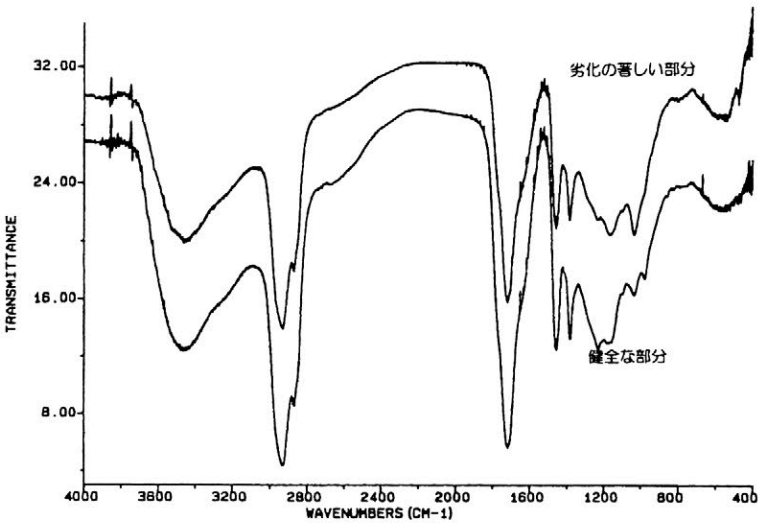
スガ試験機（株）製退色試験機（FM-1）を用いて２ヶ月間室温で水銀ランプによる照射を行った。

（2）水・熱による劣化

（株）稲葉冷熱社製恒温恒湿機を使用し、２ヶ月間温度 60℃・相対湿度 90%の高温多湿状態に置き装置から取り出した後自然乾燥させた。

（3）酸による劣化

１％塩酸水溶液に琥珀を浸漬しそのまま60℃の恒温乾燥機中に２ヶ月放置し、装置から取り出した後蒸留水で洗浄し自然乾燥させた。



図．梨久保遺跡出土琥珀の赤外吸収スペクトル

３．結果・考察

上図に梨久保遺跡出土琥珀の劣化の著しい部分と比較的健全な部分のスペクトルを示した。さらに、その差スペクトルを検討した結果、劣化によって3400、2930、1720、1030cm^{-1}付近の吸収強度が増加することがわかった。これらの結果の一部は酸化による水酸基やカルボニル基の増加を示しており、これらの吸収の強度差をもとに劣化度や状態を把握できると考える。

次に劣化促進実験では、光を照射することによってどの試料も色調が濃くなり表面が失透した。一方、１％塩酸水溶液に浸漬したものはとんど変化は見られなかった。久慈産・種市産・いわき産琥珀の劣化促進実験前後のスペクトルを比較した結果、光照射後のスペクトルはどれも 1030～1230cm^{-1} の吸収強度が増大し全体にブロードな吸収となった。一方高温高湿度での処理後および塩酸酸水溶液に浸漬後のスペクトルは吸収に大きな変化は見られなかった。

これらの結果より今回実施した条件下で琥珀は光によって劣化することがわかったが酸性条件では劣化の進行を確認できなかった。

４．おわりに

出土琥珀の劣化を赤外分光分析から考察した。その結果、今回測定した出土琥珀では劣化が進行するにつれいずれも 1030～1230cm^{-1} の波数領域で吸収強度の増大が見られた。しかし、高波数領域の吸収については増大の顕著なものとそうでないものがあらわれた。

また、今回の実験では久慈産・いわき産琥珀は光により劣化が促進されたが出土琥珀の主な劣化要因とは異なると考えられる。今後、出土琥珀と地質学的標準琥珀の劣化促進実験における吸収強度の変化を比較し、他の劣化要因についても同様な実験を行い出土琥珀の劣化について要因の特定ならびに劣化状態を検討したい。

P 54

多孔質材料の凍結劣化過程の微視的観察

東京国立文化財研究所　○石崎武志
三重大学　武藤由子、渡辺晋生、溝口勝

1.はじめに

寒冷地における石造文化財やレンガ建造物などは冬期間に凍結、融解のサイクルを受けることにより、材料によっては、著しく劣化することが知られている。特に、大谷石などの軟岩は、不凍水分量（0℃以下の温度でも凍結しない水分量のこと）が多いこと、強度が弱いことなどの理由で、凍上現象による凍結劣化が著しい。また、材料の凍結劣化は、温度条件や水分条件によっても異なるため、多孔質材料の凍結劣化特性を正しく把握するためには、凍結時の材料中の氷晶析出過程と温度条件、水分条件の関係を定量的に求めることが必要である。これらの関係を明らかにすることは、実際の屋外環境で、凍結劣化がどの様に進むかを評価したり、凍結劣化の度合いを小さくするための対策を考える上で重要である。今回は、多孔質体材料を一定の温度勾配、一定の凍結速度で凍結し、氷晶の析出状況をその場観察できる実験システムを作成し、ガラスビーズと大谷石を用いて実験を行ったので以下に報告する。

2.実験装置

実験装置の模式図を図１に示す。多孔質材料を上下面、スライドガラスではさみ、周囲を接着剤でシールし、試料セルを作成する。試料中には、温度分布測定のためのＣＣ熱電対を挿入する。試料の両端はサーモモジュールにより温度コントロールし、一定の温度勾配を加えることが出来る。また、試料セルはステッピングモーターで一定速度で動かすことができ、凍結速度を一定にすることが出来る。実験中、試料を実体顕微鏡を通して観察し、１分に１秒の割合で試料中の氷晶析出状況をビデオで撮影した。氷晶析出速度は、画像解析ソフトを用いてビデオ画像から求めた。実験装置全体を、＋２℃に保った恒温槽内に入れ、試料セルが外部の温度変動の影響を受けないようにした。実験試料としては、直径２.２μmのガラスビーズと大谷石を用いた。

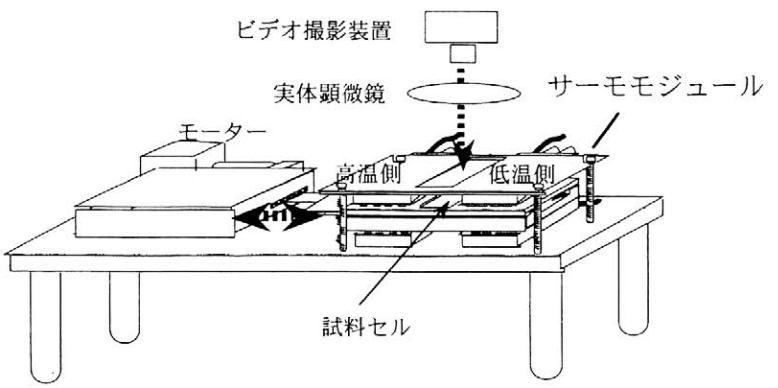


図１．　多孔質材料凍結試験装置の模式図

3.実験結果と考察

ガラスビーズは、大谷石などの石材試料とは異なるが、凍上現象を生ずるという面では同じ性質を持っていて、かつ均質であるため予備実験の試料として用いた。図２に示した写真は、試料の両端面の温度を一定にし、凍結させた際の氷晶の析出状況を示したものである。図中の黒い部分がアイスレンズで、一枚、中央部のアイスレンズのみが大きく成長しているのがわかる。このアイスレンズの成長面の温度は時間とともに上昇し（０℃に近づき）、それと共に、アイスレンズの成長速度も低下した。また、図３に示した写真は、試料セルを０.８（μm／s）の一定速度で移動させた時の氷晶析出状況を示したものである。この場合は、ほぼ一定の厚みのアイスレンズが一定の間隔で成長しているのがわかる。また、実験からアイスレンズの成長速度はアイスレンズの成長面の温度が低いほど大きく、アイスレンズの厚さおよび間隔は凍結速度が速くなると小さくなることなどがわかった。

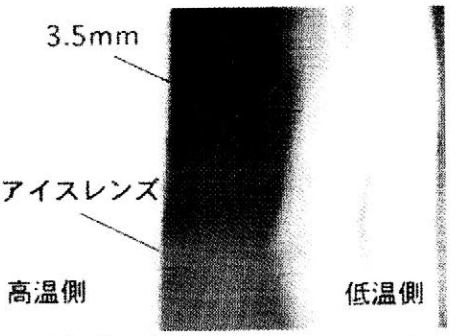


図２.試料中に析出したアイスレンズ
（温度勾配 0.3℃/mm）

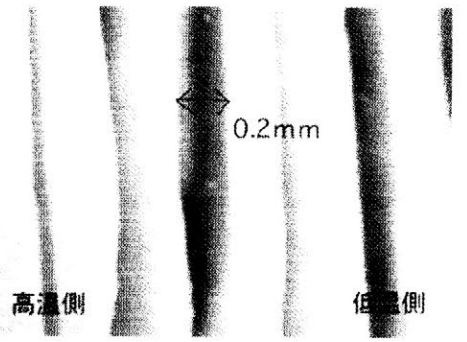


図３.（温度勾配 0.3℃/mm、
凍結速度 0.8μm/s）

図４に示した写真は、大谷石試料を端面温度一定条件で凍結した際の氷晶の析出状況を示したものである。Ａで示した点は、スライドガラスと大谷石試料表面の間の水の凍結線であり、０℃線とほぼ一致している。一方、Ｂで示した黒い部分は析出したアイスレンズを示している。アイスレンズの厚さ、及び数は、それぞれガラスビーズの場合より小さかった。これは、氷晶析出に必要な凍上圧が大谷石の方がはるかに大きいためである。また、試料を破壊するためには、氷が一部分に集積しなくてはいけないので、凍結速度が十分に小さいことが必要である。

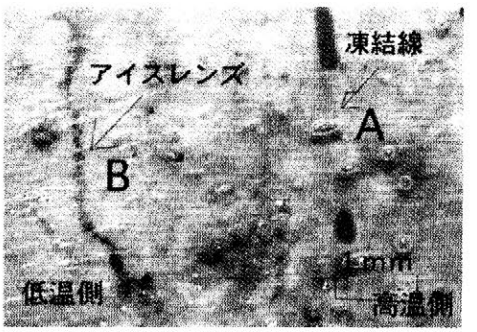


図４.大谷石を用いた実験結果
（温度勾配 0.2℃/mm）

4.まとめ

多孔質材料の凍結の際の氷晶析出による劣化過程を観察するための実験システムを作成し、ガラスビーズと大谷石を用いた実験を行い、試料中の氷晶析出過程と温度条件との関係を求めた。今後は、近代の歴史的建造物で良く用いられているレンガに関しても実験を進める予定である。

P 55

伝世絹製品劣化についての基礎的調査

○成瀬正和・尾形充彦（宮内庁正倉院事務所）

はじめに

正倉院には多数の八世紀の染織品が伝わっている。明治以来整理が進められ、既整理品は今では数千点に及ぶ。小裂片まで数えると二十万点に達する。さらに、明治に染織品全般が分類整理された際に塵芥、塵粉と名付けられたものが櫃十数合に分けて残されている。塵芥は主として布帛の小断片であるが、その他の正倉院宝物の小さいかけらも含まれる。したがって、絹や麻の断片は塵芥古裂と称している。塵粉は櫃の底に残ったクズを細かい篩いにかけた、文字通り正倉院宝物の粉末である。主として絹が粉状化したものである。

文化財としての絹製品については従来から分析機器を用いた様々な調査、研究が行われているが、古代の伝世品の調査はこれまでほとんど行われていない。今回の調査の目的は走査電子顕微鏡、顕微 FT-IR 装置などを用い、正倉院の塵芥古裂あるいは塵粉の劣化状態を把握することである。

走査電子顕微鏡観察による観察

日本電子 K.K 製の走査電子顕微鏡装置 JSM－5800LV を用い、主として二次電子像による観察を行った。

塵粉は外見は粉状化しているものの、主として短い繊維と、不定型の無機物らしき粒子との集まりであることがわかった（第１図）。絹繊維についていえば、ブランが切れて繊維が非常に短くなった状態のものが圧倒的に多く、繊維方向に沿ってひび割れや裂け目が見られるものもある（第２図）。

第３図は塵芥中の白い絹、また第４図は塵芥中の紫色の絹の一例である。ブランの直径は７μｍ～１３μｍ程度である。いずれも折断面にはフィブリルがみえる。白い絹に比べ劣化の程度が進んでいるとみられる紫の絹は、白い絹よりも繊維の表面が荒れている。

顕微 FT-IR-ATR 法による調査

顕微 FT-IR-ATR 法は顕微 FT-IR 装置のカセグレン鏡の先端に屈折率の高い ATR 結晶を装着し、この結晶に試料を密着させることにより、非破壊で試料の IR スペクトル測定を行う方法である。文化財の中でも繊維類のように柔軟性のある有機物の測定に好適である。具体的な機種構成は日本バイオラッドラボラトリーズ K.K 製の FT-IR 装置 FTS-135＋赤外顕微鏡 UMA-500 で、ATR 結晶には Ge を用いた。

第５図には塵粉、塵芥の白い絹、および比較のための現代の白い絹の赤外スペクトルを示した。いずれも 3280 cm^{-1}、1620 cm^{-1}（アミドＩ吸収帯）、1515 cm^{-1}（アミドⅡ吸収帯）あるいは指紋領域の同じ箇所に吸収帯が見られ、赤外スペクトル的には塵粉などにも絹の変質は認められない。

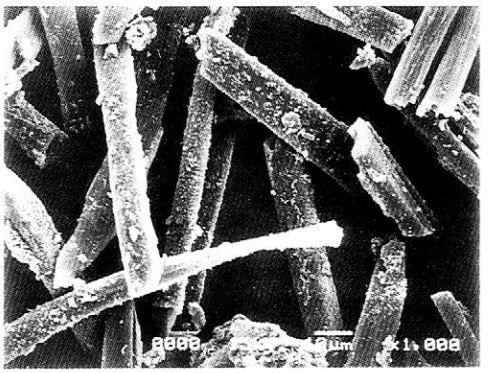
顕微 FT-IR による古墳時代の出土絹の分析は、既に佐藤等（1994）によって試みられているが、報告によると、出土絹はもはや赤外スペクトル的には絹の特徴が見られない。

（主として顕微 FT-IR 装置に関わる部分および SEM の実験は成瀬、SEM 像の検討は尾形による）

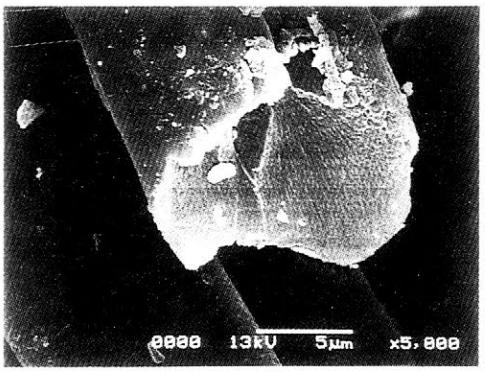
佐藤昌憲他　1994　向山古墳群出土の短刀の柄に巻かれた繊維状物質の顕微 FT-IR による同定　日本文化財科学会第 11 回大会発表要旨集



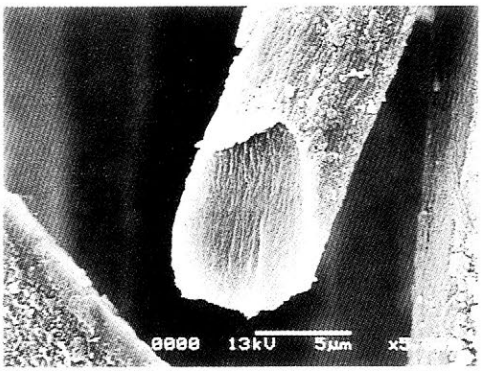
第１図 塵粉



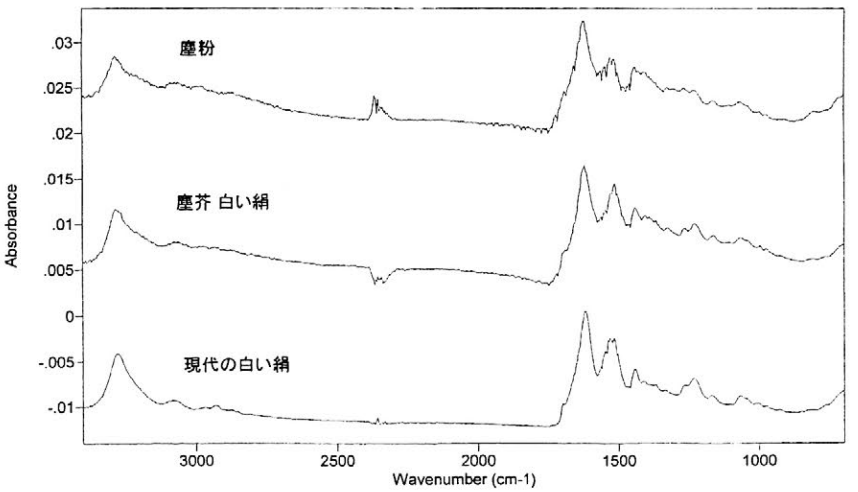
第２図 塵粉



第３図 塵芥古裂 白い絹



第４図 塵芥古裂 紫色の絹



第５図 赤外線吸収スペクトル

P 56

千葉市・加曽利貝塚遺跡における遺構保存を目的とした環境調査（Ⅰ）

○朽津信明（東京国立文化財研究所）・吉田充夫（ジオサイエンス（株））・
青木繁夫（東京国立文化財研究所）

1．はじめに

近年、発掘された遺構面を展示・公開する遺跡が増えているが、大地と接した文化財を保存することは容易ではなく、様々なデータを検討しながらよりよい保存法を検討していく必要がある。ここでは、加曽利貝塚遺跡において行った環境調査の例を紹介し、遺構保存の方向性について検討を加えることとする。

2．経緯と現状

加曽利貝塚遺跡は、千葉市にある国指定の史跡であり、1970年以降、野外博物館的発想で住居跡群などの遺構を覆屋内で保存、公開している。しかしその後30年近くが経過して覆屋の劣化も目立つようになってきており、覆屋壁面では結露が頻繁に観察され、また遺構面には塩類や緑色生物等が見られる箇所があり、保存状況は好ましくなくなっていた。そこで1997年春より約一年間に渉って遺構面の公開が中止され、加曽利貝塚博物館によって遺構面のクリーニングや合成樹脂含浸（ポリシロキサン樹脂）などの保存処置が行われた。ここでは、その一般公開が行われていない状況の覆屋内の環境に関する報告を行う。

3環境計測

計測を行ったのは、公開されていない約一年間の覆屋内の湿度、気温、蒸発量、壁面温度、土壌表面温度、体積含水率、pF等の各データの経時変化である。(蒸発量は自由水面の下がり具合から算出し、含水率はTDR水分計で計測した。)土壌表面温度と体積含水率は、遺構面の位置による違いと樹脂含浸の有無による違いを見る目的で、図1に示すA（炉・処置あり）、B（エッジ・処置あり）、C（中央部・処置あり）、D（エッジ・処置無し）、E（中央部・処置無し）の5地点を設定して計測した。また各地点は、週に一回の写真撮影により表面状態の変化をモニターした。なおクリーニング・樹脂含浸が行われる前は、A、B、Dの各地点では顕著な塩類（石膏）の析出が見られ、Cでは緑色生物が観察された。これらは、通常は遺構面の保存には好ましくないと言われている。

4．結果

覆屋内の湿度は、年間を通して湿度計の計測限界（95%）以上で、気温は2～3℃程度の日較差で、4℃～30℃の範囲で緩やかに季節変動した。壁温は夏場

には常に気温より1℃程度低く、冬場は気温に比べて日較差が大きくなり、昼間は気温より高く夜は気温より低かった。年間蒸発量は僅か14mm程度であった。

土壌表面の温度変化は、気温の変化より日較差がやや小さく、季節変化は忠実に気温変化を追随していた。場所による違いは、心持ちエッジ部で中央部より日較差が大きい傾向があるものの、顕著な違いではなかった。これに対して体積含水率は、気温変化と緩く相関するような季節変化が観察され、その変化幅は、エッジ部と中央部ではエッジ部においてその変動が大きく、また同様の部位で比較すると、樹脂施工がある方がない方よりも変動幅は乏しかった（図2）。pF値は3程度の値で体積含水率変化と整合的に変化していた。また、施工後の部分（A，B，C）では、一年を通じて塩類も緑色生物も一切観察されなかったが、施工のなかったD地点では引き続き塩類が観察された。

5．考察

覆屋内の気温変化は、年較差は屋内としてはやや大きいが、日較差がそれ程なく緩やかに変化しているため、それ程劣悪な環境とも思われない。ただし、壁温と気温との違いから、特に夏場には定常的に結露が起き続けると思われ、これについては壁材に関して何らかの検討が必要かも知れない。遺構面では、エッジ部で含水率変化が大きい傾向があることが、その乾燥時に塩類析出を生む要因となっていると思われ、また緑色生物は逆に過剰な水分の存在に起因していたと思われるが、これらは、今回の結果を見る限りは、樹脂含浸によってある程度制御されているように観察される。実際、水分特性曲線で比較しても樹脂含浸後の試料では水を放ちにくい傾向が観察されている。ただし、これらはあくまでも遺構が公開されていないときのデータであり、公開に伴って人の出入りやドアの開け閉めが頻繁になると、環境データが変わってくることが予想され、従って保存状態も変化してくることが予想される。最終的な評価は、今後この施設が再公開された後のデータと比較した後に慎重に行う必要がある。

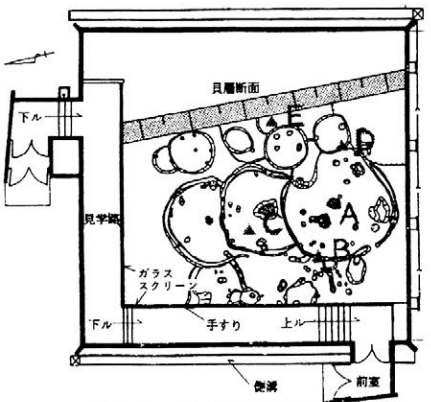


図1．住居跡群平面図

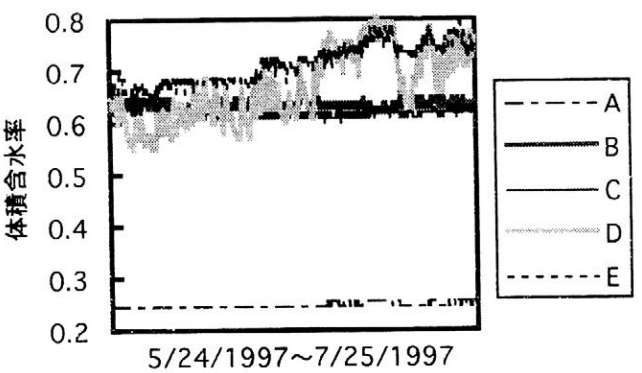


図2．TDRによる体積含水率変化の比較（一部）

P 57

静岡県浅羽町五ケ山Ｂ－２号墳出土遺物の保存処理

○西尾太加二（（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所）
青木　修（　同　）
山本　義孝（浅羽町教育委員会）

1　はじめに

５世紀中頃の浅羽町五ケ山Ｂ－２号墳の発掘調査は、平成６年度に浅羽町教育委員会が主体となり実施し、革製の盾３枚及び甲冑一式、刀剣類、鉄鏃、農工具などの金属製品が約１００点出土した。

古墳は二段築造の方墳であり、埋葬施設は二段掘りの木棺直葬である。

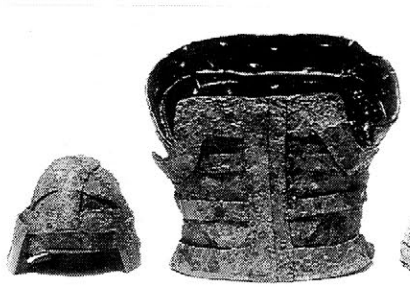
当研究所では、遺物の取上げ段階から協力し、本格的な保存処理を同町教育委から委託を受けて平成７年度から９年度までの３年間をかけ実施した。今報告では、特に甲冑の立体復原と保存処理によって得られた短甲の塗膜構造、胄外面に密着する獣毛について概略を速報する。なお、詳細については平成１０年度末刊行予定の遺跡発掘調査及び保存処理報告書に掲載する。

2　磁石を用いた甲冑の立体復原

甲冑は、三角板革綴衝角付冑、三角板革綴短甲、一枚板錣、革綴頸甲、片側８枚の肩甲等で構成され、後胴を上にして押しつぶされた状態で出土した。発掘現場では、鉄板の損傷や混乱を防ぐため、検出状態のまま発泡ウレタンで梱包して取り上げた。

従来の甲冑復原は、甲冑を構成する複数の鉄板を接着剤を用いて組み上げる方法①か、鉄板の形状と部位が明らかになるように、平面的に展開して並べる方法②のどちらかで行われてきた。①の方法は、博物館展示等での一般見学者の文化財理解という点では有効であるが、研究者のための考古学的調査には障害となる方法である。②の方法は逆に、研究者のためには良いが、一般の人には理解しがたい展示になってしまう。今回は、このような二つの異なる目的を両立させるため、磁石を埋め込んだ内型を作成し、鉄板の着脱を可能にし、双方の要求に応えられる立体復原を実施した（写真１）。

復原作業は、取上げ時の発泡ウレタンを取り外し、鉄板の位置関係を確認しながら解体するところから始める。次に、発泡スチロールと紙粘土で大まかな内型を作成し、鉄板をその型に沿って仮止めしながら組み上げていき、この外側に石膏で外型を作成する。外型が完成したら、発泡スチロールと紙粘土の内型を外し、磁石を埋め込んだシリコーンゴムとＦＲＰ（ポリエステル樹脂＋ガラス繊維）で内型を作成する（写真２）。磁石はネオジウム（12㎜×7㎜×4㎜、3000ｶﾞｳｽ）を使用した。また、鉄板同士を接着していないため、プロポーション重視の組み上げが可能であることも同方法の利点のひとつである。



（写真1）磁石を用いた甲冑の立体復原



（写真2）内型

3　胄外面の獣毛

甲冑の解体作業において、短甲内から検出された胄の三角板、伏板、腰巻板の外面に密着する獣毛を確認する（写真３）。残存状態から胄外面全体に獣毛が覆っていたことが推測される。獣毛の長さは、本末が不明瞭で特定できないが1～2cm程である。断面形はほぼ円形を呈し、直径は60μｍ前後である（写真４）。接着剤の有無、獣種等は、現時点では不明である。

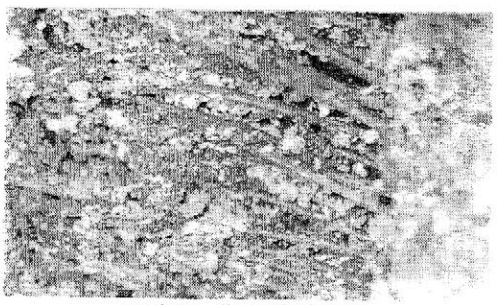
4　短甲の塗膜構造

短甲外面の革綴部表面の塗膜断面（写真５）　塗膜は３層からなる。革素地直上の層（ｂ1）は、層中に直径1～2μｍの黒色物質が散在する淡黄褐色層で、層厚は20～60μｍ。中間の層（ｂ2）は、ｂ1層と同じ黒色物質が密に分布する褐色層で、層厚は10～70μｍ、上面は平滑である。最上層（ｃ1）は、層厚5μｍの均一な黄褐色の透明層である。

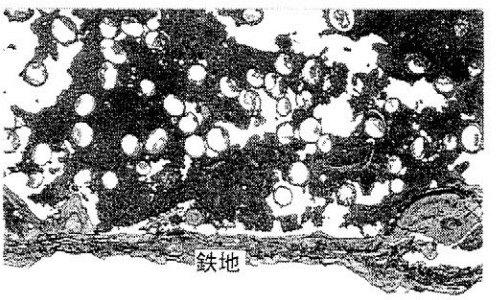
短甲内面の革綴部及び鉄地部の塗膜断面（写真６）　革綴部には、浸透性がよく、革組織内部の微細な空隙に入り込んでいる黒色の下地層（ｂ1）がある。層厚は最大250μｍ。最上層（ｃ1）は、2～3μｍの非常に薄く均一な黄褐色の透明層である。なお、ｂ1層とｃ1層との間に部分的に写真５のｂ1と同様な層が存在する。また、鉄地部の最上層（ｃ2）は、ｃ1と同様な層であるが、鉄地部と革綴部に連続して塗られている。

5　おわりに

本保存処理事業では、東京国立文化財研究所の青木繁夫氏、浜松市立博物館の川江秀孝氏、静岡大学の滝沢誠氏を指導委員とする保存処理検討会議を組織し、その指導のもとに実施した。記して感謝申し上げます。また、甲冑の復原では、修復家の杉本和江氏にお世話になり感謝いたします。



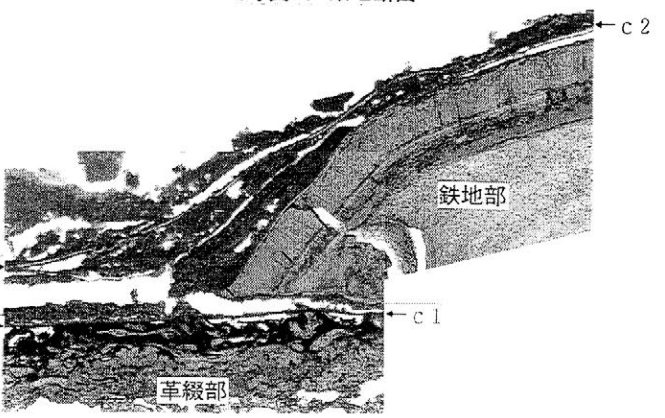
（写真3）獣毛の検出状況



（写真4）獣毛断面



（写真5）短甲外面の革綴部



（写真6）短甲内面の革綴部及び鉄地部

P 58

小矢部市桜町遺跡出土植物性遺物の保存処理

○川本耕三，下野聖，中村晋也，井上美知子((財)元興寺文化財研究所)
，伊藤隆三，塚田一成(小矢部市教育委員会)

0.はじめに

富山県小矢部市の桜町遺跡から縄文時代中期末の柱材、網代壁、丸太材、板材など高床建築のものと思われる部材などが出土した。

今回、私たちはこれらの大型の木製品に先立ち、以下に述べるような多様な小型の植物性遺物を保存処理したので報告する。

1.笊

笊は縄文時代の遺物に散見されるアンギン様編物で約 23x28cm の楕円形である。直径約 2mm のウリカエデを 1 本づつ軸として 2 本で捻りながら編んであり、縁は幅約 5mm の樹皮(樹種同定できず)を右巻きに巻いて閉じてある。

遺物が脆弱なため、保存処理を行っても遺物単独でその形状を維持できないと判断し、土を付けたまま処理することにした。まず、遺物下面の土を厚さ約 1cm になるまで削り、ポリエステル系樹脂で型取りをし上下から挟み込んで固定したまま PEG 含浸した。含浸処理は常法通りで、はじめに低い濃度の PEG 水溶液に遺物を浸漬し、比較的短い期間で段階的に濃度を上げて最終的に PEG 溶融液とする方法で行った。含浸処理後、59%エタノール水溶液で表面処理し、シアノアクリレート系接着剤やエポキシ系接着剤で接着・補填をして仕上げた。

次に、展示台・展示ケースを製作した。展示に耐えるよう、遺物が直接触れる裏側を柔らかいシリコーン樹脂で型取り整形する。これを強固なポリエステル系樹脂で台を作ってその上にのせた。遺物とその台を入れる展示ケースは耐久性の優れたアクリル樹脂を用い、遺物下方の空間に展示ケース内の湿度を 60%に保つための調湿剤を入れた。

2.籠

高さ約 24cm、幅約 13cm の籠は、約 3mm の太さのツル状植物(樹種同定できず)を 2 本づつ越えるアジロ編みに編んだもので、縁は同じツルを右巻きに巻いて閉じている。

処理法は笊とほぼ同じだが、この遺物は調査のために土が取り除かれたので保存処理後の取扱いは注意しなければならない。展示台に置かれた遺物を不用意に手で持ち上げるなどすると遺物を破損する恐れがあり、特に遺物周辺部は乾燥すると折れやすい。温湿度管理を充分に行う必要がある。

3.こごみ

クサソテツの若芽をこごみと呼ぶ。クサソテツはシダ類ウラボシ科の多年草で、山野の湿った林中に生え、ぜんまい状に巻いた若芽「こごみ」を食用とする。遺物は長さ約 5cm、茎の直径約 2mm、ぜんまい状に巻いた部分の直径約 1cm である。

このような草木類の出土遺物を処理するのは初めてだったので、現生植物でいくつかの実験を行ったうえで、脂肪酸エステル法で保存処理することに決定した。

まず遺物内の水分を約 1 週間かけて段階的にエタノールに置換し、次に脂肪酸エステルの溶融液に 24 時間含浸した。含浸処理後、59%エタノール水溶液で表面処理をした。

その結果、こごみの微細な部分や寸法をほとんど変化させることなく処理することができた。

さらに遺物の形状に合わせてポリエステル系樹脂で展示台を作った。

4.まな板

堅いクリ材でつくられた長さ約 60cm、幅約 21cm、最大厚さ約 10cm のかまぼこ型のまな板の上面中央部は使用したためにやや窪んでいる。遺物表面を押すと容易にへこみ、水分が出てくるぐらい劣化が進行していた。

このようなクリ材を使い劣化している遺物は、PEG 含浸法や糖(糖アルコール)含浸法で処理すると収縮や変形が生じやすい。これに対し、脂肪酸エステル法で処理すると寸法安定性が良好で、遺物表面の使用痕を損なわない。

処理はコゴミとほぼ同様に行ったが遺物が厚いのでエタノール置換に約 2 ヶ月、脂肪酸エステル含浸に約 1 ヶ月を要した。含浸処理後、59%エタノール水溶液で表面処理し、シアノアクリレート系接着剤やエポキシ系接着剤で接着・補填をして仕上げた。その結果、収縮や変形をすることなく良好な処理ができた。

5.把手付漆椀

口縁部の直径が約 16～19cm、器高約 8cm の漆椀に把手(破断したり、欠損している部分がある)が付いている。木胎はケヤキで、その内外面には炭下地を施し、ベンガラを混ぜた漆を塗ってある。漆膜の断面を観察したところ、漆膜は1層で厚さは椀内側が平均 70～90μm、椀外側は平均 45～60μm であった。

通常の漆塗り製品と同様に真空凍結乾燥法で処理した。濃度を上昇させながら PEG 水溶液に 6 週間含浸(最終 PEG 水溶液濃度は 40%)し、歪んで亀裂の入った部分を修正後、シルクスクリーン等で固定し、真空凍結乾燥機で 2 週間乾燥した。

乾燥後、剥離していた漆膜をシアノアクリレート系接着剤で接着し、割れている部分と把手部分をエポキシ系接着剤で接着、補填して漆椀を良好に復元できた。

6.まとめ

以上のようにして、今回はほぼ満足できる保存処理を行うことができた。

このように重要かつ多様な出土遺物を保存処理する機会を得たことは、どのような保存処理法がそれぞれの遺物にとって最適なのかを考えるうえで貴重な経験となった。わずか 5 点の遺物に対し、(変則的な)PEG 含浸法・脂肪酸エステル法・真空凍結乾燥法という 3 種類の処理法を用いなければならなかったことは、出土木製品保存処理の困難さを痛感せざるを得ない。

文献

- 小矢部市教育委員会, 桜町遺跡一般公開資料, (1997)
- 布目順郎, 目で見る繊維の考古学, 染織と生活社, (1992)
- 川本耕三, 出土木製品を真空凍結乾燥法により保存処理するうえでの諸問題, 元興寺文化財研究所 30 周年記念論集, 104-112, (1997)
- 井上美知子, 出土木製遺物の保存 ー脂肪酸エステル法を中心にー, 同, 113-118, (1997)
- 川本耕三, 木村健治ほか, 脂肪酸エステル法による出土木製品の保存処理実例報告, 日本文化財科学会 研究発表要旨集, 第 14 回大会, 150-151, (1997)
- 井上美知子, 植田直見ほか, 脂肪酸エステル法による出土木材の保存処理実験報告, 同, 同, 152-153, (1997)

P 59

土と石の強化保存剤（TOT)による強化機構の解明

○豊田　昌宏（福井高専・物質工学）、伊丹　麻子（田中地質コンサルタント）、
天谷　賢一（福井市教育委員会）、田中　保士（田中地質コンサルタント）

はじめに

土と石の強化保存剤（TOT)が土製あるいは石製の遺跡、遺物へ適用され、その評価が進んでいる[1)-2)]。シリコンアルコキシドを主原料をとするこの保存材は、遺跡、遺物の粒子間に含浸し、アルコキシドの加水分解反応に伴い、粒子間の結合強化を促進していると考えられる。今回、セラミックスペレットに TOT を含浸させ、粒子間でどの様な状態で存在するか EDX 等を用い明らかにし、また加水分解に伴う結合強化機構について考察する。

実験方法

分析用のセラミックス材料としてアルミナ(Al_2O_3)を選び、加圧成型により、ペレット状に成型する。このセラミックスペレット内部まで十分に溶液が含浸するように、TOT 溶液中で 6 h 含浸させた後、溶液から取りだし、空気中で自然乾燥させ試料とした。この試料と比較のためのバルク試料について、ペレット内部の形態を SEM で、粒子間の結合状態の確認のための元素分析を EDX にて観察した。

結果と考察

SEM によるペレット内部の観察では、粒径 2 ～5 μm の粒子が認められる（Fig.1）。広い範囲にわたって両者の内部構造を観察したが、いずれも内部状態は均一で、TOT の分解・反応による結晶が析出したような箇所は認められず、バルク体のペレット内部と TOT 処理したペレット内部の粒子状態には、差がなかった。従って、溶液の反応は粒子表面あるいは粒子間の空隙で起こっていると考えてよい。

EDX による元素分析の結果でも、粒子間の空隙に Si が認められ、粒子間あるいは表面に均一に存在していることがわかる（Fig.2）。

従って、試料を溶液中に含浸させることで、粒界に沿って溶液が内部まで入り込み、空隙、粒界でアルコキシドが溶液調整時に添加された水あるいは用いた試料内に包含していた少量の水と反応し、加水分解重縮合が起こっているものと考えることができる。反応機構としては、シリコンアルコキシドを主成分としているので反応をシリコンアルコキシドで考えた場合、加水分解は、以下の式で表すことができる。

$$Si(OR)_4 + H_2O \rightarrow Si(OR)_3(OH) + ROH \quad (1)$$
$$Si(OR)_3(OH) + H_2O \rightarrow Si(OR)_2(OH)_2 + ROH \quad (2)$$
$$Si(OR)_2(OH)_2 + H_2O \rightarrow Si(OR)(OH)_3 + ROH \quad (3)$$
$$Si(OR)(OH)_3 + H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + ROH \quad (4)$$

この反応において、酸を添加した場合の加水分解の機構は、ヒドロニウムイオンのプロトン H^+ が OR 基の O を攻撃する親電子機構によって起こっていると考えてよい。酸性溶液の場合では、（1）式の加水分解反応は、急速に起こり、溶液中の $Si(OR)_4$ 分子は、出発混合溶液を調整した時

点でほとんどなくなると考えることができる。この場合（1）式の加水分解のあとに残っているOR基の加水分解は、遅いと考えられる。

本TOT溶液の場合、出発原料中の水が少ないため（2）、（3）、（4）反応は進みにくいはずである。従って原料溶液を調整した時点では、ケイ酸分子は生じていないことになり、反応（重縮合）は、時間の経過とともに粒界、空隙で進行していると考えてよい。この場合の考えられる重合体は以下のようなものが挙げられる。

加水分解

$$(RO)_3{\equiv}Si\text{-}OR + H_2O \rightarrow (RO)_3{\equiv}Si\text{-}OH + ROH$$

縮合

$$\equiv Si\text{-}OH + RO\text{-}Si\equiv \rightarrow \equiv Si\text{-}O\text{-}Si\equiv + ROH$$

一次元重合体の生成

$$nSi(OR)_4 + (3n+1)H_2O \rightarrow Si_nO_{n-1}(OH)_{2n+2} + 4nROH$$

本研究では、使用している触媒、水の量を考えると、比較的一次元の重合体を生成しやすく、それらが土・砂に含まれる水酸基等と結合することで強化されていると推察する。

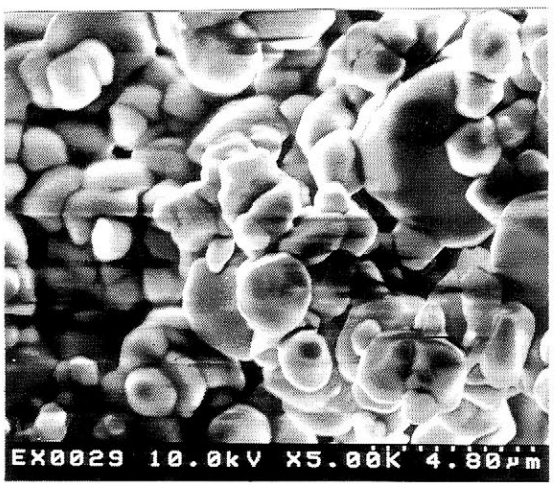


Fig.1 1 Morphology for ceramics (Al_2O_3) pellet by SEM photomicrograph

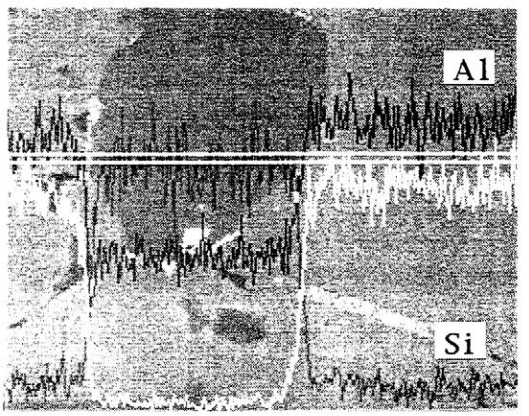


Fig. 2 Elementary analysis using EDX

まとめ

セラミックスペレットへの含浸状態およびアルコキシドの反応推察より、TOT溶液は、土・砂の粒子間に浸透し、粒子間で加水分解・重縮合が進んでいると考えた。TOTでは、触媒種、水の添加量を調整することにより、比較的一次元の重合体を生成しやすくしたことで、土・砂に含まれる水酸基等と結合し、強化されていると推察した。

1）大井邦明；チャルチュアパ1997、エルサルバドル総合学術調査報告書、京都外国語大学国際文化資料室発行、66-68（1997）.

2）福井市、柴田神社下層石垣部分強化保存業務、(株)田中地質コンサルタント技術報告書(1998).

P 60

土と石の強化保存剤(TOT)を使用した土製ブロックの耐候性試験

○伊丹麻子(㈱田中地質コンサルタント)、豊田昌宏(国立福井工業高等専門学校 物質工学科)、
天谷賢一(福井市教育委員会)、田中保士(㈱田中地質コンサルタント)

はじめに

土と石の強化保存剤(**TOT**)が土製・石製の遺構や遺物へ適用され、その評価が進んでいる[1), 2)]。強化保存処理に伴う遺構、遺物の耐候性や保存処理の効果の持続期間を明らかにすることは重要な課題である。耐候性を評価する最も確実な方法は野外曝露試験であるが、この方法は非常に長期にわたるため、加速試験によって評価する必要がある。加速試験には、乾湿繰返し試験、薬液による安定性試験等があるが、今回は凍結融解試験により各種強化剤で処理された土製ブロックの耐候性を評価した。

材料と方法

砂質および粘性土を3層突き固めにより、それぞれ直径3.5cm、高さ8.7cmの円柱状ブロックに成形した。これらのブロックを105℃で乾燥した後「土と石の強化保存剤**TOT**」中で、24時間含浸処理を行った。処理後は室温で2週間～1ヶ月間放置し、乾燥した。比較のため、石材強化材「OH100」(独、ワッカー社)、硬化剤「**TOT-100**」および「**TOT-1000**」でも同様に処理した。

無処理および強化剤含浸処理を行った土製ブロックについて、凍結融解試験を行った。＋20℃の水に12時間浸漬後、直ちに－26℃で12時間凍結を1サイクルとし、このサイクルを5回繰り返すことによる形状変化の観察と、凍結融解前および凍結融解5サイクルを経た後のブロックについて風乾状態での一軸圧縮強さを測定した。荷重計容量は5kN、ひずみ速度は毎分0.5%とした。

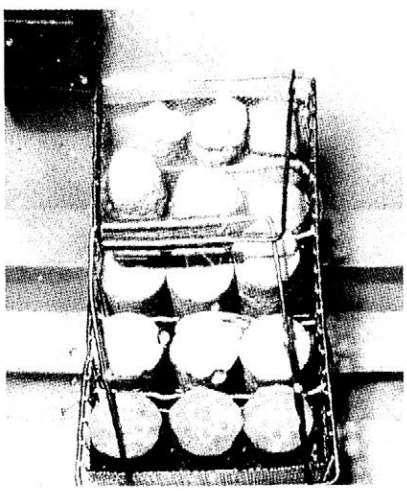


写真1　砂質土製ブロック、水浸漬直後.
無処理(上の6つ)は水浸直後から崩壊が始まったが、TOT処理(中央17～22)およびOH100処理(28～30)は変化なし.

結果と考察

Ⅰ凍結融解試験

無処理の砂質土ブロックは、最初の水浸直後から崩壊が始まり、数十分で完全に崩壊した(**写真1**)。無処理の粘性土ブロックは、凍結融解1サイクル後に亀裂が入り、2サイクル後に細粒化し、3サイクル目の水浸時に崩壊した。一方、**TOT**含浸処理を行ったブロックは、砂質土では5回サイクル後にもその形状に変化はなかった(**写真2**)。粘性土では5サイクル後にはブロックの角部分が欠けていたが、全体の大きさや形状は保たれていた(**写真3**)。**TOT-100**で処理した砂質土ブロックは1サイクル目で、粘性土ブロックは2サイクル目で崩壊した。OHまたは**TOT-1000**で処理したブロックは、**TOT**と同様、砂質土、粘性土ともに、5回の凍結融解サイクルを経ても、その形状に大きな変化はなかった。

一般に、凍結による岩石の破砕に関しては最低温度が−4℃以下となると破砕が顕著になる[3]。このように水飽和した状態から−26℃で急速に冷却するという試験条件は、通常のわが国の保存環境条件にない厳しいものといえる。従って、本試験を崩壊せずに5サイクルクリアしたことから、**TOT**処理が極めて有効であると考える。

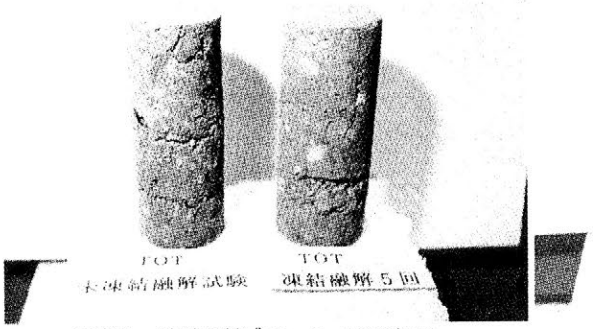


写真2　砂質土製ブロック、TOT処理.
左：未凍結融解試験.
右：5回の凍結融解サイクルを経たもの.



写真3　粘性土製ブロック、TOT処理.
左：未凍結融解試験.
右：5回の凍結融解サイクルを経たもの.

Ⅱ一軸圧縮強度試験

TOT含浸処理により砂質土、粘性土ともに一軸圧縮強さは無処理ブロックの2倍程度に増大した（下図）。OH、**TOT-100**、**TOT-1000**処理でもそれぞれ強度が増大した。5回の凍結融解サイクル後の一軸圧縮強さは、全ての土製ブロックで凍結融解処理前に比べて低下したが、**TOT**処理した砂質土では依然無処理よりも大きい圧縮強さを保っていた。凍結融解に伴う強度低下は、凍結融解の繰返しによりブロックの表面や内部に亀裂が入ったり土粒子間の結合力が弱まったためであると考えた。

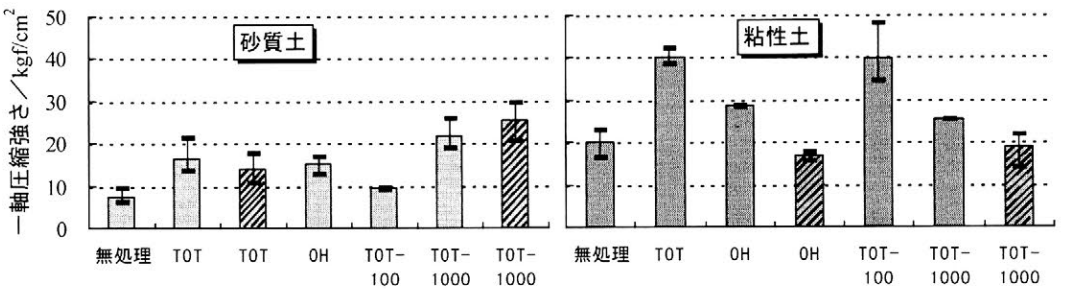


図　一軸圧縮強度試験結果(N=3)．斜線の棒グラフは凍結融解5サイクル後の一軸圧縮強度.

ま と め

TOTの含浸処理は、その強度を増大させ、また凍結融解に対する耐性も増加させた。従って**TOT**処理により遺構や遺物の耐候性を向上させることが可能であるといえる。

今後は、凍結融解をはじめとする加速試験と野外暴露試験による風化特性との対応関係を明らかにすることが課題である。

1)大井邦明：チャルチュアパ1997．エルサルバドル総合学術調査報告書、京都外国語大学国際文化資料室、66-68（1997）
2)福井市柴田神社下層石垣部分強化保存業務．福井市教育委員会、㈱田中地質コンサルタント（1998）
3)福田正己：石造文化財の保護のための環境制御．土と基礎、44巻12号、57-62（1996）

P 61

古糊から分離された微生物のデンプン分解性

○善如寺朋子・伊藤美香・飯野久和・大沢眞澄（昭和女子大学）

【目　的】

日本では掛軸や巻物等の表装には、生麩（しょうふ）糊と呼ばれる小麦デンプン糊が主に用いられるが、その生麩糊からつくられる古糊と呼ばれるものは、軸物の表装において伝統的に用いられている。その特徴には、仕上がりがしなやかになる、湿度変化により生じるふくれや折れじわ、剥離などが起こりにくい、カビがはえにくい等という特徴があるが、この糊が使用されるようになった原因は新しくつくった生麩糊よりも粘度が低いということであり、仕上がりのしなやかさ等はこの特性により生じると考えられる。

古糊は、大寒と呼ばれる1年間で最も寒い時期につくられた生麩糊を陶製の壷等に入れ密封し、冷暗所に5～10年間保管することによってつくられる。調製後1年ごとに寒中に容器の蓋を開け、表面にできた膜や生成物、糊の上に張ってあった水を取り除き、再び水を張り、密閉し保管することを繰り返す。糊の粘度低下の原因としては、この保管期間に生じるデンプン自身の老化や微生物のデンプン分解等が考えられる。毎年除去される膜などは主に微生物により形成されたものであることから、微生物のデンプンに対する関与の影響は大きいと推測される。

そこで、本研究では微生物の関与により古糊の特性が生じる過程を明確化することを目的とし、特に生成過程の古糊中から分離した微生物のデンプン分解性について考察した。

【方　法】

金沢文化財保存修理研究所にて平成5～9年の各年に調製された生成過程の古糊（ただし平成9年の糊は保管期間を経ていないもの）と糊の上に張った水をサンプルとして提供していただき、各サンプルのpHを測定した。また、サンプルを各1ml採取し、6段階希釈してカビ・酵母、一般細菌、嫌気性細菌、生酸菌の生菌数を測定した。その後微生物を純粋分離し、供試菌株とした。この供試菌株をSYP寒天培地（組成：小麦デンプン 1g、イーストエキス 0.3g、ペプトン 0.3g、寒天 2g、蒸留水 100ml）に接種し、25℃5日間培養した。その培地上にヨウ素デンプン溶液を滴下し、ヨウ素デンプン反応の消失の有無により、α-アミラーゼ生産性を確認した。さらに、供試菌株をSYP液体培地に接種し、25℃7日間培養したものを遠心分離した。これを粗酵素液として菌体外酵素の活性（液化力、グルコアミラーゼ力、糖化力、イソアミラーゼ力）を測定した。

【結果および考察】

表1に古糊のpH測定値と微生物の生菌数を示した。各サンプルのpHは、平成9年の糊を除いて3.0前後であった。このことから、生麩糊の調製後１年の間にpH3付近まで低下することがわかった。この結果と生菌数調査結果とをあわせて考慮すると、初期に乳酸菌や酢酸菌などの生酸菌が増殖してpHの低下が生じ、耐酸性をもたない微生物の発育が抑制され、カビ・酵母が徐々に増殖する傾向があり、日本酒や醤油、味噌等の発酵食品の微生物の消長との類似性が見られた。

また、供試菌株のα-アミラーゼ生産性、酵素活性測定結果の一部を表2に示した。各菌株のα-アミラーゼ生産性は、細菌に多く確認されたが、ほとんどの菌株はSYP寒天培地上で生育が見られた。このことから、α-アミラーゼ生産性が認められなかった微生物も他のアミラーゼ系の酵素によりデンプンを分解しているものと考えられた。酵素活性測定では、供試菌株のグルコアミラーゼ力はほとんどみられなかった。また、イソアミラーゼ力は酵母が高く、特に菌糸状酵母の活性が高かった。一方、カビ・細菌では、液化力が高いものが多く、イソアミラーゼ力はほとんど認められなかった。古糊中の微生物は酵素によりデンプンを分解し単糖や還元糖を栄養源として得ていると考えられ、単に酵素のみでデンプンを分解するとこれらの糖類が糊中に残存するため、糊中からの糖類の除去のためにも、微生物の生育は必要なものと推察される。

これらの結果より、主に菌糸状酵母が菌体外に生産するデンプン分子のα-1,6結合のみを切断するイソアミラーゼによりデンプンの低分子化が助長されていることが推察され、カビや細菌だけでなく酵母も低粘度という古糊の特性発現に関与していることが示唆された。

表 1　供試古糊のpHと微生物(cfu/ml)

試料	pH	一般細菌	嫌気性細菌	生酸菌	カビ	酵母
平成9年糊	6.84	10^6	10^4	-	10^3	10^3
平成8年糊	2.99	10^4	10^5	10^5	10^2	10^2
平成7年糊	2.69	10^6	10^6	10^4	10^2	10^3
平成6年糊	2.92	10^2	10^3	-	10^2	10^4
平成5年糊	3.06	10^3	10^4	-	10^3	10^4

表 2　供試菌株のアミラーゼ活性とα-アミラーゼ生産性

試料	菌株No.	液化力	糖化力	ｲｿｱﾐﾗｰｾﾞ力	α-ｱﾐﾗｰｾﾞ生産性*	備　考
平成5年糊	B 28	0.698	0.015	-	+	グラム陽性桿菌
	B 95	1.850	-	-	+	グラム不定桿菌
	F 55	1.257	-	-	-	カビ(Penicillium属)
	YH97	0.104	0.003	2.647	-	卵型酵母
	YH100	0.867	0.009	3.627	-	菌糸状酵母（膜形成有）
	YH106	0.069	0.004	2.745	-	卵型酵母（多極性出芽、膜形成有）
	YH108	0.589	0.006	3.627	-	菌糸状酵母
平成6年糊	B 66	1.328	-	-	-	グラム陽性桿菌
	B 89	-	-	0.913	-	グラム陰性桿菌
	F 24	0.942	-	-	-	カビ(Cladosporium属)
	YP48	0.485	-	0.882	-	菌糸状酵母
	YH74	-	0.003	2.059	-	球型酵母（多極性出芽）
平成9年糊	B 3	0.898	0.003	-	+	グラム陽性桿菌
	B 15	1.133	-	-	+	グラム陰性桿菌
	F 3	1.257	0.003	-	+	カビ(Penicillium属)
	YP 1	0.659	-	2.157	-	球型酵母（多極性出芽）
	YP 2	1.005	0.023	-	+	卵型酵母（多極性出芽）

* +:有／-:無

P 62

市販防虫香と各種薬香染色布の防虫効果

昭和女子大学　○韓美京・中元直吉・大沢眞澄・櫻井清彦
横浜農林水産消費技術センター　坂部寛

1. はじめに

従来薬用植物34種類及び4種・5種合香材のｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ類幼虫に対する防虫効果を調べ報告した．今回は数種薬用植物を混合している市販防虫香の防虫効果はどうか調査した．また薬用植物で染めた時の防虫効果についても調べた．

2. 供試材料

供試薬香は市販防虫香と丁香他32種類，供試虫はﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼAttagenus unicolor japonicus RatterとﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼAnthrenus verbasci Linneの各幼虫(削りｶﾂｵﾌﾞｼとｴﾋﾞｵｽで継代飼育)である．供試染色布は従来報告した供試薬用植物の33種類を羊毛布(JIS L 0803準拠の染色堅牢試験用白布の供試布と同一)に時間と温度を変えて染めて用いた．

3. 試験方法

試験は市販防虫香の場合三角ﾌﾗｽｺ(約600ml容量，ｱﾙﾐﾎｲﾙで密閉)に供試薬香(0.1g，0.5g，1.0g，2.0g)と供試幼虫(ﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ30～40匹，ﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ50匹)を入れて，直接接触法と間接接触法で，28℃，21日間の条件で行った．染色布の場合には直径7cm，高さ2cmのｶﾞﾗｽｼｬｰﾚに5×5cmの大きさで染めた羊毛布と供試幼虫(ﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ30匹，ﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ40匹)を入れて，直接接触法で，28℃，21～38日間の条件で行った．

*致死率(%)＝{(処理区の致死率－対照区の致死率)÷(100－対照区の致死率)}×100

*食害量＝(食害用布の試験前重量×補正用布の試験後重量÷補正用布の試験前重量)
－食害用布の試験後重量

*食害抑制指数＝{(対照区の食害量－処理区の食害量)÷対照区の食害量}×100

4. 結果及び考察

1) 市販防虫香のｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ類幼虫に対する防虫効果の試験を行った結果(表1)，1gの場合に効果が認められた．この防虫香には龍脳とか白檀が入っているそうであるが，丁香は入っていないように見えた．

2) 100℃で1時間染めた羊毛布(表2)のﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼに対する食害抑制試験では松子・乳香・苦楝草の3種類が，ﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼの場合には乳香・石菖蒲・呉茱萸・苦楝草・松子の5種類に多少効果が認められた．室温で3日間染めた場合，ﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼに対して前述した他に大黄・桂皮・丁香・川芎・黄蘗・麻仁にもある程度効果が認められた．

表1　市販防虫香のカツオブシムシ類幼虫に対する防虫効果

試験区	試料の量	ヒメカツオブシムシ			ヒメマルカツオブシムシ		
		食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)
直接区	0.1g	220.1	0	0	149.9	0	0
	0.5g	87.7	50	0	50.4	64	0
	1.0g	16.1	91	33	27.3	81	17
間接区	0.1g	175.1	1	0	162.9	0	0
	0.5g	137.4	22	0	43.2	69	8
	1.0g	28.5	84	19	18.2	87	21
対照区		176.1		0	141.4		0

試験条件
1.食害用羊毛布:50×50mm・重量247mg/1枚
2.供試虫数:ヒメカツオブシムシは1区40匹・49mg/10匹, ヒメマルカツオブシムシは1区50匹・21mg/10匹
3.供試方法:直接接触法と間接接触法で三角フラスコに薬香と食害用布を入れ, 次の日に供試虫を入れた.
4.試験期間:28℃の条件で21日間
5.食害量:ヒメカツオブシムシは40匹, ヒメマルカツオブシムシは50匹当たりの量(mg)
6.生死調査:開放3日後

表2　100℃で1時間染めた羊毛布のカツオブシムシ類幼虫に対する食害抑制効果

試料名	ヒメカツオブシムシ			ヒメマルカツオブシムシ			試料名	ヒメカツオブシムシ			ヒメマルカツオブシムシ		
	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)		食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)
沈香	149.1	0	3	108.6	16	0	唐木香	155.7	0	0	132.3	0	3
白檀香	171.5	0	0	121.8	6	0	厚朴	162.4	0	0	124.8	3	3
丁香	137.3	0	6	101.3	21	0	牡丹皮	158.6	0	0	103.2	20	0
甘松香	124.0	5	0	132.7	0	3	桂皮	148.6	0	0	91.3	29	0
黄蘗	110.3	15	0	99.1	23	3	肉桂	152.0	0	11	114.4	11	3
蓬	172.2	0	0	144.4	0	0	藿香	203.1	0	0	117.4	9	3
日本産川芎	186.3	0	0	105.8	18	0	苦楝草	71.2	45	0	48.3	63	0
韓国産川芎	160.3	0	0	114.5	11	0	木瓜	165.8	0	0	114.2	11	0
中国産川芎	138.7	0	0	108.5	16	0	銀杏	166.7	0	0	102.5	20	0
唐辛子	106.0	19	0	143.4	0	0	呉茱萸	155.7	0	0	44.5	65	0
青蒿	156.4	0	0	141.4	0	0	乳香	68.1	48	0	11.1	91	3
白芨	112.5	14	11	141.8	0	0	安息香	189.0	0	0	101.6	21	0
白芷	188.1	0	3	103.3	20	0	麻仁	100.9	23	0	89.9	30	3
百部	125.5	4	0	154.1	0	0	甘菊	154.7	0	0	141.2	0	3
石菖蒲	199.5	0	0	17.8	86	0	日本産煙草	216.6	0	3	125.7	2	0
甘草	160.6	0	0	118.9	8	5	韓国産煙草	178.3	0	0	163.2	0	0
黄連	132.8	0	0	118.0	8	0	松子	45.1	65	0	66.2	49	8
大黄	170.0	0	3	86.0	33	0	対照	130.4		0	128.9		0

試験条件
1. 供試虫数:ヒメカツオブシムシは1区30匹・重量50mg/10匹, ヒメマルカツオブシムシは1区40匹・重量22mg/10匹
2. 供試方法:ガラスシャーレに染色布を1枚ずつ入れ, 1日後に供試虫を入れた.
3. 試験期間:28℃の条件でヒメカツオブシムシは3週間, ヒメマルカツオブシムシは27日間
4. 食害量:ヒメカツオブシムシは30匹, ヒメマルカツオブシムシは40匹当たりの量(mg)
5. 生死調査:ヒメカツオブシムシは開放3日後, ヒメマルカツオブシムシは開放1日後

P 63

丁香の保管材料と防虫効果及びｵｲｹﾞﾉｰﾙ(丁香の主成分)の防虫効果

昭和女子大学　○韓美京・中元直吉・大沢眞澄・櫻井清彦
横浜農林水産消費技術センター　坂部寛

1. はじめに

今まで34種の薬用植物を選んで防虫効果を実験的に検討した結果，丁香が防虫剤として有効であると考察した．そこで丁香の保存性，即ち効力が維持される期間を知る目的で保管材料による防虫効果を調べた．また丁香の主成分ｵｲｹﾞﾉｰﾙによる防虫効果も検討した．

2. 供試材料

供試薬は丁香とその主成分ｵｲｹﾞﾉｰﾙ(和光1級)，供試虫はﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼAttagenus unicolor japonicus RatterとﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼAnthrenus verbasci Linneの各幼虫(削りｶﾂｵﾌﾞｼとｴﾋﾞｵｽで継代飼育)である．供試布はJIS L 0803準拠の染色堅牢試験用白布の羊毛布，保管材料は標本瓶(20ml)・綿袋・ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ袋(厚さ20μm)を用いた．

3. 試験方法

試験は三角ﾌﾗｽｺ(約600ml容量，ｱﾙﾐﾎｲﾙで密閉)に供試薬香(0.1g, 0.5g, 1.0g)と供試幼虫(ﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ30匹，ﾋﾒﾏﾙｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ40匹)を入れて，直接接触法と間接接触法で，28～30℃，15～21日間の条件で行った．ｵｲｹﾞﾉｰﾙの場合にはｱｾﾄﾝで希釈したものを直径11cmの濾紙(東洋No2)と食害用羊毛布に付着させ時間差を置いて供試幼虫(ﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ30匹)を入れて，直接接触法で，28～30℃，21～25日間の条件で行った．

*致死率(%)＝{(処理区の致死率－対照区の致死率)÷(100－対照区の致死率)}×100

*食害量＝(食害用布の試験前重量×補正用布の試験後重量÷補正用布の試験前重量)
－食害用布の試験後重量

*食害抑制指数＝{(対照区の食害量－処理区の食害量)÷対照区の食害量}×100

4. 結果及び考察

1) 丁香の有効成分の蒸散性を知る目的で，丁香を熱処理(温度40℃，60℃で2～8時間)及び室内に1ヶ月間放置してその防虫効果を調べた結果(表1)，前者は2時間以上処理すると防虫効果は低下しはじめ8時間行うと殆どなくなった．後者は殆ど効果が認められなかった．このことは丁香の有効成分の蒸散性が高いことを示している．また，丁香は密閉した容器(瓶)に入れて保存する必要がある．

2) 丁香の主成分ｵｲｹﾞﾉｰﾙによる防虫効果の試験を行った結果(表2)，0.05g区で高い効果が認められた．

表1　カツオブシムシ類幼虫に対する丁香の保管・環境条件と防虫効果

保管容器	試験区	薬量	ヒメカツオブシムシ			ヒメマルカツオブシムシ		
			食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)
開放シャーレ	直接区	0.1g	202.2	0	3			
	直接区	0.5g	236.4	0	0			
	間接区	0.5g	183.4	0	0	128.4	1	3
	間接区	1.0g	162.7	7	7	151.6	0	8
瓶	直接区	0.1g	18.1	90	98			
	直接区	0.5g	6.2	96	100			
	間接区	0.5g	31.7	82	90	0	100	97
	間接区	1.0g	11.4	94	100	0	100	97
綿袋	直接区	0.1g	43.5	75	70			
	直接区	0.5g	29.5	83	80			
	間接区	0.5g	19.5	89	77	0	100	97
	間接区	1.0g	23.0	87	83	0	100	74
ポリ袋	直接区	0.1g	120.0	32	40			
	直接区	0.5g	62.2	65	60			
	間接区	0.5g	49.6	72	53	0.1	100	59
	間接区	1.0g	47.3	73	67	0	100	74
対照区			175.7		0	129.2		0

試験条件	
	1. 食害用羊毛布：50×50mm・ヒメカツオブシムシの場合は重量247mg/1枚 ヒメマルカツオブシムシの場合は重量246mg/1枚 2. 供試虫数：ヒメカツオブシムシは1区30匹・57mg/10匹 ヒメマルカツオブシムシは1区40匹・25mg/10匹 3. 供試方法：各保管材料で室内に1ヶ月間放置して置いた丁香を直接接触法と間接接触法で三角フラスコに食害用布と入れ，5日後に供試虫を入れた． 4. 試験期間：28～30℃の条件で21日間 5. 食害量：ヒメカツオブシムシは30匹，ヒメマルカツオブシムシは40匹当たりの量(mg) 6. 生死調査：開放3日後

表2　ヒメカツオブシムシ幼虫に対するオイゲノールの防虫効果

薬量(g)	A区　(処理1時間後)			B区　(処理2時間後)		
	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)	食害量(mg)	食害抑制指数	致死率(%)
0.006	129.5	4	0	119.0	0	0
0.013	94.5	30	4	113.0	0	4
0.025	107.9	20	11	115.3	0	0
0.05	9.6	93	93	34.4	68	65
0.1	1.0	99	100	1.1	99	100
0.2	5.9	96	100	3.9	96	100
対照	135.2		0	106.5		0

試験条件	
	1. 食害用羊毛布：50×50mm・重量250mg/1枚 2. 供試虫数：1区30匹・59mg/10匹 3. 供試方法：三角フラスコに食害用布と供試虫を入れた後，所定の濃度に希釈(アセトン)したオイゲノールを濾紙に付け間接接触法で行った． 4. 試験期間：28～30℃の条件で24日間 5. 食害量：30匹当たりの量(mg) 6. 生死調査：開放10日後

P 64

出土鉄製資料のX線写真読影法について

鈴木　稔　（帝京大学山梨文化財研究所）

緒　言　X線透過試験は象嵌検出の顕著な例に見るように考古学における有力な調査法の一つであり、出土鉄製資料の内部構造や腐蝕状況の把握に欠かせないものとなっているが、例えば撮影されたX線透過写真から図を描き起こそうとすると資料の形状を掴むことに困難を感ずることがある。X線装置に起因する歪み・ボケも一要素である(文化財用のX線CT装置やIn Motion Radiographyの利用は有効な対策と言えよう)が、出土鉄製資料自体の持つ特性にも原因がある。本研究は一般的手法で撮影されたX線透過写真から出土鉄製資料の実測図を作成することを当面の目標とし、写真読影法の問題点確認を目的としている。なお、実資料には個体間のばらつきが避けられないので模擬資料や銅製資料を用いてこれを補うことを試みた。撮影材料等：ﾌｼﾞ製工業用X線ｼｰﾄﾊﾟｯｸﾌｨﾙﾑ#50(増感紙なし)。日立ﾒﾃﾞｨｺ製X線透過装置(実効焦点ｻｲｽﾞ0.6×0.6mm、管電流2mA)。

実験1　X線写真からの図化が最も容易と考えられるものに古銭があるが、鉄銭はサビや土により条件がやや複雑なので銅銭を用いた。宋銭(紹聖元宝)5枚を距離1mでX線束中心から左右に約4°ずつ離れるように置いて撮影後、ﾌﾟﾗﾆﾒｰﾀ(牛方商会X-PLAN360d)で天地と左右方向の直径を計測し、ﾉｷﾞｽで実測した値と比較した(表1)。実測値より小さく計測される例が確認され、円錐状の照射による拡大と透過による輪郭消失が同時に起きていると考えられた。輪郭消失は線量減で緩和できるが、内部形状の図化には問題があることになろう。

表1　直径計測値(実測値を基準とした%)

		左8°	左4°	0°	右4°	右8°
管電圧	(天地)	+0.4	-0.4	±0	-1.2	±0
60Kv	(左右)	±0	±0	+0.4	±0	+0.4
管電圧	(天地)	±0	-1.3	-0.8	-0.4	-0.1
100Kv	(左右)	-0.4	-0.8	±0	-0.8	+0.4

実験2　生物体の放射線実験に用いられるﾌｧﾝﾄﾑに当たるものを作成するために、今回は粘土に鉄粉や酸化鉄を混ぜて吸収の異なる数種類の模擬材料を作成し問題点を検討した(図1、写真1・2)。照射距離33.5cm、資料厚さ20～30mmのやや極端な条件で撮影し、ﾌﾟﾗﾆﾒｰﾀで計測した。その結果、断面楕円形の資料(図1右)で輪郭の消失以外に、吸収の差が小さい場合の境界確認不能例が見られた。実資料では金属部、空隙、錆、土錆混合物、土が層をなし、その外縁の断面は曲線を呈する(製作時の形状はむしろ直線的だろうが)と考えられるのでこのことも問題となろう。

実験3　断面形状の確認できる実資料を各種撮影し比較検討した(写真3～6)。

結　語　X線透過写真からの図化にはいくつかの問題点があることが判ったが、何らかの規範を設定したうえで実用に供するのであれば大きな有効性があると考える。



図1　ﾌｧﾝﾄﾑ撮影の概念図
上方の焦点から円錐状に広がったX線(照射錐)が模擬資料を透過すする。資料の厚さ(この図では縦)20～30㎜、長さ(同横)40～60㎜。

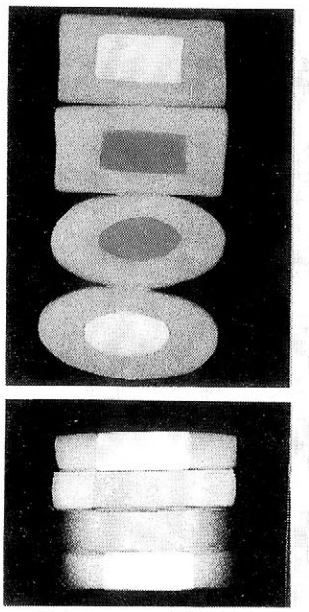


写真1　ﾌｧﾝﾄﾑ撮影例1
上は断面。3種の材料を使用。下は4資料を立てて撮影。下から2つ目で境界が消失している。

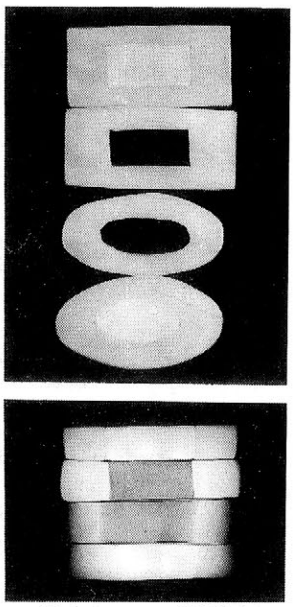


写真2　ﾌｧﾝﾄﾑ撮影例2
例1とは別の材料2種を使用。上下とも同一の順に並べている。下の最下段でも境界が消失している。

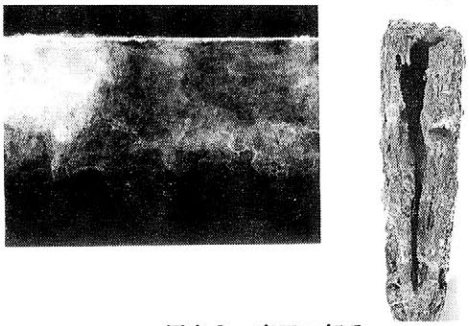


写真3　直刀の部分
左がX線透過写真。右に破断面を示す。土の付着は少ない。断面三角形の空隙によりﾐﾈ部に鮮やかな白線が見える。

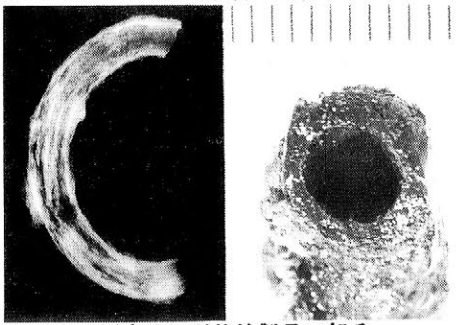


写真4　環状鉄製品の部分
ほぼ円形の中空部があるためX線写真では輪郭部分が白く見えているが、他にも部分的に白色の筋が見える。

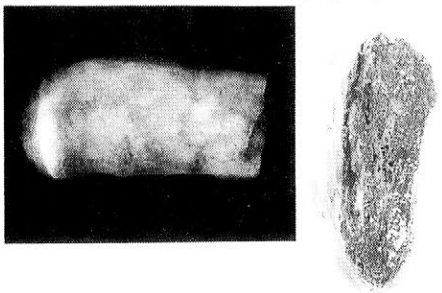


写真5　鎌の部分
全体に〈錆+土〉が厚く覆い、輪郭が不鮮明。断面中央に亀裂があるが中空にはなっていない。

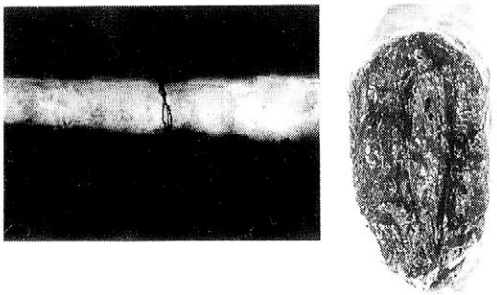


写真6　刀子の部分
本来は薄い刃部であるが、緻密な〈錆+土〉に覆われ、断面楕円形を呈す。その内側に緻密な錆、中心は脆い錆。

P 65

文化財資料測定に関する 波長およびエネルギー分散型蛍光X線分析法の比較

早川泰弘（東京国立文化財研究所）・平尾良光（同）

1．はじめに

文化財の化学組成の測定には蛍光X線分析法が多用されている。蛍光X線分析法には、検出器系の違いによって波長分散型（WDX）とエネルギー分散型（EDX）の2種類があり、ともに文化財試料の測定に広く利用されている。両測定方法はそれぞれに固有の特徴を有しており、測定に際しては測定対象物、測定目的を十分に考慮した上でどちらの方法を選択するかを決定する必要がある。本報告では、それぞれの測定方法の特徴を比較検討するとともに、文化財試料の測定において実際に発生した問題点を紹介する。さらに、両測定方法に最近導入された技術を紹介し、文化財試料への応用例を示す。

2．WDX および EDX の特徴

文化財試料の測定を前提としたときの WDX および EDX の特徴を表1に示す。照射X線量は WDX では EDX に比べて 1,000 倍以上必要である。このため、試料に与えるダメージは WDX の方が圧倒的に大きい。しかし、WDX では分光結晶を用いて二次X線（蛍光X線）の分光を行っているため、エネルギー分解能は EDX よりも優れている。測定時間に関しては、WDX では検出波長の走査の仕方にもよるが、通常の測定条件では EDX の方がはるかに短時間である。検出下限レベルは現状の装置では両者の間にほとんど差異はなく、多くの元素において 0.1～0.01%までの検出が可能である。機器の保守に関しては、EDX では検出器を液体窒素で冷却する必要がある。

表1　　WDXとEDXの比較

	WDX	EDX
照射X線量	40～60 kV	40～50 kV
	20～50 mA	10～50 μA
測定時間	1000～2000 秒	100～1000 秒
エネルギー分解能	10 eV	150 eV
検出下限	0.1～0.01 %	0.1～0.01 %
保守	容易	検出器を液体窒素で冷却

3．WDX および EDX の問題点

(1) 試料へのダメージ

WDX を用いて文化財試料を測定する場合、大きな問題の一つは試料に与えるダメージである。繊維などの有機物で構成されている試料やガラス製品を WDX で測定する場合、一次X線の照射エネルギーおよび照射時間によっては測定部位に変色などの重大なダメージを与えることがある。鉱石などについても、WDX による変色が度々報告されている。また、通常の測定条件では変色が生じることがほとんどない金属製品においてさえ、試料

表面の平滑度が非常に高い場合には変色が生じることがある。一方、EDX では一次 X 線の照射量が WDX の 1/1,000 以下であり、このような問題はほとんど生じない。

(2) 蛍光 X 線ピークの重なり

EDX 測定において最も問題になるのは、検出された蛍光X線ピークの重なりである。蛍光X線ピークのエネルギーが近接している低エネルギー領域はもとより、文化財試料の測定では様々なピークの重なりが問題になることがある。鍍金が施されている試料を測定する際の Au と Hg ピークの重なり、あるいは青銅試料を分析する場合の Sn と Sb のピーク、Pb と As のピークの重なりなどである。一例として、図 1 に Pb と As を含んだ青銅試料の EDX スペクトルを示す。Pb-L α と As-K α ピークがほぼ一つのピークとして検出されており、定量性を低下させる大きな要因となっている。

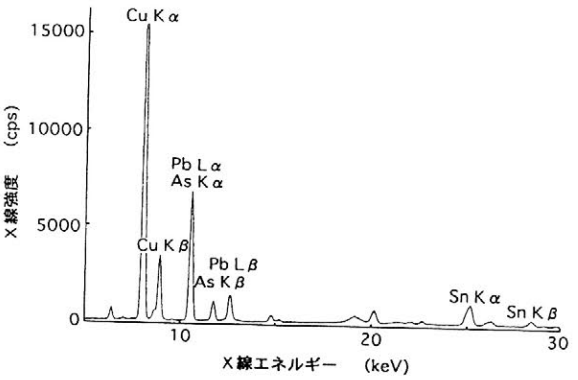


図 1　青銅試料の EDX スペクトル

4．最新の技術について

東京国立文化財研究所では、平成 8 年度に大型試料室付きの WDX を導入した（写真 1）。これは国内で出土した最大の金属器である大岩山Ⅰ-1 号銅鐸（滋賀県、1347mm）を測定できることを前提に設計した。X 線の照射位置は固定されているが、照射口下部に設置されている CCD カメラにより測定部位をモニターしながら測定することができる。

一方、EDX では薄膜ファンダメンタル・パラメータ法による解析機能を搭載し、層構造を有する試料の膜厚や化学組成が測定できるようになっている。微細ビームを走査させ、試料内元素の分布を測定するマッピング分析が可能な装置も出現している。



写真 1　大型試料室付き WDX による大岩山Ⅰ-1 号銅鐸（滋賀県）測定時の様子

P 66

ABIC最小化法による磁気探査データからの系統雑音除去

○丸川 雄三 (東京工業大学)・亀井 宏行 (同)

1 はじめに

磁気探査は、地表面での磁気異常分布から地下構造を推定することを目的に行なわれている。ところが実際には観測データには目的とする地下構造による磁気異常以外の雑音成分が含まれる。雑音にはランダムな成分とそれ以外の系統的な成分があり、系統的な雑音の原因は、観測装置によるものと観測方法によるものに分けられる。観測装置による系統雑音としてはセンサの温度特性によるものなどがあり、観測方法による系統雑音には環境との位置関係や、装置の姿勢変化にともなうものなどがある。

我々の使用している観測装置は磁気の3成分が測定可能な3軸フラックスゲート型グラジオメータであるので、各測定点での座標軸合わせが難しく、そのずれは系統雑音として観測データに含まれる可能性がある。また、フラックスゲートセンサでは、センサの温度変化による特性の変化が激しく、これも系統雑音として観測値に含まれてしまう。

目的とする磁気異常成分の分布を求めるためには上記のような原因によると考えられる系統的な雑音成分をより正確に見積もる必要がある。そこで今回我々は、磁気観測データから系統雑音を見積もり、これを除去する方法を検討した。また同時にその結果に対し従来法との比較を行なった。

2 方法

従来の方法では、系統的な雑音は測線毎に一定であると仮定して、全測定終了後、各測定点上の代表点で再度測定を行ない、一定バイアスを推定し除去するという処理を行なっていた。この従来法では測線間の相関を全く考慮に入れていないので、測線毎に系統的な雑音成分が明らかに残ってしまう。そこで今回は系統雑音と磁気異常成分をそれぞれモデル化して、磁気異常成分の滑らかさを保ちながら系統雑音成分を推定するという方法を試みる。アルゴリズムは次のようなものである。まず系統雑音は従来法と同様に測線毎に独立な線形モデルで記述できるとし、磁気異常成分は微分の計算が正確かつ容易であるという理由から、3次のBスプラインで記述する。さらに、滑らかさの拘束条件として磁気異常成分の微分係数を考慮に入れた方程式を最小二乗的に解く。解くべき問題を式として書くと次のようになる。

$$\sum_{i=1}^{L}\sum_{j=1}^{N_i}[F_{ij}-e_{ij}(\boldsymbol{a},\boldsymbol{b})-f_{ij}(\boldsymbol{s})]^2+w_1\Phi_1(f)+w_2\Phi_2(f)\rightarrow min.$$

ここで i は測線の番号 j は測線上の観測点番号、L は測線の本数 N_i は i 番目の測線上の測点の数である。また、F は観測値 e は系統雑音を表す関数値で $\boldsymbol{a},\boldsymbol{b}$ がそのモデルパラメータである。f は磁気異常を表すスプライン関数であり、$\boldsymbol{s}$ をそのモデルパラメータとしている。$\Phi_1(f)$ は、一階微係数の二乗和、$\Phi_2(f)$ は、二階微係数の二乗和であり、w_1,w_2 は、そのウエイトである。この式から最小二乗法によってモデルパラメータ $\boldsymbol{a},\boldsymbol{b},\boldsymbol{s}$ を求めるが、この際、滑らかさの拘束条件となる w_1,w_2 を含めて、最適解を求める方法として赤池のベイズ型統計基準量 (ABIC) 最小化法 (Akaike,1980) を用いる。

3　結果と従来法との比較

まず磁気異常分布と系統誤差を人工的に作成し、上記アルゴリズムが意図正しく働くことを確認した。次に、実際の探査データを用い、系統雑音の推定と除去を試みた。用いたデータは、埋没古墳があると考えられている群馬県子持村の田尻地区でサンプリング間隔1mで行なわれた探査実験データである。計算の結果求められた最適解がFigure (b) である。なお、系統雑音除去前のデータがFigure (a)、従来法による系統雑音の除去結果がFigure (c) である。探査データは3成分あるが、図はすべて鉛直方向成分の結果である。

従来法の結果 (c) には、測線 (南北方向) 毎の系統的な雑音がまだ残っているのに対し、今回の方法による結果 (b) にはそのような測線に系統的な雑音成分は見られない。これにより、センサー特性の温度依存性によると見られる明らかな系統雑音が今回の方法では、従来法と比べてより正確に除去されることがわかった。この方法は特に温度による特性変化が大きく充分な温度補正の難しいポータブルフラックスゲート型センサによる磁気観測データの系統雑音除去に有効であると考えられる。

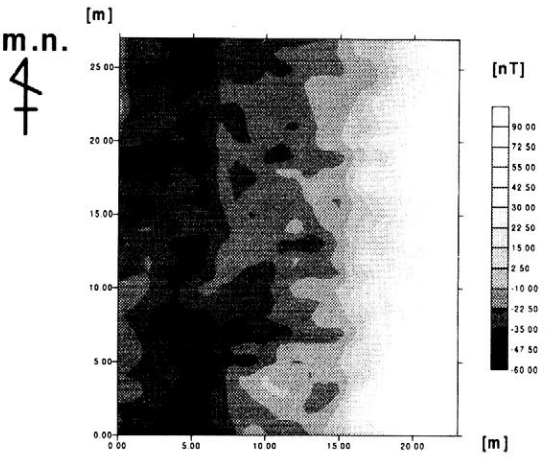


Figure (a)

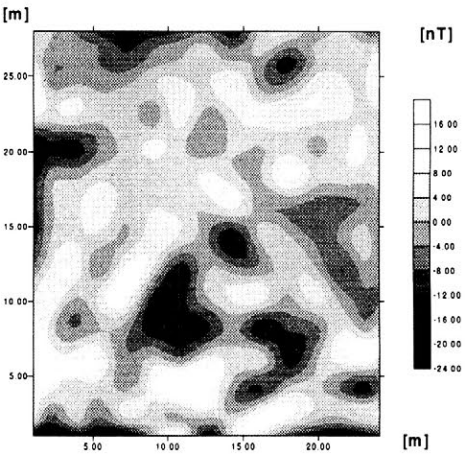


Figure (b)

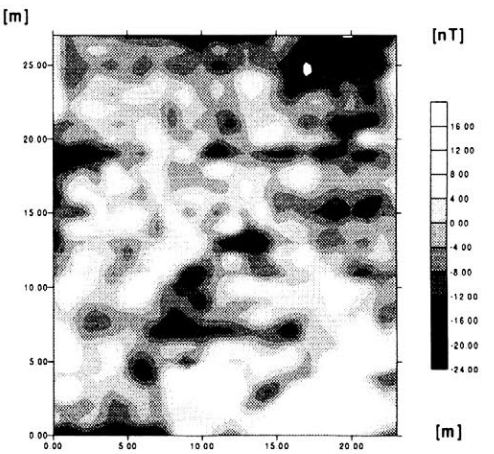


Figure (c)

Figure：群馬県子持村田尻地区磁気探査測定結果と解析結果 (鉛直方向成分).
(a)：測定結果.
(b)：ABIC最小化法による磁気異常分布の推定結果.
(c)：従来法による磁気異常分布の推定結果.

参考文献：Akaike,H.,Likelihood and Bayes procedure, *BayesianStatistics* , University Press, Valencia, Spain, 143-166, 1980.

P 67

重力探査の遺跡調査への適用（１）－近世の洗い堰跡－

○竹島淳也、原田卓弘、大下賢一、峠美穂、軽部文雄
（応用地質株式会社）

１．はじめに

現在、遺跡における探査では地下レーダー探査、電気探査が主流となっている。今回、近世の洗い堰跡を対象として、地下レーダー探査・電気（比抵抗映像法）探査と併用して重力（ﾏｲｸﾛｸﾞﾗﾋﾞﾃｨ）探査を実施したので紹介する。重力探査は、地表における重力値の違いを測定することによって、その分布から地下の密度の違いを知り、地盤構造を推定する物理探査手法である。重力計の測定精度や操作性の向上によって、最近土木の分野では実施されるようになってきたが、国内の遺跡に適用された例はこれまでなく、今回が初めての試みである[1)]。

２．調査の概要

本調査の対象は、江戸時代に、長良川の支流大榑川に築かれた大榑川（おおくれがわ）洗い堰、喰違い堰と呼ばれる２つの石組の治水堰である。このうち洗い堰は、河川の流量を調節するために、川幅一杯に造られた堰で完全に川を締め切るのではなく、洪水時に、長良川の水がある水位を超えると分脈・越流し、洗い堰を越えて大榑川に流れ込むように設計されたもので、一般にその表面は石張り、蛇篭等で覆われている[2)]。図１に推定される大榑川洗い堰の構造を示す。

石組みの部分、及び堰の基礎部はその周囲の地盤に比べて密度が大きいと考えられるため、重力探査により、堰の分布範囲が高重力異常として検出されることが期待できる。本調査では、重力探査の他に同じ測線上で地下レーダー探査と電気（比抵抗映像法、電極間隔 1m）探査を実施し、治水堰の埋没位置を把握するとともに、重力探査との比較検討を行った。

３．探査結果

図２にそれぞれ地下レーダー探査、電気探査、重力探査の結果を示す。(a)地下レーダー探査結果で認められる顕著な反射面、記録の乱れ、および(b)電気探査結果で認

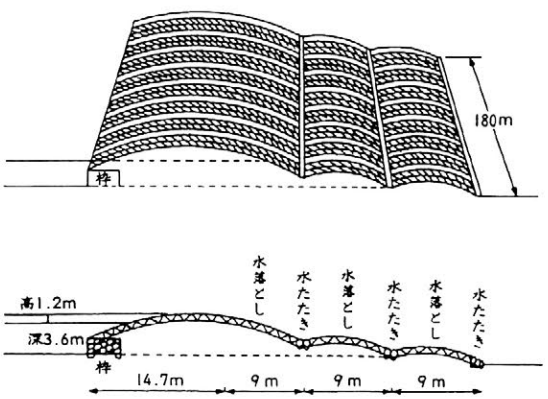


図１　推定される大榑川洗堰の構造

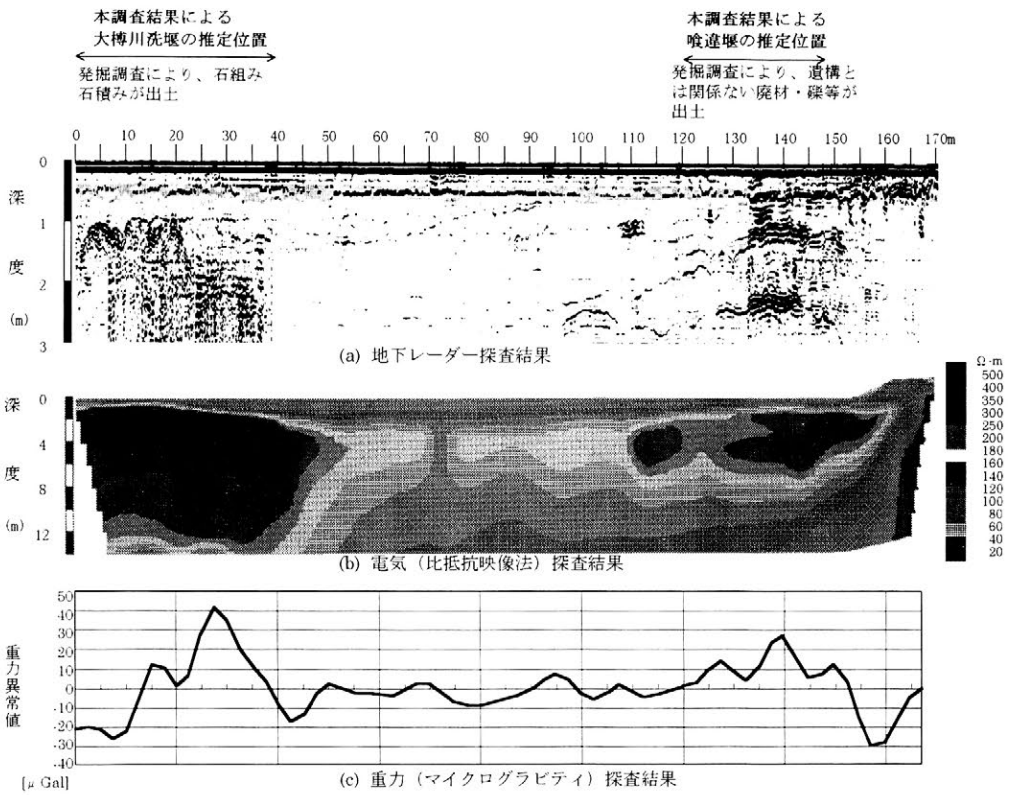


図２　探査結果

められる高比抵抗域が測線の左端部および右端部に２箇所認められ、(c)重力探査ではそれぞれ最大振幅が 40 μ Gal, 25 μ Gal 程度の高重力異常として認められる。発掘調査の結果、これらの高重力異常区域のうち、特に異常の顕著だった大榑川洗い堰推定位置にほぼ沿って、洗い堰の石組み、石積みとみられる遺構が出土した。

４．まとめ

上記のように、今回の重力探査結果は、地下レーダー探査結果や電気探査結果と高い整合性を示し、本調査のような深度 1～2m 程度に埋没している堤防上遺構に有効な物理探査手法であることが実証された。今後は、他の考古学的遺構（例えば、大規模な堀跡などの溝状遺構や古墳の石室などの石造遺構）にも積極的に重力探査を用い、遺跡調査への適用性を確認していきたい。

最後に、建設省木曽川下流工事事務所および岐阜県輪之内町からは、大榑川洗い堰・喰違い堰の調査に関する資料を御提供頂きました。ここに記し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

１）大下賢一・原田卓弘・竹島淳也・野崎京三(1998)：ﾏｲｸﾛｸﾞﾗﾋﾞﾃｨ探査の埋没遺跡調査への適用例、物理探査学会第 98 回学術講演会講演論文集、pp. 338-342.
２）輪之内町(1991)：大榑川.

P 68

地下レーダ探査による地下遺構の三次元解析と解釈技術
－敦賀市別宮神社－

○田中保士（㈱田中地質コンサルタント）、Adam O'Neill（同）、伊丹麻子（同）

はじめに

福井県敦賀市は古代大陸文化の窓口、北陸道の要地として栄えた場所であり、平安時代初期には外客の接待を目的として松原客館が設置された。しかしその位置は判然とせず、歴史文献の調査や各候補地における探査が盛んに行われている[1]。昨年、候補地の一つである敦賀市櫛川の別宮神社境内において数種類の物理探査によるマッピングが行われた[2]。今回は比抵抗および磁気探査によって異常が確認された、境内の南西角区域（6.5m×12m×2m）に絞って、三次元地下レーダ探査を行ったのでその結果を報告する。

三次元地下レーダ探査は、pulseEKKO1000（Sensors & Software製）450MHzを用い、南北方向に27本の測線を設定して行った。各測線の間隔は25cm、観測点の間隔は10cmとした（図1）。データを取得するタイムウィンドウは45ns、レーダ波の速度は0.09m/nsとした。

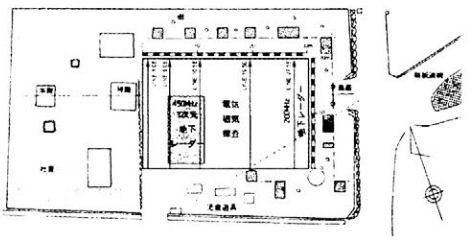


図1　別宮神社境内における探査測線配置．三次元地下レーダ探査は南西角のグレーの長方形区域で行った．

三次元地下レーダ探査結果とその解釈

地下レーダ探査の三次元データは、二次元データを結合することにより作成した。この三次元データは回転したり、深度ごとの断面図（スライス）として視覚化することができる。図2(a)では、深度約1mのところに、強い反射を示すものが存在することがはっきりと確認された。この強い正（白）と負（黒）の反射は、その物体の平面的形状を推定するのに非常に役立つ。垂直方向の断面図（図2(b)）では、白色で示された強い反射が探査測線を横断するように連続していることが明らかとなった。

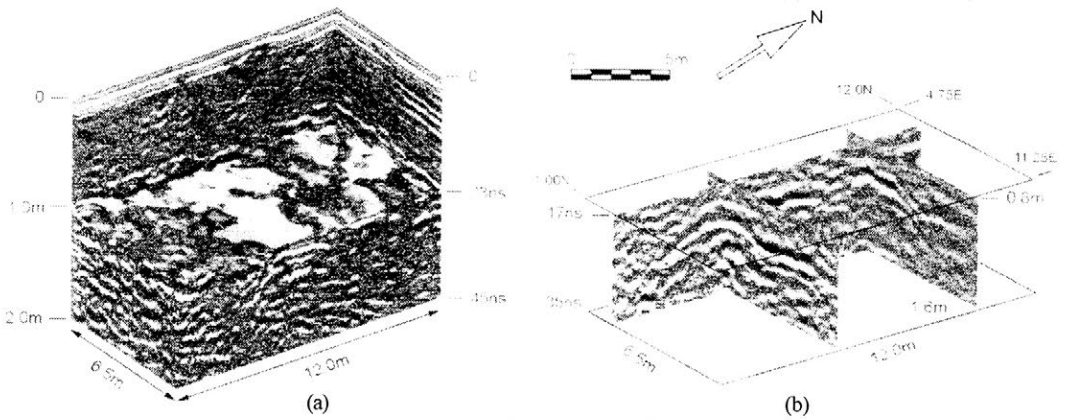


図2　三次元地下レーダ探査データ．
(a)：深度1mのところでカットしたもの．(b)：垂直方向の断面図．

図3は地下レーダ探査による水平方向の断面図と、同じ区域の比抵抗および磁気探査データを比較したものである。浅部の断面図にもいくつかの反射パターンが確認されたが、これらは考古学的な遺構や遺物の深度としては浅すぎると考えられた。

深部の断面図にみられる「基壇」状の反射の大きさや性質から、この位置に圧縮された土もしくは岩石でできた構造物の基礎が存在することが示唆された。図4にはこの「基壇」状の反射から推定される地下遺構の模式図を示した。南の角にある窪みは、基礎が破壊された跡か、柱根であると考えられた。

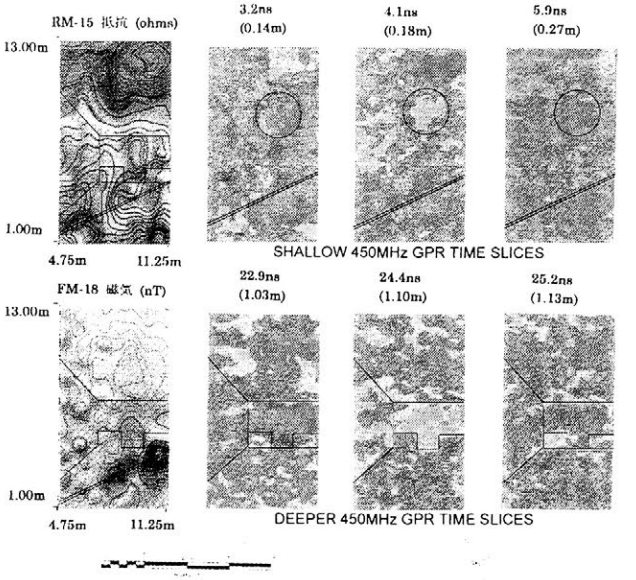


図3　三次元地下レーダ探査による浅部および深部の連続的断面図．反射の大まかな傾向も白線で示した．二つの深度の地下レーダ探査断面図と比抵抗および磁気探査の異常区域との間に対応関係がみられることに注意してほしい．

まとめ

複数の探査手法を用いることにより、発掘に適した地下構造を迅速に検出し、またそれらを考古学的な対象としてイメージ化することができた。今回探査を行った別宮神社境内は、地形が平坦であり、また土質も乾燥した砂であったため、三次元地下レーダ探査に非常に適していた。

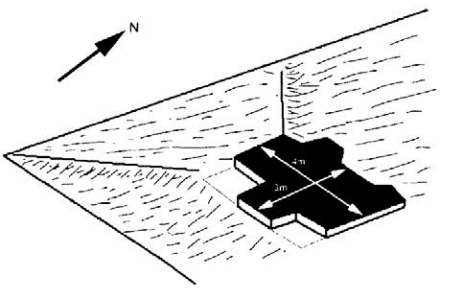


図4　三次元地下レーダ探査で強い反射として示された「基壇」の模式図．西方向に中庭が広がっているようにも見える．

これらの地下レーダ探査結果から、その反射パターンが実際にはどのような地下遺構を表現しているのか、そしてその結果を古代敦賀地方の全容を明らかにするという、より大きな目的にどのように関連づけるかについて、熟練した考古学者による検討が待たれている。

今回の探査に際して、敦賀学たんさ隊の丸山誠、河原継男の両氏に深甚なる謝意を表します。

1)敦賀学たんさ隊　松原客観跡遺跡探査報告書．田中保士、武井幸久、丸山誠、河原継男（1997.4）松原客観遺跡における平面探査の解釈と評価．川村俊彦、長友恒人、阿児雅之、田中保士、第14回日本文化財科学会講演要旨集、180-181

P 69

昼飯大塚古墳における電気探査と地温測定実験

○森　正人(東京工業大学)・亀井宏行(同)・三浦定俊(東京国立文化財研究所)
中井正幸(大垣市教育委員会)・工藤博司(桜小路電機㈱)

1．はじめに

昼飯大塚古墳は岐阜県大垣市にある前方後円墳で、その出土物等から築造された時期は4世紀後半に遡ると考えられている。本報では、この昼飯大塚古墳の後円部において実施した高密度電気探査および地温測定実験について報告する。なお、本探査においては地中レーダ探査も同時に行い、その結果も併せて探査結果の解釈を行っている

2．高密度電気探査

高密度電気探査は後円部墳頂の23.5m×17mの領域で行い、1測線の長さを23.5m、測線間隔を50cmとした。比抵抗の測定は1本の測線上に予め48本の電極を50cm間隔で配置して、これらの電極を自動電極切り替え装置で様々に組み合わせることによって行った。電極配置はWenner法を用いて電極間隔を1m、1.5m、2m、2.5m、3m、3.5m、4mと変えながら測定点を50cmづつシフトさせた。電気探査の結果を図1に載せる。図1中に2つの大きな低抵抗域が見られる。レーダ探査の結果と照合すると図中上の低抵抗域は埋葬主体、下の低抵抗域は攪乱と考えられる。

3．地温測定実験

地温は日射や外気温の影響と土壌や埋設物の熱伝導の影響を受けて変化すると考えられる。しかし、地表のごく浅い部分では日射量や外気温の変化の影響が大きく、この部分で地温の変化に対する地下構造の影響を観測するのは難しいと考えられる。そこで本測定実験においては温度センサを深さ50cm程度まで挿入して地表のごく浅い部分だけではなく、ある程度深い部分の温度の変化を測定出来るように考慮した。測定は自動測定システムを使用して10分間隔で39時間連続的に行った。測定の結果、外気温と地温との間および各測定点の間で温度変化の周期に位相差が観測された。測点の配置を図2に、温度変化のグラフを図3に示す。このグラフから測点3の温度変化が他の測点と大きく異なっていることがわかる。測点3は電気探査で観測された埋葬主体と思しき低抵抗域の上に配置された測点であり、地下の構造がこの地点の地温の変化に影響を与えたと考えられる。

4．おわりに

高密度電気探査によって埋葬主体と思しき低抵抗域が観測され、その低抵抗域上に設定した温度探査測点と他の測点の温度の変化に位相差が観測されたことは興味深いことである。今後は機会をみて温度探査実験を行い、長期変化を観測していきたいと考えている。

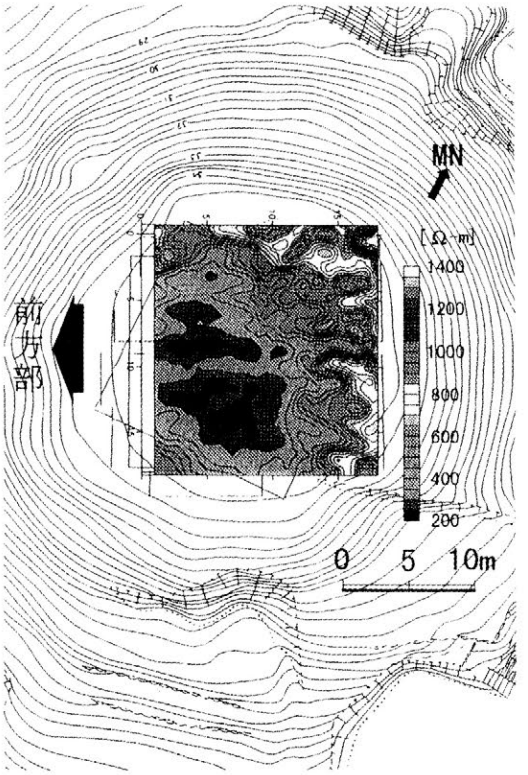


図１　電気探査結果

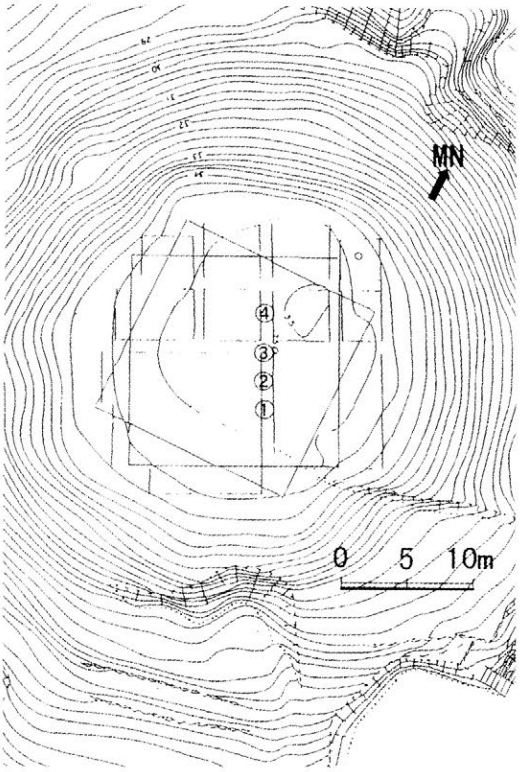


図２　温度測点配置

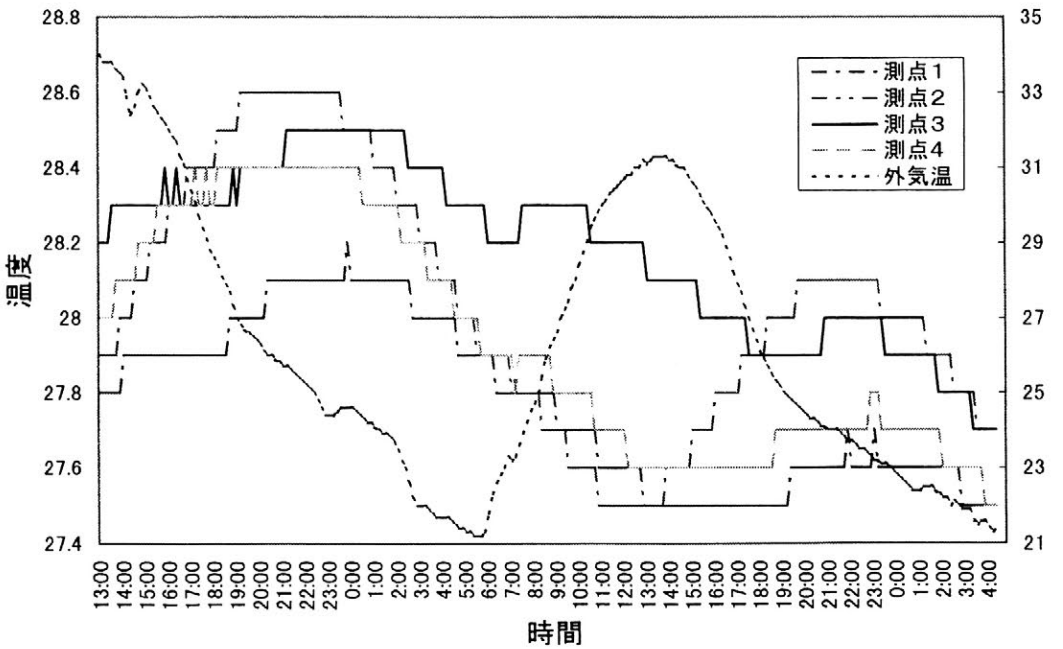


図３　温度変化グラフ

P 70

カンボディア王国所在クメール土器窯跡の物理探査

○西村　康、杉山　洋、森本　晋（奈良国立文化財研究所）、
Dean Goodman、前畑幸雄（マイアミ大学付属考古探査研究所・中島分室）

はじめに

奈良国立文化財研究所では文化庁文化財保護部伝統文化課を所管とするアンコール文化遺産保護共同研究事業の実務を平成５年度より担当している。近年発見されたクメール土器を生産した窯の調査でも、当該事業の一環として、現地の担当機関であるAPSARAや上智大学と共同して、地形測量や物理探査を実施してきている。

以下では、この窯跡における共同研究の成果の内から、物理探査の結果を報告する。なお、対象とした窯跡は、アンコール・ワットなど著名な遺跡群が所在する場所から東北東約30kmの地点のタニ村にある。

物理探査の方法

採用した方法は磁気探査と地中レーダー探査（GPR）である。

［磁気探査］　使用した装置は英国 Geoscan Research 社製のFM18 型 Fluxgate Gradiometerである。この装置では、地磁気の鉛直成分の差分を測定するが、低緯度であるカンボディアでは、Gradientすなわち磁気傾斜が小さいので、僅かな磁気異常しか示さない対象を探査する場合には、ときには有効な成果が得られない恐れがある。このような環境では、測定の実際でも細心の注意が必要である。

また、一年を通して気温が高いここでは、Fluxgate 型の装置ではセンサーそのものや、アンプも温度変化の影響を受けるので、測定値は時間とともに変化すなわちドリフトする。しかも、このドリフトは一定勾配ではなく不規則であるので、それに対応した補正が要求されるという困難さもある。

［GPR探査］　使用装置はアメリカG.S.S.L社製のSIR-2型で、アンテナ周波数は300MHzである。この方法では、通常は断面画像（Profile）を観察することを基本とするが、ここでは、これら画像をもとに平面図を作成する方法（Time Slice）を応用して結果を検討した。

探査の成果

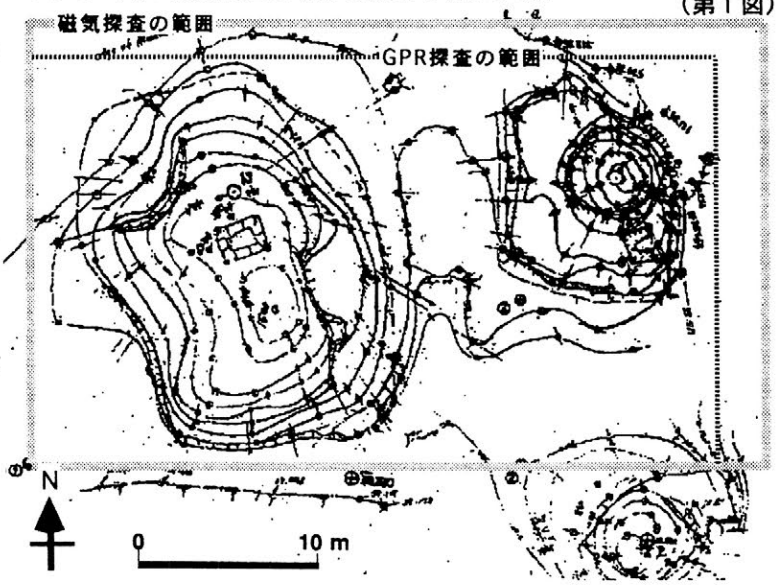
探査は窯跡群が存在する南北800m、幅200m程の低丘陵の中で、窯跡の集中する南北２個所で実施したが、ここではその内の南測定区における結果を報告する。

測定した範囲は、磁気探査とGPRでは若干異なり、後者の方が狭い(第１図）。

窯体が存在すると推定される個所は、小さなマウンドを呈しており、円形と楕円形に区分できる。規模の大きな楕円形の例では、長辺の長さが20ｍをこえ、周囲との比高差が2mちかくある。

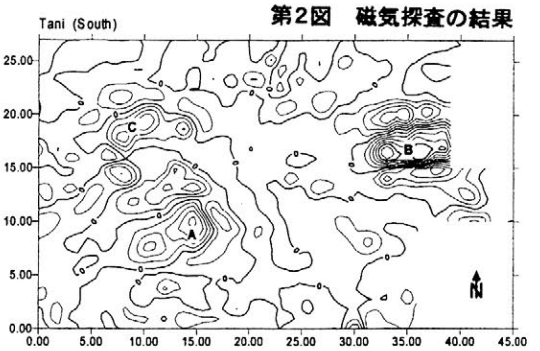
なお、第１図における等高線間隔は20cmである。

（第１図）



［磁気探査の結果］　測定した範囲は東西 45m、南北 27m であるが、人家などが存在する東側の一部では、作業ができなかった。測定の間隔はタテ、ヨコともに 1m で、0.1nT の測定レンジを採用した。

結果をみると、小マウンドを呈するそれぞれの箇所に磁気異常があることに気がつく（第２図、A, B, C）。

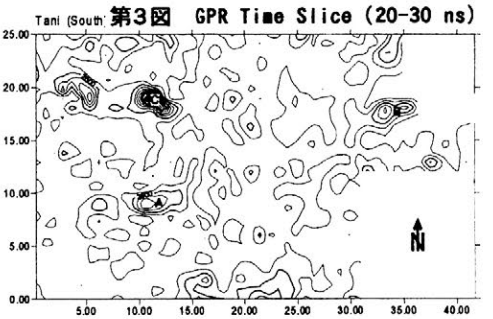


第2図　磁気探査の結果

また、その異常は当初に予想したように、それぞれのマウンドの中央付近に位置する（第２図）。ところが、西側にある大きなマウンドでは、北の裾に近い箇所にも同様の異常がある（C）。

磁気探査からは、測定した範囲では、３カ所に窯体の存在する可能性があると指摘できるのである。なお、磁気異常の中心が地形的に高い位置に合致しているが、そこにはプラス、マイナスの異常ともに認められるので、地形の影響はあまり反映されていないといえよう。

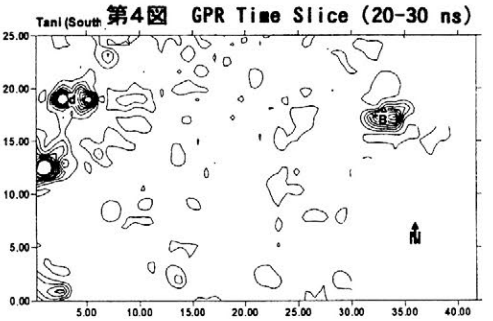
［GPR探査の結果］　測定では南北 1m 間隔に設定した測線上で、アンテナを東西方向に走査した。結果は先にふれたように Time Slice の方法により平面図として整理した。



第3図　GPR Time Slice (20-30 ns)

なお、ここにおける平面図作成では、地形に沿った、すなわち地表面から等距離にあるデータを取りだしたものである点に、注意しておく必要がある。

浅い部分である 20-30 ns の結果をみると、磁気探査でみた３カ所のそれぞれに対応する地点で、電波の反射の異常が認められる（第３図）。乾期の乾燥した状態での測定であったので、電波の土中伝搬速度を 7 cm / ns 程度と見積もると、これは約 70 ～ 100 cm ほどの深さにおける土壌の状況を捉えているといえよう。



第4図　GPR Time Slice (20-30 ns)

より深い 40-50 ns の結果（第４図）では、A, C の２カ所では明瞭な反射が認められなくなるが、大きなマウンド北裾の西と北西に顕著な異常のあることが注意される。

これらは、磁気探査では異常が認められない箇所であるので、窯体（C）に関連する焚口や前庭部における何らかの施設、あるいは廃棄土器の集積を表しているのかも知れない。

おわりに

ここでは、測定の原理の異なる磁気探査と GPR を用いて測定した。その結果、両探査方法ともに同一の地点で異常を認めた。これらを総合すると、探査した範囲内には窯体が３基存在する可能性が大きいと指摘できる。

今後、それぞれの地点において遺物散布状況を把握して、それに探査結果を照合すれば、焚口位置が明らかになるであろう。これにより、窯体の方向を限定することなど、より詳細な情報収集が可能となるはずである。

P 71

OSL・TL・ESR法による焼石・焼土の被熱温度の推定

○奥山 誠義（奈良教育大学）
長友 恒人（奈良教育大学）

１，はじめに

TL・ESR法はおもに年代測定のほか、遺物の焼成温度推定にも用いられてきた。例えば、縄文式土器や土師器などの土器の焼成温度(*1,*2)や窯跡の土の獲得温度(*3)など技法に関する温度の推定がそれである。一方、被熱考古資料（炉跡や野焼き跡、またその周辺の石、土など被熱の可能性があるものなど）については、年代測定に使われたもののほかは、旧石器時代の石器(*4)について温度の推定がなされた例は少ない。OSL・TL・ESR測定は資料に含まれる鉱物が吸収した放射線量を測定するという共通点を有した測定法であるが、その測定原理には互いに相違点があるため、試料が獲得した温度に対する信号強度の変化が異なる。そこで本研究では、加熱された可能性のある同一の試料について、TL・ESR測定、さらにOSL測定を行い、３種類の測定結果を総合的に判断することによって、遺物の獲得温度を推定する方法を検討した。

２，資料と試料処理

資料は山形県寒河江市富山遺跡出土の石片2点(J-24①Ⅱ5上、J-24④Ⅱ5上)と北海道北見市中本遺跡より採取された出土石器周辺の土（２地点分：NO.1とNO.5）である。

石片についてはいずれも辺縁が赤変もしくは黄変していた。石片は20％フッ酸に浸し表面層を取り除いた後、1㎝×1㎝×3㎝大にカットした。これを暗室内で万力にかけて250μm以下の大きさまで粉砕し、マグネティックセパレーターにかけて磁性・非磁性鉱物とに分け、非磁性鉱物のみを20％フッ酸にてエッチングした。こうして得られた試料は80㎎ずつ小分けした。

土試料は石片のように表面だけを取り除くということが不可能であり、また最大限の試料を得ることを考え、これらの点から光に当てることを避けたため、肉眼観察は行わなかった。土試料は水簸し、粗粒子法用に74μm以上250μm以下の粒子を得た。乾燥後、マグネティックセパレーターにかけ、磁性・非磁性鉱物とを分離し、非磁性鉱物について塩酸処理を行い不純物を除去した。こうして得られた試料はそれぞれ60㎎ずつ小分けした

３，測定

石片は付加線量法によって成長曲線を得、試料の蓄積線量を求めた。（図1）

TL法による被熱温度を比較するための実験の手順は以下の通りである。

・土壌形成以来の蓄積線量を模擬するために300Ｇｙのγ線照射を行う。

・300℃～1100℃まで100℃間隔で加熱し、蓄積線量分のγ線照射を行う。

・ＴＬ測定を行い、グローカーブを得る。ここで得たグローカーブと蓄積線量を求めたときに用いたγ線未照射（ナチュラル）のグローカーブとを比較し、被熱温度を推定する。

土試料についても付加線量法によって試料の蓄積線量を得た。（図2）

被熱温度の比較は石片の時と同様である。

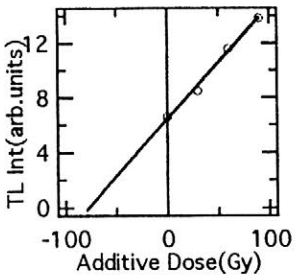


図１.富山遺跡出土石片の蓄積線量(J-24④Ⅱ5上)

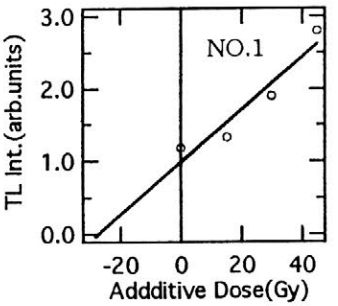


図２.中本遺跡採取土試料の蓄積線量

４，結果と考察

石片については辺縁が赤変もしくは黄変していることから少なくとも約250℃～600℃で加熱されている（*4）ことが予想されたが、ＴＬ測定では蓄積線量が77Gyであり、これは概算で約7万年（年間線量1.1mGyとして）に当たる。富山遺跡の推定年代から判断すると、この石片は焼けてはいるものの中心部まで十分に加熱されていないという状態である。土試料はNO.1については蓄積線量37.5Gyで約1万5千前に(年間線量2.5mGyと仮定して)ゼロイングされていると考えられ、中本遺跡が約1万3千年前のものであるといわれていることから考えると焼けていると考えられる。このナチュラルのグローカーブと被熱温度推定用の試料のグローカーブとを比較すると、土試料の加熱温度が推定される。一方、NO.5については蓄積線量161Gyで約６万４千前という測定結果である。当遺跡の年代から考えて未加熱であると考えられるが、土壌形成後の蓄積線量としては小さいので部分的に焼けていると考えられる。

これらの遺物が土壌を形成し、人為的にゼロイングされるまでにいくらぐらいの自然放射線を受け蓄積しているかや、人為的に加熱されたときにどのくらいの時間加熱されていたかといったことなどをいかに考慮するかが今後の課題であろう。

参考文献

＊１：ESRによる土器の焼成温度の推定,薫科哲男,月刊地球,32巻,517-523,(1981.8)

＊２：熱ルミネッセンス法による土器の焼成温度の推定,市川米太,古文化財教育研究報告,第８号19-22,(1979.3)

＊３：米屋山遺跡炭窯跡の熱ルミネッセンス年代測定,長友恒人,主要地方道浜田八重可部戦特殊改良工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書,122-125,(1991.3)

＊４：ESR Study of Thermal History and Dating of Stone Tool, A.Tani.Applied Magnetic Resonance 13, 561-569 (1997)

P 72

被熱黒曜石の表面構造

○中沢祐一（北海道大学大学院文学研究科）

1．はじめに

遺跡より出土した黒曜石製石器には、熱を受けた結果、黒曜石独特の光沢を消失した資料がある。経験的であるが、光沢の消失や微細なヒビの存在が、肉眼による被熱黒曜石を見分ける指標となっている。これらの光沢の消失した部分を実体顕微鏡を用いて観察すると、その表面はクラックに覆われている。クラックの生成条件を実験によって明らかにし、クラックの詳細な状態を提示することを目的とする。あわせて、その成因について物理化学的な説明を試みる。

2．観察方法と結果

表面観察：実体顕微鏡（倍率：15～60倍）。

断面観察：走査型電子顕微鏡（倍率：500･1500倍）。

(a) 考古資料の観察

被熱黒曜石の表面を平面で観察すると、多くのクラックが走行している。表面下にはクラックと重複するように、微小な気泡が見られる。やや大きめの気泡が部分的に生じている例がある。また、クラックとともに表面がはがれた部分や不透明な部分のある表面や、気泡がつぶれたような痕跡が重なった凹凸の表面も観察される。

(b) 実験および実験試料の観察

熱による黒曜石の光沢消失は、木灰との接触が条件となっている。電気炉（山田電気株式会社製BF-340型）内部の一定温度下で光沢消失の１時間ごとの変化を明らかにする実験をおこなった。被熱時間は12時間までである。試料とした黒曜石剥片は北海道置戸産であり、木灰はカラマツを燃焼させて生成した。その結果、550℃以上で木灰と接触した部分にのみ肉眼による光沢の消失が認められ、実体顕微鏡下でも考古資料と同様のクラックが認められた。

表面におけるクラックと気泡の状態をより詳細に把握するため、650℃で11時間被熱させた黒曜石剥片の断面を走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察した。被熱していない生の黒曜石の断面と比較すると、表面は凸凹である（写真１）。微小な気泡を断面でとらえることはできなかったが、クラックは内部へと約50ミクロン入り込んでいた。

3．考察

電子顕微鏡写真から、黒曜石の表面が溶融されたことがうかがえる。熱によって黒曜石表面と木灰との間で何らかの化学反応が促進される結果、クラックや気泡が生じ、やがて表面が溶融される説明を提示する。すなわち、木灰と付着した黒曜石表面下において、水

を主成分とする揮発性成分（気泡）が解離されることによって、黒曜石の体積が膨張し、それにともない表面の分子構造が変化し、空隙ができることによってクラックが形成されると考えられる（図１）。また、表面の溶融は、揮発性成分の解離によってガラスの粘性が低下する結果と考えている。木灰内部の元素が揮発性成分を解離させるひきがねとして作用していることが予測できる。

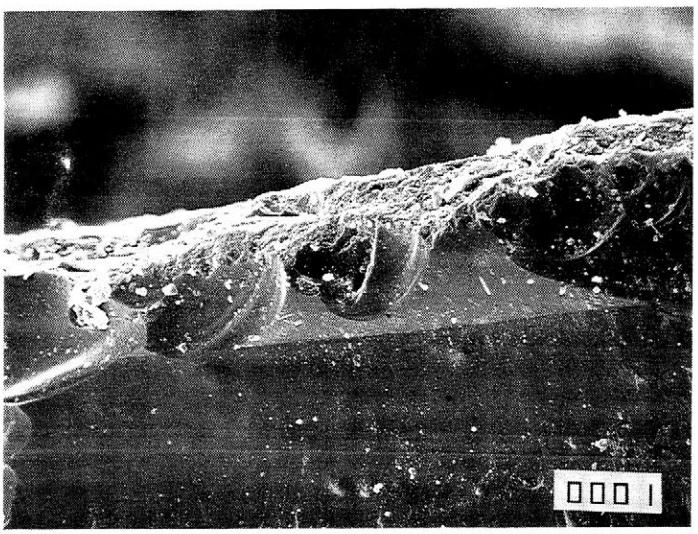


写真１　断面の電子顕微鏡写真（500倍）
650℃で11時間被熱させた黒曜石の表面付近

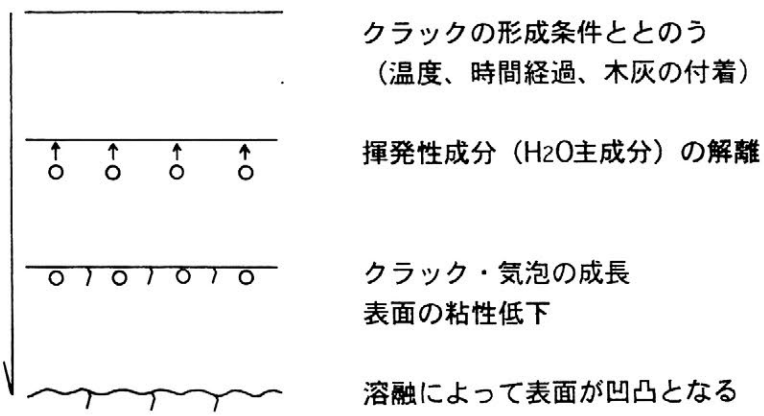


図１　黒曜石表面におけるクラック・気泡の形成過程モデル

P 73

福島県須賀川市稲古舘古墳出土鉄刀の構造調査

皆川　隆男（須賀川市教育委員会）　福島　雅儀（財団法人福島県文化センター）
成瀬　正和（宮内省正倉院事務所）　岡田　文男（京都造形芸術大学）

はじめに　1997 年の調査によって、稲古舘古墳から正倉院中倉８金銅細荘大刀第５号と共通する鉄刀が出土した。このような大刀が古墳から出土することは少ない。その報告とともに、鉄刀の刀身と把と鞘の組み合わせ方法、つまり鉄刀の構造的特徴から稲古舘刀の調査を行った。

稲古舘古墳は、丘陵尾根上に造られた直径 12 m、高さ 1,2 mの円墳である。内部主体は切石積横穴式石室で、玄室と玄門それに前庭状の羨道が設けられた構造である。横穴式石室の特徴は、７世紀代の特徴を残している。鉄刀は玄室の床面から出土し、このほか鉄鏃 13 点と鉄釘３点・刀子１点が散乱していた。また墳丘中からは、国分寺下層式の杯片が出土している。古墳や周辺からは、７世紀代の遺物は全く出土していない。墳丘中の土師器を重視すれば、構築時期は８世紀代であろう。

調査結果　稲古舘刀は、右の図に示した。鞘の責金を失い、把と鞘の有機質が損なわれている。主要計測値は、全長 76,2 ㎝、刀身長さ 61,2 ㎝（推定）、刃元幅 3,3 ㎝、重ね幅 0.7 ㎝、茎長 15.1 ㎝（推定）、鍔長径 7.2 ㎝、短径 4.3 ㎝、鞘口金長径 4.1 ㎝、短径 1.9 ㎝、である。

把木は二枚合わせで、縁側の端は鍔の内穴からハバキ下に通す構造である。把頭は眼に通した筒金と責金で茎と把木を固定している。縁金の把側は角面取りに仕上げられ、棟と刃側を花先に作っている。把間には紐が巻かれ、さらに漆で固定されている。鍔は花形板鍔でハート形透がある。把縁金の棟と腹は先を尖らせた形状である。ハバキの形状は、レントゲン写真からの推定である。

口金は縁金の形状とほぼ同じで、鞘口の下に筒金を差し込む造りである。ハバキ止は不明である。鞘木には漆が塗り立てられている。鞘尻は鉄製で鍬先形覆輪仕上げ。尻は丸く納められ端は花先に作られている。棟と刃側から釘で鞘木に固定されている。また内部には漆が付着している。

帯執足金具は山形金に帯執の足環を付け、これと腹帯金二条を組み合わせた形状である。山形金と腹帯の結合方法は不明である。山形金の上面は銅製の花形覆輪が被せてある。帯執足環の台は山形金の中央に佩裏から竪に打ち込まれ、表側には座金の上に球を載せた装飾が施されている。帯執足環は上方下半円で、下半円を台の環に通している。腹帯は鞘の形状に合わせて一の足より二の足が少し細く作られている。

自然科学的分析　把の木質　広葉樹散孔材（道管径中庸、放射組織織５細胞幅以下）
鞘の木質　針葉樹材
鞘 の 漆　下　地：漆に木炭粉を混和した炭粉漆。
漆塗膜：五回ないし六回透明漆を塗る重ねる。
金属部分については未調査。

検　討　稲古舘刀と共通する山形足金物が装着された大刀は、秋田市小阿地と郡山市牛庭から出土している。これ以外に東大寺金堂から２例と正倉院に５例、京都市鞍馬寺伝世刀などが知られている。稲古舘刀と小阿地刀と牛庭刀、それに正倉院中倉第５号刀は、眼のある把頭、山形金物と二条の腹帯、花先

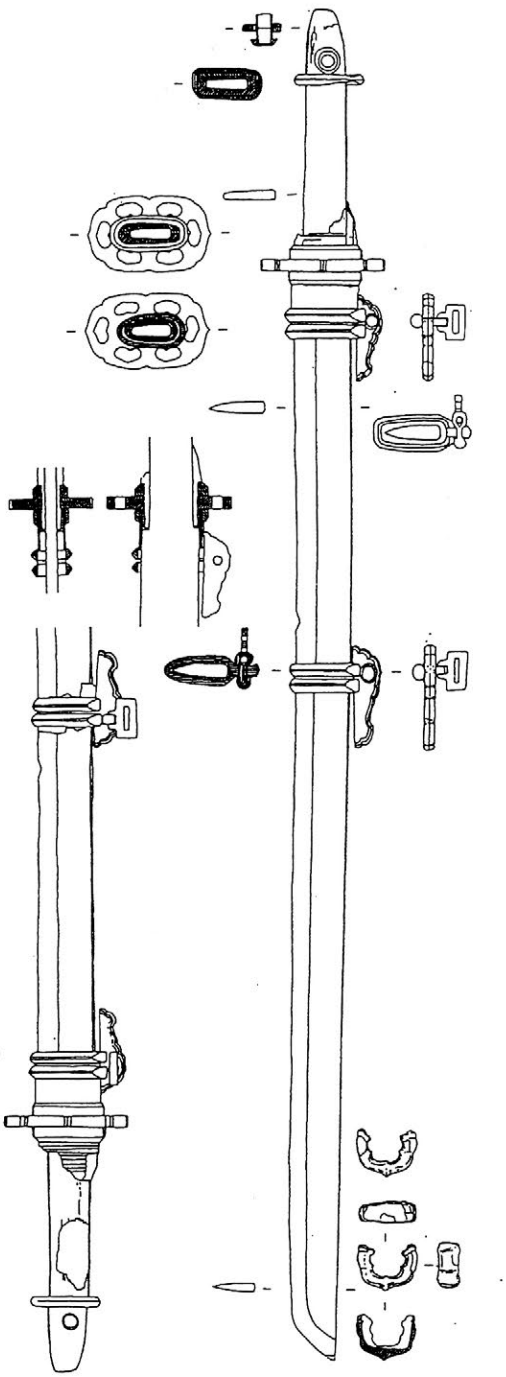
の板鍔、丸棟切刃造りカマス切先の刀身という共通した特徴から、奈良時代大刀を構成する要素である。把構造と刀身の特徴からすれば、「天平勝寶四年四月九日」の象眼が施された正倉院伝来の楽刀と共通していることから、この種の大刀が８世紀中頃に作られていたことを示している。

稲古舘刀、小阿地刀、正倉院第５号刀の把構造は、７世紀代鉄刀と同じように把木がハバキ下まで挿入される造りである。これに対して、牛庭刀では把木が鍔の表で止まり、ハバキが装着されていない点が重要である。これはいわゆる蕨手刀と共通する構造で、平安時代の毛抜太刀に続く造りである。

奈良時代大刀の鞘は、鞘木を獣皮や布で包みそれを漆と口金、足金物・約、鞘尻で固定する構造から、古墳時代の鞘と比べ極めて薄く作られている。足金物と合わせて、新しい唐系の服装に対応した変化である。また銅製刀装具の多用や漆技法の革新、鉄製足金物や鍔、鞘尻金具の細部加工技法の高度化は、律令体制下で各種工芸技術の発展と総合の結果である。

奈良時代の鉄刀は、山形足金物が装着された過飾的な様式と櫓金足金物が用いられた実戦的な様式に分かれる。前者は、後に貴族官僚の儀仗刀として発展し、主に文官が佩用する大刀である。後者は、烏作大刀に示されるように兵士・武官用の大刀である。つまり稲古舘刀の佩用者は、文官に属していた可能性が高い。また牛庭刀は刀装具に焼漆が施され、小阿地刀は金メッキで仕上げられている。当時、装飾材質の違いは、使用者の身分差を反映してる。金銀装飾が無い点からすれば、稲古舘刀の佩用者は五位以下の官位ではある。しかし正倉院第５号刀と同様な様式からすれば、地方では国司についで高位にあった人物が想定される。
この時、延喜式臨時祭で出雲国造に賜う負幸物のなかに、金装横刀が含まれている点に注意したい。地方豪族に大刀を賜う契機の一端が、そこに示されている。

まとめ　稲古舘刀の構造と形態的特徴は、正倉院第５号刀とほぼ同じである。これは奈良時代大刀のなかで占める高い地位を示している。今回は主に表面観察による調査であったが、さらに各種の科学的な調査を加えることにより、この資料は奈良時代鉄刀の基準の一つとなるであろう。



稲古舘古墳出土刀

P 74

クリストバライトによる石器原材の産地推定

○松崎琢也(岡山理科大学大学院)　新東晃一(鹿児島県立埋蔵文化財センター)
小林祥一(倉敷芸術科学大学)　三宅寛(岡山理科大学理学部)

(1)　昨年及び一昨年、遺跡から採取した火山灰中に存在するシリカ鉱物のうち、特にクリストバライトについての研究を報告してきたが、リートベルト解析法によるクリストバライトの格子定数 a_0 、c_0 の詳細な結果が得られたので報告する。
(2)　また、火山灰だけでなく凝灰岩及び溶結凝灰岩にまで研究対象を拡大し、同様にクリストバライトの格子定数を求めたので比較報告する。
(3)　更に、石棺等の溶結凝灰岩製出土品の原産地推定に、クリストバライトに注目することの有効性についても報告する。この件については、熊本県宇土市教育委員会の高木恭二先生より多数の試料の提供を頂いた。

(1)　火山灰そのものの粉末X線回折データより火山灰中のクリストバライトの格子定数を求めていくことは、極めて困難である。即ち、斜長石を主とする珪酸塩鉱物や火山ガラスの影響を受け、クリストバライトの面間隔$d_{(101)}$の測定には必ずしも正確は期し難い。一方、火山灰中のクリストバライトを単独で分離することは不可能である。そこで、まず熱燐酸処理法により、シリカ鉱物及び火山ガラス以外を溶解除去し、クリストバライトの回折ピークをより明瞭に求めることとした。しかし、必ず残存する火山ガラスの影響を除去するため、更にリートベルト解析用ソフト RIETAN を使用することにより、正確なクリストバライトの格子定数を求めた。
火山灰中のクリストバライトの格子定数 a_0 、c_0 は、a_0=4.9775[Å]以上、c_0=6.9398[Å]以上の範囲内に求められた。即ち、図のように a_0 、c_0 いずれも合成クリストバライトよりも大きく且つ両者間に大きなギャップの存在することと、いずれの火山灰も、格子定数 a_0 、c_0 が共に同値を示すことのないことを知り得た。なお、熱燐酸処理による誤差は a_0 、c_0=±0.0005[Å]、またリートベルト解析の再現性のばらつきは a_0 、c_0=±0.0003[Å]である。

(2)　溶結凝灰岩中のクリストバライトについても火山灰と同処理により格子定数を求めた。 a_0 、c_0 のいずれも火山灰中のものより小さく、両者に一線を画する関係にあること、即ち図のように前述のギャップを埋める関係にあることを知り得た。また、火山灰中のものと同様に格子定数 a_0 、c_0 が広範囲に分散することは、産地による差異と考えている。なお、角礫凝灰岩中のものは、火山灰の領域内に入り、火山灰、凝灰岩、溶結凝灰岩の三者間の生成過程の差同をそのまま示すものと考えている。

(3)　このようなクリストバライトの格子定数の分布を、溶結凝灰岩製の石器石材の原産地推定に新たに活用することを考えた。従来、遺跡の石棺等の原産地は、溶結凝灰岩の岩相や粉末X線回折像等によって推定されてきたが、なかでもクリストバライトの存在が確認される溶結凝灰岩については、これに加えて、クリストバライト含有量及びその格子定数を求めることにより原産地の詳細な地点の推定を試みるものである。
岡山県内の造山古墳及び築山古墳の石棺は、従来阿蘇溶結凝灰岩といわれ最近は熊本県宇土市産と指摘されている。また、大阪府高槻市今城塚古墳及び熊本県宇土市ヤンボシ塚古墳の石棺も同様に宇土市産とされている。これら溶結凝灰岩の無処理の粉末X線回折データを比較し、いわゆるパターン分析からはすべて同一産地即ちAso－4とすべきものである。クリストバライトに注目すれば、造山古墳の石棺では、他はいずれもクリストバライトは卓越しているのに対し、その含有量が少ないことが指摘される。クリストバライトが卓越するものについてのリートベルト解析結果を加味すれば馬門の同一地点と断定しかねる結果となった。

表1．火山灰

	サンプル名	d-value	a_0	c_0
1	有珠山	4.0469	4.98133	6.94044
2	桜島	4.0451	4.97766	6.94130
3	桐木遺跡第Ⅸ層	4.0464	4.97757	6.94817
4	前原遺跡岩本火山灰層	4.0497	4.98680	6.93988
5	上野原遺跡第10層	4.0501	4.98417	6.94885
6	上野原遺跡第10層	4.0487	4.98311	6.94492
7	前原遺跡アカホヤ火山灰層	4.0500	4.98673	6.94170

表2．溶結凝灰岩

	サンプル名	d-value	a_0	c_0
1	福島県西白河郡西郷村柏野	4.0428	4.97501	6.93717
2	大分県玖珠郡九重町粟野	4.0422	4.97435	6.93586
3	鹿児島県姶良郡加治木町	4.0418	4.97441	6.93368
4	群馬県吾妻郡六合村大子付近	4.0405	4.97225	6.93304
5	千葉県鋸山（角礫凝灰岩）	4.0488	4.98391	6.94301

表3．安山岩

	サンプル名	d-value	a_0	c_0
1	桜島産安山岩	4.0464	4.98048	6.94014

表4．合成クリストバライト

	サンプル名	d-value	a_0	c_0
1	粉末クリストバライト（Respirable Cristobalite Quantitative XRD Standard）	4.0401	4.97351	6.92767
2	石英脈中の石英を1500℃・24時間で加熱してできたクリストバライト	4.0393	4.97070	6.93092

表5．露頭及び石棺石材

	サンプル名	d-value	a_0	c_0
1	大阪府高槻市今城塚古墳	4.0439	4.97668	6.93803
2	熊本県宇土市ヤンボシ塚古墳	4.0423	4.97416	6.93698
3	熊本県宇土市網津町馬門露頭	4.0418	4.97428	6.93432
4	岡山県邑久郡長船町築山古墳棺部	4.0414	4.97301	6.93557
5	岡山県邑久郡長船町築山古墳蓋部	4.0416	4.97419	6.93350

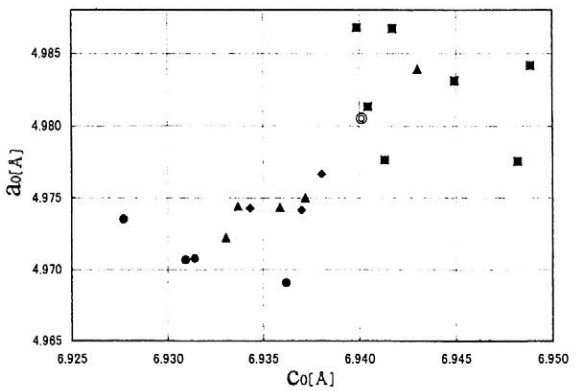


図1．リートベルト解析で求めたクリストバライトの格子定数
■：火山灰　▲：溶結凝灰岩　●：合成クリストバライト
◆：石棺石材及び露頭　◎：桜島安山岩

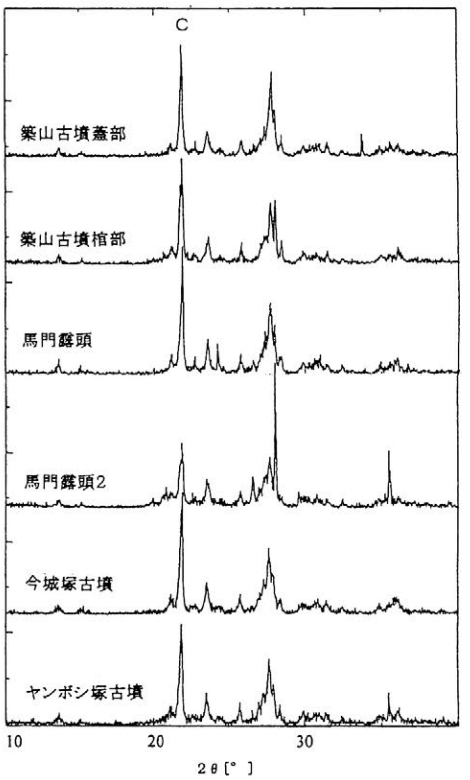


図2．石棺石材における粉末X線回折像
C：クリストバライト

P 75

PIXE 法による銅製品の微量元素分析
― 銅製品に固有な PIXE スペクトル上のバックグラウンドについて ―

○河野益近(京大・工)、吉田紘二(京大・工)、江南和幸(龍谷大・理工)、内田俊秀(京都造形芸大・文化財科学)

はじめに

我々は現在、日本国内で出土する銅製品に含まれる微量元素（金・銀・砒素・アンチモン・鉛・鉄など）を分析することにより、銅製品のグルーピング並びに銅製品と国内鉱山との関係についての情報を得る試みを行っている。銅製品に含まれる微量元素を検出するに当たり、PIXE(Particle Induced X-ray Emission)という新しい測定法を用いており、その検出限界に関してはすでに報告してある[1]。

今回は、我々が現在用いている分析システム(微量金属元素の検出感度を高めるために 4 MeV の陽子を照射)において銅製品を分析する際に、検出限界に影響を及ぼす PIXE スペクトル上のバックグラウンドの発生原因について報告する。また、今後PIXE 法を用いて銅製品を分析する際の我々の方針についても簡単に述べる。

測定システム及び測定試料

装置	:京大理学部タンデム型加速器
照射粒子	:陽子（ 3.3 MeV ～ 4.5 MeV ）
X線検出器	: ORTEC Si(Li)
中性子検出器:	He-3 Counter 並びに中性子モニター
吸収板	: Al(500 μm)
照射電流	: 1 nA/mm² 程度
標準試料	: 純銅箔 (3 μm～100μm)
実試料	: 各地出土の銅製品片

測定結果

実試料測定の一例として、図１に京都大学構内で発掘された銅片（試料No. KM96-236 AN20c4 SK30）のPIXE スペクトルを示す（陽子エネルギー：4 MeV、吸収板：Al(500 μm))。この図から、比較的濃度の高い砒素・銀を見ることができる。しかし、バックグラウンドの影響によって錫(Kβ)やアンチモン(Kα)の検出感度がかなり悪くなっていることが判る。

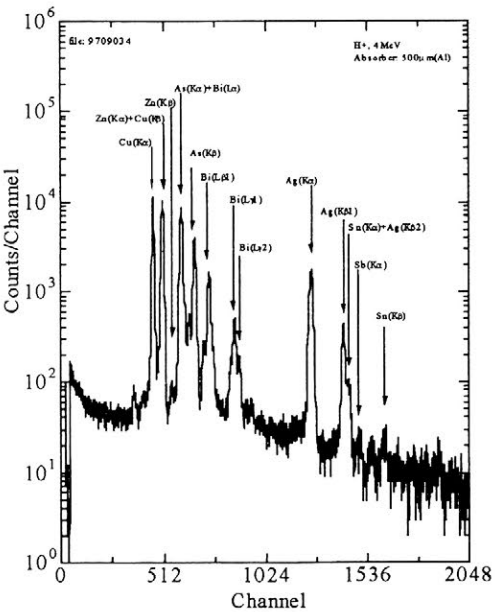


図１．京大構内KM96-236 AN20c4 SK30 のPIXE スペクトル

一方、厚み 23 μm の銅箔にエネルギーが 3.3 MeV から 4.5 MeV の陽子を照射した場合に、陽子のエネルギーと銅との核反応によって発生した中性子との間には正の相関が認められた（図２）。$Cu^{65}(p,n)Zn^{65}$ の Q-Value（核反応が起る理論的最小エネルギー）は -2.1315±0.0071 MeV であるが、今回は、使用した加速器の性能の問題から（性能が良すぎて）より低いエネルギーについて実験的に中性子の発生量を確認できなかったが、測定結果から、3.3 MeV 以下の低いエネルギーでの中性子の発生はかなり少なと考えられる。

また、中性子発生量と PIXE スペクトルにおけるバックグラウンド・レベルとの間にも強い正の相関が認められ（図3）、主成分が銅の試料では、核反応によって発生する中性子が PIXE スペクトルのバックグラウンドを高くしていることが確認された。

結論

PIXE スペクトルのバックグラウンドを高くする原因の一つとして、ナトリウムやアルミニュウムが主要な成分である場合に $Na^{23}(p,\gamma)Mg^{24}$, $Al^{27}(p,\gamma)Si^{28}$ 反応によって生じたガンマ線によるものがある[2, 3]。このことは、我々も実測によって確認している。しかし銅製品の場合、(p, n) 反応の Q-Value が低いために中性子が発生し、その中性子の検出器への直接的作用、あるいは中性子と加速器周辺材料との核反応によって発生したガンマ線、がその原因と考えられる。

この事実は、銅製品に含まれる微量金属元素を分析するに当たって、二つの選択肢があることを教えてくれる。1）陽子のエネルギーを高くして金属元素のX線発生量を多くすること、あるいは、2）陽子のエネルギーを低くして中性子の発生を押さえ、バックグラウンドを低くすること、である。バックグラウンドをアンチコインシデンス法で軽減する方法[4]もあるが、我々は当面銅製品の PIXE 分析に当たっては2）の方法を選択するつもりである。それは、簡単にスペクトルのバックグラウンドを軽減することができるということだけでなく、被曝管理の観点からも重要であると考えるからである。

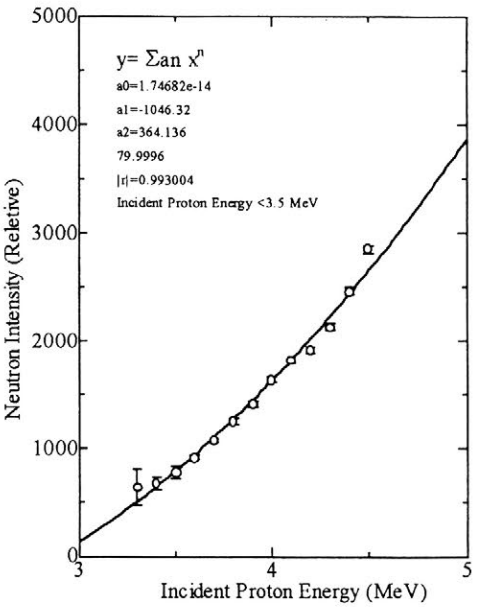


図２．入射陽子のエネルギー（MeV）と中性子発生量（相対値）との関係

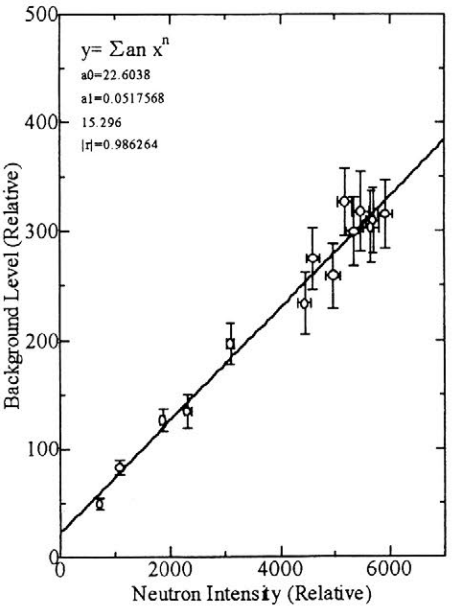


図３．中性子発生量（相対値）と Si(Li) 検出器のバックグラウンド（相対値）との関係

参考文献

[1] 「PIXE法による微小銅合金片に含まれる微量元素の検出について」、河野益近ら、*第14回日本文化財科学会* (1997).

[2] "Importance of Nuclear Background Produced by ^{23}Na on the Detection Limit of PIXE", K.ISHII *et al.*, *CYRIC Annual Reprot* (1993), pp.76-77 (1994).

[3] "Application of PIXE Analysis to Material Science", Y.SASA *et al.*, *Nucl. Instrum. And Meth.* B49(1990)569-572.

[4] "A Two-Detector Anticoincidence System for Reduction of Compton Scatered High Energy γ-Ray Background in PIXE Analysis", F.GLOYSTEIN *et al.*, *Nucl. Instrum. and Meth.* 181(1981)25-29.

P 76

遺跡調査におけるＧＰＳ測量の実例

○伊藤雅乃　久保孝嘉　天池学（(株) パスコ）

1、　ＧＰＳ測量

ＧＰＳ測量とは、上空が開いていてＧＰＳ（Global　Positioing　System）衛星を同時に 4 個以上用いて、アンテナレシーバーを設置することで、直接 3 次元座標が得られるシステムである。このＧＰＳ測量の中でも今回用いるシステムはリアルタイムキネマティック測量と呼ばれるもので、その場で 3 次元座標が得られる特徴がある。

この測量方法は、座標値（ＸＹＨ）があらかじめわかっている基準点上に基地局を設置し、測量したい遺構側に移動局をおいて測量していく方法で測量機材は、基地局と移動局にそれぞれＧＰＳ受信機と受信アンテナを装備する。固定局側では、基準点座標と衛星の搬送波等のデータを無線モデムで用いて周辺地域に放送し続ける。移動局側では、固定局で放送されているデータを受信し、移動局で受信したＧＰＳの搬送波データにより解析を行ない、固定局と移動局間の 3 次元ベクトルを計算し、手元のデータコレクターに測量結果を知ることができる。

すでに（＊1）トータルステーション測量とリアルタイムキネマティック測量を同じ遺構において観測を行ない標準偏差でＸ＝0.018m　Ｙ＝0.012m　Ｈ＝0.005mの値が得られて、リアルタイムキネマティック測量においての精度の検証がなされた。しかもリアルタイムキネマティック測量は、受信アンテナに対し仰角 15 度以内に障害物が無い所で、無線放送の届く範囲であれば、回りの環境に関係なく自由に測量がおこなえる。

2、　実験作業例

今回の実験例は、三角点などすでにわかっている座標値が近くにないが、基地局を設置し遺跡全体図を作成したい場合での測量方法を考えてみた。特に海外調査で未開地に点在する遺跡で、しかも対象とする遺跡が広大な範囲にまたがる場合、遺跡全体図の測量を行なうときに、現在考えられる測量方法としてリアルタイムキネマティック測量が非常に有効であると考えられる。

測量方法としては、まず測量を実施しょうとする範囲に直径約 1 ㎞ごとに遺跡を取り囲むように仮の基準点杭を設置する。設置された杭に座標を持たせるため 24 時間ＧＰＳアンテナと受信機を据え 1 点観測を行なう。これで各基準点杭には座標が取り付けられる。しかし、この時の座標精度は 30～40 ㎝の誤差を含む。次に座標の取り付けられた杭にＧＰＳ受信機と受信アンテナを装備し、基地局が完成する。あとは、移動局側が無線放送の届く範囲（約 1 ㎞）の中で単点測量を行ない遺構や築造物の形状を観測していく。取得されたデータ（ＸＹＨ）はデータコレクターに蓄積され、データ取得後室内にて図形編集ソフト（ＣＡＤ）に観測データを転送し編集することで 3 次元の遺構・築造物の図面が作成される。

ただし、各基準点どうしの座標精度はＧＰＳの 1 点測量の精度によるため、基準点 2 点間どうしで最大 80 ㎝の誤差をもつことになり、基準点に関しては、すでに座標のわかっているものを使用することが好ましい。そうすれば遺跡の測量のために新たに取り付けた基準杭についてもＧＰＳを用いたトラバース測量は簡単に行なえ、しかも精度は確保される。

しかし、ＧＰＳによる１点測量による基準点であっても縮尺　１／５００の場合、実測で 80 cmのずれが生じても図面上では、1.6mm のずれとなるため遺跡全体図を作成する場合であれば、遺構の配置を把握するうえではそれほど問題にはならない精度となるものと思われる。

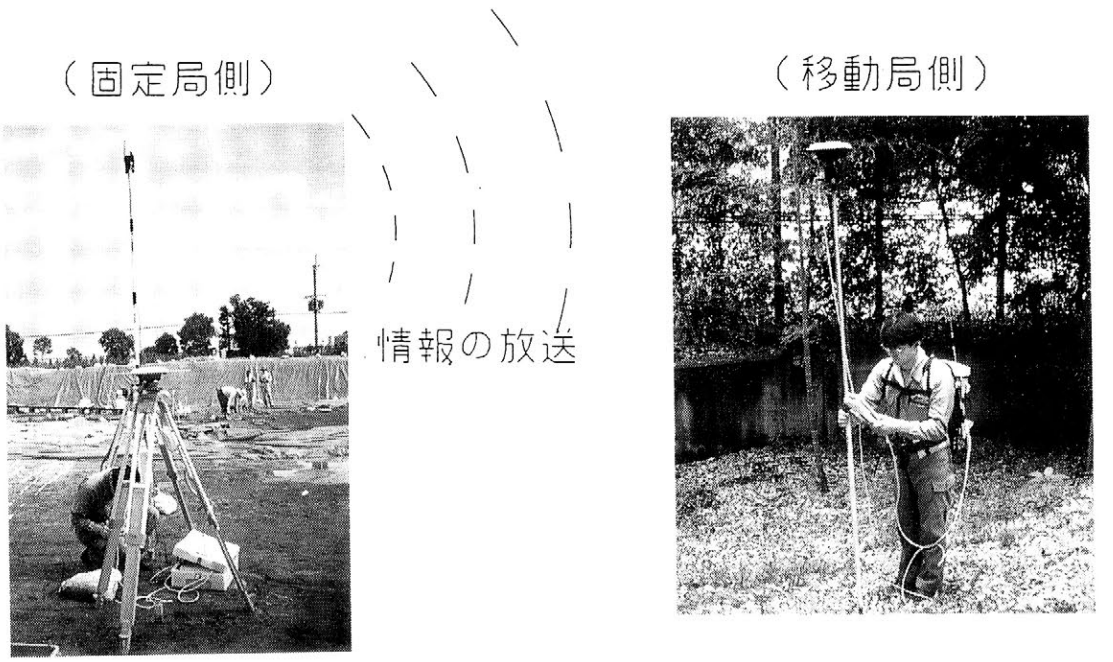
３、　まとめ

従来のトータルステーション測量と比較してリアルタイムキネマティック測量の特徴は、以下の４点が上げられる。

１、　見通しがきかない地形でも測量が可能である。
２、　無線放送が届く範囲であればどこでも測量が可能である。
３、　雨天や時間に左右されること無く測量が可能である。
４、　測量時に観測結果を見ることができる。

〈参考文献〉

＊1　久保孝嘉・伊藤雅乃・岡安光彦　”ＧＰＳを用いた遺跡測量の可能性”Ｐ50－56 日本情報考古学会第４回大会発表要旨 1997 年９月



P 77

三次元形状計測による文化財のデータ保存システム構築と応用（４）

―レンジファインダを用いた新しい遺構計測システムの試み―

（財）元興寺文化財研究所　　塚本敏夫　増澤文武
奈良先端科学技術大学院大学　佐藤宏介

１．はじめに

考古学の研究は遺構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、遺構、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、遺構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。しかし、手測りが中心の図面作成では精度的に満足出来るものではない。また、その作業は時間がかかり、ともすれば遺物の保存に対して悪影響を及ぼす場合もある。したがって、文化財の発掘作業において短時間で正確なデータを取ることが出来る計測システムを開発することが急務である。

本報告では三次元形状計測装置を用いた新しい遺構計測システムを提案することを目的とする。その中で重要な要素であるレンジファインダの遺構計測への試みを実際の発掘現場での実施事例を中心に紹介する。

２．リアルタイム遺構計測システムの概要

（１）　適用範囲と開発目的

遺構計測において遺物の出土状況の記録に適用する。特に、重層的に出土する遺物群を各層序毎にリアルタイムで３次元デジタル計測し、計測時にデータをチェックし、計測後直ぐに遺物を取り上げ、下層の発掘作業に進める高速発掘が可能となる。このシステムの適用により、劣化しやすい遺物の迅速な取り上げと立体的な出土状況のデータ取得ができる。また、発掘後に時系列的な発掘状況の可視化、層序的な出土状況の再現可視化が容易に行うことができ、取得データからのレプリカの作製等、取得データの有効的活用がはかられる。

（２）　遺構計測システムの概要

① 遺構のフレーム点群の設定

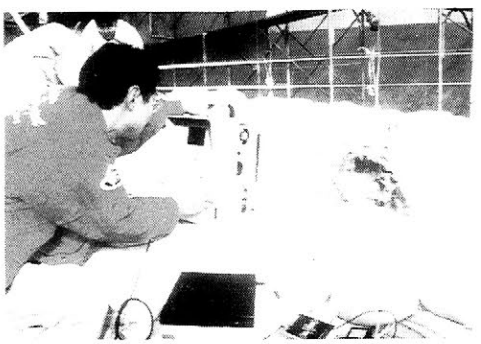
計測する遺構に基準となる粗い基準点を設定し、トータルステーションにより基準点群を計測する。

② 遺構の粗いデジタル計測

デジタルカメラにより基準点群を３点以上含む遺構面の計測する。

③ 出土状況のリアルタイムデジタル計測

計測視野内に基準点を３点以上設定し、出土状況の詳細なデータをレンジファインダでデジタル計測を行う（遺構面積、計測精度により分割計測を行う）。その場で計測データを確認し、発掘状況に応じてリアルタイムでレイアー毎にデジタル計測を繰り返す。



写真―1　計測風景

④ データ合成

計測したデータをＤＸＦデータに変換し、CAD上で精度の違うデータを絶対座標系に変換し、合成する。

3．レンジファインダの遺構計測への試み

リアルタイム遺構計測システムの開発に先行してレンジファインダの遺構計測への適用試験を行った。

（1） 計測対象遺構

計測試験は３９個の銅鐸を出土した加茂岩倉遺跡の銅鐸埋納状況を計測した。

（2） レンジファインダの選定

レンジファインダには①計測スピード②視野範囲③操作性（可搬性）④計測精度からミノルタ製VIVID700を選定した。

（3） 出土状況の遺構計測試験

① 粗いデジタル計測

デジタルカメラ（ミノルタ製）による遺構の計測を行った。３軸の基準器を作製し、同時に計測し、

② 出土状況の詳細計測

レンジファインダ（VIVID700）で分割計測を行った。その際、視野内に基準点を３点以上設定し、トータルステーションで計測した。尚、計測は直射日光をさけて行った。

写真―１にレンジファインダによる計測風景を示す。

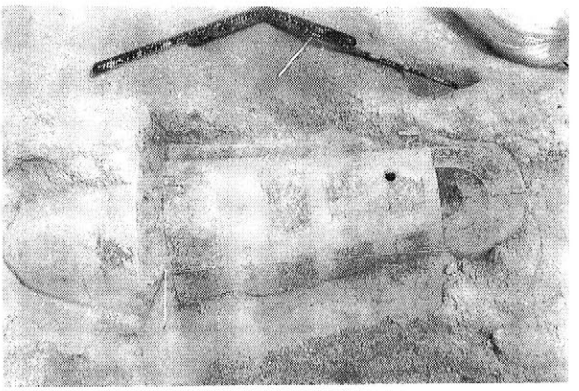
③ 計測結果

計測試験の結果、野外での遺構計測にもレンジファインダが有効であることが確認できた。

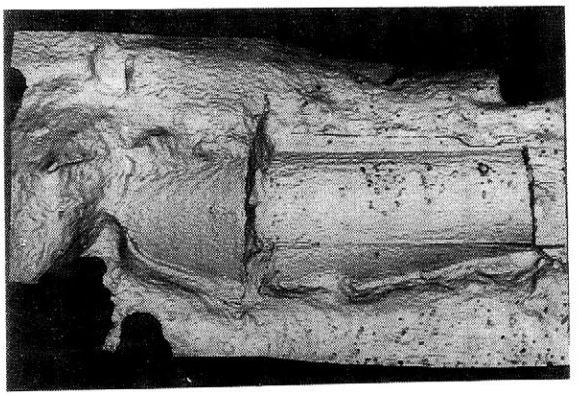
写真―２にデジタルカメラによる銅鐸埋納状況の写真を示す。

写真―３にレンジファインダによる銅鐸埋納状況のシェーディング図を示す。

写真―５にレンジファインダによる銅鐸埋納状況のワイヤーフレーム図を示す。



写真―2 デジタルカメラによるテクスチャ

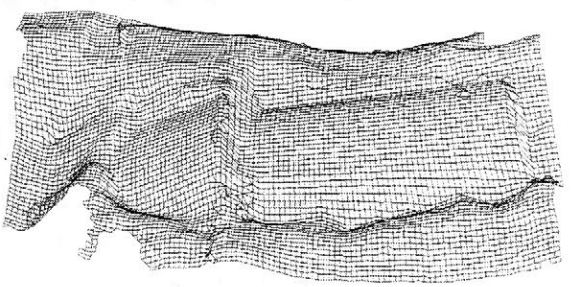


写真―3 埋納状況のシェーデング

4．おわりに

出土状況の遺構計測へレンジファインダを用いた新しい遺構計測法が有効であることが確認できた。

現在、リアルタイム遺構計測システムの実用試験を行っており、模擬遺構での予備実験ではその有効性が確認されている。今後は実際の発掘現場での実証試験を行い、実用性の高い計測システムとすることと計測したデータの有効な表現方法（可視化方法）や活用方法を含めた画像処理方法について考えて行く予定である。



写真―4 銅鐸埋納状況のワイヤーフレーム図

謝辞

最後になりましたが計測実験を行うに当たって島根県教育委員会の松本岩雄氏、加茂町教育委員会の吾郷和宏氏はじめ多くの方々にご協力いただいた。

また、計測ではミノルタ高槻技術研究所の糊田寿男氏にお世話になりました記して感謝の意を表します。

P 78

樹脂を用いた土器の修理方法について

—真脇遺跡出土縄文土器の修理を例にして—

○伊藤健司（(財)元興寺文化財研究所）　菅井裕子（同）　尼子奈美枝（同）　木沢直子（同）
高田秀樹（石川県能都町教育委員会）

Ⅰ　はじめに

縄文時代前期から晩期終末まで続く真脇遺跡は、1982・83年に調査され、1989年に史跡、1991年に石製品、木製品などとともに縄文土器５２点が重要文化財に指定された。完形品はなく５割から８割程度の遺存率で、接合にはセルロース系接着剤（商品名：セメダインＣ）、復元部には石膏と樹脂からなる復元材（商品名：モデライト）が使用され、復元部の施文はある程度行われていた。修理は1995～99年度までの５カ年で全ての土器を行う。

Ⅱ　修理の基本方針

修理の基本は、考古資料でありかつ美術資料としての修理を行うことである。具体的な修理の方針として、保存科学的な修理だけでなく、復元された土器の接合や器形を検証し、文様の展開、施文の工具（以下、原体）・順序などの考古学的な検討を加え、復元部は直接原体を施文することで、遺存部とほとんど違和感のない修理を実施することとした。

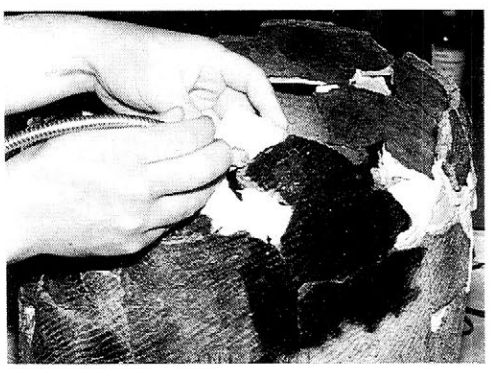
Ⅲ　樹脂の選択

一般的に接合や復元にはセメダインＣや石膏を使用することが多いが、硬化するまでにズレや歪みが生じたり衝撃ではずれたりし、器面を破損や損傷することがある。これらを解消するために近年他の合成樹脂を用いた修理が提案されている(1)。本修理も以下の樹脂を選択した。

１、紫外線硬化型樹脂（以下、ＵＶ樹脂）(2)

接合や器形を検証するには、先に接点を確認しながら仮接合して組上げることで、全体の基本的な器形が把握でき、接点のない破片の位置もほぼ決定できる。

この時に、器面に与えるダメージを最小限にとどめるためＵＶ樹脂を選択した。同樹脂はすでに一部の修理で使用されているが、接合面に少量用いて数秒間紫外線を照射するだけで硬化し、修正が必要な時はメスなどで簡単に取り除くことができ、器面を痛めることはほとんどない。接点の状況に応じてセメダイＣやパラロイドＢ－７２なども併用することもある。



また、欠損部には予め薄く板状にしたエポキシ樹脂を欠損の形状に合わせ切断し、ＵＶ樹脂とエポキシ樹脂を繋ぎ合わせること（写真）で、接合部に負荷がかからず組上げが可能となり、器形の整合性や接点のない破片の位置がほぼ決定できる。欠損部の補強や器形・文様復元の心材としても利用でき、エポキシ樹脂の使用量の軽減を計ることができた。

２、エポキシ樹脂

当初欠損部の復元は型取りで行ったが、文様の勢いがなく縄文の方向など若干相違したことから、文様復元には原体により直接樹脂に施文を行うこととした(3)。このため直接施文に適する樹脂が求められ検討した結果、アラルダイトＸＮＲ６５０４／ＸＮＨ６５０４　（チバ・ス

ペシャルティ・ケミカルズ（株））を選択した。

主　　剤	ｱﾗﾙﾀﾞｲﾄ	SV426	XN1264A	XNR6504	XNR6550
硬　化　剤	ｱﾗﾙﾀﾞｲﾄ	HV426	XN1264B	XNH6504	XNH6550
可使時間(分・500ml 25℃)		１５	１０	２１０	６０
硬化後の比重(JIS K-6911)		０．７３	０．８６	０．７７	１．３０
硬化後の色調		褐　色	橙　色	白　色	灰　色

＊チバ・スペシャルティ・ケミカルズ（株）「アラルダイト治工具用エポキシ樹脂」カタログに一部加筆する。

同樹脂は可使時間が２１０分と長いため、広い範囲の復元部の文様を途切れることなく連続的に施文でき、施文後の質感も損なわない。さらに軽量のうえ硬化後の色調が白色であることから彩色が容易である。

Ⅳ　おわりに

考古学的な検討とこれらの樹脂を用いることで、従来の修理に比べ器面に与えるダメージが少ない接合・器形復元ができ、さらに文様復元は直接施文することで文様の勢いや質感を得られたことにより、正確な器形と遺存部と遜色ない復元で表現できた。

このほか、詳細は後日あらためて報告するが、Ｘ線透過試験[4]や分析などの成果と合わせることにより、精度の高い修理が可能となった。



修理前　　修理後

(1)　今津節生・伊藤幸司・鳥居信子・村松弘規　「石膏にかわる土器の修復材料」『第１２回日本文化財科学会研究発表要旨集』　184-185（1995）

(2)　徳永哲秀　「「土器復元」改良の試み-形状記憶樹脂とエポキシ樹脂を芯材、補強材として-」『長野県埋蔵文化財センター紀要』４　1-10(1995)

(3)　ＸＮＲ５４０３Ｗ　（チバ・スペシャル・ケミカルズ（株））

(4)　伊藤健司　「重要文化財真脇遺跡出土縄文土器の修理」『元興寺文化財研究』58　1－6(1996)

(5)　木沢直子　「土器修理の現状と問題点ー真脇遺跡出土縄文土器の修理を通してー」『創立三十周年記念誌 1967～1997』元興寺文化財研究所 208-213(1997)

(6)　(4)一部の成果は下記に報告した。

(7)　伊藤健司　「炭化物の付着した土器の文様確認について-重文真脇遺跡出土縄文土器のＸ線透過試験の成果を例にして-」『元興寺文化財研究』62　1-6(1997)

P 79

シリア・アインダーラ神殿遺跡保存修復国際プロジェクト

東京国立文化財研究所　西浦忠輝　　東京国立博物館　井上洋一
(株)ざ・エトス　海老澤孝雄　　アレッポ博物館　ﾜﾋｰﾄﾞ・ﾊｲﾔｰﾀ

はじめに

アイン・ダーラ神殿遺跡は、シリアのアムーク平原の上流、アレッポの北西約37ｋｍのアフリン・バレーにある石造遺跡で、紀元前10世紀に遡る重要な遺跡である。シリア考古総局によって1956年、1976年に発掘された。この遺跡を特徴づけるのは、玄武岩でできた神殿の外壁にくまなく彫られたスフィンクスとライオン像のレリーフや大理石の足跡石などであり、アラム文化の特徴を伝える、歴史的のみならず美術的にも極めて価値の高いものである。

しかし、これらの石彫物は、発掘直後から損傷が著しく、層状、ブロック状に剥離、剥落してその姿が失われつつあった。また、床面の不同沈下等があった。そこで、その保存、修復を行うために、1994年に日本とシリアの共同プロジェクトが組織され、調査、研究および実際の保存、修復処置、さらにはシリアの若手技術者への技術指導を行ってきている。

重要な遺跡が多数存在する中近東地域では、かなりの数の国際プロジェクトを含む多くの発掘調査が行われており、大きな成果を上げている。しかし、発掘された重要な遺跡の、その後の保存対策は極めて不十分である。この日本・シリア共同保存修復プロジェクトは、中近東地域における発掘後の遺跡の保存修復プロジェクトとして国際的にも注目を集めており、今後の発掘と遺跡保存との関係、さらには国際保存協力のあり方を考える上で重要なものである。

遺跡の状況

石彫物は、発掘時において既に大きく破壊されており、特に顔の部分についてはほとんど全部が破壊された状態で、唯一正面の一体のスフィンクス像のみが不完全ながらも顔面を残している。破壊され剥ぎ取られた顔面部のいくつかは発掘時に発見され、倉庫に保管されているが、それらの元の位置は現在までのところ同定できていない。石彫レリーフには大小の割れ、亀裂が多数存在し、それにより、破壊、崩落が進行中であった。しかしながら、石質そのものの劣化、脆弱化は軽微であり、健全で強固な状態を保っている。

アイン・ダーラ神殿の石彫物がかくも激しく破壊された原因は、火災による影響もさることながら、古い時代における人為的な機械的破壊ではないかと考察される。即ち、戦いに敗れてアイン・ダーラ神殿が破壊された際、政治的あるいは宗教的理由等で、顔面部分が集中的に意図的な破壊を受けたと考えられる。

最も大きな問題は、石材に多くの割れが存在し、そこから破壊が進行していることであった。雨が降ると、雨水が容易に石の割れ目に入り込む。石質自体は健全で緻密な状態を保っているので、割れ目に入り込んだ水は、石内に浸透せずに割れ目内に留まることになる。冬季において、この水が凍結すれば、石は容易に破断する。また、冬季以外にも、割れ目に入り込んだ土砂に水分を供給し、草、木の生長を助長して、破断の原因となる。実際、発掘以後に脱落したと思われる彫刻面の断片も、倉庫内には数多く保管されている。

保存修復対策

前述のように、石彫レリーフには大小の割れ目、亀裂が多数存在し、非常に不安定であった。従って、保存対策としては、まず第一にこれらの割れ目をつなぎ、石材を一体化させることであった。そのためには、割れ目の中に合成樹脂（エポキシ樹脂）を注入、充填して、石材を接着、固定し、かつ割れ目を完全に充填しなければならない。割れ目の幅、長さ等、種々の状況に応じて、樹脂の種類（主に粘度）や注入方法を使い分け、注入充填処置を実施した。

また、劣化の主原因は石材の割れ目への雨水の侵入であるから、環境面からこれを防ぐことは本質的な劣化防止策である。遺跡の景観上の問題を考えなければ、全体に覆屋を設置して雨から護ることは最善の保存策である。アイン・ダーラ遺跡では、以前シリア考古総局によりドーム状の覆屋の建設が計画され、遺跡を囲む形で鉄筋コンクリートの太い柱が立てられた。この柱の設置は、遺跡地域内を大きく掘り下げ、セメントを流し込んで固めるなど、遺跡保存の観点から見て不適当な工事であったと言わざるを得ない。しかし、シリア側によって既に行われてしまった工事であり、今更撤去して

も遺跡が元に戻るわけではない。従って、今後どうするかを前向きに考える方が賢明である。ただし、残されていた柱は、外観上極めて見苦しい状態であったので、下部の土台部分を残して上部を切断し、撤去した。そして、将来的には、柱の下部を利用したテント状屋根の架設を検討して行くべきであろうと考えている。

テル（遺跡のある丘）の側面で雨水による侵食が起きており、特に神殿の位置する北西面で崩落、崩壊の危険性が指摘されている。そこで、テルの補強整備工事が、シリア考古総局により行われる予定であり、そのためのボーリング調査等が行われた。日本側は補強整備に用いる材料、工法について調査し、設計提案書をシリア側に提出した。

石彫レリーフのオリジナル彫刻面が発掘時に発見されており、また発掘後に崩落したものもかなりあって、大量の断片が現在倉庫に保存されている。これら残存断片の整理と元位置の同定を行い、同定できたものについて、合成樹脂（エポキシ樹脂）による再接合を行った。

アインダーラ神殿には、石彫レリーフの他に多数の大きな石彫像があったが、それらはほとんど原型を留めないまでに破壊されている。しかし、それらの大きな断片の同定、再接合はある程度可能であり、可能な範囲内での修復を行った。

足跡石については、材質が石灰岩であり、玄武岩に比べて遙かに劣化しやすい（特に酸性雨に弱い）ので、表面からの劣化により足跡が見えにくくなる恐れがある。そこで、石全体をクリーニングした後、撥水性のあるシリコーン樹脂を含浸して、表面層を強化するとともに防水性を与えて保護する処置を行った。また、クラックへの合成樹脂の注入による安定化処置を行った。

神殿前室および奥室の床面が、それぞれ中心部に向かって不同沈下していた。そこで、舗石を一旦取り外し、石灰岩塊を補填して敷石を嵩上げしてから、舗石を元の位置に戻して、床面のレベルを揃える作業を行った。また、中央階段部分の掘り起こしと修復を行った。

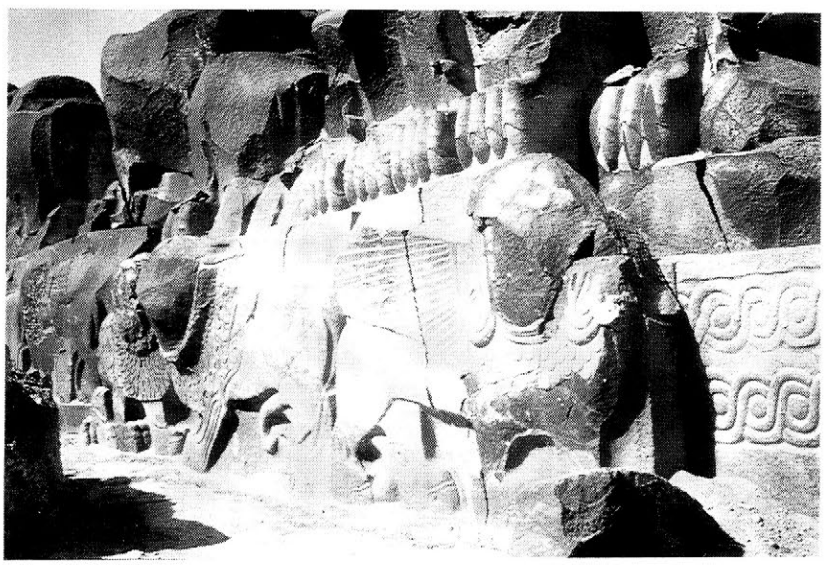
遺跡の保存環境を調査するために、遺跡に近接した宿泊施設の屋上に環境計測機器を設置し、温度、湿度、風速、日照強度、雨量等の連続測定を行っている。

神殿の南西30メートル程離れたところに、作成途中の石彫物が残されており、その内の１体はほぼ完全な形のライオン像である。この像は、彫刻が完成し神殿に設置される直前の状態であったと推察される。幸いに破壊を受けておらず、ほぼ完全な形を残している重要なものである。横斜めに寝かせてあったこのライオン像を、下部にあった割れを再接合した後、垂直に立て、併せて周辺の整備を行った。一般の観光客にとっては、神殿に到る直前にこのライオン像を見ることになるので、かなりのインパクトを受けることになるであろう。

この保存修復事業は、いうまでもなく日本とシリアの共同事業であり、シリア側の人材養成も本事業の重要な目的の一つである。そのために現地での技術指導および日本に招聘しての研修事業を行った。

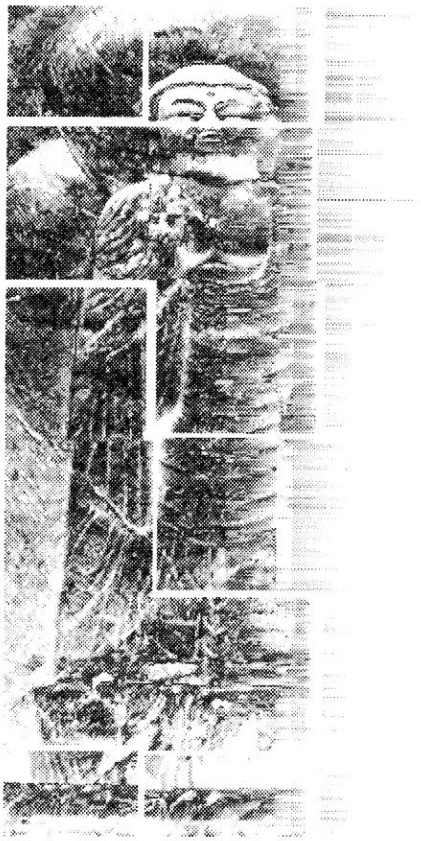
おわりに

1994年４月にスタートした本プロジェクトは、多くの関係者の御苦労、御協力により、何とか計画通りに推移し、1999３月で終了する。終了後も可能な限り追跡調査等を続ける予定である。



本プロジェクトの遂行にあたって、種々のご協力を頂いた多くの方々に感謝し、今後なお一層のご協力をお願いするものである。

本プロジェクトの経費は主に住友財団「文化財維持・修復事業助成＜海外＞」によってまかなわれている。ここに記して深謝申し上げる。

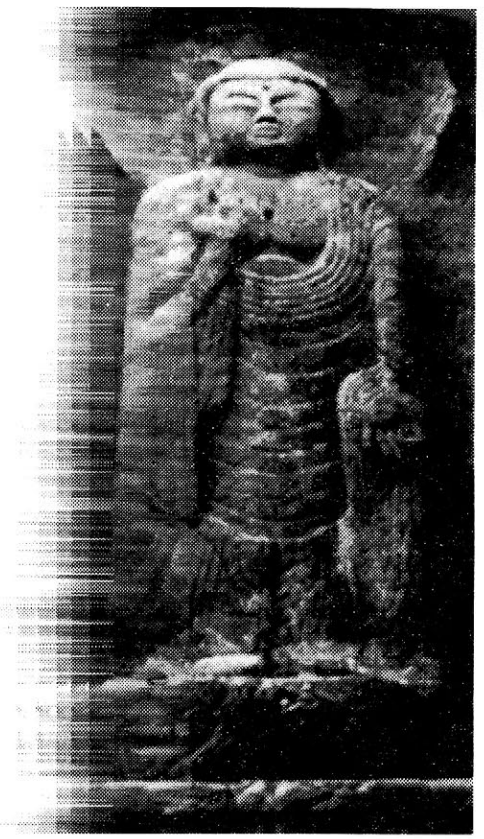


STOP the 風化

石材強化剤
OH100

石材撥水剤
280

石材強化撥水剤
H



TRY the 活性

株式会社アクト

本　　店
〒518-04　三重県名張市赤目町相楽619-1
ＴＥＬ・ＦＡＸ（0595）63－8261

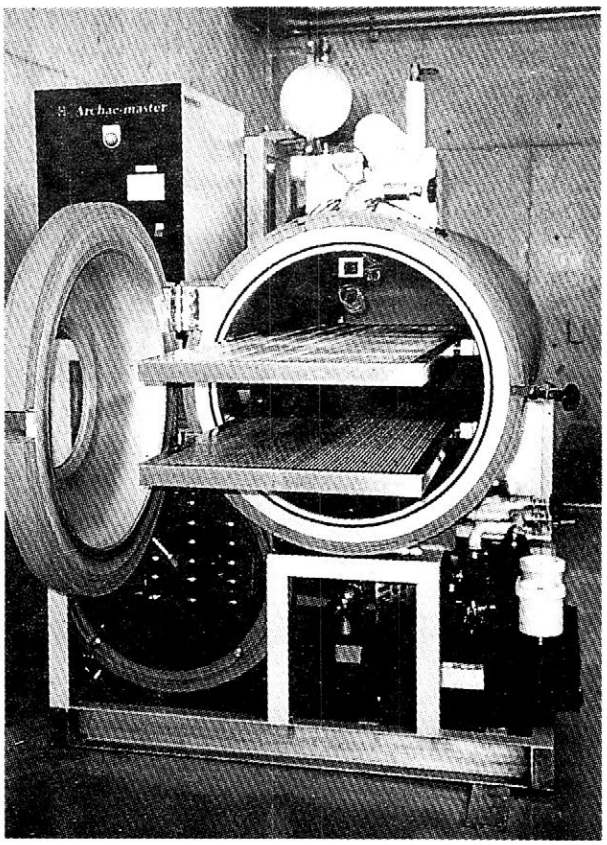
営業本部・倉庫
〒544　　大阪市生野区巽南5-9-11 森下通商ビル内
ＴＥＬ（06）796－2381
ＦＡＸ（06）794－0254

PRESERVATION
T E C H N O L O G Y

考古遺物保存処理装置

Archae-master

20数年の遺物処理装置の製作についての
豊富な経験、実績に基づいて、
装置を製造販売しております。
多様な御要求にお応えできます。



真空凍結乾燥機 AP-2-43B

■営業品目

- 木製遺物処理用真空凍結乾燥機
- 有機質遺物処理装置
- 金属遺物処理用減圧含浸装置
- PEG含浸装置

■レンタル制度

- 真空凍結乾燥機
- 有機質遺物処理装置
- 金属減圧含浸装置
- PEG含浸装置

※期間・形態について自由に
選択できます。

■納入実績

ロシア(パジリク)、奈良国立文化財研究所
橿原考古学研究所、安土城考古博物館
北海道埋文センター、長野県立歴史館
静岡県埋蔵文化財調査研究所
山梨文化財研究所、太宰府市文化ふれあい館、他

製造・販売元
関西保存科学工業株式会社
〒635 奈良県大和高田市本郷町9-25 TEL.0745-52-4776 FAX.0745-52-4779

脱塩処理装置
DSMシリーズ

MITSUWA RIKAGAKU

1 ドアの締め付けはワンタッチの全自動
〔安全に開き、確実に閉じる新設計。〕

2 3つのモードがワンタッチ選択
〔マイコン制御でフルオート運転。〕

3 自己診断機能の装備を万全対策
〔操作性も重視した安全対策。〕



地球にやさしい薬品未使用タイプの脱塩処理装置！

- お客様の要望により、脱酸素状態を完璧にキープ。
- 今までにない短期間での脱塩処理が可能になり、安全・簡単・スピーディー。
- 指ひとつでドアの締め付けから、脱塩まで出来るマイコン制御の全自動万能タイプ。

DSM-421K

DSM-242Ⅱ-K

販売元 三ツワ理化学工業株式会社

特販部 TEL 06(351)9683 FAX 06(351)6377
本社 TEL 06(351)9631 FAX 06(351)9694
東京支社 TEL 03(3814)5881 FAX 03(3814)0558
宇部支店 TEL 0836(21)4146 FAX 0836(21)1170

製造元 株式會社 平山製作所

本社 〒344 埼玉県春日部市豊野町2－6－5
TEL.048-735-1241(代) FAX.048-733-2384
大阪支店 〒540 大阪市中央区内淡路町1-4-8(中大江ビル101号)
TEL.06-910-5842(代) FAX.06-910-5844

Paleo·Labo

考古学のための自然科学的調査・分析は、年代測定や材質・技法・産地あるいは古環境など各方面の研究成果により大きく進歩しつつある。今後も新しい分析法あるいは解析法の進歩により、より精緻になされるものと期待されます。今後とも考古学と自然科学の密接な関わりが、ますます重要かつ本質的な事実を解明するものと考えます。



株式会社パレオ・ラボ

本　社　〒335-0016　埼玉県戸田市下前1-13-22 ビコーズ戸田Ⅲ1F
Tel 048-446-2345　Fax 048-444-7756
E-mail : paleo@mbc.sphere.ne.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1F
Tel 058-391-0881　Fax 058-391-8129
E-mail : pal@ggf.ilc.or.jp

URL=http://www.ggf.ilc.or.jp/user0/pal/home/index.html

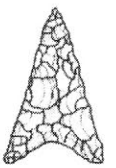
歴史、甦る。

第63回日本考古学協会総会出展

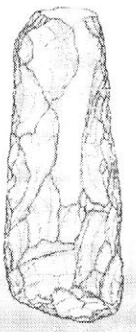


マイブンスコープⅡ型

●矢じりトレス図

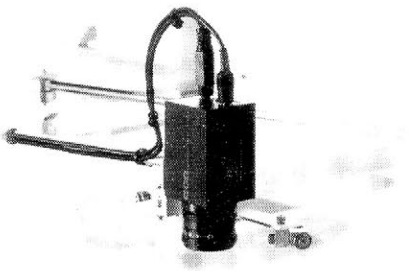


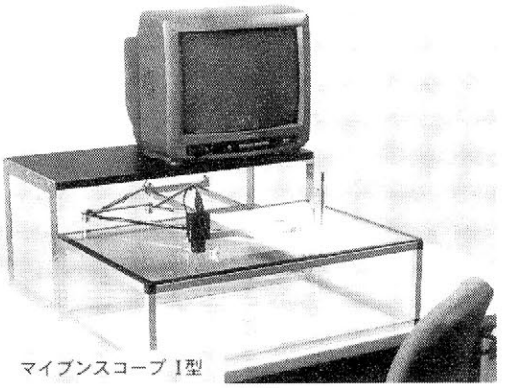
●石器トレス図



遺物実測システム　特許出願中

マイブンスコープ





マイブンスコープⅠ型

時代の先駆者たちが残してきた
数々の足跡が新たなカタチで
今、目の前に現れる。

遺跡・遺物の写真測量、遺物等の写真撮影、遺物の計測、建造物、壁面の写真計測および図化も承ります。

【マイブンスコープ型式】

型　式	作図可能範囲	対象遺物
Ⅰ　型	25cm×25cm	石器、須恵器、土師器
Ⅱ　型	50cm×60cm	縄文土器

特　徴

- ●遺物を拡大（カラーモニター上で約5倍）し、複雑な文様や形等を1:1の縮尺で正確（誤差0.5mm以内）かつ迅速に正射投影図画が作成できます
- ●壊れやすい遺物（馬具等）も、手を触れることなく、塗り絵感覚で図画が作成できます
- ●コンピューター等の複雑な操作を必要としないため、誰にでもすぐ使えることができます
- ●手実測に比べ、定規等使用する必要がないため、作画時間が大幅に短縮できます

※なお、バージョンアップ（展開図、断面図作成システム）も開発中ですのでご期待ください

お問い合わせは下記へ

総合建設コンサルタント
株式会社マエダ

本社　〒163-09　東京都新宿区西新宿２丁目３番１号
新宿モノリス７Ｆ
フリーダイヤル：0120-788004（担当：小林まで）





―― 貴重な遺構をのこしたい ――

～遺構の型取り・移築は当社へ～

【事業内容】
○遺跡・遺構の移築　○土層標本製作　○文化財修復　○土器復原　○レプリカ製作
○古代住居復元　○地形模型　○ジオラマ　○壁面イラスト　○環境復元　○展示企画
○設計デザイン　○展示資料のクリーニング及びメンテナンス　○ミュージアムグッズ製作

【主要実績】（埋蔵文化財関係）

○神奈川県温泉地学研究所　地層剥取標本製作
○長野県南木曽町太田垣外遺跡　土器敷炉型取り複原
○群馬県玉村町オトカ塚遺跡出土　馬型埴輪復元
○新潟県上川村北野遺跡　縄文住居址型取り
○新潟県津南町正面原A遺跡　配石墓反転取上げ
　トチノミ貯蔵穴断面剥取り
○東京都立府中病院内遺跡出土　土師器・那恵器復原
○新潟県津南町沖ノ原遺跡出土　火焔土器複製
○新潟県津南町堂平遺跡　復式炉（3基）土器敷炉（1基）反転取上げ
　複式炉（1基）復原、火焔土器修復
○新潟県十日町市野首遺跡　配石遺構反転取上げ
○宮崎県総合博物館　地層剥取標本製作
○山梨県立考古博物館　剥取資料木枠製作及びクリーニング
○長野県篠ノ井遺跡出土　瓦塔修復
○福島県郡山市大安場古墳出土　石釧複製
○新潟県朝日村アチヤ平遺跡　敷石住居址（2軒）
　配石遺構、複式炉反転取上げ
○新潟県朝日村元屋敷遺跡　道状遺構、石囲炉反転取上げ
　水場遺構型取り
○東京都多摩市稲荷塚古墳　石室内剥取り
○埼玉県深谷市国済寺　宝篋印塔安定化
○埼玉県川本町畠山館跡　火葬墓反転取上げ復原
○新潟県上川村大谷原遺跡　竪穴式住居址（2軒）型取り

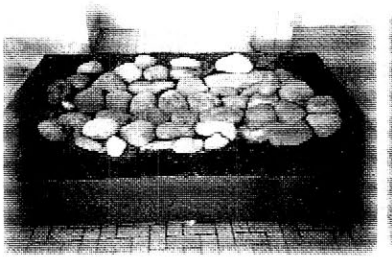
文化財の造型保存についてご理解頂くために
ニュースを発行しております
ご希望の方は浦和分室の堀江まで
ご連絡下さい

きりん工房
KIRIN CREATIVE STUDIO

浦和分室 〒336－0015　埼玉県浦和市大字太田窪2223－1
TEL／FAX 048－885－5388

本　　社 〒332－0003　埼玉県川口市東領家2－31
TEL 048－224－8601
FAX 048－224－6778





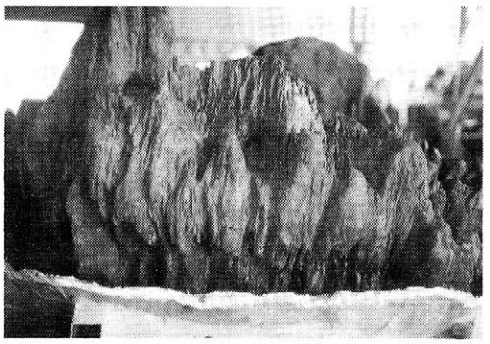


遺構・遺物の保存工事

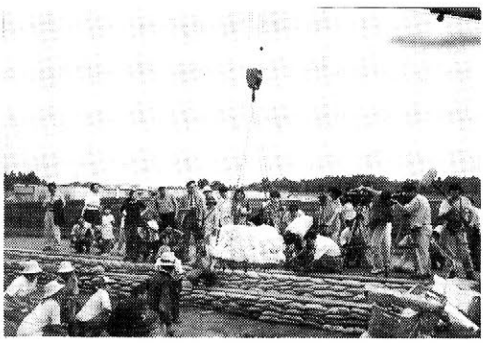
○**遺構・遺物の保存処理**　　窯跡、住居跡などの合成樹脂等による保存処理工事

○**脆弱遺物の取り上げ工事**　　如何なる大きさ、形状の遺物でも出土状態のままで取り上げ、保存・展示のための処理、整形加工

○**遺構断面等土層の転写・加工**　　土層断面を薄く、しかも正確に剝ぎ取り転写する　写真や実測などに代わる遺構の実物保存



三内丸山遺跡柱根



三内丸山遺跡柱根取り上げ

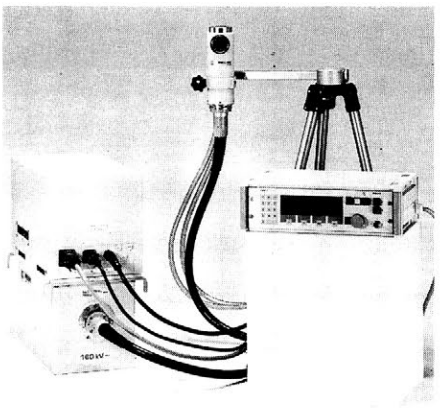
建設業許可番号
奈良県知事許可(般7)第9657号

株式会社 近畿ウレタン工事

代表取締役 林　政行

〒630 奈良県奈良市北永井町6-1 TEL 0742(62)4841

フィリップスなら
あらゆる文化財の
X線検査が
簡単にできます。



MG165

■X線管は、軟X線をほとんど吸収しない金属製ベリリウム窓を使用しているので、紙、木片、動植物などの軟X線撮影に、威力を発揮します。
■高出力(45mA以上)のメタルセラミックスX線管を採用、長寿命で、しかも多量の軟X線照射ができるので、X線吸収の極めて少ない文化財でも、ハイコントラスト検査が行えます。
■マイクロプロセッサ制御器により、簡単で安全な操作ができます。
■現在あるX線防護ボックスに、収納が可能です。
■高出力なので鉄刀、土器など、X線の透過しにくい文化財の検査にも、威力を発揮します。

軟X線検査装置
MG105/MG165

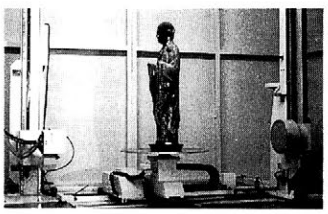
性能	MG105	管電圧	5～100kV
		管電流	0～60mA
	MG165	管電圧	7.5～160kV
		管電流	0～45mA



軟X線テレビシステム **MUJ-10F**

100kV、120kV、160kV、225kVの
軟X線テレビシステム兼用タイプもあります。

X線テレビシステム
MUJ-22FIによるX線照射例



X線CT装置、携帯式X線装置、マイクロフォーカスX線装置も用意しています。

日本フィリップス株式会社 工業機器営業部/工業X線課
本　　社　〒108-8507 東京都港区港南2-13-37(フィリップスビル) TEL(03)3740-5175(直通)
大阪支店　〒532-0003 大阪市淀川区宮原3-5-36(新大阪第2森ビル) TEL(06) 350-3814(直通)
ﾏﾙﾁﾒﾃﾞｨｱｾﾝﾀｰ　〒108-8507 東京都港区港南2-13-34(フィリップステクニカルセンター)

ただ単にいいモノを作る、フィリップスの目指すメーカー像は、このようなものではありません。地球上すべての人々と一緒になって、いま以上のものを創ろうと創造し、向上しようと考えています。そうすることによって、この世界はもっと快適になっていくはずです。この理念のもとに、電子顕微鏡の分野でも、人々と一緒に創造する企業を目指します。Let's make things better (しあわせを一緒につくるために)。

PHILIPS
Let's make things better.

PW2400SL

文化財用大型試料対応 全自動蛍光X線分析装置

波長分散型蛍光X線で文化財など大型試料も非破壊分析が可能です

PW2400SLは、物質から発生する、原子特有の性質をもつ特性X線を、分光結晶により波長分散して、構成元素の定性、定量分析を非破壊で行います。



■特長

- 大型試料が簡単に分析できる下面照射方式を採用
- 出力はサンプル保護のため、1mAの制御が可能
- 試料は試料照射位置監視用TVカメラを使用し、簡単にセッティング可能
- ゴニオメータはDCモータ(DOPS)の採用で、2400°/min. 0.0001°の角度再現性

■仕様

- 試料室サイズ(納入実績として):
  2,200(W)×900(D)×815(H)mm
- 真空試料室:φ150×150(H)mm
- 濃度範囲:ppm以下から100%まで
- 分析法:定性/自動定性分析
  定量/検量線定量分析
  ノースタンダード定量分析
- 測定時間:定性分析約5分($Na_{(11)}$〜$U_{(92)}$)

日本フィリップス株式会社 分析機器部

本　　社　〒108-8507 東京都港区港南2-13-37(フィリップスビル)　TEL (03)3740-5171(直通)
大阪支店　〒532-0003 大阪市淀川区宮原3-5-36(新大阪第2森ビル)　TEL (06) 350-3814(直通)
九州支店　〒812-0024 福岡市博多区綱場町8-23(新日生命福岡祖和通ビル)　TEL (092)282-8108(直通)
アプリケーションラボラトリー　〒108-8507 東京都港区港南2-13-34(アプリケーションラボラトリー)　TEL (03)3740-5180(直通)

日本フィリップス株式会社分析機器部は、本社、大阪支店、九州支店の、販売、据え付け、保守に関して、ISO 9002の認証を受けています

ただ単にいいモノを作る、フィリップスの目指すメーカー像は、このようなものではありません。地球上すべての人々と一緒になって、いま以上のものを創ろうと創造し、向上しようと考えています。そうすることによって、この世界はもっと快適になっていくはずです。この理念のもとに、電子顕微鏡の分野でも、人々と一緒に創造する企業を目指します。 Let's make things better (しあわせを一緒につくるために)。

PHILIPS

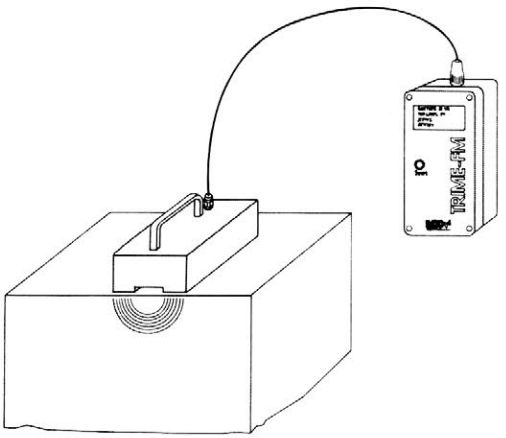
Let's make things better.

TRIME® -SYSTEM

IMKO MICROMODULTECHNIK GmbH

画期的なTDR(Time Domain Reflectometry)の原理による革新的な水分計システム

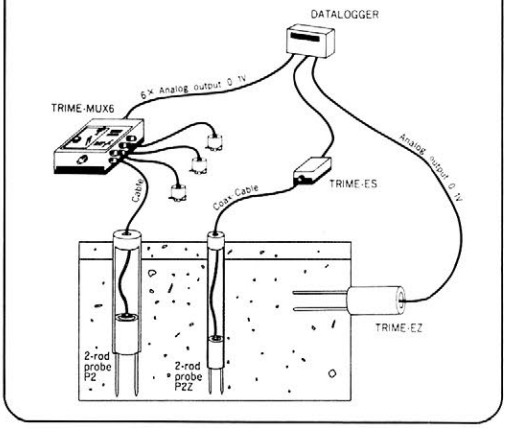
新製品 TRIMEサーフェイスプローブ



●特長

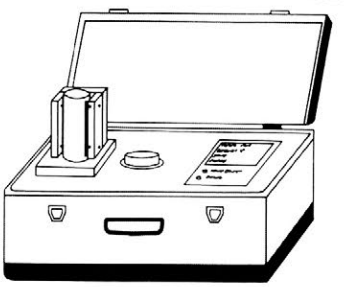
1. 被測定物を傷つけることなく、体積含水率を測定出来ます。
   (文化財・遺跡・土木建築物等の水分測定用に開発されました。)
2. TRIME-FM測定器に接続して使用します。他のP 2 シリーズのプローブも入れ換え使用出来ます。
3. TRIME-ES信号変換器を介し、データロガーへアナログ出力の系としても使用出来ます。

現場設置用アナログシステム構築例



☆当社主力製品〝ケミルミネッセンスアナライザーR〟(極微弱化学発光分析装置)は国内外で使用され、その応用分野も拡がっています。又、地質探査用3軸AEゾンデ検出装置等ユニークな製品も製作、販売しています。

TRIME-GM 新製品



●特長

1. サンプルリングを現場で採取し、平均10～15秒で体積含水率と重量比含水率の測定を実現しました。
2. 密度も同様に測定出来ます。
3. 搬用型でコンパクトです。

TOHOKU 東北電子産業株式会社

東京支店 〒211 川崎市中原区新丸子東2-897 ラボール新丸子207
応用計測機器グループ TEL(044)411-1263㈹ FAX(044)411-1839

利府事業所 〒981-01 宮城郡利府町しらかし台6-6-6
工場営業部 TEL(022)356-6111㈹ FAX(022)356-6120

考古学研究への協力

自然科学的視野からの情報提供を通して遺跡調査・研究に貢献いたします。

●遺跡の立地を検討する

周辺を含めた現地観察をはじめ、地形図・航空写真の読み取り、層序対比など可能な限りの情報収集を行います。また、集落の住環境など堆積環境については、珪藻分析による検討を行います。

●堆積物の年代的示標を得る

断面観察・鉱物分析・テフラ同定・屈折率測定などの方法により、すでに年代が明らかな示標テフラとの対比を行い、遺物包含層などの堆積年代を明らかにします。また、堆積物や材の^{14}C年代測定の併用にも対応します。

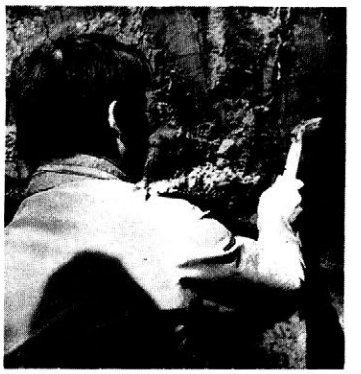
●植生の変遷や稲作の消長を検討する

堆積物の状況を考慮して、花粉分析・プラントオパール分析・種子同定などの方法を複合実施し、総合解析を行います。

●遺物の素材を検討する

木質遺物の材同定、土器・瓦・埴輪などの胎土についての顕微鏡観察や重鉱物分析、炭化種子などの同定を通じて、生業や食生活の一端を解明します。

▶上記の他、理化学分析等による遺構・遺物の内容物検討など、可能な限り新たな課題への対応をいたします。計画段階からお気軽にご相談下さい。



野外調査活動の重視



分析方法の開発

当社スタッフの専門領域

考古学・第四紀学・地質学・農学・地理学・花粉学・古生物学・植物生態学・土壌学・鉱床学・鉱物学・岩石学・海洋学など

パリノ・サーヴェイ株式会社

本　社／〒103　東京都中央区日本橋本町1-10-5　日産江戸橋ビル２階　TEL (03)241-4566(代表)　FAX (03)241-4596

研究所／〒375　群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3　TEL (0274)42-8129(代表)　FAX (0472)42-7950

「文化財科学」の今をビジュアルに伝える!!

最新刊

文化財を探る科学の眼【全3巻】

平尾良光・山岸良二 編



各巻の内容

①化石・骨・木製品を探る
花粉分析法による気候などの推定／プラント・オパール分析法による稲作時期の推定　他

②石器・土器・装飾品を探る
蛍光X線分析法による黒曜石の産地測定／脂肪酸分析法による古代人の食生活の推定　他

③青銅鏡・銅鐸・鉄剣を探る
青銅鏡の原産地を推定する鉛同位体比／X線透過写真法による鉄剣の金文字発見　他

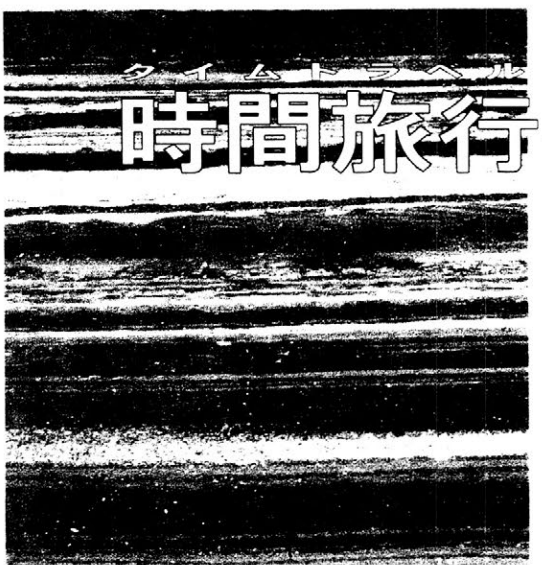
●A4変型判　各56ページ　●全3巻 揃定価 揃本体7,500円+税　各巻定価 本体2,500円+税

国土社

〒112-0015 東京都文京区目白台1-17-6　☎03(3943)3721　FAX03(3943)3740

タイムトラベル

時間旅行への招待







地質調査・試料採取
火山灰(テフラ)同定
年代測定：^{14}C年代測定(β線法・AMS法)
熱・光励起ルミネッセンス(TL・OSL)法
環境復元：植物珪酸体(プラント・オパール)分析
花粉分析
樹種・種実同定
植物遺体DNA分析
その他：寄生虫卵分析・蛍光X線分析など

㈱古環境研究所

Paleoenvironment Research Institute Co.,Ltd.

本　社：〒331-0062
埼玉県大宮市土屋1795-24
Tel 048-622-0389　Fax 048-622-9187
研究所：前橋・奈良・宮崎

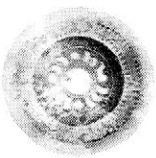
文化財の保存処理
修復・複製・復元

青銅鏡の保存処理

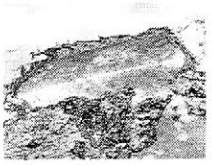
小型仿製鏡（径80mm）
宗像市田熊下平井出土
宗像市教育委員会納入



錆取り前の文様面の様子。緑青と土が一面に付着していて、文様がほとんど読み取れない。



当社で撮影した錆取り前のX線透過画像。文様の種類と配置をおよそ確認でき、鋳造状態、ひび割れの状況などもわかる。



錆取り作業の初期。鏡縁部から、膜状になっている厚い緑青を取り除いて、本来の表面の一部が露出している。



保存処理の完了時。鏡面・鏡背面ともに厚い錆に覆われていたが、ほぼ完形品として、文様の細部まで見ることができる。

錆取り以外にも、銅の安定化処理、減圧樹脂含浸などの通常保存処理を行いました。

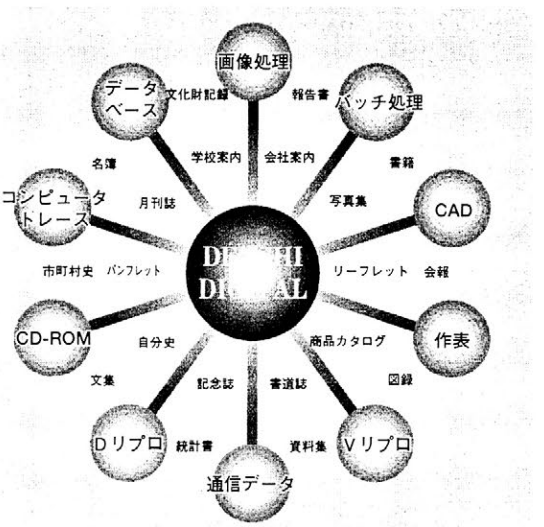
株式会社 京都科学

本　　店●〒612-8393 京都市伏見区下鳥羽渡瀬町35-1　TEL.075-605-2530(直)　FAX.075-605-2559
東京支店●〒112-0002 東京都文京区小石川5丁目20-4　TEL.03-3817-8072(直)　FAX.03-3817-8075

フルデジタルで、スピード編集。すべてはデジタルで生まれ変わります。

デジタルデータの文字・写真・イメージなどを活用し、ひとつのデータからより多くの情報伝達物へと編集、加工いたします。既存のデータをお持ちの方も、新たにお考えの方も、ご遠慮なくご相談ください。

★恒久的な記録写真印刷には、新デュオトーン印刷（当社特許）をおすすめします。文化財調査報告書、図録、写真集等にご活用ください。



フルデジタルシステムにより、極めて短期間に製品をご提供いたします。

通産大臣賞受賞・労働大臣賞受賞・特許庁長官賞受賞

有限会社 平電子印刷所
出版部 纂修堂
〒970-8024　福島県いわき市平北白土字西ノ内13
電話（0246）23-9051　FAX（0246）22-5222

コンピュータトレース、データ処理、データ管理業務を承ります。

株式会社 アースネット
（有）平電子印刷所関連会社
〒970-8024　福島県いわき市平北白土字西ノ内14-2
電話（0246）24-0599　FAX（0246）24-0699

ホームページアドレス http://spl.powernet.or.jp/~denshi　E-mail denshi@powernet.or.jp

日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集

発行日　1998年7月18日
編集者　日本文化財科学会第15回大会実行委員会
編集長　河原純之

委　員　今村峯雄　岡本東三　斎藤　努
西浦忠輝　西本豊弘　二宮修治
沼澤　豊　森　恭一　矢島国雄
阪田正一

事務局　千葉大学文学部考古学研究室　気付
〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33
TEL. 043-290-2304