第二部
ポスターセッション

P1

ラセミ化年代測定法の基礎的研究

○安部　巌・柳　秀智・和田　浩・中原武利
大阪府立大学工学部

1. はじめに

タンパク質は生体組織における主要構成成分であり、約20種類のアミノ酸がアミド結合を介して連結した巨大高分子である。このアミノ酸は、グリシンを除いて光学活性を有し、その立体配置はすべてＬ型である。ところが、生物はその生命活動を停止すると、アミノ酸はゆっくりとラセミ化し、僅かづつＬ型からＤ型へと変化する。ラセミ化速度は非常にゆっくりとしており、現在の進歩した分析技術を用いても、Ｄ体の検出までには通常数千年以上の考古学的時間を要する。このようなラセミ化現象を利用して動物化石、貝化石、そして堆積物などに含まれるＤ－アミノ酸とＬ－アミノ酸の存在比率を知ることにより年代を推定するのがラセミ化年代測定法である。本法は、数千年から数十万年の年代が測定可能であり、放射性炭素法では測定領域外となる古い試料の年代を、ラセミ化速度の異なる数種類のアミノ酸を対象にすることによってカバーできる利点があり、その有用性は大きい。

本研究では、従来処理に長時間を要した本法の短所を、とくに精度を低下させずに迅速化を図った研究結果について報告する。また、これまで放射性炭素法などでいったんcalibrateした標準サンプルを必要としたこの方法であるが、サンプルの人為的な加熱によりラセミ化を実験室的に速く進行させ、本法単独で年代を測定した結果についても報告する。

2. 試料

本研究で用いた試料は、５種類の貝化石であり、そのうち３種類については放射線炭素法により年代が定められている。

3. 実験方法

貝化石のラセミ化年代測定を行うための実験手順を以下に示す。

[1]　貝化石をステンレス製乳鉢に入れて適当な大きさになるまで砕く。

[2]　化石100～200mgを0.1M塩酸に浸して約1分間超音波洗浄し、表面の汚れを除去する。

[3]　洗浄した化石をキャップ付試験管(16 x 100mm)に移し、氷冷した3M塩酸を1ml加えて溶解する。

[4]　エタノール5mlを加え、-15℃で2時間以上冷却する。

[5]　溶液が白濁するので、遠心分離して沈降させ、上澄液を取り除く。

[6]　6M塩酸を2ml加え20分間窒素ガスを通気して除酸素の後キャップをし、105℃で６時間加熱しタンパク質を加水分解する。

[7]　エーテル3ml x 2、クロロフォルム3mlで洗浄し有機性不純物を除く。

[8]　エバポレーターで塩酸を除いた後、水300μl、メタノール/アセトニトリル/ピリジン(2:2:1,v/v)を300μl加え、十分に降り混ぜる。

[9]　イソプロピルクロロフォルメート20μlを加えて20秒間激しく降り混ぜる。

[10]　エーテル150μlで2回抽出し、抽出した溶液を無水硫酸ナトリウムで脱水した後、窒素通気してエーテルを除く。

[11]　残留物に塩化メチレン20μlを加えて溶解し、その1～3μlをガスクロマトグラフへ

注入する。

4. 実験結果と考察

アミノ酸のラセミ化は可逆一次反応であって次式のように表される。

$$\text{L-Amino acid} \underset{k_D}{\overset{k_L}{\rightleftharpoons}} \text{D-Amino acid}$$

k_L, k_Dはそれぞれ、L－アミノ酸およびD－アミノ酸の一次反応速度定数である。
L, Dをそれぞれ、L－アミノ酸およびD－アミノ酸の濃度とし、ラセミ化反応速度式を整理すると、次式を得る。

$$\ln\left[\frac{1 + (D/L)}{1 - K(D/L)}\right] - C = (1 + K)kt$$

ここでKはラセミ化反応が平衡に到達したときのL－アミノ酸とD－アミノ酸の濃度比で、不斉炭素が1ヶのアスパラギン酸などでは1となる。またCは定数、そしてD/Lは、試料中のアミノ酸を分析して得たクロマトグラムよりのD体とL体のピーク面積比であり、kはラセミ化反応速度定数、そしてtは年代である。

Table 1 Comparison of aspartic acid racemization and radiocarbon ages

Shell sample	D/L ratio of Asp	RSD (%)	Radiocarbon age (B.P.)	Racemization age (B.P.)	k (year^{-1})
A	0.182±0.005	2.74	unknown	—	—
B	0.302±0.009	2.98	26,860±1,860	—	1.16×10^{-5}
C	0.388±0.014	3.61	33,320±3,860	—	1.23×10^{-5}
D	0.342±0.011	3.22	5,100±20	—	6.93×10^{-5}
E	0.345±0.007	2.03	unknown	5,200±100	—

B : Gak-7966 ; C : Gak-7965 ; D : KSU-383.

Table 1は、5種類の貝化石の各種測定データ（アスパラギン酸D/L比、相対標準偏差、放射性炭素年代、ラセミ化年代、ラセミ化反応速度定数）である。試料B，C，Dはそれぞれ放射性年代が既知のものであり、AとDは年代未知のものである。この表から、アスパラギン酸のD/L比測定における相対標準偏差は最も大きくなった試料で3.61%止まりであり、全般的に高い精度の測定を可能にしている。試料EはDと同一場所（福岡県宗像郡玄海町鐘ヶ崎貝塚、縄文時代後期）で発掘された貝試料であるために、試料Dを分析することにより得たラセミ化反応速度定数kを用いてその年代を算出した。また、Figure 1は、Table 1における試料Dを5段階に分けて一定時間封管中で加熱した後測定したアスパラギン酸のD/L比より得たラセミ化速度定数kのアレニウスプロットである。5つの測定点はほぼ直線上にのりこれより算出した試料Dの年代は5,595年となった。この値は放射性炭素年代からは約10%の開きがあるが、ラセミ化法で求めた年代としては妥当な値といえる。

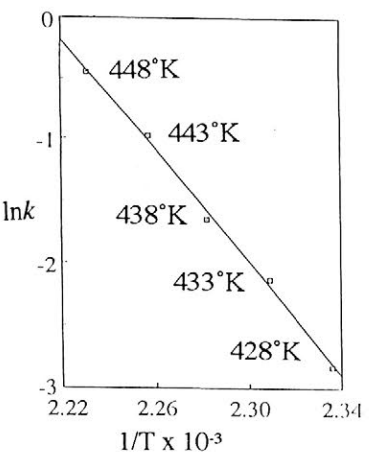


Figure 1 Arrhenius' plots for aspartic acid racemization of the sample D
Arrhenius equation:
$k = A\exp(-E/RT)$

P2

ＯＳＬ（光ルミネッセンス）年代測定法の基礎的研究（その2）

長友恒人（奈良教育大学）・小野左詠子（同）・小松久美（同）・寺坂さと江（同）
塚本すみ子（東京都立大学）・福沢仁之（同）

はじめに

ＯＳＬ（光ルミネッセンス）は加熱または露光された鉱物試料に適用可能な新しい年代測定法である。年代測定の原理としては熱で捕獲電子を励起して発光させるＴＬ（熱ルミネッセンス）法と基本的に変わらないが、鉱物が加熱されていなくても、太陽光などで露光されている鉱物ならば測定試料となる。

Ａ．年代測定法確立のための基礎実験として、湖底堆積物の微粒子試料で（１）露光によるＯＳＬ強度の減衰、（２）ＯＳＬ強度の試料温度依存性、（３）プレヒート効果のテスト及び、石英・長石の標準試料を用いて（４）赤外光励起のＯＳＬ（ＩＲＳＬ）（５）緑色光励起のＯＳＬ（ＧＳＬ）（５）同一試料を用いたＯＳＬ測定後のＴＬを実験的に調べた。

Ｂ．以上の結果を参考に測定条件を決定して、テストケースとして小川原湖の湖底堆積物のＯＳＬ年代測定を試みた。

ＯＳＬ検出波長はすべて330±10nmで測定した。

Ａ．基礎実験

（１）露光によるＯＳＬの減衰

Co-60ガンマ線を38.5Gy照射した試料を照度約6000Lxの太陽光（11月の薄曇り）に０～180秒間曝してＯＳＬ強度の変化を測定した。180秒露光した試料のＯＳＬ強度は露光しない試料の約25%であった（図１）。

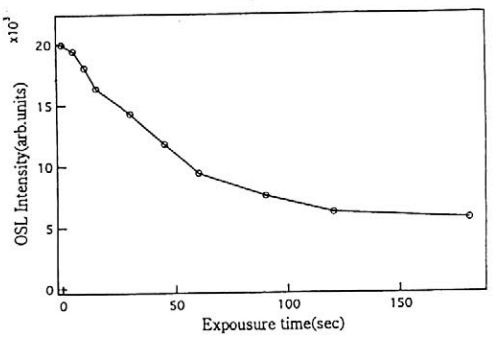


図１　ＯＳＬ強度の露光時間依存性

（２）ＯＳＬ強度の試料温度依存性

ＯＳＬ現象は物理的には光のエネルギー＋熱エネルギーによる励起であると考えられている。そこで、試料台の温度を30～100℃まで10℃ごとに設定してＯＳＬ強度の変化を調べた。

ＯＳＬ強度は試料台の温度に依存して増加したが、90℃と100℃ではＯＳＬ強度が不安定であったので、測定温度を80℃に設定することとした（図２）。

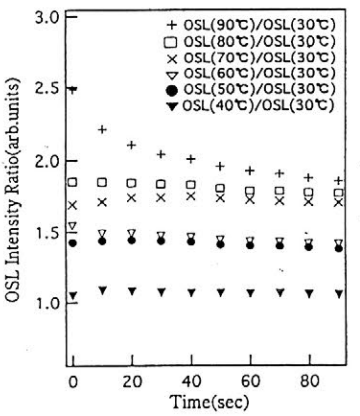


図２　ＯＳＬ強度の試料温度依存性

（３）プレヒート効果

試料を測定前に一定の温度で保持した後に測定することによってＯＳＬ強度を増大させる効果があるといわれている（プレヒート効果）。このことを確認するために、110℃からおよそ25℃の温度間隔で5分および10分のプレヒートを行ってＯＳＬ強度を比較したが、プレヒートをしない試料と比較してＯＳＬ効果は見られなかった。

（4，5）赤外光励起のＯＳＬ（ＩＲＳＬ）と緑色光励起のＯＳＬ（ＧＳＬ）

正長石、微斜長石はＩＲＳＬ強度が強く、煙石英、石英（京都府産）、石英（福島県産）はＧＳＬが強い。一般に石英は赤外光励起では発光しないといわれているが、煙石英のＩＲＳＬは強い。また、亜灰長石はＩＲＳＬ強度が小さいがＩＲＳＬ測定後のＧＳＬ強度はＧＳＬのみで測定した場合よりも強くなる。この現象は石英（ブラジル産）と共通している。また、正長石、微斜長石、石英（京都産）は短時間（15-20秒）で減衰する成分があり、複数の電子捕獲中心が関係していると考えられる。試料毎に最適な測定法を選択することが必要である。

（6）同一試料を用いたＯＳＬ測定後のＴＬ

ＩＲＳＬおよびＧＳＬ測定をした試料をそのままＴＬ測定をした。その結果、ＴＬ強度は年代測定をするのに十分なほど強いことがわかった。この事実はＯＳＬに寄与する電子捕獲中心とＴＬに寄与するそれが異なっていることを示しているので、一試料でのＯＳＬ／ＴＬクロスチェックが可能であることが分かった。

B．湖底堆積物のＯＳＬ年代測定の試み

試料は湖底面からの深さ3.9-4.0mの堆積物である。微粒子法試料処理で2-10μmの微粒子を選択した。X線回折の結果、処理後の試料は石英・正長石と粘土鉱物の混合物である。

付加線量法で等価線量を求めた（図3）。ＯＳＬにスプラリニア現象はないとされているが、テストの結果0.48Gyのスプラリニア補正値が認められ（図4）、パレオドースは9.94Gyと評価された。

年間線量はγ線スペクトル法によってU,Th,Kの含有量を標準岩石試料との比較から求め、計算により算出した。念のため、β線量率を実測法で求めてγ線スペクトル法によるβ線量率と比較したところ0.1%の誤差で一致した（表）。

以上から、試料のＯＳＬ年代は444年前であると結論された。

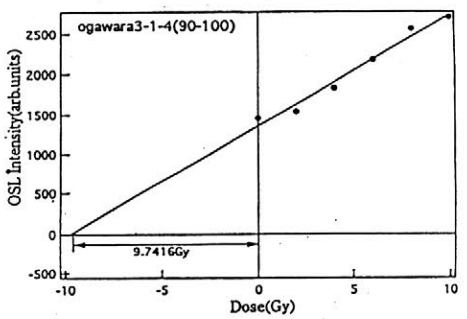


図3　付加線量法による等価線量評価

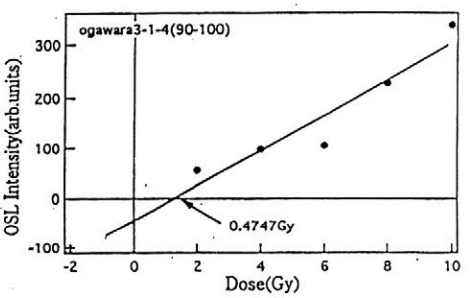


図4　ＯＳＬのスプラリニア補正値

表　γ線スペクトル法による年間線量の評価

線種別線量率（mGy/y）	α線量率	β線量率	γ線量率	総年間線量
γ線スペクトル法	18.62	2.34	1.46	22.42
実測		2.34		

P3

沖縄および南九州のイネ在来品種にみられる機動細胞珪酸体形状について

○宇田津徹朗（宮崎大学）、王才林（同）、
鄭飛雲（鹿児島大学連合大学院）、藤原宏志（宮崎大学）

１．はじめに

最近の研究成果により、稲作の南方ルートが再び注目されるようになるにつれて、沖縄および南九州における古代稲作調査の重要性が高まってきている。特に、これらの地域で栽培されていたイネの亜種・系統は、ルート解明の重要な情報であり、稲作遺構探査の際に得られるイネプラント・オパールの形状解析によりイネ亜種・系統を推定する形状解析法は有効な手法として期待できる。

プラント・オパール分析法をある特定の地域に適用する場合には、調査地域の在来イネの特徴を調査しておく必要がある。特に、これまで用いられてきた機動細胞珪酸体（プラント・オパールの前身）の形状による亜種判別式の結果と筆者らが亜種の基準としている佐藤ら(1986)の判別式の結果とがこの地域の在来品種においてどの程度一致しているかについては十分確認しておく必要がある。

そこで本研究では、沖縄および南九州の在来イネ品種についてその機動細胞珪酸体形状を明らかにし、当該地域の古代稲作調査へのプラント・オパール形状解析法の適用について検討を行った。

２．材料および方法

○供試試料

供試したイネは、沖縄および南九州の在来品種43品種である。これらの試料は、九州大学遺伝資源センターより提供いただいたものである。

イネは宮崎大学農学部実験圃場で普通期栽培し、各品種について止葉葉身および籾を採取し、実験試料とした。

○方法

各試料について、機動細胞珪酸体形状および佐藤らの判別式に用いられる形質を測定し、亜種の判別を行った。

①止葉葉身中に含まれる機動細胞珪酸体の形状

機動細胞珪酸体形状の測定は、各試料につきランダムに抽出した50個の珪酸体について行った。測定した部位は、図に示す縦長、横長、側長およびｂの長さである。各品種を代表する形状値は、縦長横長、側長およびｂの長さをａの長さで割った形状係数ｂ／ａの平均値とした。

得られた形状値を用い、以下の判別式により亜種の判別を行った。

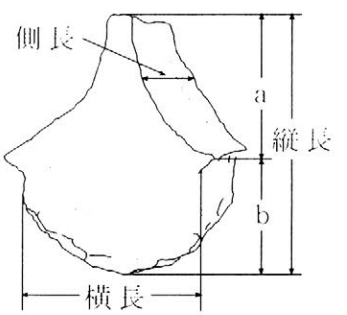


図　機動細胞珪酸体の測定部位

Z=0.49*縦長−0.30*横長+0.14*側長−3.82*b/a−8.96

（Z≧0：ジャポニカ、Z＜0：インディカ）

②佐藤らの判別式に用いる形質の測定

佐藤らの判別式に用いる形質、すなわち、ふ毛長、フェノール反応、塩素酸カリ抵抗性について測定を行った。

ふ毛長の測定は、各試料につき完全な籾10粒を用い、その175倍の拡大像を画像解析装置に投影して行った。ふ毛長は籾の先端部に着生している折れていないふ毛のうち、最も長い3本の長さを測定した。ふ毛長は、10粒の測定値の平均値を用いることとした。また、フェノール反応の測定は、1品種あたり5粒の種子を、1.5%のフェノール水溶液(25℃)に24時間浸漬し、籾の色が黒変したものを”＋”、黒変しなかったものを”－”として行った。塩素酸カリ抵抗性については、1品種につき、約10粒の種子を発芽させ、2ないし3葉令に達したとき、1.5%の塩素酸カリ液6mlを加え、常温（20～25度）で６０時間置き、その時点の各個体の抵抗性をスコア0,1,2の3つに分類した。スコアの平均値を各品種の値とした。

求めた各形質の値を以下の佐藤らの判別式に代入し、亜種を判別した。

Z=Ph+1.313*K-0.82*H-1.251（Ph:ﾌｪﾉｰﾙ反応, K:塩素酸ｶﾘ抵抗性, H:ふ毛長）

（Z＞0：インディカ、Z≦0：ジャポニカ）

３．結果

それぞれの判別結果は以下のとおりである。

佐藤らの判別式　　：ジャポニカ32品種、インディカ11品種

珪酸体形状による判別式：ジャポニカ35品種、インディカ 8品種

ここで、珪酸体形状による判別結果と佐藤らの判別式による判別結果とを比較すると、珪酸体形状による判別式によって

ジャポニカと判別された35品種中、一致：30品種、誤判別：5品種

インディカと判別された 8品種中、一致： 5品種、誤判別：3品種

となり、全体の判別率は81.4%となった。

４．考察

沖縄および南九州の在来品種について、機動細胞珪酸体形状による判別と佐藤らの判別式による判別結果を比較したところ、80%以上の一致が見られた。この結果から、当該地域においても、プラント・オパールの形状によるイネ亜種判別が適用できるものと判断される。

なお、誤判別された品種についてみてみると、その多くが陸稲であり、インディカをジャポニカとする誤判別が見られた。筆者らは、機動細胞珪酸体の形状は、水分ストレスに対する抵抗性の一つでのある葉のせっ巻作用の優劣との関係が深い考えているが、この結果は、水稲に比べると水分ストレスの高い栽培条件下にある陸稲の機動細胞にジャポニカ型の形状を呈するものが多いという点で興味深く、今後、検討を加えたい。

参考文献

SATO,Y.I.,S.CHITRAKON and H.MORISHIMA(1986) The Indica-Japonica differentiation of rice cultivars in Thailand and its neighbouring countries.
In:NewFront.Breed.Res.(eds.Napompeth.B.& Subhadrabandhu.S)Kasetsat Univ.,P.185-191.

P4

イネの機動細胞珪酸体形状に及ぼす窒素施用量の影響について

○王才林[1)]・鄭雲飛[2)]・宇田津徹朗[3)]・藤原宏志[3)]
1)中国江蘇省農業科学院
2)鹿児島大学大学院連合農学研究科
3)宮崎大学農学部

1．はじめに

プラント・オパール分析法を古代稲作址の検証に広く応用するために、当該分析法の実用性を検討することは重要である。これまでの研究により、植物珪酸体の形状は栽培地により、その大きさに差が表れるものの、亜種判別結果には影響しないことが判っている。

本報では、機動細胞珪酸体形状に影響を与える栽培環境の要因を解析するため、窒素処理による珪酸体形状の変異を明らかにし、亜種判別法の実用性を検討した。

2．材料及び方法

供試材料は、インディカ品種T-153とT-160及びジャポニカ品種T-708の３つである。これらの種子は静岡大学農学部佐藤洋一郎先生より分譲されたものである。実験はポット栽培で行った。肥料はポット当たり硫安をそれぞれ2.0、1.0、0.5g（平方メーター当たりそれぞれ窒素20、10、5gに相当）の３処理に設定し、余り葉齢1.5～2.0の時（出穂前15～20日に相当）に投入した。これらの処理をそれぞれT20、T10、T5と記すことにする。

出穂20日後、それぞれの処理について、止葉の長さ及び幅を10枚計測した。出穂30日後、止葉を５枚程度採取し、藤原（1976）の方法により機動細胞珪酸体を抽出し、形状解析及び定量分析を行った。各処理止葉の長さ、幅及び珪酸体の形状値とその亜種判別得点を用いて分散分析を行い、珪酸体形状におよぼす窒素処理の影響を検討した。

3．結果

○窒素処理による止葉大きさの変異

図１に示すように、窒素処理は、各品種の止葉長・幅に大きく影響する。窒素用量の増加にしたがって、止葉の長さ、幅は大きくなる。この傾向は、いずれの品種にも認められる。分散分析の結果、窒素処理間における止葉長・幅の差はそれぞれ1%及び5%の水準で有意であった。これらの結果から、本実験で設置した窒素処理は有効であることが分かった。

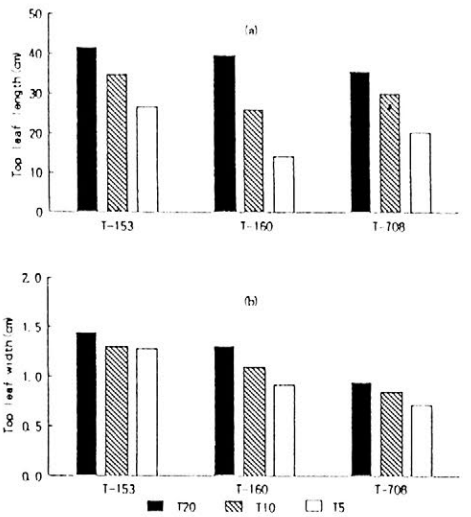


Fig. 1. Effects of different nitrogenous fertilizer levels on the top leaf length(a) and width(b) for three rice varieties (T20, T10 and T5 represent nitrogenous fertilizer levels of 20, 10 and 5g/㎡, respectively).

○窒素処理による珪酸体形状の変異

各品種、各処理の珪酸体形状解析の結果について、窒素処理及び品種を要因とした二元配置分散分析を行った。その結果、品種間における珪酸体の４形質形状において、いずれも1%あるいは5%の水準で有意差がみられるものの、窒素処理間においては、横長にのみ有意差が認められ、他の形質には差がみられなかった。図２に示すとおり、窒素処理は珪酸体形状に及ぼす影響の小いことがわかる。

○窒素処理による亜種判別結果への影響

各品種について、窒素処理を行った珪酸体の形状値を用い、アジア在来イネ97品種の珪酸体形状の主成分分析結果から作成した亜種判別式

$Z4=0.495VL-0.299HL+0.136LL-3.815b/a-8.957$ （$Z4<0$: *indica*; $Z4\geq 0$: *japonica*）

VL:縦長、HL:横長、LL:側長、b/a:縦長分割比

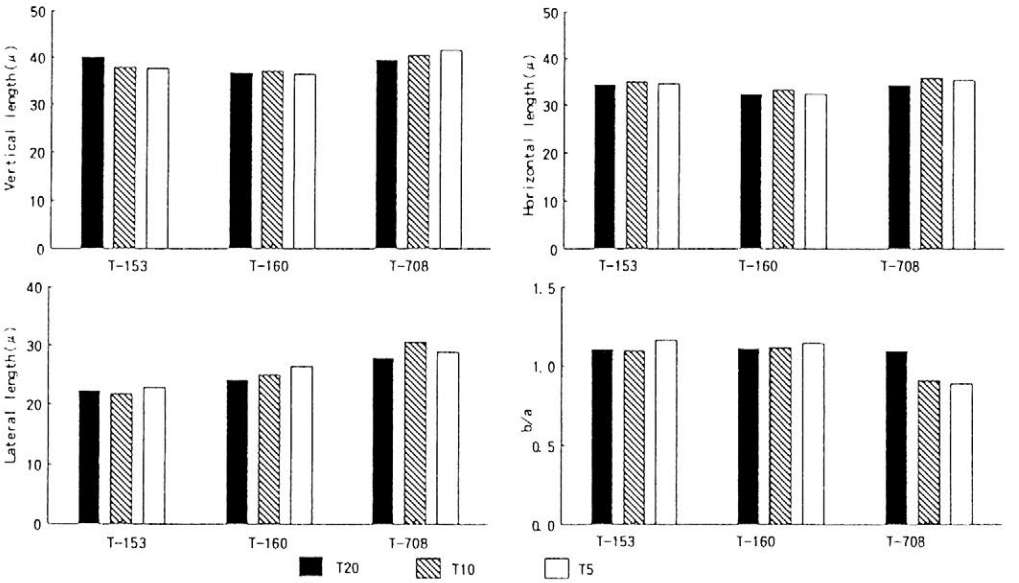


Fig. 2. Effects of different nitrogenous fertilizer levels on morphological characters of silica bodies from motor cells for three varieties (T20, T10 and T5 represent nitrogenous fertilizer levels of 20, 10 and 5g/㎡, respectively).

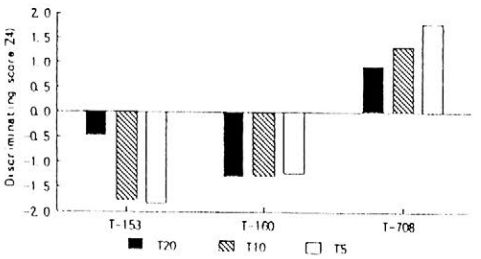


Fig. 3. Discriminating scores for three rice varieties in different nitrogenous fertilizer levels based on discriminant function Z4 (T20, T10 and T5 represent nitrogenous fertilizer levels of 20, 10 and 5g/㎡, respectively).

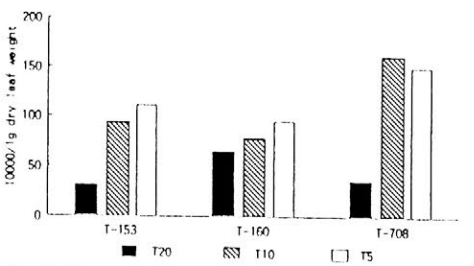


Fig. 4. Effect of different nitrogenous fertilizer levels on density of silica bodies from motor cells for three rice varieties (T20, T10 and T5 represent nitrogenous fertilizer levels of 20, 10 and 5g/㎡, respectively).

による判別得点を求めた。その結果を図３に示す。図３をみると、窒素処理は判別得点に多少の影響がみられるものの、判別結果には影響しないことが分かった。

○窒素処理による珪酸体密度への影響

図４は、窒素処理による各品種の珪酸体密度（止葉乾物重1g当たり機動細胞珪酸体の数）の変化を表したものである。図４をみると、珪酸体密度は窒素施用量の増加にしたがって減少することが分かる。

４．考察

機動細胞珪酸体形状の安定性は、珪酸体形状による亜種判別法の実用性を検討する上で重要である。筆者らは、かつて中国をはじめとするアジア諸国から集められた改良イネ30品種を試料として、海南、南京、宮崎で栽培し、栽培環境が機動細胞珪酸体形状に与える影響を検討した。その結果、栽培地は珪酸体の形状、とくに大きさに影響を及ぼすものの、亜種判別結果には大きな影響がなく、亜種判別式を様々な地域への調査に適用することが可能であると結論している。

本研究では、機動細胞珪酸体形状に影響を与える栽培環境の要因を解析するため、窒素処理による珪酸体形状の変異を検討した。その結果、窒素処理が珪酸体形状に及ぼす影響は少ないことが分かった。また、判別得点には多少の影響があるものの、判別結果には影響がなく、上述亜種判別式を様々な環境への調査に適用することが可能であるという結論を得た。

P5

東京都練馬区南於林遺跡の植物珪酸体化石群

江口誠一（大阪市立大学・理学部）

はじめに

森林伐採や水田開発などの人為活動とその生態系への影響については，多くの遺跡において調査・研究がなされてきた．その過程であらゆる方法論も開発・改良が重ねられ，これまで実態のつかめなかったことがしだいに明らかとなってきた．本件はその例として，東京都練馬区南於林遺跡の植物珪酸体化石群について報告する．

調査地域と試料

南於林遺跡は，武蔵野台地を下刻して流れる中新井川沿いの開析谷谷底に位置する．調査は遺跡内の地点MOH-6と地点MOH-3で行った．堆積物はＢａ・Ｂｂ・Ｂｃ層に層序区分され，このうち地点MOH-6のＢａ層で水田跡が認められている．Ｂａ層は草本泥炭で，上位よりMo-b，Mo-c，Mo-dの３枚の火山灰を挟み，このうちMo-dは浅間Ｂテフラ（1108年降下）に対比される．Ｂｂ層は泥炭質シルトか木本泥炭で材を多量に含み，上位よりMo-e，Mo-f，Mo-hの３枚の火山灰を挟む．Mo-hは湯舟第２スコリア（弥生時代初期降下）に対比される．Ｂｃ層は砂質シルトで材を多量に含み，地点MOH-6では欠落している．

結果および考察

地点MOH-6のMo-d直下試料10から，イネ型が検出された（図１）．それにともない水田雑草のヒエ属型，コブナグサ型や，その周辺に生育するジュズダマ型，シバ型，ヨシ属型もみられた．その下位から上位にかけてヨシ属型が増加し，タケ亜科型（B）が減少する．また，タケ亜科型（B）はＢｂ層からＢａ層にかけても減少する．

地点MOH-3のMo-d直下試料13，14から，イネ型が検出された（図２）．それにともない水田雑草のヒエ属型，コブナグサ型や，その周辺に生育するギョウギシバ型，トダシバ型，オオエノコロ型，ウシノシッペイ型，ネズミノオ型，ヨシ属型などもみられた．また，タケ亜科型（B）は火山灰を挟んだ３つの段階で減少する．それらはMo-h，Mo-e，Mo-dの層である．

以上から４期の環境変化が考えられる．１期目は林床植生としてのタケ・ササ類も想定されるＢｃ層堆積期，２期目はMo-h火山灰降下などを契機として木本泥炭となるＢｂ層堆積期，３期目は草本泥炭となり短期間ながら水田農耕が行われる時期，４期目はMo-d火山灰降下などを契機として水田が放棄された時期である．いずれの時期も，大かれ少なかれ火山灰降下が関係しながら展開していると考えられる．

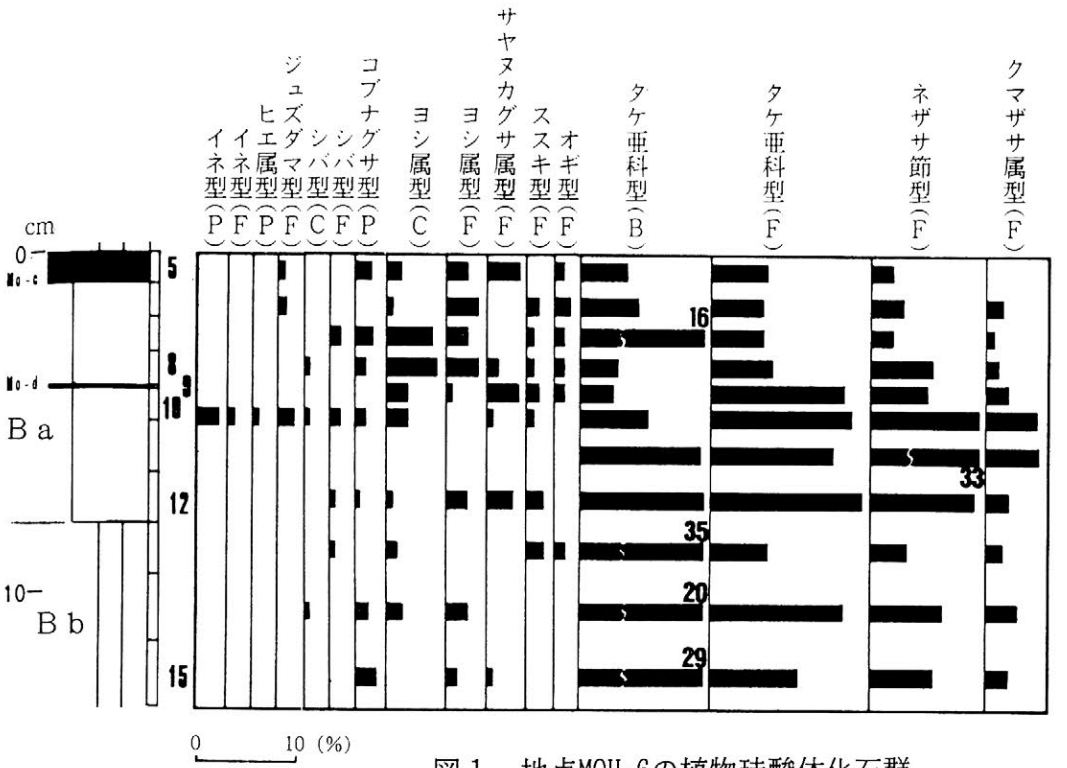


図１　地点MOH-6の植物珪酸体化石群

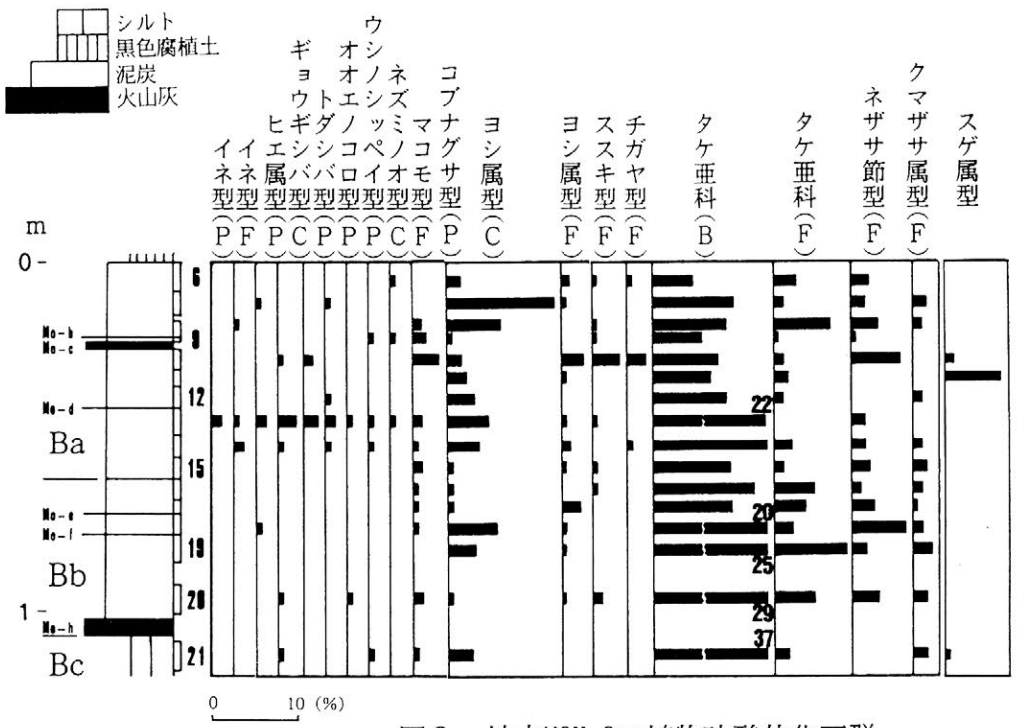


図２　地点MOH-3の植物珪酸体化石群

P6

陸生珪藻画像データーベースを用いた大阪平野の古環境変遷への応用（その１）

撫養健至（河内長野市立滝畑民俗資料館）・山口誠治（大阪府文化財調査研究センター）

1．はじめに

遺跡の発掘調査において、珪藻分析が古環境復元に有効であると認められ、各地で行なわれるようになった。しかしその一方で、分析データが増えたにもかかわらず、それらのデータに基づく広範囲にわたる総合的な古環境の復元がなされた報告が少ないのが実情である。大阪府文化財調査研究センターにおいても、過去約20年分のデータが蓄積されている状況である。このデータを用いて、調査方法や分析方法及びデータの保存方法の再検討が必要なのではないかと考えた。そこでそれらのデータを整理し、修正を加えて、現在博物館などで活用されているようなパソコンによるデータベースの構築を試みた。今回は、このデータベースの基本構造、陸生珪藻を中心とした数件のデータ例と今後の展望について報告する。

2．これまでの分析データ

大阪平野の古地理については、梶山・市原(1985、1986)の報告によって概要を知ることが出来る。この報告に載せられている古地理図は、総合的に復元されたものであるが、各遺跡における珪藻分析から得られたデータを加味することで、より精密な復元が可能であると考える。当センターには、近畿自動車道関連30遺跡についての珪藻分析結果がファイルとして保存されている。そのうち５遺跡については野口(1987)によってまとめられ、海域の変遷を明らかにしている。しかし、ここでの珪藻種名および種の生態に関しては、分類・生態学の進展に伴い変更・追加が必要な状況にある。また、これまでのほとんどの分析が民間の業者への委託であったため、各社により種の同定や分析の結果に多少の違いが生じている。加えて、結果報告が紙ファイルであったため、一部の写真や図版に変色が生じている。これらの現状を踏まえて作成した、珪藻分析の標準資料となるような珪藻画像データベースの基本構造を次に述べる。

3．珪藻画像データベースの基本構造

珪藻画像データベースの特徴は、データの削除、変更、追加が可能であり、またパソコンがあれば誰にでも手軽に、そして自由に使うことが出来る点である。そしてその基本は、既存のデータをHTML言語(Hyper Text Markup Language)に変換し、インターネットWWWブラウザ上で見ることである。また、入力時に各画面をリンク（結びつける）させることによって、検索を実行することも可能である。また、これまで珪藻研究者にしか判別が難しかった珪藻種の同定が、写真画像を使用することで容易になる。さらに、各珪藻種の生態に関するデータも、情報化させている。これらの機能を簡単に図化すると図１のようになる。今後、検索項目を増やし珪藻分析に必要な標準資料となるような情報を網羅し、より簡単にそれらを得ることができるように考えたい。

4．珪藻学を画像データベースへ応用

陸生珪藻については小杉(1988)、安藤(1990)や伊藤・堀内(1991)によって環境指標種が報告されている。近畿自動車道関連６遺跡について、過去のデータを用い、新たに各遺跡毎の環境指標種の分布や比率を求め、大阪平野の陸域の古環境を総合的に解明することを試みた。この詳細に関しては当日パネルにて発表する予定である。

5. まとめ

これまで珪藻分析は、一部の珪藻研究者や民間の分析業者だけにおいてのみ、古環境の復元に用いられてきた。そして、古環境復元に関わる他の研究者には少し難しい世界に感じられてきた。しかし、データベースを整備し、標準化を計ることによって、珪藻分析による古環境復元が有効であることを再認識できる。今後の展望としては、これまで作成した資料に加えて基礎データの蓄積を行ない、その範囲を陸域だけではなくさまざまな生息域に発展させ、「点」による古環境復元から「面」による復元を展開して行きたいと考える。

[謝　辞]

日頃よりご指導をいただいている近畿大学医学部生物学研究室　後藤敏一先生に深く感謝申し上げる。

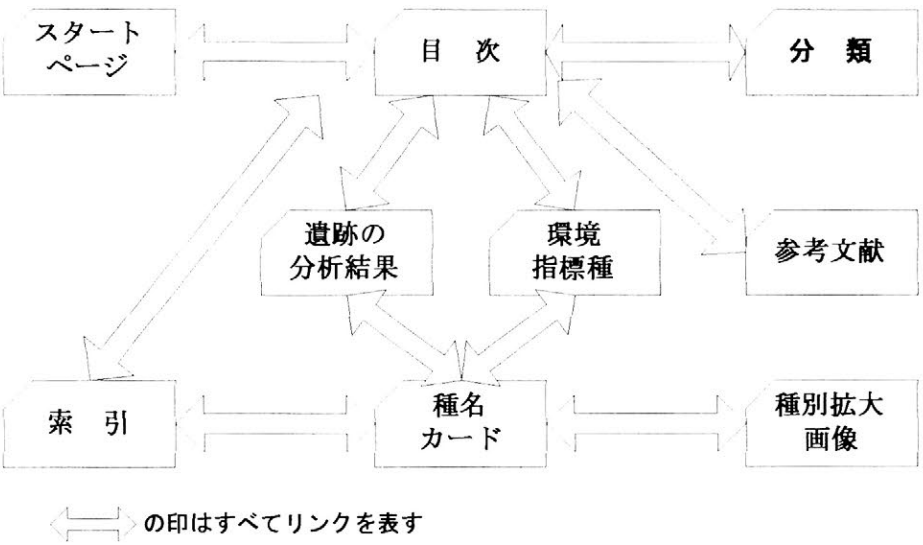


図1　珪藻画像データベースの基本構造

【引用文献】

市原実・梶山彦太郎. 1986. 沖積平野の地質－とくに大阪平野の古地理について, 地学雑誌 95.

梶山彦太郎・市原実. 1985. 続大阪平野発達史. 古文物学研究会, 大阪.

野口寧世. 1987. 珪藻遺体群による古環境の考察, 278－293. in 大阪文化財センター, 河内平野遺跡群の動態Ⅰ. 大阪.

伊藤良永・堀内誠示. 1991. 陸生珪藻の現在に於ける分布と古環境解析への応用, Diatom 6:23－44.

小杉正人. 1986. 陸生珪藻による古環境の解析とその意義－わが国への導入とその展望－, 植生史研究 1:29-44.

安藤一男. 1990. 淡水産珪藻による環境指標種の設定と古環境復元への応用, 東北地理 42:73-88.

P7

古代水田の水域環境-珪藻分析より得られる水田の古環境-

鬼頭　剛・尾崎和美（愛知県埋蔵文化財センター）

1.はじめに

植物プランクトンである珪藻はほとんどすべての水域に生息し、遺跡の古環境復元に有効な生物である。今回、大毛池田遺跡の古墳時代前～中期埋没水田の古環境復元を試みた。その結果、水平的（面的）に採取した試料からは、復元される水田の平面形態を反映し、出現する珪藻群集組成に差異が確認された。水田堆積物の平面的な試料採取が、水田内のより詳細な古環境復元に有効なことがわかったのでここに報告する。

2.大毛池田遺跡の概要と層序

大毛池田遺跡は愛知県北西部、一宮市の古墳時代～戦国期の遺跡である。古墳時代前～中期の水田跡（上下2面）が確認されている。層序は下位より粗粒砂層（ユニット7）、緑灰色シルト～粘土層（ユニット6）、黒褐色粘土層（ユニット5）、灰～紫灰色粘土層（ユニット4）、黄褐色極細粒砂～シルト層（ユニット3）、褐色砂質シルト層（ユニット2）、褐色中粒砂混じりシルト層（ユニット1）の概ね7つのユニットに区分される。このうちユニット5が下層水田、ユニット4が上層水田堆積物である（図1）。

3.分析結果

上層水田の上面を氾濫流による砂が埋積し、その砂を取り除いた水田一筆について、水口を含み水平的（面的）に試料を採取した。水田一筆の平面形態は、中央部から水口よりの部分が低くなっている（図2）。出現した珪藻遺骸は25属58種（3変種を含む）であった。塩分に対する適応性では、試料22で真・中塩性種が多く（18％）、これはRhopalodia gibberulaの出現による。また、試料1（水口）では嫌塩性種が極端に少ない。生態性では、各地点でPinnularia gibba、Pinnularia viridis、Stauroneis phoenicenteronなどの底生種が優占し、浮遊生種が少ない。しかし、他の地点に比べ標高の低い試料2・4・6において、Aulacoseira ambiguaなどの浮遊生種の出現率が若干増加する傾向がうかがえる。水流性では全体に止水性種が多く、とくに標高の低い試料4・14で優占する。水口から遠い試料22・26では流水性種が増加し、水口の試料1では流水性種、止水性種ともに出現率が低い傾向にある（図3）。水田を平面的に採取した試料の珪藻群集組成は均一ではなく、試料採取地点ごとに異なる群集組成を示す。また、それは平面の古地形を反映し、検鏡される珪藻群集組成も対応する結果が得られた。

図１．大毛池田遺跡模式層序

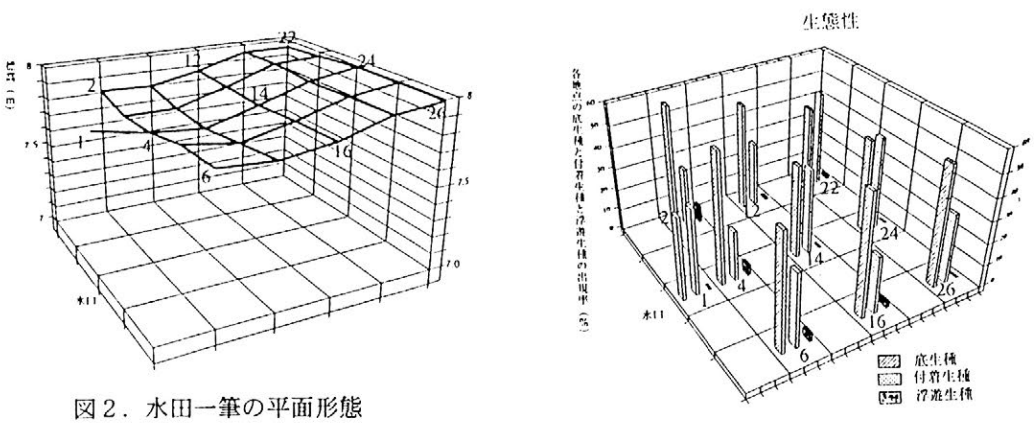


図２．水田一筆の平面形態

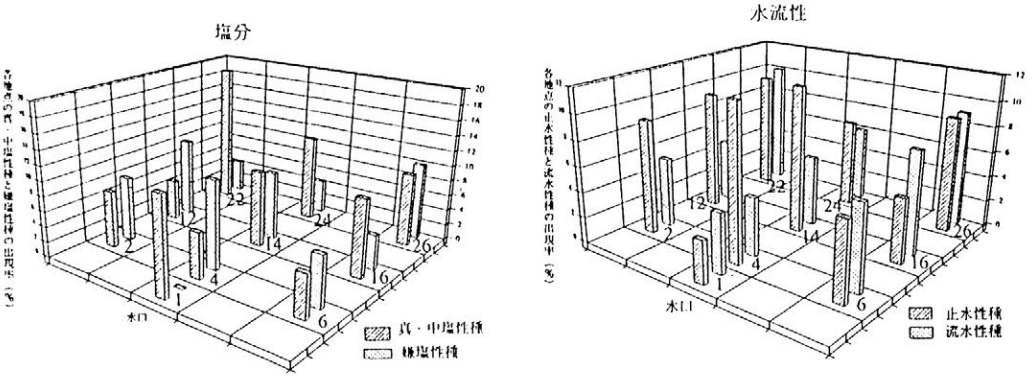


図３．水田一筆水平（面的）採取試料の珪藻化石群集組成

P8

大阪府北島遺跡における畑地形成と地形発達

松田順一郎・別所秀高
(財団法人 東大阪市文化財協会)

本発表では、大阪府東大阪市北島遺跡(図1)で検出された飛鳥時代から江戸時代までの畑地が、調査地点近傍を流下する音川の土砂流出による堆積地形の発達を契機として形成されたことを述べるとともに、これらの畑地土壌の認定を裏付けるために行なった土壌微細形態学的検討の結果を示す。

同遺跡第1次発掘調査(1992～1994年)では、約3500m²の調査領域の現地表下約5mまでに、下位より弥生時代中期の水田と水路、飛鳥-奈良時代の畑地、平安時代の畑地と水田、鎌倉時代の畑地、江戸時代の畑地と水田、江戸時代から現代までの水田(掘上田)の各遺構が検出された。調査地周辺では、湖沼の静水域ないしは自然堤防の後背湿地の堆積環境に時折砂礫が流入し、河川堆積物による新たな地形が発達した。河道堆積物と洪水堆積物の分布や、これらが作った微細な地形からみて、調査地付近は沖積扇状地扇端部と後背湿地の境界の堆積環境であったと考えられる。その堆積層の累重にしばしば畑地耕作土層が挟まれるが、その前後の堆積相の変遷には、泥層→砂礫層→畑地耕作土層→泥層を1単位とするパターンが見い出せ、絶対的な時間尺度を度外視すれば、砂礫の堆積による地形発達と耕作地の造成のイベントが4サイクル　起ったことがわかった(図2・3)。各畑地耕作土層のベースメントをなす砂礫層上面からは、その下位の泥層までを掘り込んだ多数の溝が検出された。両層の堆積物をその場で掘り返し、混合して作土を得る「混層耕法」の跡と考えられる。堆積物の分析と地形判読から、湿地・湖沼への砂礫の堆積→陸化・作土材料の獲得を条件とする耕作地造成が、最も新しい扇状地(図1の新期扇状地低位斜面)発達のなかで継続したことがわかった。

現地調査では、畝・畦畔・排水路と上述した、「土砂取り溝」などの遺構の存在および堆積物の巨視的な観察と室内での分析をとおして、畑地耕作土を認定した。その判断をより確実にするため、畑地耕作土の不撹乱試料のプレパラートを作成し、土壌の微細構造を肉眼および実体顕微鏡で観察した。以下にその一例を示す(図4)。観察試料は、飛鳥-奈良時代の畑地作土層と考えられる層準から採取したものである。

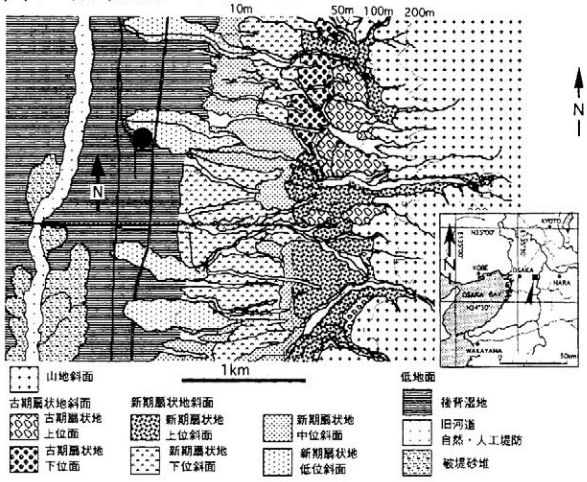
マトリクスはシルト～粘土からなり、0.5～5mm大の亜角礫～亜円礫形状をなす砂礫を含む。砂礫には長石や石英、角閃石があり、これらは生駒山頂付近に分布する斑れい岩体やその周辺の花こう岩体起源のものである。

巨視的には0.5～6cm以上の粒団が認められ、おのおのの粒団は部分接合をなす。粒団内部には主に垂直方向に発達し、周りに酸化鉄が付着した根痕や、孔隙をもたない酸化鉄による有機質色素、炭化した植物残渣が認められる。全体として亜角塊状の構造をなす。より詳細に観察すると、砂礫の配向や腐植を含む粘土の分布から、先の粒団の中により小さな1～2mm大の粒団を読みとることができ、これらの粒団間には多数の根痕が発達している。

これらの粒団は、畑地の耕作によって生じたクロッドである可能性が高い。しかし、畑の作土層としての認定は、より多くの現成試料との対比や、埋没環境下での微細構造の変化についての検討を要する。

1997. 4. 25

図1　北島遺跡の位置と周辺の地形環境



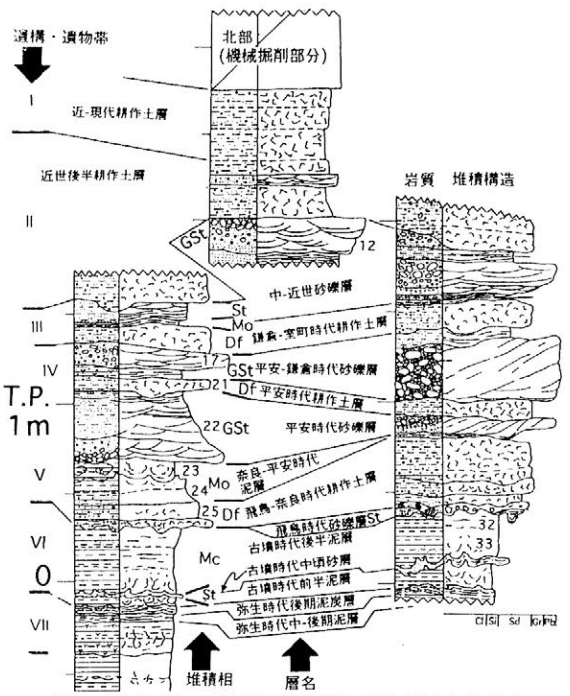


図2　調査地の堆積層柱状図(調査地北部)

図3　砂礫層および畑地の分布変遷

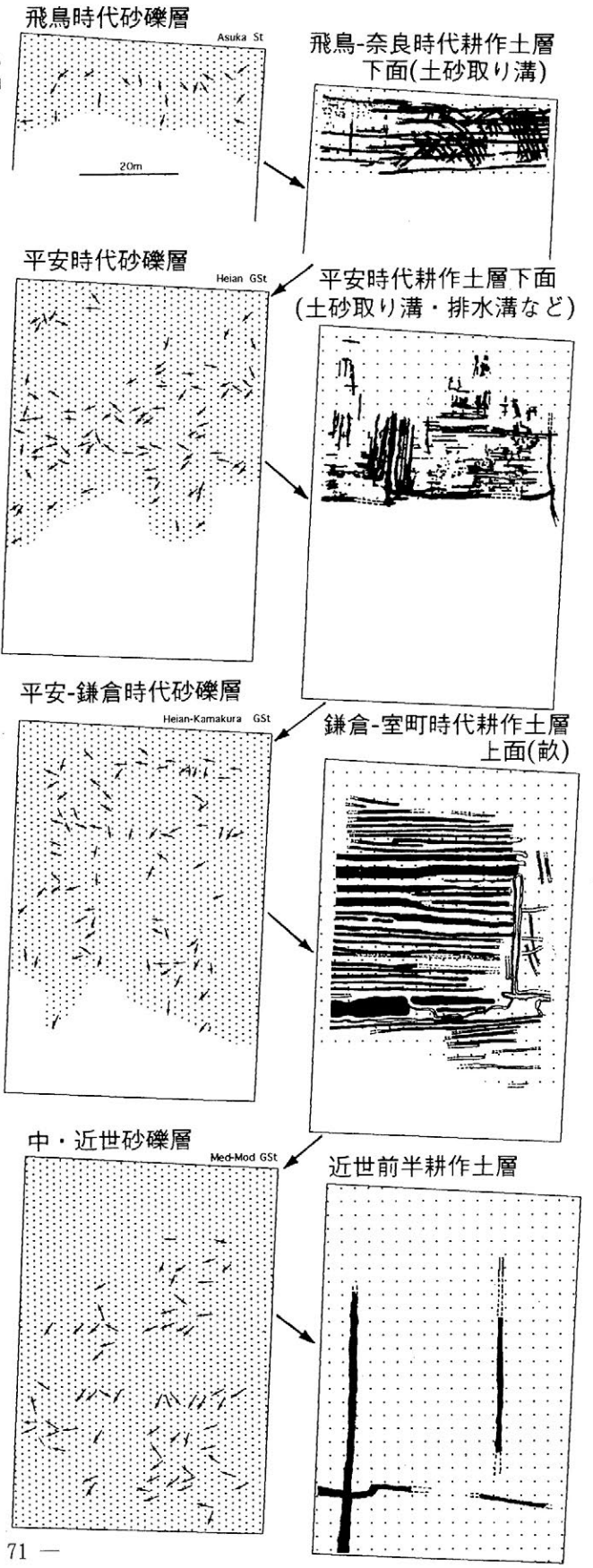
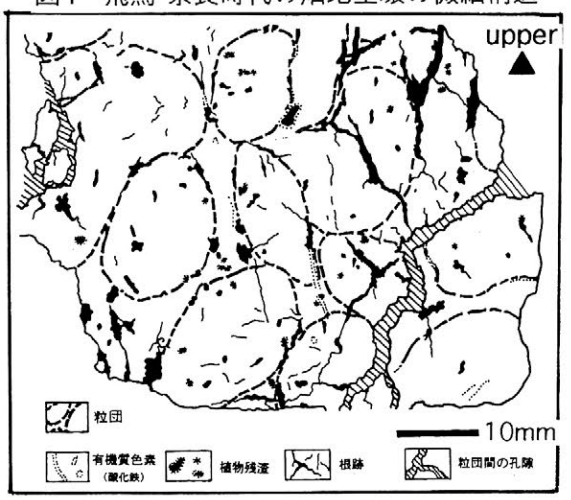


図4　飛鳥-奈良時代の畑地土壌の微細構造



P10

宮崎県吾平原（あいらばる）6号横穴墓出土ガラスの材質研究

○肥塚隆保：奈良国立文化財研究所
置田雅昭・橋川敬子：天理大学

1．はじめに

宮崎県吾平原横穴墓群は西臼杵群高千穂町に所在する。1996年、天理大学と高千穂町教育委員会により行われた6号墓の発掘調査では700点以上におよぶガラス玉が発見された。推定される年代としては、当地方に所在する横穴墓群などを参考に6世紀頃と考えられるが、土器などの遺物が出土しないこと、追葬された痕跡が検出され、墓自体ある程度年代の幅を持つと推測されることから、正確な年代を与えることは困難をきわめる。本研究では6号墓から出土したガラス小玉の材質を調査し、従来から行われてきた畿内を中心とする他地域の古墳より出土したガラス小玉の材質との比較検討をおこなった。

2．分析資料および測定方法

6号墓出土のガラス遺物は小型の管玉1点を除きすべて小玉に分類されるものである。ここでは、便宜上長径7mm以下5mm以上のものを「小玉(大)」とし、5mm未満2mm以上の小玉を「小玉(小)」として記載し、単に「小玉」とする場合は両者を指すものとする。

なお、資料の色調は小玉(大)のほとんどは青紺色、小玉(小)は黄色、黄緑色～緑色、淡青色、青紺色、赤茶色と多彩な色調を呈していた。

出土ガラス小玉のすべてについてX線透過撮影により鉛珪酸塩ガラスとアルカリ珪酸塩ガラスの識別ならびに内部構造の調査を実施した。また、材質分析に関しては風化表面を研磨したのち微小領域エネルギー分散型蛍光X線装置を用いて測定を行い、ＦＰ法（ガラス標準試料により校正する）により定量化した。

3．分析結果と考察

X線透過撮影の結果、鉛珪酸塩ガラスは検出されなかった。また、X線分析の結果からもアルカリ珪酸塩ガラス以外は検出されず、6号墓には鉛珪酸塩ガラスの小玉は埋葬されていないことが明らかとなった。

今回、定量分析できたのは小玉(大)22点と小玉(小)43点の合計65点である。このうち小玉(大)は青紺色20点と淡青色2点で、22点の見掛け比重の平均値と標準偏差は2.38±0.07である。小玉(小)は赤茶色3点、黄色4点、黄緑～緑色7点、淡青色9点、青緑色6点、青紺色14点である。

これらの小玉について、網目形成酸化物、網目修飾酸化物、中間酸化物の含有量をプロットしたのが図1である。この図から形成酸化物が多く修飾酸化物の少ないグループと、形成酸化物が少なく修飾酸化物が多

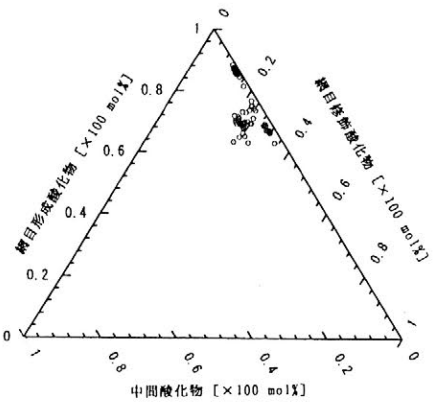


図1．各ガラスの構成酸化物含有量

いグループに大きく分類される。後者はさらに中間酸化物量で２つのグループに分類される。

これらのアルカリ珪酸塩ガラスを分類するため、各ガラスに含有される Na_2O, K_2O 量を散布図上にプロットした(図 2)。その結果、小玉(大) 22 点のうち 15 点はカリガラス(K_2O-SiO_2 系)、７点はソーダ石灰ガラス(Na_2O-CaO-SiO_2, Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2 系)で、小玉(小)はすべてソーダ石灰ガラスであった。さらに細分するため、CaO, Al_2O_3 含有量を散布図上にプロットした(図 3)。その結果、CaO,Al_2O_3 の少ない一群はカリガラス、それ以外はすべてソーダ石灰ガラスであり、なかでも青紺色小玉は小玉(小)の一点を除きすべて Al_2O_3 が少なく、CaO が多いタイプであった。また、 Al_2O_3 が多く CaO の少ないタイプは色調の多彩なガラスであった。

弥生時代にはカリガラスが多量に流通するが、３世紀後半以降になるとソーダ石灰ガラスが流通を始め、カリガラスは大きく衰退する。つまり、畿内を主とする６世紀頃に属する古墳の一括資料中、ガラス玉類中に占めるカリガラスの割合は１割程度であり、６世紀後半以降はほとんど出土を見ない。これに対して当６号墓出土のガラス小玉(大)はソーダ石灰ガラス７点で、カリガラスは 15 点とその存在比が大きい。また、従来の調査では青紺色のソーダ石灰ガラスの中で MnO 含有量の多いものは６世紀中～後半以降の古墳から少数発見されているにすぎず、一般的には MnO 含有量は少ない。しかし、当６号墓からは MnO 含有量の多い青紺色ソーダ石灰ガラスが多数検出したことも特異と言える(図 4)。他方、６号墓出土の青紺色小玉(小)に関しては MnO 含有量が少なく、畿内を中心とする他地域の古墳から出土した青紺色ソーダ石灰ガラスと同じ傾向を示している。

畿内などで古墳時代に一般的に見られる材質のガラス小玉が出土している一方で、古墳時代には少量しか存在しないカリガラスや、MnO 含有量の多い青紺色のソーダ石灰ガラスなどが多く見られるなどの特異性が指摘できる。

しかし、現段階では当地域のガラス材質の特異性を地域差と見るのか、あるいは時期差と見るのかという点に関しては不問に付すこととして、当地域における横穴墓の年代幅やガラス小玉の流通のあり方など、今後の調査、研究への課題を示唆しておきたい。

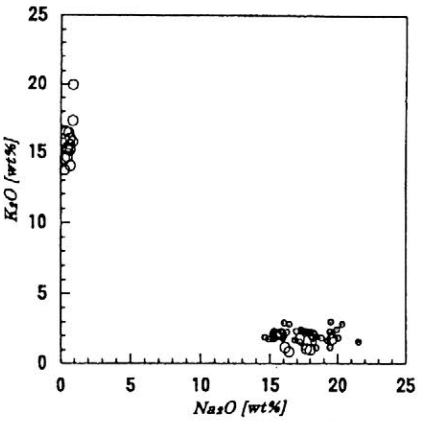


図２．小玉類 63 点の分析結果

○：小玉(5mm 以上)、o：小玉(小)(5mm 未満)

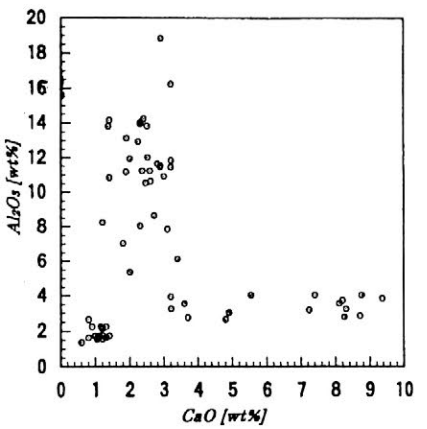


図３．小玉類に含有する CaO と Al_2O_3

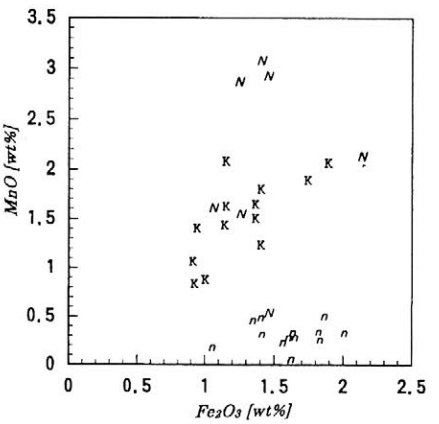


図４．青紺色小玉に含有する Fe_2O_3 と MnO

K：カリガラス小玉、N：ソーダ石灰ガラス小玉

n：ソーダ石灰ガラス(小)

P11

酸化鉄系赤色顔料の基礎的研究

○降幡　順子（京都大学大学院人間・環境学研究科）
沢田　正昭（奈良国立文化財研究所）

【はじめに】

これまで遺跡から出土した顔料の多くは顕微鏡観察や元素分析によりその種類の判別がなされてきた。また、その産地や製法に関する問題については、最近になって焼成実験や電子顕微鏡観察などによる研究が進展しつつあるが、未だ課題も多いところではある。本研究では顔料の産地や製法に関する基礎研究の一環として、先史時代より利用されてきたベンガラについて、焼成実験並びにX線結晶構造解析をもとに考察を加えた。また、いわゆる「パイプ状粒子」についても同様の実験を行ったので、合わせて結果を示す。

【試料及び実験方法】

分析試料は、鉱山から採取した赤鉄鉱7点、水溜りなどで見られる鉄分に富む赤褐色の沈殿物（以下沼鉄鉱）を焼成した試料、土器内に付着していた顔料や古墳に残存していた顔料等の出土遺物13点、参考試料として現在市販されているベンガラ、岡山県吹屋産ベンガラ（明治時代）、ローハの焼成実験から得られたベンガラ、試薬として市販されている赤鉄鉱である。これらの試料は偏光顕微鏡により形状等を観察した後、粉末X線回折計を用い測定を行った。測定データはPseud-Voigd関数によるピークの分離及び最小二乗法による格子定数の精密化を行った。上記の方法で得られた各試料の半値幅並びに格子定数を比較検討した。

【結果と考察】

焼成実験（表1）で得られた試料の回折パターンから、赤鉄鉱は焼成温度700℃以上で生成することがわかる（図1）。色調は700℃以上で赤褐色となり、特に800℃、900℃では鮮やかな赤褐色を呈するようになった。今回の実験では沼鉄鉱を短時間（0.5 時間）加熱（800℃近傍）するだけで鮮やかな色調を得ることができた。しかし、沼鉄鉱を加熱して得られた試料のピークの半値幅は遺物のそれと比較して明らかにブロードであった。そこで、遺物のような半値幅をもった焼成試料を得るためにannealingを行った。試料に含まれている石英の(101)反射の強度、半値幅は全試料を通じてほぼ一定であった為、これに対する赤鉄鉱の(104)反射の半値幅の比をとることで比較検討を行った（図2）。その結果、annealingした試料の半値幅は焼成温度800℃で0.5 時間保持した試料よりも小さくなる、すなわちピークの形状がシャープとなるが、出土遺物のような半値幅は得られなかった。ブロードなピークをもつ遺物もあるが、大多数の出土遺物から得られるピークはシャープである。今後の課題としてこの原因を明らかにしていきたい。

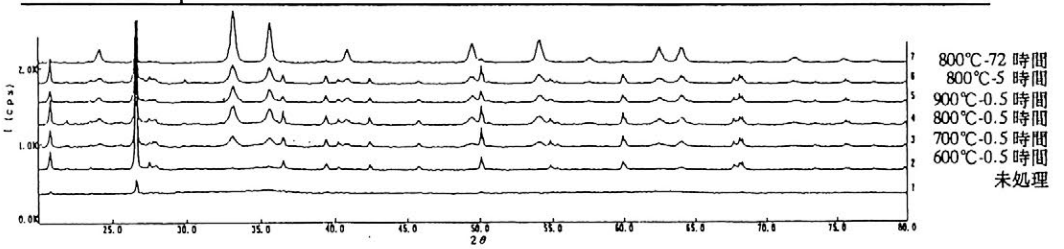
結晶構造解析では、鉱山から採取した赤鉄鉱、沼鉄鉱の焼成試料及び出土遺物の各試料

の格子定数の比較を試みた（図3）。その結果a軸よりもc軸のほうにより大きな変動が認められるが、今回の試料では格子定数から産地や製法に関する有意な差は明らかにならなかった。

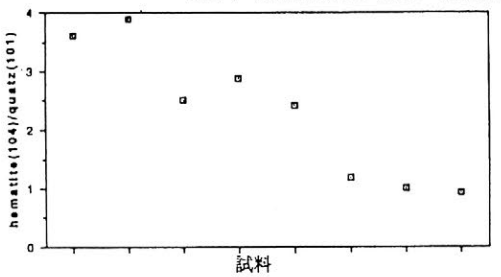
また、焼成前の沼鉄鉱を顕微鏡観察したところ、パイプ状の集合体が認められる試料があった。これは自然界に広く見出されている鉄バクテリア*Leptothrix ochracea*によって、形成されたと考えられる。今回の試料は、太さに大きな差はないものの、長さには長短があり、蛇曲しているものも観察された（図4）。焼成後は色調も鮮やかな赤褐色であり、出土遺物に見られるパイプ状粒子と同様の形状が観察できたことから、このパイプ状集合体は加熱によってもその形状を保持し得ることが確認できた。

（表1）焼成条件　(昇温速度20℃／min.)

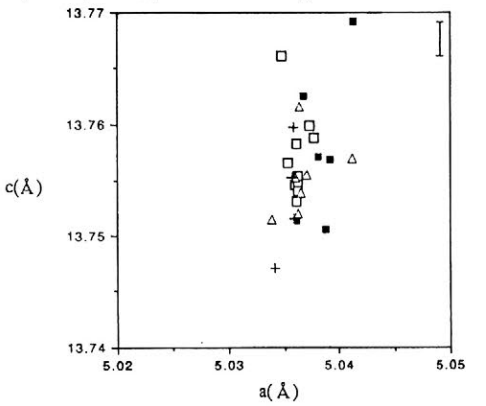
焼成温度（℃）	600	700	800	900	800	800
保持時間（hours）	0.5	0.5	0.5	0.5	5	72



（図1）焼成試料の粉末X線回折パターン　（CuK$_\alpha$、40 kV-80 mA）



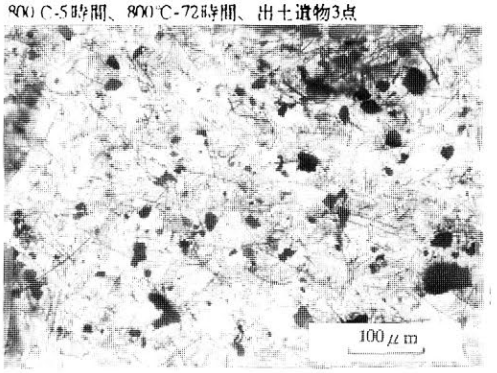
（図2）焼成試料と出土遺物の半値幅の比の変化（赤鉄鉱（104）／石英（101））



（図3）焼成試料と鉱山から採取した赤鉄鉱、出土遺物の格子定数

□出土遺物
△鉱山から採取した赤鉄鉱
■焼成試料
＋参考試料

左から700℃-0.5時間、800℃-0.5時間、900℃-0.5時間、
900℃-5時間、800℃-72時間、出土遺物3点



（図4）自然に産する褐鉄鉱状物質の顕微鏡写真
京都府新大谷鉱山松井氏採取

P12

出土ベンガラの多様性について

本田　光子（別府大学）

出土ベンガラにはその外観、材質、状態の違いから数種のものが認められるが、それらの特徴に基づいて分類、整理されるに至っていない。パイプ状ベンガラ粒子を含む物、と含まない物、赤鉄鉱を砕いたもの、褐鉄鉱を焼いたもの等が考えられ、いわゆる赤土も使われている。また、近世には磁硫鉄鉱を原料とするものが明らかにされている（北野信彦・肥塚隆保 1996）。

ここでは、古墳時代のベンガラに、磁鉄鉱を原料として作られた可能性のあるものを確認したので報告する。また、多様な原料、製法が考えられる出土ベンガラについて若干の整理を試みたい。

福岡市クエゾノ遺跡出土のベンガラ

クエゾノ遺跡C区の甕と鉢を合わせた容器内出土の赤色物が何であるかを知るために、顕微鏡観察、蛍光X線分析、X線回折分析を行った。

試料は赤色の微粉末とそれが凝集した小塊（径 2 、3 ～ 5mm）が大半であるが、他に表面に赤色の微粉末が付着した黒色の小塊（径 5 ～ 15mm）が少なからず含まれる。これらについて外観と磁性の有無により分別しX線分析を行った。

X線回折

赤色の由来となる鉱物成分の検出と、試料に含まれる黒色の小塊が磁鉄鉱であるかを調査する目的で実施した。理学電機(株)製X線回折装置 RINT2000 を用い、X線管球；銅対陰極、印加電圧；50kV、印加電流；200mA、で測定を行った。赤鉄鉱（Hematite)、磁鉄鉱(Magnetite)、磁赤鉄鉱（Maghemite)の各々が同定された。

蛍光X線分析

赤色物の主成分元素の検出を目的として実施した。理学電機工業(株)製蛍光X線分析装置ｼｽﾃﾑ 3511 を用い、X線管球；クロム対陰極、印加電圧；50kV、印加電流；50mA、分光結晶；フッ化リチウム、検出器；シンチレーション計数管で測定を行った。赤色顔料の主成分元素としては鉄のみを検出した。

分析結果と考察

赤色物は、赤鉄鉱、磁赤鉄鉱、磁鉄鉱の三者からなる。このうち赤鉄鉱と磁鉄鉱につい

ては径 2,3 ～ 15mm の小塊が多量に含まれる。この容器内赤色物は赤色顔料としてはベンガラである。しかし、このベンガラには完全に磨り潰されていない「素材」としての赤鉄鉱の小塊の他に、磁赤鉄鉱や磁鉄鉱の粉末、小塊が含まれている。

粉末化しても赤くならない磁鉄鉱がなぜ大量に含まれているのか。いくつかの可能性が考えられるが、粉末、粒状の磁鉄鉱を強熱したものとも考えられる。

クエゾノ遺跡では陶質土器や製鉄関連の鉄製品が出土しており、単にベンガラの原料や製法だけの問題にとどまらず、あるいは鉄鉱石そのものとも言えるかもしれない。しかし、この磁鉄鉱が大量に含まれている赤色物は、同一遺跡内の埋葬施設内からも検出されているので、赤色顔料としての意識により使われた物であることは確かであろう。

出土ベンガラの種類

現在、一般にベンガラという赤色顔料は、赤鉄鉱（酸化第二鉄）を主成分とするものを指す。出土赤色物のうち、主成分が赤鉄鉱でないものについては、これをベンガラと呼ぶべきではなく、赤土や赤色粘土とすべきであるという考え方がある（朽津、1995 他）。現在の無機顔料の材質、名称を考える場合は適切なことと考えられるが、ここでは、出土遺物としての赤色顔料を考古学的に捉えるために、赤色の由来が鉄にあると考えられるものについてはすべて「ベンガラ」と呼ぶ立場をとる。赤土や赤色粘土も出土ベンガラの多様性の現れであると考えると、古代人が種々のベンガラの中からどれを選択あるいは採用せざるを得なかったかという点について理解しやすいからである。

今回は、今までに出土ベンガラの材質について報告されている例を集成し、先述の磁鉄鉱起源と考えられる物も加えて下記のような分類案を試みた。

鉱物系
- ア 赤鉄鉱を砕いた？物　（永嶋 1995、戸高 1995、三ツ井 1996、本田 1995 他）
- イ 褐鉄鉱を焼く、砕いた？物　（戸高 1995、三ツ井 1996 他）
- ウ 磁鉄鉱を焼いた？物　（５ｃ代～、本田 1995）
- エ 磁硫鉄鉱を焼いた物（近世、北野・肥塚 1996）

パイプ系
- ア 規格性の高いパイプ状粒子を含む物　（縄文時代早期～、永嶋 1985 他）
- イ 透明度が低いパイプ状粒子が束のように集合している場合がある（弥生時代後期～，本田 1991）

赤色土系　　中村（1983）、朽津（1995）、三木（1995）

P13

滋賀県内出土赤色顔料関連資料調査(2)

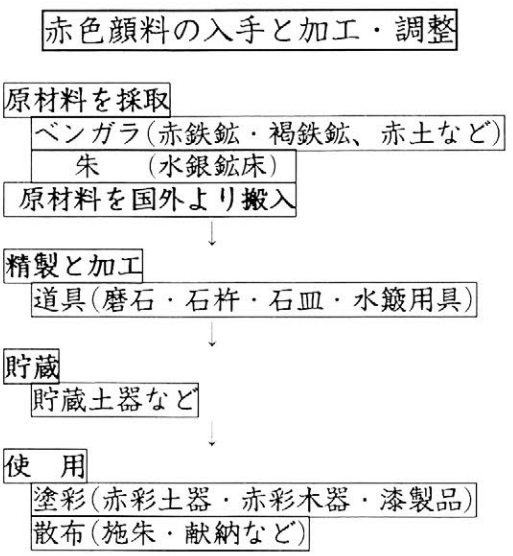
中川正人(滋賀県文化財保護協会)
降幡順子(京都大学大学院人間環境学研究科)

1．はじめに

これまで実施した滋賀県内での赤色顔料関連資料調査の総数は、資料収集にあたり博物館や資料館、発掘調査担当者の協力を得て 300件以上にのぼっている。今回の発表は、いくつかの新たな調査資料の紹介とともに、機器分析の導入による調査の現状を報告する。

2．調査資料と調査手法

古代における赤色顔料関連資料は、図に示すように原材料の入手から加工・調整を通じて用途に応じて精製され使用される。遺跡からは種々の遺物に付随し出土することが多く注意が必要である。朱に関する資料として、加工具、調整具にあたる石杵、石皿、特殊な土器などが新たに調査資料に加わった。また、ベンガラに関するものとして、遺構に伴ったものに加え、素材としての塊や粉末、土器に貯蔵されたものなど調査例が増加している。とくに漆製品については継続して材質調査を実施している。



調査法として、顕微鏡による粒度や色調の観察、蛍光X線分析法、X線回折法、電子顕微鏡による観察などを行った。とくにSEM画像観察や塗膜層における元素マッピング調査はいまや必須の調査手法となっている。なお調査資料は、資料写真、関連図面、分析結果等を添付しカード化し整理している。

3．調査成果

出土赤色顔料が朱と同定された資料は、縄文時代後期から晩期に至る漆製品、とくに竪櫛などの装身具に多く検出された。また、弥生時代末期から古墳時代にいたる彩色木製品や祭祠関係の遺物には朱が多く用いられている。さらに、朱の製造に関する資料として、守山市酒寺遺跡、播磨田東遺跡などから石杵や石皿、特殊な土器などが出土している。朱の利用目的には着色材料としての役割に加え、仙薬としての利用が指摘されており、そうした調剤のための用具として特殊な土器などが存在する可能性がある。

ベンガラについては、電子顕微鏡などによって詳細な分析調査を開始した。得られた成果として、縄文時代後期と古墳時代の貯蔵用とみられる小型壺内からのベンガラを含む採取試料20数件のうち、円筒状ベンガラ(パイプ状ベンガラ)を10件以上検出した。

滋賀県内でも円筒状ベンガラの検出例が増加する傾向にあり、時代、地域、使用例において普遍的な広がりを示していることをが確認された。この円筒状ベンガラの成因や利用形態などについては、出土状況や埋蔵環境に関する情報を正確に把握し解明していく必要がある。

赤色顔料関連調査資料一覧(抜粋)　　1997/04

No	遺跡名	調査資料	種別	時代	備考	朱	ベンガラ
1	粟津湖底遺跡	漆塗り竪櫛·腕輪	漆製品	縄文中	円筒状ベンガラ検出		○
2	穴太遺跡	塗彩土器·耳栓	塗彩土器	縄文後		○	
3	高木遺跡	石皿	加工調整具	縄文後		○	
4	小川原遺跡	石皿	加工調整具	縄文後	集石遺構	○	
5	松原内湖遺跡	竪櫛·木胎漆器·他	漆製品	縄文後		○	
6	正楽寺遺跡	鉢	原材料	縄文後	円筒状ベンガラ検出		○
7	正楽寺遺跡	石杵·顔料·小型鉢	加工調整具	縄文後	石斧転用		○
8	正楽寺遺跡	鉢	加工調整具	縄文後		○	
9	正楽寺遺跡	顔料	原材料	縄文後	円筒状ベンガラ検出		○
10	滋賀里遺跡	竪櫛・腕輪	漆製品	縄文晩		○	
11	小津浜遺跡	土器	塗彩土器	弥生中	黒・赤塗彩		○
12	服部遺跡	木棺内顔料	原材料	弥生中	施朱	○	
13	高島町内遺跡	石杵	加工調整具	弥生後	L字形	○	
14	高野遺跡	小型鉢	加工調整具	弥生後		○	
15	酒寺遺跡	石杵	加工調整具	弥生後	L字形、住居跡内	○	
16	五村遺跡	石杵	加工調整具	弥生末	L字形	○	
17	針江浜遺跡	木製高杯	彩色木製品	弥生末			○
18	赤野井湾遺跡	木製品·盾·他	彩色木製品	弥生末		○	
19	塚之越遺跡	片口鉢	加工調整具	弥生末	方形周溝墓溝内	○	
20	斗西遺跡	石皿	加工調整具	弥生末			○
21	雪野山古墳	靱塗布顔料	原材料	古墳前	施朱	○	
22	吉身西遺跡	顔料（小型壺内）	原材料	古墳中			○
23	播磨田東遺跡	石杵	加工調整具	古墳中	棒状、住居跡内	○	
24	芦浦遺跡	顔料（須恵器内）	原材料	古墳後	円筒状ベンガラ検出		○
25	葛龍北遺跡	石室内顔料	原材料	古墳後			○
26	斗西遺跡	顔料（小型壺内）	原材料	古墳後	円筒状ベンガラ検出		○
27	北谷古墳	石室内顔料	原材料	古墳後	施朱約 1.6 kg	○	
28	北落古墳	石室内顔料	原材料	古墳後	円筒状ベンガラ検出		○

小型壺内貯蔵ベンガラ(円筒状ベンガラ検出) 能登川町斗西遺跡

P 14

正倉院佐波理の化学組成

成瀬正和（宮内庁正倉院事務所）

はじめに

正倉院の佐波理製品は皿約 700 点、鋺約 430 点、匙約 150 点が伝えられているが、このうち平成８年度までに約 300 点弱について蛍光Ｘ線分析を主とする調査を行った その標準的な化学組成は Cu80%、Sn20%である　またＸ線回折によって Cu—Sn 系合金のβ相が認められるものが多かった

蛍光Ｘ線分析とその結果

試料はいずれも非破壊で測定した　出土品と異なり、錆化しているものは少ないので、表面の化学組成はほぼ本来の化学組成を示しているものと考えられる　蛍光Ｘ線分析は理学電機工業製波長分散型蛍光Ｘ線分析装置を用いて行った　定量にあたっては Cu、Sn、Pb、As については実際の佐波理製品に化学組成が近い Cu－Sn 系、Cu－Sn－Pb 系、 Cu－Sn－As 系標準試料を多数用意して、これと比較し、また微量成分である Fe、Ag、 Bi についてはそれぞれの元素が 0.1～3%の範囲で含まれる Cu 標準試料を数種を用意し、これと比較した

測定は皿、鋺については底裏、匙については匙面の裏面で行った　測定面の照射口からの距離、あるいは測定面の平滑さは測定に大きな誤差を与える要因であるが、前者については測定対象物（試料）についての正確な実測図を予め作製し、これを参考に照射口から測定面までの距離を読みとり、できるだけ同等の条件で標準試料を測定することにより対処した

上記方法によって得られた佐波理製品の化学組成について代表例を表に示す　様々な化学組成のものがあるが、ごく一部のもの除き Sn は 15%以上含まれる　全体的に見れば Cu 約 80%、Sn 約 20%よりなる化学組成を示すものが多い

Ｘ線回折とその結果

試料は非破壊で、理学電機製文化財用Ｘ線回折装置を用い測定した　多くの試料においてｄ＝2.30Å、ｄ＝2.03Å付近に、Cu—Sn 系合金のβ相に基づくと考えられるＸ線回折線が認められた　δ相の析出を抑えるため、520℃の共析変態の上からの急冷あるいは焼き入れなどの熱処理が施されたことがわかる

おわりに

正倉院佐波理の化学組成は、昭和28～30年に行われた宝物の材質調査の際、^{32}Pを線源とするβ線後方散乱率法により鋺1点、皿1点の佐波理製品が調査され、鋺については「Sn及びPbが数%で、残りがCuなる組成をもつもの」、また皿については「(前者より) Cuがより高率、Sn、Pbがより低率のもの」と推定され、これが正倉院佐波理ひいてはわが国古代の佐波理製品の一般的な化学組成をとして美術史あるいは金工史の分野で定着してしまった このとき調査された佐波理皿は表のNo 5の試料であり、かつての結果が誤りであることが明らかとなった

なお鍮器と呼ばれる韓国の伝統的な青銅製食器の原料配合比も、ほぼ Cu80%、Sn20%である

表 正倉院佐波理の化学組成

試料No	試料名	Cu(%)	Sn(%)	Pb(%)	As(%)	Fe(%)	Ag(%)	Bi(%)	その他
1	佐波理匙第6号－1	78	22	－	＋	＋	＋	－	Ni
2	佐波理匙第6号－2	78	22	－	－	＋	＋	－	Ni
3	佐波理皿第2号－1	80	18	0.5	1.5	<0.1	0.2	0.4	Ni
4	佐波理皿第2号－4	80	16	0.5	2	0.2	0.2	0.3	
5	佐波理皿第16号	83	15	－	2.5	0.5	0.1	0.2	Zn・Ni・Co
6	佐波理皿第18号－1	78	22	－	－	－	＋	－	
7	佐波理皿第23号－1	74	25	－	<0.1	<0.1	0.1	－	Ni
8	佐波理皿第23号－2	80	19	－	<0.1	<0.1	0.2	－	Ni
9	佐波理皿第23号－6	87	5	3	3	<0.1	0.3	－	NI
10	佐波理皿第24号－1	75	21	3	<0.1	<0.1	0.4	－	Ni
11	佐波理皿第24号－7	81	11	5	－	<0.1	<0.1	－	Ni
12	佐波理皿第24号－8	77	22	2	<0.1	<0.1	0.3	－	Ni
13	佐波理皿第32号－1	81	17	＋	－	＋	＋	－	Ni
14	佐波理皿第70号－1	76	16	2	1	＋	＋	＋	Ni
15	佐波理皿第70号－8	83	5	5	5	＋	＋	＋	NI
16	佐波理皿第78号－1	75	17	0.5	0.5	<0.1	0.9	0.1	Zn・Ni
17	佐波理皿第78号－3	77	19	2.5	0.3	0.2	0.3	－	Ni
18	佐波理加盤第18号－1	81	19	0.1	－	<0.1	0.3	－	Zn・Ni
19	佐波理加盤第18号－3	79	21	0.1	－	－	0.3	－	Zn・Ni
20	佐波理加盤第34号－1	80	20	－	－	＋	＋	－	Ni

P15

鉄遺物の錆化に伴う微量元素の挙動

○平井昭司（武蔵工業大学原子力研究所）、鈴木章悟（同）、岡田往子（同）

はじめに

刀、刀子、鏃、鎧等の武具や斧、鍬、鋤、鋸等の農工具や製鉄・鍛冶に関連する鉄塊・鉄製品等の多くは、遺跡から出土したときその表面および内部は埋蔵中に錆化して、鉄金属は錆びに変っている。ときに、錆化の程度が弱く、鉄金属が残存していることもある。錆化して錆の発生は、主に鉄金属が酸素あるいは水と化学反応して鉄化合物を生成することになる。すなわち、Feが$FeOOH$、Fe_2O_3、Fe_3O_4等に変化し、100％であったFe濃度もそれぞれ63％、70％、72％と減少していくことになる。この場合、Fe元素は遺物中から減損したのではなく、外部から酸素あるいは水酸基が遺物中に入り込んだ結果なのである。もし、Feが埋蔵環境に流出したり、他の物質が遺物中に混入してくると、当然のことながらFe濃度はさらに減少の一途を辿ってくる。

また、鉄の錆化においては、酸化反応以外にも他の化学反応が起こり、埋蔵環境から不純物元素が鉄中に移動するか、あるいは埋蔵環境に不純物元素が鉄中から移動する現象が生じる。その一例がイオン化傾向となる酸化還元反応で、K、Ba、Sr、Ca、Na、Mg、Al、Mn、Zn、Fe、Co、Ni、Sn、Pb、(H_2)、Cu、Hg、Ag、Pt、Auの順にイオンになりがたく、Feを中心に右側に位置している元素がイオンで環境中に存在しているとFeと接触したことでイオンは金属として析出することになる。逆に、Feはイオンとして化合物を生成することになる。

このように鉄金属中に含有する不純物元素が、埋蔵環境においてこのような錆化反応等においてFeと同じような挙動をするのか、あるいは全く別の挙動をするかは鉄の錆びから元の金属部の状態を知るうえで非常に重要なことになる。本研究においてはこのような微量元素の錆化過程における挙動を調べるため、鉄遺物を金属部と錆部とに分け、高感度分析法である中性子放射化分析法により微量元素の各部における濃度を定量した。

中性子放射化分析

鉄遺物の金属部と錆部との分離は、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てから、内部の黒錆部と金属光沢をした金属部を採取した。各分析試料約50m g を立教大学の原子炉で10秒間および６時間照射し、適当な冷却時間を経てγ線測定し、％からppmレベルの53元素を定量した。これらの元素のうち典型的な元素を選択して、錆部と金属部での濃度比ならびに濃集率を算出した。濃度比は定量した各元素の濃度の比であり、濃集率はFeの濃度比を基準にした各元素の濃度比となる。すなわち、ある元素の濃度をC_x、Feの濃度をC_{Fe}とすると、濃度比は$(C_x)_{錆}/(C_x)_{金属}$となり、濃集率は$\{(C_x)_{錆}/(C_x)_{金属}\}/\{(C_{Fe})_{錆}/(C_{Fe})_{金属}\}$となる。これらの値を指標とすると各元素は２つのグループに分けられることが明かとなった。

結果および考察

一例として福島県大迫遺跡（９世紀後半）から出土した鉄塊系遺物を分析し、濃度比および濃集率を示したのが第１表である（福島県文化財調査報告書第336集pp.237-246,1997）。どちらかの部位で定量下限値以下の値があるが、その傾向ははっきりとしている。濃集率でほぼ１以下の元素と１を大きく越えた元素のグループがある。１以下の元素にCl、Co、Ga、As、Br、Mo、Sb、W、Auがあり、これらはClとBrを除いて親鉄元素および親銅元素と言われるグループで、これ以外にもNi、Cu、Ir、Sn等がある。

一方、１を越える元素、Na、Mg、Al、K、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、La、Sm、Lu、Hf、Th、Uは親石元素と言われるグループで、BaやZrもこのグループに属する。ClとBrはハロゲン元素でFeの錆化反応でFeと結合して錆部で増加する傾向にある鉄器に多くみられる）が、本試料のように１以下になることがある。このような試料は製鉄に関連する鉄遺物においてみられる。製鉄に関連する鉄遺物では、金属と滓とが完全に分離していないこともある。そのため滓と錆とを区別することができず、滓はClやBrとあまり反応することができず、金属部よりは濃度が小さくなる。なお、滓部に濃集する元素は親石元素で、錆部に濃集しやすい元素と同じである。

このように錆化すると各元素濃度は増加あるいは減少していくが、元素間の濃度比がほぼ等しいものもある。その一例がAs/Sb比（金属部：10、錆部：７）である。このような元素に注目すれば、錆でも元の金属の様相をみることが出きる。

第１表　大迫遺跡から出土の鉄塊系遺物の元素濃度、濃度比および濃縮率

元素	金属部濃度 (ppm)	黒錆部濃度 (ppm)	濃度比	濃集率
Na	3.9	510	131	229
Mg	470	14000	30	52
Al	140	7200	51	90
Cl	28000	580	0.021	0.036
K	17	1400	82	144
Ca	<1100	5700	>5.2	>9.1
Sc	1.4	35	25	44
Ti	2000	47000	24	41
V	37	660	18	31
Cr	41	450	11	19
Mn	41	2000	49	86
Fe	980000	560000	0.57	1.0
Co	390	160	0.41	0.72
Ga	25	10	0.40	0.70
As	14	1.9	0.14	0.24
Br	18	1.8	0.10	0.18
Mo	18	<2.6	<0.14	<0.25
Sb	1.4	0.28	0.20	0.35
La	0.89	11	12	22
Sm	0.03	1.3	43	76
Lu	0.076	0.27	3.6	6.2
Hf	<1.3	14	>11	>19
W	8.6	1.3	0.15	0.27
Au	0.072	0.024	0.33	0.58
Th	<0.62	2.7	>4.4	>7.6
U	<0.1	0.53	>5.3	>9.3

P16

尼寺廃寺塔心礎出土遺物の自然科学的調査

○中越正子・菅井裕子・北野信彦・井上美知子・川本耕三・渡辺智恵美((財)元興寺文化財研究所)
山下隆次(二上山博物館)

1、はじめに

尼寺廃寺跡は香芝市尼寺に所在する飛鳥時代の寺院跡である。古くから尼寺の集落内で古瓦が多く出土しており寺院跡の存在が考えられていた。平成3年度より調査を始め、今回は塔基壇と推定される部分の調査を行い、心礎および基壇の構築状況等を確認した。心礎柱座底には 5～6cmの厚さで炭が敷き詰められており、その炭の直上に耳環 12 点、水晶玉4点、ガラス玉3点(トンボ玉、ガラス小玉、ガラス玉)、刀子1点の舎利荘厳具が出土した(図1、写真1)。またこれらの遺物には赤色顔料が付着していたことから、埋納孔の内側にも塗布されていたものと考えられる。

当研究所では、これらの遺物の保存処理に先立ち、ケイ光X線分析をはじめとする自然科学的調査を実施し、耳環をはじめとする遺物と赤色顔料の成分や製作技法等について知見を得たので報告する。

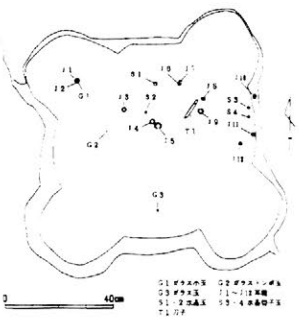


図1

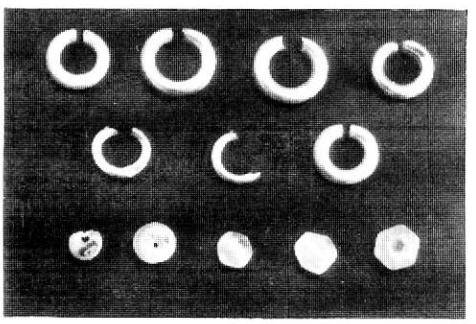


写真1

2、使用した分析機器

・エネルギー分散型ケイ光X線分析装置(XRF)(セイコー電子工業(株)製:SEA-5200)
・電子線マイクロアナライザー(EPMA)(㈱堀場製作所製 EMAX2000)
・走査型電子顕微鏡(SEM)(日立製作所㈱製 S－415)
・X線回折分析装置 (XRD) (マックサイエンス社製 M18XHF 奈良国立文化財研究所設備)

3、分析結果

1)耳環

心礎柱座より出土した耳環 12 点の残存状態はおおむね良好であり、No.1,8,10,はほぼ完存している。No.2,3,5,12 の残存状況は良好であったが、接面(耳に挟み込む時に接する部分、以下この名称を使用する)が欠損していた。No.4,7,9,11 は部分的に表面層が剥落したり、芯より剥がれ浮き上がっている状態であった。No.6は約半分が欠損していた。肉眼および実体顕微鏡による調査、X線透過試験等より、No.1,10,12 は中空の耳環であることがことが確認できた。その他の耳環は中実(内部に芯があるもの)である。

XRFによる分析の結果、金の純度の平均値は 98.3%で、ほぼ純金と言うことができる。高純度の金は、わが国では東北地方で産出する砂金が挙げられ(特に古代においては陸奥地方は一大産出地であった)、これらを原料として用いた可能性もある。あわせて芯に用いられた銅も非常に純度の高いものであった。接面の仕上げ方法は二通り確認できた。中空のもの(No.1,10,12)は接面に似た形状の薄い板を作製し、その板の上に表面層を構成する板の端を直角に折り曲げて被せて固定している(写真2)。通常の中空ものの仕上げ方法は、表面層の板を折り曲げた上に接面の板を被せることが多い。中実のほとんどのものは、接面が欠損していた。ほぼ

完存しているNo.8は表面層を構成する板の端を直角に折り曲げ、芯を覆うようにたたみ込み接面を仕上げている。中実の耳環の接面の仕上げにはこの方法を用いることが多く、No.8以外の耳環も同様の仕上げがなされているものと推定される。またNo.1,2,12で、耳環の内側面に表面層を形する金板を貼り合わせた痕跡が確認できた。耳環の装飾方法としては①水銀アマルガム法による鍍金、鍍銀、②金貼り(金板、金箔)がある。XRF分析より、水銀アマルガム法の指標となる水銀(Hg)が検出できなかったことから、尼寺廃寺出土耳環はすべて金貼り技法を用いて製作されたと推定できる。また分析値、形状等から判断して、No.1と10、No.2と3、No.5と6は対であると考えられる。

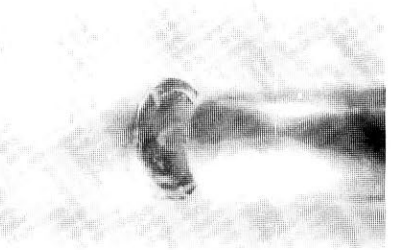


写真2(No.10)　(×5)

2)水晶玉、ガラス玉

①水晶玉は4点出土しており、うち2点は「切子玉」と称されるものである。形状の残存状態は良好であるが表面層が劣化し白濁している。紐を通す孔の中に、土が詰まっているものもあったが、紐等については確認できなかった。穿孔は一方向よりおこなわれており、孔の両端は紐が通し易いように加工されている。XRF分析の結果、主にケイ素(Si)が検出され、水晶(SiO_2)であると確認できた。Feのピークも得られたがこれは表面に付着していた赤色顔料(ベンガラ)に由来するものと考えられる。

②ガラス玉3個のうち1個は非常に劣化が著しく、本来の色調、質感等が確認できない。XRF分析の結果トンボ玉の青色部、淡黄色部分の両方とも鉛(Pb)を検出したことから、鉛ガラスであると考えられる。また、青色部のみに銅(Cu)が含まれることから、青色はCuによる発色であると推定する。ガラス小玉はケイ素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)を検出したことからカリガラスとみられ、また青色はCuによる発色と推定する。劣化の著しいガラス玉はPbを検出したことから、鉛ガラスであると考える。

3)刀子

全体的に鞘と思われる木質がよく残っているが切先部分は欠損し、ハバキの部分は白銀色の板が巻かれていた。ハバキ部分のXRF分析より、銀(Ag)及びFeを検出したことから、銀装の刀子であると思われる。

4)赤色顔料の分析結果

礎石直上で検出された赤色顔料(3地点)をEPMA分析した結果、いずれの試料からも鉄(Fe)のピークが強くみられ、他にケイ素(Si)等の土壌成分由来のピークが確認された。またXRD分析でも顕著に赤鉄鉱ヘマタイトのピークを検出したので、これらの赤色顔料はいずれもベンガラ(Fe_2O_3)であると考える。また、電子顕微鏡によるSEM画で像は、いずれの試料にも0.1 μm前後のベンガラ粒子が一定の規則性(らせん状)をもって中空円筒状(パイプ状)の形状を呈する集合体が確認された(写真3)。

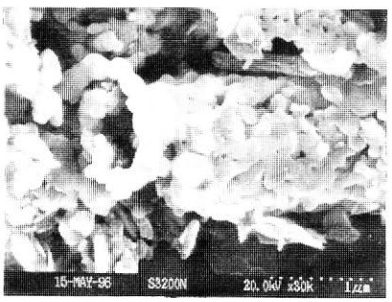


写真3 SEM観察例　(×30,000)

5)木炭の樹種鑑定結果

心礎座内の木炭は、木口面、板目面、柾目面の断面をカミソリの刃で出し、SEM観察より樹種を同定した。その結果、木炭は広放射組織を有しない放射孔材であった。ウバメガシかマテバシイが考えられたが、樹種の分布上、ウバメガシの可能性が高いと思われる。

P17

画像処理法による陶磁器素地の定量化と産地推定（1）

佐々木達夫（金沢大文）・酒寄淳史（金沢大教育）・向井　亙
酒井　中・吉田和則・楠　寛輝（金沢大文学研究科）

画像処理ソフトを用いて陶磁器の胎土に含まれる鉱物・粘土基質・空隙の各容量比を定量化した。資料は西アジアの港湾遺跡出土の陶磁器が主である。従来、資料中の鉱物の容量比を求めるには、顕微鏡下の薄片を一定間隔で移動させ、視野の中央にきた鉱物のポイント数を計測するポイントカウンティング法を用いた。しかし移動装置の規格による制約がある為、小さな面積の場合が多く、微細な鉱物粒を多く含む陶磁器胎土を扱うには不向きである。画像処理法は鉱物が種類ごとに同じ色で認識できれば、結晶の大小に関わらず総てを定量化でき、陶磁器の胎土成分の定量化に適している。また画像処理法では、ポイントカウンティング法には適さない小さな資料に対しても十分に測定が可能である。この点においても、画像処理法は考古学資料に対して適した方法である。

画像処理は紙焼き写真をｽｷｬﾅ(解像度は400dpi)で取り込み、Photo shop(R)ver.4.0で計測した。はじめに、組成値が安定する面積、同一測定者および複数の測定者による近似色を同色と識別する精度を検証した。偏光顕微鏡倍率40倍で撮影し、ネガ35mmを12.6×8.9cm(L版)に紙焼きした場合、それ以上の面積を定量化したときと同じ値が得られた。同系統の色を同色と判定する精度の誤差は同一測定者で±３％、複数の測定者間では±４％内であった。続いて両方法により得られた鉱物・粘土基質・空隙の定量数値の比較をおこなった。画像処理法によって得られた数値はポイントカウンティング法による値との誤差が±4%以内という高い相関を示した。

以上のことからシステム化された画像処理法による胎土成分の定量化は考古学資料としての陶磁器の成分や状態の分析に有効な方法であることを確認した。なお、今後の課題は鉱物を種類ごとに画像処理する方法の確立である。

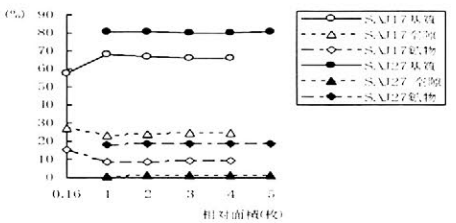


図1. 測定面積の違いによる組成値の変動

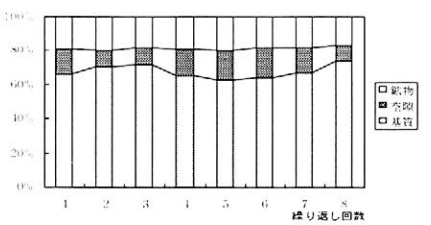


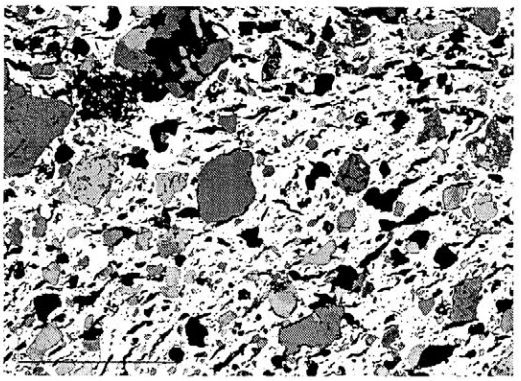
図2. 繰り返し測定による組成値の変動

表1. 測定面積の違いによる組成値の変動(%)

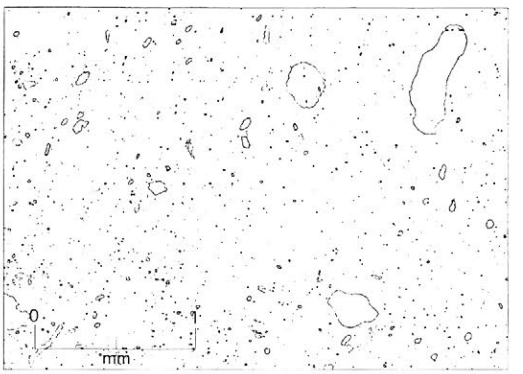
相対面積	SAJ-17基質	SAJ-17空隙	SAJ-17鉱物	SAJ-27基質	SAJ-27空隙	SAJ-27鉱物
0.16	57.21	27.21	15.58	—	—	—
1	68.12	23.18	8.7	80.79	0.95	18.26
2	66.78	24.23	8.99	80.34	1.16	18.5
3	65.91	24.96	9.13	80.32	1.13	18.55
4	66.1	24.78	9.13	80.3	1.02	18.68
5	—	—	—	80.34	1.02	18.64

表2. 繰り返し測定による組成値の変動

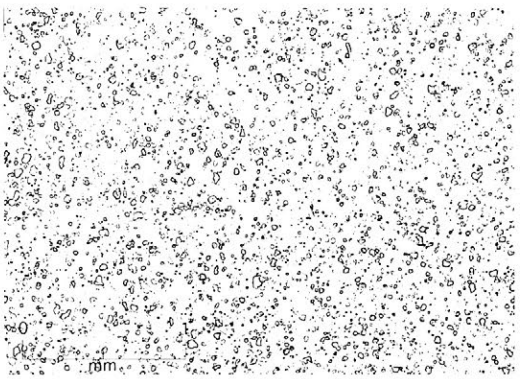
試料番号	総計(ﾋﾟｸｾﾙ)	合計(ﾋﾟｸｾﾙ)	再現率(%)	基質(ﾋﾟｸｾﾙ)	空隙(ﾋﾟｸｾﾙ)	鉱物(ﾋﾟｸｾﾙ)
JHU95-184	2604222	2748647	105.55	1811319	418421	518907
	2420742	2448068	101.13	1728324	244282	475462
	2458890	2486370	101.12	1783388	254335	448647
	2702946	2787211	103.12	1828446	425371	533394
	2702946	2803780	103.73	1751127	501571	551082
	2702946	2900894	107.32	1866304	512237	522353
	2628542	2671233	101.62	1887455	407125	523169
	2721286	2808853	103.22	1960102	260609	441626



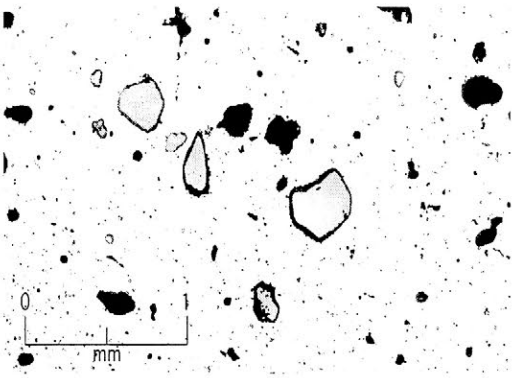
NBS-10 (グレースケール)



JHU94-23(線画)



SAJ-27(線画)



JHU94-23(グレースケール)

図3. 画像処理した分析資料

表3. ポイントカウンティング法と画像処理法の測定値比較(%)

	ポインカウンティング法			画像処理法		
試料番号	基質	空隙	鉱物	基質	空隙	鉱物
JHU94-25	89.3	3.7	7.0	88.3	4.2	7.5
JHU94-50	88.4	3.7	7.9	90.6	3.0	6.4
JHU94-47	92.9	2.5	4.6	88.9	6.7	4.4
JHU94-23	95.7	2.6	1.7	94.3	5.4	0.3

*SAJ : ジュルファル、アラブ首長国連邦
NBS : ナーン窯、北部タイ
CPN : パーン窯、北部タイ
TANI : タニ窯、カンボジア
JHU : ジャジラット・ハレイラ、アラブ首長国連邦

表4. 資料一覧(%)

資料番号	Type of Ware	Estimated Provenace	Estimated Date	基質	空隙	鉱物
SAJ-27	Blue & White,jar	China,Jingdezhen	End 14th C.	80.25	0.7	19.05
SAJ-1	Green ware,dish	Northern Thai	15-16th C.	69.12	17.17	13.71
NBS-10	Ironpainted underglazed ware,dish	Northern Thai	15-16th C.	51.53	27	21.47
CPN-4	Green ware,dish	Northern Thai	15-16th C.	65.4	8.38	26.22
TANI-5	kiln furniture	Cambodia	12th C.	75.12	2.2	22.68
SAJ-33	Blue glaze,bowl,Frit	Iran	15th C.	8.88	39.41	51.71
SAJ-15	Green glaze,bowl	Iran	15th C.	57.98	29.02	13
SAJ-35	Yellow/White glaze,large bowl	Iran	15-16th C.	57.94	7.37	34.69
SAJ-16	Green glaze,large bowl	Iran	15th C.	59.24	31.85	8.91
SAJ-17	Brown glaze,large bowl	Iran	14th C.	68.86	25.66	5.48
SAJ-14	White glaze,large bowl	Iran?	14th C.	65.26	24.34	10.4
JHU94-1007	Eathern ware,jar/vase,grey fabric	Islam	9th C.	65.03	22.79	12.18
JHU94-47	Polychrome glaze,bowl,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	88.89	4.4	6.71
JHU94-19	White glaze,bowl,painted,incised,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	94.18	1.58	4.24
JHU94-25	White glaze,bowl,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	88.29	4.21	7.5
JHU94-54	Black glaze,bowl,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	92.93	2.73	4.35
JHU94-50	Polychrome glaze,bowl,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	90.57	2.98	6.45
JHU94-48	Polychrome glaze,bowl,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	91.58	6.83	1.59
JHU94-23	White glaze,bowl,cobalt painted	Mesopotamia	9th C.	94.33	5.36	0.31
JHU94-1002	Earhern ware,jar/vase,yellow fabric	Mesopotamia	9th C.	96.87	1.33	1.8
JHU95-184	Earhern ware,jar,yellow fabric	Arabia	7 -8th C.	65.9	15.22	18.88
JHU95-186	Earhern ware,bowl,yellow fabric	Arabia	7 -8th C.	84.64	11.37	3.99
JHU95-239	Earhern ware,jar,yellow fabric	Arabia	7 -8th C.	88.64	10.44	0.92
JHU95-185	Earhern ware,jar,yellow fabric	Arabia	7 -8th C.	86.34	9.15	4.52

P18

ベトナム窯址出土陶磁器の特徴に関する考察　－青花を中心に－

二神葉子　（東京国立文化財研究所）
青柳洋治　（上智大学アジア文化研究所）

はじめに

ベトナム産青花（染付）を表現する際に「柔らかい感じ」「粗略な感じ」など、素朴さを表現することばがしばしば用いられる。このような外観を作り出す微視的な特徴は何なのか。このような特徴をもたらす要因は何なのか。試料断面の実体顕微鏡観察、薄片の偏光顕微鏡観察、およびエネルギー分散型X線マイクロアナライザによる化学組成の分析結果から考察した。

試料について

試料としてベトナム北部ハノイ近郊の窯址 Chu Dau（チューダウ）遺跡から表面採集された青花の破片を用いた。

分析方法

破片は小さく切った後蒸留水で超音波洗浄し、乾燥させる。その後ポリエステル樹脂（リゴラック）に包埋し、研磨してスライドグラスに貼り付けて薄く切り、さらに研磨して薄片とした。スライドグラスから切り取った試料については切断面を鏡面に研磨し、実体顕微鏡観察およびエネルギー分散型X線マイクロアナライザによる化学組成の分析用の試料とした。化学組成の分析結果に関して、一部を第13回文化財科学会研究発表会で発表している。

観察結果

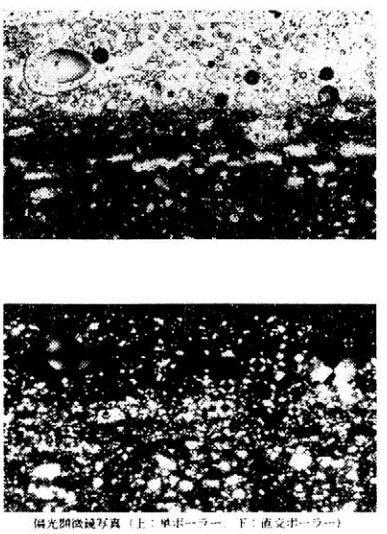
・素地

偏光顕微鏡観察で、すべての試料で石英の粒子が観察された。同一の試料に含まれる石英の粒子の大きさは数μmから10数μmまでの範囲で様々な大きさのものが見られ、径が0.3mm程度の大きな粒子が混じる試料もある。石英の粒子の形状は角張っているものが多い。

器壁に平行に細長くのびる気孔が多くの試料で観察され、長いものでは数mmに達する。

素地は淡灰色や淡黄色で、化学組成の分析からは素地を着色させる成分である FeO や TiO_2 の含有量が比較的高いことがわかっている（FeO：0.9～1.6%、TiO_2：0.8～1.7%）。また素地の中には褐鉄鉱など有色の夾雑物が見られるものがある。

実体顕微鏡観察で、釉と素地の中間に化粧土が観察された試料がある。化粧土は厚さ100～150μmの層として観察される。化粧土が施されている試料では、化粧土の部分は素地よりも観察される石英の粒子の粒径が小さく、粒径がそろっている。


偏光顕微鏡写真（上：単ポーラー、下：直交ポーラー）

・釉

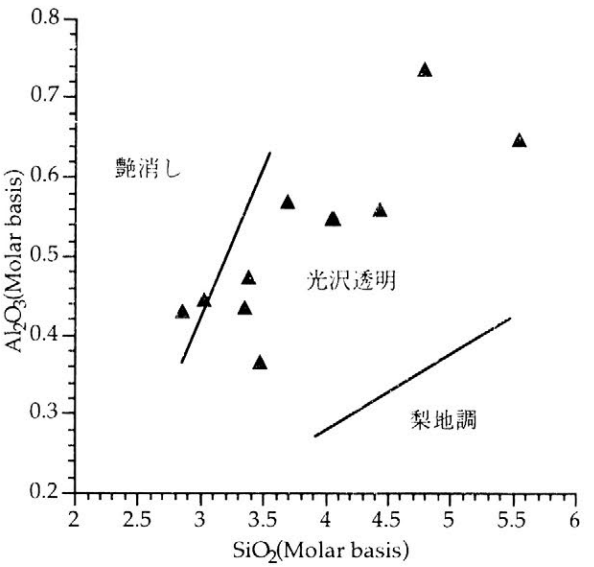
絵の部分の釉の青色は概して薄く、肉眼では輪郭が判別できても、実体顕微鏡観察では1試料を除き絵付けされた部分と絵のない部分との境界が不明瞭である。一部の試料では下絵具が釉の中に分散せず、化粧土と素地との境界付近に下絵具の層が観察される。

釉の中に米粒状の石英の粒子が観察される試料がある。また、鉄釉が施されている部分では、素地と釉の界面から釉に向かって垂直方向に細長い鉱物が観察されるものがある。中国での観察例では同様の鉱物を Anorthite と同定している。

考察

・素地

磁器の焼成において石英は焼成段階の初期には融解せず、焼成段階の後期になって融解する（大都賀ほか：1988）。ここから、石英の粒子が角張っているのは、焼成温度が比較的低いか、焼成時間が比較的短いことを示していると考える。細長い気孔はろくろの回転方向に平行であることから、成形の仮定で生じたものと考えられ、このことからも多くの試料で焼成温度が低めであると推定される。焼成温度が低い場合、素地の中の石英の粒子が多く、また石英の粒子が比較的大きいことが成形性を改善し、焼成時の破損を防ぐ上で有利である。粗粒の石英が多い素地は、低温での焼成に適しているといえよう。



釉のSiO_2およびAl_2O_3の比（CaO:KNa_2O=0.9:0.1）

・釉

釉の特徴をより明確に表現するために、窯業原料の成分を表す手段として用いられるゼーゲル式で成分比を表した。釉のゼーゲル式は各成分の重量%の値を分子量で割り、得られた各成分の値をアルカリ (Na_2O、K_2O) とアルカリ土類成分 (CaO、MgO) を 1 にとしたときの分子比で表す。

縦軸にAl_2O_3、横軸にSiO_2の値を取った散布図をみると、ほとんどの試料がSiO_2とAl_2O_3の値の比は、SK10 (1300℃) で透明釉になる範囲にある。しかし、試料の多くは艶消し釉であり、またSiO_2のモル比が他と比べて高い試料では石英の粒子が多く見られる。素地中の石英の粒子が溶解していないこととともあわせて、1300℃よりも焼成温度が低いことを示唆する。

まとめ

今回分析したベトナム出土青花は、素地には孔隙が多くまた比較的大きな石英の粒子が多く見られる。FeO やTiO_2が比較的多く含まれるため、素地は黄色みや灰色味を帯びている。また一部の試料では釉の中に石英の粒子が見られる。素地のガラス化の程度が低く孔隙が多いこと、石英の粒子が角張っていること、つや消し釉である点は、比較的低温で焼成されたことを表している。これらの点が青花に素朴な外観を与えている。

文献

高嶋廣夫 (1994)：陶磁器釉の科学、内田老鶴圃、344p

大津賀望・中川善兵衛・岡田清編訳 (1988)：第 2 章　液相焼結セラミックスの微構造－陶磁器を中心として－. JME 材料科学　セラミックスの微構造、内田老鶴圃、p.47-84

P19

須恵質土器（須恵器や山茶碗など）の材料学的検討－蛍光X線分析－

藤根　久（(株)パレオ・ラボ）・Lomtatize Zauri（同）

はじめに

縄文土器・弥生土器あるいは土師器などは，焼成温度が低いため，薄片法により放散虫化石や珪藻化石あるいは骨針化石など材料粘土の起源を指標する微化石類が見い出される．これらの微化石類の記載により，外洋成粘土，内湾成粘土，海水あるいは汽水干潟成粘土，沼沢地成粘土，湖沼成粘土，その他水成粘土など，異なる起源粘土を用いた土器が識別される（藤根ほか，1996）．さらに，胎土中の破壊構造をもつ岩石・鉱物群の記載により，断層内物質（あるいは断層ガウジ）を用いた土器も識別できることが分かってきた（藤根・小坂，1997）．また，混入物を観察することにより，混和材の種類についても直接的に調べることもできる（車崎ほか，1996）．このように，焼成温度の低い土器群は，薄片法による観察から，土器胎土の材料に関する直接的な検討が可能であることが分かってきた．

一方，須恵器や山茶碗などは，高温焼成ができる窯の使用により，硬質土器（須恵質）となる．こうした硬質土器は，石英以外の大半の鉱物群や含まれていた微化石類は溶融しているため，主に蛍光X線分析などの化学分析に頼らざる得ないのが現状である．

しかし，窯業が営まれた地域では，燃料材となる木材資源や地形条件などと共に，良質の粘土（粘土層）が必ず必要であったと思われる．実際，多くの窯跡の周辺を眺めた場合，良質の粘土層が必ずと言っていいほど分布し，これらが海成粘土や淡水成粘土あるいは岩石の風化成粘土であるなど成因の異なる粘土であることが容易に理解される．

これまでは，どちらかと言えば土器の制作地が問題になる場合が多いようであるが，材料あるいは材質面の研究は土器製作技法に係わる本質的課題と考えられる．また，土器の材料となる粘土の起源やその性質を調べることは，窯業の歴史的変遷を考える上で重要な意味をもつ．

ここでは，材料粘土の起源を知るために，窯跡が成立する地域に分布する粘土（粘土層）を電気炉を用いて焼成実験を行い，蛍光X線分析による化学組成の検討を行った．

試料

試料は，窯業が成立した地域に分布する粘土層を起源別に選んだ．また，縄文土器や弥生土器に使用された汽水成粘土や断層ガウジも含めた．

これら粘土は，６焼成条件（温度-時間；200°C-6h,500°C-6h,750°C-6h,1000°C-6h,1000°C-12h,1000°C-24h）を設定して電気炉で焼成した．

方法

未焼成粘土および６焼成条件による焼成粘土は，いずれも約10ｇ程度をセラミック乳鉢（成分，Al_2O_3;93.4%，SiO_2;5%）で粉砕・粉末化する．乾燥後1.8000g秤量し，同様に乾燥させた融剤（無水四ホウ酸リチウム($Li_2B_4O_7$):リチウムメタボレイト($LiBO_2$)=8:2）3.6000gと十分に混ぜ合わせた．混合試料は，白金ルツボに移した後，ビードサンプラー（㈱東京科学製NT-2000型）により，約1100°Cで220秒間溶融・135秒間混合を行い、測定用ガラスビードを作成した．また，検出感度の低い微量元素を測定するために，同様に粉末化した試料を20トンで加圧成型し、測定用ブリケットとした．

測定は、波長分散型蛍光X線分析装置（㈱リガク製 System 3080）を使用し、定量分析プログラムDATAFLEX-151（検量線法）を用いて定量分析を行った．

測定元素は，主成分10成分（Na_2O,MgO,Al_2O_3,SiO_2,P_2O_5,K_2O,CaO,TiO_2,MnO,Fe_2O_3）と微量元素11元素（Rb,Sr,Cu,Co,Ni,Zn,Zr,Pb,V,S,Y）である．

結果

起源別，焼成条件別の各試料の主成分10成分とRbおよびSrの各含量は，温度－時間により多少バラツキがあるものの極端な減量は認められない．また，これら12成分（元素）を対象とした主成分分析では，各起源粘土の化学的特徴を反映して分離されることが分かった（図１）．さらに，硫黄の定量分析により，少なくとも1000°C-24時間焼成後においては，海成起源の粘土（試料①，焼成前898ppm→焼成後295ppm）と淡水成起源の粘土（試料④，焼成前215ppm→焼成後57ppm）は，識別が可能であることが分かってきた．

課題

今回の焼成実験では，1000°C-24時間が高温・長時間の焼成であるが，さらに高温焼成するなど実験が必要である．また，実際的に須恵器などと焼かれた窯の周辺に分布する粘土層との比較・検討も行なう必要がある．さらに，各起源粘土を指標する化学特性の検討も必要である．

引用文献

車崎正彦・松本　完・藤根　久・菱田　量・古橋美智子（1996）（39）土器胎土の材料－粘土の起源を中心に－．日本考古学協会第62回総会研究発表要旨，153-156

藤根　久・菱田　量・車崎正彦（1996）第２節　弥生土器の胎土分析．「下戸塚遺跡の調査－第２部　弥生時代から古墳時代前期－」，648-692.早稲田大学校地埋蔵文化財調査室

藤根　久・小坂和夫（1997）生駒西麓（東大阪市）産の縄文土器の胎土材料－断層内物質の可能性－．第四紀研究．36(1),55-62.

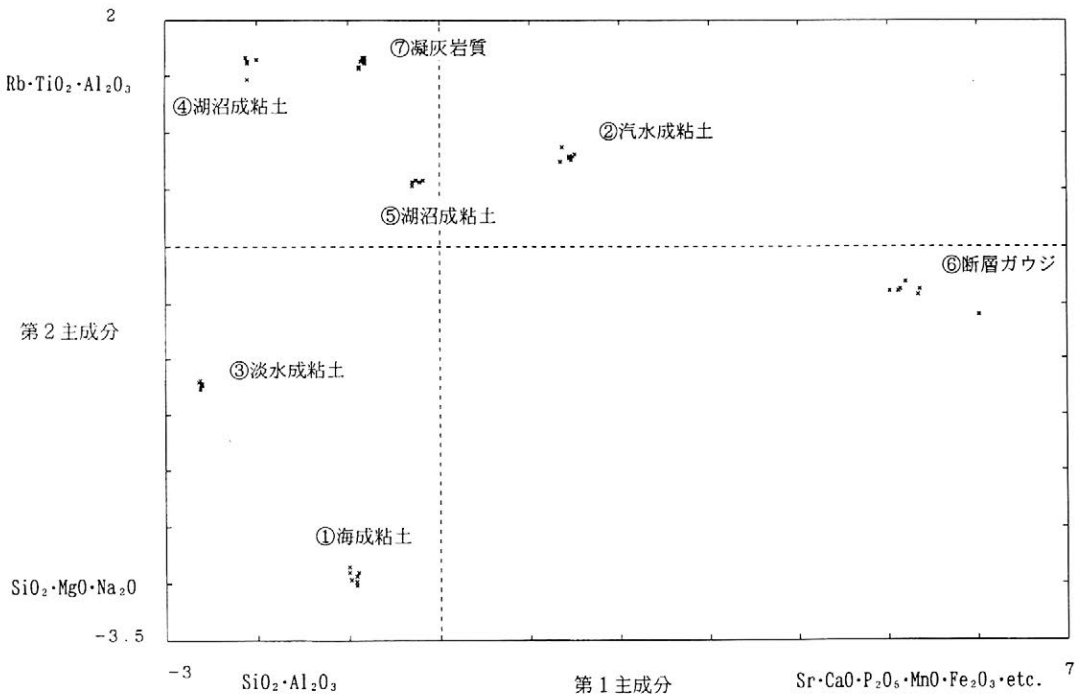


図１　起源別粘土質堆積物の焼成化学組成の第１－第２主成分分析散布図（相関行列）
焼成条件；未焼成，200°-6h,500°-6h,750°-6h,1000°-6h,1000°-12h,1000°-24h
主成分元素　：Na_2O,MgO,Al_2O_3,SiO_2,P_2O_5,K_2O,CaO,TiO_2,MnO,Fe_2O_3
微量成分元素：Rb,Sr

[蛍光Ｘ線分析を行った粘土質堆積物]

①海成粘土　　；群馬県吉井町下越沢－富岡層群吉井層
②汽水成粘土　；三重県桑名市中縄－縄文～弥生干潟堆積物
③淡水成粘土　；岐阜県多治見市大沢洞－東海層群土岐砂礫層粘土質
④淡水成粘土　；愛知県名古屋市天白区－東海層群矢田川累層
⑤淡水成粘土　；長野県中野市立ヶ花－南郷層
⑥断層ガウジ　；岐阜県河合村天生－跡津川断層
⑦凝灰岩質粘土；福井県織田町－糸生累層

P20

縄文時代晩期土偶と土器の胎土

西田泰民　(新潟県社会文化施設建設室)

これまで縄文土器の胎土についてはいくつかの視点からの分析が行われてきているが、同じ粘土を原料とした遺物でありながら、土製品と土器との比較はあまり行われていない。特に土偶は出土数はかなりの数にのぼるにもかかわらず、貴重品という意識があるためか、知る限り分析例はない。今回、秋田県埋蔵文化財センターの御好意により、秋田県虫内 I 遺跡出土の土器と土偶双方の胎土を検討する機会を得たので報告することとした。

試料について

虫内 I 遺跡は秋田県南東部の横手市の東にあり、1991～93 年に道路建設の事前調査として発掘され、他の一連の遺跡群、虫内 III・虫内 II・小田 IV などとともに、縄文時代晩期前半を中心とする広大な墓域の一部を構成する遺跡として知られるようになった。遺構は土器を埋設した土器棺墓が 200 余基の他、土壙墓、住居址などが発見された。また包含層からは縄文時代後期後半から晩期前半の土器や土製品、石器が大量に出土した。現在、報告書の作成中である。これらの遺物の内、埋設土器 59 個体、包含層出土土器 68 点、土偶 6 点を分析資料として提供いただいた。土器棺墓に用いられた土器は大多数が煮沸に用いられた痕跡が残る、文様が単純な深鉢、いわゆる粗製土器であるので、比較のため包含層出土の土器はある程度時期幅を持たせつつ特徴的な文様のある土器を選択した。これらの遺物の時期は土器編年で言えばおおむね瘤付土器の終末期から大洞 BC 式にあたる。

晩期の土偶は著名な遮光器土偶と呼ばれるタイプで、内部が空洞の中空のものと空洞のない中実のものがある。またその前段階の土偶は文様や形態が異なり、今回の資料の内、1 点は後期後半のタイプ、他の 5 点は晩期の土偶である。いずれも包含層からの出土であり、特に出土状態に何らかの意味が読みとれる例はなかったということである。

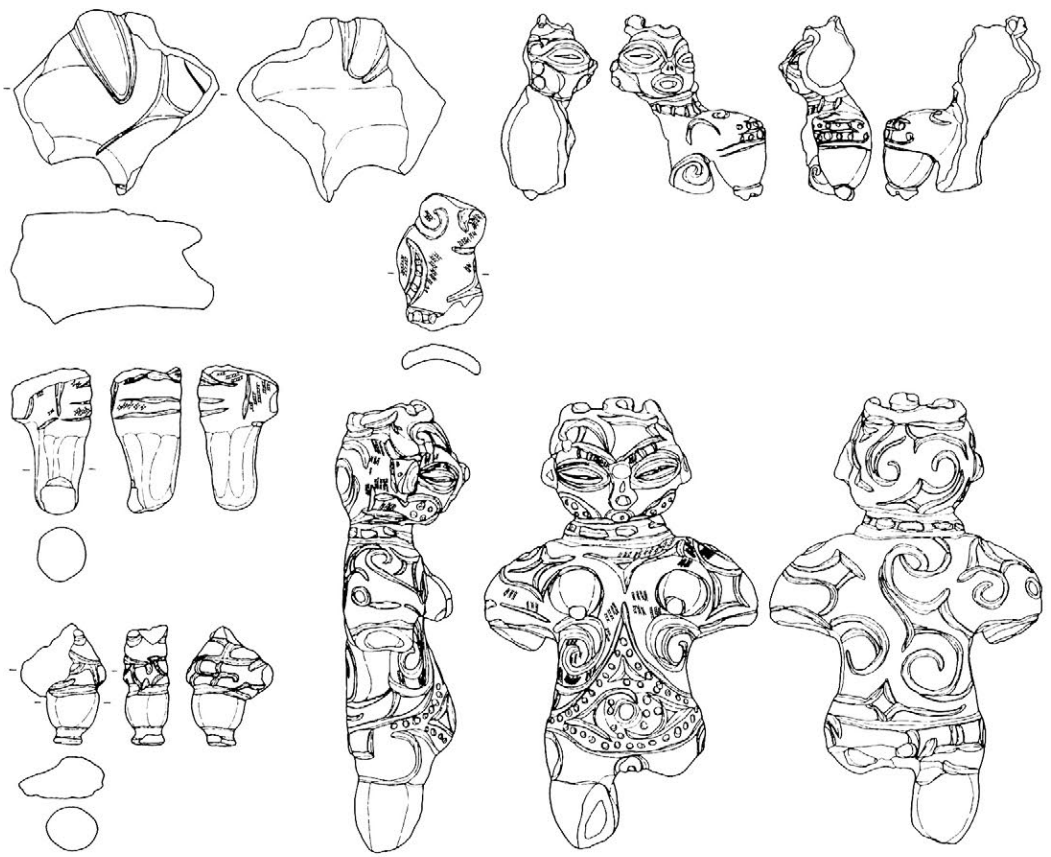
分析の結果と考察

虫内 I 遺跡の土器胎土は大きく分けて、通常の石英・長石を主体とした砂を含むものと、火山ガラスを主体に含むものがあり、後者はいわゆる精製土器の一部(壷、鉢、台付鉢、皿、注口)に限られ、粗製土器・精製深鉢にはない。そこでこの火山ガラスを含む土器の産地が問題となるが、めだつほどの厚みをもった火山灰層は少なくとも遺跡の近くにはなく、これまで秋田県南部では知られていない。また火山ガラスの同定の手がかり

として有効なのは屈折率であるものの、土器中の火山ガラスは加熱を受けているためにオリジナルな屈折率は保持されておらず、この手法による噴出火山の特定は難しい。日本列島では噴出した火山灰は東へ飛散するのが一般的であるから、火山の分布を考慮すれば大量の火山ガラスを含む層が生成しうるのは脊梁山脈付近から東を考えてもよいのかもしれない。いずれにせよ、これら火山ガラス主体の土器は持ち込まれた土器であるか、持ち込まれた原材料を使った土器であると考えられる。

一方、土偶の半数は火山ガラスを主体とした胎土であったが、その混入の度合いには違いがあり、火山ガラスを含む点では同じであっても、同じような胎土調整を行った製品と認められるのは遮光器土偶の内の２点のみ(中実と中空)であった。他の土偶の胎土はそれぞれに特徴があり共通の胎土と認識されるものはなかった。

土偶の出土量の極端な差異から土偶の生産が行われた集落と外部から持ち込まれるのみであった集落が存在した可能性は縄文時代中期の中部山地での例からも想定されている。今回の分析例は土偶の供給先が土器と同様に複数あったことをしめすものである。



土偶資料（S=1/3）

P21

カマン・カレホユック遺跡の日干し煉瓦と土壌の分析化学的研究

○木村麻由実・松永将弥・中井泉（東京理科大）

はじめに

カマン・カレホユック遺跡ではピットと呼ばれる円形の穴を掘りながら発掘が行われている。そのピットの底面には通常白い繊維状の物質が一面に存在して発掘の際の底面を決める基準となっている。そこで、この白色物質がどのような物質であるかを明らかにすることは発掘の基準として用いられているものに物質科学的根拠を与える事ができ、また当時の生活を推定する試料となる点でも重要である。

また、本遺跡はトルコ共和国の中にある遺跡の中で特徴的な形態となっているホユック（フユック）といわれる台形状に隆起した建築遺構である。日干し煉瓦を中心とする建築材料が堆積していることから、丘そのものが遺物であり遺物の中では最大の体積、重量を持っていることになる。従って、丘を構成している土や日干し煉瓦について物質科学的知見を得ることを目的に研究を行った。

ピットについて

試料には本遺跡より採取したピットの白色物質 21 点を用いた。分析方法としては ICP 発光分光分析、熱分析、IR、重量分析を用いた。ICP 発光分光分析では試料を粉砕後、フッ化水素酸、王水、過塩素酸により分解し塩酸で調製した溶液を用いて、定量分析を行った。表 1 に白色物質の分析結果と藁灰、コウリャン灰の文献値を比較して示す。この表のピットの分析結果を見ると SiO_2 の量が約 60 %あり、その上、Al、K の量が多いことを考えると藁灰、コウリャン灰に近い組成をもつことがわかる。SEM-EDX で形態観察を行った所白色物質には繊維状の組織が見られることがわかった。また、熱分析の結果（図 1）より DTA の値が 350 ℃、550 ℃付近に 2 つのピークがあり、この辺は有機物のピークがみられることから植物由来の物質でないかと考えられた。さらに IR の結果（図 2）より Si-O 変角振動、伸縮振動が見られる。これらの結果よりピットの白色物質は鉱物由来でなく植物が変化したもので、SiO_2 が多く存在し繊維質の物質であることを考えるとイネ科の植物の藁の様な穀物由来の物質ではないかと考えられる。

日干し煉瓦と土壌について

試料としては本遺跡の種々の場所で採取した日干し煉瓦と土を用いた。分析方法としては ICP 発光分光分析、熱分析、IR 及び pH 測定を行った。分析試料は日干し煉瓦 18 点、土 29 点を用いた。表 1 に示した分析結果を見ると遺跡の土はキャンプの土に比べ Ca 量がかなり多くなっていることがわかる。これは現在のキャンプの土の起源と遺跡の土の起源が異なっていることを示していると考えられる。日干し煉瓦と土の Ca 量を比較すると日干し煉瓦の方が大きな値になっており、これは日干し煉瓦に意図的に Ca を多く含む物質が加えられていると考えられる。

古ヒッタイト時代の層から見いだされた白土の熱分析の結果にみられる 850 ℃のピーク（図 3）は、$CaCO_3$ における CO_2 の分解に対応することがわかった。また同試料の IR

スペクトル（図 4）は、$CaCO_3$ にみられる吸収と同様のピークを持っていることがわかった。さらに粉末 X 線回折により $CaCO_3$ の存在が確認された。以上より、北III区のアッシリア植民地時代の日干し煉瓦の下の白土、北VI区の古ヒッタイト時代の白土、北 XXI 区のピットの白色物質は炭酸カルシウムと同定された。石灰は二酸化炭素を吸収して炭酸カルシウムに変化して硬化する。このことより本遺跡において、日干し煉瓦の製造に生石灰（CaO）が凝固剤として利用されていたことが推定される。

表1 ピット、藁灰、日干し煉瓦の分析値(wt%)

	SiO_2	K_2O	MgO	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO_2	$H_2O(+)$	CO_2
ピットの白色物質	54.25～68.30	1.92～3.90	0.84～1.83	2.90～12.05	3.56～10.66	1.28～3.55	0.08～0.16	4.04～11.51	0.85～6.76
藁灰*	80.17	5.02	1.53	4.92	3.25	1.39	0.62	-	-
コウリャン灰*	70.82	5.98	3.85	4.61	5.49	2.51	0.32	-	-
イネ科の植物の灰	69.63	-	-	-	-	-	-	-	-
日干し煉瓦	-	4.18～4.80	1.33～1.86	6.46～9.72	12.41～13.99	3.96～4.79	0.09～0.14	3.15～5.14	2.57～4.81
遺跡の土	-	5.39～5.47	1.01～1.99	5.87～8.97	11.08～14.79	3.38～4.35	0.08～0.13	3.18～6.22	1.37～3.64
川の土	-	7.32	0.62	2.62	16.40	2.43	0.07	0.54	0.52
一般の土	-	3.73	1.46	4.29	15.83	7.81	0.21	4.29	0.02
古ヒッタイトの白土	-	3.73	1.46	42.9	15.83	7.81	0.21	4.29	0.02

＊宮川愛太郎著『陶磁器釉薬』（1965）、-は未分析。

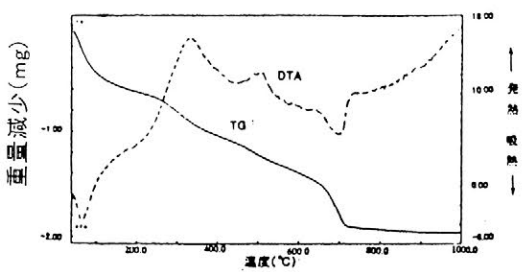


図1 ピットの白色物質の熱分析

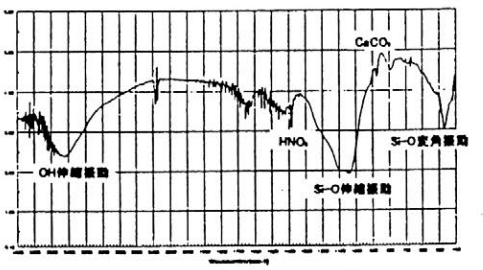


図2 ピットの白色物質のFT-IR

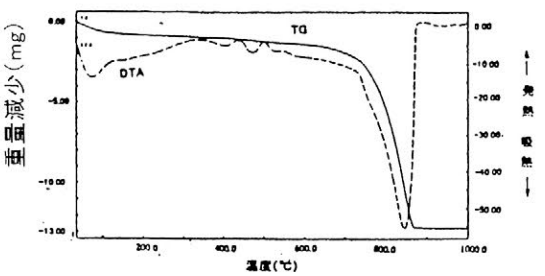


図3 古ヒッタイトの白土の熱分析

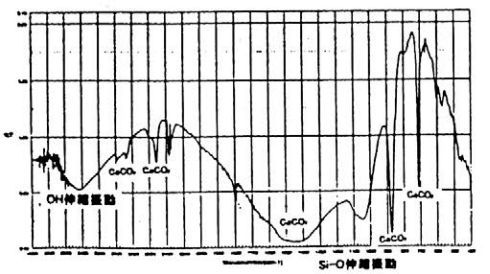


図4 古ヒッタイトの白土のFT-IR

P22

北海道南茅部町における円筒下層式土器の製作技法の差異

曽我直人（北海道教育大学函館校）・竹中康之（同）・阿部千春（南茅部町教育委員会）・伊藤賢（函館市立北中学校）・小笠原正明（北海道大学）

はじめに

北海道亀田半島の北東海岸地域に位置する南茅部町ハマナス野遺跡からは、縄文時代前期前半から後半にかけて円筒下層式土器が多数出土する。この土器は土器型式的にはさらにａ・ｂ・ｃ・ｄの４類に細分されている。近年になって、他の遺物・遺構の出土傾向とも併せて、この地域においてａ・ｂ期とｃ・ｄ期の２つの独立した文化ステージがあったとする見解が発表されている[1)]。

今回、両時期の土器片について胎土分析を行い、胎土の面から上記の報告を裏付ける結果が得れるかどうかを検討した。

試料

円筒土器下層式ａ・ｂ　16点（南茅部町ハマナス野遺跡）
〃　ｃ・ｄ　15点（　〃　）

方法

（1）試料をエポキシ樹脂で補強した後土器薄片を作製した。

（2）偏光顕微鏡を用いて、胎土を構成する物質（鉱物片・岩石片・生物起源の物質・有機物）について各試料毎に量的把握を行った。

（3）直交ニコル・（×7）の低倍率で顕微鏡写真を撮り、砂サイズの粒子に関する大まかな頻度分布の傾向を得、その結果より試料のグルーピングを試みた。

結果

１．円筒下層式土器は俗に繊維土器と呼ばれるだけあってほとんどの試料において混和材として加えられた植物繊維片(炭化状態)の残存もしくは明確な痕跡が確認された（図４・表１）。さらに炭化植物片の多くが土器成形時に作製される粘土紐の伸びる方向と平行に紐状で混入している。

２．ａ・ｂ期で出現する生物起源の物質（珪藻・放散虫・海綿骨針など）はｃ・ｄ期ではほとんど見られなくなる（表１）。

３．生物起源の物質は、同試料内において重鉱物の組成が黒雲母・角閃石≧普通輝石・紫蘇輝石のときに出現し、その逆ではほとんど現われない（表１）。

４．低倍率写真による頻度分布の傾向より、ｃ・ｄ期の胎土は大きく分けて３つのタイプに分類された。この分類は重鉱物組成の結果にほぼ相関する。ａ・ｂ期ではｃ・ｄ期程明確な差は確認されなかった（図１、２、３・表１）。

課題

今回の結果も含め今後、胎土に含有する植物片および珪藻・放散虫の科・属の同定、さらには鉱物・岩石片組成の結果とも併せて遺跡周辺の地質構造との対比を行い、当該試料が在地品であるか搬入品であるかの判別へとすすめたい。

表１　重鉱物組成と他成分との相関性（黒雲母・角閃石＞輝石類の度合が強い順に配列）

試料No	黒雲母	角閃石	普通輝石	紫蘇輝石	珪藻 放散虫 海綿骨針 OST	植物繊維	頻度分布のタイプ
ab(03)	━	―	―	―	×	△	B
ab(13)	━	―	―	―	○	○	B
ab(08)	―	―			○	△	B
ab(09)	―	―	┈	―	○	×	B
ab(02)	―	―	―	┈	○	○	B
ab(01)	―	━	―	―	△	○	B
ab(05)	―	―	―	―	◎	○	B
ab(07)	―	―	―	―	◎	○	B
ab(10)	―	―	―	―	◎	○	B
ab(11)	―	―	―	―	◎	◎	B
ab(12)	―	―	―	―	×	○	B
ab(16)	―	―	―	―	×	○	B
ab(14)			―	―	△	○	B
ab(15)	―	―	━	━	×	◎	B
ab(04)	┈		┈		×	○	B
ab(06)					×	○	B
cd(01)	―	―	┈		◎	○	C
cd(11)	―	―	┈	┈	×	◎	A
cd(15)	―	―	┈	―	△	◎	A
cd(04)	―	―	―	―	×	○	B
cd(05)	―	―	―	―	×	○	A
cd(09)	―	―	―	―	×	○	A
cd(13)	―	―	―	―	△	○	A
cd(02)		―	―	―	×	◎	A
cd(06)		―	―	―	×	○	B
cd(07)		―	―	―	×	○	B
cd(03)	―	―	━	―	×	○	B
cd(10)	―	―	━	―	×	○	B
cd(12)	┈	―	━	━	×	×	B
cd(14)	┈	―	━	―	×	△	B
cd(08)		┈	―	━	×	×	B

━ 30個以上　― 3～29個　┈ 1～2個

◎ 多い　○ 有り　△ 少ない（1～2）　× 無し

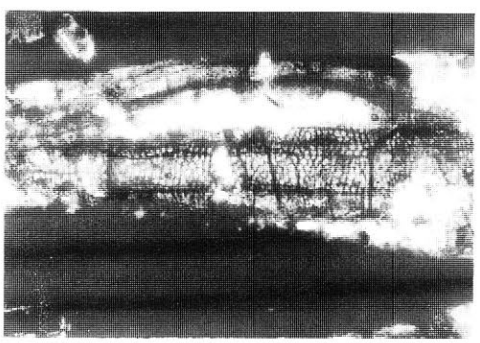


図４．×１００（撮影倍率）開放ニコル　炭化植物片

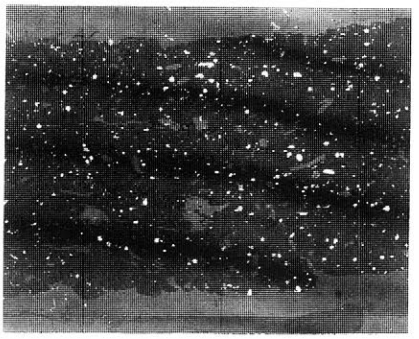


図１．×７（撮影倍率）直交ニコル
細粒の砂が均質的に閑散と点在している（タイプＡ）

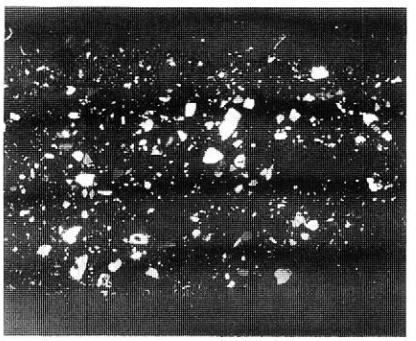


図２．×７（撮影倍率）直交ニコル
Ａに比べ粗粒な砂が混入してくる（タイプＢ）

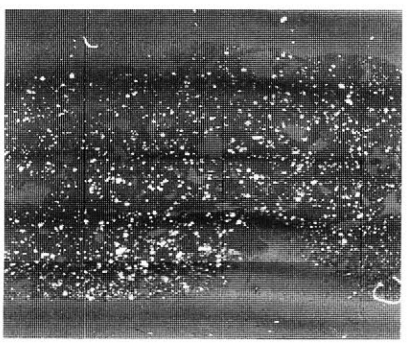


図３．×７（撮影倍率）直交ニコル
Ａと同程度のサイズの砂がＡより密度大で分布する（タイプＣ）

文献

１）阿部千春 1993「北海道南部における初期の円筒土器とその周辺」『考古学ジャーナル』362号．pp. 16-24

P23

カマン・カレホユック遺跡から出土した鉛光沢を持つ土器の製法についての研究

○松永　將弥(東京理科大学)・松村　公仁(ベルリン大学)・中井　泉(東京理科大学)

1. はじめに

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。この遺跡は日本隊により10年余りにわたって調査が行われており、演者らも95年より発掘調査に参加している。本遺跡では、鉄器時代の層から鉛土器と呼ばれる土器が出土する。この鉛土器は灰色系の胎土を持ち、鉛のような銀灰色の光沢を持つことを特徴としている。鉛土器の光沢の起源についてはいくつか研究が行われており、食塩釉、日本の瓦のような燻しの技法、カルシウムの沈着、地中のケイ酸質が付着したもの、高温の焼成による酸化皮膜等諸説が考えられているものの、いまだ統一した見解は示されていない。また1996年度の発掘調査から、さらに千年程古いヒッタイト時代の層からこの土器に酷似した土器が出土する事が確認された。本研究ではこの約千年の時代差があるにも関わらず、非常に特徴的な同様の外観をもつ両者の土器の製法を物質科学的に明らかにすることを目的とした。

2. 実験

実験は(1)焼成環境と(2)表面の光沢の起源を明らかにすることを目的として行った。一般的に土器中の鉄の酸化還元状態は焼成環境を反映していることが期待される。そこで(1)では放射光実験施設においてFe K-XANES(X-ray Absorption Near Edge Structure)スペクトルを測定し、実験室で焼成した粘土のスペクトルと比較を行った。さらに土器を再び焼成し、胎土の鉱物変化を観察する事によって焼成温度の推定を行った。(2)では、顕微鏡、SEM-EDX、ガンドルフィーカメラ、粉末X線回折装置を用い鉄器時代、ヒッタイト時代の鉛土器表面の光沢部分について分析を行った。また以上の分析結果をもとに鉛土器の再現実験を試みた。

3. 結果と考察

Fe K-XANESスペクトル（図1)から鉄器時代の鉛土器は、鉄の状態が酸化焼成した粘土サンプルに比べ還元焼成した粘土サンプルと同程度の還元状態にあることから、還元雰囲気中で焼成された土器であると推定された。また鉄器時代の鉛土器の再焼成実験では800℃以上でガラス化が見られ、胎土中の鉱物も大きく変化していることが粉末X線回折法により明らかになった（図2）。これらの結果はこの土器が800℃以下で焼成された可能性が高いことを示していると言えよう。

表面光沢については顕微鏡による観察を行った結果、両時代の鉛土器表面には微細な薄片状の物質が認められ、この薄片状の物質が光沢の起源となっている事が分かった。またX線回折法による分析の結果、両者からは酷似の回折ピークが得られ、これらの光沢物質は結晶質であり、共に雲母鉱物であることが明らかとなった（図3 表1）。次に鉛土器の再現を目的としてこれらの結果を元に再現実験を行った。特に光沢の再現に関して、通常の白雲母や金雲母を粉砕して粘土に塗布した場合、試料に光沢は認められず、焼成により雲母は表面から剥

離する結果となった。粘土鉱物で雲母鉱物の一種、セリサイトを使用した場合、酷似の銀色の光沢を持つ土器を得ることに成功した。これらの結果は鉛土器製造には今まで考えられていた諸説によるものではなく、ある種の雲母鉱物を材料として用いる技法が使用された可能性が高いことを示していると言えよう。

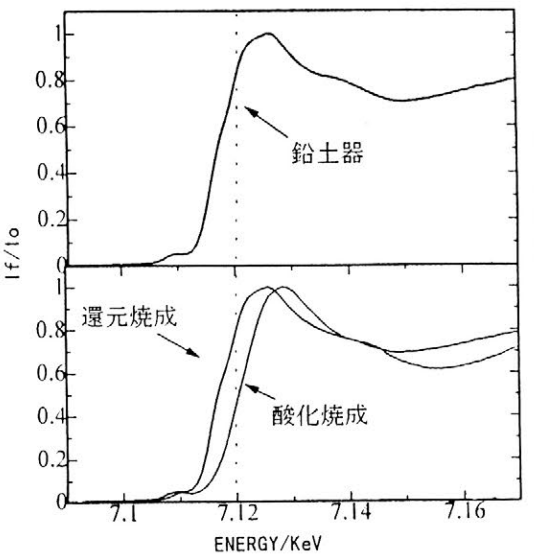


図1 鉛土器（鉄器時代）から得られた Fe K-XANES スペクトル

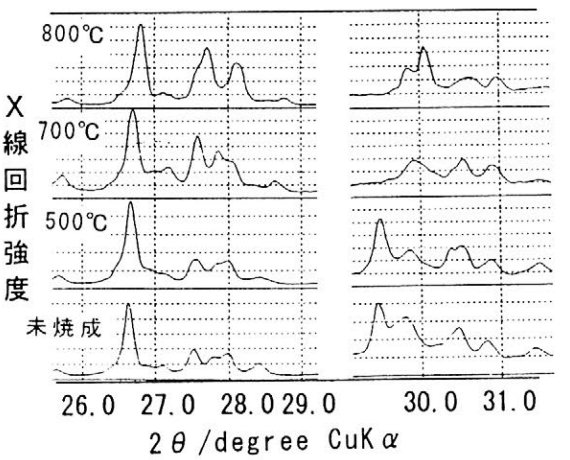


図2 再焼成した鉛土器の粉末X線回折パターン

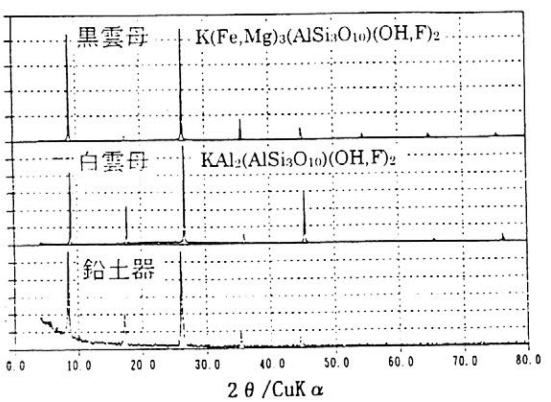


図3 鉛土器（鉄器時代）表面の光沢を持つ物質の粉末X線回折パターン

表1 鉛土器（ヒッタイト時代）表面の光沢を持つ物質のX線回折値

鉛土器		白雲母	
I/Io	d(obs.)	I/Io	d(obs.)
S	9.98	S	9.98
M	5.02	M	5.02
S	4.50	VS	4.50
		VW	3.91
		W	3.52
S	3.37	S	3.33
		W	3.22
S	2.59	S	2.57
MW	2.40	M	2.40
W	2.18	MW	2.16
VW	2.02	W	2.01
MW	1.85	MW	1.87
MS	1.81	MS	1.83
M	1.56	M	1.55

VS:very strong, S:strong, MS:medium strong, M:medium, MW:medium weak, W:weak, VW:very weak

P24

福井県鳥浜貝塚出土縄文漆器の研究（1）
－羽島下層Ⅱ式期漆器－

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

わが国の漆工技術の歴史を明らかにする作業の一環として、昨年から、福井県三方町鳥浜貝塚遺跡出土の縄文前期の漆器について、薄片による顕微鏡観察および蛍光X線分析を実施し、塗装技術や使用顔料に関する研究を開始した。鳥浜貝塚は周知のようにわが国で最古級の漆器資料をまとまって出土したことでつとに有名である。今回はその中で最も古い漆器である、羽島下層Ⅱ式期の木胎漆器12点について調査結果を報告する。

2　観察結果

（1）下地

（a）炭粉と漆を混和

木地の直上に炭粉を混和した漆を塗布して下地としたものが3点ある（図1、図4）。炭化物は比較的均一に分散しており、細胞壁が薄い点に特徴がある。

（b）鉱物と漆、ついで炭粉と漆を混和した塗り重ね

木地の直上に無色鉱物を含む漆層があり、ついで炭化物を含む漆を塗り重ねて下地とした例が1点ある（図2、U6006）。鉱物はまばらで最大長は約100μm。炭化物の形状は(a)と同様であるが量はわずかである。

（c）混和物なし

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8点ある。

（2）漆層

（a）透明漆の上に赤色漆

木地の上に透明漆層があり、その上に赤色漆層がある。赤色漆を2回塗り重ねたものが1点（図3、U1003）、透明漆層を挟み計2回塗布したものが1点（U1006）あるが、それ以外は赤色漆を1回塗布したのみであった（図5、図6）。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。

（b）黒くみえる漆

表面から黒くみえる漆の塗膜断面に混和物は認められなかった。塗装回数は1回ないし2回と推定できるが、劣化が著しく、境界面は明瞭には観察できなかった（図7、図8）。

（3）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4点（U1005、U1006、U1001、U8003）と、ほとんどが不定形微粒子からなる3点（U6006、U1003、U9014）があった。

図1 (U1003)

図2 (U6006)

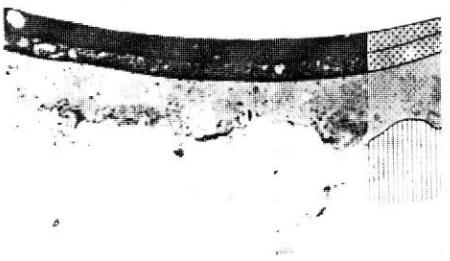


図3 (U1003)

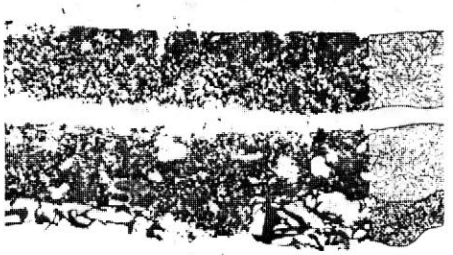


図4 (U1006)

図5 (U1005)

図6 (U9006)

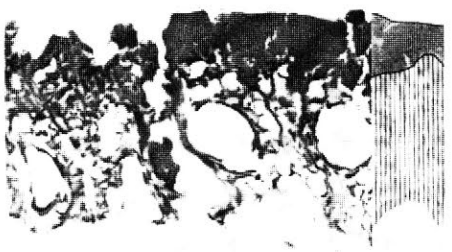


図7 (6454)

図8 (U9005)

(スケール間)

ベンガラ漆層　透明漆層　炭粉漆層

ベンガラ（パイプ状）漆層　鉱物を含む漆層　木胎

P25

大豆糊の復元

秋本賀子（京都造形芸術大学）
岡田文男（同）

1．はじめに

大豆糊は古代において紙継の糊として用いられていたことが文献に記されているが（表1）、現在その製法は伝わっていない。そのため、大豆糊がどのようなものであったのかは推測の域を出なかった。今回、文献に記された材料をもとに大豆糊の復元を試み、以下に述べる製法で得た糊を用いて和紙の紙継を行うことができた。この糊は製法が簡単であり、紙継に耐えるだけの接着力を持っている。このことから古代の大豆糊に相当する可能性が考えられる。

2．実験

『延喜式』には大豆糊の材料として大豆と絹が記されており、この材料だけを用いてできるものとしては豆乳が考えられるが、豆乳は糊として機能しない。現在一般に知られている大豆の糊は合板等の接着に用いられるもので、大豆蛋白をアルカリ性条件下で加熱して製造する。そこで、すり砕いた大豆に水を加え煮沸し、布漉しして得た豆乳に高アルカリ性を示す苛性ソーダやソーダ灰の水溶液、木灰の上澄み液を加え加熱したもので接着実験を行った。また小麦澱粉の糊をつくる方法を参考に、豆乳の液面に湯葉をつくらないようにしながらとろ火で長時間攪拌したものでも同じ実験を行った（表2）。

この他、得られた糊が文献にある大豆量と紙継の関係に当てはまるかどうかを糊の量と紙継の面積から調べた。

3．結果と考察

実験の結果、豆乳を半分以下の液量まで煮詰めてゲル状になったものに接着力が認められた。アルカリ性条件下で加熱した糊は豆乳を煮詰めたものに比べ、なめらかで接着力が強く色は茶褐色をしている。しかしpHが13.0以上ある苛性ソーダ水溶液を加えたものは糊になったが、pH13.0未満のソーダ灰水溶液と木灰の上澄み液を加えたものでは糊にならなかった。豆乳を煮詰めたものは製法・材料の面でアルカリ条件下で製造するより簡単であり、接着力は少し劣るが紙継をするのに問題はない。このことから必ずしもアルカリ性条件下で糊を製造する必要はないと思われる。

豆乳を煮詰めた糊について大豆量と紙継の関係をみてみると、一升（註1）に入る大豆の容量はおよそ560ｇでそこからは170ｇの豆乳が得られる。これを糊にすると70～90ｇ程になり、紙の継目を3㎜、紙の縦を30㎝とすると一枚あたり糊を塗布する面積は9㎠、単純計算すると一千張で9000㎠となる。糊1ｇから紙上に塗布できる面積は25㎠程であり、この計算からは文献ある一升で一千張、多いときに二千張の紙継を行う糊の量としては不足していることになる。水で薄めて使用する場合にも、2倍に薄めたときは接着力があるが、3倍では接着力が弱まってしまうため文献に記載された量に当てはめることは難しいように思われる。またこの糊は接着力はあるのだが、大豆糊の特徴といわれている程の強

い接着力は持っていない。このような問題は今後の課題として残るが、豆乳を半分以下の液量まで煮詰めたものが糊として使用できるということから、文献にみられる大豆糊の可能性が考えられるであろう。

大豆糊の使用を文献にみるかぎり古代においてしか使われた記述はないが、伝世品の文書を観察すると後世まで用されていた可能性も考えられる。大豆糊がいつまで使用されたのかを追求することで技術の変遷が明らかになってゆくことであろう。

（註１）奈良時代の一合は現在の一合の約40％であったと考えられている。

表１　文献にみる大豆糊

「正倉院文書」（『大日本古文書』）より、

大豆四升先請一升今請三升糊料以一升継紙一千三百廿張（十巻八三頁、天平二十年、写疏所解）

大豆壱斗壱升紙継料以一升継紙一千張（三巻四六七頁、勝宝二年、造東大寺司解）

大豆一斗五升継紙料以一升継紙一千張（十二巻二七七頁、勝宝四年類収、造東大寺司解）

大豆壱斗肆升三合「柒夕」以一升継紙一千張（十三巻五六頁、勝宝六年、造東大寺司解）

「大炊」大豆一升柒合以一升継紙一千張（一六巻十六頁、宝地六年、奉写灌頂経用度計定文）

（大豆）一斗一升継経紙二万七千張並凡紙一千張料（六巻九五頁、神護景雲四年、奉写一切経所告朔解）

（大豆）二斗五升経紙五万張継料（六巻三百頁、宝亀三年、奉写一切経所告朔解）

『延喜式』「図書寮式」より、

（装潢料）絹五尺。蒸糊料．大豆五斗。糊料．大竹廿株。標紙料．小刀四枚。切紙端料．砥一顆．

表２　大豆糊復元実験

製造条件	添加後のｐＨ	接着力	色
豆乳：苛性ソーダ5％水溶液 100:5	10.0	有	茶褐色
豆乳：ソーダ灰5％水溶液 100:5	7.3	無	黄
豆乳：木灰上澄み液 100:5	6.4	無	乳白色
豆乳を半分以下の液量まで煮詰める	6.4	有	乳白色

P26

積分球付分光光度計による出土遺物表面の可視スペクトル測定

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）

はじめに

出土遺物には、壁画、陶磁器、繊維のように表面に彩色のあるもの、あるいは、ガラスのように色彩がある半透明のものがある。これらの遺物の色彩をできる限り非破壊的に調べることが大切であるので、分光光度計で吸収スペクトルを直接測定することができれば、色彩のある物質の同定に有効である。通常の吸収スペクトルは、試料中の顔料を酸に溶解したり、色素成分を適当な溶媒に抽出して、透過法で測定している。演者らは遺物を破壊せずにそのまま分光光度計で測定するため、分光光度計の積分球付属装置の活用を試みた。この装置を用いると懸濁液や半透明な試料の透過法による測定ばかりでなく、全く光を通さない固体試料に対しても反射法による測定が可能である。

積分球の測定原理

積分球は、球の内面に反射率の高い白色塗料（$BaSO_4$）が塗布され、球に入射した光は、球の内面で反射を繰り返した後、最後に検知器用の開口部に入射する。従って、通常の透過法による吸光度測定では検出できない散乱光や、反射光を積分球内で反射させて検出器に導くことができる。得られた反射スペクトルは吸収スペクトルに変換して表示する。

実験

全く光を通さない試料として繊維（布地）と顔料を選び、反射法で測定した。試料は積分球にぴったりと押しつけるようにしないと測定値に誤差が生じやすくなる。そこで、紙や布地のような平らな試料は、透明なフィルム状の袋に入れ試料押さえ板により積分球開口部に密着するようにした。粉末状試料は透明な袋に入れ、不定形の試料は発泡スチロールを加工してホルダーを作り両面テープで貼り付けた。

半透明な試料として出土ガラス小玉を用い、自家製のホルダーに小さな穴を開け、まわりを発泡スチロールで押えて密着し、透過法で測定した。

結果と考察

紅花とキハダで重ね染めをした絹について可視スペクトルを測定した（図１）。絹表面の可視スペクトルを紅花及びキハダ単独で染めた絹の可視スペクトルと比較すると、紅花由来のピークが確認できた。そこで重ね染めをした絹のスペクトルから紅花のスペクトルを引いたところキハダ由来のピークが確認できた。従って繊維表面に僅かでも色調の見られる試料では、色素を抽出するよりも簡便な方法で色素を同定でき、また重ね染めの場合二種類の色素を分離することなく同定できる可能性があることが示された。

次に紫色八角柱状の漢紫顔料（$BaO \cdot CuO \cdot 2SiO_2$）（漢代）について、試料断面の反射スペクトルを測定し（図２）、５８０ｎｍに吸収極大を持つ可視スペクトルを得た。滋賀県の甲山遺跡（６世紀中頃）から出土したガラス玉については、透過法での測定を試みた（図３）。非常に小さい試料（直径数ミリメートル）を自家製のホルダーに入れ、

試料の角度を変えて光の透過量を調節することにより透過法で測定することができた。出土遺物に用いられた顔料や、ガラス玉の様な遺物の分析に、積分球による可視スペクトル測定が、有効であることが示された。

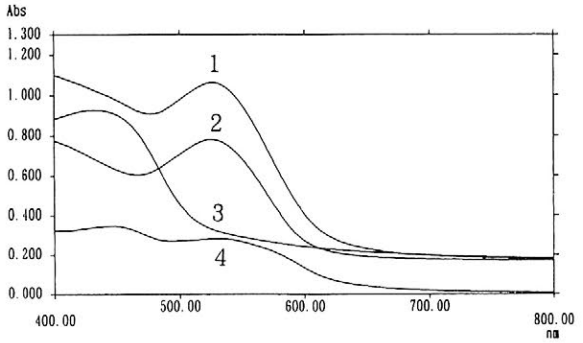


図１　紅花とキハダの重ね染めをした絹（現代品）の可視スペクトル
１；紅花＋キハダ染め　　２；紅花染め
３；キハダ染め　　４；（紅花＋キハダ染め）－紅花染め

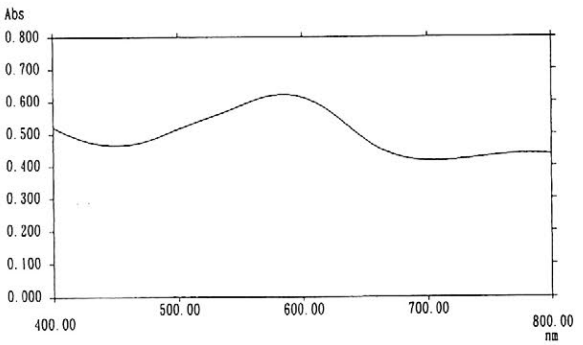


図２　漢紫顔料の可視スペクトル

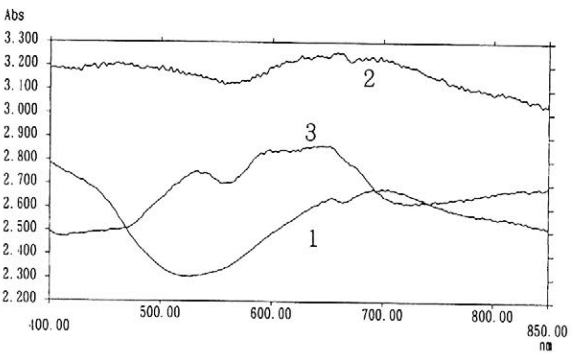


図３　甲山古墳（滋賀県、６世紀中頃）出土ソーダ石灰ガラス玉の可視スペクトル
１；黄緑色　　２；淡青色　　３；紺色

P27

柏ヶ谷長ヲサ遺跡（神奈川県海老名市）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）・堤　隆（御代田町教育委員会）

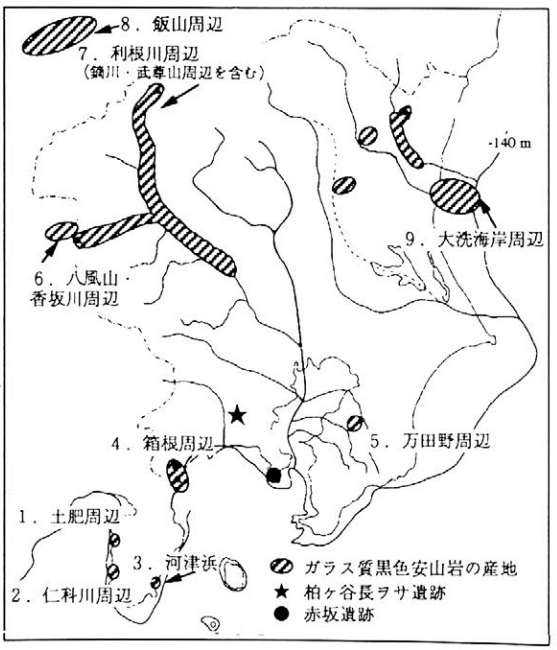
1．目的

柏ヶ谷長ヲサ遺跡から出土したガラス質黒色安山岩製石器（合計146点；第Ⅱ～Ⅳ，第Ⅵ～Ⅹ，第ⅩⅡ文化層）の石材産地（採取可能地）を蛍光X線分析法とプレパラート法の2つの方法で独立に推定し、得られた結果を比較・検討する。また、2つの方法の特性と推定精度を明らかにする。

2．蛍光X線分析法による石材産地推定結果

山本(1993)の方法を用い、石材の9組の元素濃度比(K/Ti,Ca/Ti,Ti/Y,Mn/Ti,Fe/Ti,Zn/Y,Rb/Y,Sr/YおよびZr/Y)を変数として判別分析により推定した。標準試料として用いた産地試料は、関東地方を中心に各地のガラス質黒色安山岩の産地（図1）から採集した419点である。

産地推定結果を表1に示す。



および柏ヶ谷長ヲサ遺跡の位置；河川の分布および海岸線については千葉県文化財センター(1987:p159)を参照した。

表1　蛍光X線分析法による石材産地推定結果（数字は石器点数）

石材産地＼文化層	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ	ⅩⅡ
箱根	10	15	14	6	1	14	42	25	8
利根川			6						
大洗						3	2		

3．ﾌﾟﾚﾊﾟﾗｰﾄ法による石材産地推定結果

山本が分析した資料のうち24点をプレパラート化し、偏光顕微鏡を用い観察した。岩石を構成する組織の特徴から次の9タイプに分けられた。

ア．タイプ1（6点）：第Ⅱ文化層（2点），第Ⅲ文化層（2点），第Ⅳ文化層（1点），第Ⅸ文化層（1点）

大きめの斜長石の柱状結晶が配列し、その間に小さな柱状から針状斜長石が分布する。平行ニコル下ではガラス部分は褐色。やや大きめの鉄鉱物が点在する。　【推定産地：不明】

イ．タイプ2（6点）：第Ⅳ文化層（6点）

斜長石が多いと思われるごく小さな粒状ないし針状鉱物が一面に分布する。長方形ないしいわゆる斜長石の形をした大きな斜長石が点在する。ごく少量の鉄鉱物が存在する。ガラスの部分は平行ニコル下では褐色。　【推定産地：利根川】

ウ．タイプ3（4点）：第Ⅷ文化層（2点），第Ⅸ文化層（2点）

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があるが、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。　【推定産地：大洗】

エ．タイプ4（3点）：第Ⅸ文化層（1点），第Ⅹ文化層（2点）

灰褐色のガラスの中に輪郭のぼけた,形がほぼ平行四辺形又は長方形で、大きさが不揃いの斜長石と粒状の鉄鉱物が点在する。大きさ中程度の気泡が存在する物もある。【推定産地：箱根】

オ.タイプ5 (1点)：第Ⅳ文化層 (1点)

タイプ1よりは小さいが中程度の大きさで外形の明瞭な斜長石とその間を埋めるように分布する小さいが外形の明瞭な柱状斜長石とやや濃い褐色のガラスの部分より構成される。斜長石の配列には中程度の方向性が認められる。鉄鉱物が点在する。【推定産地：箱根】

カ.タイプ6 (1点)：第Ⅵ文化層 (1点)

焦げ茶色のガラスの中に、大きさが不揃いでほとんどが輪郭のぼけた長方形ないしは平行四辺形の斜長石とごく小さな針状斜長石より構成される。粒状の鉄鉱物の点在もみられる。全体として平面的な印象を受ける。【推定産地：箱根】

キ.タイプ7 (1点)：第Ⅸ文化層 (1点)

ガラスの部分は暗灰褐色で輪郭に凹凸のある大きめの気泡が点在する。輪郭が少しぼけた大きさも不揃いな中程度の大きさの長方形から柱状の斜長石が方向性をもって点在する。直交ニコルでは斜長石の間にごく小さな粒状鉱物が一面に分布するように見える。【推定産地：箱根】

ク.タイプ8 (1点)：第Ⅹ文化層 (1点)

ガラスの部分は暗灰色で円形の小気泡が点在する。大きさの不揃いな印象を受ける柱状から針状の斜長石が方向性をもって配列している。【推定産地：箱根】

ケ.タイプ9 (1点)：第ⅩⅡ文化層 (1点)

輪郭が不明瞭な長方形の斜長石が方向性無く点在し、それらの間を針状の小斜長石が方向性無く一面に分布する。直交ニコル下ではごく小さな粒状鉱物も一面に分布する。大きさは不揃いな印象を受ける。ガラスの色は暗灰褐色である。【推定産地：箱根】

4．考察

蛍光X線分析法およびプレパラート法による産地推定結果を比較すると表2のようになる。

タイプ1についてはプレパラート法では産地を推定できなかったが、蛍光X線分析法では明確に箱根と推定された。一方、蛍光X線分析法では箱根は一括されているが、プレパラート法では7タイプに分けられ、より細かな地点を推定できる可能性があることが明らかとなった。

表2ﾌﾟﾚﾊﾟﾗｰﾄ法及び蛍光X線分析法により識別したﾀｲﾌﾟ別の推定産地および該当採集試料名

ﾀｲﾌﾟ / 分析法	1 6点	2 6点	3 4点	4 3点	5 1点	6 1点	7 1点	8 1点	9 1点
ﾌﾟﾚﾊﾟﾗｰﾄ法	不明	利根川	大洗	箱根	箱根	箱根	箱根	箱根	箱根
		坂東4	大洗 9 a	大根 3a	早川 河口2	天狗 沢No1	早川河 口04	米神 5	米神 4
蛍光X線法	箱根	利根川	大洗	箱根	箱根	箱根	箱根	箱根	箱根

5．おわりに

本研究は、従来の見解「相模野地域で用いられたガラス質黒色安山岩は箱根産のものが大半で、武蔵野を経由したと思われる利根川産のものが少し混じるであろう」を修正する必要があることを示唆した。

これまで、相模野地域と武蔵野地域とのつながりは、遺跡から出土するガラス質黒色安山岩の岩相の特徴、緑色凝灰岩製石器の分布や相模川には無い比較的良質のチャート製石器の分布から推定されていた（柴田 1994）。下総地域においても大洗産のガラス質黒色安山岩が多用されていたことが明らかにされている（山本 1996）。また、三浦半島南端の赤坂遺跡（図1）については、出土したガラス質黒色安山岩製石器の大半が大洗産であることが明らかになっており、房総半島方面と三浦半島との密接なつながりが推定されている（山本ほか 1997）。今回、相模野地域においても大洗産のガラス質黒色安山岩が利用されていたことが明らかにされたことにより、古東京川を挟んだ対岸の、下総・上総地域と相模野地域との関係が浮上してきた。下総・上総地域から古東京川を直接越えた石材の移動があったのか、あるいは古東京川の河口付近を越え、三浦半島を経由した石材の移動であったのかに関しては、今後の検討事項であると考えている。

P28

ヒスイ・碧玉製玉類の産地分析（６）

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。

今回、原材産地が判定されたヒスイ製遺物の結果を下記に示す。

Ⅰ）．北海道千歳市、美々４遺跡（縄文時代）出土のヒスイ製など玉類８個の中で糸魚川産原石が３個であった。

Ⅱ）．北海道千歳市、キウス遺跡Ａ２地区（縄文晩期）出土のヒスイ製垂玉１個が糸魚川産原石であった。

Ⅲ）．岐阜県丹生川村、カクシクレ遺跡Ｃ地点（縄文後期）出土の垂飾と玉材の２個で玉材は地元産飛騨原石と推定された。

Ⅳ）．佐賀県唐津市宇木字汲田に位置する宇木汲田遺跡出土のヒスイ製勾玉１０個に糸魚川産ヒスイが使用されていると推測された。

３．碧玉製玉類の原材産地分析

調査をおえている碧玉は、新潟県猿八産、島根県花仙山産、兵庫県玉谷産及び石戸産、石川県二俣産、富山県細入産、愛知県土岐産、北海道興部産、富良野市空知川流域産、今金町花石産などの原石および北海道上磯町の茂辺地川から採取される転礫で、青色系のものが多く、肉眼的に管玉の原材料に似た緑系色で緻密な原石は非常に少なく３人で、数個の小礫が採取されたにすぎなかった。これら産地の碧玉は蛍光Ｘ線法とＥＳＲ法を併用することにより明確に他の群と区別できた。現在、産地分析ができる原産地は１０ヶ所で、碧玉の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。

女代南Ｂ群の玉材は弥生時代を中心に使用された原石で、北海道余市町の大川遺跡および茂別遺跡の続縄文時代では佐渡猿八産原石の管玉と共に使用されている。豊岡市の女代南遺跡は女代南Ｂ群を作った遺跡で、中期の玉作り過程の石片を多く含み、また、滋賀県の筑摩佃、立花遺跡出土の管玉、神戸市の玉津田中遺跡の中期の石片、管玉には玉谷産と共に使用されていた。また、中国地方では、作用町の長尾・沖田遺跡の中期末の管玉、総社市の南溝手遺跡出土の弥生前期末～中期初頭の玉材、岡山市の百間川原尾島遺跡出土の管玉、岡山県川上村下郷原和田遺跡の管玉、鳥取県羽合町の長瀬高浜遺跡の中期中葉の管玉、米子市の御建山遺跡尾高１９号墳第２主体部出土の管玉、東広島市の西本６号遺跡の管玉に使用されている。四国地方では徳島県板野町の蓮華谷古墳群Ⅱ、２号墳、３世紀末の管玉、香川県善通寺市の彼ノ宗遺跡の末期の管玉に使用され、九州地方では、多久市牟田辺遺跡の中期の管玉に使用されていた。女代南Ｂ群の原石も前述の糸魚川産ヒスイに匹敵する広い分布圏を示している。一方、宇木汲田遺跡の管玉で作った未定Ｃ群を使用した弥生時代の遺跡は、坂出市の龍川・五条遺跡の管玉、今治市の持田町３丁目遺跡の前期の管玉、大和町の尼寺一本松遺跡の管玉、多久市牟田辺遺跡の中期の管玉、吉野ヶ理遺跡の南西サブトレ出土の管玉に使用されていた。佐賀県以外では、愛媛県、香川県で使用が確認されたに過ぎず、玉作りの行程を示す石片、剝片が発見された遺跡はない。また、佐渡猿八産原石は北海道江別市の大麻２２遺跡出土の続縄文（後北Ｃ１式）の管玉に、北海道七飯町の大中山１３遺跡（続縄文）出土の管玉および青森県三厩村、田舎館村の宇鉄、垂柳の両遺跡の弥生中期の管玉に使用され、佐渡島以北で主に使用されていることが明らかになっている。糸魚川産ヒスイ、佐渡産碧玉、女代南Ｂ群の剝片出土遺跡は、豊岡市、米原町、福井県など日本海側で、これら玉類が日本海の玉材原産地地方で作られ、これら玉類の使用圏からみて、日本海を交易ルートとし遠距離に伝播したと推測される。また、未定Ｃ群は佐賀県以外では、愛媛県、香川県で使用が確認されたに過ぎず、また、玉作りの行程を示す石片、剝片が発見された遺跡が日本で確認されていないため、未定Ｃ群の管玉が韓国で作られ、西北九州地方および瀬戸内海ルートを通って愛媛県、香川県が輸入したと推測しても産地分析の結果と矛盾しない。玉類の産地分析の困難さは原石の入手で、産地同定を定量的に行う場合、統計処理の母集団（原石群）を作り、原石群の組成の変動を評価するため多数の原石が必要で、今後、女代南Ｂ群、未定Ｃ群、また、群を作るまでの個数に達しなかった不明の管玉などの原石産地を明らかにし、これら不明の原石群を作ること、また、玉類に使用されている産地の原石が多い方が、その産地地方との文化交流が強いと推測できることから、今回行った産地分析法は完全な非破壊法であるため、日本各地の遺跡から出土する貴重な管玉を数多く分析することが重要である。読者の方には碧玉産地に関する小さな情報であっても御提供頂ければ研究はさらに前進すると思われますのでよろしく御願い致します。

P29

石器原材の産地分析（１４）

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、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た。現在、遺物の産地推定は、日本全国の黒曜石産地を分類した９９個の原石群と、サヌカイト産地を分類した４４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た。表１に産地同定を行った結果を示す。

表１　黒曜石、サヌカイト製遺物の石材産地分析結果

遺跡名	（所在地）	時代	原石産地（個数）
栄原2	（北海道長万部町）	縄文早期	白滝(3)、十勝(1)、置戸(1)
ｵｻﾂ16	（〃　千歳市）		赤井川(9)、十勝(2)、白滝(2)、美蔓(1)、不明(1)
美々4	（〃　〃）		赤井川(23)、置戸(3)、白滝(2)、十勝(2)、不明(1)
十勝太	（〃　浦幌町）		十勝(7)、不明(3)
内園6	（〃　深川市）	縄文中期	白滝(4)
〃	（〃　〃）	縄文後期	赤井川(9)、白滝(7)、十勝(2)、置戸(2)、秩父別(1)、近文台(1)
〃	（〃　〃）	縄文晩期	白滝(19)、赤井川(3)、十勝(2)、近文台(1)
音江ｽﾄｰﾝｻｰｸﾙ	（〃　〃）		赤井川(4)、白滝(1)
稲田1第2地点	（〃　帯広市）	旧石器	美蔓(5)、置戸(3)、十勝(2)
南町1	（〃　〃）	〃	十勝(4)、置戸(1)、不明(1)
南町2	（〃　〃）	〃	十勝(2)、赤井川(2)
茂別	（〃　上磯町）	縄文後期～続縄文	赤井川(8)、白滝(2)、十勝(1)、不明(1)、
〃	（〃　〃）	続縄文	赤井川(1)
ﾕｶﾝﾎﾞｼE7	（〃　恵庭市）		赤井川(2)
滝里9	（〃　芦別市）	縄文Ⅰ層	白滝(10)、十勝(5)、近文台(1)、美蔓(1)、不明(1)
〃	（〃　〃）	縄文Ⅱ層	白滝(15)、近文台(3)、十勝(2)、赤井川(2)、置戸(1)
〃	（〃　〃）	縄文Ⅲ層	白滝(3)、不明(1)
〃	（〃　〃）	縄文覆土	白滝(6)、十勝(3)、不明(2)
滝里19	（〃　〃）	縄文Ⅰ層	白滝(12)、十勝(7)、赤井川(2)、美蔓(1)、置戸(1)
〃	（〃　〃）	縄文Ⅱ層	十勝(3)、白滝(2)、赤井川(1)
中野B	（〃　函館市）	縄文Ⅰ層	赤井川(13)、白滝(2)、豊泉(1)、置戸(1)
〃	（〃　〃）	縄文Ⅲ層	赤井川(8)、豊泉(1)、置戸(1)
〃	（〃　〃）	縄文覆土	赤井川(10)、豊泉(4)
吾妻沢(2)	（青森県　深浦町）	平安覆土	深浦(1)
〃	（〃　〃）	縄文前期	深浦(4)、出来島(1)、不明(1)
張山	（岩手県　遠野市）	縄文前期	産地未発見(1)
〃	（〃　〃）	縄文中期末葉	雫石(4)、高原山(1)、戸門(1)、不明(1)
〃	（〃　〃）	縄文中期末葉～後期初頭	雫石(6)
〃	（〃　〃）	縄文後期初頭	雫石(2)、男鹿(1)、不明(2)
小袋岱	（秋田県上小阿仁村）	縄文中期～後期初頭	男鹿(11)、赤井川(3)、和田峠(1)、産地未発見(3)
池内	（〃　大館市）	縄文前期後半	男鹿(11)、出来島(1)、深浦(1)、産地未発見(1)
真人原	（新潟県　小千谷市）	旧石器	和田峠(30)、霧ヶ峰(1)、不明(3)
宮之前	（神奈川県　横浜市）		神津島(1)

宮之前南	(〃	〃)		神津島(50)、霧ヶ峰(2)、和田峠(1)、柏峠西(1) 十勝(2)、不明(21)
玄海田	(〃	〃)		神津島(15)、霧ヶ峰(4)
玄海田南	(〃	〃)		神津島(2)、霧ヶ峰(1)
中里	(〃	秦野市)	縄文	神津島(36)、霧ヶ峰(32)、鍛冶屋(20)、和田峠(4)、 柏峠西(4)、畑宿(1)、不明(3)
東向	(〃	中井町)	縄文後期	神津島(26)、霧ヶ峰(22)、和田峠(7)、柏峠西(3)、 上多賀(1)、不明(1)
北原(No. 10・11北)	(〃	清川村)	縄文初頭	霧ヶ峰(13)、和田峠(4)、双子池・麦草峠(3)、不明(3)
栗原中丸	(〃	座間市)	〃	神津島(1)
〃	(〃	〃)	細石器文化	神津島(22)、畑宿(7)、柏峠西(3)
〃	(〃	〃)	槍先型尖頭器文化	神津島(1)、霧ヶ峰(1)
〃	(〃	〃)	ナイフ形石器文化前半	畑宿(6)、柏峠西(2)
〃	(〃	〃)	ナイフ形石器文化中葉	畑宿(4)、柏峠西(2)
〃	(〃	〃)	ナイフ形石器文化後半	和田峠(14)、霧ヶ峰(8)、双子池・麦草峠(7) 神津島(1)、柏峠西(1)、不明(3)
〃	(〃	〃)	ナイフ形石器文化終末	和田峠(2)、双子池・麦草峠(1)
川原田	(長野県	御代田町)	縄文中期	霧ヶ峰(7)、和田峠(6)、麦草峠(1)
中ツ原1B	(〃	南牧村)	旧石器	麦草峠(14)、双子池(5)、霧ヶ峰(1)
中ツ原1C	(〃	〃)	〃	霧ヶ峰(13)、麦草峠(8)、和田峠(2)、双子池(1)、畑宿(1)
中ツ原1G	(〃	〃)	〃	双子池(1)、麦草峠(1)
小関御祭田	(岐阜県	関ヶ原町)	縄文中期	霧ヶ峰(3)
山手宮前	(〃	藤橋村)	縄文中期後葉	霧ヶ峰(1)、和田峠(1)
高畑	(〃	池田町)		＊二上山(2)、不明(水晶)(1)
京大本部構内	(京都府	京都市)	縄文後期中葉	＊二上山(19)
美乃利	(兵庫県	加古川市)	弥生第Ⅰ様式	＊金山(31)、＊二上山(2)
〃	(〃	〃)	弥生第Ⅰ～Ⅱ様式	＊金山(4)
〃	(〃	〃)	弥生第Ⅲ～Ⅳ様式	＊金山(1)
〃	(〃	〃)	弥生第Ⅳ様式	＊金山(31)、＊二上山(1)、＊不明(1)
〃	(〃	〃)	弥生第Ⅴ様式	＊金山(9)
市原・寺ノ下	(〃	加美町)	縄文晩期	＊金山(98)、＊二上山(8)、＊岩屋(3)
曽我井・野入	(〃	中町)	縄文前期	＊二上山(5)、＊岩屋(4)、＊金山(1)
貝野前	(〃	〃)	縄文後期前半	＊金山(3)、＊二上山(1)
〃	(〃	〃)	縄文晩期中頃	＊金山(10)
鴨部・川田	(香川県	志度町)	弥生前期後半～終末	＊金山(74)、＊岩屋(10)、＊国分寺(2) ＊白峰(1)、＊二上山(1)
豊栄池	(広島県	向原町)	縄文	＊金山(13)、＊飯山(3)、姫島(3)、久見(2)、不明(1)
五反田	(〃	豊栄町)	〃	＊金山(2)、＊白峰(1)
井之山大池	(〃	〃)	〃	＊金山(10)、＊飯山(1)、久見(1)、姫島(1)
鍋屋池	(〃	西条町)	〃	＊金山(4)、＊飯山(1)
千足池	(〃	〃)	〃	＊金山(2)、姫島(1)？
刈又池	(〃	〃)	〃	＊金山(3)、＊飯山(1)、＊不明(2)
並滝寺池	(〃	志和町)	〃	＊金山(2)、＊特定出来ず(1)
七ツ池	(〃	八本松町)	〃	＊金山(6)、＊金山(2)？、＊飯山(1)、姫島(1)、
七ツ池	(広島県	八本松町)	縄文	＊冠山(1)、＊不明(4)、＊不明(1)
順庵原	(島根県	瑞穂町)	〃	久見(4)、＊飯山(3)、＊金山(1)、不明(1)、＊不明(1)
かわじ池	(大分県	湯布院町)	〃	小国(3)、腰岳(3)、姫島(3)、淀姫(1)、不明(2)、＊多久(10)、 ＊岡本(3)、＊金山(2)、＊老松山(1)、＊大串(1)、＊不明(4)
大坪	(〃	〃)	〃	古里(2)、小国(1)、不明(2)、＊岡本(1)
宇土	(〃	〃)	〃	＊不明(1)
大畑	(〃	〃)	〃	＊金山(1)

＊印はサヌカイト石材で、他は黒曜石石材。

P30

黒曜石の産地推定による南関東の細石刃文化の研究(Ⅱ)

望月明彦[1]・○水野達弥[1]・堤　隆[2]

1)沼津工業高等専門学校　2)御代田町教育委員会

1.はじめに

細石刃は旧石器時代の最終期に出現し、黒曜石はその重要な石材として用いられた。南関東は富士箱根ロームの堆積が厚く、地層による時代の細分が可能であり、近くには伊豆箱根系、入手可能な地域内に信州、神津島、高原山の黒曜石産地がある。さらに、細石刃を出土する遺跡は旧石器時代でも最も新しい時期であることから発掘される機会が比較的多い。南関東の細石刃を出土する遺跡について、筆者らはすでに4遺跡966試料の産地推定結果を報告している[1]が、新たに7遺跡の黒曜石試料約3200試料の産地推定を行った。

2.分析試料

相模野

吉岡遺跡B区980試料、台山遺跡748試料、上和田城山遺跡519試料、草柳中村遺跡80試料、かしわ台遺跡378試料、報恩時遺跡171試料

箱根西麓　山中城跡三ノ丸遺跡第1地点307試料

3.分析方法

次のＰ３１の分析方法の通り。

4.結果と考察

表1、表2に分析した黒曜石試料の産地推定結果を文化層または石器ブロックごとに示した。表1は石器の点数、表2は産地組成で示した。また、図１には今までに分析された遺跡のうち試料数の少ない遺跡を除いた遺跡の産地推定結果を示した。これらの図表では表の最下部の箱根西麓の遺跡を除いた相模野の遺跡は下から上に時代の古い方から新しい方に順にならべてある。

細石刃の石材として主に用いられているのは長野の和田峠系・霧ヶ峰系、伊豆の柏峠、神津島系の黒曜石である。これらの産地の黒曜石は良質で細石刃製作には良質の黒曜石が選択されていたことがうかがえる。

産地の時間的推移を見ると、最も古い段階の相模野のL1H層上部の吉岡B区で柏峠、柏ヶ谷長ヲサ第Ⅳ文化層、かしわ台駅前第Ⅱ文化層では神津島系がほとんど単独で用いられている。これより新しいBB0層下部から中部にあたる上和田城山第Ⅱ文化層A・B・C文化層・上草柳第３地点中央第１地点・草柳中村第Ⅰ文化層では長野の和田峠系・霧ヶ峰系・蓼科系が用いられている。さらに新しいBB0層上部からL1S下部の遺跡では信州系、伊豆箱根系、神津島系のいずれもが用いられているが、信州系と神津島系とが共存する例はない。箱根西麓の山中城三ノ丸遺跡では信州系

と神津島系が共存するが、相模野においてこれからの分析で共存する例が発見されるのかが問題である。

本研究ではそれぞれのブロックごとの産地別の石器分布図のプロットにより同じ遺跡内でのブロックごとの違いが明らかとなり、石器製作の状況が確認され、石器器種との関連と考え合わせていくつかの問題点が見出された。

表1　細石刃を出土する遺跡の黒曜石産地推定結果（点数）

遺跡名	和田峠系	男女倉系	霧ヶ峰系	蓼科系	畑宿	柏峠	神津島系	推定総数
報恩寺					8		163	171
台山第Ⅱ文化層1ﾌﾞﾛｯｸ	6		14	25		10		55
台山第Ⅱ文化層2ﾌﾞﾛｯｸ	233	1	84	4		370	1	693
かしわ台駅前第Ⅰ文化層		1				7	273	281
草柳中村第Ⅰ文化層1ﾌﾞﾛｯｸ	1		5				1	7
草柳中村第Ⅰ文化層2ﾌﾞﾛｯｸ			14	58	1			73
上和田城山第Ⅱ文化層Aﾌﾞﾛｯｸ	46		22					68
上和田城山第Ⅱ文化層Bﾌﾞﾛｯｸ	23		34					57
上和田城山第Ⅱ文化層Cﾌﾞﾛｯｸ	393		1					394
かしわ台駅前第Ⅱ文化層							97	97
吉岡遺跡B区			4		4	972		980
三の丸第Ⅰ地点第1文化層	16		23	13	2	5	248	307

表2　細石刃を出土する遺跡の黒曜石産地推定結果（%）

遺跡名	和田峠系	男女倉系	霧ヶ峰系	蓼科系	畑宿	柏峠	神津島系	%合計
報恩寺					4.7		95.3	100
台山第Ⅱ文化層1ﾌﾞﾛｯｸ	10.9		25.5	45.5		18.2		100
台山第Ⅱ文化層2ﾌﾞﾛｯｸ	33.6	0.1	12.1	0.6		53.4	0.1	100
かしわ台駅前第Ⅰ文化層		0.4				2.5	97.2	100
草柳中村第Ⅰ文化層1ﾌﾞﾛｯｸ	14.3		71.4				14.3	100
草柳中村第Ⅰ文化層2ﾌﾞﾛｯｸ			19.2	79.5	1.4			100
上和田城山第Ⅱ文化層Aﾌﾞﾛｯｸ	67.6		32.4					100
上和田城山第Ⅱ文化層Bﾌﾞﾛｯｸ	40.4		59.6					100
上和田城山第Ⅱ文化層Cﾌﾞﾛｯｸ	99.7		0.3					100
かしわ台駅前第Ⅱ文化層							100	100
吉岡遺跡B区			0.4		0.4	99.2		100
三の丸第Ⅰ地点Ⅰ文化層	5.2		7.5	4.2	0.7	1.6	80.8	100

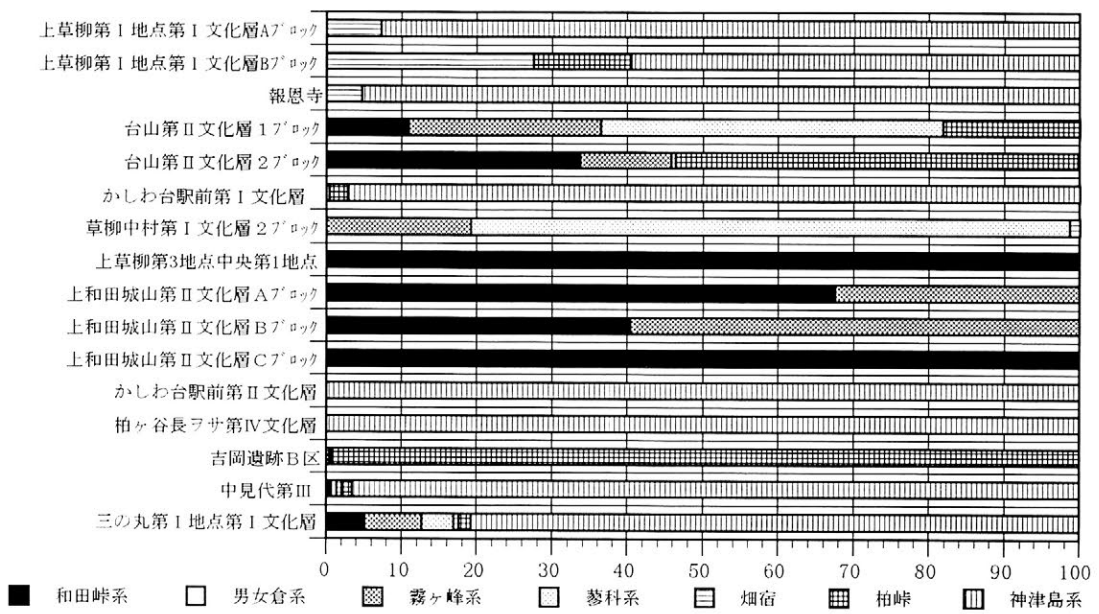


図1　細石刃を出土する遺跡の黒曜石産地組成（%）

P31

箱根西麓の旧石器時代遺跡出土の黒曜石の産地推定（II）

望月明彦[1)]、○鎌田大輔[1)]、鈴木敏中[2)]

1)沼津工業高等専門学校、2)三島市教育委員会

1．はじめに

静岡県三島市東部は箱根外輪山西麓地域にあたり、緩斜面と大小の河川からなる丘陵地帯には多くの旧石器時代の遺跡が分布している。土層は黒色帯とスコリア帯の互層となり年代を知るための鍵層(図1)に恵まれた地域である。この地域の8遺跡についての黒曜石産地推定について日本文化財科学会第12回大会において既に報告したが、ここではさらに2遺跡についての産地推定について報告する。

2.分析試料

分析した結果産地推定が可能であった試料は初音ヶ原A遺跡第1地点3365試料と北原菅遺跡A地点1996試料合わせて5361試料で、その内訳は以下の通りである。

初音ヶ原A遺跡第I地点　第1文化層(YLL層)566試料、第5文化層(BBII)1023試料、第7文化層(BBIII)1270試料、第8文化層(BBIV)506試料

北原菅遺跡　A地点第1文化層(YLU)596試料、第2文化層(YLM)823試料、その他508試料、B地点(縄文早期)43試料、C地点(YLU)4試料、D地点(縄文早期)10試料、E地点(YLU)12試料

3.分析方法

遺跡出土試料は超音波洗浄器で洗浄して、できるだけ平らな面を選んでそのまま測定した。

測定条件　管球:ロジウム(Rh)　電圧:50Kv　電流:3-30μA　Si(Li)半導体検出器

照射径:3mm,10mm　測定時間:300sec　雰囲気:真空

各蛍光X線スペクトル強度からZ=Rb強度+Sr強度+Y強度+Zr強度とした時、以下のような指標を算出して図による産地推定を行った。

Rb分率=Rb強度×100/Z、Rb分率=Rb強度×100/Z、Mn強度×100/Fe強度、log(Fe強度/K強度)

また、これらの指標を用いて判別分析により図による推定結果を確認した。

4.結果と考察

初音ヶ原A遺跡第1地点では全部で8枚の文化層が確認されているが、産地推定を実施したのはAT下位のBBIV層～BBII層とAT上位のYLL層の4文化層である。BBIV層では柏峠がほとんどでわずかに神津島、蓼科の黒曜石が存在する。BBIII層では柏峠に箱根系の畑宿、信州系の蓼科・霧ヶ峰の黒曜石がわずかずつ存在する。BBII層ではやはり柏峠主体であるが、蓼科が姿を消し、信州

系はほとんど霧ヶ峰系のみである。YLL層では信州系の和田峠の黒曜石が出現して霧ヶ峰と合わせて信州系が約30%を占める。神津島系の黒曜石が2万数千年前のATよりも下位のBBIV層以下で検出され、それ以後1万数千年前のYLL層までほとんど検出されないという様相は今までの愛鷹・箱根地域の産地推定結果と同様であった。北原菅遺跡A地点はさらに新しい時期のYLM層、YLU層の遺跡であるが産地組成は似通っている。箱根系の畑宿の黒曜石が主体で8%ほどの信州系の黒曜石が存在する。信州系の中では和田峠系が大半を占める。また、両遺跡の遺跡内における文化層ごとに産地別の分布図を作成することにより、ブロックの形成に関する情報を得ることができた。

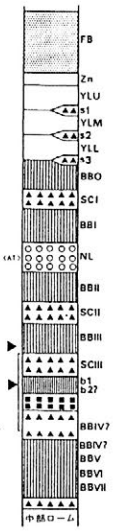


図1　箱根の標準土層

表1．初音ヶ原遺跡各層の原産地組成

	YLL層		BBII層		BBIII層		BBIV層	
原産地名	個数	割合(%)	個数	割合(%)	個数	割合(%)	個数	割合(%)
畑宿	62	10.95	61	5.96	65	5.12	2	0.40
柏峠	332	58.66	869	84.95	1155	90.94	488	96.44
蓼科	1	0.18	3	0.29	21	1.65	5	0.99
神津島1群	1	0.18	1	0.10	1	0.08	11	2.17
霧ヶ峰	41	7.24	89	8.70	28	2.20	0	0.00
和田峠系	129	22.79	0	0.00	0	0.00	0	0.00
合計	566	100.00	1023	100.00	1270	100.00	506	100.00

表2．北原菅遺跡各地点の原産地組成

	A地点		B地点		C地点		D地点		E地点	
原産地名	個数	割合(%)	個数	割合(%)	個数	割合(%)	個数	割合(%)	個数	割合(%)
畑宿	1716	90.75	0	0.00	4	100.00	8	80.00	11	91.67
柏峠	6	0.32	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
蓼科	29	1.53	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
男女倉3群	1	0.05	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
神津島1群	0	0.00	1	2.86	0	0.00	1	10.00	0	0.00
霧ヶ峰	11	0.58	31	88.57	0	0.00	1	10.00	1	8.33
和田峠系	128	6.77	3	8.57	0	0.00	0	0.00	0	0.00
合計	1891	100.00	35	100.00	4	100.00	10	100.00	12	100.00

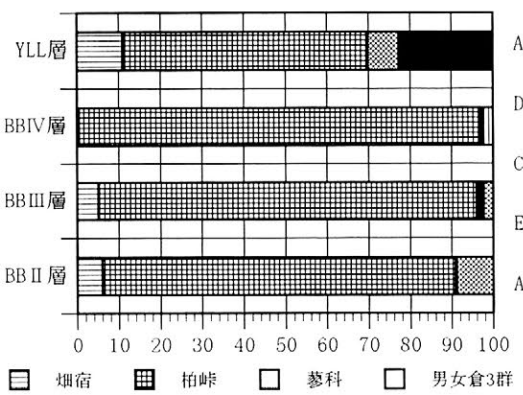


図2　初音ヶ原A遺跡各層の産地組成

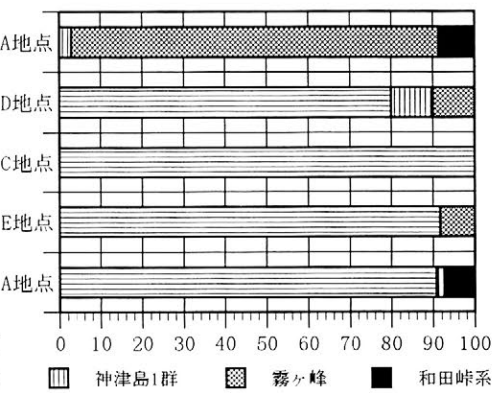


図3．北原菅遺跡各地点の産地組成

P32

愛知県清洲城下町遺跡の石垣建設に用いられた栗石の産地について

服部俊之（㈶愛知県埋蔵文化財センター）・鈴木正貴（同）

はじめに

愛知県西春日井郡清洲町に所在する清州城下町遺跡の発掘調査において、清須城本丸推定地付近より石垣跡が検出された。この石垣を構成する3種類の石材、すなわち石垣石、石垣の根石、裏込めのいわゆる“栗石”を調査する機会を得、特に“栗石”の礫種構成より興味深い結果を得たのでここに報告する。

石垣の産状と石材

石垣跡は、天正13年11月29日（1586年1月18日）に発生した天正大地震による噴砂の痕跡を掘り込んで形成されており、かつ17世紀初頭の「清州越し」により大半の石垣石を引き抜かれた状態で検出された。最下層に石垣を支える胴木が設置されており、その上部に根石および石垣石が積まれていた。

石垣石として調査区内に残存していたのはわずか2個であった。この2個とも砂岩、さらに詳しく言えば硬砂岩で、角が自然に円磨されたものであった。硬砂岩は郡上八幡から犬山・多治見・根尾・養老山地に延びる美濃帯と呼ばれる中・古生層分布域に普通に見られる岩石である。角が自然に円磨されたものであったことから、石材として切り出されたものでなく美濃帯流域の河川から運ばれたものと推定できる。

根石は7個確認され、このうち5個は石垣石と同じ砂岩で、残りの2個はホルンフェルスと花こう岩であった。砂岩のすべてとホルンフェルスは角が自然に円磨されたものであったが、花こう岩は円磨されておらず、石材として切り出された可能性もあるが、産地は特定できない。ホルンフェルスは変成岩で火成岩と接する部分に形成され、美濃帯中にも見られる。円磨されていることから石垣石の砂岩と同様に美濃帯流域の河川から運ばれた可能性がある。

栗石の調査法

裏込めの石、いわゆる“栗石”は非常に円磨された拳大の多量の礫で構成されていたが、清洲城下町遺跡近辺の五条川河原で採取されたものとは考えづらく、まとまって礫

を採取することが出来る地域から運び込まれたものと考えるのが適当である。この栗石の礫種組成をもとに栗石採取地の推定を試みた。

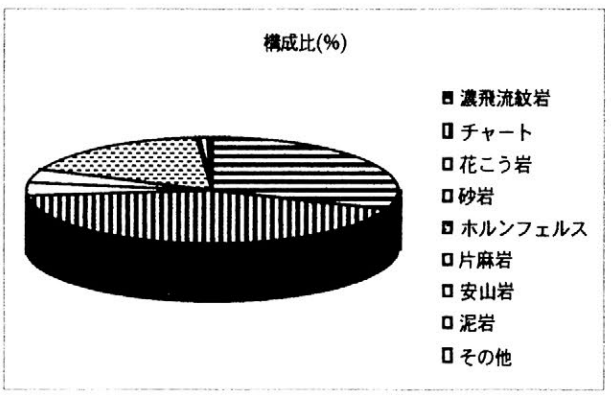
栗石として使用されている礫の集団がある特定の礫分布地から運び込まれたものと仮定した場合、礫種構成のほかに粒径・円磨度（礫の丸みの度合）などの地質学的にとらえた礫の特徴が栗石採取地の推定に重要な意味を持つと考えられる。そこで今回は、無作為に抽出した500個以上の栗石を対象に礫種・円磨度・粒径について調査した。

結果は、第1表に示したが、チャートと濃飛流紋岩類が圧倒的に多い。円磨度も高く角張った部分がほとんど無い球形の礫といえ、大きさもほぼ拳大に揃う。

礫の採取地として、河川に堆積した礫と地層中に堆積した礫の2つが考えられるが、清洲への水運に適した河川には比較的扁平な礫が多く拳大のほぼ球形の礫が多量に採取できる場所としては不適当と思われる。一方、地層中に堆積した礫を考えた場合、伊勢湾周辺には現在でも砂利を採取している東海層群という格好の地層が広く分布していることに注目できる。東海層群は、東濃～名古屋東部地域の瀬戸層群、知多半島地域の常滑層群、伊勢湾西岸地域の奄芸層群に細分できる。瀬戸層群でチャート・濃飛流紋岩礫を主体とする礫層は東濃地域に分布しているが、その礫のほとんどは風化し砂利として取り出すことは出来ない。常滑層群には礫層が少ないうえに濃飛流紋岩礫はほとんど含まれない。奄芸層群は特に北勢～桑名・四日市地域の丘陵地帯に礫層が広く分布している。この礫層には、美鹿累層・暮明累層・米野累層がある。美鹿累層および米野累層はチャート・砂岩礫を主体としているが、暮明累層は円磨度の高い約50%のチャート礫と約30%の濃飛流紋岩礫で構成されている。この暮明累層の組成は栗石の組成と非常に似ており、現在でも砂利採取業が行われているほど良質な礫が採取可能である。暮明累層の分布域は員弁～桑名地域に限定され、水運にも恵まれている。この地域は織田信雄の領土であった伊勢長島に隣接していることも興味深く、栗石採取地として最も可能性が高いと言えよう。

礫種	構成比(%)
濃飛流紋岩	30.8
チャート	42.7
花こう岩	4.2
砂岩	3.8
ホルンフェルス	17.1
片麻岩	0.4
安山岩	0.4
泥岩	0.2
その他	0.4

第1表　栗石の礫種構成



P33

縄文時代晩期終末期の土器群の胎土分析

－長野県小諸市氷遺跡の氷式土器の胎土分析－

永峯光一（國學院大學文学部）・橋本真紀夫（パリノ・サーヴェイ株式会社）
小林青樹（岡山大学文学部）・宇佐美哲也（國學院大學大学院）・徳澤啓一（同）

1　はじめに

今回の分析は、中部高地における縄文時代晩期終末期の氷Ⅰ式土器とより弥生的様相が強いとされる氷Ⅱ式土器を比較することである。

つまり、弥生文化への変遷が土器胎土にどのように反映されるのか。それがどこからの影響であるのか。あるいはⅡ式段階では、顕著な変化が認められないのか。あわせて検討したいと考えている。

2　試料の概略

氷遺跡第二次調査では、約3,500点の土器が出土し、そのうち胎土分析の試料として21点を選択・抽出した。

まず、氷Ⅰ式段階の精製浅鉢形土器として1～3を、同段階の半精製深鉢形土器として4～8を抽出した。うち、8は口縁部破片、4も口縁部に近い胴部上半部の破片であるほかは、すべて胴部破片で細密条痕文が縦位に施文されている。

9～11は氷Ⅱ式段階に比定される鉢形土器の口縁部破片で、いずれも口縁部に横位の平行沈線が施されている。Ⅰ式土器に比べて胎土も粗く、器面調整も簡略化している。12～14・16は細密条痕以外の条痕文土器を挙げた。うち、原体が二枚貝腹縁と考えられるのは16のみである。15は細密条痕ではあるが、条がやや不揃いなものである。これらは条痕の施文方向などからⅠ式に後続する段階の資料と考えられる。

17・18は突帯の貼付けや押圧の感じから在地型突帯文土器と考えられる壺形土器の口縁部破片である。19・20も壺形土器の口縁部破片であるが、胎土の感じ、条痕の施文具、施文方法などから東海系条痕文土器と推測した。

また、21は縄文が施された台付鉢であり、縄文が施文されていることを根拠に大洞系の土器と考えた。

3　方法と結果

分析方法は、まず全点の重鉱物分析を行い、その結果を考慮し、薄片観察を行う試料を選択した。薄片観察を行った試料は12点となった（表1）。

以上のような胎土分析の結果、21点の試料は以下のように大きく四分類することが可能となった（図1・2）。

A類（a;1,2,3,7,9,11,12,14,17,b;4,5,6,8,10,c;15）
重鉱物組成では、斜方輝石が多く、少量の単斜輝石、角閃石、不透明鉱物を伴い、薄片観察では斜方輝石と安山岩が特徴的に認められる一群である。佐久市から上田市ぐらいまでの千曲川流域の地質構造に由来する。

斜方輝石・単斜輝石・角閃石の量比、含まれる鉱物片と岩石片の量の違いにより3細分できる。

B類（13,16）　重鉱物量が少なく、角閃石が特徴的で、薄片観察においては黒雲母と花崗岩が特徴的に認められる一群である。少なくとも千曲川流域ではないが、詳細は不明である。

C類（a;18,19,b;20）　重鉱物組成では、角閃石、ジルコン、ザクロ石、電気石、不透明鉱物を伴い、薄片観察では多量の石英、長石類、花崗岩が特徴的な一群である。伊那谷から愛知県東部の岡崎平野周辺までの地質構造に由来するものと考えられる。

D類（21）　重鉱物組成では、多量の角閃石を特徴とし、薄片観察では多量の黒雲母、花崗岩と少量の片麻岩が特徴的に認められる。富山県を中心とした北陸地方か阿武隈地方の地質構造に由来すると考えられる。

4　考察

以上のように氷遺跡出土の氷式土器21点の胎土は大きく分けて、4種類の胎土に分類が可能である。注目しておきたい点を何点か挙げれば、まず、氷Ⅰ・Ⅱ式に分類した試料については、少なくとも胎土の面から考えると差が認められず、在地の土を使って製作され続けたものであるということである。

型式学的に見れば、Ⅰ・Ⅱ式の間は、素地調整や器面調整、施文方法、焼成などに大きな差が認められる。胎土がいずれも在地のものとなれば、Ⅰ・Ⅱ式間の変化は、よそからの急激な影響を受けた変化というよりも、在地における緩やかな変遷である可能性が強い。

また、東海系条痕文土器に分類した試料は、ほとんどがC類胎土であり、考古学的な分類と胎土分析の結果がみごとに合致している。条痕原体が明らかに二枚貝腹縁によるもの（16）もC類胎土であった。このように、氷Ⅰ・Ⅱ式段階で、東海系の条痕文土器が流入していることは胎土分析の結果からも裏付けられたことになるが、東海系条痕文そのものの流入なのか、あるいは伊那谷などの内陸部で在地化したものが流入しているのかといった点は、課題として残された。

さらに、大洞系に分類した21の胎土については、阿武隈周辺を中心とした東北地方南部である可能性とともに北陸地方のものである可能性も強まった。氷Ⅰ・Ⅱ式期の時期様相については、東海地方や東北地方のみならず、今後、北陸地方との交渉関係も視野に入れて考えて行く必要があろう。

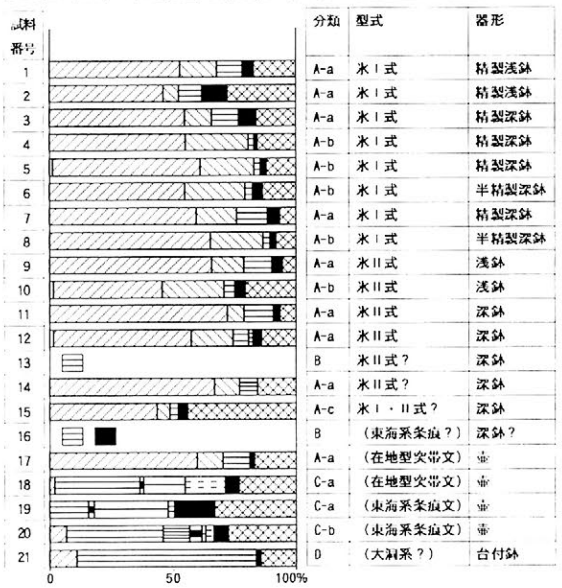
なお、挿図の作成にあたっては、辻本裕也氏（パリノ・サーヴェイ（株））、藤本葉子氏のご協力をいただいた。

図1 試 料 拓 影

表1 薄片観察結果

試料番号	鉱物片 Qz	Kf	Pl	Opx	Ho	Bi	Mu	Zr	岩石片 Ch	Ss	Gr	An	Gn	石英片の粒径	岩石片の粒径	型式
1	△	△	◎	○	△	△			△	+		○			0.3~0.6	氷Ⅰ式
5	+		○	△	+	+			+	+		◎	+		0.6~1.0	氷Ⅰ式
10	△	△	◎	△	△	△			○	△		○			0.3~1.0	氷Ⅱ式
12	△	△	◎	△	△	+			△	△		△			0.3~1.0	氷Ⅱ式？
13	◎	◎	○		+	○					+			0.2以下	1.7	氷Ⅱ式？
14	△	+	◎	△	△	+			△	+		△			0.3~0.8	氷Ⅱ式？
15	△	+	○	+	+	○			+	+		△			0.4~0.6	氷Ⅰ・Ⅱ式？
16	◎	○	○			○			+		+			0.2~0.8	0.8	（東海系条痕？）
18	◎	○	○		+	+	+				○			0.2~1.3	0.5~1.9	（在地型突帯文）
19	◎	○	○		+						○			0.2~1.0	0.4~3.0	（東海系条痕文）
20	△	△	△			+		+	+		△			0.5~1.2	0.8~1.8	（東海系条痕文）
21	△	+	△		△	◎					○		△	0.3~1.0	0.6~1.9	（大洞系？）

注 ・鉱物片 Qz:石英．Kf:カリ長石．
Pl:斜長石．Opx:斜方輝石．
Ho:角閃石．Bi:黒雲母．
Mu:白雲母．Zr:ジルコン．
（◎:多量．○:中量．△:少量．+:微量．）
・岩石片 Ch:チャート．Gr:カコウ岩．
An:安山岩．Gn:片麻岩．Ss:砂岩．
（○:中量．△:少量．+:微量．）
・粒径はmm



分類	型式	器形
A-a	氷Ⅰ式	精製浅鉢
A-a	氷Ⅰ式	精製浅鉢
A-a	氷Ⅰ式	精製深鉢
A-b	氷Ⅰ式	精製深鉢
A-b	氷Ⅰ式	精製深鉢
A-b	氷Ⅰ式	半精製深鉢
A-a	氷Ⅰ式	精製深鉢
A-b	氷Ⅰ式	半精製深鉢
A-a	氷Ⅱ式	浅鉢
A-b	氷Ⅱ式	浅鉢
A-a	氷Ⅱ式	深鉢
A-a	氷Ⅱ式	深鉢
B	氷Ⅱ式？	深鉢
A-a	氷Ⅱ式？	深鉢
A-c	氷Ⅰ・Ⅱ式？	深鉢
B	（東海系条痕？）	深鉢？
A-a	（在地型突帯文）	壺
C-a	（在地型突帯文）	壺
C-a	（東海系条痕文）	壺
C-b	（東海系条痕文）	壺
D	（大洞系？）	台付鉢

図2 胎土重鉱物組成

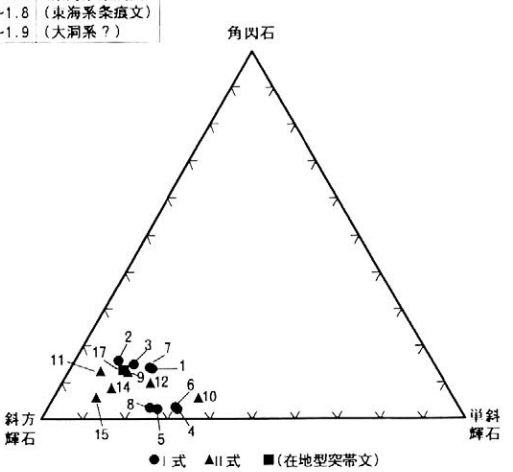
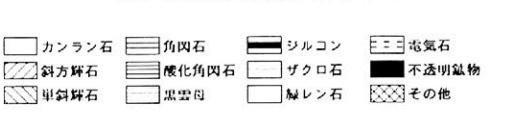


図3 A類試料の三角ダイアグラム



P34

蛍光X線分析による甕棺胎土分析の基礎的検討

○中園聡[1]・三辻利一[2]・松尾宏[3]
1）福岡市教育委員会
2）奈良教育大学
3）甘木市教育委員会

1．はじめに—問題点—

これまで北部九州の弥生土器胎土の蛍光X線分析を行ってきたが，弥生時代前期から中期において小地域での生産・流通の様相が少しずつ明らかになりつつある．中でも成人用の超大型土器である甕棺については，成果があがりつつある．甕棺は考古学的に重要な意味をもっており，その生産と流通の解明から葬送儀礼における甕棺製作の位置づけまで，胎土分析から得られる情報に期待されるものは大きい．

甕棺は通常，上甕と下甕の2個をカプセル状に合わせて棺とするものである．それらが1セットずつ製作されたものか，多数の作り置きがあって適宜調達されるものなのかなど，いくつかのモデルが立てられる．これまでの分析からは，専用甕棺については上甕・下甕間で胎土の化学特性が酷似するものが多くみられ，形態上からも同時製作を示唆するものが多くあった．一方で上下の一致度がさほど高くない墓群や遺跡も存在することも明らかになっており，弥生時代の分業や生産・流通，葬制・墓制，社会論にまで影響を与える可能性が高い．

それだけに，現時点で基礎的な部分に立ち戻り検討をしておく必要がある：a)これまで試料の採取部位は任意であり，通常1個体から1試料を採取し測定しているが，甕棺は非常に大きく，1個の高さが1mをこえるものも多いため，1個体内で胎土が均質かどうかを確認することと，b)上甕・下甕の胎土が似ている／似ていないをできるだけ客観的に判定する基準を得ることである．a)についての検討は，管見によれば似た作業としてHenrickson and Blackman（1992）などがあるが，まだ甕棺では行われていなかった．

2．方法

福岡県甘木市栗山遺跡をはじめ福岡県の甕棺を用いた．試料の採取は，輪積みによる粘土帯の単位を意識し，できるだけ1粘土帯から1点ずつ採取するようにした．粘土帯が不明なものについては高さを記録して採取したものもある．

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13 t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．

3．結果と考察

各元素の散布図の視察やそれらの統計解析の結果，1個体内においては基本的に測定

値が類似している．多少分散はしているが，同一遺跡出土の別個体と比較すればよくまとまっているといえる．甕棺といえども基本的には比較的均質な同一の素材を用いて1個体が製作されているということが確認された．

ちなみに同一試料測定の変動は非常に小さく機器の測定誤差を含めた系統誤差は1個体内の変動よりもはるかに小さいので考慮しなくてよい．

下図に示した1号甕棺の上甕・下甕間は類似しているが，それぞれよくまとまっており，判別が可能である．したがって厳密には両者は完全に同一の胎土とはいえない．このことから現段階では多数の試料が採取されていることが望ましいといえる．他の遺跡では上下間の判別が困難な例もみられた．ここでは上下間の一致度を判定する確固たる基準を提示するには至らないが，一定の方向性は見いだせた．

一方で形態分析や同一工具の使用ケースについても検討中であり，胎土分析とあわせて検討することで議論をより確実なものへと近づけることができよう．

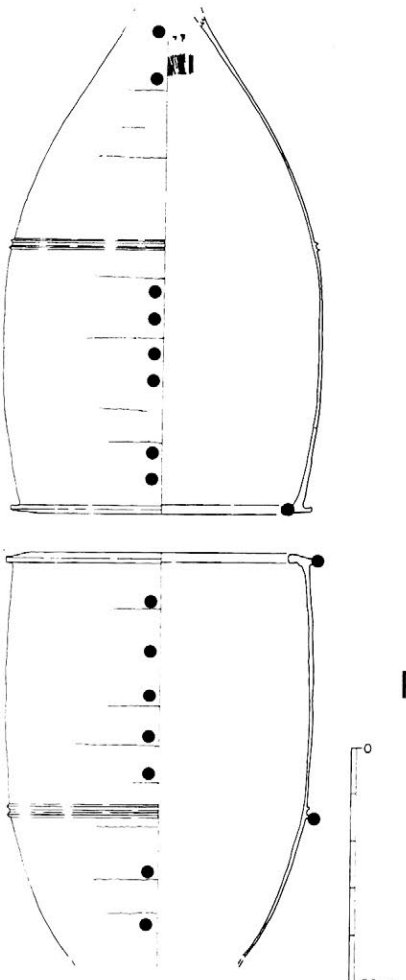
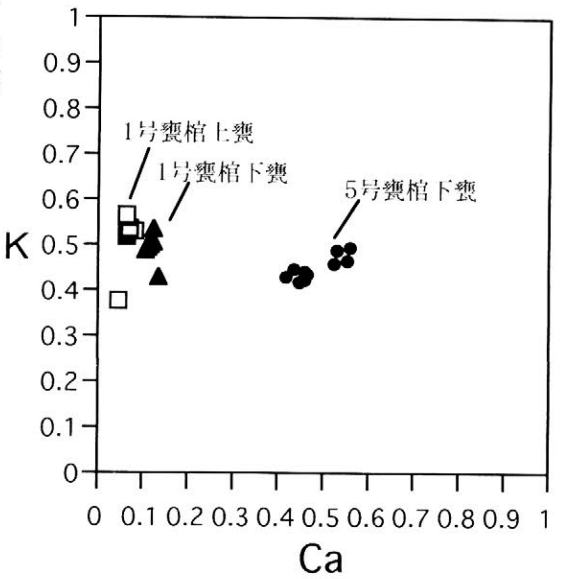


図1　試料の採取部位（1/16）
栗山遺跡3次調査1号甕棺の例．



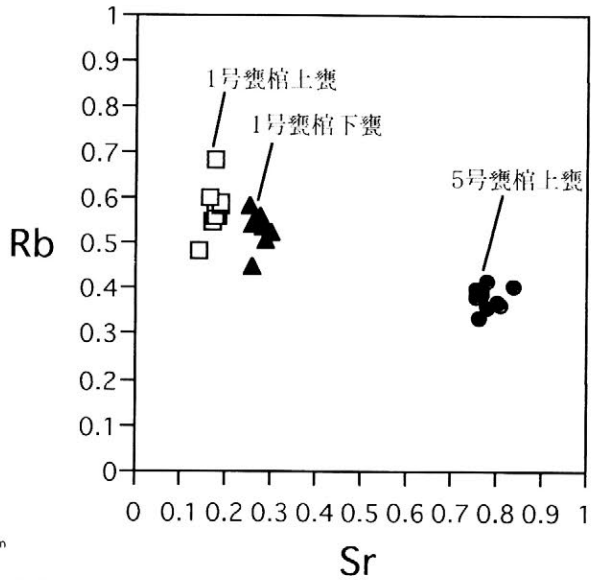


図2　K-Ca，Rb-Sr散布図

P35

蛍光X線分析による弥生時代甕棺の胎土分析

○中園聡[1]・赤川正秀[2]・三辻利一[3]
1）福岡市教育委員会
2）大刀洗町教育委員会
3）奈良教育大学

1. はじめに

弥生土器の生産・流通システムについては不明な点が多い．とりわけ甕棺の場合，墓であるとともに土器であるため二重の意味で考古学的に重要である．土器の生産・流通システムの解明はそれだけで意義ある課題であるが，甕棺はさらに葬送システムとも結びついており，胎土分析を用いた実証的研究は意味深長な結論を導き出す可能性がある．

我々は，主として弥生時代前期・中期の土器を対象として蛍光X線分析を用いた胎土分析を行っている．胎土の化学特性が遺跡ごとに一定のまとまりをみせることから日常的に特定の土器製作センターから広域に流通したものとは考えにくいことや，専用甕棺の胎土はその遺跡で出土した小型土器と類似する傾向があること，また専用甕棺の上甕・下甕の胎土が同一といっていいほど類似するものも多く，そうしたものは2個1対でセットとして作られた可能性が考えられることなどである．さらに，遺跡や階層によって甕棺の上下間の一致度に差がある可能性も考えられ，甕棺製作の契機が葬送に関する儀礼となんらかの関係があることも想定されてきている．

しかし，まだ研究の初期的な段階であり，今後の分析作業の進展によって深化されるもしくは修正されることも十分考えられる．ここでは福岡県大刀洗町高樋塚添遺跡をはじめ県内の甕棺を対象として分析を行った．

2. 方法

調整や胎土など大まかな観察を行った後に試料表面を研削し，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13 t 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．

測定値の解析にあたっては，K－Ca，Rb－Srの2次元分布図の視察をはじめとして多変量解析を用いる．

3. 結果と考察

高樋塚添遺跡については，分析値のK－Ca分布図とRb－Sr分布図の視察から，他と様相を異にする2個があることがわかる．この2個は専用甕棺ST7の上甕・下甕のセットである．上下棺ともに角閃石を含んでいるが，とくに上甕は大粒の角閃石が目立ち，片岩系の岩片を含んでいる．ST7の上甕は一見して違和感のある胎土である．このことからみてもST7は上下棺とも同一の他地域から搬入された可能性が考えられる．

専用甕棺とそれ以外の小型土器とでは重なりがあり，積極的に意味ある差を見いだすことはできない．専用甕棺であるST14の上下もST18の上下も非常に近い位置にプロットされており，胎土の化学特性がかなり類似しているといえる．胎土上からは同時製作の可能性もある．なお，外れ値を示すST7も上下間で類似してはいるが，同時製作に関しては疑問が残る．小型土器を用いた甕棺には，一致度の高低がある．主成分分析等を用いた総合的検討では，専用甕棺は上下棺がいずれも近い位置にプロットされている．小型土器を用いたものでは専用甕棺に比べて上下間の一致度は高くない．上下間の形態上の差異からもそれは支持されよう．

以上の結果から専用甕棺においては上下棺の胎土の特性が類似しており，一方小型土器を用いたものの離散状況からは小型土器は転用品が使用された可能性が考えられる．小型土器のうち甕形土器には外面に煤の付着が認められることはそれを支持する．

近接する甲条神社遺跡は高樋塚添遺跡と連続する台地縁辺部に立地し，両遺跡間の距離は300mにも満たない．連続する墓群とはいえないが，両者の間が無関係とは考えられない．両者の胎土の特性は重なりが大きい．しかし微細な差異も認められるため，その意味するところが注目される．

同様に他の遺跡でも分析を行った．その結果は従来の推定をほぼ裏付けるものであった．

弥生土器の胎土分析を通じた本研究の究極の目標に到達するには，さらなる分析を積み重ねる必要がある．胎土分析と形態・技法の分析をあわせて検討することにより，いっそう意味ある情報を引き出すことが可能であると考える．

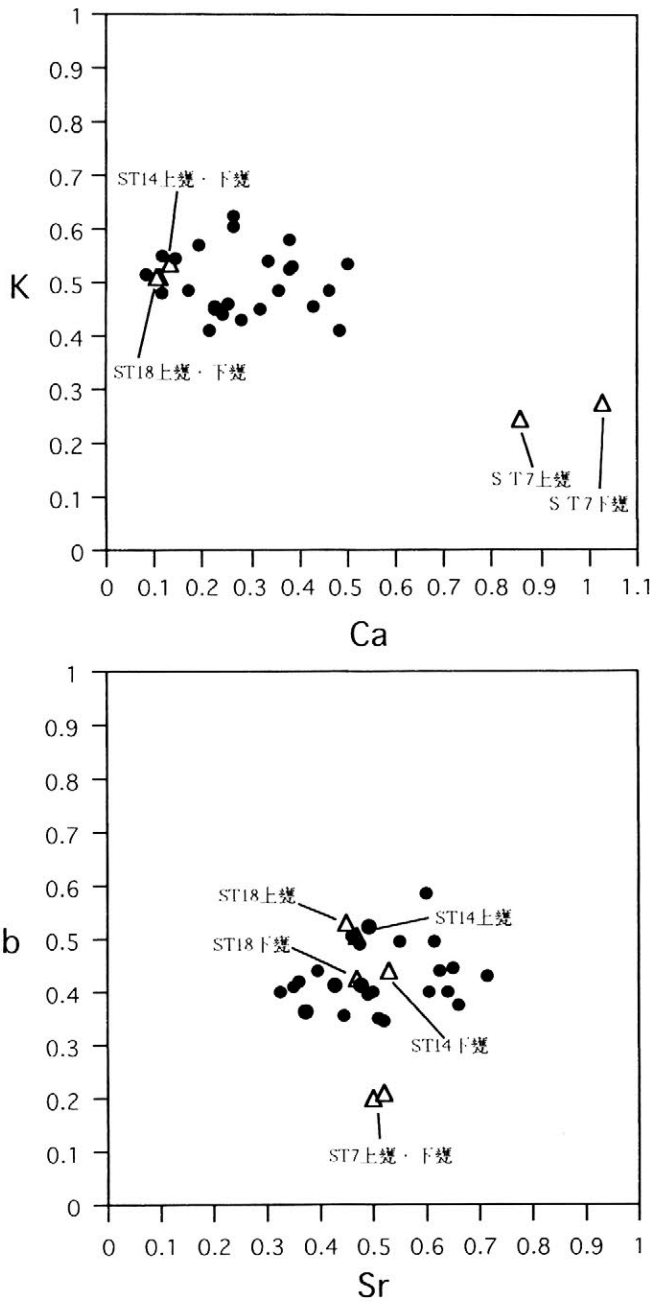


図　高樋塚添遺跡甕棺のK-Ca，Rb-Sr散布図

P36

東海地域におけるＳ字状口縁台付甕の産地について－胎土分析による予察－

矢作健二[1)]，服部俊之[2)]，赤塚次郎[2)]
１）パリノ・サーヴェイ株式会社
２）（財）愛知県埋蔵文化財センター

１．はじめに

古墳時代の伊勢湾周辺地域における甕の中で圧倒的な占有率を誇るＳ字状口縁台付甕（以下Ｓ字甕とする）は、独特な口縁の形態はもちろんのこと、補充技法や内面調整等にみられるユニークな製作手順、独特なハケに象徴される個性的な道具性、そして限定された胎土という特色を有する。これらの特色と広範な分布範囲およびその時期的消長などから、Ｓ字甕には宗教的・政治的な意味が包含されていると考えることができる。したがって、Ｓ字甕の生産と流通の解明は、古墳時代における伊勢湾沿岸地域社会の復元において極めて重要な作業であるといえる。ここでは、Ｓ字甕の胎土に着目し、その特徴と伊勢湾沿岸地域における自然堆積物の特徴とを比較することにより、胎土の由来を推定し、その生産に関わる地域性について考える。

２．分析

胎土の特徴は、含有される細砂径の重鉱物組成で代表させた。この方法は、特徴の把握がわかりやすく試料間の比較が容易で、しかも地質学的な背景が読み取れるという特色を持つ。土器試料は粉砕した後、砂の試料はそのまま超音波洗浄し、篩別、重液分離を行い、得られた重鉱物粒を偏光顕微鏡下で同定し、その粒数比を重鉱物組成として表示する。

３．濃尾平野における土器の胎土とＳ字甕の胎土の特殊性

濃尾平野の遺跡から出土した縄文時代から近世に至る土器の1000点余の分析例において、いわゆる尾張地域の在地といわれている土器の胎土は、多くの場合斜方輝石と単斜輝石を主体とし、角閃石を伴う重鉱物組成を示す。その中にあって、濃尾平野の遺跡から出土したＳ字甕のほとんどは、これとは全く異なる角閃石とザクロ石を主体とし、黒雲母を伴う重鉱物組成を示す。特に、Ｓ字甕の発生段階であるＯ類とそれが一気に拡散した段階のＡ類においては例外なくこの組成となっている。一方、伊勢平野における分析例は、Ｓ字甕だけであるが、これらも上記の濃尾平野のＳ字甕の胎土と同様の重鉱物組成を示す。

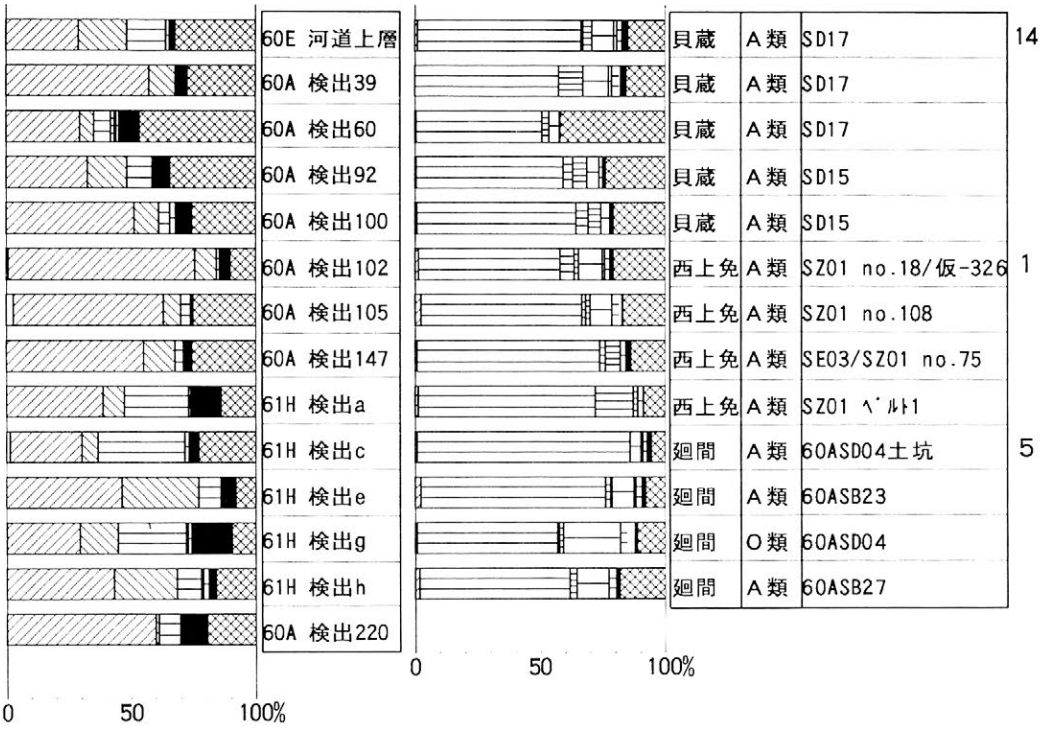
４．伊勢湾沿岸地域の河川砂の重鉱物組成

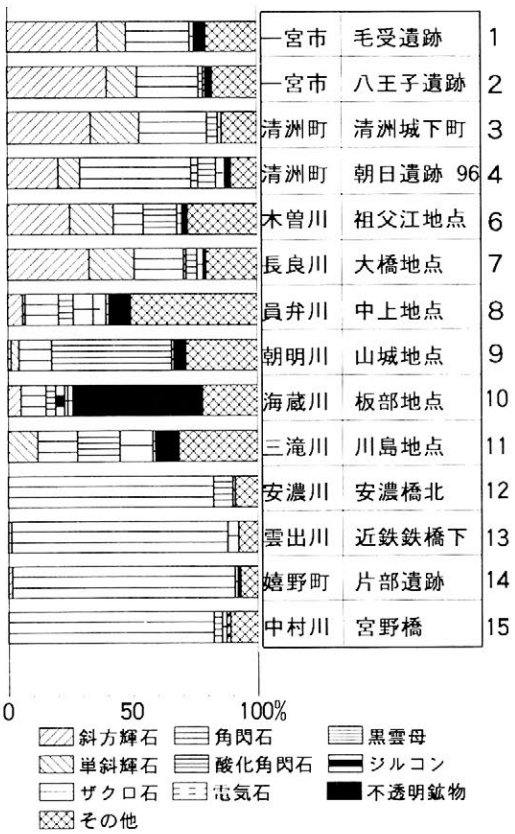
濃尾平野の試料は、いずれも両輝石を主体とし、角閃石を伴う組成である。これは、濃尾平野の後背に分布する奥美濃酸性岩類および同安山岩類、濃飛流紋岩、御岳火山噴出物、領家カコウ岩などの地質が反映されている。

伊勢平野北部の試料は、河川により輝石類や角閃石、黒雲母、ザクロ石などの量比が様々であり、中には石灰岩に由来するスカルン鉱物も認められる。これらは伊吹山地を構成する美濃帯と鈴鹿カコウ岩による変成岩などの複雑な分布が反映されている。一方、南部の試料はいずれも角閃石が卓越し、少量のザクロ石を伴う。これは、鈴鹿カコウ岩と高見－布引山地の領家カコウ岩および片麻岩の分布を反映している。

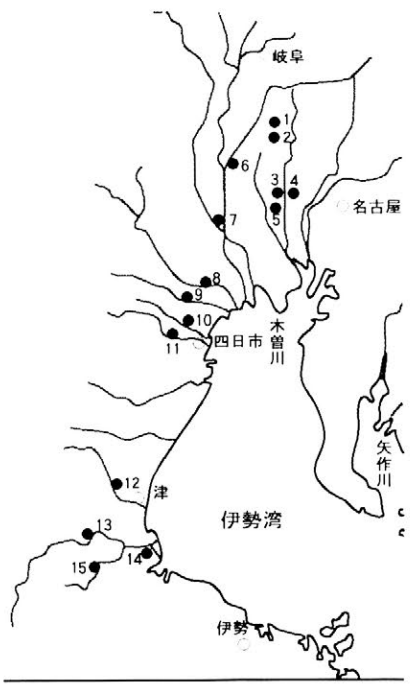
５．Ｓ字甕の産地について

Ｓ字甕の胎土の特殊な重鉱物組成に類似する組成は、伊勢湾沿岸地域の砂の中では伊勢平野南部の試料にのみ認められる。特に雲出川の角閃石とザクロ石の量比は、Ｓ字甕のＯ類やＡ類のそれに近い。このことから、Ｓ字甕の生産には、雲出川下流地域が深く関わっていたことが示唆される。





左上図：朝日遺跡の弥生土器胎土
右上図：S字甕の胎土
左図：各地の砂の重鉱物組成



P37

畿内の埴輪の伝播，流通

三辻利一（奈良教育大学），西野啓吾（同），高場慎太郎（同），大船孝弘

はじめに）

古代土器の産地推定法を開発するためには，まず，どの元素が有効に地域差をあらわすかを知ることが必要である。そのためには全国的に生産地がわっかている土器を前もって分析する必要がある。この目的に最も適した土器が窯跡出土須恵器であった。須恵器は古代最大の窯業生産の産物であり，その窯跡は全国各地に数千基以上，見つけられている。さらによいことには，これらの窯跡には破損品である須恵器破片が大量に出土している。これらの破片を大量に集めて分析した結果，K，Ｃａ，Rb，Sr の４因子が特に有効に地域差を示す元素であることが判明した。その地域差は通常，Rb － Sr 分布図とＫ－Ｃａ分布図上で示される。分布図上での地域差の比較は定性的ではあるが，見やすい。定量的に相互識別するときには，特定の２つの母集団（窯または，窯群）についてのみ，２群間判別分析法が適用できる。

K，Ｃａ,Rb，Sr による地域差は人為的なものによるのではなく，地質に関連する。だから，窯跡が残っていない古代土器の胎土研究にもこれらの因子は活用できる訳である。このような考え方で埴輪の胎土研究にこれら，４因子が適用された。

畿内では摂津，和泉，河内の３地域に埴輪を焼成した窯跡が残されているが，いずれも，５世紀代以降のものである。４世紀代の埴輪を生産した跡は残されていない。このような場合には，まず，窯跡出土埴輪を分析し，その化学特性を把握する。ついで，窯生産以前の埴輪の分析データと比較し，窯生産以前の埴輪の化学特性を把握する。このようなデータの集積のうえに，前記，３地域内で作られた埴輪の化学特性が求められた。これらの基礎データの比較のうえに，摂津，和泉，河内の３地域間で埴輪の伝播，流通があったかどうかを判断することができる。本報告ではこのような考え方に立って，これら３地域にある多数の古墳出土埴輪の蛍光Ｘ線分析の結果について報告する。

分析方法

埴輪片の表面をミニグラインダーで研磨し，付着汚物や胎土に含まれていた比較的大きな砂粒を除去した。ついで，タングステンカーバイド製乳鉢の中で１００メッシュ以下に粉砕した。一旦，粉砕された粉末は塩化ビニール製リングを枠にして，約，１３トンの圧力を加えてプレスし，内径２０ｍｍ，厚さ５ｍｍの錠剤試料を作成して，蛍光Ｘ線分析を行った。蛍光Ｘ線分析には波長分散型の分析装置（理学電機製３２７０型機）が使用された。この装置には４８個の試料が搭載できる自動試料交換機が連結されている。約，６時間でK，Ｃａ，Rb，Sr，Fe,Na の６元素について，４８試料が分析できる。４８個の試料の中の１個は必ず，岩石標準試料ＪＧ－１である。分析値はＪＧ－１の各元素の蛍光Ｘ線強度を使って標準化した値で表示された。分布図の作成や統計計算をする上には標準化値は大変便利である。本報告ではデータ解析はすべて，分布図上で行った。統計計算法というのはある程度，問題が絞

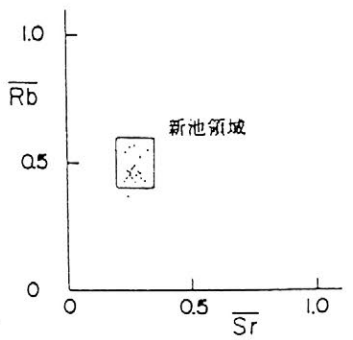
られた段階で適用されるべきものであり，その前の段階では全体像を把握する上からも，分布図上での比較対照のほうが便利である。

分析結果

図１，２，３にはそれぞれ，摂津の新池窯群，和泉の日置荘窯，梅町窯，河内の土師ノ里窯，誉田白鳥窯群の埴輪のＲｂ－Ｓｒ分布図を示してある。３者の比較から，これらの相互識別は十分可能であることがわかる。

図４には摂津にある郡家車塚古墳出土埴輪のＲｂ－Ｓｒ分布図を示す。大部分のものは新池領域周辺に分布する。このように，窯生産以前の埴輪胎土はぴたりとは窯生産の埴輪胎土には対応しない。しかし，その化学特性は類似していることは確かである。そうすると，窯生産以前の埴輪についても，各地域内にある窯出土製品の化学特性を参考にして，産地問題が考えられるようになる。そうすると，図４からもわかるように，郡家車塚古墳の埴輪の大部分は高槻市周辺で作られたものであることがわかる。しかし，３点の埴輪は外部地域からの搬入品である。

このような考え方で，摂津，和泉，河内地域の古墳出土埴輪を蛍光Ｘ線分析した結果について報告する。



1．1号窯

図1 新池窯出土埴輪のRb-Sr分布図

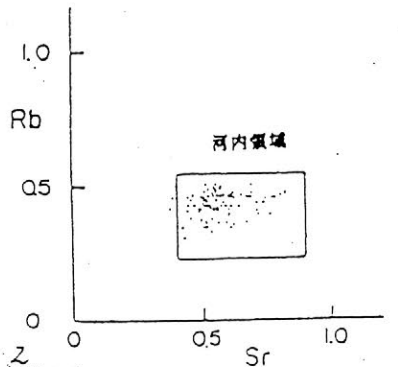


図3 河内の窯跡出土埴輪のＲｂ－Ｓｒ分布図

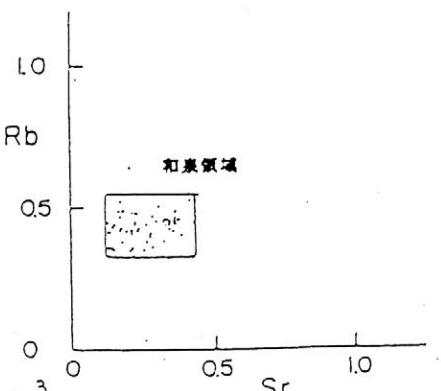


図5 和泉の窯跡出土埴輪のＲｂ－Ｓｒ分布図

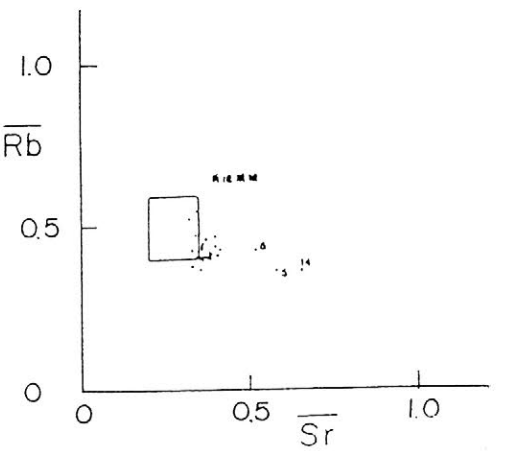


図4 群家車塚古墳出土埴輪のRb－Sr分布図

P38

熊本県内古墳出土須恵器、埴輪の蛍光X線分析

－石川山古墳群を中心として－

中原幹彦（植木町教育委員会）
三辻利一・辻本良介（奈良教育大学）

1，はじめに

熊本県内出土の須恵器の胎土分析は、1982年に荒尾窯跡群、宇城窯跡群、球磨窯跡群を対象としてはじめて実施された。その結果、各窯跡群間の相互識別は可能であること、荒尾窯跡群産の須恵器が、八代市や松橋町に供給されていたこと等が推定された。その後研究はしばらく停滞したが、1996年の日本文化財科学会第13回大会において菊水町竈門寺原遺跡１号墳出土須恵器（TK216~208）が朝倉窯跡群と陶邑窯跡群から供給されていたこと等が明らかにされ、注目を集めた。

こうした成果を受けて、筆者が所属する熊本古墳研究会では三辻利一氏にも参加いただき、考古学と自然科学の共同研究を目指して「熊本県内出土須恵器・埴輪の胎土分析」と題した研究会を開催した。生産地として宇城窯跡群の当尾窯跡・萩尾大溜池窯跡・八ノ瀬戸窯跡・朱斗叶松窯跡、及び石阿弥陀窯跡・善助山窯跡。消費地では須恵器は竈門寺原遺跡１号墳・石川山古墳群・山口横穴群・つつじケ丘横穴群・塚原古墳群上の原支群・塚原平１号墳・椿原古墳・国越古墳・鬼塚古墳・亀塚１号墳・頭地２遺跡の11個所の遺跡、埴輪は塚原平１号墳・国越古墳・松橋大塚古墳・石の瀬遺跡・前田Ｂ遺跡の５個所の遺跡を対象として、活発な討論が行われ、参加者はその成果と共に胎土分析に対する理解を深めることができた。最後になったが、以上の胎土分析はすべて三辻利一氏が実施したものである。

今回は、これらのうち石川山古墳群出土須恵器の分析を中心に発表する。なお、県内出土埴輪の胎土分析はこれがはじめてである。

2，石川山古墳群について

石川山古墳群は熊本県鹿本郡植木町石川字塚前97他に所在する。古墳群は以前は総数９基と考えられていたが、平成６年の調査の際に新たな古墳が確認され、現在は12基以上と考えている。胎土分析の対象にした古墳は、工場用地造成に先行して平成６年に調査した６号・７号・８号・９号墳で、他に５号墳表採品及び山口横穴群出土品がある。６号墳～12号墳は石川山南側斜面の一画に集中して築造されており、標高が高い場所に立地するものほど墳丘構造・内部主体・出土遺物ともに時期は古く、その立地から推して、ある一族の墓域と思われる。内部主体は石棺から横穴式石室へ変化する。

このように立地・時期とも狭い範囲での変遷を追うことができ、そこに供献された須恵器の生産と供給の変遷を検討するには絶好のサンプルと考える。ちなみに、須恵器はTK208からTK209までのものがあり、100年間以上も供給されていた。

3，分析結果

クラスター分析の結果、須恵器は概ねⅠ群からⅣ群に分類できた。これをRb-Sr分布図とK-Ca分布図で再確認し、同様な結果を得た。Ⅰ群はよくまとまって分布して同一産地の可能性を示し、陶邑産と推定された。Ⅱ群もよくまとまっており、同一産地の可能性が高いが、Ⅰ群とⅡ群は別産地である。産地は現状では不明で、九州北部地域産の可能性もある。Ⅲ群はRb-Sr分布図ではまとまるが、K-Ca分布図では６点がはずれるため、ａ亜群とｂ亜群に分けた。これらは別産地かもしれない。Ⅳ群は３点で、両分布図によると福岡県の牛頸窯跡群産と推定される。この結果はNa因子でも確認できた。

埴輪分析は５遺跡のうち、埴輪窯跡か集積地と推定されている前田Ｂ遺跡が興味深い。結果はやはりよくまとまって分布していた。供給先と考えられる松橋大塚古墳の埴輪とは以前から類似性が指摘されており、胎土分析の結果は考古学の推定を補強するものであった。

4，考　察

胎土分析結果は新しい知見をもたらしてくれた。特にⅣ群牛頸窯跡群産とされたものは断

各古墳の時期別変遷表(太字は主体)

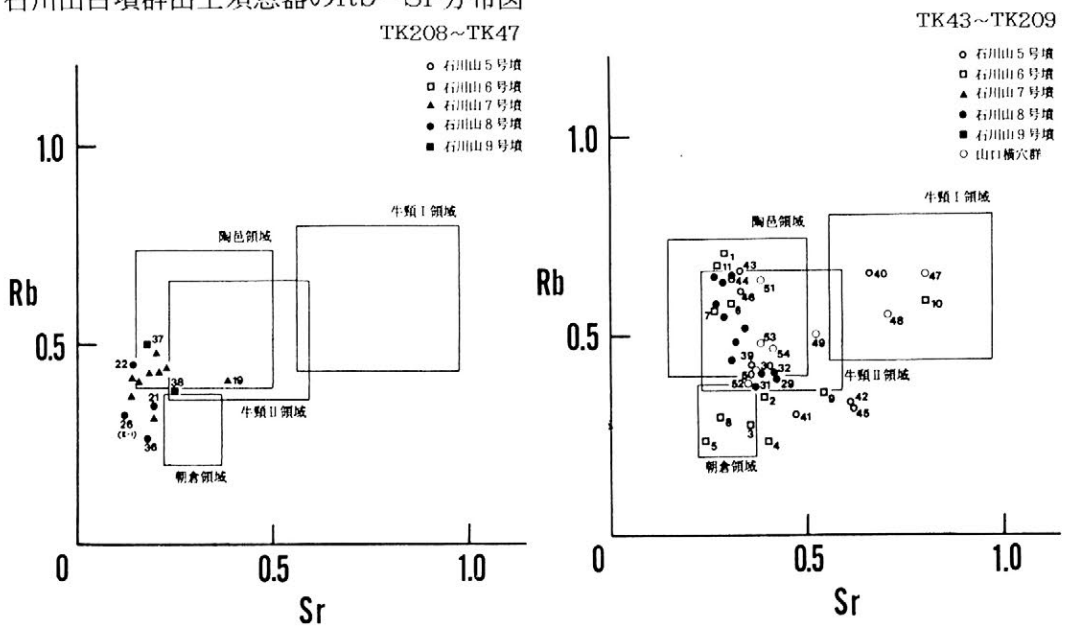
	TK216	TK208	TK23	TK47	MT15	TK10	TK43	TK209	TK217
9号墳	**II群→→→→**								
8号墳	**I群→→→→→→→→→→→→→→→→→→→→**								
		II群→→→→→→→						**III群b**	
7号墳		**II群→→→**							
			III群b						
6号墳								**I群・II群**	
								III群a・IV群	
5号墳								**I群・III群a**	
								III群b	
山口横穴群								**I群・III群a**	
								IV群	

面がサンドイッチ状で、焼成は良好堅緻。手慣れたつくりである。今後はこの資料を標本とすれば、肉眼観察でも比較的産地推定し易い。あとは実際に牛頸窯跡群産須恵器とのつきあわせをする必要がある。また、観察で同一産地と推定したものは概ね分析でも同様な結果であったが、異なるものもあった。肉眼ではかなり細かく観察する必要を痛感した。

しかしながら、いま一度検討を要する事柄も多い。I群は陶邑産と推定されたが、時期がTK47あたりまではよいとして、TK43並行期以降は疑問が残る。熊本県でも在地生産はMT15並行期から始まるのは確実で、TK209並行期には多くの窯が操業している。また、福岡県にも窯は多く、TK209並行期以降では、八女窯跡群産須恵器が菊池川の中・上流域にかなり多く持ちこまれている。陶邑粘土と同様な成分を持つ産地が近くにあるのか、今後は更なる観察と資料の集成が必要だろう。II群は九州北部地域産の可能性が指摘されたが、未知の陶邑産の可能性も捨て切れない。II群もI群と同様に新しい時期のものは、更に検討しなければならない。III群aには八女窯跡群産とは異なる赤焼須恵器が含まれており、近隣の窯が想定できる。III群bはその色調や胎土から、荒尾窯跡群産と考えている。

なお、石川山古墳群からは朝倉窯跡群産須恵器は出土しなかった。朝倉製品は熊本ではごく限られた時期のみ流通したのだろう。

石川山古墳群出土須恵器のRb－Sr分布図



P39

カマン・カレホユック遺跡出土の青銅器時代の土器に関する化学的研究

○神田信之、松永将弥、中井　泉（東京理科大学）

1．はじめに

カマン・カレホユック遺跡（トルコ共和国）は、四千年に及ぶ歴史を有する積層構造を有する遺跡であり、各時代の層を表層から深部へ第Ⅰ層から第Ⅳ層と分類している。さて、昨年の調査により第Ⅳ層と分類される前期青銅器時代の生活跡が確認された。この第Ⅳ層から出土する土器は轆轤（ろくろ）が使われた形跡がなく、轆轤を用いた土器の出土は中、後期青銅器時代に属する第Ⅲ層からになることが報告されている[1]。そこで本研究では土器の製法が大きく変化する第Ⅲ層及び第Ⅳ層出土の土器に着目し、これら層間の土器の違いを物質科学的に探り、元素組成の違いから土器の分類を試みた。

2．試料と実験

分析試料はカマン・カレホユック遺跡第Ⅲ、Ⅳ層から出土した、表1に示す 68 点の土器である。試料の分析は ICP 発光分光分析による元素定量と、土器胎土中の鉱物の顕微鏡観察を行った。ICP 発光分光分析では試料を粉砕後、フッ化水素、王水、過塩素酸により分解して調製し、Mg、Al、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Sr、Zr の 9 元素について定量した。この分析値をもとに元素比のプロットからクラスタリングを試みた。

3．結果と考察

それぞれの土器種について顕微鏡観察をおこなうと、Cooking Pot と称される土器の胎土は石英や雲母等の鉱物を多種多様に含み、その粒径も大きいものは 2mm 以上あり粗雑な仕上がりであるのに対し、赤色塗彩土器やクリーム土器の胎土は均質で、含まれる鉱物の種類も少なく粒径も小さい。後者が粘土をよく精製して土器を作っていたのに対し、前者はあまり精製していない粘土を用いた質の低い土器であると考えられる。また、胎土分析において差の見られるⅣ層土器とⅢ層土器の胎土を比較すると、Ⅲ層土器は含有鉱物のほとんどが粒径が 0.2mm 以下と小さいのに対し、Ⅳ層土器は 0.5mm 程度の粒の荒い石英を含み、特にクリーム土器は石英粒を豊富に含むことが明らかになった。

ICP 分析を行った 9 元素の分析値について、互いの相関を調べると、第Ⅳ層土器は Ca 含有量が 15 ～ 25%と極端に多く Al、Ti、Fe の含有量は少ないという傾向があり、第Ⅲ層土器はこれと逆の傾向を示すことがわかった。また同様の相関が Mg と K、Sr の間にも認められた。これをもとに、相関の強いもの同士を組み合わせることでこれらの土器の組成の特徴を顕著に表すクラスターが出来ると考え、次のようなパラメーターを両軸とするプロットを考えた。

X 軸＝ Mg ／（K ＋ Sr）

Y 軸＝ Ca ／（Al ＋ Ti ＋ Fe）

この結果、図1に示すように Cooking Pot の組成がその他の土器の組成と大きく異なる一方で、赤色塗彩土器やクリーム土器はかなり似通った組成をもつことがわかった。組成の似た赤色塗彩土器とクリーム土器について、第Ⅳ層と第Ⅲ層の土器を比較すると、図2が示すようにそれぞれのクラスターはよくまとまって分離しており、胎土の組成は

第Ⅲ層と第Ⅳ層で明瞭な違いがあることが明らかになった。この原因として、第Ⅳ層土器の胎土がCaに富む傾向があることが挙げられるが、粘土自体にCaが多かったのか、土器制作過程でCaを多く含む物質を混ぜたのかは不明である。

Cooking Potはその胎土が非常に荒い、日用的な簡素な土器である。また図3からその胎土は時代によってあまり変化せず、まとまりがよいことがわかるので、粘土の産地は同じであったと言えよう。これらのことから質は低くても容易に粘土の採取が可能な遺跡周辺の粘土産地を、民族や文化が変わっても継続して利用していたと推測される。

赤色塗彩土器とクリーム土器はその胎土がよく似ているので、用途によって製法や顔料を変えてはいたものの使用した粘土は同じだったと考えられる。また、これらの土器は時代によって著しい組成の違いが認められる。この原因として民族の変化に伴う粘土産地の変化や、轆轤等の新技術の登場による土器の製法変化などが挙げられよう。

表1 胎土分析の試料(ICP発光分光分析)

文化層		土器種	試料点数
第Ⅲ層	Ⅲb	Cooking Pot	8
		赤色塗彩土器	10
		クリーム土器	8
	Ⅲc	Cooking Pot	5
		赤色塗彩土器	10
		クリーム土器	6
第Ⅳ層		Cooking Pot	6
		赤色塗彩土器	7
		クリーム土器	4
		黒色磨研土器	4

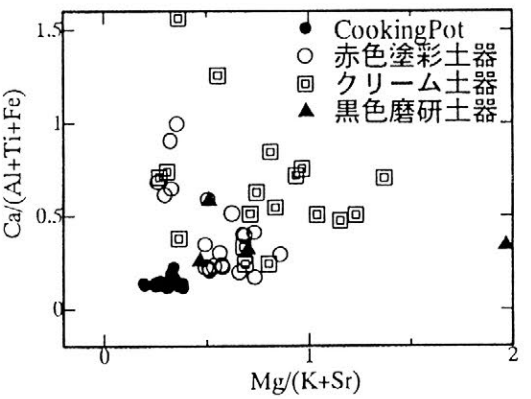


図1．土器種によるクラスタリング

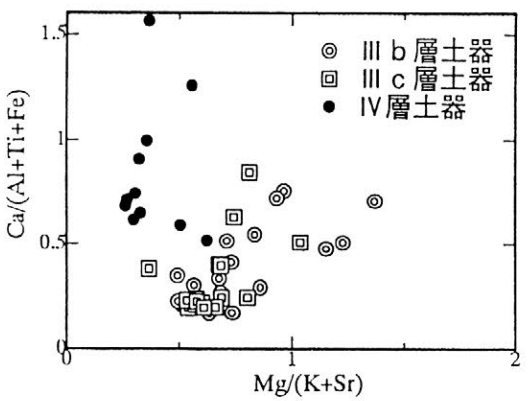


図2．Ⅲ層、Ⅳ層土器のクラスタリング

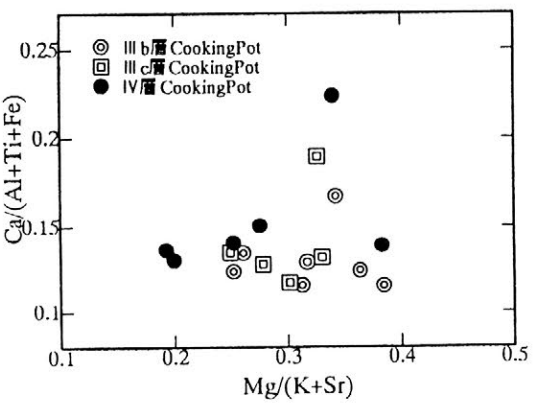


図3．Cooking Potの化学組成の文化層による変化

参考文献

1)大村幸弘：アナトリア考古学研究 vol.Ⅵ　p.15（1997年）

P 40

対馬出土銅矛に用いられた材料に関する考察
－鉛同位体比法を用いて－

平尾良光（東京国立文化財研究所）
○鈴木浩子（東京学芸大学）

1　はじめに

今回対馬から出土した銅矛に関して鉛同位体比を測定した。その結果から得られた材料に関する考察を報告し、あわせて武器形青銅器の鉛同位体比を型式別に分類し、用いられた材料に関しての考察も報告する。

2　資　料

資料は長崎県上県郡豊玉町大綱から出土した中広形銅矛11点、長崎県上県郡上県町佐護クビルから出土した中広形銅矛１点・広形銅矛３点、長崎県下県郡豊玉町佐志賀黒島から出土した広形銅矛11点、長崎県下県郡豊玉町卯麦糠浦から出土した広形銅矛３点、合計29点である。これらは東京国立博物館に所蔵されている。

3　結果と考察

測定した資料は型式別に分類した。

＜中広形銅矛の鉛同位体比＞

測定した中広形銅矛の鉛同位体比をプロットしたのが図１である。なお●は大綱出土、■は佐護クビル出土を表す。結果、中広形銅矛は出土地に関係なく見ると、Ａ式図においてほとんどがＡ領域に位置した。

大綱出土の中広形銅矛は、ほとんどがＡ領域に位置し華北産の材料を用いていると思われるが、東博No.8458（HS232）がＤ領域に、東博No.8462（HS236）がＢ領域付近に位置した。これはNo.8458（HS232）が朝鮮半島産の材料を用いて鋳造され、東博No.8462（HS236）は朝鮮半島産と華北産の材料を混ぜて作られた物と推定される。弥生時代の青銅器の中では銅鐸が多数測定されており、その傾向を見ると、菱環鈕式銅鐸・外縁付鈕１式銅鐸は朝鮮半島産の材料を、外縁付鈕２式銅鐸・扁平鈕式銅鐸・突線鈕式銅鐸は華北産の材料を、近畿・三遠式銅鐸は華北産の材料の中でも規格化された材料を用いていると考えられる。銅矛もこれまで測定された資料の傾向を見るとほぼ銅鐸と同じ傾向を示す。つまり細形・中細形は朝鮮半島産の材料を、中広形は朝鮮半島産と華北産の材料を、広形は画一化された材料を用いているようである。中広形銅矛が朝鮮半島産と華北産の材料を用いているということは材料の変換する過渡期に当たるのではないだろうか。

＜広形銅矛の鉛同位体比＞

測定した広形銅矛の鉛同位体比をプロットしたがの図２である。図２を見てわかるように、広形銅矛の鉛同位体比値はＡ領域の中でもａ領域近くにまとまって位置したため、ａ領域付近の拡大図を示した。なお、●は佐志賀黒島出土、▲は卯麦出土、■は佐護クビル出土を表す。

出土地に関係なくほとんどがａ領域に位置した。これは画一的な鉛を用いてると思われる。これまでの研究でも広形銅矛はａ領域に位置することが多く、弥生時代後期の材料であることがわかる。

4　さいごに

今回測定された鉛同位体比を出土地に関係なく型式別に見てみると、中広形銅矛はＡ領域にまんべんなく分布し、広形銅矛になるとＡ領域の中でもａ領域にすべてが集中した。この結果とともにこれまでの武器形青銅器の鉛同位体比を型式別にまとめたのが表１である。この表は例外を除き大まかな傾向を示したものである。銅剣・銅戈・銅矛の鉛同位体比を型式別に見ると銅剣・銅戈は鉛同位体比がばらつくが、銅矛は限定された工房で作られていると思われるほど型式と鉛同位体比の移行が合っている。対馬出土銅矛の測定結果も型式による時期の差異が材料にもくっきりと表れている一例となった。

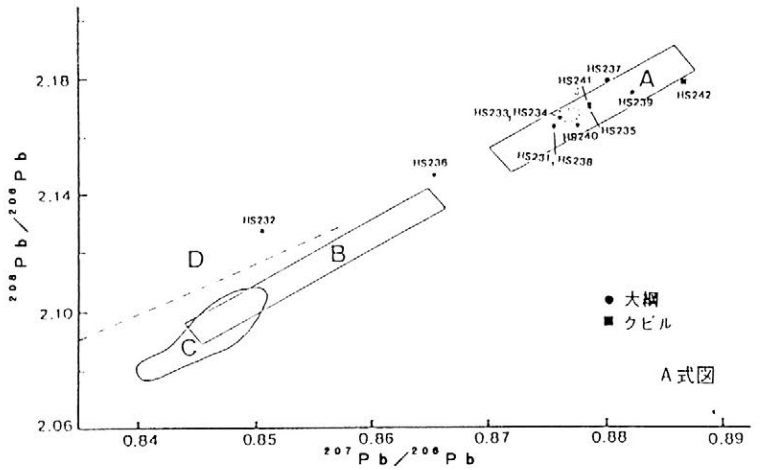


図1　中広形銅矛の鉛同位体比

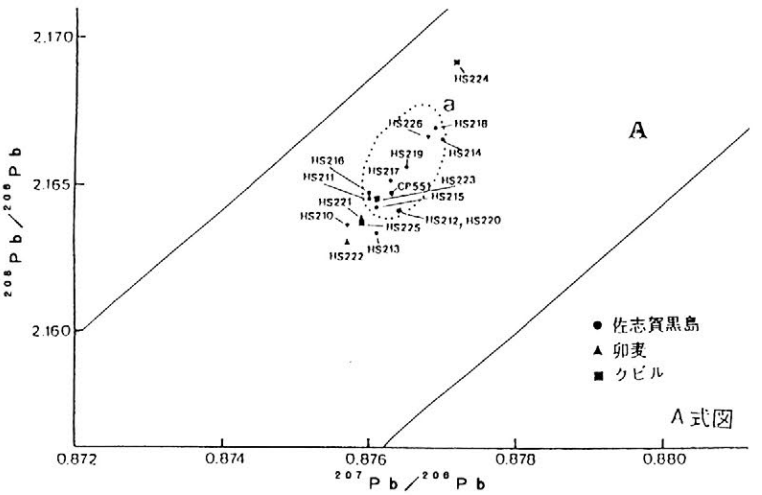


図2　　広形銅矛の鉛同位体比（拡大図）

表1

	弥生時代			
	前期	中期		後期
	細形	中細形	中広形 (平形)*	広形
銅剣	D領域	D、A領域	D、A領域	
銅矛	D領域	D領域	D、A領域	a領域
銅戈	D領域	D、A領域		A、a領域

＊平形銅剣は古い型式のものに限る

P 41

出土天然アスファルトのバイオマーカーによる分類法の開発

小笠原正明（北大高等セ）・曽我直人（北教大函館）・竹中康之（同）

はじめに

東日本および北日本では，縄文中期から土器の補修や矢尻の固定のためにアスファルトが使われていた。とくに後期後半から晩期終末までの遺跡からはアスファルトが付着した土器や石器が多数出土する。アスファルトはいろいろな種類の炭化水素を主成分とする複雑な化合物で分析が難しいとされていたが，演者らはアスファルトのオイル成分中の飽和炭化水素系化合物と芳香族化合物の比から出土アスファルトを分類する方法を見い出した（小笠原ら 1994, 1995）。この研究では，石油の根源成分から由来するバイオマーカーなどを利用して，出土アスファルトの産地を同定する方法について検討した。

実　験

出土したアスファルト資料の表面部分を取り除いてベンゼン・メタノール混合溶媒で抽出し，溶媒に可溶な成分を蒸発乾固したあと，n-ヘキサンで抽出を行った。ヘキサン可溶成分をオイル，不溶分をアスファルテンと呼ぶ。オイル分を高速液体クロマトグラフフィーで脂肪族，脂環族などの飽和炭化水素成分（Fr-P），１環芳香族成分（Fr-M），２環芳香族成分（Fr-D），極性化合物成分（Fr-PP）の４成分に分割した。さらに，Fr-Pのマススペクトルを測定してそれぞれの成分を分析した。

結果と考察

元素分析：アスファルトの主成分は炭素 C であり，全体の約80%を占める。次に多いのは水素 H で，C に対するHの原子数の比が１をやや上回ることが石油起源であるアスファルトの特徴である。イオウSの濃度は産地を決める指標となり得るものであるが，これまで分析した資料ではいずれも0.8% 程度と違いが少ない（図１）。ただし，岩手県の塩ヶ森遺跡出土のものだけが3.1%と異常に高い値を示した。

溶媒分割：溶媒によって資料をB-M不溶分，アスファルテン，オイル成分に分割できる。しかし分割結果は資料ごとに非常に異なっており，使用されたあとどのような環境におかれたかによって変るので，産地同定のための指標とはなりえない。

オイル分の分析：オイル分中のFr-PとFr-M,D（Fr-MとFrDを足したもの）の比は一つの指標となる。これまで，産地とみなされる秋田県および新潟県のほかに，岩手県および北海道の遺跡から出土したアスファルトの分析が行われているが，これらは秋田県昭和町の系統と新潟県柏崎の系統の２つに分けられる（ただし出土品がこの２地域から来たものとは必ずしも言えない）（小笠原ら 1995）。北海道の苫小牧，千歳地区から出土したアスファルトもオイル分析の結果では昭和町の系統に属することがわかった。図２には千歳地区の美々８遺跡から出土したオイル分の場合を示す。

パラフィン系化合物のマス分析：図３に秋田県昭和町の古代遺跡出土のアスファ

ルト資料から抽出したオイル成分のFr-Pのマス分析（FI-MS，電界電離質量分析法）の結果を示した。オイル成分も複雑な炭化水素化合物の混合物である。m/z が200から800にかけて非常に広い質量分布を示すが，400 前後に際立った信号が存在する。

石油は，古生代の生物有機体が海洋，澤地，湖沼に堆積，埋没して堆積岩に閉じ込められ，長い地質年代の経過とともに変成作用を受けてできたものである。しかし前駆体有機物の中には脱官能基，側鎖の脱アルカリ基などの最小の構造変化しか受けず，骨格構造をほぼ保っているものがある。これがバイオマーカーである。質量数400 付近にピークを示すバイオマーカーとしてはステラン同族体やペンタサイクリックトリテルパン同族体が考えられる。東日本，北日本各地から出土した多くの資料において，このようなバイオマーカーが検出された。

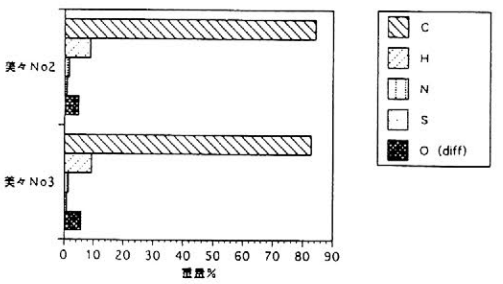


図1 北海道美々8遺跡出土のアスファルトの元素分析結果

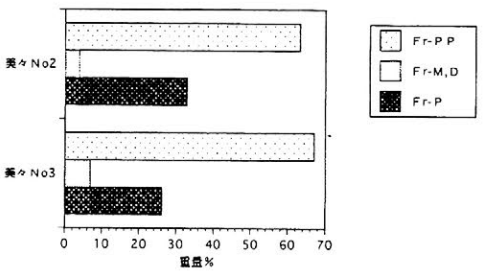


図2 北海道美々8遺跡のアスファルト・オイル分の成分

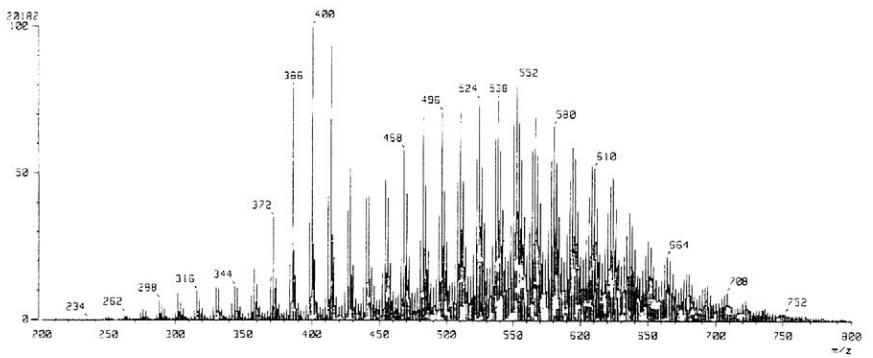


図3 秋田県昭和町産のアスファルトのオイル成分のマススペクトル

文　献

小笠原正明ら 1994 「豊崎N遺跡出土の天然アスファルト塊」『考古学ジャーナル』 373号．pp. 25

小笠原正明 ら1995 「東日本の遺跡から出土した天然アスファルトの化学構造による分類」『日本文化財科学会第12回大会研究発表要旨集』pp. 14

横山晋，鈴木優 1995『石油液化油の質量分析―液化オイル成分のドウータMSスペクトル―』．北大印刷，札幌

P42

遺跡出土鉄器からのアルカリ溶液による脱塩速度

河越幹男（奈良高専）・安木竜也（同）、吉原忍（同）
川本耕三（元興寺文化財研究所）

緒　言

遺跡出土鉄器からのアルカリ水溶液による脱塩法は既に実用化されているものの、処理後にも発錆して劣化が進行するなどの問題点がある。また、処理時間の決定も経験に頼っているようである。脱塩機構の解明は、これらの問題点を解決し、最適な処理条件を見い出すための有効な手段である。本研究では、含塩鉄粉圧縮成型品をモデル試料として用い、脱塩の機構と速度について検討した。

1．実　験

約 0.32wt.%の NaCl を含む鉄粉を 100MPa で円盤状に圧縮成型し、モデル試料とした[2)]。試料の詳細を表 1 に示す。脱塩液として 3 種類の 0.1N アルカリ水溶液（LiOH、NaOH、KOH）を用いた。恒温槽（25 ℃）中に設置した 50m*l* ビーカに 0.1N アルカリ溶液 25m*l* を入れ、その中に試料を浸漬し、塩素イオンを溶出させた。アルカリ水溶液中の溶存塩素量は硝酸銀で滴定（モール法）して求めた。

2．実験結果及び検討

(1)脱塩モデル：　アルカリ溶液が試料中の細孔内に浸入し、その中を通って塩が外へ溶出するとする。拡散モデルに従えば、脱塩率Ψは次式で表される[1,2)]。

$$\Psi = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp\left\{-(2n+1)^2 \pi^2 \frac{D_A t}{a^2}\right\} \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\alpha_n^2} \exp\left\{-4\alpha_n^2 \frac{a^2}{d^2} \frac{D_A t}{a^2}\right\} \quad (1)$$

ここで、$\Psi = (W_A - W_{A0})/(W_{A\infty} - W_{A0})$ で、W_A は任意の時間の脱塩量、$W_{A\infty}$ は

表 1　試料の重量、寸法、空隙率

試料番号	実験条件		試料重量 [g]		寸法 [mm]		空隙率	含塩量	脱塩量	D_A *)
	試料の状態	アルカリ溶液	発錆前	発錆後	直径	厚さ	[%]	[mg]	[mg]	[cm²/d]
1	未発錆	NaOH	22.227	—	20.0	15.0	40.0	72	72.3	0.532
2			14.832	—	20.0	10.0	39.9	48	48.2	0.619
3			11.125	—	20.0	7.4	39.1	36	36.1	0.633
4		LiOH	14.824	—	20.0	10.0	40.0	48	48.0	0.518
5		KOH	14.827	—	20.0	10.0	40.0	48	47.8	0.518
6	発　錆	NaOH	14.830	16.220	20.0	10.0	39.9	48	21.9	0.037

*　D_A ：有効拡散係数

時間無限大の脱塩量、W_{A0} は初期脱塩量である。初期脱塩量は浸漬１分後の溶出量であり、表面付着量の補正を行うために導入した。ここで、D_A ＝有効拡散係数、t＝時間、d＝円盤の直径、a＝円盤の厚さである。

図１に厚さの異なる３種類の試料に対するΨ対 t のプロットを示した。図１から、各厚さにおける(1)式からの計算値と実測値はよく一致しており、拡散モデルが適用できることが分かる。

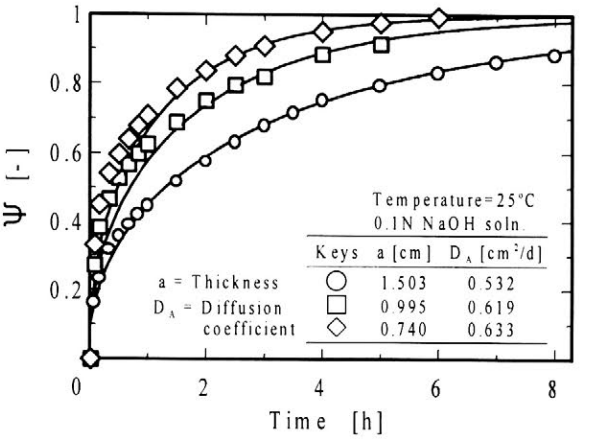


図１　脱塩率対時間の関係

(2)脱塩溶液の影響：　図２に３種類のアルカリ溶液に対するΨ対 t の関係を示した。溶液による差異はほとんど認められないが、NaOH 溶液の場合に若干Ψ及び D_A が大きくなる傾向が認められる（表１参照）。（理由は不明）。

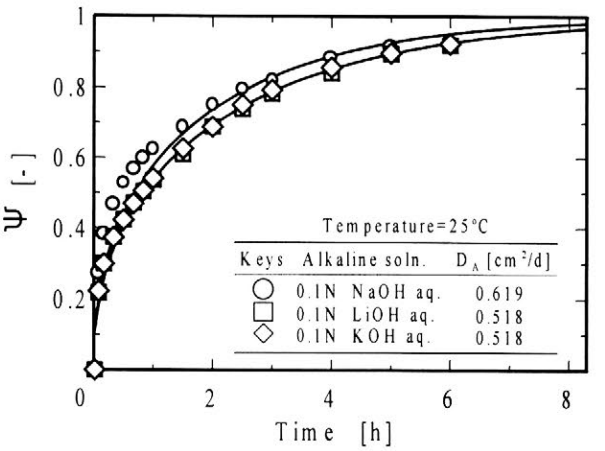


図２　脱塩率対時間の関係に及ぼすアルカリ溶液の種類の影響

(3)錆化の影響：　表１に示したように、発錆試料の脱塩速度は未発錆試料に比べて非常に遅い（D_A は未発錆試料の約 1/16）。また、最終脱塩率は、未発錆試料の場合ほぼ 100 %であるのに対し、発錆試料は約 46 %である。最終脱塩後の試料をハンマーで粉砕し、NaOH 溶液で脱塩したところ、残存塩のほぼ全量を溶出させることができた。従って、発錆試料の最終脱塩率が低いのは、発錆によって塩素イオンの移動経路である細孔が閉塞されたためと考えられる。

結　言

含塩鉄圧縮成型試料からのアルカリ溶液による脱塩曲線を測定し、①塩の溶出機構は拡散的であり、②アルカリ溶液の種類の影響は小さく、③発錆試料の低脱塩率の原因は錆による細孔の閉塞であることが分かった。

文　献

(1)河越ら：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」, 22, 95 ～ 102(1990)
(2)河越ら：日本文化財科学会第 12 回大会要旨集，158 ～ 159（1995）

P43

出土鉄製品の腐食

-東京芸術大学構内発掘調査に伴い出土した鍛造鉄製品の土中環境と腐食の調査-

岩田好弘、新山榮（東京芸術大学大学院）

1.はじめに

土中における鍛造鉄製品の腐食の進行の違いに寄与するものは、埋没環境、金属組織などさまざまな因子が考えられる。今回、埋没環境が明確であり、また出土後の腐食が進行していない鍛造鉄製品を試料として、土と遺物の両面から腐食の進行の調査を行った。

土壌については主に、「腐食促進因子」としてしられる陰イオン類をどの程度含有しているのかを調査した。また鉄製品に関しては、それら陰イオンが遺物上のどこに、どのような形で存在しているのかを調査した。

2.分析方法

試料として1996年3月から10月にかけて行われた東京芸術大学構内発掘調査に伴い出土した鉄製品11点とその周辺の土を使用した。

鉄製品については走査型電子顕微鏡、X線マイクロアナライザー、微小部X線回折装置により分析を行った。

周辺の土については主にイオンクロマトグラフ（IC）、pHメーターにより測定、検討した。IC測定には、105℃で乾燥させた乾土（200メッシュ以下に粉砕）を10g採取し、50gの純水を加え、1時間往復振とう後にろ過して得られた試料を使用した。

また、これらの結果を踏まえ、出土鉄製品が土中で受けたであろう腐食を簡単なモデル式で表わし、出土後にみられるであろう経時変化を推察した。

3.結果と考察

分析した鉄製品は、近代の遺構から出土した遺物が2点、江戸時代の遺構（18世紀中葉～19世紀中葉）から出土した遺物が5点、平安時代の遺構（9世紀前葉）から出土した遺物が4点である。

分析した土壌はpH5.8～pH7.1の間であった。また、茶褐色の土色から酸化性土壌であると考えられる。塩化物イオン、臭化物イオン、硝酸イオンの存在量は2～9ppmであり、各土壌中でこれらの陰イオンの存在量の差はほとんどみられない。その一方で硫酸イオン量は50～180ppmであり、土壌ごとに大きな差がみられた（図1）。

分析の結果、釘程度の重量／表面積［g／㎠］をもつ出土鉄製品の金属の有無に関係する一因子として、腐食を受けた時間や結晶組織が関係する以上に、土壌中の硫酸イオン量が関係しているであろう見解を得た。今回分析した試料では、120ppmを超えると金属が残存していない。その原因として、鉄製品が土中腐食の初期に硫酸イオンの作用により$FeOOH$形成を助長され、防錆効果の高いFe_3O_4が十分に形成されなかったことが考えられる。

金属の残存しない鉄製品は大きく3層から（図2）、また金属の残存する鉄製品は大きく4層の腐食層（図3）で形成される。塩素、イオウは、金属の残存しない鉄製品中では中心部に(図2中のA)、金属の残存する鉄製品では金属と接した部分(図3中のA、B、E)に存在している。

図2、3中の各腐食層の出土後の変化を単一層ごとに考えた場合、明らかに変化するであろう腐食層は「金属の残存する鉄製品」中の$Fe_2(OH)_3Cl$である。その酸化は、

$$Fe_2(OH)_3Cl \rightarrow Fe_2(OH)_5Cl \rightarrow 2FeOOH + HCl + H_2O$$

という式で表される。この酸化は塩酸の生成を伴うため、腐食を更に進行させると考えられる。そのため、脱塩処理は$Fe_2(OH)_3Cl$層になされる必要があると思われる。

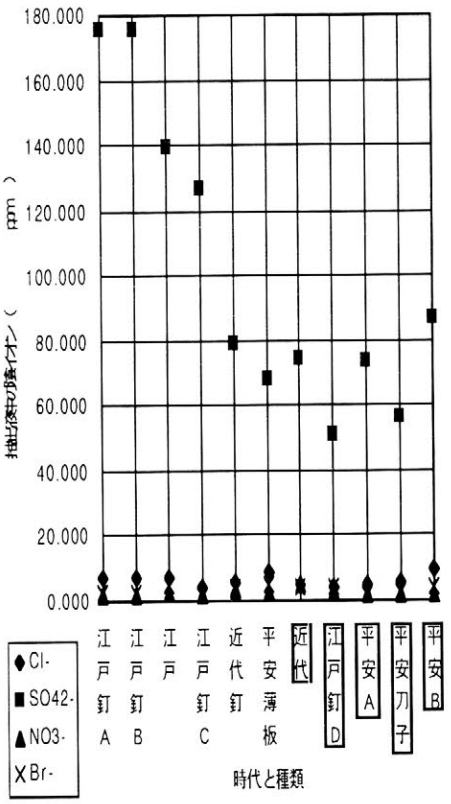


図1　土中の陰イオン量と金属の有無
※　□の囲みのあるものは
金属層が残存する鉄製品

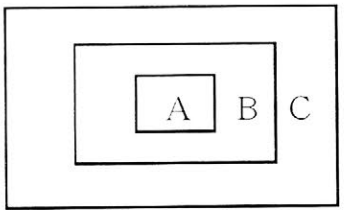


図2　金属の残存しない鉄製品

A 黄褐色の腐食層、塩素、イオウ存在
B 緻密な黒褐色の腐食層、Fe_3O_4
C 土中成分を含んだ茶褐色な腐食層

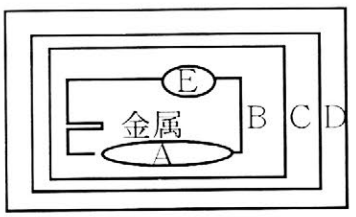


図3　金属の残存する鉄製品

A イオウの存在する粗な腐食層
B 塩素が存在、Fe2(OH)3Cl
C 緻密な黒褐色の腐食層、Fe_3O_4
D 土中成分を含んだ茶褐色の腐食層
E 多量の塩素が集中する腐食層

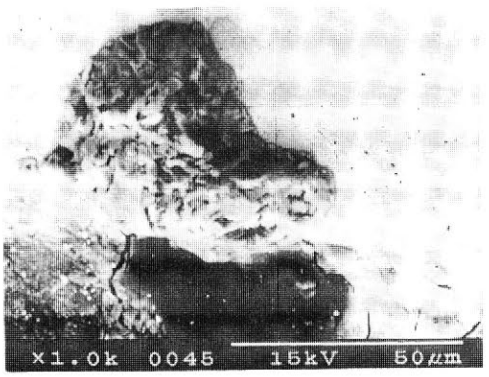


写真1　塩素の集中する部分
（図3のＥ部）

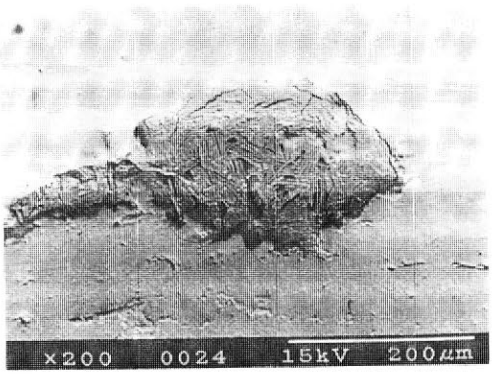


写真2　イオウの存在する部分
（図3のＡ部）

P44

東アジア地域の古代金属象嵌の保存科学的研究 －日本・韓国・中国－

西 山 要 一（奈良大学文学部文化財学科）

1．は じ め に

埼玉・稲荷山古墳の鉄剣から象嵌銘文が発見されてからおよそ20年、この発見を契機としてＸ線透過写真撮影による技法・構造の調査やＸ線分析による組成成分の解明などの文化財の非破壊分析が手軽に行えるようになり、膨大なデーターを蓄積できるようになってきた。なかでも、象嵌資料は銘文大刀のように古代の歴史像を書き替えると言われる程に評価されるだけに、その科学的分析もまた重要なテーマの一つである。本発表は東アジアを視野においた象嵌研究を始めるに当たって、今日までに得たデーターを検討し今後の研究の方向を見出そうとするものである。

2．象嵌の歴史と技術

東アジアで発見される金属象嵌資料で最も古い例は、中国・春秋時代中頃（紀元前５世紀）に遡るといわれる。銅製・鉄製の壺・弩金具・剣・帯鉤などに金や銀や玉（トルコ石など）を嵌め込んで、動物や雲気や幾何学の象嵌文様で装飾したり、銅剣には象嵌文字を記すものもあり、戦国～前漢・後漢に一層の発展をみる。

韓国では、三国時代の百済で紀元 369年に製作されて日本にもたらされ、現在奈良・石上神宮に祀られている鉄製金象嵌銘の七支刀が最古の例で、４世紀末より６世紀にかけて鉄地の刀身や刀装具に金・銀・銅の文様・文字を象嵌する大刀が数多く製作されている。

日本では、古墳時代中頃の紀元５世紀の、千葉・稲荷台１号墳発見の銀銘文を象嵌する王賜銘鉄剣が最古の例で、以後７世紀初めまでに、刀身に文字・動物などを、柄頭・鍔などの刀装具に動物・幾何学文などを金・銀・銅で象嵌した刀剣が数多く製作されている。

これらの象嵌資料から、東アジアの金属象嵌の始源は中国にあり、４世紀には朝鮮半島に、５世紀には日本に伝わり、それぞれの地域で独自の発展が見られることがわかる。

さて、中国の象嵌技法には、銅・鉄に鏨で断面Ｖ字状の溝を刻み、ここに金・銀・銅の線を嵌め込み、文字・文様を表現する糸象嵌（線象嵌）と、文様の輪郭を断面Ｖ字状の溝で刻み、内部を浅く削ってここに金・銀・銅の板を嵌め込んで文様を表現する平象嵌の２種類があり、これらの技法が相並び行われている。しかし、朝鮮半島においても、日本においても、当初は糸象嵌のみが採用され、平象嵌が行われるのは朝鮮半島では高麗時代、日本では平安時代のことである。この差異の理由が何処に有るのかは判然としない。

3．象嵌線の組成成分分析

東アジアの金属象嵌技法の系譜を探るために、象嵌線の成分分析を行い、或いは既に公表されたデーターを含めて検討した（表参照）。

中国の象嵌として、戦国時代～前漢・後漢時代の銅製帯鉤４例を取り上げた。１は鳳凰文銀象嵌（糸象嵌）、２は幾何文金・玉象嵌（平象嵌）、３は幾何文金・玉象嵌（糸・平象嵌）、４は幾何文銀象嵌（糸象嵌）で、それぞれの金属象嵌線の分析を行った。１と４は、地金の銅、錆に起因する塩素・酸素などを差し引くと、ほぼ100%に近い高純度の銀を

使用していることがわかる。また、2と3は地金の銅、錆に起因する酸素などを差し引き金と銀の比を取ると2は90.4:9.6、3は92:8となり、ともに21金にあたる。

韓国の象嵌では、七支刀は金以外の元素が未発表であるが79.2%で19金に、湖巖美術館大刀では約62%で14.8金にあたる。有銘環頭大刀は数値は示されていないものの分析チャートからは地金の鉄、錆に起因する塩素などを差し引くと、ほぼ100%に近い高純度の銀を使用している。昌原道渓洞太刀はほぼ100%に近い高純度の銀を使用している。

日本の象嵌では、辛亥銘鉄剣は金73%で17.5金、勝福寺古墳円頭太刀は地金の鉄、錆に起因する塩素などを差し引き、金と銀の比を取ると90.9:9.1となりこれは21金にあたる。勝福寺古墳円頭太刀のデーターは中国との関連を想起させる。額田部臣銘大刀・柳谷古墳大刀・垣内田2号大刀などの銀象嵌は、地金の鉄、錆に起因する塩素などを差し引くと、ほぼ100%に近い高純度の銀を使用していることがわかる。また、戊辰銘大刀は銅のみが検出され、高純度の銅を使用していることがわかる。

4. おわりに

象嵌技法上の年代的・地域的差異はまだ明確でない。そして、象嵌線の組成成分データー数も必ずしも充分ではない。しかし、ほのかに特徴ある傾向を見出すことが出来る。

すなわち、金属象嵌の初源においては糸象嵌とその応用である平象嵌がともに使われていたにもかかわらず、隣接する朝鮮半島・日本に象嵌技術が伝わるのに 900年もの時間を要し、しかも、糸象嵌のみが選択的に受け入れられている。

また、金象嵌は90%・21金程度を使う例と、70～80%・17～19金かそれ以下の例とがあり、年代的には古く遡るほどに、地域的には中国に近いほどに純度が高い。銀・銅の象嵌は時代・地域を問わず純度 100%の純銀・純銅が使われていると言える。

これらのことは、東アジアの象嵌の系譜を考えるとき、技術の進歩・伝播に要する時間の軸と伝播地域の広がりの平面軸、そして、銘文大刀にみられるように東アジアのなかでの中国を宗主とする政治構造軸をも考えねばならないことを示している。

表　中国・韓国・日本の象嵌遺物象嵌線の組成成分

	象嵌遺物名	象嵌線の組成成分比（重量%）												地金	象嵌の技法・製作の年代
		金(Au)	銀(Au)	銅(Cu)	鉄(Fe)	鉛(Pb)	錫(Sn)	アルミニウム(Al)	硅素(Si)	塩素(Cl)	酸素(O)	炭素(C)	その他		
中国	帯鈎 1	—	74.75	10.31	—	—	—	0.34	0.44	3.60	7.61	2.32	リン・マグネシウム	銅	糸／　戦
	帯鈎 2	54.22	5.39	2.93	—	14.97	—	—	—	—	9.30	13.19	—	銅・鉛	糸・平／国
	帯鈎 3	78.79	6.81	1.66	—	—	—	—	—	—	5.67	7.06	—	銅・錫	糸・平／～
	帯鈎 4	—	65.71	3.76		4.61	—	0.15	0.35	9.17	9.51	6.65	マグネシウム	銅・鉛	糸／　漢
韓国	七支刀	79.2						(金以外の含有元素は未発表)						鉄	糸／ 369年
	有銘環頭大刀	—	◎	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	鉄	糸／5～6C
	湖巖美術館蔵波線文大刀	約62	約37					(金・銀以外の含有元素は未発表)						鉄	糸／6C.
	昌原道渓洞6号環頭大刀	—	<1%	>99%				(金・銀以外の含有微量元素は未発表、一部の象嵌表面を金箔で覆っている)						鉄	糸／5C.
日本	稲荷山古墳・辛亥銘鉄剣	73	27	微量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	鉄	糸／471年
	勝福寺古墳円頭大刀柄頭	65.45	6.57	—	1.33	—	—	—	—	—	4.69	21.97	—	鉄	糸／6C.
	星塚古墳円頭大刀柄頭金	◎	○	—	○	—	—	○	○	—	—	—	—	鉄	糸／6C.
	同上銀	—	◎	—	○	—	—	○	○	○	—	—	—	鉄	糸／6C.
	岡田山古墳額田部臣大刀	—	◎	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	鉄	糸／6C.
	柳谷古墳・頭椎大刀柄頭	—	98.2	—	1.3	—	—	—	—	—	0.5	—	—	鉄	糸／6C.
	垣内田2号円頭大刀柄頭	—	96.5	0.2	1.2	—	—	0.9	0.5	0.6	—	—	—	鉄	糸／6C.
	箕谷2号墳・戊辰銘太刀	—	—	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	鉄	糸／6C.

凡例　◎：最も多く存在する元素　○：検出された元素　—：検出されない元素

分析データーの出典　七支刀：奈良国立文化財研究所肥塚隆保氏のご教示による，有銘環頭大刀：東京国立博物館『有銘環頭大刀』(1992)、湖巖美術館蔵波線文大刀・昌原道渓洞6号環頭大刀：李午憲・金邸埰『三国時代の鉄製象嵌技法に関する科学的研究』(1996)、辛亥銘鉄剣：埼玉県教育委員会『埼玉稲荷山古墳辛亥銘鉄剣概理報告書』(1982)、額田部臣銘大刀：島根県教育委員会『出雲岡田山古墳』(1987)、戊辰銘大刀：八雲町教育委員会『箕谷古墳群』(1987)、その他のデータ：西山が各所に依頼して分析した　西山要一「文字の書かれた大刀　象嵌銘文大刀」『考古学と自然科学』31・32合併号(1996)、西山要一・李午憲・山口誠治「日韓古代象嵌遺物の基礎的研究」『青丘学術論集』9・10 (1996・1997)

P45

出土鉄製品中に存在する硫黄，塩素とその周辺組織

松井敏也（岡山大学大学院），村上隆（奈良国立文化財研究所），高田潤（岡山大学）

1．はじめに

化学的に活性な金属である鉄は腐食しやすいため，出土鉄製品は他の出土金属製品と比べて，保存処理および保管などの取り扱いが難しい素材の一つである．出土鉄製品の腐食は，埋蔵環境と出土後の保管環境などの外的要因，および素材の金属組織による内的要因とが相互に作用することで進行する．また，腐食を促進させる因子として硫化物（Castle 1990），塩化物（Foley 1970）などに由来する陰イオンがあげられる．しかし，従来の鉄製品に関する理化学的研究は，金属組織と非金属介在物の同定による製鉄技術（Todd and Carles 1977）や製作技法（Varoufakis 1992）の解明，原料鉱石の産地の推定（Tylecote 1990）に関するものが多く，保存科学的研究についても，腐食生成物（Argo 1981）と脱塩処理法（Keene 1994）に関した報告が主である．

出土鉄製品の保存処理および保管などの研究を進めるうえで，上記の外的・内的要因と腐食促進因子とを関連づけた研究は重要である．本研究では，内的要因に着目し，出土鉄製品の内部に残存する金属鉄部分と腐食領域における腐食促進因子（今回は硫黄と塩素に限った）の分布を調査し，それぞれの分布に関与する要因を明らかにすることを目的とした．

2．試料と分析方法

分析試料は古墳時代から近世にかけての釘，鉇（やりがんな），鉄鏃を用いた．表面の付着物，錆の色相や形状の観察は実体顕微鏡を用いた．また，試料内部の鍛接などの製作に関する情報や，腐食による亀裂・剥離の有無の把握はX線透過写真によった．その後，試料を長軸方向に切断し，断面の組織観察を光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡（SEM）によりおこなった．元素分析は，SEM付帯のエネルギー分散型X線分析装置（EDX）を用いておこなった．また，化合物の同定はX線回折法（XRD）によった．

3．結果と考察

大半の試料は，その内部が黒色を呈し，XRDによりマグネタイト（Fe_3O_4）が検出された．また，一部には金属鉄がわずかに残っているものがあった．いくつかの近世の釘試料は芯部に金属鉄が残存しており，鍛接された外層は腐食が進行し，部分的に芯部との剥離が生じていた．鍛接は顕微鏡観察により確認した．

(i) 塩素の分布

SEMならびにEDXによる分析の結果，塩素は黒色のマグネタイトの中に存在する金属鉄周辺に，局所的に幅数μmの帯状を呈して分布していた（図1）．塩素の分布はアルミニウム，ケ

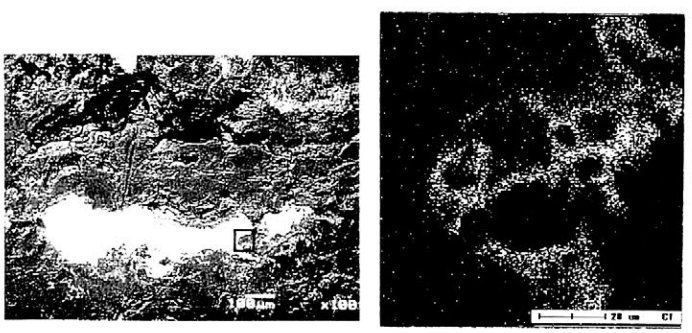


図1 釘(兵庫県兵庫津遺跡,18世紀)内部に残存した金属鉄のSEM画像(左)とその界面(左黒枠)での塩素の局所的な分布(右)

イ素が偏在する不定形な組織の間隙に沿っていることが観察された．このように塩素による腐食は金属中の微量元素の影響を受けている可能性があると考えられる．金属鉄と腐食層との界面において，塩素は金属鉄に対して酸素よりも近接して分布していることが明らかとなった．一方，芯部に金属鉄が残っている釘において，塩素は剥離層（厚さ約1mm）の芯側表面に幅100μmの帯状で分布し，その中でさらに集中して存在する箇所が散在していることが観察された（図２）．この塩素の集中する部分が金属鉄部分を腐食させていく核になっているものと考えられる．

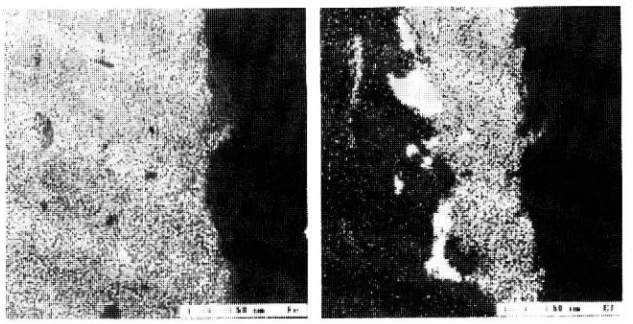


図２ 釘試料（兵庫県屏風遺跡出土,17世紀）の剥離層における鉄（左）と塩素（右）の分布．図中の右側が芯の金属鉄との剥離面．

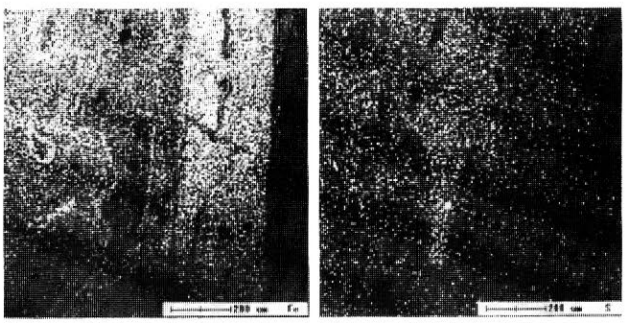


図３ 図２と同試料の異なる剥離部分における鉄（左）と硫黄（右）の分布．図中の左方向が芯の金属鉄との剥離面に当り，右側は外表面．

（ii）硫黄の分布

硫黄は上記の芯部に金属鉄が残る試料において，塩素と同様に剥離層から検出された．その分布は不定形な数100μmの広がりをもち，塩素との共存は認められなかった（図３）．また，硫黄濃度の高い領域を取り囲むように層が形成されていることがわかった．その層は酸素濃度が低い外層と，酸素及び鉄濃度の高い内層の２層から成ることが確認できた．この２層が出土鉄製品の腐食と硫黄との関わりを考えるうえで，重要な要因であると考えられ、さらに詳細な研究をおこなう必要がある．

（iii）その他の元素の分布

古墳時代の鉇（兵庫県西神55地点2号墳,5世紀中頃）や飛鳥時代の釘（奈良県山田寺）の断面には長軸方向に多数の亀裂がみられ，その中に腐食生成物が存在した．外層は均質な黒色を呈し，亀裂が見られる内部に比べケイ素が多く含まれていた．内部には亀裂に沿って酸素の豊富な層が存在し，外層のケイ素とともに腐食の進行方向に影響を及ぼしているものと考えられる．

４．まとめ

出土鉄製品の観察において，硫黄と塩素は全く異なる挙動をとることがわかった．また，腐食の進行には酸素とともにアルミニウムやケイ素が関与していることが確認できた．今後，時代及び製作技法の異なる資料について，金属組織やその中に存在する非金属介在物が腐食の進行にどのように関与しているのか解明していく予定である．

P46

糖アルコール含浸法における乾燥工程の効率化

今津節生(奈良県立橿原考古学研究所)
伊藤幸司・鳥居信子((財)大阪市文化財協会)
橋本輝彦(櫻井市教育委員会)

1 はじめに

私達は糖アルコールの一種であるラクチトール(Lactitol)の水溶液を用いて、出土木材を含浸強化する方法を開発し、実用化を進めている[1,2,3,4]。ラクチトールは乳糖を高圧接触還元して工業的に作り出した自然界には存在しない糖類である。ラクチトールはPEG#4000や蔗糖(Sucrose)と比較して、熱安定性に優れ、金属に対して防錆性を持つ。また、分子量が小さく吸湿性も低いために、溶液中で出土木材の収縮を引き起こす危険が少ない。しかし、PEG#4000含浸法が水分をほぼ100%まで含浸できるのに対して、ラクチトールは10～20%の水分を残して含浸を終了するので、脆弱な遺物に対しては含浸時の温度を上げて高濃度まで含浸させるなどの工夫が必要である。また、低濃度では乾燥条件の違いによって4種類の水和物を生成するために、保存処理後の寸法安定性や湿度変化に対する安定性にばらつきが生じる原因となっていた[5]。

そこで、乾燥工程におけるラクチトール水和物の状態変化に着目して実験を行い、木材試料中に生成した水和物を同定した。その結果、乾燥温度を制御することによって、安全で効率よく保存処理できる条件を見いだした。

2 乾燥工程における水和物の状態変化

ラクチトールは表1のように4種類の水和物が知られている。このうち、1水和物(monohydrate)は常温で最も安定しており結晶化による体積変化もない。そこで、木材中で1水和物を生成するための条件を検討した。ラクチトールを含浸した4種の実験材を4段階の温度条件で乾燥し、木材の表面と内部からサンプルを摘出して示差熱分析を実施した。その結果、表2のように、乾燥条件を50℃前後に保つことで1水和物を効率的に作り出すことができた。また、この乾燥条件では、比較的低い濃度で含浸を終了しても亀裂が発生せず、高い寸法安定性を示すことが判明した。

表1 ラクチトール水和物の特徴 *

水和物の名称	anhydrous	monohydrate	dihydrate	trihydrate
結晶化の温度	(Dry condition)	20-70℃	0-35℃	0-30℃
融解点	121-124℃	102-105℃	72.5-74℃**	52-56℃
分子量	344	362	380	398
結晶水	0 %	5 %	9 %	14 %

* 東和化成 :Patent No. H2-200694, H2-200695, H2-196794, H2-250894
** J. Am. Chem. Soc., (1952) p1105.
anhydrous :無水和物, monohydrate:1水和物, dihydrate:2水和物, trihydrate:3水和物

表2 ラクチトール含浸木材中の水和物(示差熱分析による測定結果)

乾燥条件	試料の採取位置 表面、3mm内部	融解温度 (℃)			水和物の割合		
		tri, di	mono	an	tri, di	mono	an
10℃	表面	52.20	83.80		56%	44%	0%
	内部	53.90	82.30		95%	5%	0%
30℃	表面		92.70		0%	100%	0%
	内部	49.90	91.20	120.60	13%	86%	1%
50℃	表面	50.40	91.60	123.10	6%	73%	21%
	内部		91.40	122.90	0%	97%	3%
70℃	表面		90.40	124.60	0%	70%	30%
	内部		92.30	125.10	0%	99%	1%

tri, di: 3 水和物, 2 水和物, mono: 1水和物, an : 無水和物,

3 乾燥工程の効率化と保存処理

今までの検討結果をもとに、ラクチトールを用いた保存処理の工程を表2に示す。

含浸工程では、分子量の低い糖類は木材細胞を収縮させる危険性が少ない。 PEG#4000で収縮し易いと言われる含水率 200%以下の広葉樹や 400%前後のカシやクリでも順調に含浸処理が進行する[6]。また、PEG#4000よりも濃度勾配を上げることで含浸期間を短縮することができる。

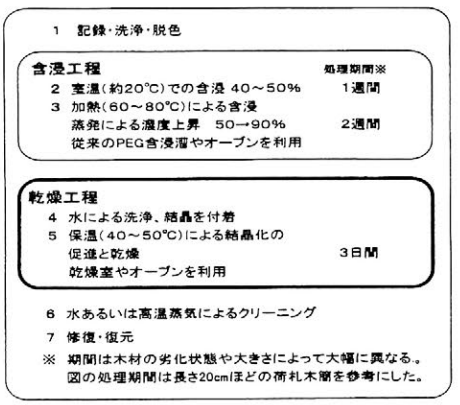


表2 基本的な保存処理工程

一方、ラクチトールを使った保存処理で注意しなければならないのは乾燥工程である。含浸後の木材は10～20%の水分を含んで乾燥工程にはいる。先に述べたように乾燥温度を50℃前後に保つことで乾燥が短期間に進み、効率的に1水和物を生成させて寸法安定性を向上させる効果がある。しかし、含水率が1000%を越えるような極めて脆弱な広葉樹に対しては、含浸濃度を90%以上に上げたり、乾燥や結晶化の時間を長くしながら、残存する自由水を除去して1水和物を生成させる必要がある。

今後は様々な劣化状態の遺物に対して、より多くの実例を積み上げながら、如何に安全に効率よく保存処理できるかが重要な課題であろう。

参考文献

1) 今津節生：糖アルコールを用いた水浸出土木製品の保存（Ⅰ）－糖類含浸法とPEG含浸法の比較研究－. 考古学と自然科学 第28号, 1993, p.77-95.
2) 伊藤幸司・鳥居信子：糖アルコール保存法による脆弱遺物の処理例, 文化財保存修復学会講演大会講演要旨集, 1996, p64-65
3) 橋本輝彦：遺跡出土木製品の保存処理について, 古代桜井の木製品, 桜井市立埋蔵文化財センター, 1996, p34-35
4) Imazu. S., Morgos. A : Conservation of waterlogged wood using sugar alcohol and comparison the effectiveness of lactitol, sucrose and PEG#4000 treatment, Proceedings of the 6th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. York/ UK , 1996, p1-20
5) 槇愛慶・今村裕嗣・朴相珍：水浸出土木材の寸法安定性に関する研究, －PEG・糖・糖アルコールによる寸法安定性の違いについて－, 考古学と自然科学 第33号, 1996, p39-56
6) 槇愛慶・酒井温子・今津節生・今村裕嗣・朴相珍：水浸出土木材へのポリエチレングリコールとスクロースの拡散, 木材学会誌, 投稿中

P47

ＰＥＧ常温含浸法による木製品の保存処理

西尾太加二（(財)静岡県埋蔵文化財調査研究所）・青木修（同）

1　はじめに

(財)静岡県埋蔵文化財調査研究所では、昭和60年度から平成５年度まで国道１号線静清バイパス建設に伴う発掘調査を実施した。低湿地に立地する遺跡の調査であり、調査面積は延べ434,386㎡にのぼる。主な遺構は弥生時代中期から近世にいたる水田跡であり、農具・工具・建築材・土木材等、多岐にわたる木製品が約56,000点と大量に出土した。これら木製品は平成12年度までに全点の保存処理を終了する予定である。出土した遺物の大部分は遺存状態の良好な針葉樹材（スギ材）であったため、従来から行われているＰＥＧ含浸法を簡略化した方法での保存処理を試みた。従来法と区別するため、この処理法をＰＥＧ常温含浸法と呼称した。本報はその事例報告である。

通常のＰＥＧ含浸法と異なるのは含浸するＰＥＧ濃度を40%で終了するという点である。そのため①恒温槽を必要としない　②含浸期間の短縮が可能である　③処理後の木製品が黒化せず、軽量である　④低コストである　⑤発掘現場でも対処できるなどの利点がある。しかし本処理法は遺存状態の良好な遺物を対象とするという大前提があり、処理対象遺物の選定が本処理法においては重要な要素となる。

2　実験

2-1試料　試料は、静清バイパス関連遺跡より出土した両端部が欠損している土木材のなかからランダムに100個体を選び、１個体から各２点を作成した。埋没年代は古墳時代中期、材はすべてスギである。大きさは各方向3cm大を基本とし、木口の切断面以外は出土時の劣化面を残す。

2-2方法　無処理材とＰＥＧ常温40%含浸材を作成する。無処理材は、試料を室内において重量が安定するまで自然乾燥させる。ＰＥＧ常温40%含浸材は、室内においてＰＥＧ＃4000、40%溶液に浸漬し、重量が安定したところで取り出し、室内において自然乾燥する。

2-3結果　含水率は、全試料の約３分の２が400%以下である（表-1）。各試料の含水率と無処理材および40%含浸材の木口面収縮率を後者の昇順で表-2に示す。40%含浸材の７割は5%以内の収縮率に押さえられている。写真は試料№50で含水率351.3%、木口面収縮率は無処理材が10.42%、40%含浸材が2.41%で平均的な数値を示す試料の板目面である。40%含浸材には無処理材に見られるクラックは生じていない。

※木口面収縮率（%）＝｛1-（1-放射方向収縮率）×（1-接線方向収縮率）｝×100

表-1　無処理材の含水率

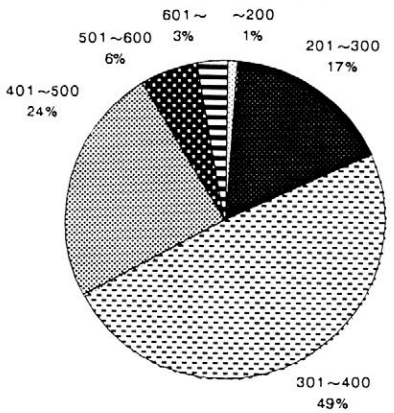


写真　試料№50

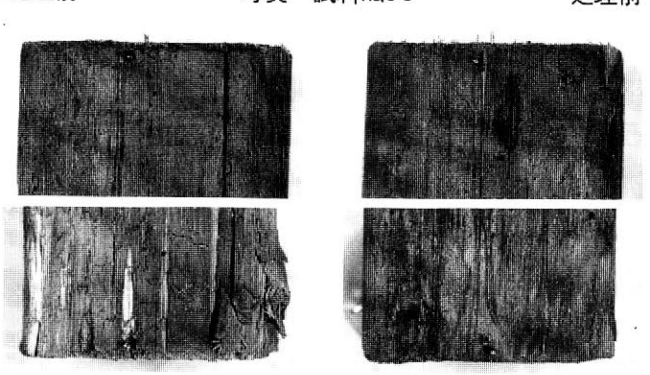
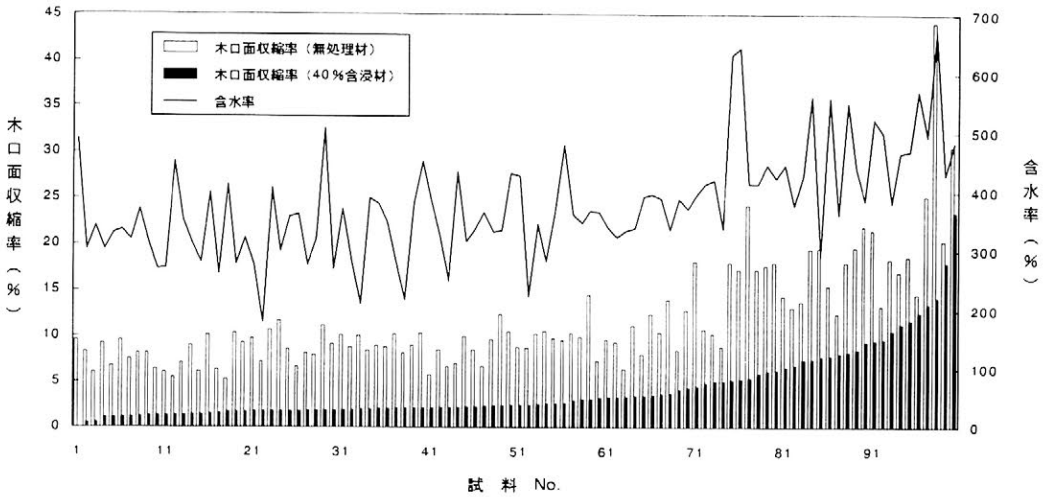


表-2　含水率と木口面収縮率



3　運用

試料を使用した実験で処理の有効性が確認できたため、当研究所では平成２年度から本処理法を用いて実際に処理を行っている。内側に塩化ビニールを張った木製水槽を40槽設置し、半数の水槽をＰＥＧ濃度20%に、残り半数をＰＥＧ濃度40%にして、処理中はそれぞれ一定濃度を保つようにしている。遺物の処理手順は、遺物選別→ＰＥＧ20%溶液浸漬（３カ月）→ＰＥＧ40%溶液浸漬（３カ月）→自然乾燥（９カ月）→収納・保管の順で実施している。選別方法について、処理の対象としている遺物は、針葉樹（特にスギ材）の製材で劣化状態の良好なものとしている。含水率にすると400%以下のものである。含水率は非破壊算出方法（松田・植田　1988）を用いて測定している。この際、芯を持つ遺物と表面が劣化している遺物および広葉樹は処理の対象外としている。ＰＥＧ濃度を20%から40%に上げるのは、遺物を20%の水槽から40%の水槽に移し換えることによって行っている。自然乾燥は日陰で風通しの良い場所を選んで行っている。このようにして処理された遺物の状態は概ね良好である。

実処理における最大の問題点は溶液の劣化・腐敗である。一定のＰＥＧ溶液を継続して使い続けるという点と常温で処理するという点から、バクテリアや菌類・藻類等の繁殖が従来のＰＥＧ含浸処理よりも顕著にみられる。特に気温が上昇する夏場は溶液が悪臭を放ち、黴類やアブク状の浮遊物が発生する。現在の研究ではＰＥＧ分解菌の存在も指摘されている（木川　1995）。継続して処理を運用していく上で、溶液の保全は早急に対策を施さなければならない問題である。

4　まとめ

低含水率の木製品は、100%までＰＥＧを含浸させる必要はないのだが、無処理のまま自然乾燥させれば表面にクラックが貫入したり、変形したりしてしまう。ＰＥＧ常温含浸法はこのような木製品の大量かつ迅速な処理法として非常に有効である。実際に本処理法を用いて、過去７年間で３万点を処理してきた。もちろん遺物の選別方法や溶液の管理方法など解決しなければならない課題は多く、今後も継続して調査研究を行っていく予定である。

＜参考・引用文献＞
松田隆嗣・植田直見　1988　「出土木材の非破壊的含水率推測法について」『日本文化財科学会第５回大会研究発表要旨』
木川りか　1995　「出土木材ＰＥＧ含浸槽におけるＰＥＧ分解菌」『第17回古文化財科学研究会大会講演要旨集』

P48

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

○川本耕三（(財)元興寺文化財研究所）・木村健治（同）
大国万希子（同）・井上美知子（同）・植田直見（同）

はじめに

脂肪酸エステル法は、処理後の遺物表面が自然な明るさで加工痕などが鮮明になる、ポリエチレングリコール（ＰＥＧ）含浸処理が困難な遺物を変形・収縮なく処理できる、高温多湿な保管環境に耐える、含浸処理期間が短い、などの特長をもつ出土木製品保存処理法である。

当研究所では昨年の大会での報告*以来、本法による本格的な保存処理を始め、昨冬には長さ 1600mm、直径 700mm までの遺物を処理できる装置を新設することで、現在まで約 100 点の出土木製品を処理した。本報告ではこれらの保存処理によって得られた知見や問題点を述べたい。

処理に適した遺物

私たちは従来、主としてＰＥＧ含浸法により出土木製品を保存処理してきた。しかし、ＰＥＧ含浸法で処理すると問題の生じるものがあり、靭性や可撓性を付与する必要がある曲物・木簡などはアルコール･キシレン･樹脂法、溶剤や熱によって漆膜が損傷を受けやすい漆製品などは真空凍結乾燥法（ＰＥＧ 40%水溶液常温含浸～－40℃凍結～真空乾燥）を用いた処理をしている。

脂肪酸エステル法では、ＰＥＧ含浸法のいくつかの問題点――①カシ・クスノキ・クリなどの広葉樹やタケ類などが変形・収縮しやすい、②含水率が高く柔らかい木製品を含浸処理するときに木質が溶出することがある、③樹皮がついたままの未製品などは樹皮がはがれやすい、④木製品が部分的に炭化しているとその部分が脱落しやすい、など――を解決し、安全に処理することができる。さらに、⑤遺物表面の細かい加工痕などが明瞭になるので浮き彫りや線刻などが施された木製品や、⑥水分を含まない処理法なので木材と金属との複合遺物にも適した処理法である

したがって、保存処理した遺物約 100 点を樹種で分類すると、広葉樹が約 7 割を占め、そのうちアカガシ亜属 14 点、クスノキ科 10 点、クリ 2 点で、ほかに、タケ類 4 点、ヒョウタン 1 点、蔓状草類 1 点であった。また、遺物をその状態で分類すると、部分的に炭化したもの 5 点、樹皮が付属しているもの 4 点、加工痕や浮き彫り文様、線刻などがあるもの約 10 点、著しく含水率が高く脆弱なもの約 5 点であった

処理例

遺物名	樹種	遺物の状態、特徴
鐙	アカガシ亜属	部分的に含水率高い
版木	クリ	浮き彫り文様あり
杓子	トネリコ属	加工痕あり
鬼板	コウヤマキ	彫刻
未製品	ツゲ	樹皮
容器	クスノキ科	朱塗り部分あり
柄杓	タケ類	外皮硬く、内層軟弱
有紋木製品	アカガシ亜属	浮き彫り文様あり
鍬	クスノキ	薄く、柔らかい
瓢箪	ヒョウタン	柔らかく、脆い
木製短甲	モッコク	細かい加工痕あり
高杯	ケヤキ	一部炭化
梯子	トネリコ属	一部炭化
容器	クスノキ	劣化し、柔らかい

問題点

① エタノール置換が不充分で遺物内に水分が残存したとき、脂肪酸エステル含浸中や処理後に遺物が変形・収縮することがある。

② 一方、脂肪酸エステル含浸が不充分で遺物内にエタノールが残存したときには、処理後遺物内の脂肪酸エステルがエタノールに溶解して遺物表面まで運ばれ、白色粉末状に結晶化することがある。

③ エタノールは消防法上の危険物であるため、指定数量以上を取り扱うには危険物取り扱い設備と資格が必要である。

おわりに

取り扱い設備さえあれば、本法は比較的容易にできる。また、接着・復元・補彩も従来の方法でほぼ問題ないことを確認した。今後は処理後遺物の綿密な追跡調査（実保管環境における経年変化）を続ける一方、積極的に本法による保存処理をしていきたい。

文献

＊ 井上美知子ほか，脂肪酸エステル法による出土遺物の保存処理について，日本文化財科学会第 13 回大会要旨集，pp26-27(1996)

P49

脂肪酸エステル法による出土木材の保存処理実験報告

(財)元興寺文化財研究所　井上美知子・植田直見・川本耕三

1．はじめに

脂肪酸エステルを出土木製遺物の保存処理薬剤として用いる脂肪酸エステル法を昨年の文化財科学会で発表した。

今回、さらに本法によって処理した試験片について環境試験を行い高湿度に耐える方法であることを確認した。また、X線透過試験等で処理試験片の内部の状態を調査し、本法が多くの樹種および様々な含水率を持つ出土材の保存処理法として、寸法変化が少なく、安全な方法であることを確認したので報告する。

2．実験

脂肪酸エステル法によって処理した出土材の寸法変化および重量変化を、最も普及した方法であるポリエチレングリコール（PEG）含浸法および処理法が類似して耐水性のある高級アルコール法と比較した。

2－1．使用薬剤の物性

①脂肪酸エステル（豊国製油製　HS－160；12ヒドロキシステアリン酸メチルエステル90%）

分子量$C_{19}H_{38}O_3$＝314　融点54℃　比重0．875（60℃）

溶解性：水に難溶。エタノールに可溶

②高級アルコール（日本油脂製　NAA45；ステアリルアルコール95%）

分子量$C_{18}H_{38}O$＝271　融点56～60℃　比重0．812（60℃）

溶解性：水、エタノールに難溶

ポリエチレングリコール（日本油脂製　PEG4000）

分子量 $HO\text{-}(CH_2CH_2O)_n\text{-}H$ ＝平均3050

溶解性：水に易溶。エタノールに可溶

2－2．試験片

アカガシ（n＝3）、クスノキ（n＝2）、クリ（n＝3）（以上3樹種はPEG含浸法で収縮や変形を生じやすい）、トチノキ（n＝2）、マツ（n＝1）を3㎝の立方体に切り試験片とした。

2－3．方法

①脂肪酸エステル法および高級アルコール法（処理日数　25日間）

エタノール浸漬20日間（最終平衡濃度96%）→各溶融液浸漬5日間（60℃）

②PEG含浸法（処理日数　50日間）

PEG20%水溶液→40%〃→60%〃→80%〃→溶融液浸漬（各濃度10日間、液温60℃）

2－4．環境試験（湿度の影響）

室内放置で重量減少のなくなった試験片を恒温恒湿器に入れ，30℃で60%RH→80%RH→95%RHにおける重量と形状の変化を調べた。

2－5．X線透過および切断による試験片の内部調査

処理後2週間の試験片をフィリップス社製、工業用X線発生装置、M　225型でX線撮影を行い内部の状態を調べた。さらに試験片を切断し、空洞や割れの有無を確認した。

3．結果と考察

①各方法で処理した試験片の寸法変化率と重量変化率を表1に記した。

ほとんどの試験片で脂肪酸エステル法による寸法変化が最も少なかった。高級アルコール法は、溶融液浸

漬中は脂肪酸エステル法と大差がなかったが、固化時の収縮が大きく、特に含水率の高い広葉樹で顕著であった。ＰＥＧ法は、トチノキやマツでは他の方法と大差ほなかったが、アカガシやクスノキは回復不可能なほど収縮が大きかった。

②アカガシの吸湿試験中の重量変化を図１に記した。

脂肪酸エステル、高級アルコール法ともに、高湿度下（３０℃、９５％ＲＨ）でも重量変化および形状変化はわずかであった。それに対し、ＰＥＧ含浸法は８０％ＲＨで重量が急激に増加し、濡れて黒くなり容器に水が溢れたため試験を中断した。

③Ｘ線透過および切断による内部調査で、脂肪酸エステル法による試験片に内部割れは見られなかった。

表1. 各処理法による木口面接線(T)方向寸法、木口面放射(R)方向寸法および重量の変化率(%)

処理法		アカガシ G 290	クスノキ G 716	クリ G 178	トチノキ G 355	マツ G 485
脂肪酸エステル法	木口面T	-1.62	-3.34	-3.24	-2.06	-1.22
	木口面R	0.09	-0.65	-1.1	0.04	-0.47
	重量	-13.75	-15.87	-18.25	-11.78	-13.89
高級アルコール法	木口面T	-5.14	-7.97	-3.69	-4.14	-1.79
	木口面R	-0.63	-1.65	-1.05	-2.37	-1.03
	重量	-19.15	-19.7	-22.28	-15.76	-20.62
PEG法	木口面T	-28.53	-14.05	-5.77	-1.85	-1.75
	木口面R	-1.92	-3	-2.66	-0.87	-2.44
	重量	-20.58	-6.18	-10.19	5.72	6.17

Gは含水率(%)

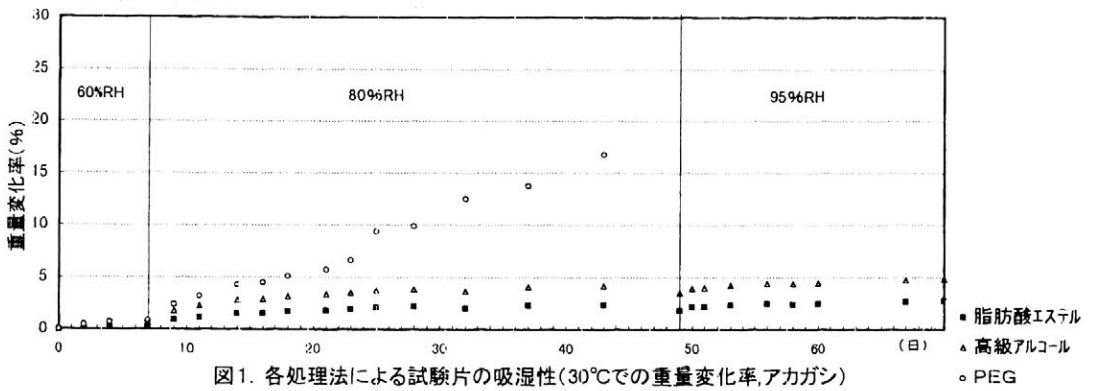


図1. 各処理法による試験片の吸湿性(30℃での重量変化率,アカガシ)

４．まとめ

脂肪酸エステル法により処理した試験片は、すべての樹種で、ＰＥＧ含浸法、高級アルコール法より寸法変化が小さかった。これは分子量が小さく出土木材の中に入りやすいこと、木材成分との親和性、エタノールとの置換のしやすさ、ＰＥＧや高級アルコールのような固化時の収縮がほとんどみられないことなどに起因するものと考えられる。

また、保存処理期間はＰＥＧ含浸法の約１／２～１／３と短く、展示および保管中は湿度管理の必要はないなどの特長を有することがわかった。

しかし、①薬剤が低分子であるため固体強度（粘り）が低く薄い劣化した出土材では取り扱いに注意する必要があること、②漆製品ではアルコール浸漬中に、膜が湾曲しはがれるものがありること（高級アルコール法、アルコール・キシレン・樹脂法も同様の結果である）、③保管中表面に白い粉を析出する場合がある、という問題点も観察された。

P50

4世紀末の槍の柄(漆膜)の保存処理

鈴木重夫・安田友子（株式会社京都科学）

1、始めに

遺物は1995年に高槻市教育委員会によって、同市岡本町所在の、郡家車塚古墳より発掘された槍の柄である。槍は割竹形木棺のすぐ近くに平行して横たえられており、推定約４ｍとされているが、未発掘部分を残すため、現状の長さは2400㎜である。

矢板を打ち込んで、土ごと取りあげられた槍は、柄の木質をすでに失い、穂先・石突いづれの金属部も確認できないが、柄に塗られていた漆膜の大部分は土中に残っていた。漆膜は槍の柄に巻かれていた糸目により区切られて、一辺2㎜ほどの菱形片に細片化しており、変形もしているが、水平方向はほぼ直線状を示していた。漆膜に巻かれている糸は、一本巻のほかに規則的に三本巻きにした部分もあり、また漆膜の表面には赤色顔料の彩色がみうけられ、これは水銀朱であることを後日蛍光Ｘ線分析によって確認した。

2、現状

取りあげ後は、乾燥を防ぐために水分を補給しながら土ごとポリエチレンシートにくるんで保管されていた。粘土質の土が乾けば、土の収縮によるひび割れと共に、漆膜もばらばらになることが予想されるので、何らかの方法で漆膜を固定する必要がある。

発掘時のクリーニングによって、すでに漆膜の裏面の内側が見えている部分があり、槍の柄の木質がまったく残存せず、木胎のあった漆膜の内側には、粘土質の土がつまっているだけであった。漆膜は、槍の柄として想像されるような、一定の太さの棒状の形態はほとんど留めていず、薄いところは2㎜以下に押しつぶされ、脱皮後かなり時間が経って痛んだ、蛇の皮のような印象であった。

3、処理方法

内部の粘土ごと、出土木材の保存処理のように樹脂含浸して保存する方法を検討した。しかし水分を含んだ粘土質の土は、ほとんどの合成樹脂の浸透を許さない。浸透できる可能性がある樹脂は、凝集力が弱く、今回の遺物を補強することができず、形状を保てないので、我々は樹脂含浸法による保存処置とは別の方法を検討した。

今回の槍は、漆膜の装飾として、漆を塗った上に糸を巻きつけ、さらに漆を塗り重ねて漆膜を形成している。そのため、発掘時には、漆膜は巻かれた糸目により、細かなタイルを置きならべたように、規則的な大きさの１～２㎜の菱形の細片となっており、一枚の連続した膜ではなくなっていた。したがって、漆膜自体は、乾燥による収縮や変形をさほど恐れる必要がなかったために、われわれは、漆膜の内部の土を除去して、最終的には木胎部の土をエポキシ樹脂で置き換えて、漆膜と漆膜の形態を保存する方法を採用した。

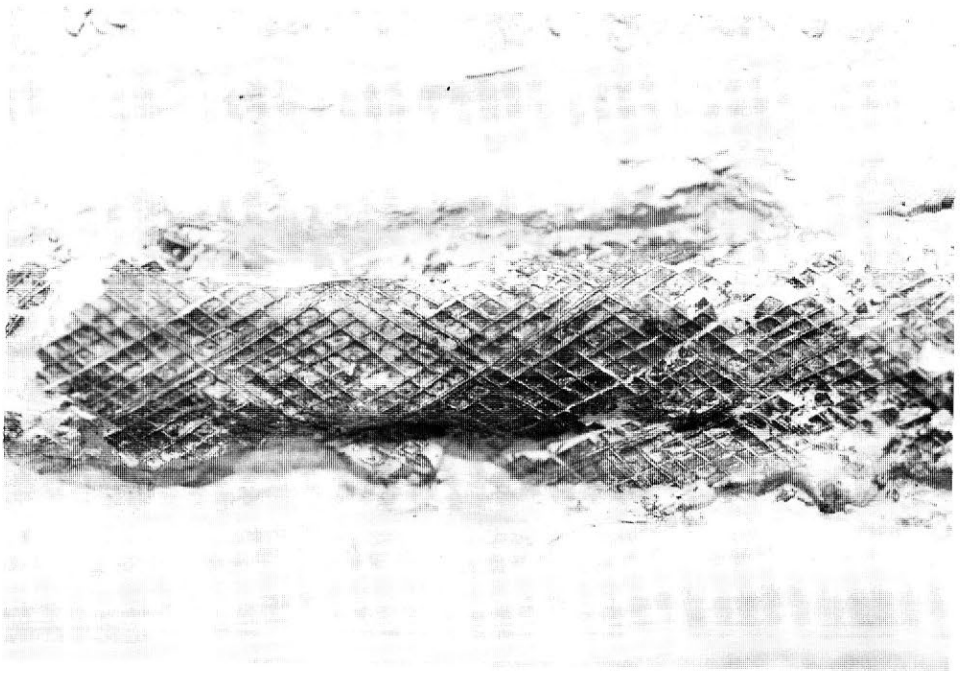
4、結果

処理後の形態は、2400㎜の長さの槍の柄を、漆膜がつながっていない位置で分割し、四つのパーツに分けたものになっており、それぞれのパーツは手で持つことができる。内部の土をエポキシ樹脂に置き換えてあるので、室内では長期的に安定している。

保存展示用のケースには、割竹型木棺の曲面の一部も模式的に復元してある。漆膜の下には遺物の形状にそって、柔軟性のあるシリコーンゴム製の受け台が装着されており、漆膜を保護している。展示台の上に並べられた四つのパーツは、処理前の一本につながっていた槍の柄の漆膜の形状を忠実に再現しているものとなっている。

（5）処理工程

1）搬入・調査・現状記録写真撮影　・・・実体顕微鏡・35㎜写真撮影
2）上向き表面のクリーニング　・・・へら・筆・霧吹き等による手作業
3）上向き表面・漆膜の樹脂補強　・・・ポリシロキサン系樹脂を塗布含浸
4）上向き表面の保護コーティング　・・・B-72でコーティング後不織布を積層
5）上向き表面の外型作成　・・・シリコーン樹脂・エポキシ樹脂を使用
6）上下面の反転　・・・出土時の下向き面を上向きにする
7）下向き表面のクリーニング　・・・へら・筆・霧吹き等による手作業
8）下向き表面・漆膜の樹脂補強　・・・ポリシロキサン系樹脂を塗布含浸
9）下向き表面の保護コーティング　・・・B-72でコーティング後不織布を積層
10）下向き表面の外型作成　・・・シリコーン樹脂・エポキシ樹脂
11）表面保護コーティング膜ごとの分割・・・漆膜が途切れている箇所で10分割する
12）上下面分割　・・・内部の土を除去するために上下面に分割
13）剥離・養生　・・・メスで切開しシリコーン型内で養生
14）上向き内面のクリーニング　・・・へら・筆・霧吹き等による手作業
15）上向き内面より漆膜の強化　・・・ポリシロキサン系樹脂を塗布含浸
16）下向き内面のクリーニング　・・・へら・筆・霧吹き等による手作業
17）下向き内面より漆膜の強化　・・・ポリシロキサン系樹脂を塗布含浸
18）両内面をエポキシ樹脂で裏打ち　・・・内面を裏打ちし10分割を4分割に再接合
19）上下面接合　・・・エポキシ樹脂で上下面の漆膜を接合
20）表面保護材の除去　・・・B-72と不織布をMEKの蒸気中で溶脱
21）展示保存用ケース作成　・・・シリコーン樹脂製受け台と展示台作成
22）処理記録の作成・搬出　・・・写真画像を主体とする処理工程記録作成



P51

再転写工法による遺構の型取り移築

西尾太加二（（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所）

1　はじめに

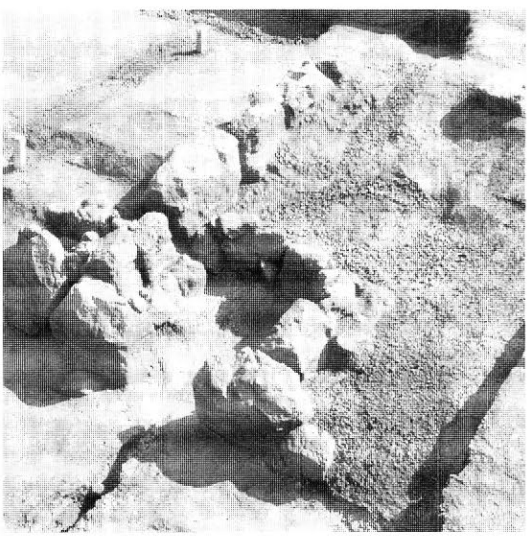
当研究所が発掘調査した静岡県磐田郡福田町元島遺跡から検出された舟形粘土棺遺構及び同三島市道下遺跡から検出された瓦窯遺構を、再転写する技法を用いて型取り移築したので報告する。

元島遺跡の粘土棺は古墳時代中期のものと推定され、墳墓は円墳または円形周溝墓で直径6～8ｍの溝が一部残存している。主体部に設置された棺は粘土を使用してつくられており、平面形は舟形を呈する。蓋は木製で、棺の大きさは長さ180㎝、幅80㎝、深さ15㎝をはかる。遺存状態は構築順序が解明できる程に良好である。また、棺内からは幼児の歯が検出されている。遺構の型取りは、主体部よりひとまわり大きい1.8ｍ×3.0ｍの範囲で実施した。

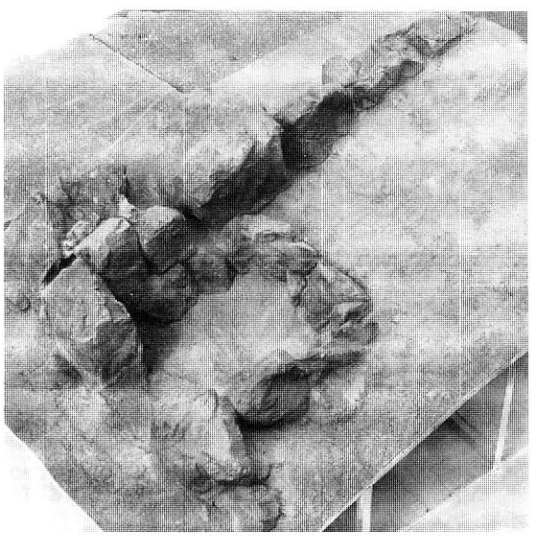
道下遺跡の瓦窯の操業時期は白鳳～奈良時代と推定され、半地下式有階無段登り窯で側壁と焚き口部に石が組まれている形態と構造を持つものである。寺院の補修瓦を製作するための窯と推定され、出土した瓦は側端部に格子目の叩きが入っているものが多い。遺構の型取りは、灰原を除く2.8ｍ×3.8ｍの範囲で実施した。

2　型取り移築の経緯

元島遺跡の主体部移設保存は当初、硬質発泡ウレタン樹脂で梱包して取り上げ、PEGなどによる土壌硬化を想定していたが、同工法では取り上げ時に下層の遺構を破壊する危険があるため現地で幾通りかの実験を行った結果、今回報告する工法が最適であると確証を得たので実施した。



道下遺跡の瓦窯遺構



同　型取り移築後

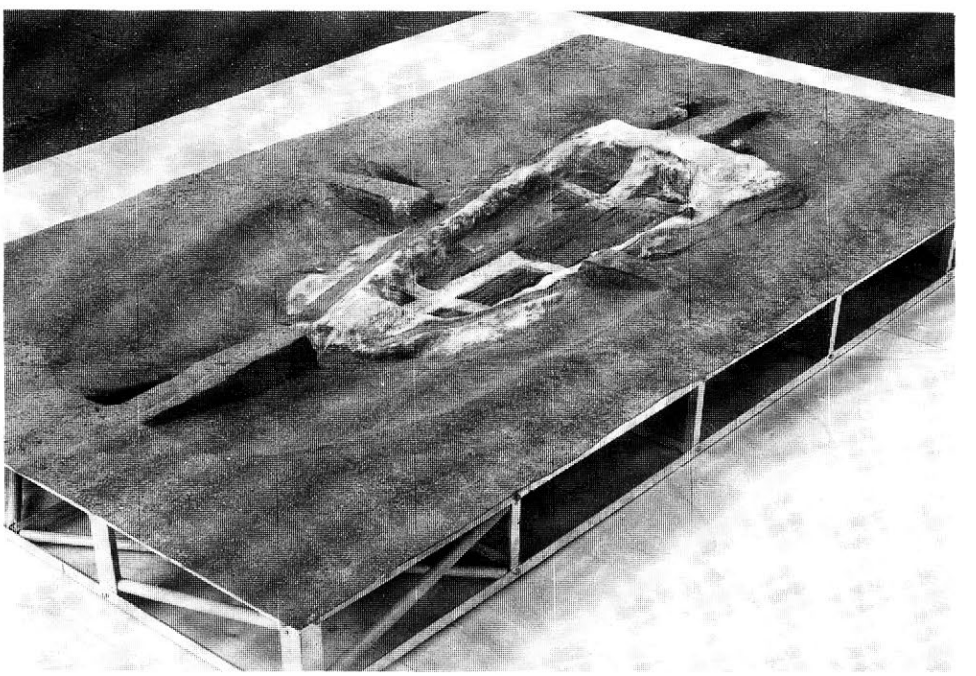
3　作業工程

元島遺跡の主体部では①～⑧の工程で作業を進めた。①木質部を錫箔で保護する。②再転写用の変性ウレタン樹脂（OA-808）を型取り範囲にスプレーガンで吹き付ける。③ポリエステル樹脂、ガラスクロス、角材で補強枠を作り裏打ちする。④硬化したのち補強枠を外し、遺構表面の土壌が数㎜の厚さで転写された変性ウレタン樹脂を剥ぎ取る。⑤転写面にポリエステル樹脂を塗布する。⑥展示台兼用の補強枠をアルミアングルで作成し取り付ける。⑦転写面を正位置に戻し変性ウレタン樹脂を剥ぐ。⑧土壌を固定するためアクリル樹脂を塗布する。

4　結果

以上の工程で遺構表面の土壌は2～3㎜の厚さで型に付着し遺構が忠実に再現される。一般的なレプリカの表面はアクリル絵の具などによって彩色されるが、同工法ではその必要は無い。表面はあくまでも実物であり、土壌は生きた表情を保ち臨場感にあふれたものとなる。なお、道下遺跡の場合も工程は同様であるが、石組みの型取りにはシリコーンゴムを使用した。

元島遺跡の墳墓主体部



同　型取り移築後

P52

セラミックス溶液による遺跡の保存と評価

太田泰雄（福井高専）、豊田昌宏（福井高専）、大井邦明（京都外大）
田中保士（（株）田中地質コンサルタント）

1. はじめに

これまでに岩石・石材によって造られた遺跡、遺跡物の風化による作用については比較的良く研究されているが、未だ確実で安価な方法は確立されていない。また、日干しレンガのような粘土成分の建築材料で造られた遺跡も世界には多く存在し、これらは石造物より、さらに風化、降雨による崩壊が著しいが石造物の保存より、さらに困難であるのが実情である。したがって、これらの遺跡の保存法を研究することは急務と考えられる。

遺跡の劣化損傷の最も大きい原因となる風化は主に日射などのよる物理的風化作用、降雨、浸透水、空気などによる化学的風化作用、その他、生物風化作用に大きく区分される。ここではこれらの風化作用から遺跡建造物を護る方法として、建造物表面をセラミックス溶液で塗布する方法について調べたので報告する。

2. 実験方法

石材などの文化財の保存、修復には有機シリコーン樹脂による方法が広く知られているが、ここではセラミックスを主成分としたアルコキシド溶液を塗布する方法を試みた。この溶液を実際にはマヤ文明遺跡の日干しレンガなどに使用するが、その前に、試料としてまず、変形、破砕が自由な試験材料として越前瓦の焼成前のものを用いた。これは粘土成分が多く、実際の日干しレンガに酷似している。山地から採土したものを成型し、数年間日干し乾燥したものを切り出して試験片とした. また、大谷石や笏谷石（越前青石）などについても調べた。塗布剤としては、メチルトリエトキシシランの低重合体の溶液（日本コルコート社 SS液）、テトラエトキシシランの極低重合体の溶液（例えばワッカー社 WACKER OH液（以下OH液））などが広く用いられている。ここでは、新しい試みとして、アルコキシド溶液(以下TOT液）とそのTOT液を加水分解したものを用いて実験を行った。

また、同様に文化財の塗布用に用いられている、結合強化硬化財MES 100についても実験をおこなったが、MES100は試料に塗布後、乾燥に数日かかることや、塗ったあとの変色の問題があるので、今回はTOT液とOH液について調べた。

3.水の浸透

遺跡が存在する現地の降雨に近い条件として、試験片の上からの水の浸透について調べた。まづ、上述の焼成前の瓦を２０×２０×２０ mm^3に切り出し、試験片とした。実験はFig.1(a)のように試験片の上に数分間水中においたスポンジを、塗布前の試料と、塗布

（a）

後の試料の上に置き、試験片中の下方への浸透の進みかたを側面で1分間隔で測定した。　塗布液として　OH液、TOT液とその20～80%に希釈したものを用いた。その結果がFig.1(b)である。

これによれば、OH液は防水効果が良く、他の実験では石の場合はほぼ完全な防水効果が得られる。TOT液の場合は100%液の場合、OH液に近い効果が得られ、80%でもほぼ100%に近い結果となっている。OH液の場合は防水作用が強いのに較べ、TOT液の場合はある程度、水分を通しながら、ほとんど土など材料が崩れることなく乾燥することが特徴である。TOT液を塗布した場合、地中からの水分を土製建造物が崩壊せずに空中に逃がす効果が期待される。

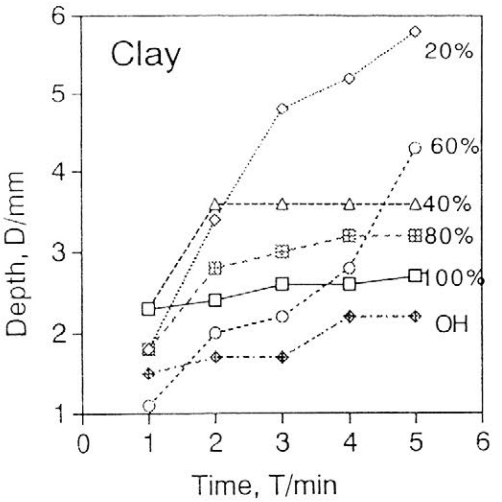


Fig. 1 Osmosis depth of water.(a) The schematic illustration,(b) The variation by dilution.

4. 機械的特性の変化

試験片の表面の塗布前後の機械的強度の変化を調べるため、マイクロビッカース測定器によりその硬度の変化を測定した。やはり、同様な焼成前の瓦の試験片を切り出し、恒温槽で60℃で保ったあと、塗布前後の硬度の変化を調べた。TOT液とTOT液を加水分解した液（TOT-1), OH液によって、塗布、乾燥後、硬度を調べた。TOT液を異なる加水分解条件を行った液を塗布した試料　A~Eについて測定結果をFig. 2に示す。この結果、TOT液の場合は、塗布後約26.5Hv、OHは20Hvであったが、加水分解した液を塗布したD,Eなどの場合は特に良い結果が得られた。

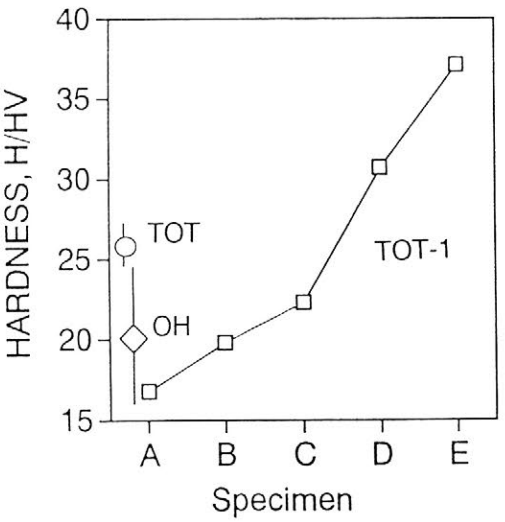


Fig. 2 The hardness of specimens after hydrolysis treatment.

これらのことにより、今回のTOT液やそれを特殊な条件で加水分解した液は、硬度を増す効果が非常に強いことがわかった。また、ある程度の水の浸透性、吸湿性を保ちながら、上記のように硬度を増す効果があることがわかった。

P53

繊維類の保存に用いられた薬用植物の防虫効果

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

1．はじめに

中国・韓国・日本の３国では昔から布や紙などの繊維類資料を保存するためにいろいろな薬用植物を使って、虫害の被害を食い止めようとした。そして現在も繊維質古文化財の保存のために博物館、美術館などで防虫香として薬用植物を用いている。

実際、このような薬用植物に防虫効果はあるのか。繊維質文化財保存のより効果な方法を見いだすために、ﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼの各ｽﾃｰｼﾞに対してその効果を調べた。

2．供試材料

供試薬香としては、古文化財の保存のために中国、韓国、日本の3つの国で使われてきた薬用植物(薬香)の中から入手可能な37種類を選んだ。各薬香は衝撃型粉砕機 welly millで粉砕し粉末状とした(60mesh)。供試虫は、古文化財を加害する昆虫の中で繊維質資料に害するﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼ(Attagenus unicolor japonicus Ratter)を、供試布は毛ﾓｽﾘﾝ(JIS L 0803準拠の染色堅牢試験用白布)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)及び標本瓶(50ml容量、蓋付き)に供試薬香(三角ﾌﾗｽｺ1.0g、標本瓶0.2g)と供試虫を入れて、直接接触法と間接接触法で、第1表に示す条件で行った。

*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) 各種薬香のﾋﾒｶﾂｵﾌﾞｼﾑｼの各ｽﾃｰｼﾞに対する殺虫及び食害抑制効果を直接接触法で調べた結果は第1表のとおりである。丁香は各ｽﾃｰｼﾞに対して直接・間接接触法いずれにおいても顕著な効力を示した。桂皮は成虫に対してかなりの効果と、幼虫に対して羊毛食害抑制効果を見せた。石菖蒲は成虫に対してかなりの致死効果を、麻仁は幼虫に対してある程度の羊毛食害抑制効果を示した。

2) 4種合香(沈香10%、白檀香28%、丁香50%、甘松香12%の比率)の幼虫に対する致死及び食害抑制効果を調べた結果(写真1)、上昇効果は認められず、丁香単独の効果と同程度であった。

以上のことから、供試した薬香37種類のうち丁香と桂皮の2種が防虫剤として有効であると考察した。

第1表　各種薬香の
ヒメカツオブシムシの
各ステージに
対する防虫効果
（直接接触法）

試料名	蛹の致死率	成虫（雌）の致死率	幼虫の致死率	幼虫の食害抑制指数	試料名	蛹の致死率	成虫（雌）の致死率	幼虫の致死率	幼虫の食害抑制指数
沈香	0	0	0	0	唐木香	0	6	3	25
白檀香	0	0	3	9	厚朴	5	0	0	0
丁香	100	100	90	100	牡丹皮	5	0	0	9
甘松香	0	0	0	0	桂皮	37	67	20	99
黄蘗	0	10	0	2	肉桂	0	6	3	10
蓬	0	5	0	0	藿香	0	0	0	0
日本産川弓	0	5	0	43	皂莢	0	6	0	0
韓国産川弓	0	0	0	43	苦楝草	0	0	3	0
中国産川弓	5	0	0	43	木瓜	0	0	0	0
唐辛子	0	0	20	45	銀杏	0	0	0	2
青蒿	0	0	17	0	呉茱萸	0	0	0	0
龍脳	0	5	0	18	乳香	0	0	0	0
白及	0	0	0	0	安息香	0	8	0	0
白芷	0	0	0	0	胡椒	0	8	0	29
百部	0	6	0	0	麻仁	0	8	0	64
石菖蒲	0	78	0	38	甘菊	0	0	0	0
甘草	0	6	0	0	日本産煙草	0	0	3	0
黄連	0	6	0	0	韓国産煙草	0	0	0	0
大黄	0	0	0	0	対照	0	0	0	0
試験条件	蛹・成虫：三角フラスコ、25℃、16日間（成虫は10～11日間） 幼虫：標本瓶、28℃、20日間								

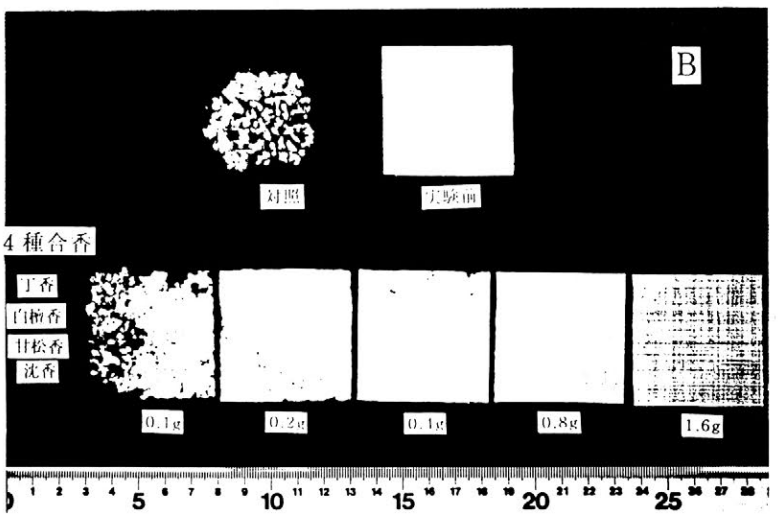


写真1　4種合香のヒメカツオブシムシ幼虫に対する羊毛布食害量
条件：三角フラスコ、0.05g～1.6g、30匹、28℃、21日間、直接接触試験

P54

薬用植物による防虫の歴史的考察

韓美京(昭和女子大学大学院)・大沢眞澄・櫻井清彦(昭和女子大学)

1．はじめに

中国・韓国・日本では昔から繊維質資料を虫害から守るために多くの薬用植物が用いられてきた。今も韓国の仏腹蔵遺物(胎内納入品)や日本の正倉院所蔵品などが我々にその絢爛たる歴史を伝えてくれる。いかにしてその保存が効果的に続いたのであろうか。

本研究では、これら薬用植物が古来から医薬品として使われている中国の漢方にその基本があるという視点から、中国・韓国・日本の３国での経典類、服飾類の繊維質文化財がどのようにして保存されてきたかについて通史的に考察する。

2．古代(中国は五代、韓国は統一新羅、日本は平安時代に当たる約10世紀頃まで)

1) 中国：黄蘗(キハダ)で紙を染めたり、本箱の中に木瓜(ボケ)を入れて、または糊を煮る時蕪陸香(クンリクコウ、芸香)の粉末を入れて虫が付かないようにした。

2) 韓国：経典類や服飾類と一緒に腹蔵された薬香や薬草の仏腹蔵遺物(胎内納入物)が防虫剤の役割をしてきた。仏像の造成に関する経典の造像経には、五穀として大麦・黍・稲・菉豆・麻子を、五薬として人参・甘草(カンゾウ)・桂心・阿梨・附子を、五香として青木香(セイモッコウ)・丁香(チョウコウ)・藿香(カッコウ)・沈香(ジンコウ)・乳香(ニュウコウ)を、五菩提樹葉として青樹葉・楸(ヒサギ)樹葉・夜合樹葉・梧桐(アオギリ)樹葉・槐樹葉などを入れるとある。

3) 日本：東大寺献物の御書や書法を納めた箱に防虫剤として裏衣香を用いた。中には零陵香(レイリョウコウ)・丁香・藿香・沈香・甘松香(カンショウコウ)・白檀香が入っていた。また、菖蒲の花や粉末を敷物の下に置いたりもした。

3．中世(元、高麗、鎌倉時代に当たる約14世紀頃まで)

1) 中国：皂莢(サイカチ)・萵苣(チシャ)・茱萸(シュユ)・芸香(ウンコウ)を本や箱の中に入れたり、蜀椒(ショクショ)・胡椒・辣椒(シマトウガラシ)・百部(ビャクブ)で染めた。蜀椒や百部には殺虫効果があって、製本時の膠剤にも使われた。仏像の中には沈香・安息香(アンソクコウ)白檀香などが入っていた。

2) 韓国：仏腹蔵遺物の中で今まで同定された薬用植物は第1表と写真1のようである。

3) 日本：丁香・山茶(ツバキ)・柿渋・鬱金などで紙や布を染めて防虫効果を図った。胎内納入物で薬用植物や薬香は認められなかったが、舎利容器の場合丁香と沈香が見られる。

4．近世(清、朝鮮、江戸時代に当たる約19世紀頃まで)

1) 中国：苦楝子(クレンシ)・白及(ビャクキュウ)などを混ぜて糊を作ったり、樟脳・銀杏を

本箱に入れたり、楸・杉・桐・梓(アカガシワ)材の箱で虫害を防いだ。

2) 韓国：川芎・菖蒲・芸香・煙草・蓬・花椒(ハナハジカミ)・樟脳などを本箱や箪笥の中に入れるとか、黄連・高苣・蜀椒・黄蘗に染めて蝕まないようにした。

3) 日本：朝顔・唐辛子・白檀香・銀杏・煙草・川芎・菖蒲・蘇鉄・蓬・麻・樟脳を入れたり、銀杏・藍などで染めて防虫した。

第1表　韓国の仏腹蔵遺物中の薬用植物

造成年	腹蔵仏名	薬用植物目録
1302	金銅阿弥陀仏像	一握りの丁香と大茴香・3片の白檀香・胡椒の実・山茶・甘松香・11片の肉桂その他未詳の葉と薬剤・穀物
1346	金銅如来坐像	豆と米に沈香・小麦と黍と附子に乳香・黍と甘草に丁香・稲と小麦と桂心に藿香・小麦と阿子に2片の人参
1543	木造如来坐像	麻子・40粒の乳香・数100粒の黄芥・木皮・聖樹葉
1569	木造如来坐像	乳香・附子・麻子・黄芥など五薬・五香及び稲
1609	日本対島の木造薬師如来坐像	丁香・杉粒・麻実・粟粒
1778	木造大勢至菩薩像	3粒の小麦と小片の木皮・3粒の稲と丁香・黍と桂皮・5粒の蕓豆と乾いた花と葉と幹・麻子と茴香と草

写真1　仏腹蔵遺物中の薬用植物の例(1302年)
布に包まれた薬剤
(丁香・胡椒・檀香・一つは不明)

P55

文化財の付着微生物の調査—アイヌ民族衣裳の場合—

善如寺朋子[*1]・飯野久和[*2]・伊藤美香[*2]・一戸正勝[*3]・大沢眞澄[*1]
([*1]昭和女子大学文学部、[*2]生活科学部、[*3]東京家政大学)

目　的

大気中には微生物が常在し、展示あるいは保存される文化財の表面に落下し付着する。これらの微生物が文化財に対し、何らかの影響を及ぼす場合には対処を施す必要がある。そこで、本報では文化財表面に付着した微生物を調査することにより、微生物による素材に対する影響を把握することを目的として、以下の考察を行なった。

調査方法

資料としてアイヌ民族衣裳のうち、アツシ製のもの5点と木綿製衣裳8点を選択し、調査の対象とした。それらの資料の表面を滅菌スタンプスプレードあるいは滅菌した綿棒でふきとり、それをPDA 培地（組成：PDA （栄研社製） 39.0g、Distilled water 1.0ℓ）に塗沫し、25℃にて7 日間培養した後、純粋分離し保存・同定した。

実　験

分離した微生物のうちの真菌（博物館環境調査により分離された菌株を含む）を、培地上の試験布および試験紙の中央に接種し、汚染の状態を観察した。試験布、試験紙としては、各々綿ブロード（5×5cm）、厚口美濃和紙（5×5cm）を使用した。本試験に用いた培地は、Washed-Ager 使用培地（以下WA　組成:Washed-Ager 20.0g、水道水　1.0 ℓ）と、Yeast Nitrogen Base 含有培地（以下YNB　組成　:Yeast Nitrogen Base　6.7g、Glucose　10g、Washed-Ager　15g、水道水 1.0 ℓ）の2種を用いた。一般に真菌は、栄養が貧しい場所に生育する場合、胞子を造ったり色素を産生することが多い。したがって、貧栄養培地としてWAを、栄養分を豊富に含む培地としてYNB を使用することにより、微生物の生育を比較した。その

後、布については70%のエタノールで殺菌し、水で軽くもみ洗いをし乾燥させ、真菌の生育による影響を観察した。

結果および考察

分離された微生物はほとんどが真菌であった。また、細菌はBacillus属であった。表1に分離された真菌を示したが、これらはいずれも日常的にみられるものであった。しかし、その中にはChaetomium属やStachbotrys atraのように、繊維を劣化させる真菌も存在した。これらは必ずしも文化財表面で生育しているとは限らず、単に付着しているという可能性もあるが、これらの微生物による被害を防ぐために、保存環境に対し、今後も十分留意する必要がある。

また、摂取試験においては、貧栄養条件下でも生育し、素材に色素沈着等の汚染を生じさせるものも確認された。このような色素の残存による布等への影響や、色素自体の変化等に関しても、今後検討を要すると考えた。

表1　アイヌ衣装から分離された真菌

属（種）名	資料番号 1	2	3	6	56	22	52	54	62
Alternaria sp.	+	+							
Arthrinium sp.	+	+		+	+				
Ascomycetes sp.		+							
Aspergillus ochraceus		+							
Aspergillus niger	+	+	+	+	+				
Aspergillus sp.	+				+		+*		
Chaetomium sp.	+								
Cladosporium sp.	+	+	+	+	+			+	
Penicillium sp.					+				
Ulocladium sp.	+								
Stachbotrys atra						+			
未同定真菌	+	+		+					+

+: 真菌が出現した資料を示す。　+*: 培地に着色がみられた真菌を示す。

博物館環境における微生物調査

善如寺朋子*1・飯野久和*2・伊藤美香*2・大沢眞澄*1
(*1昭和女子大学文学部、*2生活科学部)

目　的

博物館では、収蔵・展示される文化財の劣化抑制と保存環境の向上のために、館内環境調査を行ない改善策をこうじている。その環境調査の項目には、温湿度、照度、アンモニウムイオン、硫黄酸化物、窒素酸化物、浮遊粉塵、虫等があるが[1]、近年その中に微生物調査も加えられるようになってきた。しかし、その手法は必ずしも定式化されたものではなく、博物館に適した方法の選択や、方法の改善がなされ、用いられているとは言い難い。本報では、博物館環境下の微生物調査の方法の確立を目的として2種類の方法について比較検討を行なった。

方　法

博物館展示室においてエアーサンプラー法と平板培地曝露法（以下曝露法）を用いて微生物環境を調査し、同時に分布微生物の分離・同定を行なった。

1.エアーサンプラー法

ＲＣＳ型エアーサンプラー（バイオテスト社製）を、図1に示した博物館展示室内の定点No.5の床上約2ｍに設置し、空気吸引量を20、40、80、160ℓの4段階で測定した。培地はエアーサンプラー専用のもののうち、一般細菌用培地としてGK-A、酵母・真菌用としてHSを使用した（いずれもバイオテスト社製）。測定した培地は25℃で 4日間培養し、発生したコロニーを計測した。また、真菌は純粋分離後、保存・同定した。

2.平板培地曝露法

展示室内の定点において、滅菌した培地を分注固化した 9cmの滅菌シャーレを用い、5分間開放静置し、空中浮遊菌を捕集した。ついでこれを25℃、7日間培養後出現コロニー数を計測した。また、出現したコロニーのうち、真菌は純粋分離後保存し同定に供した。なお、使用した培地はYM、M20Y、M40Y、PDA、Czapek-dox、Czapek20の6種である。

結果および考察

エアーサンプラー法による調査結果を表1 に、曝露法による結果を表2 に示した。本研究ではその吸引量の違いと捕獲微生物をも検討したが、吸引量20、40、80、160 ℓの各量の 1m³換算値には差が認められなかった。しかしながら、ここでの数値は非常に低いオーダーであったことから、高いオーダーでの試験から吸引量を検討する必要があると考えた。

エアーサンプラーと曝露法の2法での空中落下菌を比較した場合、曝露法の方が高い傾向にあった。しかし、曝露法が平面的な補足データを 1m³に換算して出された値であるのに対し、エアーサンプラー法は一定の吸引量中の微生物を調べること

から、博物館環境中の微生物の把握には適していると考えた。

一方、2法により分離・同定された真菌をみると、エアーサンプラー法から分離された真菌は、菌種が同一のものが多く検出されたのに対し、曝露法ではより多くの菌種数を得ることができた。したがって曝露法は、調査対象となる環境に存在する菌種の調査に関して有効であると推察した。また、1m² あたりの菌数を算出した結果をみると、培地により出現数に差があることが見受けられた。培地により検出することができる菌種が限定されてくるため、2法いずれの方法に対しても、博物館の環境調査範囲に適した培地の検討の必要性が示唆された。

注）[1] 神庭信行，坂本稔：博物館における保存環境のモニタリング，第18回文化財保存修復学会講演会大会講演要旨集，1996，p.p.96-97

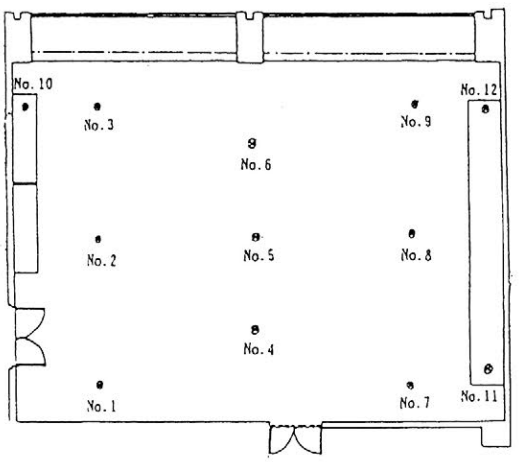


図1 博物館展示室内における空中浮遊菌採取箇所

表1 エアーサンプラー調査結果

	吸引量（ℓ）			
	20	40	80	160
1m³ 当り数 (cfu/m³)	4.5×10^2	2.8×10^2	2.1×10^2	1.5×10^2

表2 平板培地暴露調査結果

	PDA	YM	MY20	M40Y	Cza	Cza20
1m² 当り数 (cfu/m²)	7.8×10	1.3×10^2	2.6×10	3.9×10	1.4×10^2	5.2×10
1m³ 当り数 (cfu/m³)	7.8×10^3	1.3×10^4	2.6×10^3	3.9×10^3	1.4×10^4	5.2×10

P57

酸素希薄環境下における染色した麻布の変退色および光劣化

小原奈津子（昭和女子大）、滝沢智嘉（同）、大和田陽子（同）、小林まゆみ（同）

緒言

染織物の光劣化には、光以外にも水分、酸素、鉄などの金属の存在が関与していることが指摘されている。保存環境が及ぼす染織文化財の劣化への影響を明らかにすることを最終目的として、本研究では酸素の希薄な環境下および通常の空気存在下でキセノン光を照射した際の染色した麻布の変退色および強伸度特性の変化を比較し、酸素の光劣化への影響を検討した。

実験

試料：平織 25/1S の未晒し亜麻布を常法により精練漂白したものを、ブリリアントブルー6B（直接染料、CI-24410）およびインジゴ（建染め染料、CI-73000）で以下の条件で染色し暴露試験に供試した。

直接染料；0.1％ノニオン界面活性剤水溶液に浸せき後、均一に脱液した麻布を 2%o.w.f.のブリリアントブルー6B、20%o.w.f.の硫酸ナトリウムおよび 2%o.w.f.の炭酸ナトリウムを含む染浴（浴比 1:50）中、100℃で 30 分間染色した後、後処理として 5%o.w.f.の硫酸銅および 2%o.w.f.の酢酸を含む水溶液中で 60℃で 20 分間加熱した。

建染め染料;0.2%のカセイソーダおよび 5%o.w.f.のインジゴを含む水溶液（浴比 1:50）にハイドロサルファイトを濃度が 5g/l になるように加え、30℃で 60 分間染色した。約 10 分間、空気酸化させた後、1%の酢酸水溶液で中和し、水洗および 0.3%セッケン液でソーピングを行った。

暴露試験：サンシャインスーパーロングライフウェザーメーター（スガ試験機）を用いて、未染色および染色した麻布をあらかじめ湿度 65%R.H.条件下で調湿した試料を脱酸素剤（RP-5K）と共に専用包装フィルム（ｴｽｶﾙ、共に三菱ｶﾞｽ化学提供）中に入れて密閉し 30℃で最長 240 時間キセノン光を照射した。脱酸素剤を入れない場合も同じ条件で試料を照射した。

測色および引張り強伸度試験：照射期間中適宜試料を採取し、照射時間の異なる試料について多光源分光測色計（スガ試験機）を用いて測色し、照射前との色差を測定した。また、TENSILON UCT-500 型引張り試験機を用いて、試料布から採取した縦糸についてをつかみ間隔 5cm、引張り速度 20mm／分で引張り強伸度試験を行い、破壊強度、破壊伸度、ヤング率および破壊仕事量を測定した。

結果

直接染料による染色布の場合、通常の条件で染色した試料、染料を加えず助剤のみの水溶液中で処理した試料、後処理を行わなかった試料など、インジゴ染料による場合、通常の染色を行った試料と後処理を省いた試料を用いて、専用フィルム中で脱酸素剤を加えずに光照射した場合と脱酸素剤共存下で照射した場合の変退色および引張り特性の変化を測定した。酸素希薄条件での照射では、試料および脱酸素剤を専用フィルムに加え、一定時間経過後の酸素濃度を測定し、フィルム内が0.06～0.11%の酸

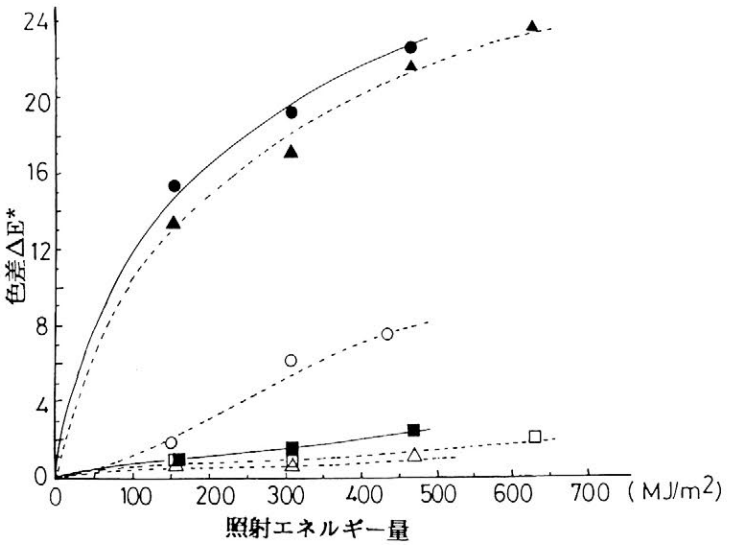


図1　キセノン光照射による染色試料の変退色

直接染料のみで染色した麻布を空気中で照射（—●—）、酸素希薄条件下で照射（--○--）。後処理せずに染色のみ行った麻布を空気中で照射（—▲—）、酸素希薄条件下で照射（--△--）。標準の染色条件で染色し、後処理を行った麻布を空気中で照射（—■—）、酸素希薄条件下で照射（--□--）。

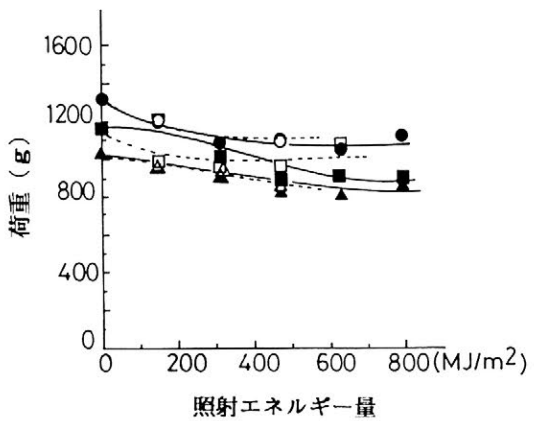


図2　キセノン光照射による染色試料の強度変化

図中の記号は図1と同様

素濃度であることを確認し照射した。直接染料で染色助剤を加えないで染色した試料および染色後の後処理を省いた試料は光照射により著しく退色したが、脱酸素剤を用いると、その退色は明らかに抑制された（図1）。他方、同染料で助剤を用いて染色し、後処理も施した場合、酸素の多少にかかわらず、240時間の照射では大きな退色は認められなかった。染色した試料の破壊強度は照射エネルギー量と共に徐々に低下し、暴露環境における酸素量の違いによる影響はほとんど認められなかった（図2）。また、本実験の照射条件では試料のヤング率および破壊伸度における著しい変化は全般的に認められなかった。

P58

奈良における大気汚染が文化財に及ぼす影響とその防御

西山要一（奈良大学文学部）・立花るりこ（奈良大学大学院）
佐藤幸弘（大阪府立産業技術ｾﾝﾀｰ）・藤原剛（奈良大学教養部）

1．はじめに

1989年から奈良大学保存科学研究室が始めた、文化財周辺地における大気汚染とその影響の研究は今年８年目を迎えた。観測地は当初の東大寺と奈良大学の２地点６か所から、薬師寺・春日大社等を加えて10地点20か所に拡大し、観測項目も二酸化硫黄・二酸化窒素・塩素イオンの濃度測定と金属板５種・顔料11種の曝露試験に加えて昨年夏からの６カ月間は染色布の曝露試験も行った（染色布の曝露試験結果は ﾎｽﾀｰｾｯｼｮﾝ59に発表）。

本発表は、大気汚染が金属及び顔料に及ぼす影響を検証するとともに、大気汚染から文化財を防御する方法について提示するものである。

2．奈良における大気汚染観測

大気汚染測定には、トリエタノールアミンを含浸した円筒濾紙をシェルターに装置して１カ月間曝露して二酸化硫黄・二酸化窒素・塩素イオンを捕捉し、回収後抽出してイオンクロマトグラフィーで定量する方法を採用し、曝露日数で除して日平均を算出した（トリエタノールアミン円筒濾紙法・TEA-CF）。

1995年１月から1996年12月の２年間の二酸化硫黄と二酸化窒素の濃度は共に冬季に高く夏期に低い、塩素イオン濃度は５・６月に低く夏期に高くなる傾向にある。また、各観測点における濃度値はここ５年ほどは横ばい傾向にある。

3．文化財試料の劣化と褪色

大気汚染の文化財への影響は、文化財代替試料として銀・銅・錫・鉛・鉄の５種の金属試料（５cm×３cm×１mm）と、藍・ウルトラマリンブルー・群青・緑青・コチニール・鎌倉朱・丹・岱赭・藤黄・黄土・胡粉の11色を胡粉下地の杉板に塗布して製作した顔料試料をともに大気中に曝露し、３か月・６か月・９か月・12か月そののちは６か月毎に色彩を色彩色差計で Lab系測定し曝露開始時との差（変化の大きさ）をΔE で表示する方法で行った。さらに、金属試料については各５枚ずつを曝露し、６か月・12か月・・・に１枚ずつ回収して蛍光Ｘ線分析によって腐食生成物中の硫黄と塩素を定量した。

その結果、つぎのことが判明した。

1、大気汚染濃度の高い観測点ほど金属板・顔料の色彩変化は大きく、金属板錆中の大気汚染由来の物質（塩素イオンと二酸化硫黄）も多い。

2、東大寺経庫・奈良大学等の外気と建物内部の比較観測点においても、汚染濃度の高い外気曝露のほうが金属板・顔料の色彩変化は大きい。広葉樹・針葉樹、常緑樹・落葉樹など種々の樹木の生い茂った、原生林の様相を呈する樹木林の外部と内部においても同様である。

3、大気汚染のうち塩素イオンと二酸化硫黄は銀と銅に反応し易すく、汚染濃度と色彩変化・錆成分中の塩素イオンと二酸化硫黄汚染の定量の両方において比例関係がみられた。大気汚染の指標として銀を利用できる。

4、黄土は従来から安定した顔料と言われているが、大気汚染に対しても色彩変化は少なく安定性を示している。

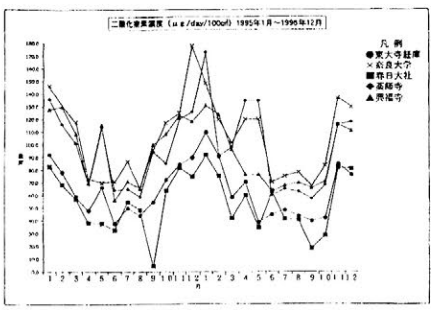
5、金属板・顔料の色彩変化即ち劣化・褪色は、大気汚染とともに湿度も大きな因子で、文化財に相乗的な影響を及ぼす。

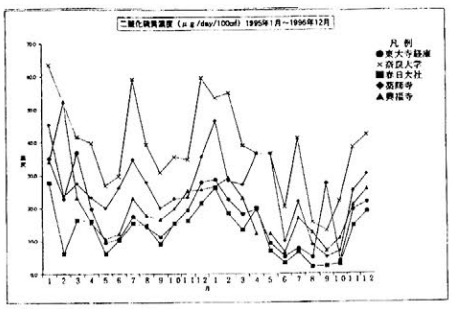
これらの文化財代替試料に表れた、大気汚染濃度と色彩変化・錆中の大気汚染物質量の相関関係は、実際の文化財にも同様の影響を及ぼしていることを示している。

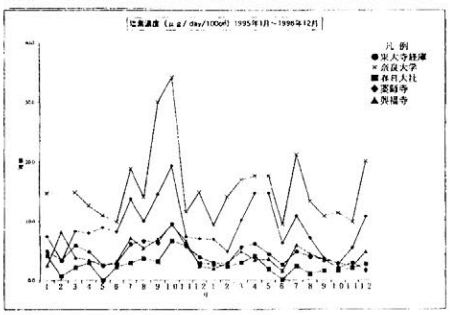
4．文化財の大気汚染防御

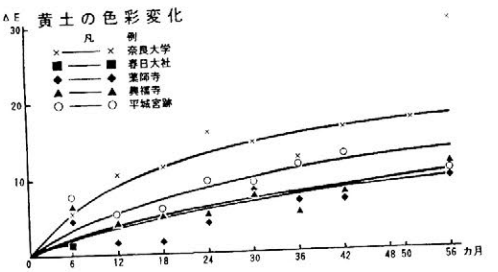
文化財を大気汚染からまもるには、排出ガスの規制や文化財周辺への自動車乗り入れ禁止とうの大気汚染源の軽減が最も根本的な方法であるほか、文化財周辺に樹木林を育成すること、文化財の汚れ・埃を定期的に洗浄すること、科学的保存処理を講じること、博物館等の建屋内に収蔵したり覆屋をたてること、など様々な選択肢があり、いずれもが実施可能な方法である。

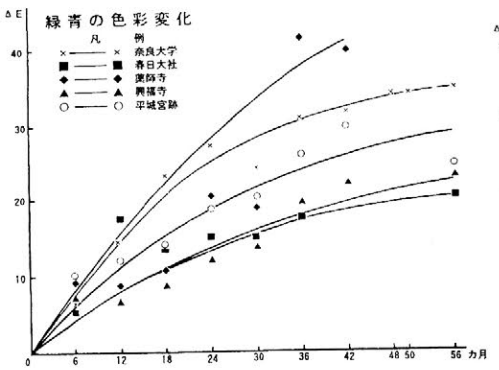
大気汚染が文化財に及ぼす影響は日々途絶えることなく繰り返され、積み上げられていく現在、文化財が大切なるが故に、手を加えず保存する従来の考えに捕らわれることなく積極的な保存の措置と活用が望まれる。

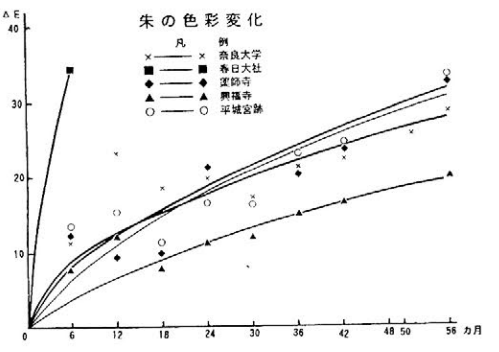












P59

染色布の色変化に与える大気汚染物質の影響について

藤原　剛（奈良大・自然科学）・西山要一（奈良大・文化財）
立花るりこ（同）・佐藤幸弘（大阪府立産業技術センター）

はじめに

近年大気汚染の進行に伴い貴重な文化財が被害を受ける例が多く報告されるようになってきた。なかでも天然染料によって染色された染色布は褪色しやすいものが多く、これを保存するには特別な注意が必要であるが、大気汚染物質がこれらの染色布に与える影響については不明な点が多い。本研究では天然染料として広く使われているきはだ及びうこんによる染色布の色変化と、代表的な大気汚染物質である二酸化硫黄、二酸化窒素、塩素の関係について調べた。また染色液中に含まれる成分の色変化に対する影響を検討するために、ベルベリン及びクルクミンで染色した布も同時に試験に供した。

方法

きはだまたはうこん10gを200mlの水で10分間煮沸してしぼり、再度同様の操作をして染色液とした。これに１％の中性洗剤中で100℃、10分加熱した後洗浄し（２回）、明礬液（1g/ 100ml）で前処理した絹布を浸け100℃、10分間、２回染色して試験布とした。ベルベリン、クルクミン染色の場合は植物染料の場合と同じ色素濃度になるようにベルベリン（A420=32, 210mg/100ml)またはクルクミン（A420=17, 200mg/100ml, 少量の不溶物を濾去)を溶かし染色液とした。染色布を１０日間暗所にて乾燥した後、大気に曝露した。曝露は６ヶ月行い、１カ月ごとにLabを測定した。試験布の設置地点は般若寺、春日大社本殿東、興福寺国宝館北、平城宮跡、薬師寺、奈良大学百葉箱、東大寺校倉内におかれた櫃内（室内、対照）の７カ所である。これらの地点にはトリエタノールアミン水溶液を含浸させた面積100㎠の円筒ろ紙を置き1ヶ月ごとに回収してイオンクロマトグラフィーによって円筒ろ紙に捕捉された二酸化硫黄、二酸化窒素、塩素の量を測定した。また、植物染料と色素単独で染色した試験布の色変化の差が大きかったきはだ、ベルベリンについては、精製多糖（熱水抽出、アルコール沈殿、メタノールによる色素の徹底除去、活性炭処理、透析によって精製）を加えた（x1/8 = 0.285mg/ml, x1/4 = 0.571mg/ml, x1 = 2.285mg/　ml）染色液によって染色した試験布を作り、1.5ヶ月間奈良大百葉箱で大気に曝露した。試験結果はLab値の変化をΔE値で表した。

結果

大気曝露の結果引き起こされた色変化はきはだ、ベルベリン、うこん、クルクミンのいずれの場合でもその程度によって三つのグループに大別された（表１）。すなわち、奈良大百葉箱、平常宮跡では色変化が大きく、興福寺国宝館北、春日大社本殿東では色

表１．大気曝露試験の結果と各測定点における二酸化窒素、二酸化硫黄、塩素の捕捉量

	東大寺 櫃内	興福寺 国宝館北	春日大社 本殿東	薬師寺	般若寺	奈良大 百葉箱	平城宮跡
きはだ	2.2	5.9	7.2	15.6	13.4	13.6*	17.9
ベルベリン	2.3	14.9	9.6	21.6	20.5	37.3	31.5
うこん	3.9	11.2	15.6	23.5	28.4	45.4	48.9
クルクミン	1.1	17.4	11.3	38.3	35.1	52.3	43.8
二酸化窒素捕捉量	0.5	95.7	57.6	93.2	78.8	110.8	104.0
二酸化硫黄捕捉量	0.1	19.6	12.3	21.5	19.2	35.8	23.6
塩素捕捉量	0.0	3.3	2.7	6.2	4.6	13.7	8.1

色変化はΔE値、二酸化窒素、二酸化硫黄、塩素の捕捉量(6ヶ月平均)はμg/100㎠/日で表す　*曝露期間4ヶ月

変化は比較的小さかった。薬師寺、般若寺ではその中間であった。本試験で扱った４種類のいずれの染料でも色変化の大きさと塩素捕捉量の間には、比較的強い相関関係があった（図１）。一方、二酸化硫黄,二酸化硫黄ではいずれの染料でも相関関係はないか、ごく弱かった。大気中の塩素がこれらの色素とどのような化学反応を起こしているのかは今後検討すべき問題であるが、この色変化はかなり大きく、染色布の色変化の防止対策を考える上で注意すべき問題である。今回の試験では天然染料であるきはだ染色布の色変化はその主色素成分であるベルベリン染色布に比べてかなり小さかった（表１）。一方うこんとクルクミンとの間では色変化の差は小さかった。きはだ染色液には多量の水溶性多糖が含まれるが、うこん染色液に含まれる多糖は少ない。このことから、きはだ染色布で色変化が押さえられたのはこの多糖の効果によるという可能性が考えられた。そこで、きはだ抽出液から抽出した多糖をベルベリン染色液に添加して染色を行い、曝露試験を行ったところ、元の多糖濃度の1/4以上で明らかな多糖添加の効果が認められ（表２）、この推測が支持された。だだ、元の抽出液と同濃度に多糖を添加した場合でもきはだ染色布より大きな色変化があり、きはだ抽出液中には多糖以外の色変化を押さえる物質の存在が示唆された。

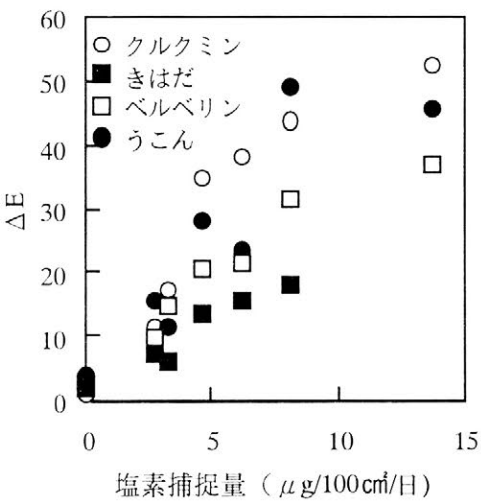


図１．ΔEと塩素捕捉量の関係

表２．ベルベリン染色布の色変化に対する多糖の効果

	1.5 ヶ月後のΔE
きはだ	11.69
ベルベリン+1/1多糖	16.17
ベルベリン+1/4多糖	21.42
ベルベリン+1/8多糖	24.22
ベルベリン単独	23.93

P60

洞窟遺跡などで観察される黒色の汚れについて

村津佳明（東京国立文化財研究所）・三田直樹（地質調査所）

【はじめに】

装飾古墳や洞窟壁画などの遺跡では、壁面に黒色の汚れが見られることがある。こうしたものは、見かけから漠然とカビではないかと言われる場合があるが、きちんとした保存対策を考える際には、物質を正確に同定し、その原因を明らかにした上で、原因を取り除く形で対応を考えていく必要がある。今回は、北海道のフゴッペ洞窟と福島県の清戸迫横穴において黒色物質の観察を行ったので、その結果を報告する。

【黒色物質の産状】

北海道余市町の国指定史跡・フゴッペ洞窟は、凝灰質岩の海食洞を利用した今から約1500年前頃の遺跡と言われ、洞窟の壁面には線刻の壁画が描かれている。同遺跡では1970年代にカフセル式の保存施設が設けられ、以後は洞窟はほぼ密閉に近い状態で保存されている。壁面では、見学者用の照明付近では藍藻と思われる緑色物質が見られ、壁面凸部には白色析出物として石膏が観察されるが、これらとは産状を全く異にして、壁面凹部には、黒色物質が分布しているのが観察される（図1）。黒色物質は、線刻壁画を見苦しくしているばかりでなく、壁面の剥落に関与している可能性も考えられる。

福島県双葉町の国指定史跡・清戸迫横穴は、凝灰質岩に7世紀後半頃に造られたと言われる横穴墓で、奥壁には赤で彩色壁画が描かれている。ここでも、1970年代に保存施設が造られ、横穴内はほぼ密閉状態にある。ここでは、緑色物質は殆ど見られないが、凸部には僅かに石膏が見られ、凹部には黒色物質が観察される。ここでも黒色物質は、壁画を見苦しく汚しており、顔料の剥落に関与している可能性も考えられる（図2）。

【黒色物質の正体とその形成】

いずれの遺跡でも、採取した黒色物質に過酸化水素水を施すと、顕著な発泡が観察され、元素分析によって、高濃度なマンガンが検出された。一方、位相差微鏡観察では、カビは観察されなかったが、黒色物質を軽く溶解させると、それにコーティングされていたと思われるバクテリアの存在が確認された。以上のことから、今回両遺跡で観察された黒色物質はカビではなく、その主成分はマンガン化合物であると結論づけられる。

観察されたマンガン化合物は、岩体内に含まれる水にII価の形で溶存していたマンガンが、岩体表面でIV価に酸化されて、二酸化マンガンの形で沈殿したものと考えられる。

この場合、弱酸性を示すことなどの両岩体内の水の諸性質を考えあわせると、この沈殿は、無機的に起こったものである可能性は乏しいと見られ、顕微鏡下で観察されたバクテリアなどの有機物が、その酸化に関与してできたものである可能性が強く考えられる。これは、海洋底などで観察されるマンガン団塊の沈殿と類似したメカニズムと思われる。

【保存対策】

以上のことから、今後の黒色の汚れの拡大を抑えるには、II価のマンガンイオンを含んだ水が、壁面に供給されることを防ぐことと、マンガン酸化能力を持つバクテリアの活動を抑制することとの二つが考えられる。このうち、水の制御については、緑色物質や白色析出物の制御に関して、従来から洞窟遺跡保存において検討されている通りである。一方のマンガン酸化バクテリアの活動抑制については、その種を正確に見極めれば、滅菌等の対応が考えられるが、これについては、バクテリアの酸化能力等の諸性質を正確に理解するとともに、岩体や人体への影響も考慮した上での慎重な対応が必要だろう。

【クリーニング】

観察の通り黒色物質中には、マンガン酸化能力を保有する可能性があるバクテリアの存在が確認されているため、今後の汚れの拡大を防ぐためには、既存の黒色物質を取り除くことも検討される余地がある。既存の黒色の汚れの除去については、化学的に考えれば、適切な還元剤などを用いることによってIV価のマンガンをII価に戻して、溶解させて取り除くことが可能であろうと考えられる。岩体や顔料の性質を正確に把握すれば、それらに影響を与えることなく、二酸化マンガンだけを取り除くことも、化学的には検討可能である。しかしながら、これについては、現状から今後の汚れ拡大の可能性を正確に見極めた上で、保存の理念上の問題等を考慮した慎重な対応が必要だろう。

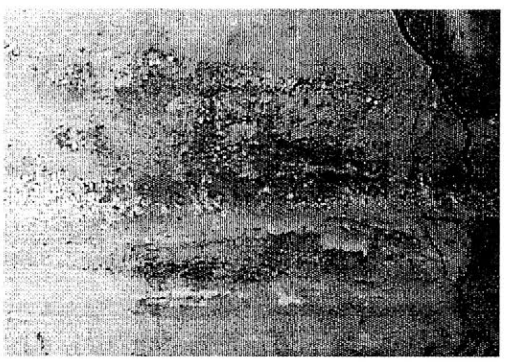


図１．フゴッヘ洞窟における黒色の汚れ

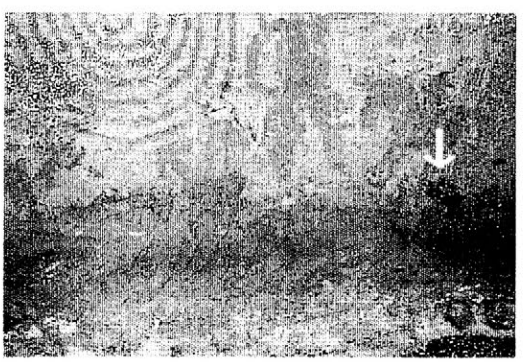


図２．清戸迫横穴における黒色の汚れ

P61

美術館などにおける展示室の温湿度変化の実態について

○宮野秋彦（名古屋工業大学）、赤沼英男（岩手県立博物館）

1．まえがき：博物館や美術館などの館内温湿度の調節を空調設備によって行なう方法が普及してすでに久しい。しかし、いまもって空調機器自体の性能の不備や誤った設備計画が原因と考えられる文化財の展示中の事故が後を絶たない。

本報では、これまでに行なった調査の中から、特に展示空間の温湿度変化に関するいくつかの実例を挙げて、美術館などにおける展示環境を考える場合の問題点について考察する。

2：展示空間の温湿度変化の実例とその解析：建物の室内における相対湿度の日変化は、透湿タイプ、断湿タイプ、調湿タイプの三つに分類することができる。

透湿タイプは、開口部や壁体を通して湿気の出入りがある場合で、内外の湿度変化の間には明かな相関がある。在来木造構法による日本家屋の内部湿度環境はこのタイプに入る。

断湿タイプは、コンクリート造や合成樹脂建材を多用した気密構造の建物で多く見られ、この構造の場合に断熱、防湿設計を誤ると、極度の湿潤もしくは過乾燥状態となる恐れがある。

調湿タイプというのは、吸放湿性の大きい材料を内装した場合の湿度変化で、土蔵の内部湿度環境はこのタイプである。

博物館や資料館などでは、室内の展示物密度が比較的大きいため、望ましいことではないが、その吸放湿によって急激な湿度変化が多少緩和される結果となっていることが多いが、美術館では殆ど壁面展示のみとなるため、内装材料の調湿性が乏しい場合には、空調

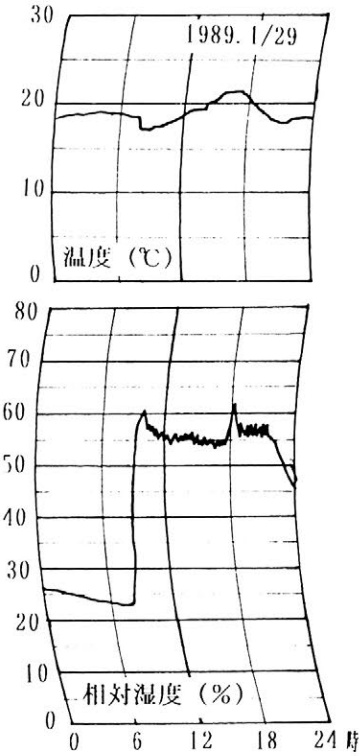


図1　某美術館の測定例

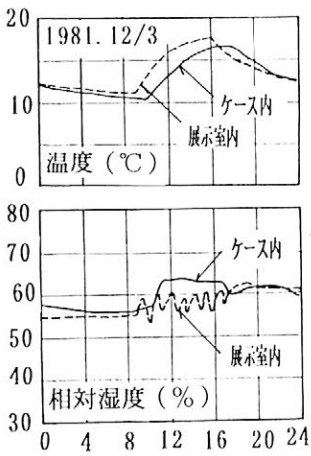


図3　某郷土資料館の測定例

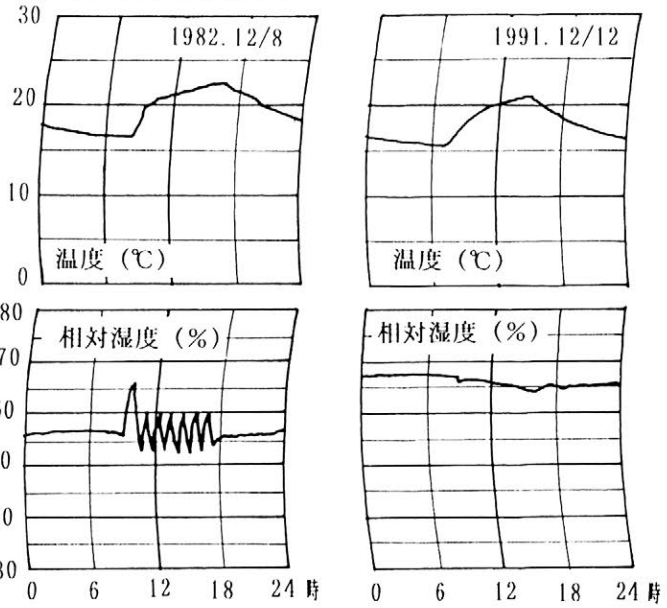


図2　某博物館の展示室の温湿度測定例

のON, OFFの度に図１の例のように甚だしい湿度変化を生じることがある。

なお、この美術館では、その後、空調設備の改善を図り、さらに異常乾燥の原因を除去した結果、現在では良好な環境が維持されるようになっている。

図２の左は、某博物館における湿度調節を行なった冬季暖房時の実測例である。前例ほどに大きな湿度のステップ変化は見られないが、開館時間を通して常に7-10％程度の湿度変動のリップルが現われており、決して好ましい展示環境とはいえない。これに対して湿度調節を止めた場合は、右図のように空調を行なった時より反って湿度変化が小さくなっている。

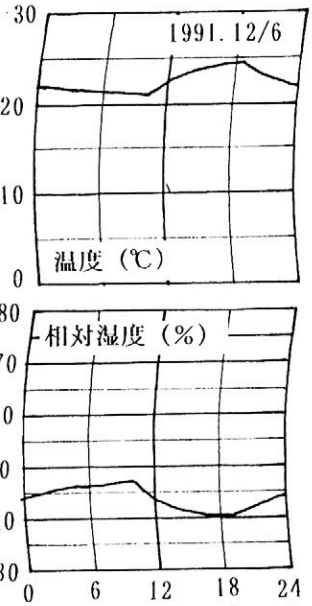


図４　ケース内温湿度
（密閉式、調湿材無）

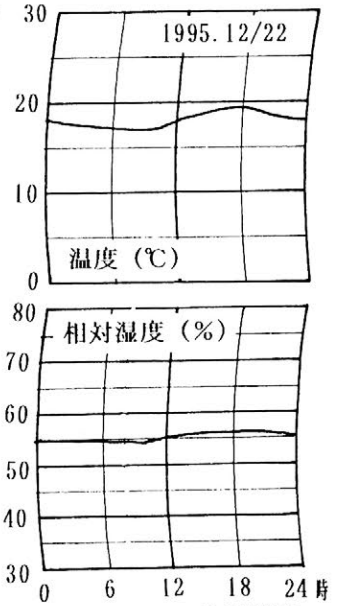


図５　ケース内温湿度
（密閉式、調湿材有）

図３には、某郷土資料館の展示空間と、そこに置かれた自然換気式展示ケースの内部温湿度の関係を例示した。展示フロアーの温湿度変化の影響は、約1～2時間の位相差で展示ケース内に伝わっており、展示室の湿度調節の重要性が感じられる。

図４は密閉式壁付大型展示ケースの内部温湿度の測定例である。この展示ケース内部には、吸放湿性を持った材料が全く使用されていないため、ケース内相対湿度は絶対湿度一定の場合の温度変化による相対湿度の変化が支配的となっている。

これに対して図５は、同様に密閉式壁付大型展示ケースの内部温湿度の測定例であるが、コンクリート躯体内には木質系調湿材が打ち込まれており、天井や壁はスギ材及び珪酸カルシウム系調湿材料で内装されているため、相対湿度は年間を通じてほぼ一定値を示している。

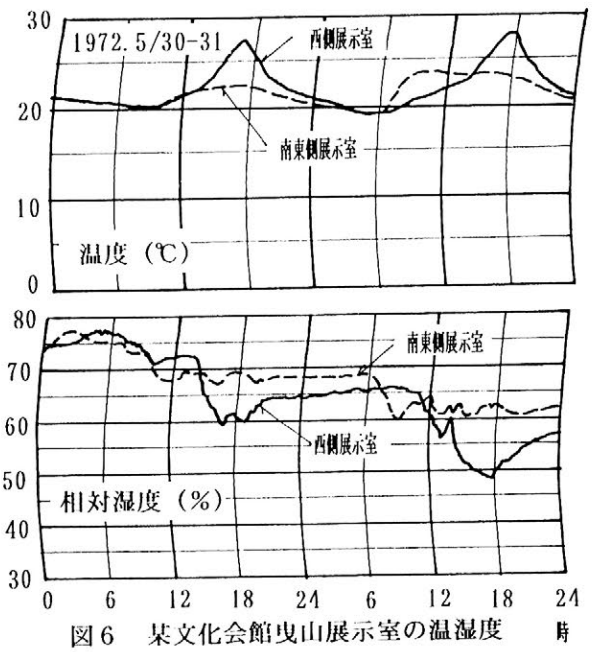


図６　某文化会館曳山展示室の温湿度

最後に示した図６は、かって割裂事故が発生した折りの某曳山展示場の内部温湿度の測定結果である。事故は、南北に長い展示場の西壁に設けられた搬出入口の鉄扉に日射が当たって高温となり、その輻射熱で収納された曳山の背面が割裂したものである。図から、事故発生当時の著しい気温上昇とそれに伴う急激な館内湿度の降下がうかがわれる。

３．むすび：展示施設の環境計画を考える場合には、空調設備はあくまでも補助手段とし、建物躯体の断熱、防湿設計に重点を置いて適切な温熱環境の実現を図るべきである。

P62

マルチチャンネル電気探査システムによる壱岐・原の辻遺跡の高密度電気探査

亀井宏行（東京工業大学）・森　正人（同）・工藤博司（(有)桜小路電機）

はじめに

電気探査は地中に電流を流し地中の見掛け比抵抗を測定するもので，２本の電流電極から電流を流し込み，他の２本の電位電極間の電位差を測定し，電位差と電流の比から抵抗値を算出する。従来の電気探査では，この４本の電極を測点毎に挿し替えながら移動して比抵抗の測定を行っていたので広い面積を探査するためには大変な労力と時間を必要とした。そこで我々は予め４８本の電極を設置しておき，その中の任意の４本をパーソナルコンピューターによる自動制御で選択して測定を行うマルチチャンネル電気探査システムを開発した。本報告では，長崎県壱岐の原の辻遺跡において行われた探査実験の成果の一例を紹介する。

マルチチャンネル電気探査システムの概要

マルチチャンネル電気探査システムは，比抵抗測定装置の４本の電極を大地に設置してある48本の電極の中から任意の電極に接続して比抵抗測定を行うシステムである。電極の切り替え動作はパーソナルコンピュータによる自動制御で行い，48本の電極を組み合わせて水平，垂直探査を自動的に行う。さらに，これと同時に測定データのパーソナルコンピュータへの自動入力も行っているので，電極を設置した後は１測線の探査が終了するまで自動で測定動作を続ける。また，電気探査の電極配置法には，二極法，Wenner 法，Shulumbelger 法等があるが，本システムの電極の組み合わせの設定はソフトウェアで行っているので，どのような電極配置法や電極間隔の設定にも柔軟に対応することが可能である。

探査結果

探査実験は，船着き場ではないかとされる堤防状・石組遺構の発見された場所と墓域（原の久保Ａ地区墓域）の２ヶ所で行った。堤防状・石組遺構は，唯一，圃場整備事業のための盛り土の無かった東西 3m×南北 23.5m の非常に狭い範囲で行った。測定は４８本の電極を 50cm 間隔で一直線上に配置し，Wenner 法で電極間隔を 50cm，1m，1.5m，2m，2.5m，3m，3.5m，4m と変え，50cm ずつシフトさせながら行い，測線間隔を 50cm とした。墓域では箱式石棺がいくつも発見されている発掘区の南側，東西 11.75 m×南北 4m の範囲で探査を行った。電極の設置は対象となる石棺が小さいことから間隔 25cm でシフト量 25cm とし，Wenner 法で電極間隔を 25cm，50cm，75cm，1m の４種類の探査を行い，測線間隔は 50cm とした。ここでは紙面の都合上，堤防状・石組遺構の電極間隔 50cm での結果のみを図１に示す。図１において比抵抗の高いところは発掘トレンチ内の南北の石組みに挟まれた高まりに接続するので，この通路状の遺構は西側に延びていると思われる。さらに，探査領域内北西角の高まりから，東堤防がここを横切り，通路状遺構に接続する可能性も考えられるが探査領域が狭いために断定できない。

むすび

今回は大きな面積の探査は行っていないが，探査面積が広がれば全体の傾向がつかめて特徴抽出も容易になるので，遺跡調査に物理探査を導入するのであれば大きな面積を探査すべきである。この様な大面積で垂直探査を行う場合には，今回開発したマルチチャンネル電気探査システムは大きな力を発揮するものと考えられる。

（本研究は文部省科学研究費補助金重点領域研究「遺跡探査法の開発」による。）

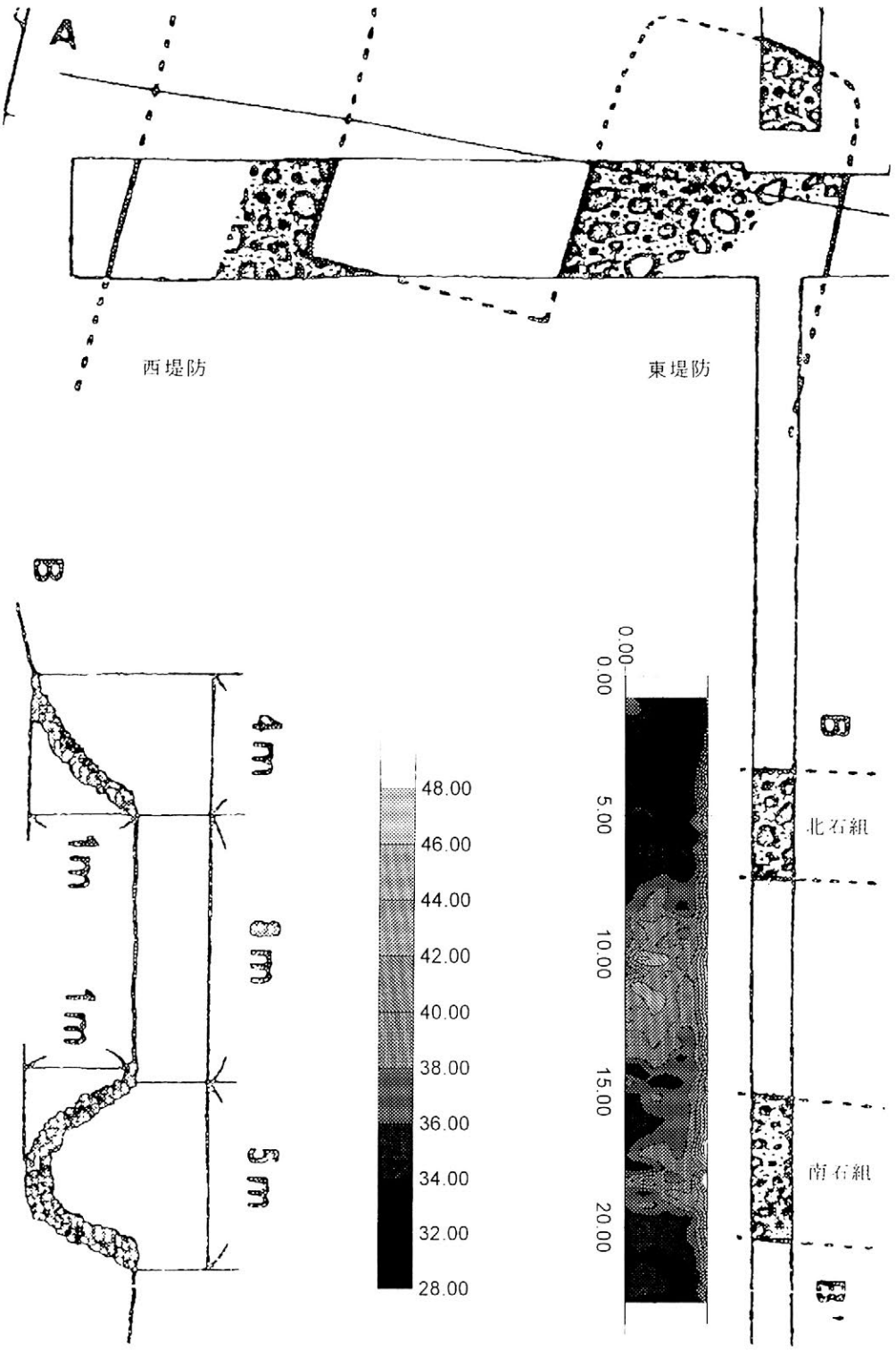


図1　堤防状・石組遺構の電気探査結果（Wenner 法，電極間隔 50cm）

P63

松原客館遺跡における平面探査の解釈と評価

川村俊彦(敦賀市教育委員会)・長友恒人(奈良教育大学)
阿児雅之(奈良教育大学古文化財科学)・田中保士(株式会社田中地質コンサルタント)

はじめに

福井県敦賀市は古代大陸文化の窓口として栄えた場所であり、歴史文献の調査研究活動が活発である。松原客館跡はその重要な鍵であり、いくつかの推定候補地が検討されている。

敦賀市では、全国で初の試みとなる産学官民の「敦賀学たんさ隊」が組織され、市内の各候補地で順次物理探査法による調査が始まっている。

敦賀市櫛川の別宮神社境内(図1)において、電気探査器(RM-15)による比抵抗、電磁誘導探査器(EM-38)よる導電率、帯磁率測定器(MS-2)による磁化率、そしてフラックスゲート磁力計(FM-18)による磁気傾度の4探査を同一グリッド内で実施し、平面マッピングを行った。探査の手順としては、これらのマッピングの結果から2次探査の範囲を絞り込み、地下レーダや電気探査、表面波探査等地下の垂直方向の断面探査手法を選定、実施している。

本研究はそれぞれの探査法による地下の物理的特性を比較検討し、効果的な探査法と解釈をマニュアル化することを目的とする。

平面探査の相関性

調査地は浜堤上にあって比較的粒度分布のよい砂層が厚く堆積している。

各探査結果を図2～5に示した。各探査ともグリッドは20×30m、測点間隔0.5mで行った。各図は日照角45度の疑似太陽による陰影図(shadow map)で作成した。

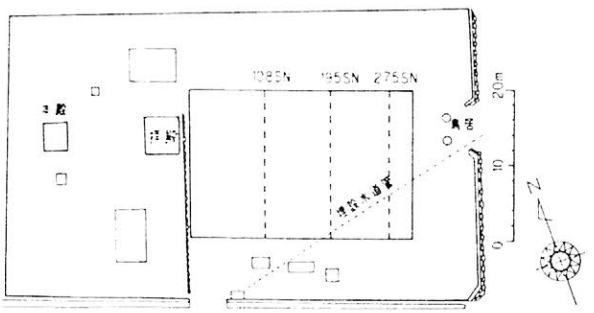


図1　別宮神社探査グリッド

図2　RM-15 比抵抗

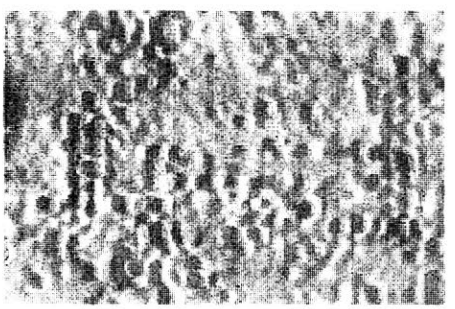


図3　EM-38 導電率

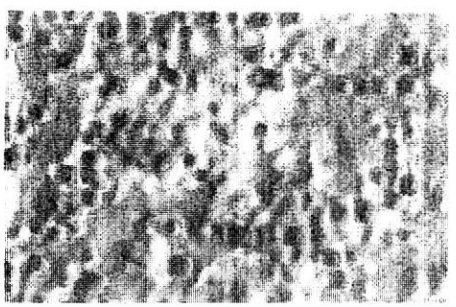


図4　MS-2 磁化率

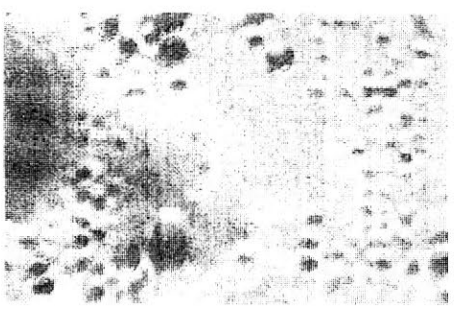


図5　FM-18 磁気傾度

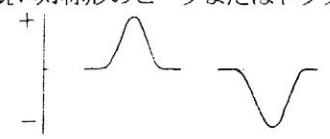
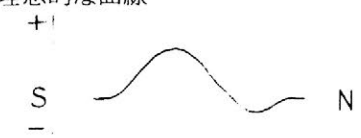
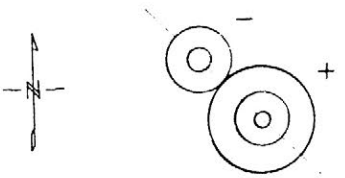
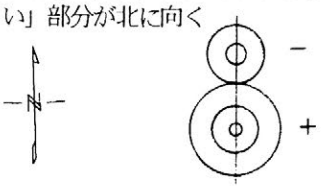
各図のビジュアル的な視点での相関性について、比抵抗と導電率および磁化率と磁気傾度との間に互換性を示す部分が多く見受けられた。しかしそれぞれの探査手法は様々な応答で地下の状況を提供するので、一つの方法で地下構造や異物を推定することは極めて困難であった。ここでは磁気傾度探査の結果についてのみ、その解釈と評価を試みた。

磁気傾度探査結果の解釈と評価

比較的土質条件の類似した福井県武生市内のテストフィールドにおいて次のような実験を行った。10×10m のグリッド内に鉄管、塩化ビニル管および帯磁率の異なる岩石を地下 0.5～1.0m に埋設し、フラックスゲート磁力計 (FM-18) による磁気傾度マッピングを行った。

その結果、鉄管および岩石の埋設位置に磁気異常が認められたが、その特徴は両者で大きく異なり、以下の表のようにまとめられた。

表　鉄および岩石の磁気異常の比較

	鉄	岩　　石
帯　磁　率	∞（無限大）	0.1～0.4
磁 気 異 常	深度 1m 以内では 500nT 以上	常に 200nT 以下
磁気異常の形　状	鋭い対称形のピークまたはトラフ 	理想的な曲線 
磁気異常の方　向	残留磁気の影響で北には向かない 	小さな三次元の岩石では小さな「低い」部分が北に向く 

これらの結果から別宮神社における磁気傾度を検討した。

測線 108SN の 18m 地点の磁気異常はその特徴と比抵抗値の低さから鉄製のものではないと考えられた。同じく測線 108SN の 4m 地点には、鉄と考えられる異物の存在を示す明確な異常が確認された。108SN の 8m 地点付近には不明瞭な磁気異常が示されているが、これは深度 4m 以下にある鉄を含む異物の応答であると推測された。測線 195SN および 275SN の間には長方形の磁気傾度の異常範囲が確認され、人工的な遺構の存在が示唆された。グリッド北方にある大きな半円形の異常は拝殿の壁のトタン板によるものであった。

おわりに

都市部では埋め立てや盛土、整地作業が繰り返され、地表面に残された貴重な古代の情報は飛散している場合が多い。また遺跡探査の対象となる敷地は、広範囲な上、障害物の少ない学校の校庭や神社の境内に限られ、様々な制限が加えられる。従って限られた条件下で効率的かつ効果的な探査を行うためには、その探査環境下での各探査装置の可探深度と応答形態を事前に捉えておき、最も適した探査方法の選定と解釈を行わなければならない。

今回の調査では複数の電磁気探査法によるマッピングを行ったが、磁気傾度マッピングは遺跡探査の予備調査として非常に有効であった。またその結果は絵画的なイメージとして画像処理することができ、遺構や異物の存在を推定しやすいものとなった。

P64

遺跡における地中探査レーダー・データ処理の一考察

渡辺　広勝（ﾃﾗ･ｲﾝﾌｫﾒｰｼｮﾝ･ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ）
伊藤　雅乃（株式会社　パスコ）

1．はじめに

電磁波による遺跡調査は，近年的確に進歩している。我々もいくつかの遺跡で，地中探査レーダーを用いて調査をおこない，それらのデータを用いてコンピューターによる各種処理の研究を行っている。

この中で特に注意を要する市街化地域に点在する遺跡の地中レーダーのデータ処理の問題を中心に考察する。

2．リンギングの問題

電磁波（電波）による地中探査では，地中の遺構が何であるかを知るために，各遺構ごとのパターンに分類を行うが，データの中にはリンギング(*1.)（多重反射）及び環境反射(*2.)（空間物反射）が多く表現され，この取扱がデータの解析の重要な部分を占める。（特に市街化地域に有る遺跡においては顕著である。）これらはつまり本来地中に埋もれた遺構とは関係無い，いわば疑像である。これらの疑像波形の処理を考察しないままコンピュータなどによる波形処理を行うと，データの分析上誤解を起こすこととなる。

以上のことをふまえ今回は，まず電磁波リンギング各種のパターン状況を示す。普通のリンギングは，音波系波形も含め発生始点が最も強く時間と共に急速に減衰する。従ってその波形は，一般に顕著な減衰波形である。

しかし電磁波では，そのほかに独特なリンギングを表現させる場合がある。リンギングは市街化地域にある遺跡の調査などで，いくつかのパターンを見ることができる。これらは極めて特徴があり代表的な反射物としては，マンホール・弁・溝蓋・暗渠などがあげられる。

それらの特徴を大別すると以下のようである。

1－アンテナに最も近い部分にある絶縁金属では，リンギングは，その計測範囲内に減衰低下点を見つけることは難しい。反射物としてマンホール・弁・敷き設物などの金属がある。これらはその表面積によっては第二アンテナとなり分析を複雑にし，遺構データを破壊する。

2－最初のピークから徐々に減衰するいわゆる減衰波形には，コンクリート製の蓋のある側溝などにみられる。また暗渠や空洞もこの部類に入る。反射物として横穴・室・地下式土壙・防空壕の調査には威力を発揮する。

3－反射始点からしばらくたってピークに達し，その後減衰するケースで，地中の線状絶縁金属や特殊な土質において発生する。

1・2の状況は，市街化地域にある遺跡の調査などで，最も多くみられるリンギングである。3の現象は，埋蔵文化財調査において大小多く発生するものである。このように市街化地域に点在する遺跡の地中レーダのデータには，この種のリンギングパターンが複雑に絡み合う。

さらに発掘中の表土を取り除いた地面に，アンテナが密着した場合にも顕著に起こる場合がある。表現が箱状のデータになるため，これを何らかの遺構と取り違える場

合が多い。そのような場所を調べると，泥状の土がブロックとなって存在する。
このような泥土の介在したデータは，始点の位置から離れた深い場所にリンギングデータが箱状に表現されるため，あたかもピーク点の深い場所に何かが存在するような錯覚をもたらす。

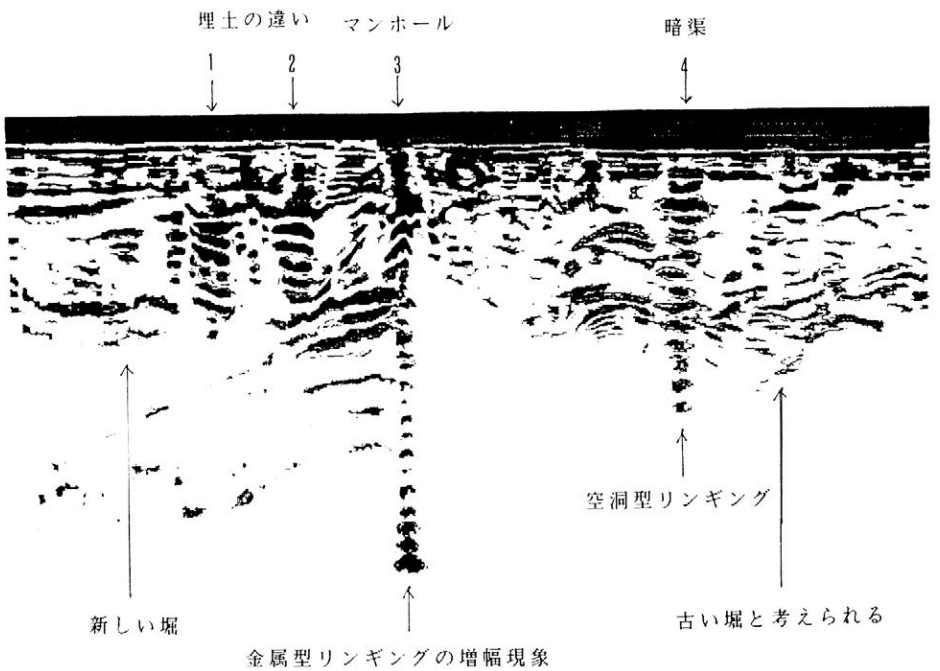
このようなデータ判断・データの処理などでは，最も注意を要するパターンである。表土が存在しても，その土質，植物の種類，季節などにより，これらの問題は大中小様々にデータに介入する。特に周波数の高い小型アンテナは，地表に密着させるほど発生する機会が多いので注意しなければならない。

また大・中型アンテナでも地面への密着の状態によってこの状況は発生しやすい。これらのデータの発生源を判読せず，処置しないままコンピューター処理をすることは，疑像を処置することになるので注意しなければならない。

注

＊1　渡辺　広勝　“地中レーダによる遺跡調査”写真測量とリモートセンシング 3vol, 32no4　1993

＊2便宜上の使用呼称



いくつかのリンギングのために堀のデータが破壊されている

松山城跡より

P65

地温変動を用いた遺跡探査

三浦定俊（東京国立文化財研究所）・森　正人（東京工業大学工学部）
工藤博司（桜小路電機）・川野辺　渉（東京国立文化財研究所）

1．はじめに

可視画像や近赤外、熱赤外画像などを用い遺跡探査が可能な理由は、遺跡のある場所とない場所で表土の含水率と温度が異なるからであるが、熱赤外画像による探査結果には、土壌の表面温度だけでなく放射率も関係する。このため探査範囲内で土壌の種類が異なる場合、正確な情報が得られないのが欠点である。これを避ける方法として温度を直接測定することが考えられる。ここでは実験地で測定した結果について報告する。

2．実験

2．1　場所

岩手県盛岡市堺田町にある畑地を実験地として、約2m深さの二つの穴を2mの間隔で掘り、片方の穴に1m角の発泡スチロールを、もう一つの穴に0.9m角の木枠に入れた堆肥を入れ、いずれも地表から1mの深さに埋め戻した。発泡スチロールは熱の不良導体として、石室のような空洞が地下にあった場合を想定し、堆肥は発熱源として地下の温度分布の異常が地上にどの程度伝達されるか観測するためである。測定は上にかぶせた土が落ち着くのを2カ月ほど待ってから行った。

2．2　日時

予備調査を1996年12月24日に行い、本測定は1997年1月8日13時30分から10日21時まで2日間余の期間、15分ごとに温度測定を行った。測定当日の天候は曇り時々晴れで、時に雪がちらつくこともあった。また地面の状態はわずかに雪があり、夜から朝にかけては凍った状態であったが、日中には溶けていた。

2．3　方法

測定装置としてC-C熱電対などを用いた市販の多チャンネル温度測定器も考慮したが、今回の測定では温度差を正確に測定するため、より精度の高い白金測温抵抗体を用いた。温度測定位置は土壌表面では風や日陰の影響を受ける恐れがあり、あまり深い位置だと測定用のパイプを土中にさし込むことが難しくなるので、地表面と埋設物の中間の地下0.5mで測定した。なお測定の際にはセンサと土壌との間の抵抗を減らすため、オイルを入れたスチールパイプにセンサを挿入して温度を測定した。外気温の測定は地上0.3mで行った。

3．結果および考察

測定結果の一部を図に示す。外気温度（◇）の変化に関わらず、発泡スチロールのある場所（△）の地中温度は他より低く、堆肥のある場所（○）の地中温度は他より高い。その違いは0.5℃程度である。発泡スチロールがある場所の温度が低い理由は、表面の土壌層が他と比べて薄いため、低い外気温度の影響を受けやすいからと考えられる。

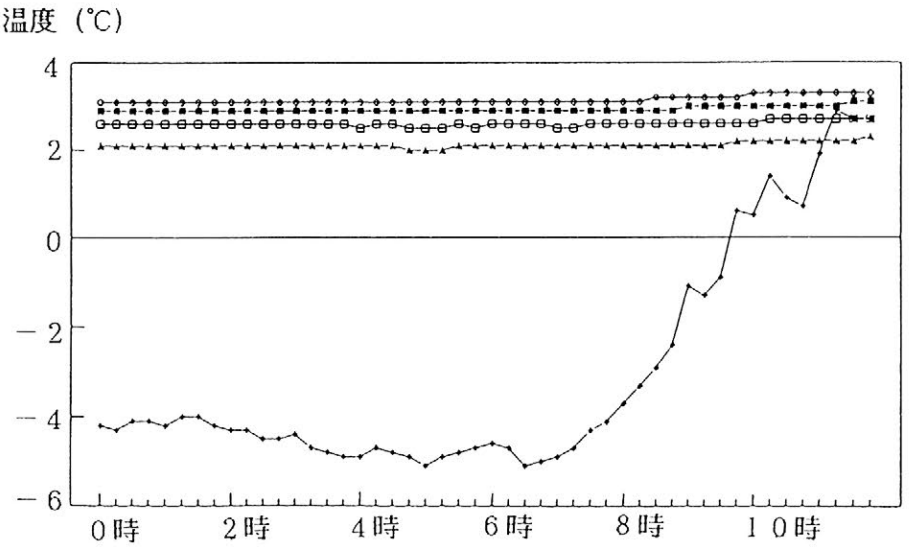


図1．実験地における温度変化（1997年1月9日午前0時～11時45分）
○：堆肥のある場所の地温、△：発泡スチロールのある場所の地温
■□：何もない場所の地温、◇：気温

良く知られているように外気温度の日変化は地中0.5m以下には及ばない。このためにこの実験のように遺跡が1m以上の深さにある時は、日変化によって生じる地中温度の差を利用した遺跡探査はできない。既報[1,2,3]で遺跡探査が可能であった理由は、遺跡がごく地表面に近い位置にあったことと、土壌の含水率に違いがあったためと考えられる。もし今回の実験のように遺跡が深い位置にある場合には、季節変化に基づく地中温度の違いに着目して測定すればよいと考えられる。ただしその場合、温度差は0.5℃程度以下と考えられるので、測定には白金測温抵抗体など精度よく計れる温度測定器が必要である。

4．まとめ

熱の不良導体としての発泡スチロールと発熱源としての堆肥を、地下1mの深さに埋設した実験場で温度探査を行った。気温の日変化が及びにくい深さでも、地下に比熱の異常があると地温の年変化が異なるので、遺跡の存在を検出することができるのではないかと予想された。

謝　辞

研究遂行の上で有益なご助言をいただいた東亜大学工学部岡本芳三先生、天理大學文学部置田雅昭先生に感謝申し上げます。

参考文献

1)三浦定俊・花泉弘・石井克己：航空機からの画像を用いた遺跡探査，日本文化財科学会第11回大会研究発表要旨集、pp.145-146(1994、東京)
2)三浦定俊・花泉弘・妻嶋忠行・川野辺渉：気球からの画像を用いた遺跡探査、日本文化財科学会第12回大会研究発表要旨集、pp.170-171(1995，奈良)
3)三浦定俊・川野辺渉：スカイポールからの画像を用いた遺跡探査、日本文化財科学会第13回大会研究発表要旨集、pp.196-197(1996、東京)

P66

犬尾城跡本丸発掘調査と地下レーダー探査

軽部文雄、小林　恵（応用地質株式会社　探査工学研究所）
赤崎敏男、大塚恵治（福岡県八女市教育委員会　岩戸山歴史資料館）

1．はじめに

我々は、これまで城郭の各種遺構における物理探査の有効性について発表してきた。その中で、とくに曲輪内の探査の場合には、探査後の確認調査がおこなわれることがまだ少なく、探査結果の検証が不十分であるという点を指摘してきたが、今回、福岡県八女市にある犬尾城跡本丸において地下レーダー探査を実施し、その後に実施された発掘結果との比較をおこなうことができたので紹介する。

2．調査の概要

犬尾城跡（福岡県八女市）は、鎌倉時代に河崎氏によって築城され、戦国時代末期に落城したと伝えられる中世山城跡である。しかし、築城当時に関する史料は皆無に等しく、現時点では、15 世紀代より遡る史料は出土していない。地理的には、八女丘陵東端部の標高約 185 mの高位段丘上に位置し、豊後から筑後、肥後に抜ける交通の要衝であったところで、周辺には数多くの中世山城跡が残っている。

八女市教育委員会では、将来、犬尾城跡を史跡に指定し、その後の整備をおこなうことを考え、平成６年度から平成７年度にかけて発掘調査をおこなった[1)]。平成６年度の発掘調査では、本丸内の５箇所にトレンチを入れ、曲輪周辺に残る土塁の構築方法や曲輪内における人工構築物（石列や建物の礎石跡）の有無の確認などをおこなった。その結果、曲輪内では、土塁の根石や土留めの石列、割石の集石、ピット状遺構などが検出された。我々は、この発掘調査を受け、トレンチの周辺部におけるピット状遺構の存在、石列のつながり、集石の広がりなどを把握するため、地下レーダー探査を実施した。地下レーダー探査の結果、トレンチ調査で検出されていた石列の延長部分や集石の広がりと推定される強い反射像や、ピット状遺構と考えられる落ち込み状の反射などを確認することができた。この結果を受け、探査実施後には２回目のトレンチ調査がおこなわれ、探査の結果とその前後におこなわれた発掘調査の結果は、かなり良い対応を示していることが確認された。

なお、最後になりましたが、今回の発表に際し、八女市教育委員会より多大のご協力をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

1)八女市教育委員会(1996)　犬尾城跡　福岡県八女市大字山内所在遺跡の調査．八女市文化財調査報告書第 46 集

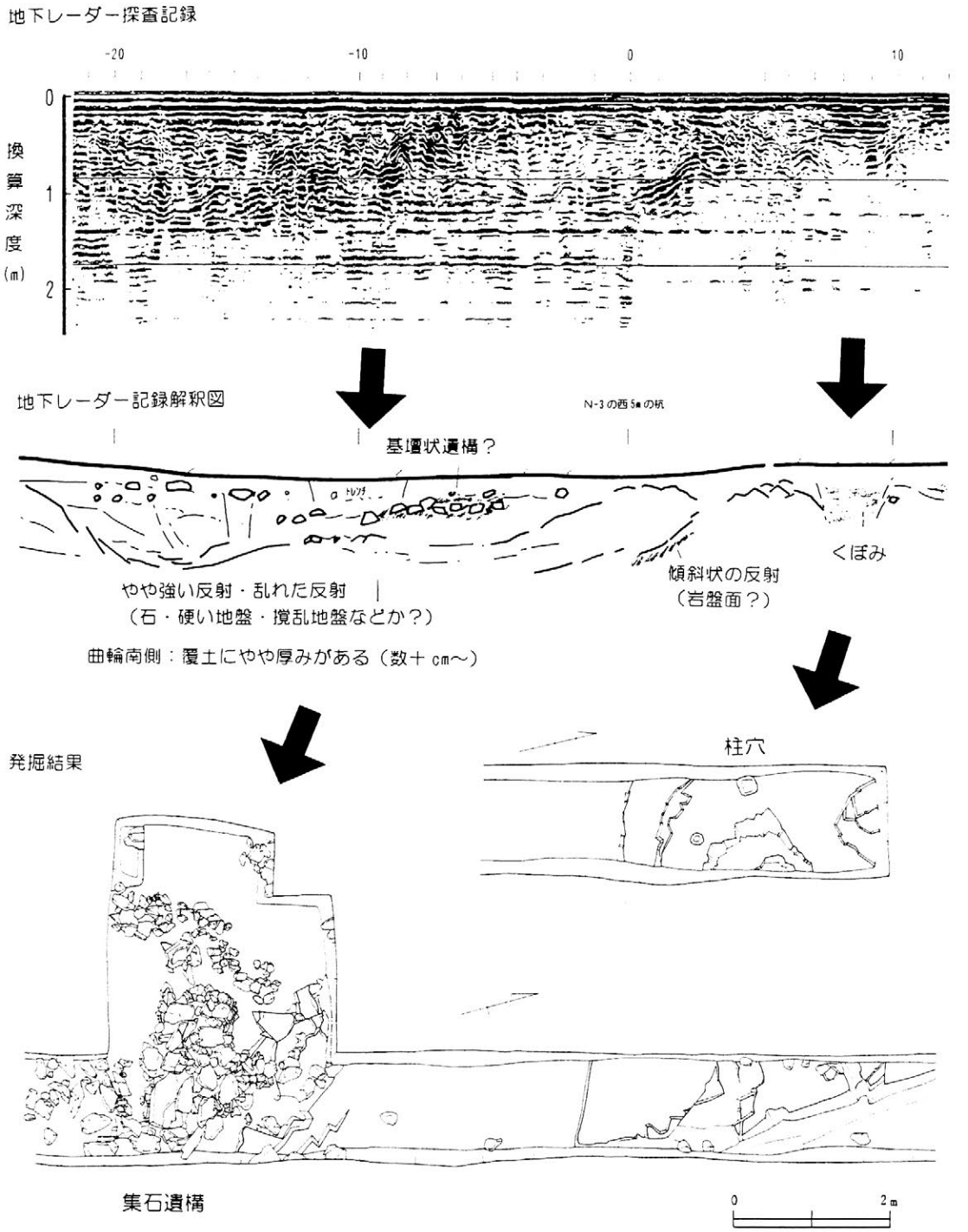


図　探査結果と発掘結果の比較

上：地下レーダー探査記録、中：地下レーダー記録解釈図、下：発掘結果

P67

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(3)
－　三次元形状計測による加茂岩倉遺跡出土銅鐸のレプリカ作製　－

○塚本敏夫（（財）元興寺文化財研究所）・増澤文武（同）
佐藤宏介（奈良先端技術大学院大学）
松本岩雄（島根県教育長文化課）・吾郷和宏（加茂町教育委員会）

１．　はじめに

元興寺文化財研究所では文化財の新しいデータ保存方法として非接触式の三次元形状計測装置（レンジファインダー）を用いた遺物のデジタル化に関する研究[1) 2)]を進めてきた。その結果，基本的な形状データの記録保存や考古遺物の立体形状比較に有効であることが確認された[3)]。

文化財のデータ保存法としては写真データや図面データ等の２次元データが主におこなわれており、遺物の立体的なデータとしては型取り成形によるレプリカがその役割を果たしてきた。しかし、現在のレプリカは展示品としての価値が重視されており、形状データとしての価値はあまり重視されていないのが現状である。また、技術的にも接触式の型取りを原則としているため、脆弱で崩壊、変形し易く、早急に形状データを残しておかなければならないような遺物には適応できないのが大きな問題である。それに対して、三次元形状計測装置による遺物計測では非接触でしかも短時間で立体データを取得でき、しかもデータをＣＡＤ／ＣＡＭにに変換することにより、容易に形状を復元することが可能となる。

本報告では加茂岩倉遺跡から出土した銅鐸の三次元計測を行い、そのデジタルデータをもとに、光造形装置でレプリカの作成を行った事例について報告する。

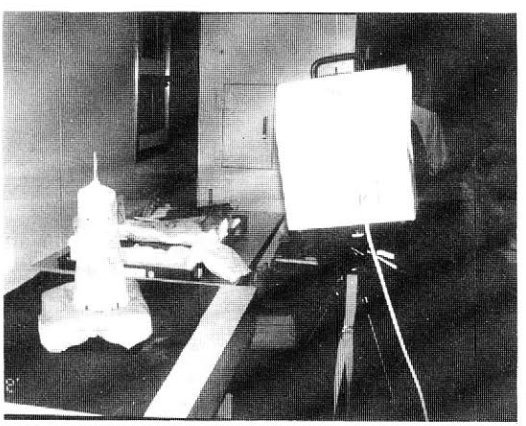
２．　土付銅鐸の計測

(1)計測のねらい

加茂岩倉遺跡から出土した３９個の銅鐸の内、計測可能であった２１個の銅鐸についてクリーニング前の土がついたままの状態で計測を行った。

今回の計測では銅鐸本体の計測が主目的ではなく、土が付着した状態のデータを記録保存することを目的とした。特に、加茂岩倉遺跡では入れ子の状態で埋葬され、中には付着した土に内面凸帯の痕跡が残っている例もあり、そのセット関係や埋納状況の復元の基礎資料となることから土を落とす前の形状データを残すことが重要である。

また、同時に、遺構に残された銅鐸および、銅鐸の埋納状況を示すスタンプについても三次元形状計測装置を用いて計測をおこなった。遺構計測への応用については別の機会に報告する予定である。



写真－１　銅鐸の撮影風景

(2)計測装置

ＶＩＶＩＤ７００（ミノルタ製）

(a)計測方式　：レーザースキャン方式

(b)計測手法　：多視点（任意自由）

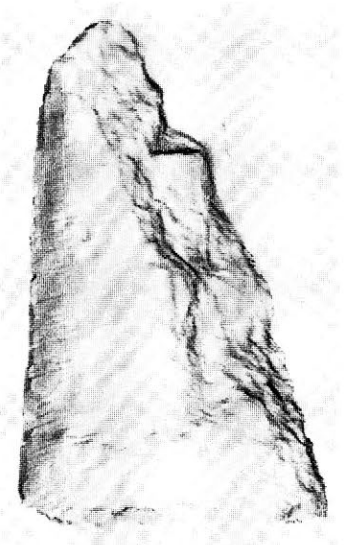
(c)視野範囲　：可変（ズーム機構）

(d)計測精度　：視野の±０．１３％

(e)計測時間　：約０．６秒／台

(3)計測方法：計測は両面２カット
内面１カットの３方向分割計測

(4)計測結果：図－１に３８号銅鐸の
シェーディング図を示す。



図－１３８号銅鐸のシェーディング図

３．光造形によるレプリカ作製

三次元計測で得られたデータをＤＸＦデータからＳＴＬデータに変換し、光造形装置をつかってレプリカを作成した。

(1)造形装置

ＳＬＡ－５００（米３Ｄシステムズ社製）

(a)造形方法：紫外線レーザ照射積層式

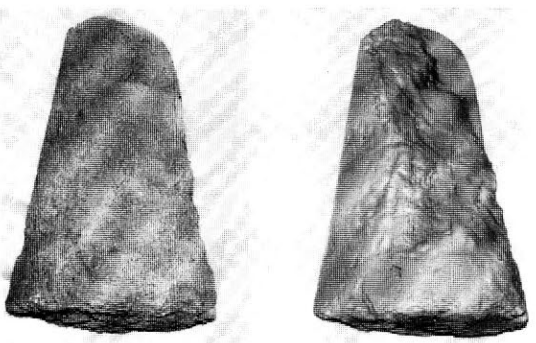
(b)スポットサイズ：0.2～0.25㎜

(c)ワークサイズ：500×500×580㎜

(d)素材：エポキシ系光硬化樹脂

(2)成形・彩色

光硬化樹脂によるレプリカ原体を現在の手作業による仕上げ加工を施し、彩色をおこなってレプリカとして仕上げた。



写真－２　３８号銅鐸のレプリカと実物

４．おわりに

三次元計測によるデジタルデータからレプリカの作製を行った。今回は粗いデータでの製作のため仕上げ加工に多少時間がかかったが、既存の技術との協業することにより脆弱で型取りができない遺物に対して有効であることが確認できた。彩色については現状では手作業で行うしかなく、今後入力したカラーのテクスチャーデータを利用した立体物の自動彩色等の開発を行っていきたい。

謝辞

計測にあたってはミノルタ株式会社高槻研究所の糊田寿夫氏、今井重晃氏に、レプリカの仕上げ・彩色については（株）スタジオ三十三の斉藤伸治氏にお世話になった。

参考文献

１）塚本敏夫他「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(1)」『日本文化財科学会　第１１回大会　研究発表要旨集』ｐｐ１４７～１４８、１９９４年

２）塚本敏夫・佐藤宏介「考古学遺物を三次元イメージで探る」『シンポジウム　人文科学とコンピュータ　発表要旨集』ｐｐ４３～５８、１９９６年

３）塚本敏夫他「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(2)」『日本文化財科学会　第１３回大会　研究発表要旨集』ｐｐ１９８～１９９、１９９６年

P68

複数の蛍光X線分析装置を用いた文化財試料の測定

早川泰弘（東京国立文化財研究所）、平尾良光（同）

はじめに

蛍光X線分析法は文化財試料の化学組成の測定に広く利用されている。この方法は非破壊で簡便に試料の化学組成を得ることができるが、表面に錆層が存在している試料や鍍金などの処理が施されている試料を測定する場合には、表面層からのシグナルと内部からのシグナルを分離して考える必要がある。また、特にエネルギー分散型の装置においては、近接蛍光X線ピークに関するピーク分離についても十分な検討が必要である。

そこで、今回は波長分散型蛍光X線分析装置（WDX）、エネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDX）および微小領域測定用エネルギー分散型蛍光X線分析装置（μ-EDX）を用いて金銅製文化財試料の測定を行い、試料の化学組成および鍍金厚みを正確に評価した結果を報告する。

実験

試料は綿貫観音山古墳より出土した金銅製の歩揺付雲珠2種類である。それぞれ4～5箇所を次の3種類の蛍光X線分析装置により測定した。測定装置および測定条件を示す。

WDX:　日本ﾌｨﾘｯﾌﾟｽ（株）　PW2000　（Sc管球、60kV･50mA×1000秒、φ15mm）

EDX:　日本ﾌｨﾘｯﾌﾟｽ（株）　DX95　（Sc管球、50kV･10μA×300秒、φ20mm）

μ-EDX: ｾｲｺｰ電子工業（株）SEA5230E（Mo管球、45kV･20μA×300秒、φ0.2mm）

μ-EDXによる測定はWDXおよびEDXによって測定した領域内で鍍金が残存している部分と残存せず母相金属面（錆層）が露出している部分を選んで行った。また、これらの測定結果から、薄膜ファンダメンタル・パラメータ法によって表面鍍金層の厚みを評価した。

さらに、鍍金厚みの違いによる蛍光X線強度の変化を定量的に調べるために、銅板上に0.2～3μmの厚みで鍍金を施した試料を作製し、EDXでCuおよびAuの強度変化を測定した。

結果および考察

歩揺付雲珠の同一箇所をWDX、EDXで測定したときの蛍光X線スペクトルを図1に示す。EDXではHgLαがAuLαに重なっている様子がわかる。AuおよびHg濃度を求めるためにピークフィッティングを行ってピーク分離を行ったり、他の蛍光X線ピークを用いて定量計算を行うなどの工夫がなされているが、AuおよびHgのピーク強度が低い場合には定量値の信頼性が低下することは明白である。これに対し、WDXではHgLαとAuLαは分離して検出されている。このようにWDXはEDXに比べてエネルギー分解能に優れるが、照射X線強度が非常に強いため有機物やガラスに対して変色を生じるなどの問題がある。

EDXによる測定結果からファンダメンタル・パラメータ法を用いて、雲珠の異なる部位のAu、Cu濃度を求めたところ、測定部位によって定量値が大きく異なる結果となった。これは表面鍍金層の厚みの違いによって入射・検出（蛍光）X線の吸収割合が異なることが原因であると考えられる。μ-EDXによって鍍金層の厚みを評価したところ、1～3μmの厚みであった。

そこで、鍍金層の厚みの違いによる蛍光X線強度の変化を調べた。図2に示すように、鍍金層の厚みが増すにつれてCu強度は一様に減少し、Au強度は増加する。鍍金厚みが1μmでCu強度が半減することがわかった。

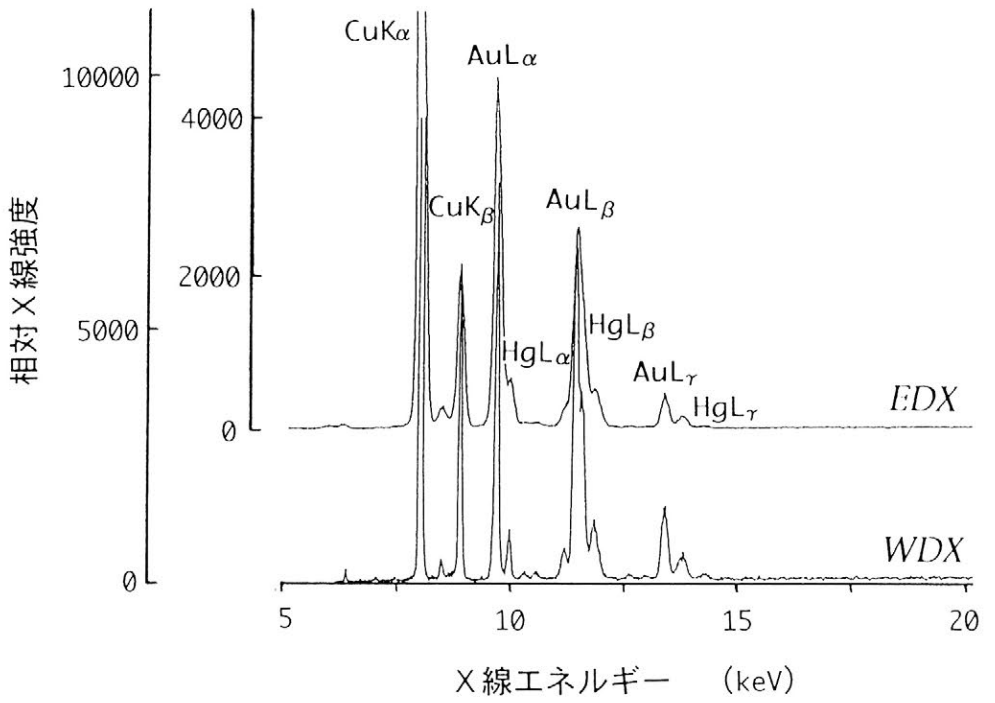


図1　鍍金試料の蛍光X線スペクトル

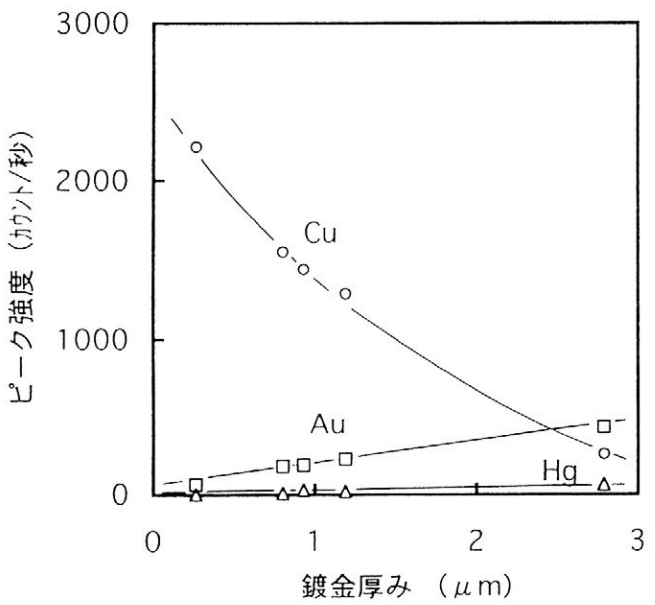


図2　鍍金層厚みによる蛍光X線強度の変化

P69

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(京大・工)、内藤正裕(京大・工)、田澤雄二 (京大・理)
江南和幸(龍谷大・理工)、内田俊秀(京都造形芸大・文化財科学研究ｾﾝﾀｰ)

1. はじめに

日本は、比較的小規模な非鉄金属鉱山が多数存在している。古代から近世にかけて、これら小規模鉱山は充分に活用され、金や銀、銅などが生産されてきた。これら非鉄金属のうちで銅は、およそ二千年もの間、鉱山を換えながら継続的に生産されつづけたと推測される。銅製品中の銅に含まれる微量元素は、日本では銀、ヒ素、金、アンチモニー、蒼鉛、鉄などが注目され、これらの含有量は生産技術の水準を示してくれる。また、合金の場合、銅以外の金属の影響や複数の鉱山の鉱石に由来する原料の混合等の問題は予想されるものの、微量元素を測定することによって、これら製品と鉱山との関係をより深く考察することができるようになると期待される。

ここでは、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使った場合の利点と、われわれが現在利用している測定システムでの実用的な測定条件下における二つの微量元素 (As, Sn) の検出限界値について簡単に述べる。なおＰＩＸＥ法は、1970 年代に Johansson らによって考案・開発[1,2]された加速器を用いて極微量の元素を分析する手法であり、この業績によって彼はノーベル賞を受賞している。

2. 測定システム及び測定条件

装置	：京大理学部タンデム型加速器
照射粒子	：陽子 (４ＭｅＶ)
Ｘ線検出器	：ORTEC Si(Li)
吸収板	：Al(500μm)
照射電流	：1nA/mm^2 程度
試料	：2mm 程度の大きさに切り出した Cu-As-Sn 標準試料 (三宝伸銅工業株式会社製)
バッキング材	：高純度カーボンプレート

我々は、実用の問題として測定時間を最大で１時間程度、すなわち一回のマシンタイム (24 時間) で２０個程度の測定を目標としている。
断りがない限り上記の条件を前提に話を進める。

3. 検出限界について

放射線測定における測定システム検出限界は一般的に以下のように定義さ

れる。

①バックグラウンドの統計誤差の１σ値を臨界値

．．定性的な（あるかないかの）議論をする際の最小値

②バックグラウンドの統計誤差の３σ値を検出限界値

．．定量的な（数値を示して）議論をする際の最小値

ＰＩＸＥ法で測定を行う場合、これらの値は、測定条件（照射粒子、粒子のエネルギー、照射粒子の電流密度、照射量（測定時間）、試料の厚さ、検出器の種類など）によって変わる。つまり、検出限界値は、同じシステムを使用しても様々な条件によって変わるものであるから、測定条件が変わるごとに検出限界値を求めておく必要がある。

この定義を基に、我々の測定システムにおける前述の測定条件下での銅標準試料に含まれる As, Sn の検出限界値を実測により求めたところ、いずれも数百 ppm のオーダーであった。

4. ＰＩＸＥ法の利点と問題点

ＰＩＸＥ法は非常に小さな試料に含まれる極微量の元素の検出が可能である。この点は他の分析方法よりも優れている点である。実際我々が行った測定での最小試料は、セロテープに付着した 0.1mm 程度の大きさの金属片であり、この程度の大きさでも元素の検出は可能であった。

当然解決すべき問題点もあり、その第一は定量の問題である。標準試料の作成が困難な試料では実際上定量が不可能であるが、銅合金についてはその問題は回避できる。

5. おわりに

ＰＩＸＥ法を用いて銅製品に含まれる微量元素の測定を行い、それら元素の存在割合から古代の銅精錬技術の発達を調べた例[3]は見受けられるが、銅鉱山の推定を行う試み[4]はまだ始まったばかりである。

今後は、システム全体を検出限界値を数十 ppm 程度にまで低くすること、さらに in-air-PIXE が可能なシステムに改造することにより、この新しいＰＩＸＥ法が銅中の微量元素検出のためのより有効な手段になるものと考えられる。

参考文献

[1]X-RAY ANALYSIS: ELEMENTAL TRACE ANALYSIS AT THE 10E-12g LEVEL, T.B.JOHANSSON, R.AKSELSSON and S.A.E.JOHANSSON, Nucl. Instrum. and Meth. 84(1970)141-143.

[2]ANALYTICAL APPLICATION OF PARTICLE INDUCED X-RAY EMISSION, Sven A.E. JOHANSSON and Thomas B.JOHANSSON, Nucl. Instrum. and Meth. 137(1976)473-516.

[3]Recent applications of PIXE spectrometry in archaeology part I: Observation on the early development of copper metallugy in the Old World, S.J.Fleming and C.P.Swann, Nucl. Instrum. and Meth. B75(1993)440-444.

Toshihide UCHIDA's idea

P70

PIXE 法による古文書片の微量元素分析
― 古文書に含まれるBr(臭素)の起源について ―

河野益近(京大・工)、吉田紘二(京大・工)、森谷公一(京大・工)、法澤恵造(京大・工)、内藤正裕(京大・工)、江南和幸(龍谷大・理工)、田中利生(龍谷大・図書館)、高田 実彌(京大・原子炉)

1. はじめに

大谷探検隊 (第一次 1902～1904 年、第二次 1908～1909 年、第三次 1910～1914 年) が中国西域で発掘・収集した資料の多くは散逸して、現在では行方が判らないものも数多く存在する。それでも、経典等に関する多くの資料は現在も竜谷大学大宮図書館に保存されている。これら仏典の研究対象はこれまでは、主に内容を読み取ることであったが、最近ではＰＩＸＥ法を用いて仏典に使用されている紙や文字に使用されている墨そのものについても研究が始められている[1]。これら古文書に用いられている紙片や江戸後期の和綴本の紙片をＰＩＸＥ法によって分析した結果様々な元素が検出された[1,2]。それら元素の中で、臭素(Br)は特に古文書の紙片から多く見つかった。また市販されている現代和紙からは全く検出されなかった。

ここでは、古文書に含まれるBrの起源について簡単に述べる。

2. 試料

測定試料としては、トルファンで収集された経典片（1～2 mm 程度）（十数点）、江戸末期の古文書の紙片（4種類）、明治時代の和綴本の紙片（1種類）、市販の現代和紙（数十種類）、竜谷大学大宮図書館内の「龍谷蔵」に入っていた現代和紙と洋紙（仏像や貨幣などを包んでいた紙が各1種類）である。ちなみに、大谷探検隊の貴重な資料はこの「龍谷蔵」に保管されている。

3. 測定方法

京都大学工学部原子核工学教室に設置されているバン・デ・グラーフ型加速器を用い、2MeV にまで加速した H^+ を測定試料に照射する。そしてその際に発生する特性X線をSi(Li)半導体検出器で測定することにより同時多元素分析を行なった。一部試料（「龍谷蔵」の現代紙）については京大理学部のタンデム加速器（H^+, 4MeV）で分析を行った。

4. 測定結果と考察

ＰＩＸＥ法による元素分析によって、トルファンで収集された経典片、江戸期の古文書、明治期の書籍からBrが検出されたが、現代和紙のいずれからもBrは検出できなかった。ただ一つの例外として、「龍谷蔵」に収蔵されていた現代和紙と現代洋紙からはBrが検出された。典型的な例として図1に現代和紙（越前画仙紙）、そして図2には「龍谷蔵」に収蔵されていた現代和紙のX線スペクトルを示してある。

これらの測定結果を総合すると、現代和紙に含まれるBrは、本来ＰＩＸＥ法で測定できる程度には含まれていないものと考えることができる。一方で例えば、輸入小麦についてはポストハーベストとして用いられた臭化メチルからのBrの残留が報告されている[3]。した

がってこれらの結果は、古文書に含まれる Br の起源は、防虫・防黴のために使用されて薬剤からによるものと判断するのが妥当であろうことを示唆している。しかし近年は書籍の燻蒸に臭化メチルを用いることは禁止されており、実際「龍谷蔵」では現在は臭素系はもちろん塩素系の薬剤も使用されていない。したがって、かなり以前に書籍保護のために用いられた薬剤が現在でも残留しているものと思われる。

このことは、文化財保護のために用いられる薬剤が、文化財を汚損する可能性があることを示唆している。特に過去に塩素系薬剤を使用した場合には、残留する塩素濃度によっては中和処理等の措置を施す必要がでてくるだろう。

図１．現代和紙（越前画仙紙）

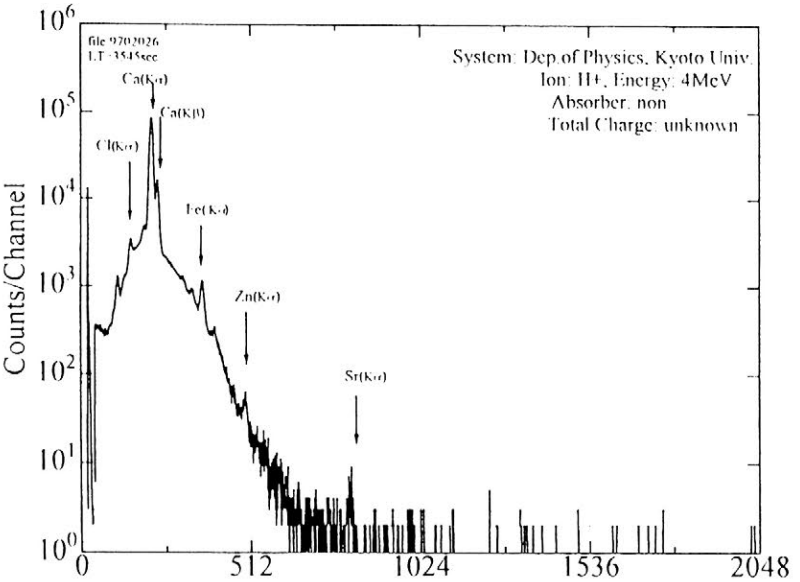
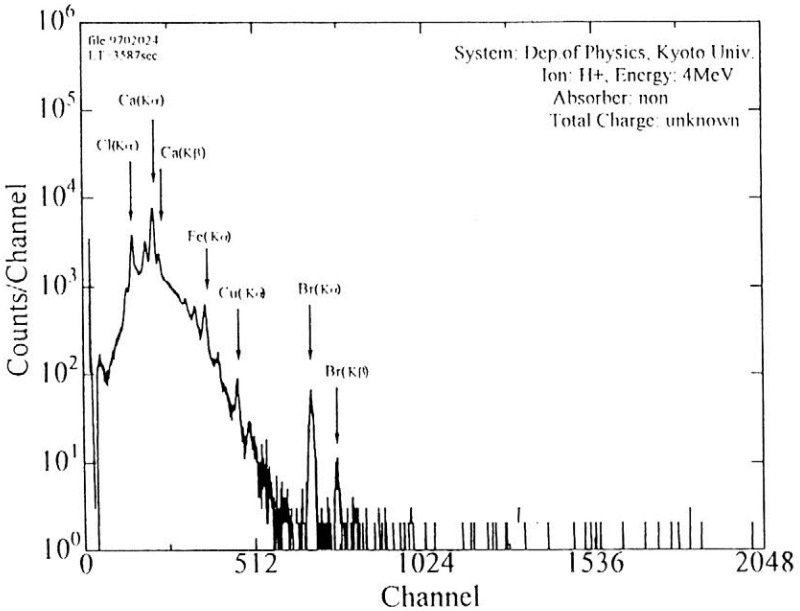


図２．「龍谷蔵」に収蔵されていた現代和紙



参考文献

[1] Carbonized Treatment of Bio-PIXE samples – its advantages and problems –, M. KOINO, K. YOSHIDA, K. MORITANI, K. NORIZAWA, M. NAITO, K. KITAO, K. ENAMI, H. MAEDA and H. KASAJIMA, *The Second International Symposium on Bio-PIXE* (Beijing in 1996).

[2] Elemental Analysis of Ancient Chinese Ink Sticks by PIXE, M. KOINO, K. YOSHIDA, K. MORITANI, M. NAITO, K. ENAMI and H. MAEDA, *International Journal of PIXE*, Vol. 5, Nos. 2&3, pp. 133-144 (1995).

[3] Trace Element Analysis in Flour, Y. HARUYAMA, M. SAITO and K. YOSHIDA, *International Journal of PIXE*, Vol. 5, Nos. 2&3, pp. 79-84 (1995).

P71

金属製品に錆着した繊維について①－古墳時代の布帛を考える－

立花 るりこ(奈良大学大学院文学研究科文化財史料学専攻)

1．はじめに

発掘調査報告書を紐解くと、特に古墳出土の遺物には比較的高い頻度で布目が錆着しているケースを見掛け、保存処理中にも発見する事がある。本発表ではそれらの資料を考古学的視点を踏まえ文献資料も参考にして述べてみたい。

2．古墳出土遺物の布帛

筆者は現在、閲覧可能な報告書をもとに、古墳出土遺物に錆着した布帛についてのデータベースを作成中である（表１）。この過程で次のような傾向と見解が得られている。

１）出土に関する傾向

①布目は金属性品・石製品に付着している場合が殆どである。

②その付着部分は、Ａ刀身または柄［刀身の場合は木質上か刀身そのもののに付着している２通りのケースがある］、Ｂ馬具の裏面、Ｃ甲冑の縁または表面、小札等の孔付近，Ｄ玉類・石製品表面，Ｅ釧等の装身具表面，Ｆ遊離した繊維。

③付着状態には、ａ遺物を包んだ様な状態［②のＡやＤの場合に多い］，ｂ外装と考えられる状態［②のＢ・ＣまたＡの場合に多い］，ｃ被葬者の衣服［②のＤやＥの場合に多い］，ｅ掛布・敷布と考えられる状態［②の全てについて考えられる］。

④上記の傾向には、現在までの所ではあまり地域的・時代的な特徴らしいものが見られない。

２）出土位置の重要性

１）の傾向に更に付け加えておきたい項目がある。それは棺外遺物であるか棺内遺物であるかという点だ。これは棺内であれば、布が付着している由来が被葬者の衣服など棺内の状況に直接関与し、棺外の場合は例えば明らかに鞘を外して布でくるんだ状態の剣が出土した時はそのような行為に理由がある、という事になってくるからである。次の段階として繊維の織り方や材質の調査に入った際、こうした出土位置がポイントになってくるだろう。

3．古記録からみた古代の布帛

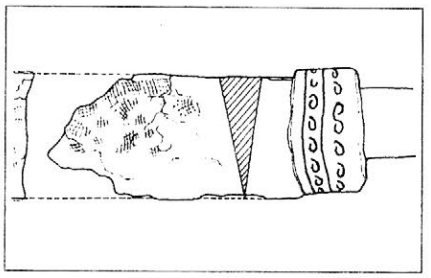
『古事記』には、「天照大御神坐忌服屋而、令織神御衣之時…（上巻・神代）」、「須勢理比売命、以蛇比礼授其夫云。其蛇将咋、以此比礼三挙打撥…（上巻・神代）」、「又振浪比礼、切浪比礼、振風比礼、切風比礼…（中巻・応神天皇）」等の記述があり、『日本書紀』「孝徳記」大化２（６４６）年甲申の詔[注]には、「夫王以上之墓者、其内長九尺、濶五尺、其外域、方九尋、高五尋、役一千人、七日使訖。其葬時帷帳等、用白布」と記載されている。『古事記』の記述からすると神に捧げる衣を制作する「忌服屋いみはたや」の存在や、特殊な霊力をもつと考えられた「比礼ひれ」の存在が、『日本書紀』の一節からだと詔以前は染色されていた布帛が用いられていた様子や帷・帳の存在が想定されるのである。尤も、それらの実在性については証明する術が無く、或いは布帛そのものにではなくそういう布帛を用いる行為自体に意味があったのだと言えるのかも知れないが、『記紀』に見られる表現は、当時の人々の精神世界の一端として考慮に含めておきたい。但し、韓国の古墳から出土する遺物にも、日本と同様の状態で布帛が錆着しているケースがあり、直ちに我国の古墳出土の布帛と当時の精神世界や宗教と結び付けてしまうのは危険であろう。

注）いわゆる「大化の薄葬令」についてはその存在自体を疑う意見もあり、また記録が全て事実とは限らないが、筆者の意見では、詔を受けた人々が等しく実行したか否かは別として当時の葬送状況の一端を示していると考えている。

4．実例

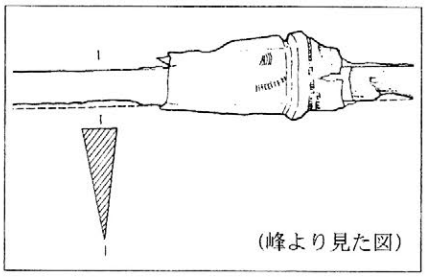
次に２と３の事項を踏まえて実例を見よう。

１）意図的に包んだと考えられる例



万燈山古墳出土銀象嵌大刀
（岡山県苫田郡加茂町大字塔中所在）

２）外装や包み布以外の由来と思われる例



松尾宮山古墳出土（？）銀装大刀
（滋賀県伊香郡高月町所在）

１）棺内出土。柄部に木質が遺存するが刀身には全く遺存せず、恐らく布帛は刀身そのものに施されたと考えられる。平織が幾重にも重なった状態はこれまでのパターンからすると刀身を包んでいた可能性が高い。実体顕微鏡観察による表面状態から材質は絹と考えている。２）明治時代に発見され地元住民の下で保管されていたため出土状況は不明。銀装部分に平織（簾筋入か）が僅かに銹着し、実体顕微鏡観察による表面状態から材質は絹と考えている。銀装部分には線刻文（龍文か）があり、他の銀装大刀の類例では銀装上に更に外装したものは今の所では無い。出土状況が詳らかでないので断言できないが、この布帛は外装や包み布に由来するものとは考えにくい。すると１）・２）は異なった性格を持ちつつも材質は同様である例として考えられる。

5．おわりに

この様に、古墳時代の布帛を考える場合、材質・織りの問題の他に出土背景の把握と検討は重要なポイントとなってくる。それらを把握して材質・織り方を見た時、はじめて遺物の背景にあるものを捉える事が出来るだろう。加えて保存処理等の際にも上記の様な繊維を極力見落とさない注意が必要と思われる。今後も調査例を増やしてゆきたい。

表１

遺跡名	時代	所在県	付着位置	材質	織方	出土位置
池の奥３号墳	６Ｃ	京都	鉄鏃			棺外
坂ノ山古墳群　１号墳	５Ｃ	奈良	鹿角装刀子柄部	繊維		棺内
芝ヶ原１１号墳	４末～５Ｃ初	京都	鏡面	布目		棺内
高井田山古墳	６Ｃ後～７	大阪	肩甲	絹		棺外
丹切古墳群　４３号墳	１０Ｃ	奈良	鉄製紡錘末端列	布痕		棺外
寺口忍海古墳群Ｈ－１６	６Ｃ	奈良	刀子刃先	布目		棺内
寺口忍海古墳群Ｈ－２０	６Ｃ	〃	馬具裏面	絹	平織り	棺内外
寺口忍海古墳群３号墳	６Ｃ中	〃	胡ろく裏面	絹	平織り、経錦	棺外
新沢千塚　５００号墳	５Ｃ中	奈良	鉄槍	繊維状のもの		棺内
藤ノ木古墳	６Ｃ末	奈良	腕輪（手巻）	絹	経錦	棺内
〃	〃	〃	方形布（褥）	絹	経錦・綾	棺内
〃	〃	〃	糸総	絹		棺内
〃	〃	〃	撚紐	絹		棺内
〃	〃	〃	掛け布	絹		棺内
兵家古墳群　１号墳	７Ｃ後半	奈良	五禽鏡表面	布帛の痕跡		棺内
兵家古墳群　６号墳	７Ｃ後	〃	鋳造鉄斧	詰め物		棺内
松尾宮山古墳群１号古墳	６Ｃ	滋賀	銀装大刀銀装部表面	絹	平織り	不明
万燈山古墳	６Ｃ後～７Ｃ	岡山	直刀表面	絹	平織り	棺内
メスリ山古墳	４Ｃ前	奈良	槍・刃部木柄上	苧麻		棺内
蓮華谷古墳群２号墳	６Ｃ初	徳島	鉄剣	布		棺内
〃	〃	〃	管玉	布目		棺外

＊以下９６データに続く。（１９９７年４月現在）

P72

用途から見た繊維製品の調査

～宮崎県下の地下式横穴墓出土品を中心として～

戸高眞知子（宮崎県埋蔵文化財センター）
吉松　茂信（宮内庁正倉院事務所）
今津　節生（奈良県立橿原考古学研究所）

1 はじめに

遺跡から出土する繊維製品の調査は主に材質や技法を中心に実施されてきた。しかし、最近では繊維の用途やその構造についても研究を進めることが可能となった。私達は藤ノ木古墳や下池山古墳の調査を通して、大刀袋の存在とその構造、刀剣の鞘を装飾するために使用された繊維類、刀身を直接巻きくるむための繊維類、鞘の上を巻きくるむための繊維類、鏡袋の存在とその構造、鏡をくるむ為の繊維類、掛布の構造などを確認してきた。

今回の発表では宮崎県下の地下式横穴墓から出土した遺存状態の良い繊維遺物を中心として、これまでに調査した畿内の資料と比較しながら「刀身を直接巻きくるむために使用された繊維類と、大刀の鞘を装飾するために使用された繊維類」について紹介する。

2 調査方法

繊維製品の用途に関する調査方法は、金属製品などの遺物に付着する繊維の分布、裂の種類、糸目方向、繊維の重なり状況、縫製、裂の連続性などについて調査と記録をとることから始める。さらにこの結果を様々な類例と比較しながら総合的に判断することによって、繊維の用途を特定する。このような調査方法によって錆や泥やに覆われた金属遺物に付着する有機遺物からも用途を解明できる可能性が生まれてくる。

3 調査結果

3-1 刀身を直接巻きくるむために使用された繊維類

宮崎県下の地下式横穴墓や土壙墓から出土する刀剣類は鞘に納めたものと刀身に裂を直接巻き付ける２つの形式が確認できる。刀身を直接巻きくるんだ資料は「築池 92-2 号大刀」（５世紀末～６世紀前半）、「川床 8-B71 剣」「川床 7 一 B13 号剣」「川床 49 号刀」（３世紀）などに見ることができる。「築池 92-2 号大刀」は刀身に直接麻布を異方向に二重に巻き付け、その外側には麻、真綿、麻の重なる大刀袋の可能性のある繊維付着と更に麻の上面の一部に平絹、筬目平絹と斜めに巻縛っていた経錦（複様平組織）の紐の付着が確認できる。

一方、畿内の遺跡から出土した繊維資料で刀身を直接巻きくるんでいた資料として、奈良県天理市の下地山古墳出土の大刀残欠（３世紀末）に見る赤色顔料付着平絹を二重に巻きくるんで紐で縛ったものや、奈良県五条市の住川墳墓群から出土した大刀の刀身を直接平絹で巻きくるんだ上を紐で縛った例がある。

3-2 刀剣の鞘を装飾するために使用された繊維類

宮崎県の地下式横穴墓（５世紀末～６世紀前半）から出土する刀剣類の鞘を装飾するために使用された繊維に組紐を使用した例が多い。その資料として「中迫出土大刀」、「築池 15 号大刀」、「大萩 11 号剣」、「切畑２号剣」が確認できる。「中迫出土大刀」では鞘木全体に糸を巻き付け大刀を持つ部分に麻布を被せてその上全体にやや斜めに幅９㎜の組紐を巻き付ける構造としている。他の剣は鞘木に直接組織（幅 0.5～１cm）をやや斜めに巻き付けている。

一方、畿内から出土した例では、藤ノ木古墳出土３号大刀がある。この３号大刀は鞘木の上に幅の細い平絹を少しづつずらして全体に巻き付け、上から朱を塗布した後金銅製の帯金具を付け、帯金具の下には色の異なる６枚重ねの平絹の飾り裂が使用されている。

4 まとめ

繊維製品の用途を解明するには、泥や錆を落とす前のできる限り早い段階で繊維の付着状態に関する克明な調査を実施することが不可欠である。藤ノ木古墳や下池山古墳、宮崎県下の地下式横穴墓出土品のように、依存状態の良い資料から今まで知ることができなかった用途に関する多くの情報を得ることができるようになった。さらに、遺存状態の良い遺物の調査例を蓄積することによって、住川墳墓群出土品のように通常の遺存状態からでも多くの情報を引き出すことが可能になりつつある。

参考文献

『川床遺跡』，宮崎県新富町文化財調査報告第５集，新富町教育委員会，1986

「中迫地下式横穴」，『宮崎県史』資料編　考古２，宮崎県，1993

『大萩遺跡（一）』瀬戸ノ口地区特殊農地保全整備事業に伴う埋蔵文化財調査報告，宮崎県教育委員会，1975

「切畑地下式古墳発掘調査」，『宮崎県文化財調査報告書』第 20 集，宮崎県教育委員会，1978

土橋理子：『五條市住川墳墓群発掘調査報告書』，奈良県立橿原考古学研究所　1993

今津節生：「理化学的手法による大刀の構造調査」，『斑鳩　藤ノ木古墳　第２３次調査報告書』，奈良県立橿原考古学研究所 1993

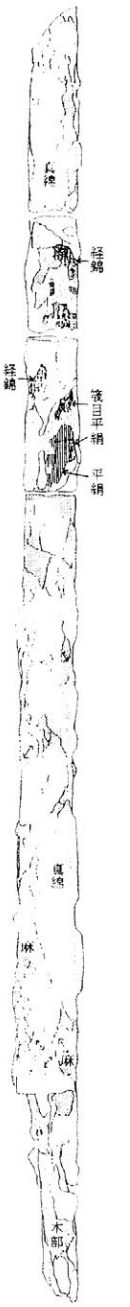


図 1　築地出土９２－２号大刀の繊維付着分布図（５世紀末～６世紀前半）

図 2　中迫出土大刀の繊維付着分布図（５世紀末～６世紀前半）

P73

赤野井湾遺跡から出土した木製品の樹種と用途

大山幹成（京大木質科学研究所）、伊東隆夫（同）
濱　修（滋賀県文化財保護協会）、中川正人（同）、阿刀浩史（同）

1.はじめに

日本は『木の文化』を持つ国と言われ、日本人は昔から森林と密接な関係を保ちながら生活を営んできた。しかし、南北に長く伸び、多様な植物相を見せる日本列島の中で、人々が地域ごとにどのような木材利用の文化を育み、発展させてきたかについては、まだ十分に明らかになっていない。本研究では、琵琶湖の湖底遺跡である赤野井湾遺跡から出土した木材を同定し、木製品の用材の選択と、それをもたらした周辺の森林環境について考察することを目的とした。

2.赤野井湾遺跡について

赤野井湾遺跡は、守山市赤野井町地先に位置する湖底遺跡で（Fig.1）、縄文時代～鎌倉時代にわたる遺物、遺構が湾内の各所から発掘された。遺構としては、溝（水路）、足跡などがある。溝は集落や水田から琵琶湖にそそぎ込む溝の末端部と考えられ、足跡が多く見つかる部分は、水田に利用されていた可能性もあると考えられている。

3.試料

同定した出土材は、加工木が2047点、自然木が105点の計2152点である。加工木は、農具、武具、祭祀具、容器、漁撈具など多岐の用途を含んでいる。供伴する土器から木製品の使用された時代は、古墳時代を中心として縄文時代後期から鎌倉時代と推定されている。切片はハンドセクションで作製し、光学顕微鏡で観察して、樹種同定を行った。

4.結果と考察

同定結果の概要をまとめたものが Table1 である。スギが多量に用いられており、全体の 6 割近くを占めた。このようにスギが優占する樹種構成は、北陸地方から日本海沿岸地域沿いに九州地方に及ぶ地域（継続的）、4 世紀以前・5-7 世紀（弥生～古墳時代）の琵琶湖周辺と東海地方に共通の傾向である[1]。広葉樹は、日本の暖帯林の主要な構成樹種が上位を占めた。スギは、広範な用途に対して用いられていたが、一方で、鍬はアカガシ亜属、杵はツバキ、丸木弓はイヌガヤというように用途に応じて、適切に材を使い分けていた様子が明らかになった。ただ、鋤では、その形態によって、アカガシ亜属を使用した鋤（通常の組合わせ式鋤）とスギを中心とした針葉樹を使用した鋤（着柄軸と一対の着柄孔を有する鋤）とに大別された。後者の形態の鋤は、以前から鋤か否かが論

議をよんできたものであるが、強度の観点から見ると、この形態の木製品が、櫂である可能性や、アカガシ亜属とは使用目的の異なる鋤である可能性も考えられる。

また、全般的な用材の利用傾向を時代を追って検討した結果、縄文後期から飛鳥以降までにはあまり大きな変化が見られないことがわかった。

古墳時代前期頃までは、利用される樹種は、建築材を中心に地域植生を反映する傾向が高いこと[1]、既往の花粉分析結果でもスギが高い頻度で出現すること、スギが広汎かつ多量に使用されていることから、遺跡の営まれた当時、琵琶湖周辺にはスギの優占する天然林が広がっていたと推定される。

参考文献

1)山田昌久：日本列島における木質遺物出土遺跡文献集成,植生史研究特別第1号（1993）

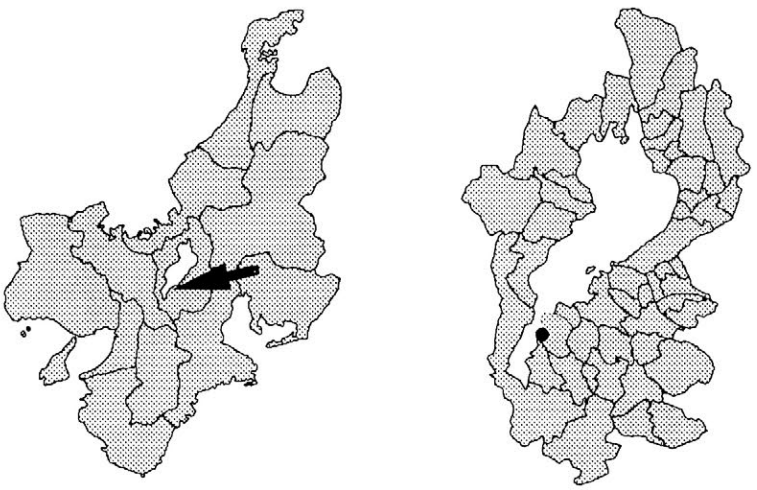


Fig.1　赤野井湾遺跡の位置（●印）

Table1：樹種同定結果

針葉樹			広葉樹		
樹種	点数	%	樹種	点数	%
スギ	1231	57.2	アカガシ亜属	246	11.4
ヒノキ	226	10.5	ツバキ	40	1.86
モミ	47	2.18	サカキ	36	1.67
イヌガヤ	27	1.25	スダジイ	32	1.49
コウヤマキ	12	0.56	クヌギ節	25	1.16
カヤ	9	0.42	クリ	17	0.79
その他	26	1.21	ケヤキ	14	0.65
針葉樹の点数	1578	73.3	サクラ属	12	0.56
			ツブラジイ	11	0.51
			その他	141	6.55
			広葉樹の点数	433	20.1
			総点数	2152	100

P74

土器に吸着された脂質の基礎的研究（４）-環境と時間による動物性脂質の変化-

堀内晶子、武石奈津枝 / 国際基督教大学教養学部理学科

１．はじめに

古代人の使用した土器には、脂質が吸着して残っているものがある。土器の使用目的や使用当時の食べ物を推察する手がかりとするために、古代土器に残留している脂質を分析し、その組成から何に由来するものかを断定するという研究方法がしばしば用いられている。この手法は、脂質が土器に吸着している間にも脂質の組成が保持されることが前提となっている。本研究ではこの点に着目し、脂質の組成が土器が置かれた環境によって、また、時間とともに変化しないかどうかをモデル実験を用いて調べてみた。

２．分析方法

縄文遺跡近くから採取した粘土を厚さ１cmの板状に成型し、８００度の電気炉で５時間加熱した後におよそ１cm角の立方体にした。この土器片1つに付き、クマまたはイノシシの油を100mg吸着させた。これを、1）土壌中、2）空気中、3）空気を遮断した封管中に保存した。一定期間後に、この土器モデルをCH_2Cl_2 : MeOH=2 : 1 の溶媒とともにソニケーターにかけて脂質を抽出、回収した。これをtrimethylsulfonium hydroxideと反応させてすべてのグリセリドと脂肪酸をメチルエステル化し、FID付きガスクロマトグラフShimadzu GC-14Bで分析した。定量方法には内部標準法を採用した。

3．結果と考察

クマとイノシシの脂質はほぼ同じ組成を持ち、同様の結果を示したので、ここではクマの脂質を例に取って考察を行う事にした。主成分は、C16:0、C18:0、C18:1、C18:2で、その他の成分の総量は、全体の10%にも満たないため、ここでは、主成分のみの検討を行った。

脂質の回収率は図1.に示すように、土壌中に埋めた試料の回収率が一番急激に減少するが、約100日以降になるとほぼ一定の値になった。空気中に保管したものは、比較的緩やかに減少している。しかし、封管中に保管したものはほとんど減少していない。

土壌中に埋めた試料の絶対組成変化を図2.に、また相対組成変化を図3.に示した。飽和のC16:0、C18:0、はわずかしか減少していないのに対し、二重結合をもつC18:1、C18:2は時間と共に著しく減少している。しかし、いずれの場合も、およそ150日以降はほぼ一定となった。空気中に保管したものの回収率と絶対組成変化を図4.に、また、相対組成変化を図5.に示した。土壌中に埋めた試料と同様の傾向がみられるが、C16:0、C18:0は、ほとんど変化せず一定の値を保っている。封管中の試料は、図6.、図7.に示すように一番多く含まれているC18:1が僅かに減少するにとどまり、ほとんど変化していない。

土器に吸着した脂質をグリセリド由来の脂肪酸と比結合脂肪酸の総量として計ると、脂質は、置かれた環境によって組成の変化の度合いが異なることが明らかとなった。また、時間が経つにつれて安定なC16:0、C18:0の割合が増え、逆にC18:1、C18:2の割合が減って行く事が分かった。しかしその変化は一定になる傾向がみられる。組成変化が土壌中よりも空気中の方が著名である事、また図7.に示す様に封管中の試料は組成の変化がほとんどみられない事から、組成を変化させる主たる要因が空気、おそらく空気中の酸素、であると考えられる。つまり、嫌気性条件下で保存された脂質試料の方がより従来の組成を維持しやすい事が示唆された。

図1　土器モデルからの脂質の回収率

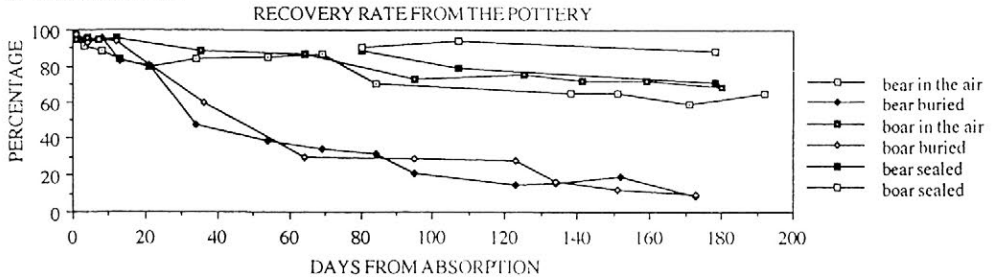


図2　土壌中に保存されたクマの脂質の回収量の変化

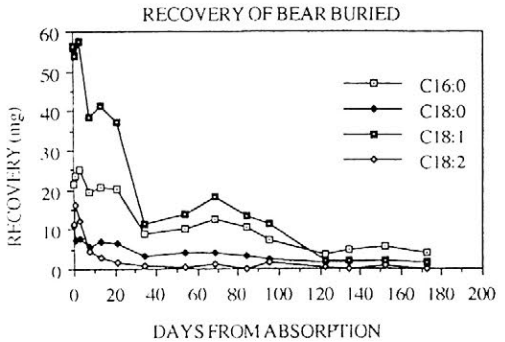


図3　土壌中に保存されたクマの脂質の組成変化

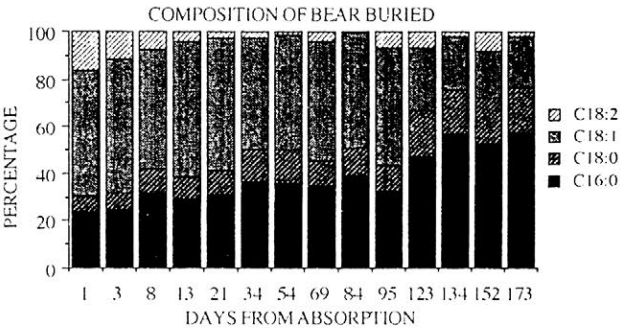


図4　空気中に保存されたクマの脂質の回収量の変化

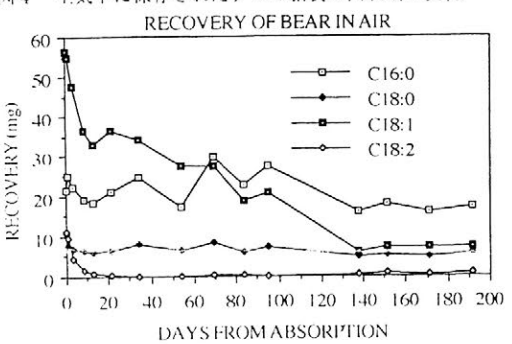


図5　空気中に保存されたクマの脂質の組成変化

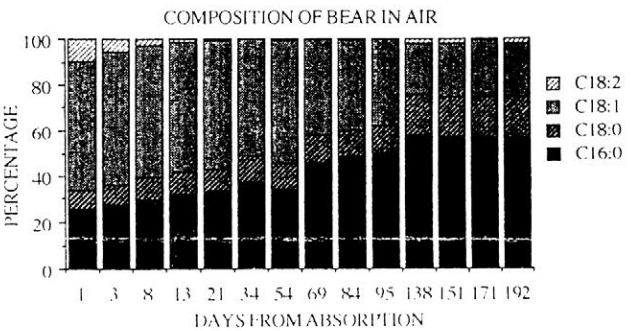


図6　封管中に保存されたクマの脂質の回収量の変化

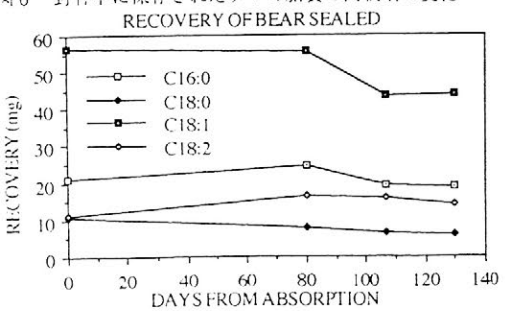
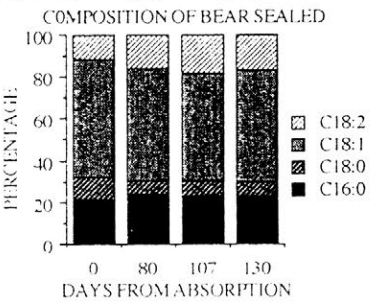


図7　封管中に保存されたクマの脂質の組成変化



P75

土器に吸着された脂質の基礎的研究（5）
―土器モデルに吸着された脂質の挙動―

堀内晶子・紺田茂哉
国際基督教大学教養学部理学科

1. はじめに

動植物を構成している主要な生体成分であるタンパク質、糖質、および脂質は一般的に不安定とされているが、脂肪は土壌中で微量ながら残存し、その組成は長い年月を経過しても変化しないという報告もある。[1] 土器に吸着した脂質の場合、土器表面の脂質は微生物等の影響を受けやすいが、土器内部に浸透した脂質は外部からの影響を免れる可能性があるのではないか？ そこで植物種子から抽出した脂質を土器モデルに吸着させ、異なった環境に長期間保存し、環境による脂質の時間的変化・土器表面近くに残留している脂質と土器内部に浸透した脂質の組成変化の違いについて検討した。また、土器周辺の土壌中に存在する脂質を分析し、土器に一度吸着した脂質が土壌に流出する可能性に関しても調べた。

2. 実験方法

粘土を板状に加工し、電気炉で800度・5時間焼き、約1cmに切断したキューブを土器のモデルとして用いた。100mgのツバキ油をキューブに自然に吸収させ、1.土壌中、2.空気中、3.空気を遮断した封管中に一定期間保管した。土器表面近くの脂質を抽出するには、キューブを CH_2Cl_2 : MeOH＝2 : 1に浸し超音波装置を用いて抽出し、土器内部に浸透した脂質は、一度抽出したキューブをさらに粉砕器で粉砕し、キューブと同様に超音波装置で抽出した。土壌中の脂質はソックスレー抽出器を用いてCH_2Cl_2 : MeOH＝2 : 1で一晩抽出した。回収した脂質はTrimethylsulfonium Hydroxideを用いてすべてのグリセリドと脂肪酸を同時にメチルエステル化し、FID付きガスクロマトクラフで脂質組成の同定、定量を行った。

3. 結果及び考察

土器表面近くに残留している脂質の回収率は、図1.に示す様に土壌中に保管した試料が急激に減少し、空気中、及び封管中の脂質は緩やかに減少しており、脂質が土壌への流出している可能性と徐々に内部に浸透している可能性を示唆している。

土壌中の脂質組成は、図2.に示す様に、C18:0・C16:0の絶対量がほぼ一定であるのに対し、C18:1・C18:2が時間と共に大きく減少している。空気中で保管された場合も土壌中と同様の傾向を示すが、図3.の様にC18:0・C16:0の絶対量が増えており、この原因に関しては更なる検討が必要である。また、封管中ではほとんど変化していない（図4中. 右端の "封mer 210" 参照）事から、土器表面近くの脂質は保存される環境によって保存状態が大きく異なることが明らかになった。

土器表面近くに残留している脂質と土器内部に浸透した脂質の組成変化の違いを図4.に示す。土壌中に保管した場合、土器内部に浸透した脂質の方がより従来のツバキの脂質に近く、外部からの影響を免れている可能性が示唆される。空気中では、両者とも組成が大きく変化しており、空気の影響の大きさを示している。封管中の試料はいずれも元の脂質の組成を維持している。土器表面近くに残留している脂質と土器内部に浸透した脂質を合わせると、図5.に示す様に空気中、及び封管中がいずれも約90%回収されたのに対し、土壌中では約60%しか回収されず、土壌中に一部の脂質が流出している可能性がある。さらに図6.に示す様に、土器から約

[1] 中野益男・残留脂肪分析の現状, 歴史口論, 10, 124-133 (1984)

10m離れた地点の土壌中にはC18:2が含まれておらず、C16:0が約70%を占めるのに対し、土器周辺の土壌中はC18:2を含み、またC16:0量も土器から回収された脂質に近いことから、ここでも、脂質が土壌に流失されている可能性が示唆された。

図1・ツバキ脂質の回収率　（土壌中、空気中、および封管中）

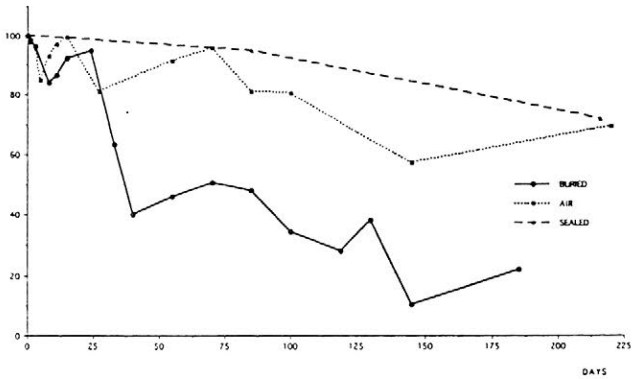


図2・土壌中に埋められたツバキの脂質の回収率と組成変化

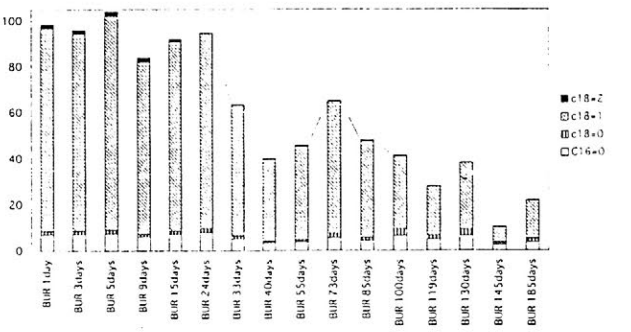


図3・空気中に保管されたツバキの脂質の回収率と組成変化

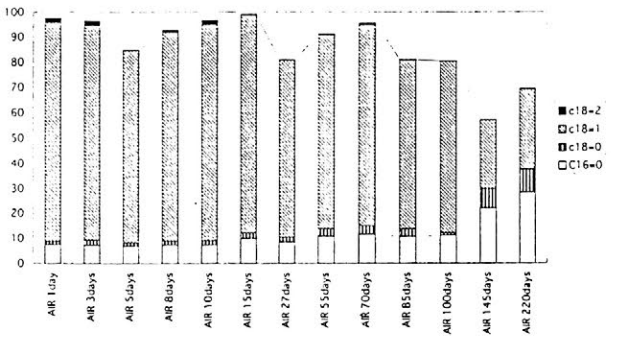


図4・土器表面近くのツバキの脂質(surface)組成と土器内部に浸透した脂質(inner)組成

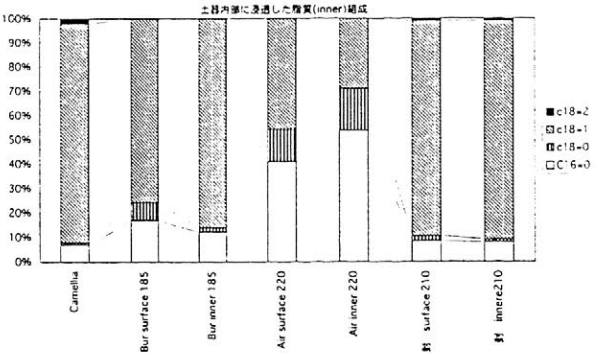


図5・最終的に回収された全てのツバキの脂質
（土器表面近くの脂質 ＋ 時内部に浸透した脂質）

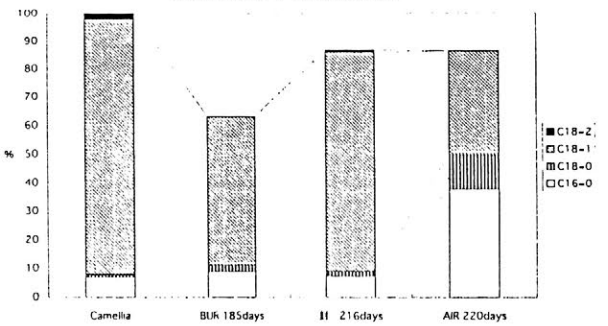
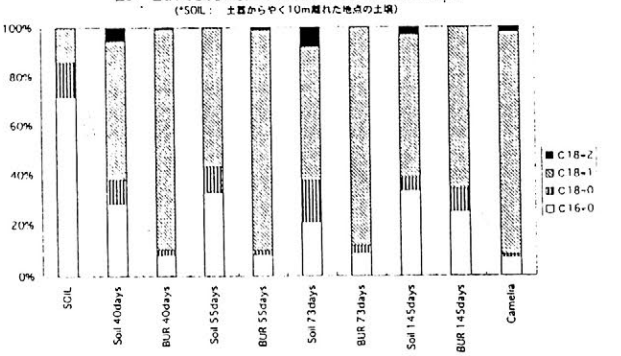


図6・土壌中に埋められたツバキの脂質の組成変化と周辺土壌の脂質組成
（*SOIL：土器からやく10m離れた地点の土壌）



P76

赤色顔料で塗彩された銅鐸

魚島 純一（徳島県立博物館）

はじめに

徳島県立博物館のおこなっている銅鐸の自然科学的調査において、赤色顔料が付着した銅鐸が見つかった。蛍光X線分析の結果、当館で確認した3例に付着した赤色顔料は、すべて水銀朱であることがわかった。他の調査例と合わせると、赤色顔料が付着した銅鐸は徳島県内出土のものだけでも4例にのぼる。

銅鐸に付着した赤色顔料は偶然付着したものとは考えにくく、意図的な塗彩がおこなわれていたことが考えられる。このうち、徳島市出土の名東銅鐸では、内区に施された磨きに関連したキズとの関係から、赤色顔料塗彩のプロセスも確認できた。

本発表では、これまでの調査によって赤色顔料での塗彩が明かとなった銅鐸の事例を紹介し、銅鐸の塗彩について若干の考察を付け加えたい。

赤色顔料の付着が確認された銅鐸

これまでの調査等で、赤色顔料の付着が確認されている徳島県出土の銅鐸は、次表の4点である。

名称	出土地	型式	文様	備考
伝長者ヶ原1号銅鐸	阿南市山口町	扁平鈕式	4区画袈裟襷文	魚島1992
名東銅鐸	徳島市名東町	扁平鈕式	6区画袈裟襷文	菅原1996、魚島1997
星河内美田銅鐸破片	徳島市上八万町	扁平鈕式	4区画袈裟襷文	
源田3号銅鐸	徳島市国府町	扁平鈕式	6区画袈裟襷文	三木1950,1971

表：赤色顔料の付着が確認された徳島県内出土銅鐸

伝長者ヶ原1号銅鐸、名東銅鐸、星河内美田銅鐸破片は、徳島県立博物館に設置されたエネルギー分散型蛍光X線分析装置で分析した結果、いずれも赤色顔料が付着した部分から水銀(Hg)が検出された（図）。

源田3号銅鐸は、「内外両面に丹が塗布してある」(三木1950)、「蛍光X線照射による分析からすると水銀朱であることが判明している」(三木1971)と報告されている。

銅鐸の塗彩に関する一考察

銅鐸に付着した赤色顔料は、埋納の際などに偶然に付着したものではなく、意図的に塗彩されたものである。伝長者ヶ原1号銅鐸では、赤色顔料がほぼ全面に確認された。名東銅鐸においても、ほぼ全面に赤色顔料が付着しており、埋納時に下側になっていた面にも赤色顔料の付着が確認できる。源田3号銅鐸では内外両面に付着していることが報告されており、いずれの場合も赤色顔料の散布等にともなう偶然の付着は極めて考えにくい。

また、名東銅鐸では、内区を磨く際についたキズを埋めるように赤色顔料が残存していることが確認できた。このことから、名東銅鐸の赤色顔料による塗彩は、内区の磨きが行われたあとであることがわかる。名東銅鐸の場合、内区はかなり顕著に磨かれてお

り、複数回にわたる磨きがおこなわれたとも考えられ、塗彩も複数回おこなわれたと考えることもできる。赤色顔料が、あたかも拭き残しのごとく残存していることから、塗彩の後、そう時間をおかずに拭き取るようなことがおこなわれたとも考えられる。

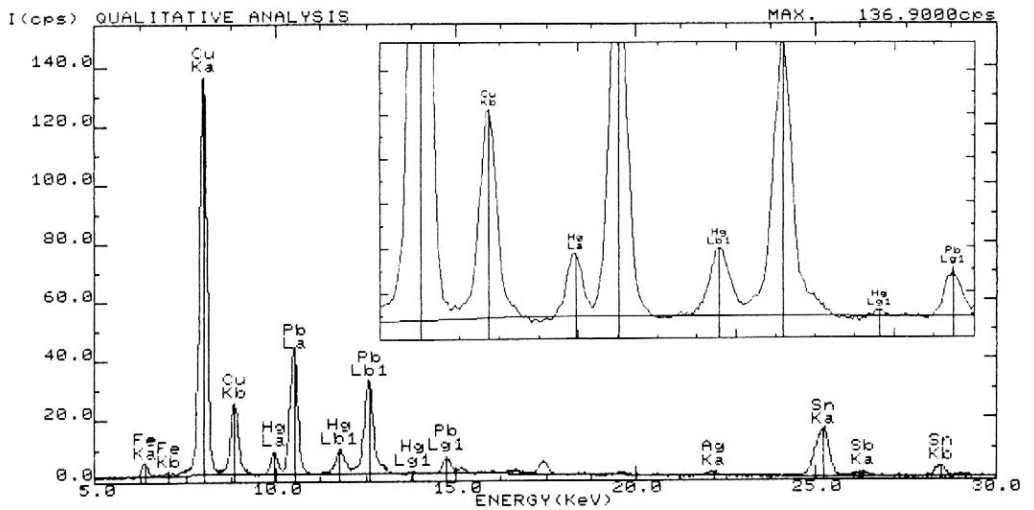
今一つの可能性として、磨き工程そのものに、研磨剤のような役割を果たすために赤色顔料が使われたと考えることもできる。ただし、産地も生産量も限定され、かなりの貴重品として扱われたであろう水銀朱を単に研磨剤として利用したと考えることは少々むずかしい。また、この場合、磨きの痕跡が確認できない他の銅鐸に認められる赤色顔料とは明らかに別の目的で使われたものであることになる。

以上のことから、銅鐸を赤色顔料で塗彩する行為は、銅鐸祭祀の一つであることが考えられる。これが水銀朱の産地の一つである徳島特有のものなのか、あるいは他の地域でも普遍的に見られるものなのか、今後さらに調査を進めたい。

おわりに

銅鐸の自然科学的調査は、銅鐸の特殊性や機器の制限などから、他の遺物にくらべると遅れていることは否めない。

しかし、今後このような視点での調査が進めば、銅鐸の材質や製作技法とともに、赤色顔料で塗彩することが普遍的なものなのか、それとも限られた地域のみでおこなわれたことなのかなど、銅鐸祭祀に関するさらに多くのことも判明するであろう。



図：名東銅鐸赤色顔料付着部分の蛍光X線分析スペクトル（右上は部分拡大）

【参考文献】

三木文雄　1950　阿波國名西郡源田出土の銅鐸とその遺蹟　考古学雑誌36巻２号　日本考古学会

三木文雄　1971　阿波国長者ヶ原出土と伝える二個の銅鐸　MUSEUM 239号　東京国立博物館

勝浦康守　1990　名東遺跡発掘調査概要　名東遺跡発掘調査委員会

魚島純一　1992　エネルギー分散型蛍光X線分析による伝長者ヶ原銅鐸の表面顔料の調査　徳島県立博物館研究報告第２号　徳島県立博物館

菅原康夫　1996　銅鐸を考える－徳島編－　高校地歴第32号　徳島県高等学校教育研究会地歴学会

魚島純一　1997　徳島県立博物館における赤色顔料の調査　保存科学研究集会1997研究発表要旨集　奈良国立文化財研究所

P77

弥生時代の朱の原料

－福岡市比恵遺跡群出土の辰砂－

本田　光子（別府大学）

はじめに

福岡市比恵遺跡で出土した暗赤紫色の砂礫約 800g を蛍光X線分析、X線回折分析により調査した所、辰砂であることがわかった。辰砂は朱の原料であり、朱は弥生時代以降西日本を中心に墳墓や、器物の赤彩に多く使用されているが，今までその原料は徳島県若杉山遺跡採掘例しか知られていなかった。弥生時代の朱の原料として重要な出土例であると考えられるので紹介したい。

試料

土が付着した状態のものを水洗いして試料とした。土には大量の微粒のものが含まれているので、水洗は注意深く行い、土と暗赤紫色の粒を分離した。なお、水洗した試料は一部であり、大部分は出土時の状態、様子等を残すためにあえて水洗しないままおいてある。

外観色は暗赤紫色で、破砕された面が摩耗したような塊状である。摩耗していない破断面は黒紫色でやや金属光沢がある。白色陶板での条痕色は鮮やかな赤色であった。大粒のものについて比重を測定した所、約８であった。

蛍光X線分析

堀場製作所（株）製 MESA-500 を用い、15kV-440 μ A；50 秒、50kV-20 μ A；50 秒、真空、の条件で行った。

主成分元素としては、水銀と硫黄が検出された。他には珪素、アルミニウム、鉄等が検出されたが、砒素は検出されなかった。

X線回折分析

理学電気（株）製X線回折装置 RINT2000 を用い、測定条件はX線管球；銅回転対陰極、印加電圧；50kV、印加電流；200mA である。

辰砂（Cinnabar：赤色硫化水銀、六方晶系）が同定された。黒色の辰砂（Metacinnbar：黒色硫化水銀、立方晶系）は認められなかった。

分析結果

X線回折分析の結果、試料は辰砂であることが同定され、蛍光X線分析においても、試料は水銀と硫黄からなることがわかった。以上の分析結果から、比恵遺跡 57 次調査で出土した暗赤紫色の砂礫は辰砂という鉱物で、その成分は硫化水銀であり、朱の原料であることが明らかになった。

辰砂の出土例

朱は、日本列島では縄文時代後期より、土器や木器その他の装飾に漆等の固着剤を使用して他の赤色顔料であるベンガラと共に用いられている。これらの赤色顔料を製造、精製する道具類（石臼、石杵、貯蔵容器等）は出土しているが、朱の原料となる辰砂は出土していない。三重県森添遺跡では朱付着の道具類多数の出土および地理的環境から、大和水銀鉱床の伊勢地方産辰砂を原料として朱を製造、精製していたと考えられているが、辰砂そのものは出土していない。弥生、古墳時代には、朱は器物の装飾の他に墳墓での大量使用が行われる。弥生後期には、特定の木製品への朱塗りや、内面朱付着土器・L字状石杵等いわゆる朱関連の遺物が増大する。朱の原料となる辰砂は、生産地である徳島県若杉山遺跡で製造、精製道具類（石臼、石杵、貯蔵容器等）と共に出土している。しかし、この若杉山遺跡出土の辰砂は、母岩の表面に薄く認められるもので、本例や三雲遺跡出土例と外観は全く異なる。しかも朱を得るためには、はるかに効率が良い状態であり、移動・運搬にも適した形状である。

おわりに

本資料のような外観は、露頭の辰砂が風化され付近の沢、川等に堆積している「砂辰砂」と呼ばれている（大きい粒は「芋辰砂」と呼ばれている）ものに似ている。産出地については今の所不明としか言えないが、今後は出土朱と出土辰砂および産地ごとの辰砂について、鉱物学的な顕微鏡観察等による情報を細かく得ることが課題である。

また、このようなタイプの物は本例のようにまとまった状態で一定量が出土する場合はともかく、小細粒でしかも一粒、二粒といった僅かな量の場合、調査時に見落とされる可能性がないとはいえないであろう。本資料が今後多くの機会に公開され、発掘調査関係者の理解の一助となることを望み、類例に期待したい。

X線回折分析については九州産業大学総合機器センターに依頼したもので、ご協力いただきました同古賀啓子博士に感謝いたします。

P78

油滴天目釉の斑点構造に関する科学的研究

○田村　哲（愛知県陶磁資料館）・高井隆三（滋賀県立窯業試験場）・中島　孝（同）
・鈴木　稔（帝京大学山梨文化財研究所）・杉下龍一郎（東京芸術大学）

はじめに

油滴天目茶碗／曜変天目茶碗は釉表面に形成されている斑点形成が美しいとされ、桃山時代の茶の湯の世界で賞揚されていた。当時の陶工達の技術を再現する努力が近年盛んに行われ、黒色の釉表面に銀色の斑点を安定して形成させる焼成法が開発された。本研究では、これら銀色斑点について科学的に究明しようとした。実験はその焼成法を用いて、同一の信楽土胎土に同一の釉（図１）を施した試料を焼成することから始めた。焼成温度や酸化／還元といった焼成雰囲気を変化させて焼成し、条件毎に試料を炉から順次取り出した。試料それぞれの釉表面の斑点構造や釉の呈色が変化しており、これらの違いは電子線マイクロアナライザ、X線回折、偏光顕微鏡観察、微小部蛍光X線装置を用いて釉表面の斑点構造、釉成分元素の測定を行い考察した。測定値については測定箇所によるばらつきが大きかったが、今後の天目釉の元素測定に関する基礎的情報を得ることができた。

焼成及び測定

◇　焼成：

◆　温度設定の容易な電気炉を用いた。
（酸化焼成専用の炉であるために還元焼成は下方からガスバーナーの炎を挿入し、調節した。焼成条件（表１）の変化毎に16点の試料を炉から順次採取した。）

◇　測定：

◆　微小部蛍光X線装置を用いて鉄を含む主成分元素７種類について元素分布を測定した（マッピング測定）。

◆　偏光顕微鏡を用いて釉表面や釉断面の各焼成条件における斑点とその周辺の釉基質（ガラス状になっている所）の構造変化について薄片観察し、化合物の同定を行った。

◆　電子線マイクロアナライザ（EPMA）及びX線回折を用いて微小部の観察、元素／結晶測定より釉中の結晶同定をした。

結果

◇　**各焼成過程を考慮した斑点の構造について**

焼成過程は焼成条件の違いから酸化焼成、還元焼成、再び酸化焼成の３種類に大別できた。

…焼成過程１での生成物　（試料４～６）

焼成温度が1260℃に達してから１時間経過した時点で取り出した試料４は、釉全体が激しく発泡した試料３と比べて釉表面の平滑化が始まっており、この様子から斑点形成が安定し始めたと推測した。

マッピング測定から斑点形成部には鉄が集中していることが分かった。薄片の顕微鏡観察でこの試料の釉表面に形成された斑点は焼成中に完全に酸化されたFe_2O_3粒子が析出し、発泡作用によって集合体を形成した。そして試料の取り出しによって冷却され、釉表面に固定されたと推測した。

…焼成過程２での生成物　（試料７、８）

酸化焼成雰囲気から還元焼成雰囲気に切り替えることで焼成過程１で形成された釉表面の斑点は消失し、釉表面は一様な黒色ガラス状であった。1100℃で取り出した試料８の方は1260℃で取り出した試料７より黒色化が進んでいた。

釉表面の斑点は消失したが、断面の顕微鏡観察、マッピング測定の結果から鉄は表面のすぐ内部に集合した状態で分布していることが分かり、後の焼成過程３で銀色斑点を形成する原因になると推測した。このことから、還元反応によって釉表面のFe^{3+}がFe^{2+}に還元されガラス層に融け込み、形成していた斑点が消失して黒色ガラス層が表面一様に広がった状態であると説明することが出来る。釉表面を拡大して観察すると、青白い星状の粒子が見られたが、釉全体にマグネシウムが点在しており、これが鉄と結び付き焼成過程３に述べる核になると考えた。これについては次の焼成過程３で述べる。

…焼成過程３での生成物　（試料９～16）

1100℃における酸化焼成の状態を3分間維持すると明確な銀色斑点が成長した。この3分間の斑点形成反応について詳しく検討したところ、斑点の中心にある核から羽根状結晶が放射状に成長し、斑点形成の原因であった。マッピング測定の結果から鉄以外にカルシウムの濃縮も斑点部分でみられ、斑点の銀色化にカルシウムが関わっていることが分かった。

試料の顕微鏡観察、EPMA測定から銀色斑点の中心部に核が検出され、この核にマグネシウムに富んでいる事を理解した。さらにX線回折測定を行ったところ、鉄－マグネシウムスピネル［$FeMgO_4$］と鞭石［$(Fe, Mg)SiO_3$］の結晶が得られた。ただし、この結果とカルシウムとの結び付きで斑点が銀色になる仕組みについては未だ把握できず、これからの研究課題である。

$$\left.\begin{matrix}0.21KNaO\\0.55CaO\\0.24MgO\end{matrix}\right\} 0.90Al_2O_3 \cdot 4.44SiO_2$$

$$+ \quad Fe_2O_3 \quad 約5\%含有$$

図1：油滴天目釉薬（ゼーゲル表示）

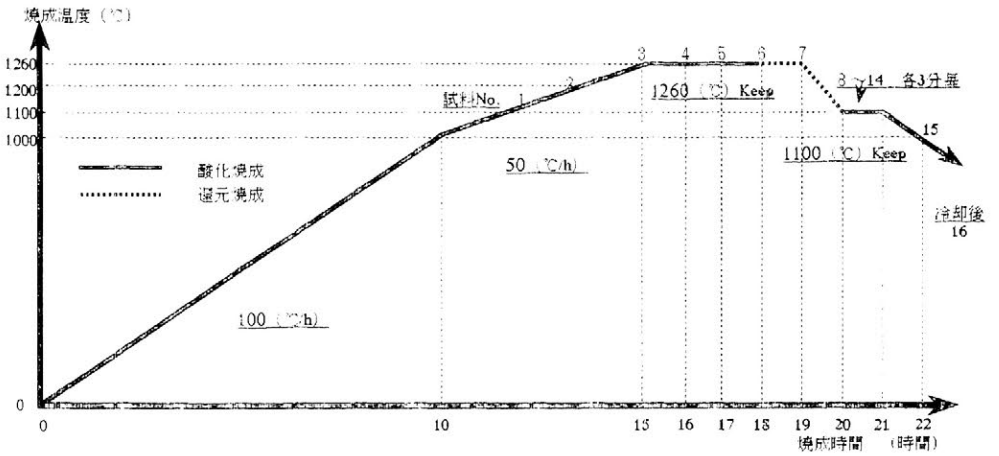


図2　試料一覧（図中の数字は取り出した試料番号）

斑点形成過程	測定箇所	Na_2O(%)	MgO(%)	Al_2O_3(%)	SiO_2(%)	K_2O(%)	CaO(%)	MnO(%)	Fe_2O_3
1	斑点内部	1.0	11.0	11.8	20.1	1.7	1.4	0.0	51.2
1	斑点外部	2.0	1.8	13.3	69.5	5.4	2.5	0.0	5.5
2	均質面素地	0.6	0.0	11.1	73.3	7.3	2.2	0.0	5.6
2	均質面内粒子	0.0	0.0	8.4	81.3	5.3	1.4	0.0	3.2
3	斑点成長部（外郭）	0.5	2.1	12.1	56.8	4.9	2.5	0.0	21.1
3	斑点中心部（核）	1.2	19.0	12.5	42.5	1.6	0.2	0.3	20.0
3	羽根状結晶糸	1.3	20.6	13.4	42.5	2.0	0.4	0.0	17.3
3	斑点外部	1.2	1.2	14.1	67.9	6.0	0.0	0.0	6.9

表2：EPMA(EDX)結果

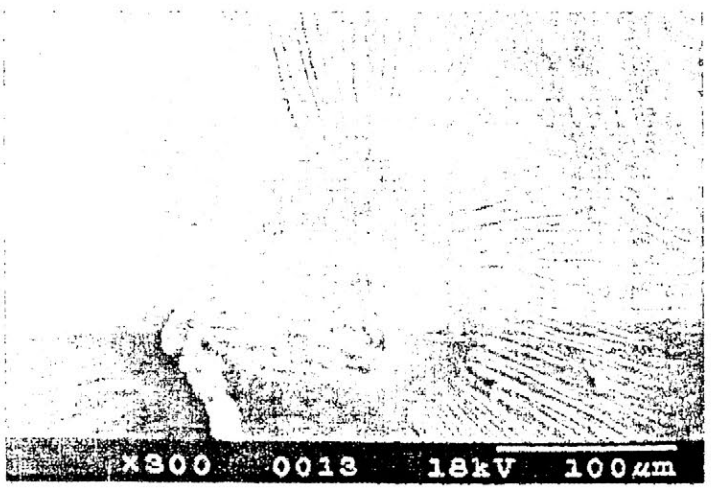


図3：焼成過程3斑点形成中心部の電子顕微鏡像

P79

遺跡にかかわる火山灰中のクリストバライト

松崎琢也（岡山理科大学理学部）、新東晃一（鹿児島県立埋蔵文化財センター）
白石純（岡山理科大学自然科学研究所）、三宅寛（岡山理科大学理学部）

昨年につづき遺跡から採取された火山砕屑物堆積層を構成する火山灰について、シリカ鉱物の多形３種 ── クオーツ（石英）、トリディマイト（鱗珪石）、クリストバライト（方珪石）── の消長、なかでもクリストバライトに特に注目して研究を進めているが、現在までに得られた結果を報告する。

（1）上野原遺跡（鹿屋市上野原町）
　第５層 b -アカホヤ- [鬼界] 6,300 ／第 10 層-薩摩- [桜島] 11,500
（2）桐木遺跡（曽於郡末吉町）
　第Ⅴ層 b -アカホヤ- [鬼界] 6,300 ／第Ⅸ層-薩摩- [桜島] 11,500
（3）前原遺跡（日置郡松元町）
　アカホヤ火山灰層 [鬼界] 6,300 ／薩摩火山灰直上層 [桜島] 8,000（推）
　薩摩火山灰層 [桜島] 11,000 ／岩本火山灰層 [姶良] 16,000（推）
（4）前山遺跡（日置郡松元町）
　前山第Ⅷ層 [姶良] 22,000（推） 図 2
（5）帖地遺跡（指宿郡喜入町）
　大隅降下軽石層 [姶良] 22,000（推）／入戸火砕流堆積物層 [姶良] 22,000（推）
（6）池崎遺跡（指宿市池崎町）
　池田火砕流層 [開聞岳] 5,500
（7）片野田遺跡（指宿市十二町）
　池田軽石層 [開聞岳] 5,500
（8）北海道千歳地区（千歳市）
　支笏ベース層 [支笏] 33,000（推）／恵庭上部層 [恵庭岳] 14,500（推） 図 3
　恵庭 a 層下部 [恵庭岳] 14,500（推）／樽前 c 層 [樽前山] 3,000（推）
　樽前 d1&d2 層 [樽前山] 9,000（推）
（9）蒜山地区（岡山県真庭郡）
　花園・塩釜・富山根・馬橋 AT（八束村） [姶良] 22,000（推）
　上湯船 AT（川上村） [姶良] 22,000（推） 図 5
（10）大山地区（鳥取県）
　大山倉吉軽石層 DKP（倉吉市秋喜） [大山] 50,000
　三瓶山木次軽石層 SKP（大山町香取） [三瓶山] 15,000 ～ 4,000
（11）遺跡以外の降下火山灰
　阿蘇山：現降下火山灰 図 4
　桜島：現降下火山灰
　有珠山：1977 年 8 月噴火時の降下火山灰 図 1
　九重硫黄山泥流層・上部層・中部層・下部層：1993 年噴火時の降下堆積物

火山灰の粒径についての定義は、4mm 以下（Wentworth,1932）、2mm 以下（Fisher,1966）といった説があるが、未粉砕で熱燐酸処理可能限界の 75μm を上限（一部 125μm と変更）とし、EPMA による化学分析・偏光顕微鏡観察・電子顕微鏡観察最適限界の 20μm を下限とし試料を調整した。

（Ⅰ）昨年すでに現在の桜島降下火山灰とアカホヤ火山灰層にはトリディマイトの存在を報告したが、北海道千歳地区および蒜山・大山地区においてはトリディマイトは現在まで未確認である。熔岩中にトリディマイトの存在する大山でも火山灰中には未確認である。
（Ⅱ）北海道千歳地区でのクリストバライトの量は支笏ベースにおいて 33,000 年前のものであるにもかかわらず粒径が大きいものが多い傾向が見られるものの、他の樽前山起源や恵庭岳起源においては年代が古くなるに従って粒径の大きいものが少なくなるなど、クリストバライトの分布は九州地方と同様の傾向にあり、また大山起源や三瓶山起源においてもクリストバライトが認められることから、我が国の第四紀のこの時期の火山灰中には、ほぼ普遍的にクリストバライトが含まれていることを改めて知り得た。
（Ⅲ）クリストバライトの $d_{(101)}$ 値は北海道地区まで含め 4.00 ～ 4.08 Å の範囲に測定された。火山性堆積物からの土壌中に残存するクリストバライトには高温生成起源（$d_{(101)}$=4.10 ～ 4.11 Å）と低温生成起源（$d_{(101)}$=4.06 ～ 4.07 Å）の両起源のあることが報告されている（Mizota,C.,et

al.,1987)。低温生成起源の域を越えるものもあるが、高温生成起源のものは依然発見されていない。

（IV）姶良カルデラから約 600km の蒜山地区の火山灰については鹿児島地区ほど顕著にクリストバライトを確認できず、石英がかなり卓越する傾向を示すが、いずれについてもその量は鹿児島地区に及ばない。

（V）クリストバライトと石英の共存が認められる試料では、すべて石英が卓越しており、一方それに対して現在の降下火山灰および火口付近の試料においてはクリストバライトが卓越する傾向にある。

（VI）クリストバライトの量は阿蘇山、桜島、有珠山においては粒径の大きいものが圧倒的に多い傾向を示すのに対して遺跡から採取した試料ではそのような大粒は見られず、また年代が古くなるに従って粒径が小さくなる傾向が見られる。

（VII）クリストバライトのみならず分級した試料の重量比についても、粒径 25μm 以下に注目すると年代の新しい池田軽石層および池田火砕流層から年代の古い大隅降下軽石層および入戸火砕流堆積物層にかけて徐々に多くなっており、年代が古くなるに従って粒径が小さくなることを示している。これらのことから火山灰の細粉化の進行は認められるがこれが直ちに熱水作用によるクリストバライトから石英への移行（Hukuo,K., et al.,1983）とは考えられず、少なくとも前記遺跡では熱水等による埋蔵物の変質は考えられない環境であったと推論できる。

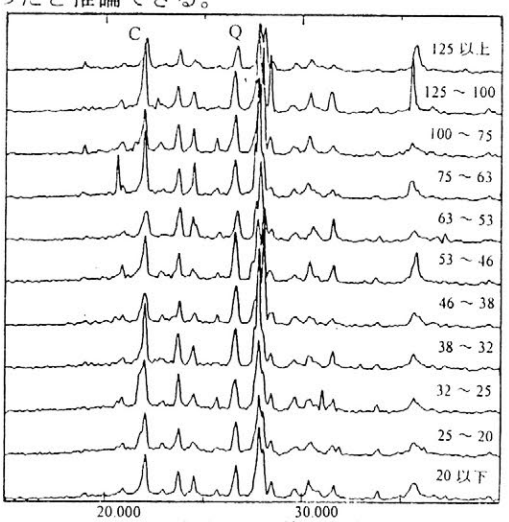


図 1　有珠山のＸ線測定結果

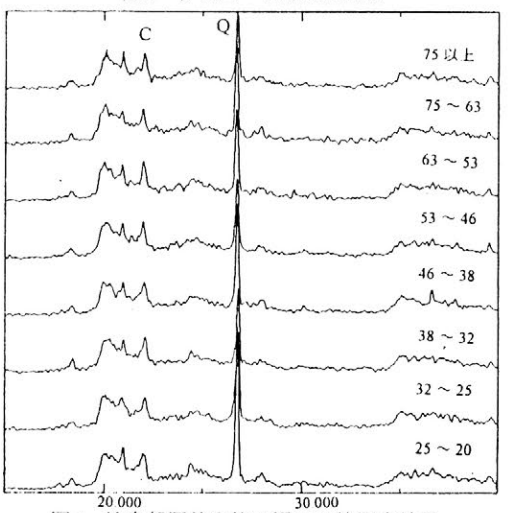


図 2　姶良起源前山第Ⅷ層のＸ線測定結果

図 3　恵庭上部層の重量比

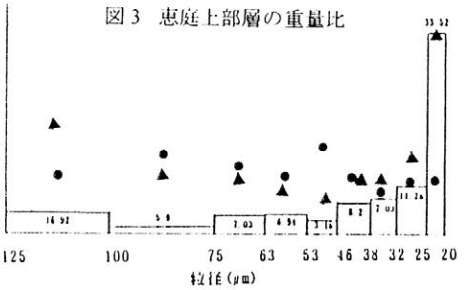
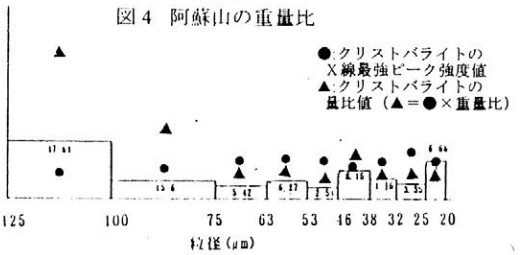


図 4　阿蘇山の重量比



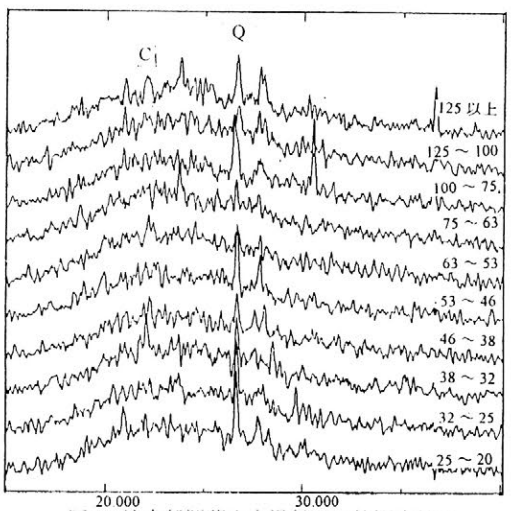


図 5　姶良起源蒜山上湯船のＸ線測定結果

P80

埋蔵文化財の修復に関する一試案（土器類を中心として）

比佐陽一郎（福岡市埋蔵文化財センター）

はじめに

埋蔵文化財は長年土中に埋もれている間に腐食や破損する場合が殆どで、出土後その姿を将来に残し、また資料として活用するために、科学的な処置を施す「（狭義の）保存処理」や、破片を接合し欠損を補填する「修復」が必要となることは周知の通りである。保存処理については様々な材質を対象に研究が進み、その理論や方法に関して活発な議論が行われていのに対し、修復の分野では、それについて論じられた成果は少ないように思われる。その為か実際に博物館等の展示資料を見たときに、資料として非常に扱いにくい修復の施された例が多いように見受けられる。筆者も日頃から保存・修復に携わる者として自戒の念も込めて、埋蔵文化財の修復について基本に立ち返り考えてみたい。

なお埋蔵文化財には様々な材質があり、修復という作業はどのような材質にも共通するものであるが、ここでは特に修復への依存度が高く、埋蔵文化財として最も基本的且つ普遍的な遺物である土器を用いて方法論の提示を行いたい。

問題の所在

問題は極めて単純で，修復における理論的な部分での議論の中心は、修復部分を判別できるようにするか否かという部分に集約されるであろう。しかし議論するまでもなく埋蔵文化財の扱いに関する概説書には、「着色部分と現存部分を判別しがたくするのは行き過ぎである。学術資料としての遺物の補修は、補修部分と元の部分が識別できるようにする」とある。また加藤有次氏は博物館学の立場から、「観覧者の真偽の思慮をみださない程度に実物色に近い同系色の補色をした方がよい」とされており、違和感のない程度に判別可能にするという意見で一致している。これについて異を唱える余地は無いものと考える。[1] このような大前提があるにもかかわらず、それに即した修復例の少ない原因については、下記のような意識が関連しているものと考えられる。

（1）修復という行為をマイナスのイメージでとらえる考え方。

（2）修復箇所を判別できないようにすることを高い技術とする考え方。[2]（これも復元部や接合の痕跡を否定的にとらえていることに起因している。）

更に突き詰めると、材料的な問題に行き当たる。現在土器修復では明治以来の石膏が最も普及している。近年その欠点が指摘され、合成樹脂による代替材料が複数提示されているが、安価で扱いやすいという部分でこれに勝る材料はなく、大勢に変化は見られない。しかしこの石膏が、修復箇所をマイナスにとらえさせる要因となっているといっても過言ではない。先学によって既に指摘されている問題点とも一部重複するが、粘度と質感の問題が深く関わっていると考える。第一に石膏は粘度が低く壁面に盛りつけても流れてしまうため、欠損部分に流し込むといった使い方しかできず、結果として実物と補填部分の境目が完全に埋まってしまう。このように修復された土器では、接合箇所では破片同士の接合痕（目地）がはっきり見えるのに、補填部分に至ると突如として目地が消え、非常に違和感のある外見となってしまう。更にこの違和感を解消するために、接合痕（目地）を埋めようとして逆に補填材が余分にはみ出すなど、逆効果になっている例を度々目にする。第二に硬質の陶磁器等を除いて、根本的に多孔質の土器とは質感が異なりすぎる。これは違和感のないという範疇には収まりきらない差と考える。

このように石膏は「違和感のない程度に判別できる修復」には不的確であり、上に掲げた二つの違和感の解消を目指す動きが、修復箇所の判別不能化に直結していると思われるのである。

対策

本来ならばここで「違和感のない程度に判別できる」修復材料を示すべきであるが、理論的な部分をより際立たせるために、今回は材料面の詳細には触れず、方法の提示に止めることをご了解いただきたい。[3)]

方法としては、目地を隠すのではなく逆に積極的に利用することで補填箇所を識別可能にする。具体的には、補填材に粘土状の高粘度合成樹脂を用いて実物と補填部分との間に意識的に境目＝目地を作り出す。更に復元部分には実物と異なりながらも違和感の少ない梨地（ザラ目）のタッチを付け、実物と違和感の無い色味の単色を着色する。（詳細はポスター参照）この様な、実物と補填箇所に境目を作り出す修復方法は、他の材質の場合にも適用する事ができる。

修復箇所の違和感さえ解消されれば、必要以上に手間をかけて判らなくする必要もなくなるのである。

ただ現状では石膏に代わる合成樹脂の使用は、金銭的、手間的に、それなりに負担が大きいことから、全ての土器修復に適用することは現実不可能である。しかし、ある程度知名度が高く、人目に触れる機会の多い資料だけでも、誤解を招かない様気を遣った修復を施すべきであり、同じ手間をかけるのであれば判らなくする方ではなく、判るようにする方にかけるべきであろう。

修復部分にばかり目がいく、あるいは見る側のイメージを規制するような過度の修復は避け、あくまでも縁の下の力持ちに徹する姿勢が必要かと考える。何より考古資料として必要なのは実物で、復元部はその補助なのである。

また、どんなに優れた修復材料を用いようとも、理論的な部分が欠落していては結果は得られないことから、修復に携わる各人がはっきりとした目的意識を持って作業を行うことが、より活用しやすい資料の普及につながるものと考える。

主要参考文献

加藤有次1969「博物館資料の修理と製作」『國學院大學博物館学紀要』第2輯

文化庁文化財保護部1966『埋蔵文化財発掘調査の手引き』財団法人国土地理協会

註

1）一部には1．修復記録に修復箇所を記録する、2．表から見えない裏側を無着色とする、3．修復箇所を図示したパネルを展示の際横に置くといった処置をすることで判別不能にしても良いという意見も聞かれるが、1については出版物の図版に利用される場合など、とかく物（資料）だけが一人歩きしがちであり、2は利用の多くが展示ケース越しで、間近に手に取ってみる機会は限定され、3についてはそのような展示が行われている例を目にしたことはなく、いずれも承伏しがたいものである。

2）修復を行っている現場では、この様な考えに基づき、競って本物そっくりな復元部を作り出している感がある。また修復を専門業者に委託する際の発注側も、同じお金をかけるならば「見栄えを良く」するために、修復箇所を判らなくする修復を望む傾向があるように感じられる。

3）今回は充填材を多量に含む粘土状のｴﾎﾟｷｼ樹脂を用いた。軽くて丈夫という長所がある一方、石膏に比べ再修理が困難といった欠点も併せ持ち、必ずしも完璧な材料とはいえない部分もある。ただ違和感のない判別というコンセプトのもとに採用した。

P81

パキスタン・ガンダーラ仏教遺跡保存国際プロジェクト

西浦忠輝（*東京国立文化財研究所*）、増井正哉（*奈良女子大学*）
濱崎一志（*滋賀県立大学*）、海老澤孝雄（*<株>ざ・エトス*）

1．はじめに

パキスタン・北西辺境州のガンダーラ地域は、仏教文化が華開いた地域として歴史的に重要な場所である。多くの貴重な仏教建造物遺跡が残されており、タキシラやタフティバーヒは世界遺産に登録されている。しかし、その多くが盗掘や不適切な発掘で荒らされ、また、発掘後の保存対策が不十分であるため、劣化、崩壊が急速に進行している。更に、地域開発に伴う破壊も進行中である。そこで、ユネスコ日本信託基金による日本とパキスタンとの国際共同事業として「ガンダーラ遺跡保存プロジェクト」が行われている。本プロジェクトは、遺跡地域の現状についての包括的な調査と、パイロット事業を通しての具体的な保存計画の策定を行うものである。この保存修復パイロット事業が行われているのがラニガト遺跡である。ここでは、ラニガト遺跡の劣化状況と保存修復対策について報告する。

2．ラニガト遺跡

ラニガト遺跡はブネール県にあり、花崗岩からなる丘陵上に位置する、南北1100m、東西650mにわたる広大な遺跡である。年代は、その遺物から **A.D.** 1世紀後半～6世紀とされている。遺跡の南部にあたる中心部（南北230m、東西130m）を対象に調査研究を行っている。

3．劣化状況と保存修復対策

3.1 周辺整備

高い丘の上にある遺跡に麓から到達するにはかなりの困難を伴う。そこで登り道の整備を行っている。また、近隣から麓までのアプローチ道路の整備についても調査、計画を行っている。それらに伴い案内板の整備も行っている。保存地域内に家畜（牛、羊、山羊）が集団で立ち入って遺跡が破壊されるのを防ぐために、鉄条網を張り巡らせた。しかし、すぐに穴をあけられ、頻繁に家畜に入り込まれているのが実状である。

3.2 残存構築物の崩壊防止

遺跡の構築物の基本的構成は、多孔質な花崗岩のブロックを積み上げたものである。内部は込め石と土からなり、表面の隙間に結晶片岩からなる平石を段状に挟み込んだ形となっている。雨水によって粘土が流し出されると、平石が弛んで脱落する。平石が脱落すると、構築物は容易に崩解する。発掘された時点で、構造物は、ほとんどの場合上部が崩壊し下層の部分のみが残されている状態で、上部から容易に雨水が浸透し、短期間の内に構造物は崩壊する。そこで、破壊から守るために、残存構築物の上部をセメントコンクリートで覆うことにより雨水の浸透を防止する処置（キャッピング）が行われてきた。ガンダーラ地域の多くの遺跡でこの処置が行われており、その効果は明らかである。つまり、キャッピングされた部分は現在も残っているが、そうでないものは多くが崩壊し、しかも、その崩壊は前述のように極めて短期間（発掘後数年～十数年）の内に起きているのである。しかし、キャッピング材料としてセメント

コンクリートを用いることには異論が多い。その主な理由として、

- キャッピング部分とオリジナル遺跡部分とが不可逆的に接合され、除去するためには遺跡本体を部分的に破壊せざるを得ない。
- セメントに含まれる可溶性塩類が遺跡に影響を与える可能性がある。
- セメントコンクリートの質感が遺跡とマッチせず、遺跡の雰囲気を大きく損なう。

等が挙げられる。そこで、これらの問題を解決し得る方法として、粘土によるキャッピング法を検討中である。この方法は、残存構築物の上部に粘土、石灰、骨材に水を加えて練ったものを塗り付け、乾燥固化後、上層部に撥水性シリコーン樹脂を含浸して、強化すると同時に強力な防水性を付与するというものである。現地で施工実験を行ったが、現在までのところ好結果を得ている。

但し、この保存処置は、あくまで暫定的な対策であり、将来的には抜本的な保存修復対策を考えていかなければならない。

3.3 漆喰層の保存

残存構築物には一部に表面漆喰層が残されている。しかし、それらは不安定で、基体から剥離、脱落しつつある。そこで、漆喰層と基体部の間に水等が入り込まないように、石灰モルタルでシールする処置を行っている。

漆喰層の表面は生物（藻類、苔類、地衣類、黴類）の繁殖により黒化している。そこで、水とプラスチックブラシでクリーニングした後、表面に撥水性シリコーン樹脂を塗布して生物の繁殖を防止する処置を一部で行っている。

3.4 スタッコレリーフの保存

一部の奉献塔の基壇にはスタッコのレリーフが良く残されている。これらは自然劣化（雨、風、日射等）と人為的劣化（盗難、損壊）の危機にある。現在は、基壇の外側に新たな壁を作り、基壇と新壁の間に砂を充填してレリーフ部分を埋め隠した形で保存している。しかし、レリーフ部分は是非見せたいので、基壇部を覆屋で保護して自然劣化から護り、同時にレリーフ前面に金網を設置して人為的劣化から護る方法を計画中である。

3.5 敷石床の保存修復

結晶片岩の平石を敷き詰めた床が発掘時点では良く残されていたが、その後の雨水による土砂の流出に伴い、敷石の多くが失われた。そこで、流出した土砂の替わりにセメントコンクリートを充填し、現在は一応安定した状態にある。これらについては、コンクリート部分を除去し新たに平石を敷くという復元的修復を行う方向で検討中である。ただし、この場合オリジナルの敷石と新補の敷石とが判別できる形で行うべきと考えている。また、床の修復に伴い、雨水の排水溝への流れに合わせた傾斜を作るために、状況に応じて不同沈下した床面の嵩上げも検討中である。

5. おわりに

ラニガト遺跡の保存修復については、上記の他にも構造的補強の問題や、日常管理（草取り、人間や家畜による破壊の防止）の問題等、解決すべきことが多く残されている。これらについては、あらためて報告したいと考えている。

ごく短期間に崩壊しつつある多くのガンダーラ仏教遺跡の現状を考えると、今できる最善と思われる対策を早急に取ることが必要である。しかし、その一方で発掘は依然として行われている。発掘と保存の関係をどうするか。これは我々が考えなければならない大きな問題の一つである。

P82

青森・三内丸山遺跡出土クリ遺体のDNA解析(2)

山中慎介[1)]・岡田康博[2)]・佐藤洋一郎[1)]
1)静岡大学農学部
2)青森県埋蔵文化財調査センター

1. 序論

前回第13回大会において，三内丸山遺跡の約5,000年前のクリ出土遺体のDNA解析の結果，その遺伝的なばらつき(遺伝的多様性)が遺跡周辺半径10km圏内に自生する現存野生のクリ集団のものにくらべて著しく小さいことが明らかになり，出土したクリが栽培行為の産物である可能性について言及した．これは縄文時代に栽培行為が存在していたことを遺伝学的側面から示唆するものであるが，さらにクリの遺伝的多様性の時間的な変化を追うことで栽培化の過程が明らかになるものと考え，5,500年前の出土遺体3集団についても同様の解析を行い，これまでの結果と併せて総合的に検討した．

2. 材料および方法

供試試料には前回の5,000年前のクリ子実20サンプルに加えて5,500年前の42サンプルを用い，前回と同様にDNAを抽出した．これら抽出DNAの特定の領域をPCR法で増幅した後，精製寒天の板の上で電気泳動し，増幅DNA断片を分離した．現れるバーコード状の模様のパターンから遺伝的なばらつきを評価した．またクリ材の建造物の柱(大型堀立柱)6本のうちの3サンプルからもDNA抽出を行い，PCR法により個体識別を試みた．

3. 結果および考察

3本の大型堀立柱を個体識別した結果(図1)，3ぼんともそれぞれ異なる個体に由来することが明らかになったが，PCRによるバンド模様のばらつきは小さく，類似した遺伝的背景をもっていたことが考えられる．

出土クリ遺体4集団のPCRより得られたバンドパターンから，遺伝的多様性を具体的に示す数値に換算したところ，それぞれ0.253，0.271，0.360および0.444となった(表1)．この値は遺伝的なばらつきが大きいほど大きくなる(最大0.5)．現存野生集団の0.436と比較すると，野生集団に近い遺伝的多様性を保持する集団からかなり強い人為的撹乱をうけたと考えられる集団まで，様々な遺伝的構成をもつことがわかった．

出土遺体を年代別に3つのグループに分類して，500年間の遺伝的多様性の変化をみたところ，古いものからそれぞれ0.476，0.356および0.253となり，年代が新しくなるにつれて遺伝的多様性が低くなることが明らかになった(図2)．これは栽培化に伴うクリ集団の遺伝的構成の変化であると考えられる．

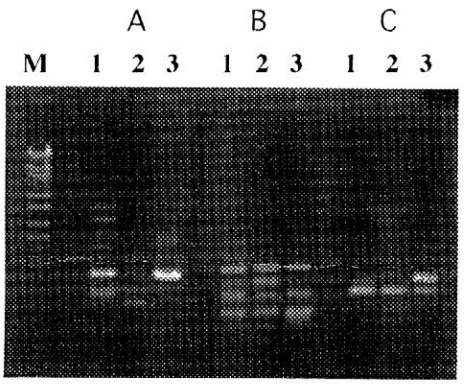


図1. 大型堀立柱3本の(1~3)の個体識別の結果
3サンプルとも3種類の異なる増幅領域(A,B,C)のいずれかで
異なるバンドパターンを示した

表1. 出土遺体4集団と現存野生集団の遺伝的なばらつき

集団	年代	遺伝的なばらつきの値
712 pit	(5,000 B.P.)	0.253
VIIF-74-3 VIa	(5,500 B.P.)	0.271
VIIF-74-3 VIb	(5,500 B.P.)	0.360
VIIF-74-4 VIb	(5,500 B.P.)	0.444
現存野生		0.436

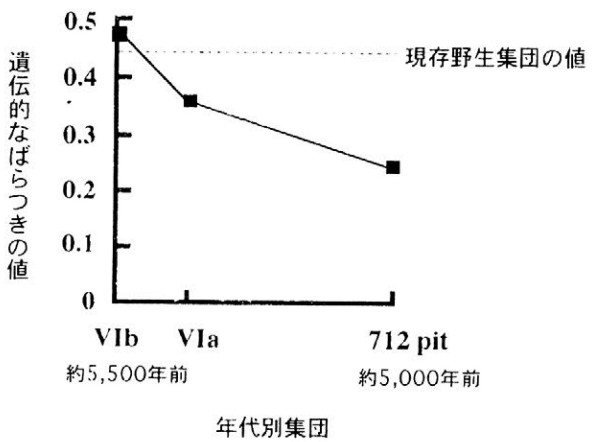


図2. 栽培化に伴う遺伝的なばらつきの時間変化

P83

静岡・曲金北遺跡の水田跡から出土した植物遺体の分析による古代の水田稲作様式の研究

佐藤洋一郎[1)]・豊田幸宏[1)]・佐野五十三[2)]・及川　司[2)]・花森功仁子[1)]
（1．静岡大学農学部，2．静岡県埋蔵文化財調査研究所）

静岡市・曲金北遺跡からは，弥生時代から古墳時代のものと思われる小区画水田が約10000枚出土して話題を呼んだ．これら水田面からは稲のプラントオパールが多量に出土し，そのほぼ全面で稲作が行われていたことはほぼ確実である．演者らはこれら水田区画における稲作のありかたを，出土した植物遺体，おもに雑草種子の面から考えた．

まずこれら区画から97区画を図2のように選び，各区画の2箇所から60mlずつの土壌を採取し，それを4mmから0.25mmまでのメッシュで水洗し植物遺体を得た．そのうち，複数の区画から共通して出土した6種の種子は，その形態およびDNA判定によって種を同定した．出土した種子以外の遺物については乾燥させてその重量を測定した．

6種の種子のうち4種については，それらの形態から，種を表1のように同定した．残り2種については判定を保留した．4種のうち，ヤナギタデおよびコブナグサについては，DNAレベルで現存のサンプルとの相同性が認められた．

これら6種の雑草種子数は区画により大きく異なった．例えばタガラシではm^2あたり0から75700粒に及んだ（図1）．タガラシは，笠原（1967）によると個体あたり平均320個の種子をつけるので，この数値は株数に換算して237株／m^2となる．水田区画ごとの総種子数にもばらつきがあり，かつ，雑草種子の多い区は隣接する傾向があった（図2）．こうしたことを考えると，本遺構の水田区画の一部では，廃絶の寸前には稲作が行われていなかった可能性がある．出土した雑草種子数と，種子以外の遺物量の間には相関はみられず（図略），よって種子の多少は保存状況によるものではなく生産された種子の多少によると考えられる．さらに，遺構中央部には，ヨシの茎が出土する区画があり，この部分でも稲作が行われていなかった可能性がある．

これだけの面積で毎年一斉に水田稲作を行うのは，当時の生産技術から考えて困難であり，また生態系の安定という面からみても妥当性はない．こうした状況から判断すると，本遺跡・遺構では，廃絶の寸前には一部の区画で稲作が行われていたものの，他は放棄されており，シフティング（焼畑）とも言うべき栽培体系がとられていた可能性がある．今後は，こうした栽培体系がまったく人為的にコントロールされていたのか，あるいは何らかの自然要因によるものかの検討を行いたい．

表1　出土した6種の雑草種名

もっとも可能性が高いと思われる和名	学　名
ヤナギタデ	Polygonum hydropiper
タガラシ	Ranunculus sceleratus
コブナグサ	Arthraxom hispidus
オモダカ	Sagittaria trifolia
不　明	
不　明	

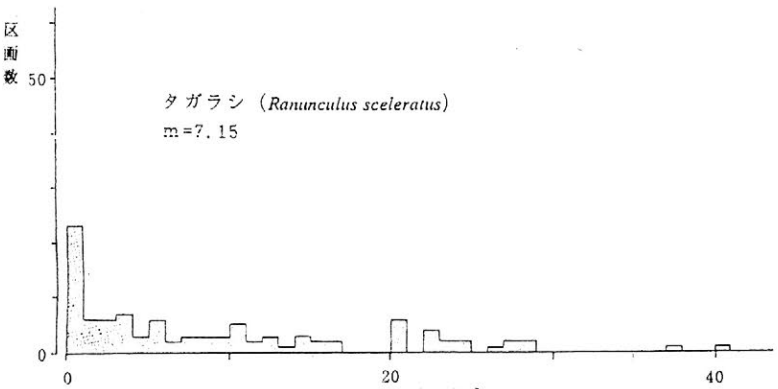


図1　タガラシの出土数の頻度分布

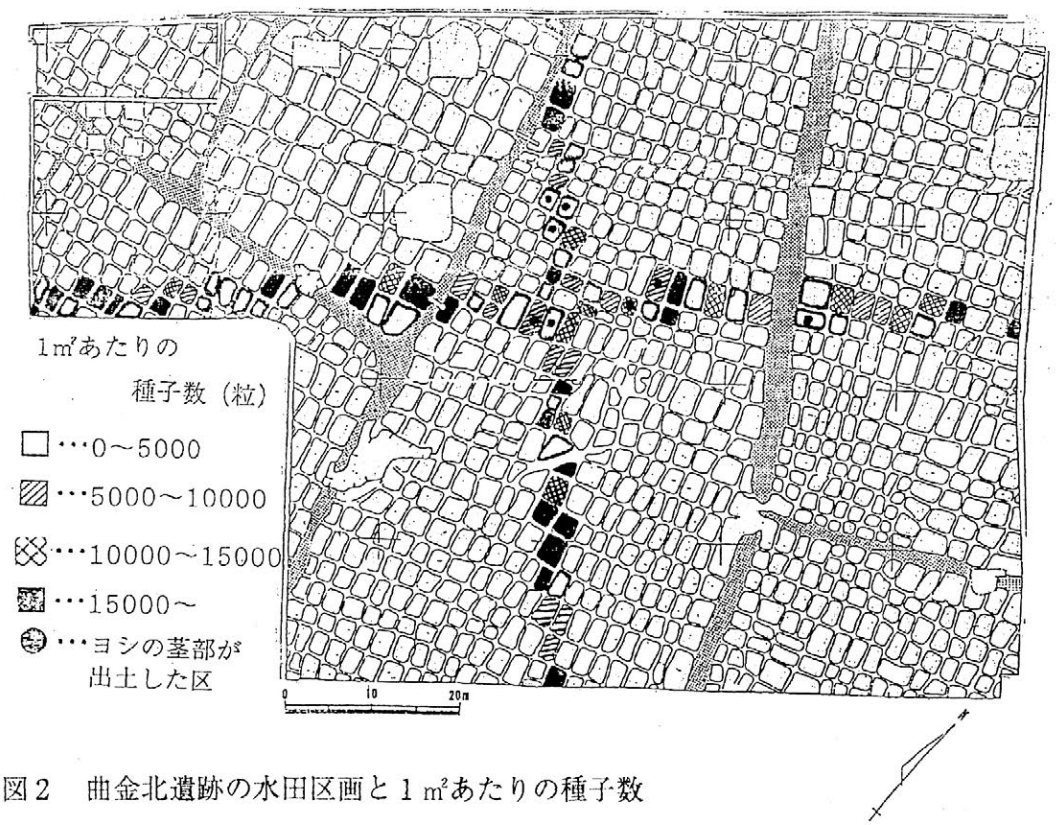
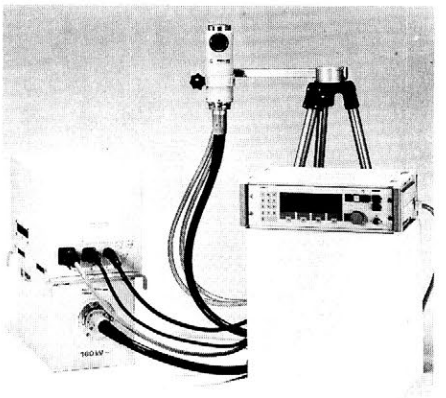


図2　曲金北遺跡の水田区画と1㎡あたりの種子数

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。

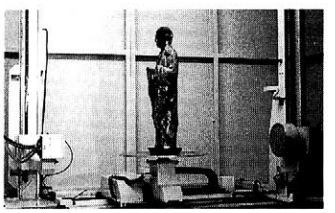
軟X線検査装置
MG105/MG165

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 産業機器事業部/工業X線課
本　　社　〒108 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 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)
[illegible]　〒108 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)

日本フィリップス株式会社産業機器事業部は、本社、大阪支店の、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、非破壊検査の分野でも、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)。

Let's make things better.

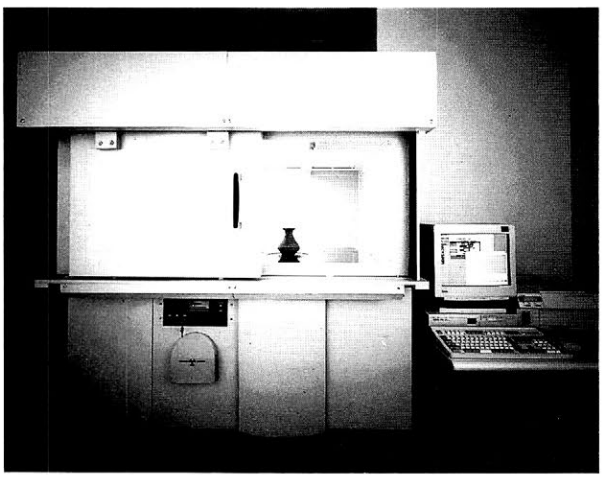
PHILIPS

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 産業機器事業部 X線分析機器部

本　　社　〒108 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 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 福岡市博多区編場町8-23(朝日生命福岡昭和通りビル) TEL(092)282-8108 直通
筑波営業所　〒305 茨城県つくば市竹園2-8-6(つくしビル) TEL(0298)52-9940 代表
[illegible]　〒108 東京都港区港南2-13-34([illegible]) TEL(03)3740-5180 直通

日本フィリップス株式会社産業機器事業部は本社、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、X線分析の分野でも、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)。

Let's make things better.

PHILIPS

XLシリーズ

走査電子顕微鏡(SEM)

新世代の デスクトップ デジタルSEM

MS-Windowsによる フレキシブルな操作環境

観察条件を決定づける各種のパラメータは、つねに最適条件になるよう、オペレーションソフトウェアにより制御されます。したがってオペレータは、条件変更にともなうパラメータの再調整から解放され、ほんとうの意味で、像観察に専念できます。

デジタルスキャンとフレームストア

観察、分析試料の多様化により、もはやアナログスキャン-フレームストアの時代は過去のものになりました。多種多様なスキャンを簡単に実現できるデジタルスキャンニングと、そのフレームストアは、残されていた無蒸着観察に有効な観察条件の可能性を、最大限に引き出します。

コンピュータ制御のモータードライブ 試料ステージコントロールシステム

モータードライブ化されたステージコントロールシステムは、身近なものになってきました。しかしそのいずれも、単にモーター駆動の試料ステージコントロールであったり、ステージ座標を記憶するためのコンピュータコントロールにすぎません。
XLシリーズのモータードライブ試料ステージコントロールシステムは、倍率はもちろん、スキャンローテーション、イメージシフト、X線分析などとシステムインテグレートされた、本当の意味でのコンピュータコントロールを実現しました。

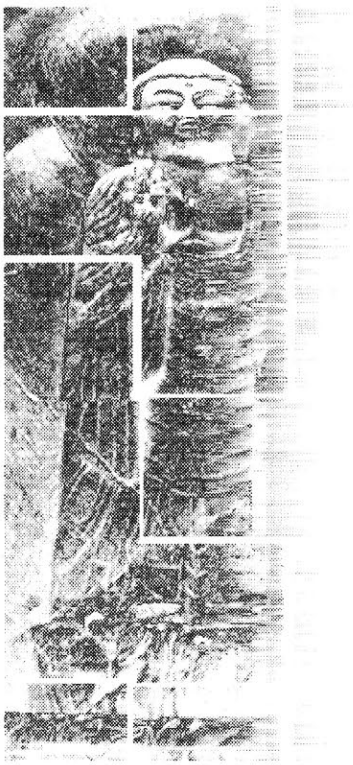
フィリップス エレクトロン オプティックス株式会社

本　　社　〒108 東京都港区港南2-13-34(NSS IIビル)　TEL(03)3740-5176(直通)
大阪支店　〒532 大阪市淀川区宮原3-5-36(新大阪第2ホテル)　TEL(06)350-3884(直通)
九州支店　〒812 福岡市博多区博多駅前3-23(朝日生命福岡駅前通ビル)　TEL(092)282-8108(直通)
筑波営業所　〒305 茨城県つくば市竹園2-8-6(つくしビル)　TEL(0298)52-9940(代表)
[illegible]　〒108 東京都港区港南2-13-34([illegible])　TEL(03)3740-5170(直通)

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)。

Let's make things better.

PHILIPS

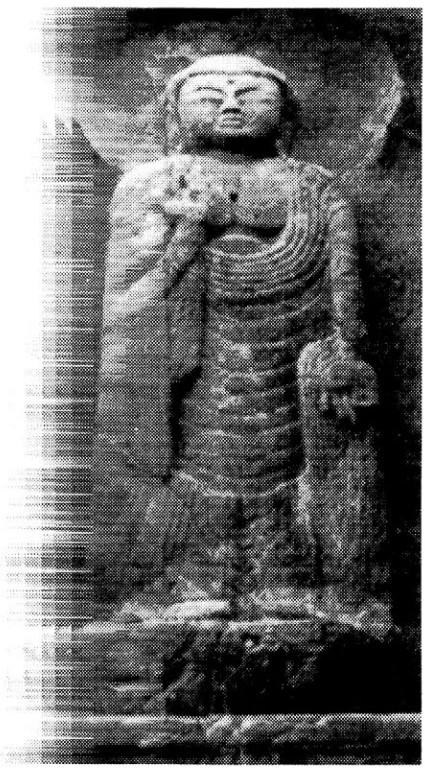


STOP the 風化

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

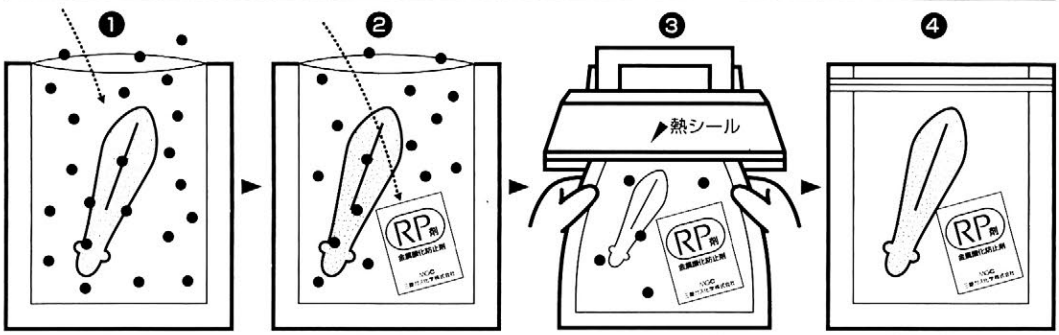
本　　店
〒518-04　三重県名張市赤目町相楽619-1
ＴＥＬ・ＦＡＸ (0595)63−8261

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

金属遺物の保存に
RPシステム®

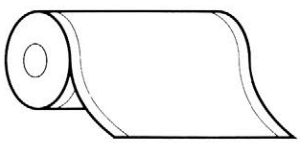
RP剤が容器内の**酸素・水分・腐食性ガス**を完全に吸収除去し、容器内をサビの進行しない空間に保ちます。

RPシステムの方法



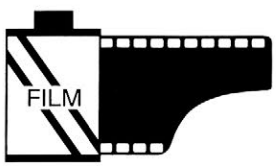
フィルム容器 ——— ◎ハイバリア・エンドレスフィルム「エスカル」

●ロール式のエンドレスフィルム。適当な長さに切って使います。
●酸素、水分に対するバリア性がきわめて高く、10年単位での無酸素・無水分保存が可能です。



金属器以外の文化財保存に ——— ◎RP-Kタイプ

●無酸素保存でカビ、虫害、酸化による変退色を完璧に防ぎます。
●RP-Kタイプは、容器内湿度に影響を与えない脱酸素剤です。
●写真・フィルム・繊維・衣類・書籍・紙製品・染色品・木器類など。



金属器向けの専用マニュアルを用意しております。ご希望があればお送りします。

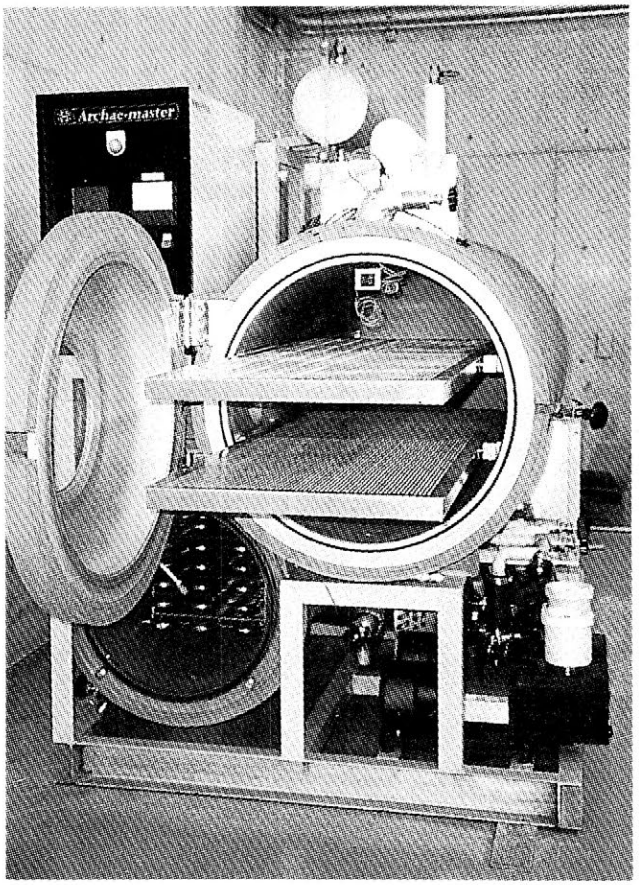
MGC
三菱ガス化学株式会社
新規事業企画開発室　RP班　文化財係
東京都千代田区丸の内2-5-2三菱ビル　〒100
TEL 03-3283-5168　FAX 03-3283-5185

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(バジリク)、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
工場／〒635 奈良県北葛城郡広陵町大野422

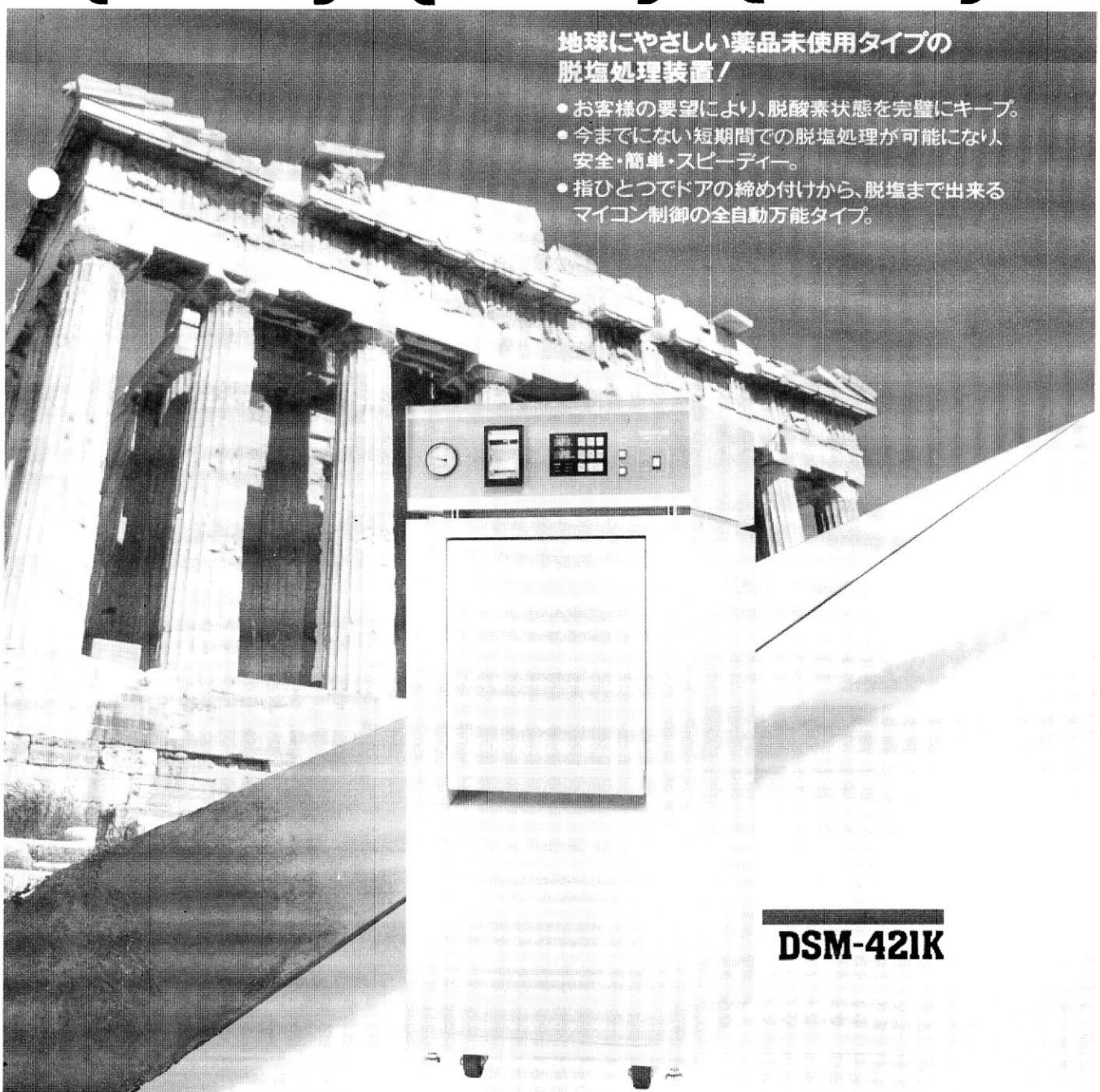
MITSUWA RIKAGAKU

脱塩処理装置

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

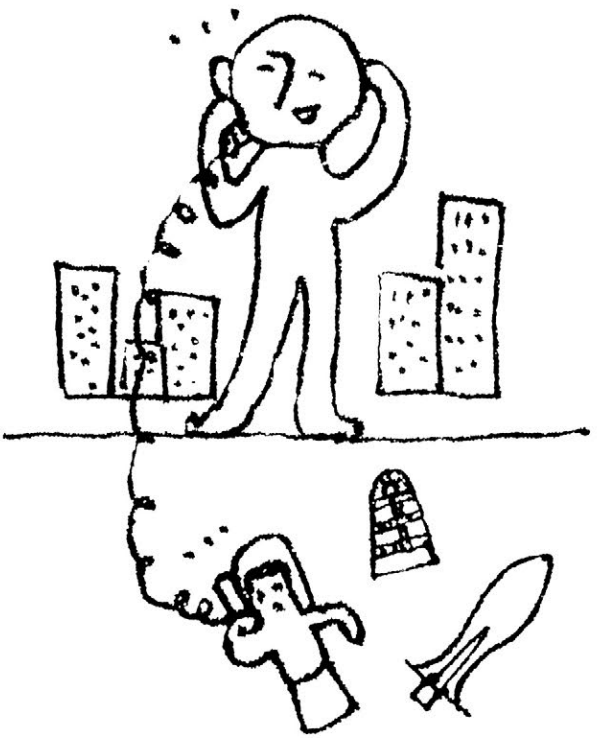
販売元 三ツワ理化学工業株式会社
お問い合わせ先　本社 プロジェクト室 TEL 06-351-9683／FAX 06-351-6377
本　社　〒530大阪市北区天満1-11-1　TEL 06-351-9631/FAX 06-351-9694
支店：東京・宇部／営業所：千葉・滋賀・奈良・岡山・広島・周南・大分

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　☎(048)735-1241代

ありがとう創立40周年

過去と現代の情報をつむぐ応用地質です。

私たちは長年培ってきた探査技術を考古学に適用し、埋蔵文化財の保護と国土開発の調和に貢献します。
地質・土質・環境・分析・設計などの各分野での豊富な経験と知識を活かし、総合的に文化財に取り組みます。
調査結果を公園設計に活かし、遠い昔を未来に向けて表現します。



■文化財調査　●歴史公園の設計・整備●石造文化財の保存・修復●石材の産地同定（蛍光X線分析）●古環境調査
■遺跡探査　●地下レーダ探査●磁気探査●電気探査（比抵抗映像法、比抵抗マッピング法）●電磁探査●その他

社会のために、私たちにできること

応用地質株式会社
〒102 東京都千代田区九段北4-2-6
TEL(03)3234-0811

■問い合せ先
●札幌支社　011-863-6711
●東北支社　022-237-0471
●東京事業本部　03-3946-3111
●北信越支社　025-274-5656
●中部支社　052-793-8321
●関西事業本部　06-384-5105
●中国支社　082-921-1161
●四国支社　089-925-9516
●九州支社　092-591-1840

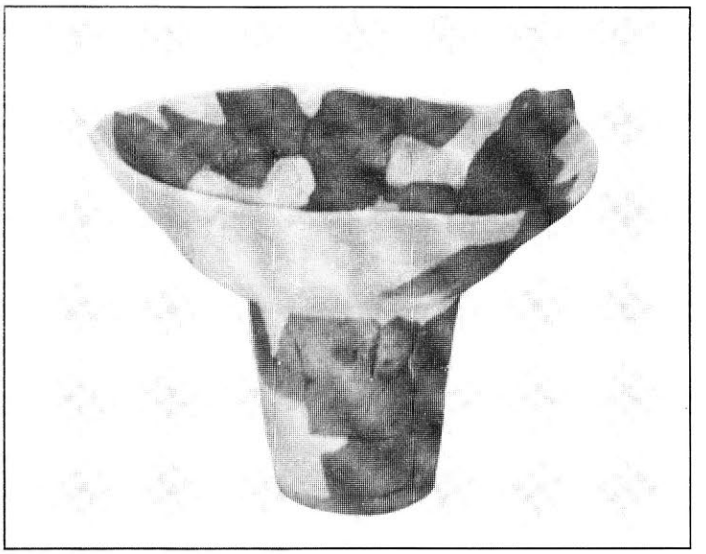
■技術についてのお問い合せは
●探査工学研究所　歴史環境部
048-882-5374

文化財の保存工事及び材料販売

文化財の保存工事
土器等の補修材料

石膏を使った補修作業に不満のある方はお試しください。

土器修復材料は　初心者の方でも安全、簡単に作業ができます。
いつでも不要な部分を削り取ることができます。
補彩むらがなく、ハレーションを起こしません。



石膏にかわる土器補修材料

デンカキューテックス　TYPE-B

デ　ン　カ

電気化学工業株式会社

お求め・お問い合わせ

二光産業株式会社

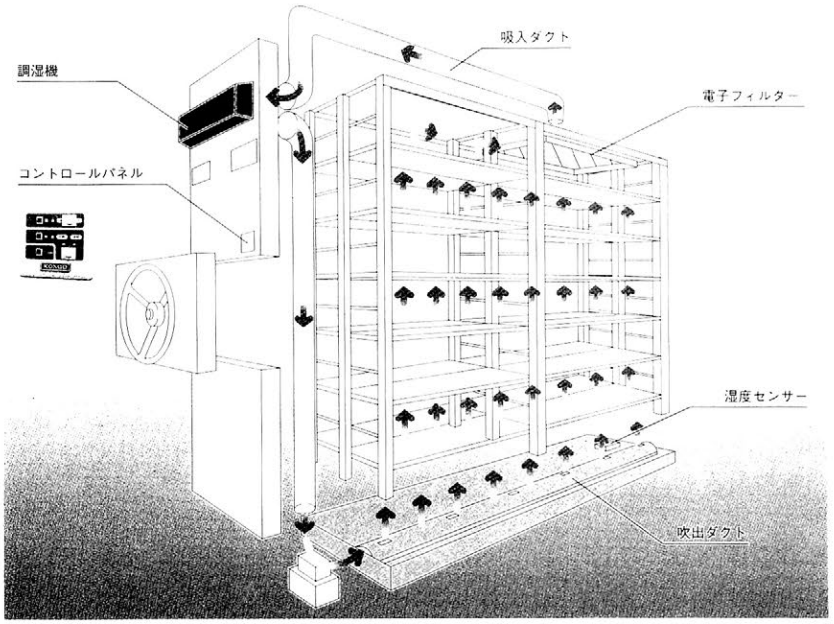
本社:　〒169　東京都新宿区大久保
2-5-5(中村ビル)
TEL　(03)5272-5411 (代表)
FAX (13)5272-5414

大阪営業所:　〒594　大阪府和泉市
鶴山台3-8-61-501
TEL (0725)44-7357

日本文化財科学会第13回大会において研究発表

空気清浄と湿度調整による理想的な保存環境を創出。

コンゴーマルチクリーン移動棚Z



最適保存環境システム

Clean & Control

「コンゴーマルチクリーン移動棚Z」は、文化資料の化学的、物理的、生物的影響を考慮した湿度調整及び空気清浄による環境条件の調節可能な移動棚として、理想的な庫内の保存環境を実現いたします。

物流・ニューオフィスシステムの専門メーカー

KONGO 金剛株式会社

東京本社／東京都港区高輪2丁目18-6 ポーラ高輪ビル 〒108 TEL(03)5488-5566 (代)
熊本本社／熊本市上熊本3丁目8-1 〒860 TEL(096)355-1111(大代)
大阪支店／大阪府豊中市原田中1丁目14-50 〒561 TEL(06) 841-4634 (代)
●北海道～沖縄全国30ヶ所ビジネスネットワーク

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

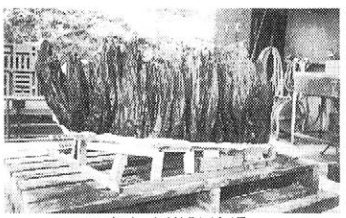
如何なる大きさ、形状の遺物でも出土状態のままで取り上げ、保存・展示のための処理、整形加工

○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

三内丸山遺跡柱根取り上げ



三内丸山道跡柱根

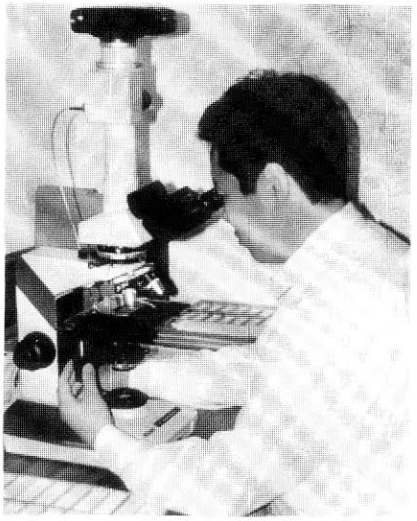
建設業許可番号
奈良県知事許可(数7)第[illegible]号

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

タイムトラベル
時間旅行への招待



◆遺跡の立地と年代を調べる

地形・地質調査、現地試料採取、テフラ(火山灰)分析、土壌理化学分析、^{14}C 年代測定（加速器質量分析法による微量試料の測定・暦年代補正）、熱・光励起ルミネッセンス年代測定

◆古環境を復原する

植物珪酸体（プラント・オパール）分析、花粉分析、種実同定、樹種同定、植物遺体ＤＮＡ分析、寄生虫卵分析、トイレ遺構分析、その他各種分析

株式会社 **古環境研究所**

Paleoenvironment Research Institute Co., Ltd.

〒331 埼玉県大宮市土屋 1795-24　tel.048-622-0389　fax.048-622-9187

前橋研究所 :072-251-0709　奈良研究所 :0743-63-3341　宮崎研究所 :0985-51-7784

信頼と高機能研究施設。 DALTON

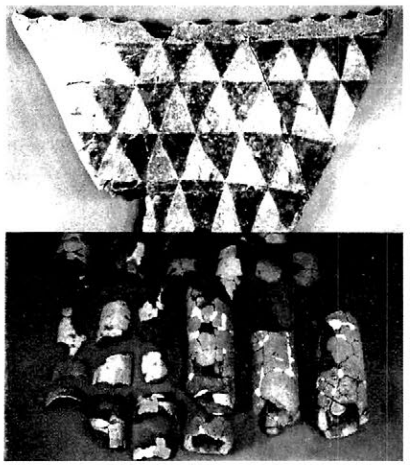
株式会社ダルトン

建設大臣許可（般－8）第6064号　一級建築事務所第19666号

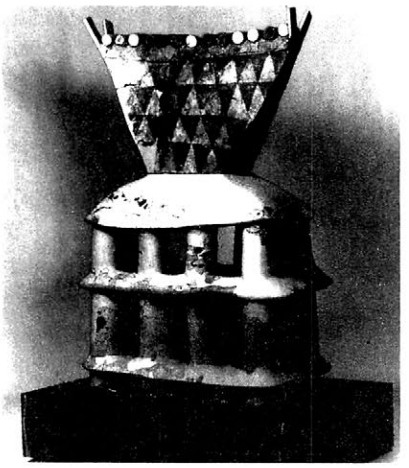
本　社　〒162 東京都新宿区市谷左内町９番地
☎(03)3267-2111代表 FAX(03)3267-1954

大阪支社　〒530 大阪市北区梅田2丁目4番9号（サンケイビル）
☎(06)341－6263代表 FAX(06)344－1834

文化財の修復・複製・復元



修復前



修理後

栃木県壬生町　富士山古墳出土　家形埴輪（復元高159cm）

株式会社 京都科学

本　　社●〒612 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 東京都文京区小石川５丁目20-4　TEL.03-3817-8072(直)　FAX.03-3817-8075

花園大学　黄金塚2号墳発掘調査団編

黄金塚2号墳の研究

A４判・巻頭カラー４頁
本文２５８頁・図版２８頁
折図５枚

頒価　５、９００円（税込）
荷造送料　５００円

伊達先生古稀記念論集

古文化論叢

B５判・巻頭カラー１頁
本文５９８頁
上製本・ケース付

頒価　１２、０００円
（荷造送料含む／税込）

奈良国立文化財研究所 史料 第42冊

平城宮木簡（五）

特製帙入（解説書付）
B４判・図版１０３丁
本文解説３８０頁

頒価　３１、６００円（税込）
荷造送料　１、７００円

〒630 奈良市橋本町36番地　明新印刷㈱図書出版部　電話 0742－23－3131㈹

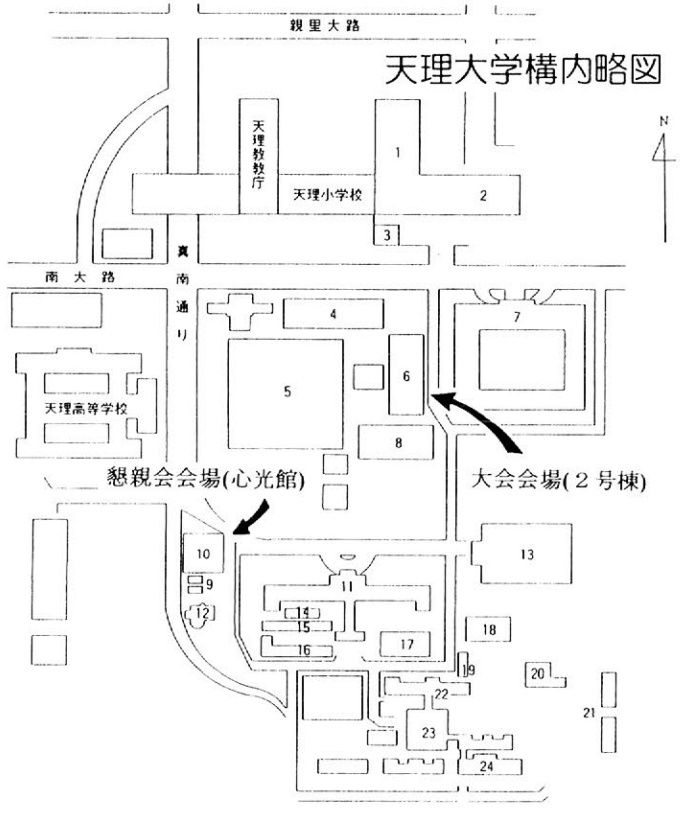
日本文化財科学会第14回大会研究発表要旨集

発行日　1997年6月16日
編集者　日本文化財科学会第14回大会実行委員会
編集長　山本忠尚

委　員　今津節生　置田雅昭　金原正明
工楽善通　肥塚隆保　長友恒人
成瀬正和　西山要一　和田晴吾

事務局　天理大学文学部歴史文化学科　気付
〒632　奈良県天理市柚之内町1050
TEL 07436-3-1515　(内線 6203, 6263)

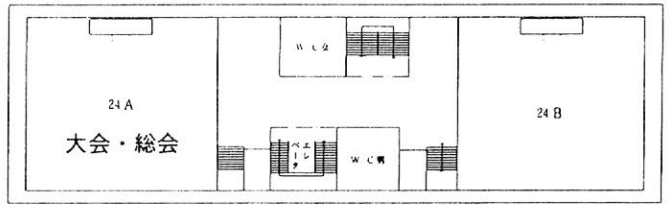
天理大学構内略図



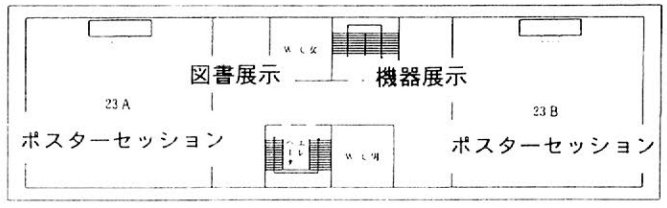
1 三号棟（南棟）	2 四号棟（南棟）	3 Ten Fifty（学内売店）	4 柚之内第二体育館
5 柚之内第一体育館	6 二号棟（教室棟）	7 研究棟	8 別科棟
9 健康管理室（診療所）	10 心光館（食堂・学科会室等）	11 一号棟（柚之内教室棟）	12 若江の家
13 附属天理図書館	14 一号棟分室	15 研修室	16 柚之内集会所
17 伝道実習棟	18 黎明館	19 弓道場	20 空手道場
21 第二心光館	22 柚之内ふるさと寮北寮	23 ふるさと講神殿	24 柚之内ふるさと寮南寮

二号棟（教室棟）

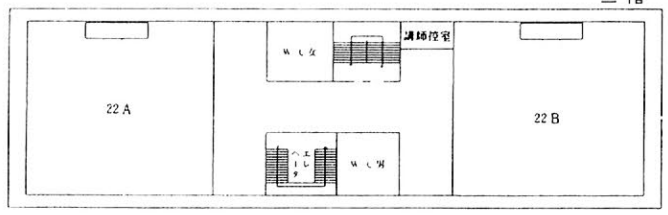
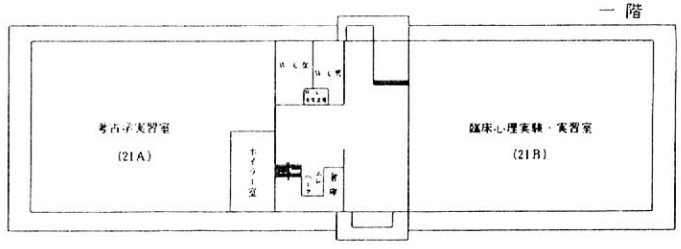
四階



三階



二階



一階