第 三 部
ポスターセッション

6月26日（土）10：00～17：15

（解説　14：20～15：20）

6月27日（日）10：00～15：00

（解説　14：00～14：45）

奈良教育大学　山田ホール

P1

Single aliquot dating of pottery from Helike in Greece

D.G. Hong[a),b)], R.B. Galloway[a)] and T. Hashimoto[b)]

[a)]*Department of Physics and Astronomy, The University of Edinburgh, Mayfield Road, Edinburgh, Scotland, U.K.*

[b)]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Niigata University, Ikarashi-Ninocho, Niigata, Japan.*

1. Introduction

The optically stimulated luminescence(OSL) dating method has been advanced with the introduction of the "single aliquot method", which uses one disc prepared from the sample to carry out all the measurements to determine the equivalent dose. Making all measurements on a single aliquot would have the advantages over the conventional multiple aliquot method, of avoiding normalization problem and reducing the effort involved in preparing many aliquots of the sample. The original version of single aliquot approach concerned the infrared stimulation of feldspar has been applied to the stimulation of quartz by green light, involving an alternative method of analysis of single aliquot data. In addition, the dating of ceramic by the single aliquot additive dose of quartz is discussed in here in relation to sherds from boreholes sunk in the north-western Peloponnese, Greece.

2. The single aliquot measurement and correction

All measurements were made using an automated system, with computer control of sample position, exposure to ^{90}Sr beta source, a heater and green light emitting diodes (TLMP7513 type and Nichia type) for stimulation. The single aliquot additive dose measurement procedure on quartz grains with stimulation of luminescence by green light consisted of a simple sequence, illustrated in fig. 1. The additive dose measurements have to be corrected for loss of luminescence signal due to repeated re-use of the same aliquot. The correction procedure used have been followed from those developed for the infrared stimulation of feldspars, in which the repeated measurements without further added dose serve either as a test of the success of the correction or provide the information necessary for correction. For the quartz from sediments(SH1, SH2, GF120 and GF140) and heated materials (THEOP1, THEOP2, THEOP3 and BS), the equivalent doses estimated by multiple aliquot measurement were compared with those determined by single aliquot measurement corrected by various correction ways. A good agreement

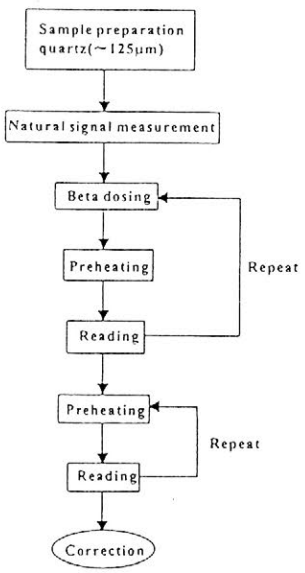


Fig. 1 The procedure of single aliquot method

Table 1 Comparison of equivalent dose(Gy) estimates.

	Single aliquot Additive dose method				Multiple aliquot Additive dose method	
	Correction method					
Sample	1st LC	2nd LC	LSQ	n		m
BS1	13.6±1.9	14±2.2	14.3±1.7	5	12.8±1.9	18
Theop/1	31.5±1.9	32.8±1.7	30.7±2.8	6	29.7±1.7	18
Theop/2	37.9±1.2	39.3±1.6	37.6±0.9	5	37.3±3.6	18
Theop/3	28±0.7	30.5±1.1	28.1±0.6	3	n.d.	
SH1	13.3±1.4	13.2±1.6	13.3±1.5	10	14±2.9	18
SH2	20.8±3.1	22.1±2.7	20.8±2.8	10	20.2±2.3	18
GF120	214±19	193±17	205±18	10	203±40	30
GF140	222±27	225±28	234±27	10	237±41	30

1) n : the number of single aliquot measurements averaged, 2) m : the number of aliquots used in multiple aliquot measurement, 3) n.d. : not determined.

fig. 2.

4. Conclusions

The additive dose single aliquot method of determining equivalent dose, with correction for re-use of the aliquot, can be successfully applied to the luminescence stimulated from quartz by green light for dating analysis. The single aliquot method enables ages to be found when insufficient sample material is available for multiple aliquot optical and thermoluminescence dating. The additive dose method with green light stimulation of a single aliquot of quartz should contribute significantly to future dating work.

was shown in Table 1. A single saturation exponential function was applied for all quartz samples to determine equivalent doses.

3. Single aliquot measurements on the Helike samples

The quartz samples came from bore holes sunk in a search for the lost city of Helike, which was destroyed by a catastrophic earthquake on a winter night in 373BC. Most of the pieces of ceramic from bore holes were so small(~1-2cm) that the quantity of extracted quartz was insufficient for traditional multiple aliquot luminescence dating measurement. Consequently a single aliquot technique was undertaken. The resulting relationship between age and depth at which the piece of ceramic was found is compared with the age-depth relationship for samples from the bore holes previous dated in other ways, in

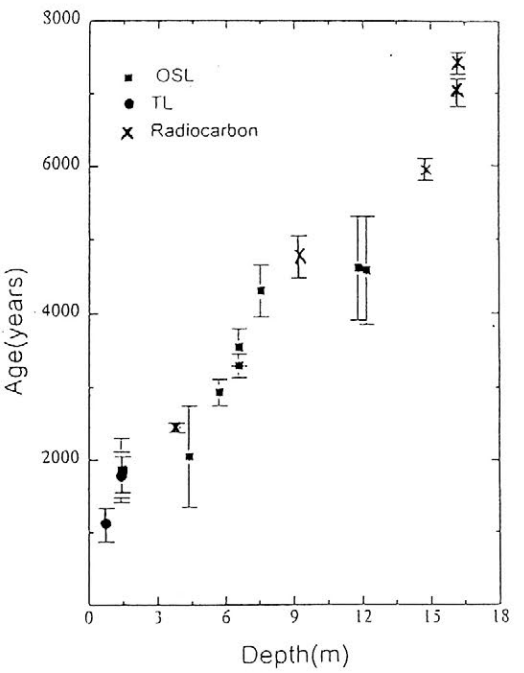


Fig. 2 The relationship between age and depth over the area in which bore holes were sunk.

P2

考古学試料小片からの天然放射性核種の見積もりとTL年代測定への試み

Determination of natural radionuclides in small archaeological samples for TL-dating

○小松　康子（新大院自然）、橋本　哲夫（新大理）

［はじめに］

粗粒子法を用いた熱ルミネッセンス（TL）年代測定では、試料中や試料周辺土壌に含まれる天然放射性核種に由来する年間線量と、石英粒子の天然蓄積 TL の正確な見積もりが重要となる。これまで当研究室ではγ線スペクトロメトリーにより試料中の天然放射性核種の見積もりを行ってきたが、この方法では通常数十 g 程度の試料を必要とする。しかし、考古学的に貴重な試料を扱う場合、より少量の試料からの年間線量と天然蓄積 TL の見積もりが望まれる。

当研究室ではこれまで、高検出効率である液体シンチレーション法に注目し、液体シンチレーション計測（αLS）/波形弁別法（PSD）/パルス時間間隔解析法（TIA 法）を組み合わせた方法により、天然壊変系列に属するラジウム同位体の定量を行ってきた。本実験ではαLS/PSD/TIA、およびαスペクトルの解析を用い、より少量の焼成考古学試料中からの天然放射性核種の定量を目的とした。また、石英粒子は放射性核種をほとんど含まないため、石英粒子と混在する長石や鉱物類などに含まれる放射性核種に由来する外部被曝を主な原因とする蓄積ルミネッセンスが観測される。そこで、できるだけ少量の考古学試料から TL 年代測定を行うために、同一試料から年間線量評価のための天然放射性核種を含む画分と、TL 測定のための石英粒子との分離を検討し、これらの結果から TL 年代測定をする可能性を追求した。

［実験］

試料は奈良市新薬師寺瓦片を用いた。粉砕した試料約 1g を王水で 110℃で加熱分解し、化学収率トレーサーである ^{225}Ra を添加し、溶液成分と残渣成分に分離した。残渣成分からは白色鉱物粒子を抽出し、さらに SPT 重液分離により石英粒子を精製抽出した。石英粒子以外の残渣成分は HF で全て加熱分解し、先の溶液成分と合わせ、天然 RI 試料溶液とした。^{40}K 量は原子吸光法で得た K 濃度と同位体比から求めた。天然壊変系列核種については Ra 同位体を化学分離精製したあと、抽出シンチレーター（ETRAC RADAEX α）で Ra 同位体を選択的に抽出し、PSD 回路内蔵のα液体シンチレーションカウンター（ORDELA, PERALS Spectrometer 8100AB）で測定した。αスペクトルを測定するとともに、パソコンでパルスの発生時間を記録し、TIA 法、スペクトル解析の両面から解析を行った。また、試料を全溶解した場合、白色鉱物粒子以外の成分を全溶解した場合についても同様に実験を行った。

また、同じ試料についてガンマ線スペクトロメトリーにより天然放射性核種の測定を行い、結果の比較に用いた。

抽出した石英粒子は天然蓄積 TL の測定を行い、これまで TL 年代測定で行われている、全く加熱を伴わない試料調製法で抽出した石英粒子からの結果と比較した。

[結果および考察]

天然壊変系列核種については、^{226}Ra の単一ピークが得られる U 系列はαスペクトルから、Th、Np 系列はαスペクトルと時間間隔解析法の両方から解析した。α液体シンチレーション法の結果をγ線スペクトロメトリーからのものと比較したところ、図のように、白色鉱物粒子以外の成分を全溶解した場合は U/Th 系列比が大きく異なったが、試料を全溶解した場合、石英粒子以外を全て溶解した場合は系列比がよく一致した。^{40}K の見積もりについても、原子吸光法とγ線スペクトロメトリーとの測定結果によい一致が見られた。このことから、長石や石英などの混合物である白色鉱物粒子中には放射性核種がいまだ多く存在し、この段階では放射性核種を含む成分の溶液化が不完全であるが、重液分離を適用し純粋な石英粒子を抽出し、石英粒子以外の鉱物由来の成分を溶解することで、同一試料からの天然放射性核種を含む成分と石英粒子の分離、その後に続く天然放射性核種の見積もりが可能であることが確認できた。このことから、従来に比べて少ない試料からの年間線量の見積もりが可能であることが示された。

一方、抽出した石英粒子の天然蓄積 TL の測定結果を、従来の試料調製法で抽出した石英粒子と比較したところ、グローカーブの形状や積算値が誤差の範囲内で一致し、今回の方法で抽出した石英粒子は 100℃程度の熱を受けているにもかかわらず、天然蓄積 TL に減衰がなく、TL 年代測定に利用できることがわかった。

以上のことから、より少量の試料からの TL 年代測定の可能性が示された。

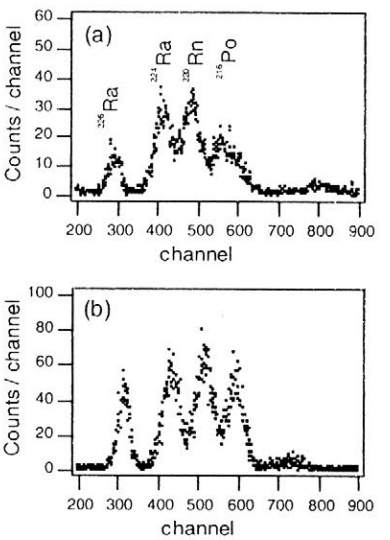


Fig. α liquid scintillation spectra using the two samples. separation method. Sample was the roof tile fromShin-yakushiji Temple. (a) and (b) were without and with application of SPT separation for the dissolution of white mineral, respectively.

1) 松浦，上杉，藁科編“考古学と年代測定学·地球科学”，ルミネッセンス法（橋本），pp. 88-98, 同成社 1999.

2) HASHIMOTO *et al.*, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **239**, 619-629 (1999).

P3

前期旧石器遺跡（福島県原セ笠張遺跡）における TL年代とOSL年代の比較研究

○北代陽子（奈良教育大学）・長友恒人（奈良教育大学）・
柳田俊雄（東北大学総合学術博物館）

1. はじめに

OSL法の原理は、ルミネッセンスの励起方法が異なる点を除いてはTL（熱ルミネッセンス）法と同様である。過去に加熱されていない試料、例えばレスや堆積土壌を測定することが可能であり、遺跡文化層を直接測定する方法として期待される。その一方で、OSL法はプレヒートの条件やOSL強度の線量依存性、励起波長の選択などに未確立の問題を抱えている。

本研究では、TL法とOSL法を用いて得られたルミネッセンス年代を比較することにより、（1）OSL法を確立し実用化すること、（2）旧石器遺跡においてルミネッセンス年代測定法を適用することを試みた。

2. 測定試料

測定には、原セ笠張遺跡（福島県二本松市）のテフラと遺跡文化層の堆積土壌を試料として用いた。

原セ笠張遺跡は、東北地方南部に位置する阿武隈川流域の前期・中期旧石器遺跡である。東北地方によく見られるように、この付近は広域テフラの他、地元のテフラが厚く堆積しており、テフラと堆積土壌のルミネッセンス年代測定の比較研究に好適である。

本研究では、テフラ試料である18層、24層、35層をTL法とOSL法で、40層をTL法で、また堆積土壌試料である47層をOSL法で測定した（層序については図1を参照）。測定には石英粗粒子法を用いた。

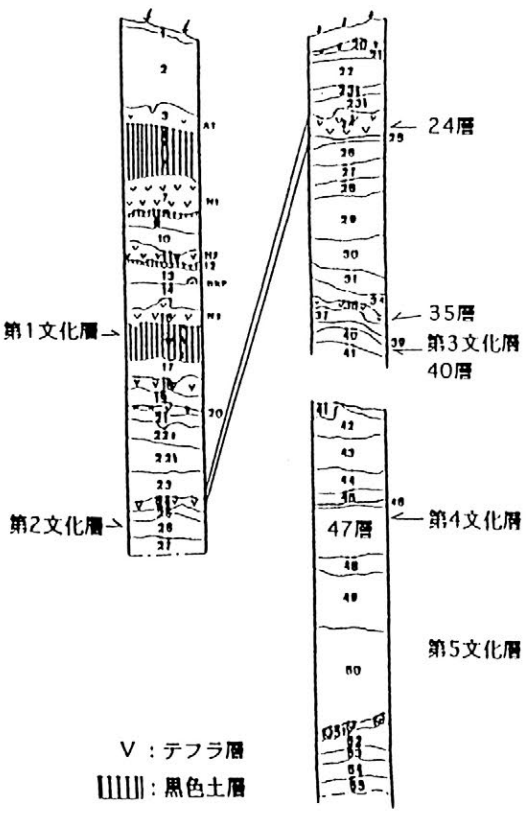


図1：原セ笠張遺跡基本層序

3. 測定法

＜蓄積線量の測定＞

TL測定はHarshaw製のTL装置を使用し、室温から約550℃まで昇温速度10℃/secで、検出波長350-570nmで測定した。

OSL測定はDaybreak製のTL/OSL装置を使用した。励起波長はXe光源に光学フィルターを組み合わせ、グリーン光（514nm）を選択した。検出波長は330±10nmである。

＜年間線量の測定＞

TLD素子による実測を行った。なお、確認のためγ線スペクトロメトリーによるU、Th、K分析値か

ら年間線量を求めた。石英粗粒子法を用いたので、α線の年間線量は無視できるものとした。

4．測定結果と考察

等価線量（ED）を決定するためのTL強度は全般的にばらつきが多い。特に18層はその傾向が強い（図2）。一方、スプラリニア補正線量（SPR）を決定するためのTL強度は全体として再現性は良好であるが、35層と40層が少しばらつく。EDのTLがばらつく要因としては、(1)複数の地層の石英が混入している、(2)被熱の程度が違うことによるゼロイングの不均質、などが考えられる。いずれの場合にも、TL年代は見かけ上古くなる。SPRのTLのばらつきも放射線の感受性が異なる石英の混入が考えられる。従って、表に示すTL年代は真の年代ではなく、見かけの年代であり、上限を示している。

ルミネッセンス年代測定ではルミネッセンス強度の線量依存性が明瞭であることが必要であるが、原セ笠張遺跡のOSL測定では、18層（図3）のように大線量で急激にOSL強度が大きくなるなど、確定的なOSL年代を提示することができない段階である。

遺跡に関連する文化層の層序（図1）と関連させて考えれば、OSL年代の方が実年代に近いのではないかと予想される。確定的なルミネッセンス年代を提示するためには、(1)テフラ中石英の鉱物学的検討を含めて2次堆積の可能性を検討すること、(2)OSLの線量依存性の検討、などが引き続き必要である。

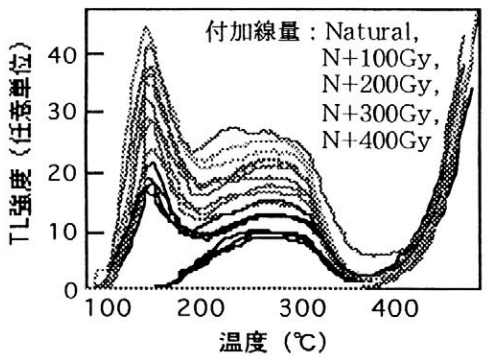


図2：18層のTLグローカーブ

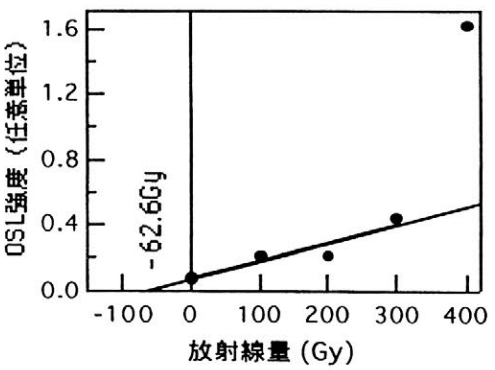


図3：18層のOSL線量依存性

表：各層のTLとOSLの比較

試料名	測定法	ﾙﾐﾈｯｾﾝｽ年代（年）
18層	TL法	594000
	OSL法	103000
24層	TL法	438000
	OSL法	90000
35層	TL法	760000
	OSL法	139000
40層	TL法	820000
47層	OSL法	273000

（注）いずれの文化層も2次堆積の可能性が考えられる。現時点では、OSL年代の方が実年代に近いと考えられるが、検討を要する。

P4

最新型加速器質量分析計による高精度，高正確度の C-14 年代測定

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

はじめに

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

名古屋大学では，1981-1982 年に導入されたタンデトロン加速器質量分析計 1 号機に引き続き，1996 年 3 月には，最新型の高性能タンデトロン加速器質量分析計が新たに導入（名古屋大学 2 号機）され，最終調整が進められている．本報告では，この最新型機の性能試験の結果を紹介する．

タンデトロン加速器質量分析計 2 号機の性能試験とその結果

加速器質量分析計の調整試験は，HOxII(NBS oxalic acid, RM-49)標準体から作成した Fe-graphite ターゲットを複数個用意して，それらの測定における $^{14}C/^{13}C/^{12}C$ 比の再現性を調べることである．再現性の試験は，任意の 1 試料の測定結果の正確度，誤差を見積もるための重要な項目である．また，装置の長時間安定性をみることにもなる．但し，このテストは測定される ^{14}C 年代の正確さの目安にはならない．このためには，^{14}C 年代が既知の試料を用いて調べる必要がある．

再現性試験は，以下の要領で行った．HOxII から作成した 6 個のターゲットを順繰りに 9 分間づつ測定し，その測定を 7 回繰り返した．加速され，質量分析されてファラデイカップで定量される $^{12}C^{3+}$，$^{13}C^{3+}$ イオン電流の平均は，それぞれほぼ 280nA, 290nA である．^{12}C は，もともと天然の存在比が ^{13}C の 100 倍と高いが，^{12}C はリコンビネーターの ^{12}C 用回転スリットでビーム強度が約 1/100 に落とされるため，$^{12}C^{3+}$，$^{13}C^{3+}$ イオンの電流はほぼ等しくなる．$^{14}C^{3+}$ の計数率はほぼ 80cps であり，9 分間の計数は約 43,000 個である．名古屋大学のタンデトロン 1 号機では，$^{14}C^{3+}$ の計数を 40,000 個貯めるには 3 ～ 4 時間かかるが，イオン源の C^- イオン出力が高く

かつ検出効率が高い新型タンデトロンではわずか 9 分ですむ．こうして，6個のターゲットについての7回の繰り返し測定を足しあわせた(あるいは平均をとった）結果を表1に示す．7回の測定を繰り返すには，ターゲット1個あたり 63 分（9分x 7回）を要するが，この間に ^{14}C の計数は 40 万個にも達する．この際の，6個のターゲット間の炭素同位体比の変動は，表1から極めて小さいことがわかる．$^{13}C/^{12}C$ 比で 0.28 パーミル(‰)，$^{14}C/^{12}C$ 比で 1.62 パーミル（‰）の変動（one sigma）がみられる．$^{14}C/^{12}C$ 比の 1.62 パーミル（‰）の変動は，ターゲットそれぞれの ^{14}C 積算計数から決まる統計誤差 1.59 パーミル（‰；one sigma）よりもやや大きいが，両者はほぼ一致しており，このことは，個々のターゲットによる $^{14}C/^{12}C$ 比の変動や測定途中の分析計の変動による $^{14}C/^{12}C$ 比のばらつきがかなり小さいことを示唆している．今後，更に同様なテストを繰り返して，再現性を調べる計画である．

まとめ

表1に示されるように，$^{14}C/^{12}C$ 比の変動の程度は±1.62‰（1標準偏差）であり，これは ^{14}C 年代値に換算すると±13 年に相当する．すなわち，^{14}C の計数を 40 万個ためるような測定では，任意の1回の測定での可能なばらつきの範囲は±13 年程度である．これが，ルーティン測定にも実現できるほど測定装置の安定度が良いか否か，これから確かめていきたい．

表1　^{14}C 濃度の標準体(NBS oxalic acid)から調製した6個のターゲットを用いて実施した再現性テストの結果

ターゲット番号	12C電流値 (nA)	13C電流値 (nA)	14C計数 (counts)	13C/12C比 (x E-2)	14C/12C比 (x E-12)
BB01	289.0	300.9	399709	1.15673	1.51316
BB02	282.9	294.7	391527	1.15719	1.51378
BB03	287.4	299.4	399039	1.15744	1.51908
BB04	279.4	290.9	387748	1.15696	1.51827
BB05	280.5	292.0	388472	1.15658	1.51491
BB06	284.1	295.9	394038	1.15716	1.51710
6個のターゲットの平均値			393422	1.15701	1.51605
統計誤差（1標準偏差)			±0.00159		
相対誤差(1標準偏差)				±0.00028	±0.00162
14C年代の誤差(1標準偏差)			±12.8年		±13.0年

P5

加速器質量分析計による^{14}C年代測定法を用いた古代鉄生産の実体解明（Ⅰ）

○山田哲也・塚本敏夫（財団法人　元興寺文化財研究所　保存科学センター）
中村俊夫・小田寛貴（名古屋大学　年代測定資料研究センター）
小野直俊（名古屋大学　大学院工学研究科）

1．はじめに

加速器質量分析法（AMS）を用いた^{14}C年代測定法は、従来の放射能測定法に比べ、①測定に要する試料の炭素量が1/1000程度（約1mg）と極めて少なく、②測定可能な年代の上限が約6万年前まで測定可能、③測定時間も短い（3～4時間程度）という特徴を持つ。それを利用し、極微量の炭素を含有する古代の鉄製品の^{14}C年代測定研究が、近年行われるようになった。だが、古代の鉄製品に^{14}C年代測定法を応用する基本的な考え方が正しいかどうかの検証は行われていないのが現状である。

本研究では、鉄製品全般へ加速器質量分析法を用いた^{14}C年代測定法を応用し、古代の鉄生産の実体解明を行うことを最終的な目的とし、今回は、製鉄実験を通してその前提条件となる理論の検証と遺跡出土鉄塊の^{14}C年代測定を行った。

2．製鉄実験による^{14}C年代測定原理の検証

2－1．製鉄実験

製鉄方法は砂鉄製錬法で行い、製鉄炉には、粘土製の小型竪形炉（内径20cm、高さ100cm）を作製し使用した。砂鉄は、熊本県荒尾市関川岩本橋周辺の山砂鉄を採取し使用。年代の推定となる木炭は、岩手県産の10～30年ものの松材を1996年に製炭したものを使用した。操業時間は、約5時間操業し、製錬を行った。

2－2．^{14}C年代測定

製錬に使用した木炭と製錬された鉄塊からCO_2を抽出し精製した後、得られたCO_2をFe粉末を触媒としてH_2により還元することで、グラファイトに変換した。このグラファイトを名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計（1号機）による^{14}C年代測定に供した。また、精製後のCO_2の$\delta^{13}C$値を測定し、同位体分別効果の補正を行った。

2－3．結果と考察

得られた^{14}C年代を暦年代に換算し（Manning & Melhuish 1994）、その結果を表1に示した。

製鉄実験に使用した木炭は、伐採後、すぐに製炭しており、^{14}C年代測定結果と比較してみても、矛盾のない結果が得られた。木炭の歴年代より鉄塊の暦年代の方が古い年代を示しているのは、木炭から

表1　製鉄実験による放射性炭素年代

Sample	$\delta^{13}C$(‰)	R [$(^{14}C/^{12}C)_{SA}/(^{14}C/^{12}C)_{ST}$]	^{14}C age(VT BP)	Calibrated range [cal AD]
荒尾市復原実験鉄塊1	-23.8±0.1	1.258±0.008	-1843±51	1983
荒尾市復原実験鉄塊2	-26.5±0.1	1.259±0.013	-1848±81	1982
荒尾市復原実験木炭	-26.7±0.1	1.170±0.008	-1260±53	1989

測定試料を採った位置が、伐採により大気に対して閉鎖系が形成されたときの最終形成年輪ではなく、1989 年頃の年輪の位置から試料取りを行った結果であり、また、鉄塊中の炭素は、10～30 年ものの木炭中の炭素が燃焼することにより均一化された結果であると考えられる。これらの結果により、鉄塊中の炭素の由来は、製錬の際に用いられた木炭であり、その ^{14}C 年代は、木炭の原料である樹木の年輪形成時期に由来しており、その前提条件には有効性が認めることができた。

3．製鉄遺跡出土鉄塊の ^{14}C 年代測定

製鉄実験の鉄塊において ^{14}C 年代測定法の前提条件の有効性が認められたので、共伴遺物から年代を特定可能な製鉄遺跡出土鉄塊に対しても ^{14}C 年代測定を行った。測定資料の調整と加速器質量分析計による ^{14}C 年代測定は、製鉄実験試料と同様の方法で行った。また、得られた ^{14}C 年代を暦年代への補正は、 Stuiver & Pearson (1993)により作成された樹木年輪較正曲線を用い、遺跡出土鉄塊の ^{14}C 年代測定結果を表２に示した。この結果、特に鉄塊 No. 2 とその錆中の木炭の年代に大きく矛盾のない結果が得られ、このことからも、鉄塊中の炭素の由来は製錬の際に用いられた木炭であると考えてよいと思われる。また、若干、暦年代に幅があるが、出土須恵器の形式からの年代とも大きく矛盾のない結果が得られた。以上のことからも、遺跡出土鉄塊においても、^{14}C 年代測定法の根拠となる前提条件の有効性を認めることができた。

表2　製鉄遺跡出土鉄塊の放射性炭素年代

Sample name	Historical age	Sample Amount [g]	Yield of CO_2 [mgC]	$\delta^{13}C$ [‰]	^{14}C age [yr BP]	Calibrated range [cal AD]
源内峠遺跡 鉄塊No. 1	7世紀後半～8世紀	1. 06	6. 66	-27. 7±0. 1	1495±157	414(598)673
源内峠遺跡 鉄塊No. 2	7世紀後半～8世紀	2. 41	3. 51	-15. 0±0. 1	1292±58	668(709, 748, 754)785
源内峠遺跡 鉄塊No. 2 よりの木炭	7世紀後半～8世紀	6. 76	1. 76	-25. 7±0. 1	1288±83	663(712, 746, 756)823 838(　　)861

4．まとめ

製鉄実験（製錬）により得られた鉄塊等から炭素を汚染させることなく効率よく高純度で回収し、^{14}C 年代測定を行ったところ、測定結果は使用前の木炭とほぼ同一の年代を示し、炭素の履歴は、製鉄の際に用いられた木炭に由来することが検証できた。また、実際の製鉄遺跡における製錬された鉄塊中の炭素の年代は、製鉄時に使用した木材の年輪形成時期に由来していると考えて差し支えなく、製錬過程で使用された木炭の原料である樹木の育成年代を明らかにすることにより、鉄製品の製錬年代を与えることが可能である。

謝　辞

本研究を行うにあたり、製鉄実験に協力いただいた刀匠松永源六郎氏と、測定資料として遺跡出土鉄塊を提供していただいた滋賀県教育委員会・(財) 滋賀県文化財保護協会　大道和人氏に深く感謝いたします。

本研究は、平成 9•10 年度文部省科学研究費　基盤研究(C)(2)「古代鉄製品年代測定に関する基礎的研究」(研究代表者　山田哲也　課題番号 09610421) の成果の一部を含む。

P6

骨化石に対する信頼度の高い^{14}C年代測定

－XAD-2樹脂を用いる外来炭素の除去－

○南　雅代　（名古屋大学・日本学術振興会特別研究員）
中村俊夫　（名古屋大学年代測定資料研究センター）

1．はじめに

骨化石の正確な^{14}C年代測定，同位体比測定のためには，骨化石から外来炭素を完全に除去し，骨の本質炭素について分析を行っていくことが重要である。従来，骨化石の^{14}C年代，同位体比測定に際しては硬タンパク質のコラーゲンが用いられてきたが，骨化石の多くはコラーゲン続成作用を受け，また，フミン酸・フルボ酸など化石の周囲の堆積物由来の有機物によって汚染されている。これまでの我々の研究から，保存状態が悪くゼラチンコラーゲンの収率が0.7%に満たない骨化石においては，ゼラチンコラーゲンの^{14}C年代値は実際の年代より若返った値を示すことがわかった。それに対し，骨化石を脱灰後，加水分解し，得られたアミノ酸集合体からXAD-2吸着樹脂を用いて外来有機物を取り除く方法においては，保存状態のよくない骨化石についても，信頼度の高い^{14}C年代値を得るのに有効であった。

本報告ではさらに骨化石の分析数を増やし，XAD-2樹脂を用いる方法を検討した結果について紹介する。

2．試料

試料とした骨化石は，(1)琵琶南湖の瀬田川の河口近くに位置する粟津湖底遺跡の第３貝塚から採取されたイノシシ・ニホンジカ・スッポンの獣類骨片，(2)愛媛県宇和島の海底から採取されたナウマンゾウ臼歯，および(3)熊本県京丈山の石灰岩洞穴より採取されたニホンオオカミ全身骨格の一部(指骨)である。

3．実験方法

実験方法は主としてStafford *et al.*[1]の方法に基づいた。0.2N NaOH中であらかじめ超音波洗浄し，粉末にした化石骨試料を0.8N HCl (4℃, 24hr)で脱灰した後，6N HCl (110℃, 24hr)と反応させて加水分解した。得られた加水分解物をXAD-2樹脂を詰めたカラム(1×30 cm)に通して6N HCl でアミノ酸集合体を溶出させた。各成分はロータリーエバポレーターで濃縮後，凍結乾燥した。また同じ化石骨試料について，セルロースチューブ内で1.2N HClで脱灰後，90℃の水でゼラチン化を行う従来のゼラチンコラーゲン抽出法も行った。このようにして得られた試料は酸化銅，銀線とともにバイコール管に真空封管して850℃に加熱し，生じた気体を真空ラインを用いて精製してCO_2およびN_2を得た。CO_2を水素還元法によりグラファイト化し，タンデトロン加速器質量分析計を用いて^{14}C年代を測定した。CO_2の一部とN_2は気体用質量分析計(MAT-252)によりδ^{13}C値・δ^{15}N値を測定した。

4．結果と考察

分析した骨化石試料の結果の一部を表１に示す。GCはゼラチンコラーゲン成分，XADは上記の実験方法により抽出したアミノ酸集合体成分，GCXADはゼラチンコラーゲンを加水分解後XAD-2樹脂処理したアミノ酸集合体成分である。粟津湖底遺跡の獣類骨片において，XADとGCの^{14}C年代値は，ゼラチンコラーゲンの収率が悪い試料では300～400年，収率が比較的良好な試料では約100年の差が見られたが，獣類骨片よりも年代の古いナウマンゾウ臼歯，年代の若いニホンオオカミ骨片においても同様の傾向が見られた。また今回，AWA-8とAWA-9のGCXAD成分の分析を行った結果，GCXAD成分とXAD成分からほぼ同じ年代が得られた。この結果は，XAD-2樹脂処理によってGC成分から外来炭素が有効に除去されたことを示している。

以上のことから，コラーゲン収率が悪い試料ではゼラチンコラーゲン抽出法によって外来有機物が完全に除去されず，若返りの年代を示す可能性が考えられるが，GC成分を加水分解してXAD-2樹脂処理したGCXAD成分からも，XAD成分と同様に信頼度の高い14C年代値が得られることがわかった。XAD-2樹脂を用いる方法は，樹脂の前洗浄・カラム分離・塩酸の蒸留等の手間がかかり，ゼラチンコラーゲン抽出法のほうが簡便であることは否めない。そこで，コラーゲン収率が悪かった骨化石試料についてのみ，GCXAD成分を測定するのも，一方法として適当と思われる。

今後はさらに，年代が古くかつコラーゲン収率の悪い骨化石についてもXAD-2樹脂を用いる方法を検討していく予定である。

表１．骨化石試料のC/N比，$\delta^{13}C$ 値，$\delta^{15}N$値および^{14}C 年代値

試料	コラーゲン収率 (%)	C/N比	$\delta^{13}C_{PDB}$ (‰)	$\delta^{15}N_{AJR}$ (‰)	^{14}C年代 (yr BP)	GCとの年代差(yr)
AWA-8 GC	0.62	3.2	-20.7		4180± 70	
XAD		2.9	-20.2		4490± 80	310
GCXAD			-19.8		4480±110	300
AWA-9 GC	0.56	3.4	-21.4		4090± 80	
XAD		2.7	-21.0		4500± 80	410
GCXAD			-20.6		4570±110	480
AWA-12 GC	3.80	3.0	-23.0		4430± 80	
XAD		2.7	-22.6		4540± 80	110
NMK GC	1.22	3.2	-20.2	+8.6	27280±870	
XAD		3.0	-20.0	+9.0	27580±490	300
OKS GC	5.26	2.8	-18.7	+6.8	260± 90	
XAD		2.7	-17.9	+6.5	380± 90	120

AWA･･･粟津湖底遺跡第３貝塚の獣類骨片，NMK･･･宇和島のナウマンゾウ臼歯の象牙質
OKS･･･京丈山ニホンオオカミの指骨

参考文献

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

P8

考古年代と^{14}C年代の地域差について

木立雅朗（立命館大学文学部）

はじめに

かつて、「^{14}C年代」について、自然科学研究者、考古学研究者双方から意見が出され、議論された時期があった。しかし、最近ではほとんど議論されることがなく、特に考古学研究者からの発言は、管見による限り、ほとんど見当たらない。

考古学研究者の側からすれば、編年研究が進んだ日本考古学の場では^{14}C測定に頼る必要があるケースは少ない上に、それが編年研究と食い違う場合が多い。そのため、積極的に^{14}C測定を活用しようとする姿勢が以前に比べて薄れてきたように思われる。考古学研究者が^{14}C年代に対して多くを語らなくなったのは、その方法を認めはじめたからではなく、むしろ「^{14}C年代は使えない」という見方が定着してきたためであろう。こうした態度が学際的な研究を歪めている現実は無視できない。

また、^{14}C測定者の側でも、計測方法や応用方法について検討することはあっても、系統的で論理的な考古年代批判がなされたことはほとんどなかった。

ここで報告しようとする内容は、^{14}C測定がもつ可能性についてである。また、考古学研究者、^{14}C測定者の双方に対して問題提起を行うことでもある。

1．北陸の須恵器窯跡の^{14}C測定と考古年代の差

考古学の年代基準は土器編年であるが、窯から出土する資料は生産遺跡の出土品として特に基準になる。また、生産遺跡であるため、集落などのように長期間にわたり使用されたり、後世の遺物が混入したりする可能性が低い。さらに、燃料の屑である木炭も採集しやすいという好条件をもっており、^{14}C測定を行うには最適な遺跡である。ただし、年代の基準となる須恵器が数多く出土するため、考古学研究者が須恵器窯で^{14}C測定を重視することは多くない。

かつて、７～１０世紀代の石川県周辺の須恵器窯から出土する木炭を採取し、金沢大学理学部付属低レベル放射能測定施設において^{14}C測定を行った。その結果、考古学年代と^{14}C年代が400 ～600年程度食い違い、^{14}C年代が古く算出されることを確認した（木立1985、木立ほか1987）。

この時代の考古年代は紀年銘木簡や暦年代の判明した遺跡などを中心にして充実しており、考古学研究者の立場からすれば、100 歩譲ってもこの^{14}C年代をそのまま認めることができない。しかし、規則的に古く算出される傾向が明確であり、決してデタラメな「狂い」を示すものではない。何らかの相関関係があることは間違いなく、そのことを確認できたことは極めて重要である。こうした傾向は学習院大学理学部が測定した富山県を中心とした炭焼窯・須恵器窯のデーターでも確認される。

2．古越前タタラ遺跡群の^{14}C年代

北陸における製鉄は７世紀後半以後にはほぼ確実に認めることができるが、それ以前については未確認である。かつて、潮見浩氏は古越前タタラ遺跡群の^{14}C年代について、考古学の研究成果と著しくことなり、容易に信じることができないと意見を述べた。

しかし、上記のように北陸の^{14}C年代が著しく古くなる特徴をもっているとすれば、古越前タタラ遺跡群の暦年代は７～８世紀を最古と想定することができるだろう。その年代は、現在の考古学的な所見と矛盾しない。前述の須恵器窯における^{14}C測定と同じく、北陸における^{14}C測定の特性を明示していると考えられる。

3．近畿の^{14}C測定と考古年代の差

京都周辺の７世紀頃の須恵器窯・瓦窯などの^{14}C年代と考古年代を比較すると、100 ～200 年程度古く算出される傾向が確認できる。ここでも、考古年代と^{14}C年代の相関関係を確認できるのである。しかし、両者は年代差は小さく、北陸とは異なっている。つまり、^{14}C年代と考古年代の相関関係には地域差が認められたのである。この傾向は他の複数の測定施設のデータでも確認できた。

4．まとめ

^{14}C年代測定は、いくつかの仮説を前提として成り立っている。「^{14}Cは地域的にも経年的にもほぼ一定の濃度で大気中の二酸化炭素の中に含まれていること」、地球の「気圏、水圏、生物圏の間には一種の動的な化学平衡が存在し」、宇宙で誕生した^{14}Cは３圏ともに等しい濃度で分布していたこと（遠藤1978）などがそうである。しかし、研究が進んだ古代の須恵器窯の資料・試料を用いて、北

陸と近畿における^{14}C年代と考古年代を比較したところ、その仮説を疑ってみる必要がでてきた。少なくとも、両者の年代の相関関係と地域差については、ほぼ否定しようがないだろう。

仮に、^{14}C濃度に地域差があり、それが考古年代と^{14}C年代の間に誤差を生んだと想定できるとすれば、そのこと事態が大きな研究課題になる。いずれにせよ、^{14}C年代が考古学年代より著しく古くなる原因については、従来の研究以上に学際的な検討が必要であろう。一考古学研究者の手に余る問題であるが、この課題には地球環境に係わる重要な情報が秘められている可能性があるだろう。

こうした課題は考古学そのものに直接役立つものではない。しかし、このような問題を解決してゆくことで双方の研究が発展するとともに、双方の距離が縮まると考える。

以上のように、考古資料の^{14}C測定は、自然科学の分野に対して極めて重要な情報を提供しうる可能性がある。考古学研究者は単なる「年代測定」として一方的に利用するだけではなく、広い意味で^{14}C測定に係わり、情報を提供・発信してゆくべきであろう。

〔参考・引用文献〕

潮見　浩1972「製鉄遺跡・鉄器における自然科学的分野の問題提起」『考古学と自然科学』第5 号

遠藤邦彦1978『^{14}C年代測定法』ニュー・サイエンス社

木立雅朗1985「分析結果に対する解釈」『辰口町湯屋古窯跡』石川県辰口町教育委員会

木立ほか1987「門前町・大生製鉄遺跡群の^{14}C測定」『石川考古学研究会会誌』第30号

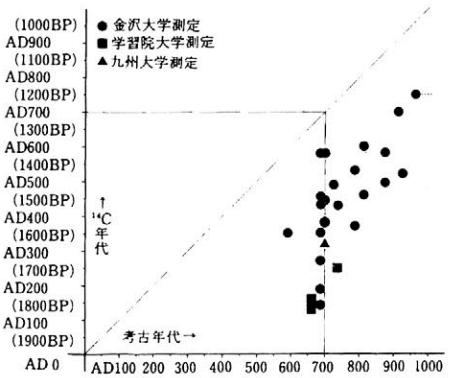


図1　北陸における須恵器窯の考古年代と^{14}C年代の相関関係

表1　北陸の須恵器窯における考古年代と^{14}C年代

遺跡名	考古年代	^{14}C年代	測定番号
富山県・小杉丸山2号窯	7世紀後半	1820±80B. P.　(AD130)	GaK−11442
〃　・　〃　1号窯	〃	1790±90B. P.　(AD160)	GaK　11443
〃　・小杉流団 No. 16−1号窯	8世紀前半	1700±110B. P.　(AD250)	GaK−11440
〃　・石名山窯西地区六	7世紀初頃？	1600±110B. P.　(AD350)	KL−614
〃　・山王原埋窯	7世紀後半	1760±100B. P.　(AD190)	KL　486
石川県・寒水雲谷a窯	〃	1470±100B. P.　(AD480)	KL−602
〃　・　〃　b窯	〃	1540±90B. P.　(AD410)	KL−603
〃　・八野1号窯	7末〜8初	1570±100B. P.　(AD380)	KL−497
〃　・　〃　2号窯	〃	1370±100B. P.　(AD580)	KL−498
〃　・滝摩B−1号窯	7世紀後半	1680±80B. P.　(AD270)	KL−468
〃　・　〃	〃	1810±80B. P.　(AD140)	KL　469
〃　・　〃	〃	1600±100B.P.　(AD350)	KL−470
〃　・鍋屋A1支群	〃	1370±95B. P.　(AD580)	KL−462
〃　・和気後山谷2号窯	8世紀後半	1415±100B. P.　(AD535)	KL−491
〃　・和気和田見窯	〃	1580±90B. P.　(AD370)	KL−490
〃　・和気小谷窯(「中和気窯」)	9世紀前半	1485±100B. P.　(AD465)	KL−489
〃　・戸建30号窯	9世紀後半	1320±120B. P.　(AD630)	KL　606
〃　・　〃　35　〃	10世紀前半	1480±100B. P.　(AD470)	KL−607
〃　・　〃　43　〃	9世紀後半？	1455±100B. P.　(AD495)	KL−496
〃　・　〃　45　〃	9末〜10前	1250±100B. P.　(AD760)	KL　608
〃　・　〃　55　〃	10前以降	1200±100B. P.　(AD750)	KL−609
〃　・二ツ梨一貫山a窯	8世紀前半	1535±100B. P.　(AD415)	KL　494
〃　・　〃　b窯	9世紀前半	1345±90B. P.　(AD605)	KL−493
〃　・桃の木山1号窯	7末〜8初	1505±100B. P.　(AD445)	KL−492
福井県・瀬詰開2号窯	〃	1630±30B. P.　(AD320)	九州大学

表2　富山県の炭焼窯・製鉄炉の考古年代と^{14}C年代

遺跡名	考古年代	^{14}C年代	熱残留磁気年代	備考
南大蔵山II・4号炭焼窯	8C	1910±120BP　(AD40)	AD640±60年	開1985
東　山II・3号　〃	8C初頃	2060±100BP　(BC110)	AD650±$^{120}_{80}$年	〃
〃　・4号　〃	8C前半	1940±90BP　(AD10)	AD1200±70年	〃
〃　・5号　〃	〃	840±120BP　(AD1110)	AD580±50 or 760±80年	〃
野　田　A・1号　〃	8C後半	1860±100BP　(AD90)	AD650±90年	〃
〃　・4号　〃	8C	1830±100BP　(AD120)		〃
小杉丸山　・1号　〃		1600±90BP　(AD350)		〃
〃　・2号		2090±90BP　(BC140)	AD760±25年	上野他1986
〃　・4号		1890±90BP　(AD60)	AD1080±70 or 770±30 or 470±60年	〃
〃　・5号		2150±130BP　(BC200)		〃
〃　・6号		1880±90BP　(AD70)	AD580±50 or 770±70 or 1010±90年	〃
〃　・3号製鉄炉		2060±90BP　(BC110)		〃

表3　「古越前タタラ群」の^{14}C年代（潮見1972より）

遺跡名	^{14}C年代	遺跡名	^{14}C年代
石川県加賀市・ヒョウタン池	2350±100BP　(BC400)	福井県金津・細呂木II	2410±90BP　(BC460)
〃　・畔道	1300±90BP　(AD650)	〃　・〃　IIIA	2230±100BP　(BC280)
〃　・ヨシノキ坂	2180±110BP　(BC230)	〃　・〃　IIIB	1790±100BP　(AD160)
石川県小松市・二ツ梨	1630±90BP　(AD320)	〃　・細呂木小森	1400±210BP　(AD550)
福井県金津・細呂木I	1730±100BP　(AD220)	福井県・通坂山	1840±80BP　(AD110)

P9

昆虫遺体群集から推定される岐阜県大垣市荒尾南遺跡の古環境

○千藤克彦　（財）岐阜県文化財保護センター
森　勇一　　愛知県立明和高等学校

1．はじめに

昆虫は、生物の中で最も多い種類数を誇り、多様な環境に棲み分けている。昆虫の大部分は、半年または1年で一生を終えるものが多く世代交代が早い。しかも移動能力が高いため、環境に対する適応性が早く、環境の変化に敏感である。そのため、昆虫遺体群集を明らかにすることは、遺跡周辺の環境の復元に有効である。

荒尾南遺跡は、岐阜県の南部の大垣市にあり、濃尾平野の北西端にある低湿地遺跡である。1994年に行われた発掘調査では、弥生時代から古墳時代の方形周溝墓や流路などが検出された。一つの周溝墓の溝からは、108本のオールを持った船の線刻絵画土器が見つかっている。

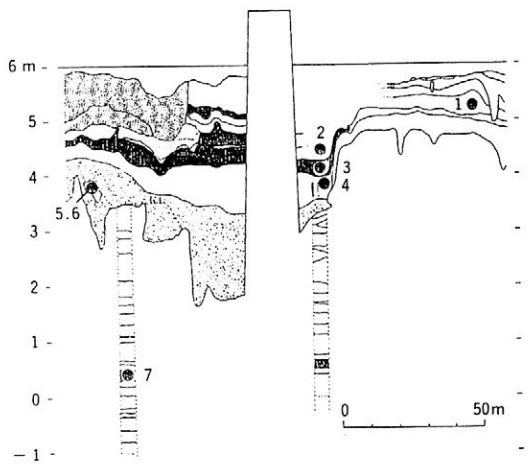
我々は、遺物包含層前後の6層準7地点で昆虫遺体を検出した。そして検出された昆虫遺体群集から古環境の推定を試みた。

2．方　法

採取した分析試料の位置・量・推定される時代を第1表と第1図に示した。それぞれの試料から、ブロック割法（野尻湖昆虫グループ　1988）によって昆虫遺体を抽出した。抽出した昆虫遺体は実体顕微鏡下でクリーニングの後、現生標本と比較しながら同定を行った。

第1表　各分析試料の量と推定される時代

No.	層位(グリッド)	湿重量(推定される時代)
1	墓域IV層(4A)	19.8kg(古代)
2	泥炭上シルト層(18D)	180.7kg(古代？)
3	泥炭層(18D)	122.7kg(古墳中期～後期)
4	シルト層(18D)	122.8kg(弥生後期～古墳前期)
5	礫内シルト層(37～39C)	238.0kg(弥生中期)
6	礫内シルト層(40C)	81.8kg(弥生中期)
7	下部泥炭層	106.4kg(縄文晩期？)



第1図　昆虫遺体分析試料採取位置

3．結　果

検出した昆虫遺体（体節片ないし破片数）は総計1260点である。第2図に各層より得られた昆虫遺体の生息環境別出現率を示した。

(1)墓域IV層　　24分類群141点検出された。サクラコガネなどの食植性昆虫が多い。農業害虫として知られるイネネクイハムシが検出された。

(2)上部シルト層　　21分類群263点検出された。セマルガムシ等の水生昆虫が全体の43％を占め、次いで地表性昆虫が多い。

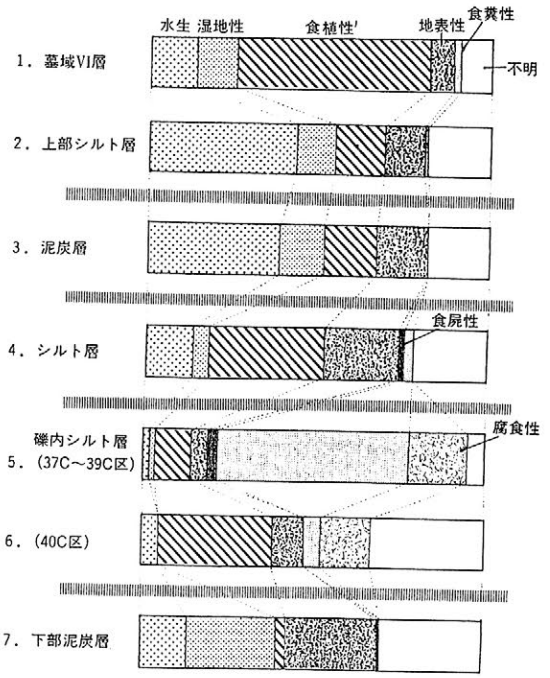
(3)泥炭層　　35分類群383点と最も多く検出された。セマルガムシ等の水生昆虫が多く、次いでゴミムシ類等の地表性昆虫が多い。イネネクイハムシは検出されず、ツヤネクイハムシやキヌツヤミズクサハムシが出現した。イネノクロカメムシも出現した。

(4)シルト層　　24分類群132点検出された。コガネムシ科などの食植性昆虫が多く、次いでゴミムシ類などの地表性昆虫が多い。

(5)礫内シルト層（37～39C区）　　16分類群174点検出された。マグソコガネ属・エンマコガネ属が突出して多く、次いでイエバエ科の囲蛹が多い。これらの昆虫で全体の７割以上を占める。

(6)礫内シルト層（40C区）　　７分類群21点と最も少なかった。

(7)下部泥炭層　　11分類群146点検出された。ゴミムシなどの地表性昆虫が最も多く、次いで湿地性昆虫・水生昆虫が多い。現在よりもやや寒冷な場所に棲むフトネクイハムシが検出されたことが特筆される。



第２図　各層で得られた昆虫遺体の生息環境別出現率

４．考　察

(1)墓域Ⅳ層・(2)上部シルト層　　土層の検討から、それぞれ古代の陸域と流路の堆積と考えられる。陸域は、草原～森林性の食植性昆虫が半分以上を占めることから畑地的な環境が推定され、稲作害虫のイネネクイハムシが検出されたことから近くに水田が存在したと考えられる。流路は、セマルガムシが多いことから浅い止水環境が推定される。

(3)泥炭層　　上部シルト層とよく似た環境が推定されるが、イネネクイハムシにかわりキヌツヤミズクサハムシやツヤネクイハムシが出現することから、人為的影響が比較的少なかったと考えられる。

(4)シルト層　　草原性・地表性昆虫の割合が高く、水生・湿地性昆虫が少ないことから乾燥した環境が推定される。しかし、この層の考古学的な観察では、土器や木製品が良好な状態で出土しており、止水的な環境が考えられる。この層の堆積の過程で比較的乾燥した環境の時代があったと考えられる。

(5)・(6)礫内シルト層　　圧倒的に食糞性・腐食性昆虫が多いことから、集落の下水や残飯などの廃棄物の堆積と思われる。この層の大型植物遺体の分析では、イネ・エゴマ近似種・メロン仲間などの栽培植物の種子が特に多く出土しており、この結果と整合する。ただ、もう一方の層からは昆虫遺体そのものが多く検出されなかったことから、この堆積は広範囲に広がっていなかったと考えられる。

(7)下部泥炭層　　湿地性・地表性昆虫が多いことからヨシ等が繁茂する湿地的環境が推定される。食糞性昆虫や害虫など、人間と関わりの深い昆虫がほとんどいないことから人為的影響が少ない環境であったと考えられる。

P10

ウズベキスタン共和国ダルヴェルジン・テペから出土した植物遺体

○野澤樹・佐藤洋一郎 (静岡大学農学部)

ダルヴェルジン・テペは，ウズベキスタン共和国スルハンダリヤ州にある大規模な都城遺跡である．1996 年から古代オリエント博物館が研究実施機関となってこの遺跡の調査をおこなっている．演者らは 1997 年および 1998 年の発掘調査に同行し，多量の植物遺体を採取することができた．ここでは出土した稲籾の DNA 分析および炭化したイネ科穀類について報告する．

今回の調査で多数出土したイネの籾殻を用いて DNA 分析をおこなった．出土した籾殻は透明な薄膜のような状態で，DNA の保存状態が悪いことが予想された．通常，DNA は籾または玄米の状態ではイネの種子 1 粒づつから抽出するが，今回は複数の籾殻をまとめて DNA を抽出した．供試したサンプルは，1) 23N 区 R1 から出土した籾殻断片約 10 片，および 2) 23N 区 R2 の床面に大量にたまった籾殻を含む灰状土壌の 2 点とした．DNA は Nakamura and Sato (1991) に基づいて抽出し，抽出した DNA 上の 3 つの領域を PCR 増幅し品種の判定を試みた．

この結果サンプル 1)の 1 つの領域でジャポニカ品種に特有の特徴が見られた(表 1)．今回の実験では DNA が増幅できたのが 1 つの領域に限られていたため，誤判定率がやや高くなった．

土壌中の種子の計数は，かまどの内部およびその周辺 5 地点の土壌サンプルでおこなった．発掘調査中に採取した土壌を秤量した後，水に懸濁して 1mm メッシュの標準ふるいに通し，種子や植物体を回収した．これを日本に持ち帰り，顕微鏡下で種子の選別をおこなった．この結果イネ，ムギ類などのイネ科穀類が数多く見つかった(表2)．

今回の調査では穀物以外にも，多くの種子や植物体の一部が見つかっている．また多量の木片も出土しており，当時の環境は，地下水による灌漑に頼っている現在よりはるかに緑豊かな環境であった可能性が考えられる．

図1　23N R1 から出土した稲籾の断片

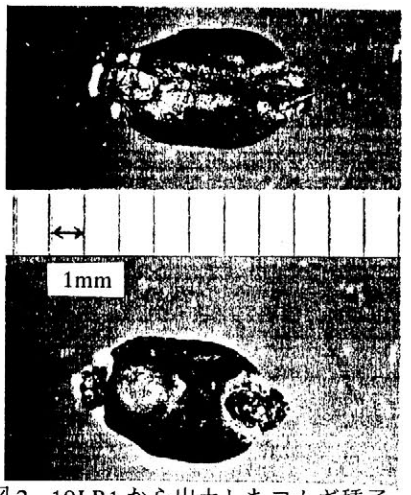


図2　19I R1 から出土したコムギ種子
上段: 内穎側
下段: 外穎側

表1　DNA 分析の結果

プライマー[a)]	領域	1)	2)
A32	核 DNA	J[b)]	-[c)]
ORF / ORF2	葉緑体 DNA		
	(ORF100 領域)	-	-
PS-ID	葉緑体 DNA	-	-
判定		ジャポニカ	不明
誤判定率		13%	

a) : 配列は Nakamura and Sato (1991) , Nakamura et al. (1997) などを参照。
b) : ジャポニカ固有のパターンを示す。
c) : 判定ができなかったことを示す。

表2　出土したイネ科穀類の種子数[a)]

		遺構				
	種名	98DTC7033	98DTC7034	98DTC7035	98DTC7036	98DTC7037
1	オオムギ	2.3	0.7	1.3	0	0.1
2	コムギ	21.8	4.0	19.5	1.7	0.4
3	エンバク	2.5	0.3	1.0	0	0
4	ライムギ	0	0.5	0.7	0	0
5	カラスムギ属	1.0	0.4	0	0.1	0
6	カラスムギ属	1.5	0.7	2.0	0	0
7	-[b)]	1.8	0.5	3.2	0	0
8	-	0	0	0	0.3	0.1
9	ヒエ属	19.0	2.1	1.8	1.7	0.1
10	イネ	6.0	0.4	0.2	0.8	0
合計		55.9	9.6	29.7	4.6	0.7

ムギ類の種子の同定は横浜市立大学辻本壽博士のご厚意による。
a) : 土壌 1kg あたり推定数。
b) : 種の同定ができていないことを示す。

P11

縄文時代におけるクリの栽培化に関する研究

○髙橋光子[1]・山中愼介[1]・岡田康博[2]・伊藤隆三[3]・伊庭功[4]・廣川達麻[5]・阿部千春[6]・佐藤洋一郎[1]（1．静岡大学農学部，2．青森県教育庁，3．小矢部市教育委員会，4．滋賀県文化財保護協会，5．森町教育委員会，6．北海道南茅部町教育委員会）

縄文時代には植物の栽培は行なわれていなかったと考えられてきた．しかし，青森県三内丸山遺跡，富山県桜町遺跡および静岡県坂田北遺跡から出土したクリ集団の遺伝的多様性から，演者らはクリの栽培化を示してきた．本報告では滋賀県粟津湖底遺跡から出土したクリ集団について同様の分析を行ない，栽培化の程度の地域性などを評価した．分析に用いた遺跡の位置を図1に示した．

粟津湖底遺跡から出土したクリ2集団（約9,300年前および約4,500年前）の各個体からアルカリ－SDS法でDNAを抽出し，PCR法で増幅をした．プライマーや増幅条件は過去の分析例にならった．増幅産物を1%の寒天ゲル上で電気泳動し，得られたバンドパターンからShannonの指数（H'）により遺伝的多様性を求めた．

粟津湖底遺跡の2集団のH'値はそれぞれ1.891および1.879となった（表1）．この値は三内丸山遺跡，桜町遺跡および坂田北遺跡から出土したクリ集団のH'値（1.735－0.999）より大きく，現存の野生集団のH'値（1.799）と同程度であった．このことからクリの栽培化は粟津湖底遺跡ではほとんど進行していなかったと考えられる．縄文時代には各地でクリの栽培化が進行していたと考えられるが，地域によって栽培化の進行の程度に違いがあることが示された．

遺跡から出土したクリ集団の遺伝的多様性が低い原因の1つに，1本の木に結実したクリ子実を集めた可能性が繰り返し指摘されてきた．そこで，北海道南茅部町および青森市に自生している4本のクリの木それぞれに結実した子実集団の遺伝的多様性を求めた．4集団のH'値（1.910－1.791）は，原生種の集団のH'値（1.799）と同程度であった．このことから，1本の野生のクリの木に結実した子実集団の遺伝的多様性が低下するのは，集団全体の多様性が低下した時であると考えられる．よって，遺跡から出土したクリ集団の遺伝的多様性が野生集団のそれと比較して低かった事実は，当時の集団全体の多様性の低下によるものと結論できる．

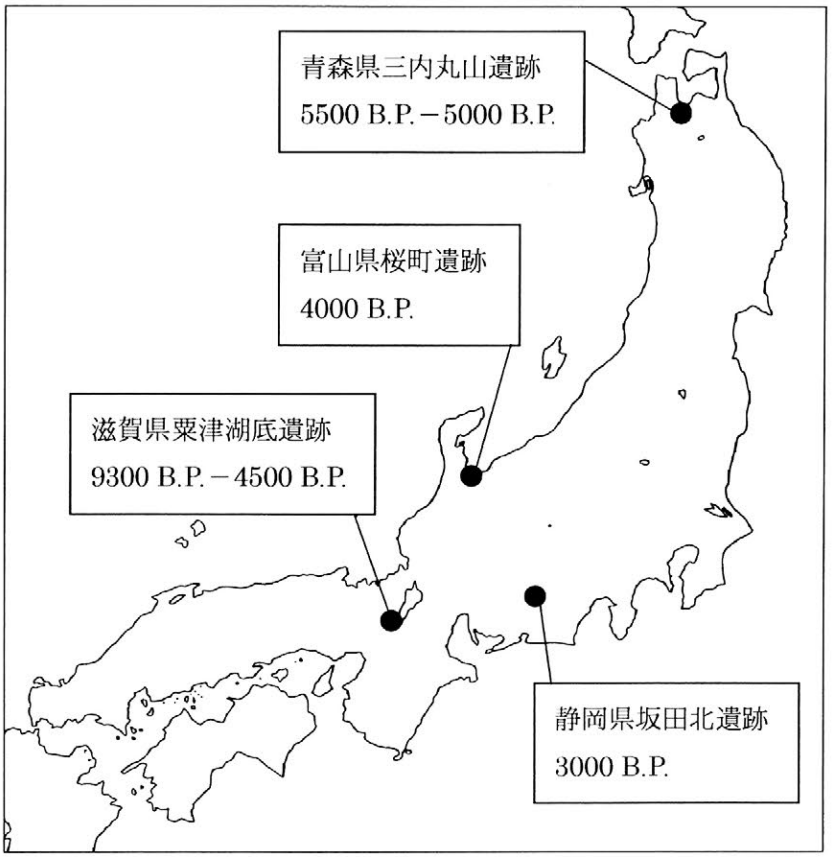


図 1　遺跡の地図

表 1　遺跡から出土したクリ集団の遺伝的多様性（H'）

遺跡名および集団名	年代（B.P.）	H'
粟津湖底	9300	1.891
粟津湖底	4500	1.879
三内丸山	5500	1.735－1.055
三内丸山	5000	0.999
桜町	4000	1.395－1.301
坂田北	3000	1.352
現存野生（22 本の木の集団）		1.799

表 2　1 本の野生の木に結実した子実集団の遺伝的多様性（H'）

集団名	H'
1 本の木に結実した子実の集団	
北海道南茅部町　（3 個体）	1.910－1.791
青森市	1.847
22 本の木の集団	1.799

P12

昭和17年の空中写真を用いた東大阪市域の現地表面の修正とGISによる遺跡環境の評価

松田順一郎(財団法人 東大阪市文化財協会)・
下妻勇輔(株式会社 パスコ大阪支社、計測技術部)

調査や保存の対象とする考古遺跡の分布を地形図上に重ね合わせて表現することは、過去の立地や人間活動を推測するという考古学的な観点からも、行政的な遺跡管理の観点からも、不可欠の作業である。その際に背景とする地図の選択肢は多様なほど好ましい。旧陸軍陸地測量部による「迅速図」類、国土地理院による各種地形図、「土地条件図」、地方自治体による「都市計画図」・「地形図」類、自然地理学研究者による地形分類図などがしばしば用いられる。これらの中には、1件の発掘調査地点(区)周辺の「近」過去の微地形、102～103m2オーダーの地表面の起伏を参照するのに適した地図がない。また、東大阪市域では、1960年代後半以後の著しい市街地化(産業地化を含む)によって、1/2500都市計画図においても、地物の表現によって等高線の読みとりが妨げられるだけでなく、土地改変によって比較的広範囲での傾向面の確認さえ困難な場合がある。

東大阪市文化財協会では、同市域の広い領域を発掘対象とした下水道整備事業関連の調査の一環として、上述のような不都合をおぎなう地形図の作成を株式会社パスコに委託してきた。「東大阪市基本地形図」と呼ぶこの地図は、大阪市が保管する昭和17年(1942)撮影の空中写真によって、おもに土地の起伏と地物の分布を、昭和36年に大阪府が作成した1/3000地形図に整合的にあてはめ、ディジタルマップとして復元したものである。撮影高度や飛行コースに精粗のある空中写真の図化に際して、標定点として、昭和17～36年の間に位置・高度が変化していないと判断される社寺の一部や石碑などが用いられた。地形図作成における初期の仕様を表1に示し、完成した地形図の一部とその現況を示す都市計画図を図1に示す。

本発表では、さらに上述の地形図の利用モデルとなる2・3の地区を選び、GIS上で以下の作業を試みる。

(1) 基本地形図、地形分類・表層地質図、および考古遺跡の分布図などをレイヤーとして、古地形と遺跡の立地推定における「近」過去の地形評価の意義を検討する。

(2) 基本地形図に表された地物の分布とその後の変化を示す地図や空中写真をレイヤーとして、遺跡保存と破壊にかかわるいくつかの因子を探る。

このような作業は、その場所で人間活動が始まって以来の遺跡形成過程が、現在もなお変化しつつある保存環境(あるいは埋没環境)のもとで継続しているというその前提において、ジオアーケオロジーの一分野とみなせる（図2）。

作業方法

・部分標定によって、地形、地物を描画する。
・等高線は比高より推定し、描画する。
・単点の図化。
・標定が不可能なか所、または大幅にずれるか所、単写真で判読できるか所は、へんわい修正を行なった後、同縮尺の写真を焼付、EDITより描画する。
・連続データは、等高線(他の地物と重複する場合は間断)、真幅道路(他の地物と重複する場合は重複)
・河川データはは、他の地物で兼ねることができる。
・独立してある小規模な建物は描画しない。

表現項目

道路――真幅道路
　　庭園路
　　徒歩道
河川――河川
　　一条水路
鉄道――鉄道
　　駅舎
建物
池・湖沼
堤防・ケバ――エリア表示
　　線表示
記号(土地利用がわかる程度)
　　――田、畑、果樹園、芝地、広葉樹林、針葉樹林、竹林、荒地など
植生界――おおまかな範囲
耕地界――おおまかな範囲
等高線――1m間隔
主要な注記

表1 「東大阪市基本地形図」作成のための初期の仕様

図1 昭和55年(1980)に作成された1/2500地形図(上)と同図郭の「基本地形図」(下)

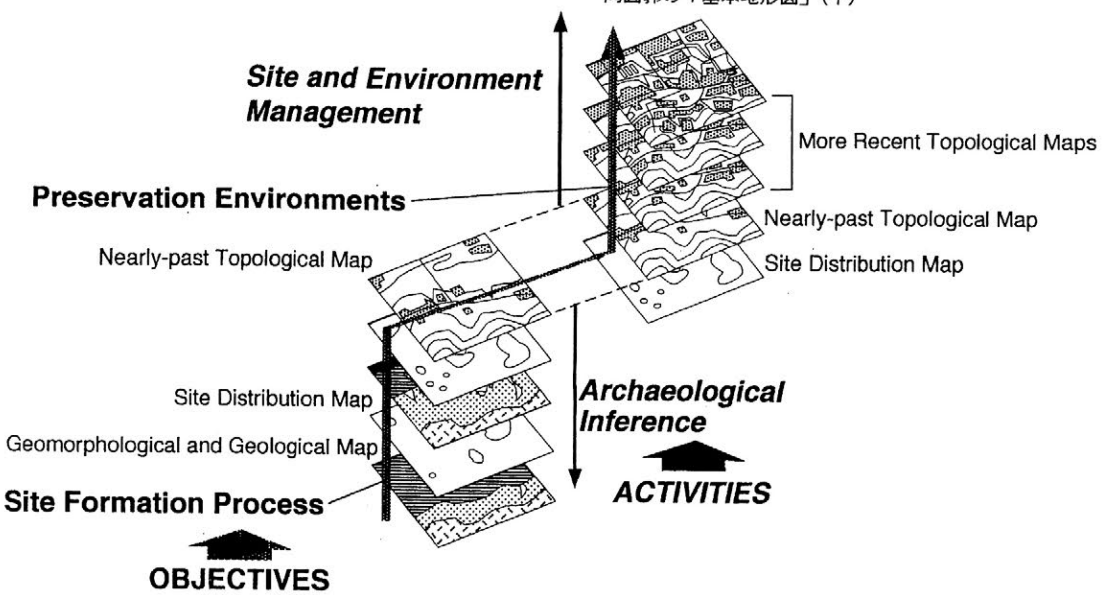


図2 ジオアーケオロジーにおけるGIS利用のフレームワーク案

P13

大阪府鬼虎川遺跡周辺における縄文時代～弥生時代の景観復原に関する予察

別所秀高・松田順一郎（財団法人東大阪市文化財協会）

鬼虎川遺跡は生駒山西麓の扇状地扇端から後背湿地にかけて拡がる旧石器時代～古墳時代にかけての遺跡で、隣接する水走遺跡や西ノ辻遺跡、植附遺跡、神並遺跡とともに主に国道308号線に沿って高密度で調査がおこなわれてきた（図１）。これらの調査では、とくに縄文時代晩期から弥生時代後期にかけて、人々が上述の遺跡地のなかで住居域を低所から高所へと移動させつつ継続的に生活を営んだことが明らかになっている。しかし、このような比較的狭い範囲のなかでの居住域の移動は、集団内部の人口圧の高まりや外部集団との戦争など人間活動の結果だけでは説明し難い。いっぽう、これらの調査ではしばしば珪藻分析や花粉分析による古環境復原が試みられ、個々の調査地点の古環境に関するデータが蓄積されつつあるが、鬼虎川遺跡をとりまく古環境を推測するためのデータの総合は行われていない。

そこで鬼虎川遺跡とその周辺遺跡の堆積層の層相解析（図２）をとおして、とくに縄文時代晩期から弥生時代後期にかけての古環境変遷を復原し、環境変化と居住域の移動にどのような関係があるのかを考察する。層相解析および珪藻分析結果からは、以下の古環境変遷が推測される。

・縄文時代晩期初頭（約2800年前）の海水準低下により扇状地扇端からローブ状に扇状地が発達し（Loc.16）、干潟潮上帯の湿地には開析谷が形成された（Locs.6,7,11,14）。

・弥生時代中期末（IV様式期）にかけて水位が上昇し、湿地に形成されていた開析谷が埋没した（Locs.6,7,11,14）。水域は完全に淡水化した（河内湖）。水位の上昇とともに湖岸線が陸側に前進した。

・弥生時代後期に水位が安定し、ヨシなどの抽水植物が繁茂する湿原が拡大した。

以上のことから縄文時代晩期から弥生時代後期にかけての居住域の移動は、河内湖の水位や地下水位の昇降に少なからず影響を受けていたことがうかがえる。

発表当日は、鬼虎川遺跡の古環境変遷をより視覚的に提示し、環境の変化に支配された人間活動のモデルを提唱したい。

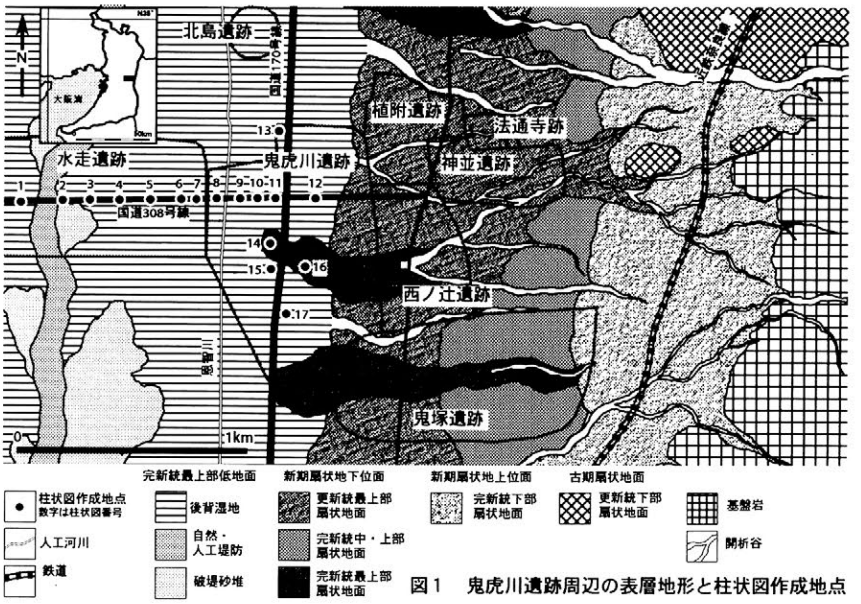


図1　鬼虎川遺跡周辺の表層地形と柱状図作成地点

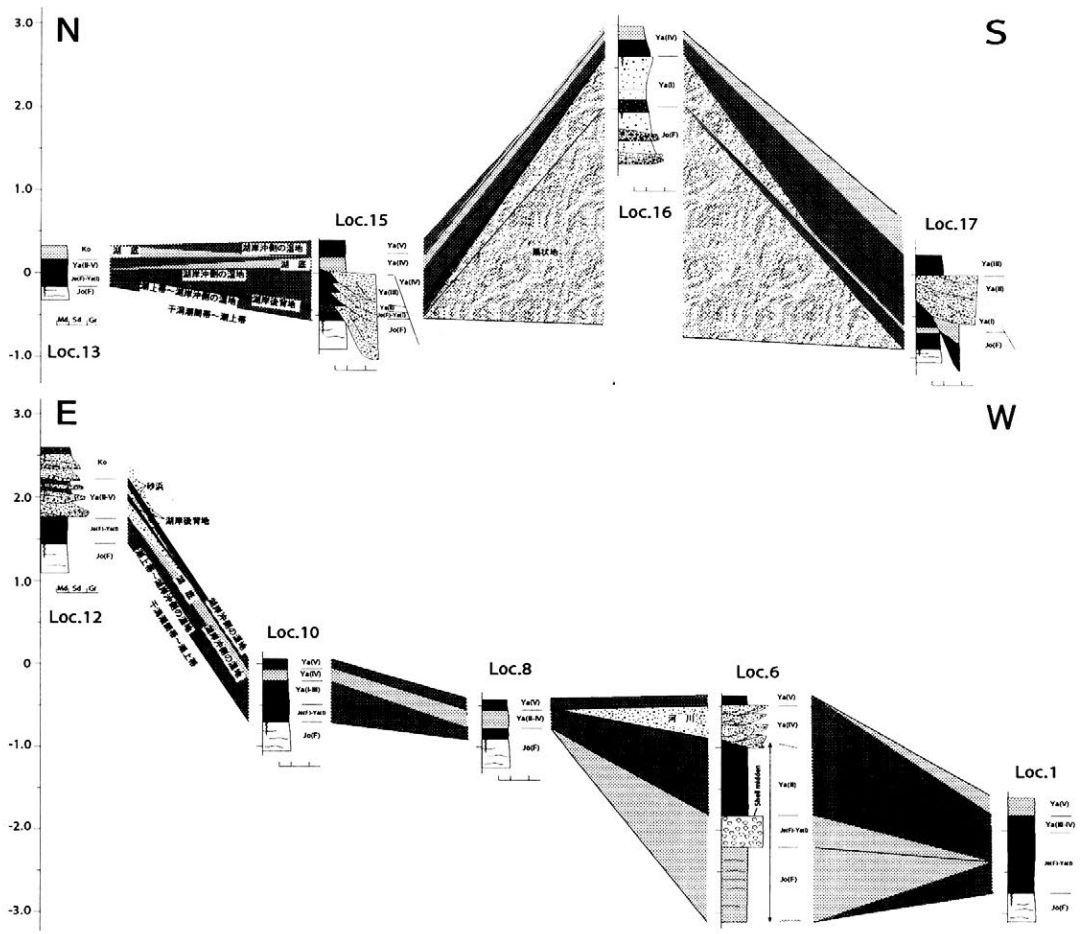


図2　鬼虎川遺跡とその周辺の堆積柱状図と堆積環境の変化。上は南北方向、下は東西方向。

P14

石川県能都町真脇遺跡の空間分析

○高田秀樹（能都町教育委員会）
北原哲郎・峠美穂（応用地質株式会社）

1．はじめに

真脇遺跡は、能登半島の東側、富山湾に面する海岸沿いに位置している。三方を山に囲まれ、南側が海に向かって開けた地勢となっており、海抜4～10m、面積約11万m²の沖積低地である。

この遺跡は、1982～1983年の発掘調査で、巨大木柱列、イルカ解体場をはじめ竪穴式住居跡などの生活の痕跡や、土製仮面、土偶、岩偶、装身具、編物など縄文時代の豊かな生活をおもわせる遺物が良好な状態で埋蔵されていることが明らかとなり、縄文時代前期から晩期までの約4000年間という長期間にわたり存続した希有な定住型の縄文時代集落として、1989年に国指定史跡となった。

1997年より、真脇遺跡の保存活用のために調査を再開し、発掘調査に先立ちボーリング調査を中心とする調査を実施した。本報告では、その成果の一端を紹介する。

2．調査方法

地下深部の土層堆積状況を直接知るため、ボーリング調査を実施した。真脇遺跡は海岸に近く、周辺での既往調査結果から、地質は粘性土層のほか、砂質土層、砂礫から成ると考えられたため、粘性土層掘削に一般的に用いられるシンウォールサンプラーだけでは対処できないと考え、地下の地質状況の変化に伴い三重管サンプラー、スリーブ内蔵サンプラーを適宜使用した。

ボーリング調査地点は、遺跡の全体像を把握できるよう格子状に17箇所配置した(図-1)。またコア観察の結果、遺物等が多く含まれる地点を中心に花粉分析・珪藻分析・^{14}C年代測定を行った。

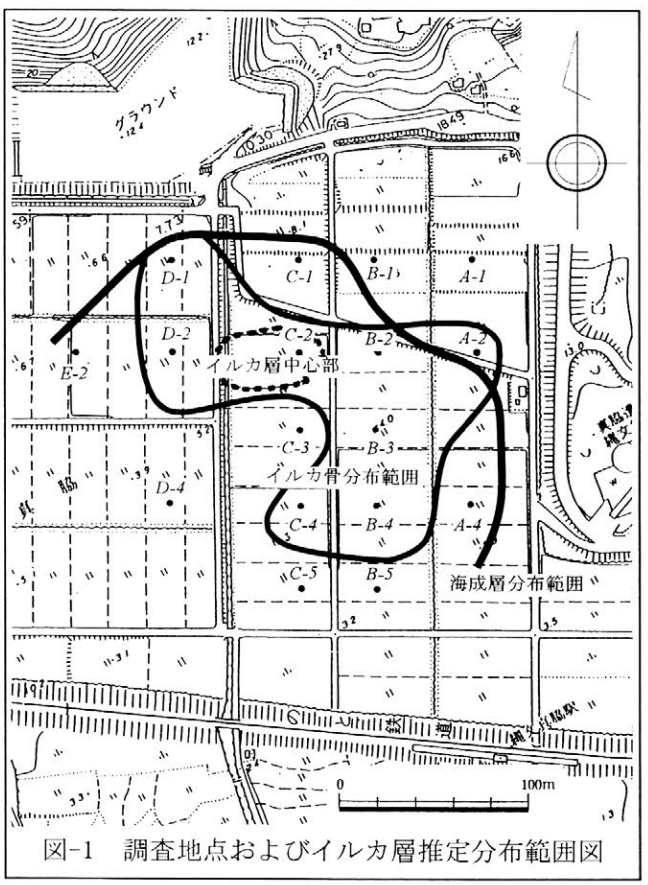


図-1　調査地点およびイルカ層推定分布範囲図

3．真脇遺跡周辺の地質状況

真脇遺跡周辺の地質は、新第三紀中新世の凝灰岩を基盤とし、陸成層（河川堆積物や旧崩積土）とその上位の海成層が基盤岩に対して傾斜不整合している。またそれらを新期の崩積土が覆い、さらにその上位には耕地整備の際の盛土が施されている。

基盤層の標高は、ボーリング17箇所中D-4地点が最も低く、逆に最も高いのはB-1地点である。海成層は、基本的に3層に分類でき、

下位の層から、砂・粘土互層、粘性土層、砂質土層である。海成層のうち最下位の砂・粘土互層は、C-3、C-4、D-4 地点に見られるのみであるが、最上位の砂質土層は A-4、B-2、C-1、D-1 地点付近まで見られる。

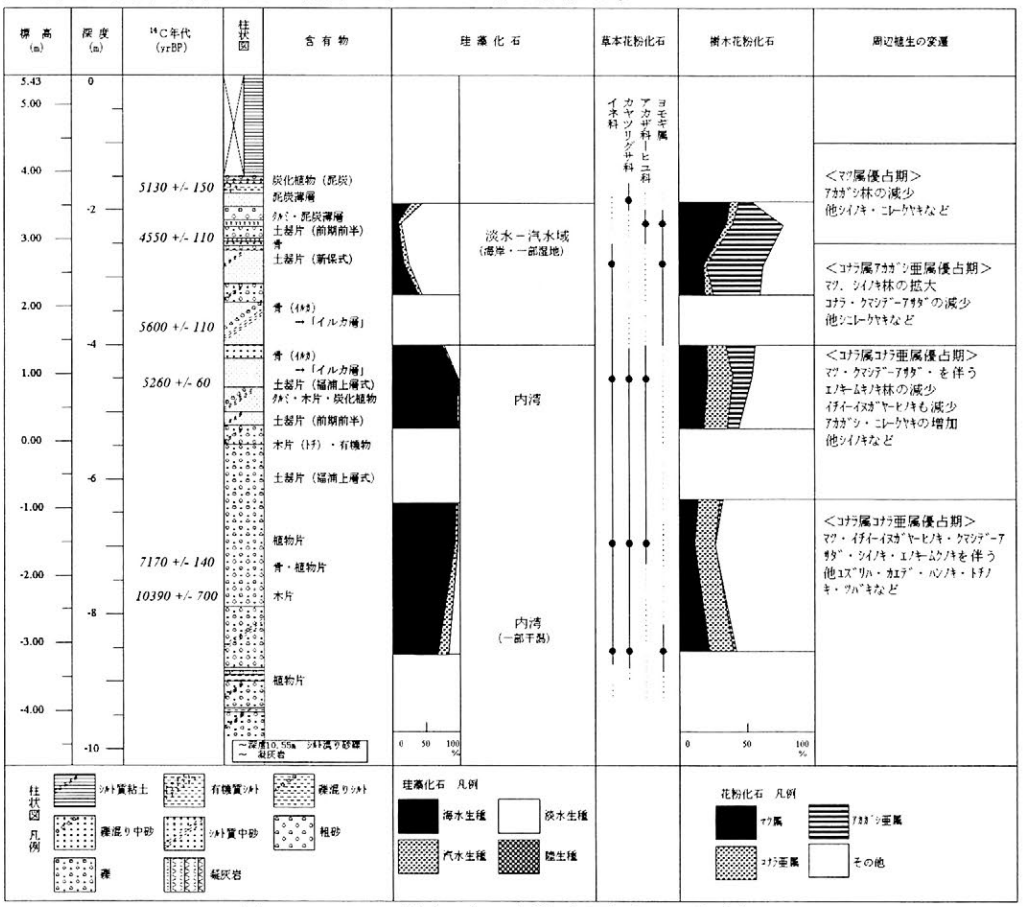
4．考察

今回、真脇遺跡の空間分析としてイルカ解体場の位置について検討を行った。

真脇遺跡周辺は、図-1 に示すとおり海成層の分布範囲が C-1、B-2 地点付近まで見られることから、縄文海進最盛期には大部分が海水の影響を受ける場所であったと言うことができる。またイルカ骨分布範囲は、海成層の分布範囲とほぼ一致しており、その中心は、イルカの骨片が最も多く採取された C-2 地点付近であると考えられる。

図-2 に C-2 地点における各種分析のデータ総合図を示す。深度 7.0～4.5m 付近における内湾の拡大は、^{14}C 年代測定結果などからみて、縄文海進に相当すると考えられる。その後の湾の後退・淡水環境への変化は時期的に縄文前期～中期に相当し、いわゆる「縄文中期の小海退」の可能性も考えられるが、花粉分析結果を見る限りでは寒冷化したとは言い難く、湾の埋積が進行した結果、淡水域へと移行したということも考えられる。C-2 地点では「イルカ層」が 2 層確認できるが（深度 5.0～4.6m 付近、深度 4.0～3.4m 付近）、ちょうど淡水域への移行と重なっている。

以上の結果から、真脇遺跡におけるイルカ解体場は、C-2 地点を中心とした付近に存在し、それは波打ち際に近い場所であったと考えられる。



図－２　　地点データ総合図（C-2 地点）

P15

植物繊維素材の基準資料の作製

遠藤利恵
岡田文男（京都造形芸術大学）

1　はじめに

日本の遺跡から出土する繊維製品の素材には植物繊維や絹がある。このうち前者は木綿を別とすれば、民俗例からも明らかなように多様な種類の木本や草本の靭皮繊維が加工されて用いられてきた。従来、植物繊維の同定は繊維の横断面の形態やツイストテストの結果をもとに行なわれてきたが、靭皮繊維の横断面の形態は似通ったものが多く、同定は容易でないのが現状である。そこで、多様な素材が用いられたと考えられる出土品や伝世品の植物繊維の同定を将来的な目標として、植物繊維素材の解剖学的観察を始めた。

2　植物繊維断面の観察法

表1　観察資料

資料番号	植物名（学名）	観察	採取地	採取時期
草本				
1	カラムシ（Boehmeria Jacq.）	横・縦断面	大阪府泉佐野市	9月上旬
木本				
2	コウゾ（Broussonetia Kazinoki Siebold）	横・縦断面	京都市山科区	3月上旬
3	クズ（Pueraria lobata）	横・縦断面	大阪府貝塚市	11月下旬
4	フジ（Wisteria floribunda（Willd.）DC.）	横・縦断面	大阪府泉佐野市	9月中旬
5	シナノキ（Tilia Japonica）	横・縦断面	滋賀県草津市	5月上旬

民俗例を参考に、現在も靭皮繊維が利用されている植物の茎を採取した（表1）。採取した茎をメチルアルコールで脱水して、セロイジンに包埋してミクロトームで厚さ約10μmの横・縦断面の切片を作製し、サフラニンとファストグリーンを用いて二重染色した後、光学顕微鏡によって観察した。

3　観察結果

カラムシ（写真1･2）：横断面で内腔が大きいこと、縦断面ではイナズマ状になっている点が特徴である。

コウゾ（写真3）：靭皮繊維の集合は疎である。

クズ（写真4）

・**フジ**（写真5）：両者の横断面では靭皮繊維の形状、配列が酷似する。両者では細胞の大きさに差があり、クズの方がやや大きい。

シナノキ（写真6）：靭皮繊維の配列が特徴的な団塊状を呈する。

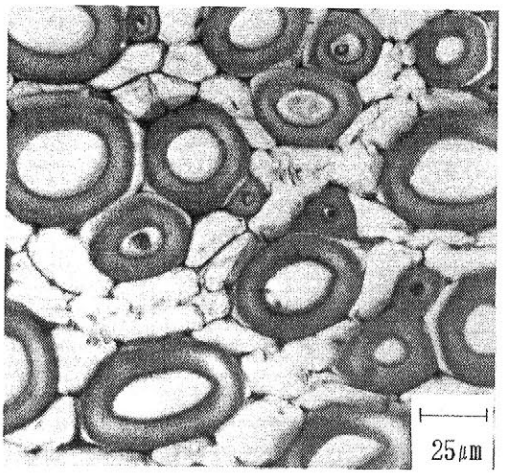


写真1 カラムシ横断面

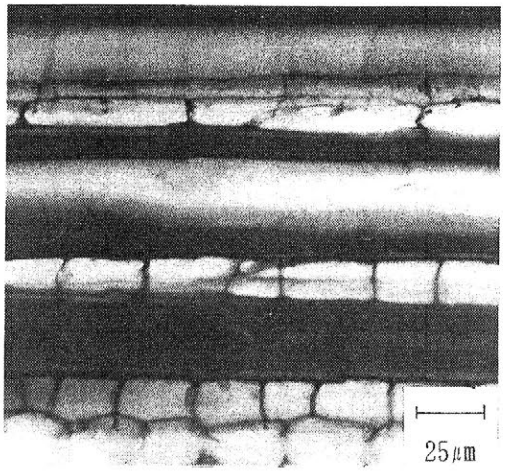


写真2 カラムシ縦断面

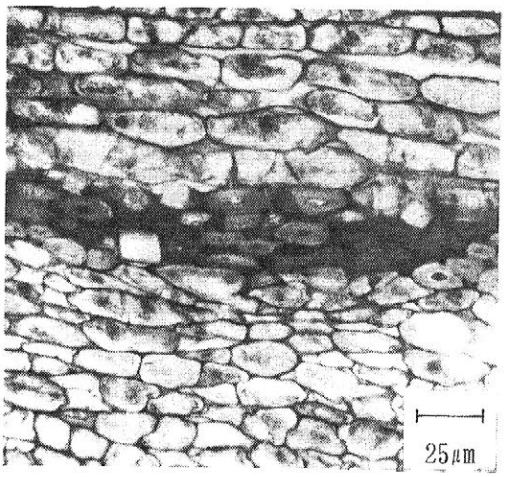


写真3 コウゾ横断面

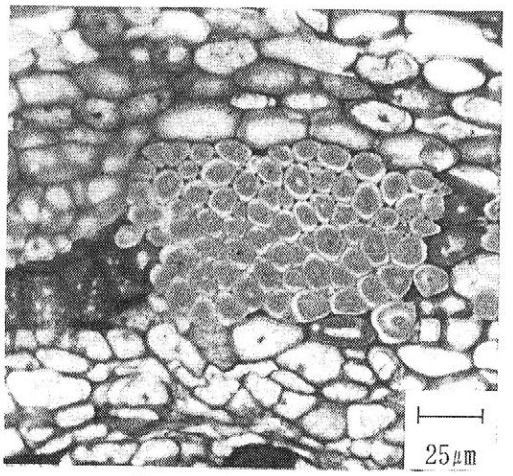


写真4 クズ横断面

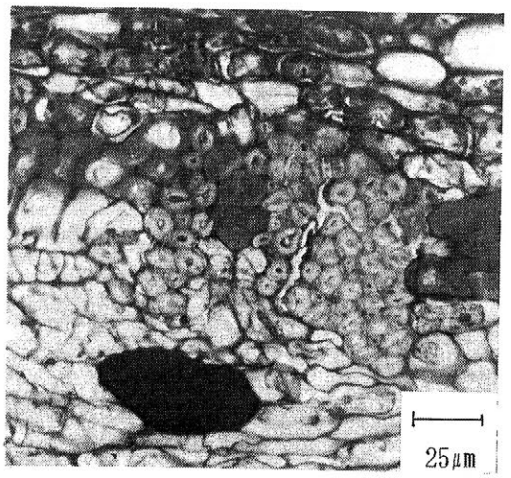


写真5 フジ横断面

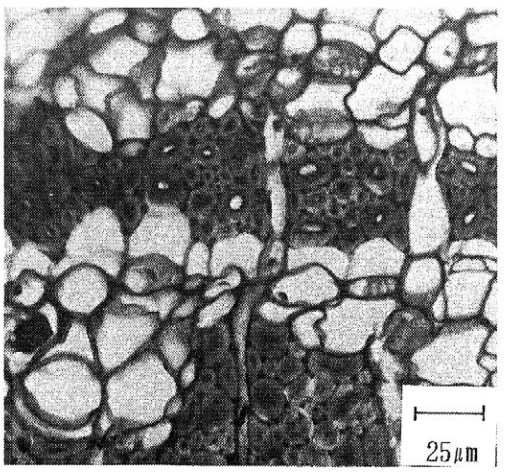


写真6 シナノキ横断面

P16

文化財染織品の復元に使用される天然染料に関する研究

○河合貴之、前川善一郎（京都工芸繊維大学・大学院）
佐々木良子、佐藤昌憲（奈良国立文化財研究所）

1．はじめに

文化財染織品の復元は重要な課題の一つであるが、実施に当たっては各種の条件を考慮しなくてはならない。演者らは先に一つの伝世品組紐に使用された染料の化学分析を行ない天然染料の種類を同定した。その結果に基づいて組紐製作者は劣化の進行した現在の色調に合わせた復元を試みたが、その際に、現在の色調をそのまま再現するには同定された染料を純品として使用するのではなく色調の調整が必要である。一般には劣化に伴い色調が長波長側に移動するので、そのような配慮を行なって実際に染色された糸が復元組紐に使用された。これらの糸について再度化学分析を行ない元の試料の分析結果と比較考察した。

2．実験

復元のために染色された少量の糸から色素をメタノール等で抽出し、その溶液について紫外・可視吸光スペクトル（日立製 U-３５００型分光光度計を使用）、および三次元蛍光スペクトル（日立製 F-４５００型蛍光分光光度計を使用）を測定した。さらに比較のため、染められた糸そのままの試料についても、繊維表面の紫外・可視吸収スペクトル、三次元蛍光スペクトルを測定し、溶液で得られた分析結果と比較した。染色された糸は組紐製作者より提供されたものである。

3．結果と考察

たとえば、伝世品組紐の橙色糸がキハダと赤色系染料との重ね染であると同定されても現在ではかなり染料の分解による色調変化が生じているので、現状の色調に合わせて復元しようとすれば色調を少し長波長側に移動させるため鉄媒染剤を必要とすることになる。図１には紫外・可視吸収スペクトルによりその移動を示してある。図２は復元に使用した橙色系の三次元蛍光スペクトルである。強い蛍光成分として約 500nm の蛍光はキハダによるもので、一方弱い蛍光成分としての約 400nm の蛍光は赤色成分（紅花）によるものである。元の試料との比較考察についてポスターで説明する。

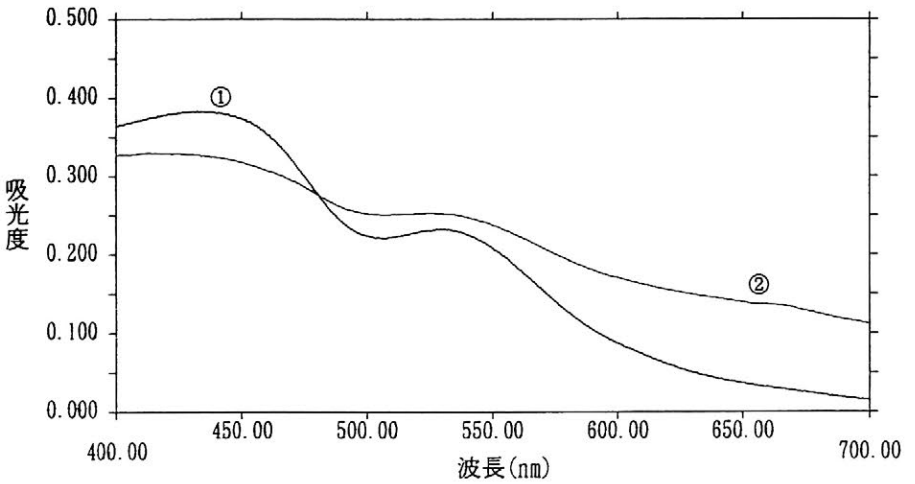


図1．反射法による橙色系染料の紫外・可視吸収スペクトル
①キハダ（標準品）
②復元に使用された糸

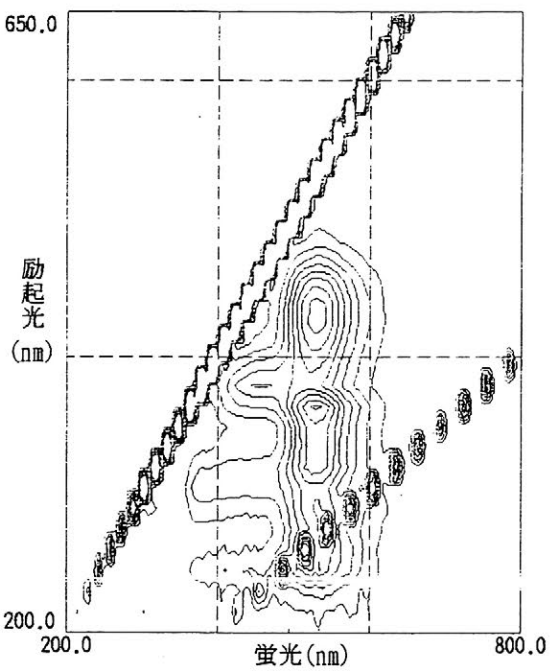


図2．メタノール抽出による橙色系染料の三次元蛍光スペクトル

P17

縄文時代漆工技術の研究
－押出遺跡出土の櫛状製品を中心にして－

昭和女子大学　武田昭子，田中千晶

1．はじめに

山形県東置賜郡高畠町にある縄文時代前期の押出遺跡は，1985～1987年までの3年間にわたる発掘調査で，クッキー状製品等数々の遺物が出土したことで注目された遺跡である．低湿地であることから有機質の製品が朽ちることなく出土しており，中でも漆製品が多岐にわたり，貯蔵容器など製作に関わるものも出土している．総計200点を越す出土量があり，木胎漆器，陶胎漆器，籃胎漆器等種類も豊富で，櫛，鉢，皿等色々な形態の製品が含まれている．

2．出土櫛状製品について

出土している櫛状製品４個体はすべて歯部が欠失しているため，「櫛」とは断定しがたい．特に下記の(3),(4)の乾漆として分類してある遺物は，棟部が他の櫛の類例と似ているが，構造的には(少なくとも歯部上方が漆で固められている)果たして櫛の機能を備えていたものか疑問の余地もある．しかし上部と下部の構成からみて一応現段階では櫛状製品と分類する．

表1.　　櫛状製品の現状

調査No.	形式	法量(mm) 最大巾	×最大高	表面状況	胎部	備考
1	結歯式	51	41	黒色漆	欠損により不明	
2	結歯式	14	30	赤色漆	欠損により不明	未調査
3	乾漆	43	42	赤色漆,泥付着	植物繊維・編物	
4	乾漆	40	60	赤色漆,泥付着	植物繊維・編物	

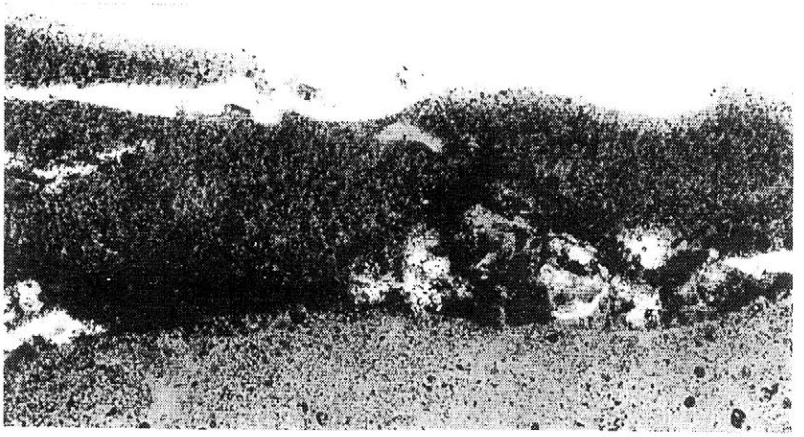
3．調査方法

調査試料は結歯式櫛状製品１点（調査No.1），乾漆櫛状製品２点（調査No.3, No.4）である．Ｘ線透過撮影で内部構造を調査し，実体顕微鏡で遺物の表面の様子を観察した．また各遺物の破片からそれぞれ約１mm四方を採取し，エポキシ樹脂に包埋し研磨して，塗膜構造を実体顕微鏡で落射光観察し，薄片に仕上げた後生物顕微鏡で透過光観察を行った．また電子顕微鏡で塗膜構造を観察するとともに，エネルギー分散型Ｘ線分析（EPMA）で混和材の調査行い，フーリエ変換型赤外分光光度計で，漆の同定を実施した．

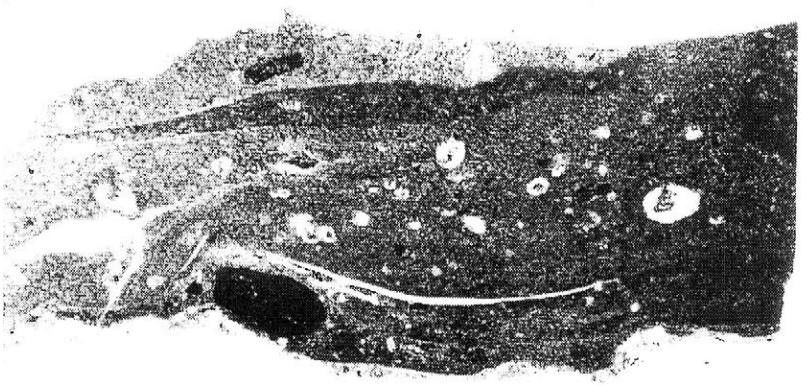
4．調査結果

a.　Ｘ線透過撮影装置で乾漆の櫛状製品の撮影を行ったが，繊維が残存していないため，編み方の詳細までは明らかにできなかった．

a. EPMA分析で，赤色漆はすべて弁柄を混和材に用いていたことが確認された．
b. 顕微鏡による断面観察の結果，No. 1の結歯式櫛状製品は，地固めを除き1～2回の塗りになっており，混和材がそれぞれの層に認められる。
No. 3，4については，生漆で地固めをした上に弁柄を混和した漆を2～6回塗っているのが観察され，塗りの回数は部分的に相違がある．混和材の弁柄は，下部に粒子の粗い弁柄を用い，上部になるにしたがって細かい弁柄を使用する傾向が認められる．
c. FT-IRの分析調査により，すべての試料について漆と同定されるピークが検出された．



No. 1 結歯式櫛状製品
400倍



No. 3 乾漆櫛状製品
100倍

No. 4 乾漆櫛状製品
400倍

P18

武田西塙遺跡にみる古墳時代における鉄器製作活動について
-遺物の形状とその組成を通して-

○関　博充（東京学芸大学）　白石真理（ひたちなか市埋蔵文化財センター）
服部哲則（東京学芸大学）　赤沼英男（岩手県立博物館）

1. はじめに

これまでの考古学の研究によって、古墳時代には弥生時代に比べ様々な形状をした鉄器が出現し、鉄製農耕具の普及が進むことが知られている。続く律令体制下では調庸鉄にみられるように、税として鉄が納められるようになる。このように、時代経過とともに鉄器の使用量が増大する様子をみてとれるわけであるが、それを可能にした要因の一つとして、製品鉄器に加え、原料鉄そのものの供給量が増大したことを考えることができる。近年発掘調査が進むにつれ、鉄・鉄器生産に関係した遺構・遺物を伴う古墳時代、および奈良時代の住居跡が各地で確認されているという事実もそれを支持するものといえよう。古墳時代における原料鉄の供給とその利用状況を解明することによって、続く律令体制下における鉄・鉄器生産の実体に迫る重要な知見が得られるものと期待される。ここではその第一歩として、茨城県ひたちなか市に所在する武田西塙遺跡から検出された、５世紀後葉に比定される鉄関連遺構を伴う60号住居跡における鉄器製作活動の検討結果について述べる。

2. 遺構・遺物の概要

武田西塙遺跡は先土器時代から近世にわたる複合遺跡であり、那珂川を望む台地上に立地する。これまでの発掘調査によって古墳時代に比定可能な112基の住居跡が確認され、60号住居跡からは４基の炉跡が検出された。いずれも上部構造は認められず、その有無および形状は不明である。ただし炉底部の残存状況は良好であり、３基（2～4号炉）については浅い皿状に窪み、最も深いところでも床面から5～8cmを測るにすぎない。平面形は長軸30～50cm、短軸20～30cmの楕円を呈し、炉底は赤褐色に焼けている。他の１基（1号炉）はボール状に窪み、最も深いところでは床面から約40cmにもおよぶ。平面形は短軸約80cm、長軸約120cmの楕円を呈し、床面から炉底部に向かって幅約14cm、長さ約40cm、深さ約10cm、断面が半月状の溝跡がみられ、炉跡周辺には３つの窪みもある。前述の溝跡が到達する炉底部には直径約15cmの範囲で青灰色の焼土が、その周縁部には幅約20cmにわたり赤褐色の焼土が残存する。なお、焼土の分布は炉底中心から溝跡側に片寄る（図1）。前述の３基の炉跡に比べ炉の規模は大きく、溝跡が達する炉底部の青灰色部分はほかに比べより高還元状態に曝されたとみることができる。

検出された羽口はいずれも一方の端部内径が細くなっており、先端は部分溶融していた（図2a）。なかには土師器高坏の脚部を転用したと思われるものもみられる（図2b）。1号炉において観察された溝跡が炉内への送風のためのものであるとすれば、そこに図2bの形状をした羽口を装填することは困難である。図2aの形状をとる羽口については1号炉に、図2bについては主として2～4号炉での操作に用いられたと考えられる。

住居跡内のいたるところから塊状や流状、ならびに椀形を呈した鉄滓が出土した。さらに、1号炉周辺では鍛造剥片と思われる鍛片と細かく破砕された鉄滓（以下では細片状鉄滓と呼ぶ）が集中して検出され、それらが付着した石（金床石と思われる）も認められた。

炉底構造に差異のみられる炉跡や外観形状の異なる羽口が確認され、鍛造剥片と思われる鍛片や細片状鉄滓のほかに、相当量の塊状滓や椀形滓が出土するという事実は、同じ住居跡内で異なった設備と道具を用い、それぞれ別の操作が実施されていた可能性の高いことを示すものといえる。鍛造剥片と思われる鍛片、金床石と考えられる資料によって、住居内ではある程度清純化された鋼を加熱・鍛打し、目的とする鉄器に造形するという小鍛冶操作の実施を想定できるが、同時に小鍛冶とは別の操作が行われていた可能性についても検討する必要が生じている。

3. 出土遺物の自然科学的調査結果ならびに考察

塊状滓から摘出した試料片は、その組織観察によって鍛と鉄滓とが混在した資料であることが判明した（図3）。鉄滓部分はウスタイト（化学理論組成FeO）、ガラス質けい酸塩から構成される。ほぼ鍛層からなる部分には0.161%もの銅分の含有が認められた（表1）。また、細片状鉄滓、椀形滓にもほ

ぼ同様の鉱物組成をとる組織が観察され、椀形滓の中にも錆と鉄滓の混在が確かめられた。

上述の塊状滓や椀形滓の組成から炉内において部分的にではあるにせよ、ほぼ溶融状態にあるスラグと鉄とが接触した状態のあったことが推定される。製錬を想定した場合、鉄滓中に残存する鉄錆の化学組成を考慮すれば、その実施には相当量の銅分を含んだ製鉄原料、とりわけ脈石中に銅鉱物を随伴する鉄鉱石の使用を考える必要がある。しかし、資源の賦存状況に基づけば、遺跡周辺でそのような組成の鉄鉱石を入手することは困難であり、製錬の実施は考えにくい。相当量の銅分を含む原料鉄が他地域から持ち込まれ、それを素材として鋼の製造がなされていたと考えることによって自然科学的調査結果の説明が可能となる。他の3基の炉跡に比べより高還元状態が形成されたと推定される1号炉において鋼が製造され、それが隣接する2～4号炉に持ち込まれ、加熱・鍛打によってさらに清純化された後、目的とする鉄器への造形がなされたものと筆者は考える。なお、既述の通り鍛造剥片と思われる錆片と細片状鉄滓が1号炉周辺に集中することが考古学の発掘調査によって確認されているが、これは1号炉において製造された鋼に付着する鉄滓をはつり取る操作に起因するものと思われる。鋼製造操作の解明を計るには持ち込まれた鉄の組成が問題となるが、武田西塙遺跡において原料鉄とみられる遺物は未検出にある。今後、同時代に比定される遺構から出土した原料鉄の組成が明らかになることによって、その流通と使用の状況がみえてくるに違いない。

表1　出土鉄滓の分析結果（wt%）

T.Fe	Cu	Mn	P	Ni	Co	Ti	Si	Ca	Al	Mg
56.96	0.161	0.010	0.027	0.025	0.022	0.056	1.83	0.141	0.633	0.091

註）分析はICP-AES法による。

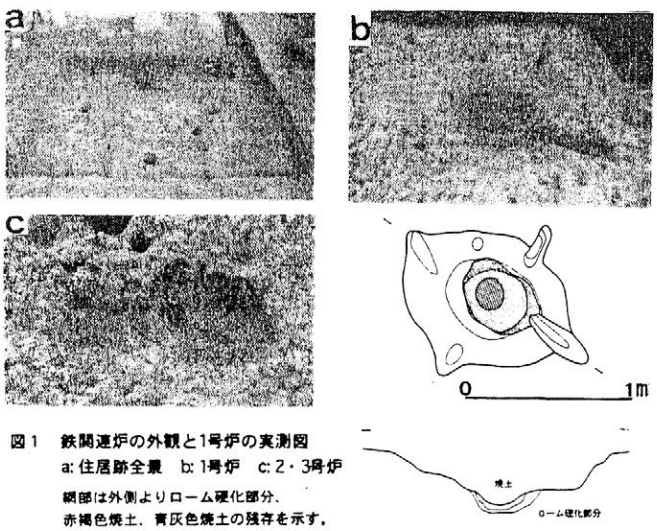


図1　鉄関連炉の外観と1号炉の実測図
a:住居跡全景　b:1号炉　c:2・3号炉
網部は外側よりローム硬化部分、
赤褐色焼土、青灰色焼土の残存を示す。

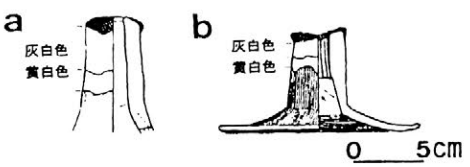


図2　出土羽口の実測図
bは土師器高坏脚部を転用したものと思われる。

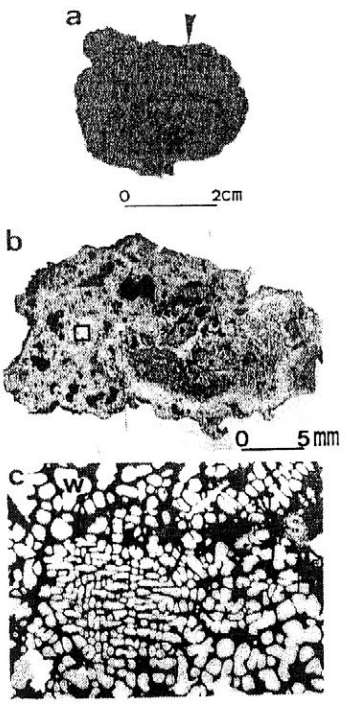


図3　塊状滓の組織観察結果
a:外観　矢印は試料片摘出位置。
b:マクロ組織
c:bの枠で囲んだ内部のミクロ組織
Wはウスタイト、Sはガラス質けい酸塩。

P19

古代甲冑制作技術の復元

―― 谷内２１号墳出土甲冑の復元制作を通じて ――

○塚本敏夫　尾崎　誠（財団法人元興寺文化財研究所）
伊藤隆三　塚田一成（小矢部市教育委員会）
杉本圭介　杉本和江（すぎもと古美術修理）

１．はじめに

５世紀は鉄の世紀と呼ばれる。そのステータスシンボルの一つとして甲冑があげられる。甲冑は何枚もの鉄板をつなぎ合わせた立体的な構造物である。そこには時代の最先端技術が投入され、絶えず技術革新がなされていった。

今回小矢部市の谷地２１号墳出土の三角板革綴短甲と頸甲・肩甲の保存処理および復元模造品の制作を行う機会を得た。谷地２１号墳出土の甲冑は革綴から鋲留へ移行する甲冑制作の移行期にあたる。制作技術の視点では精巧に制作する革綴短甲から省力化が進む鋲留短甲を比較し、評価する上で大変重要な資料である。

本発表では保存処理を通じて得られた知見を基に同じ材質に近い素材で、古代に近い制作技術を用いて行った古代甲冑の復元制作で得られた知見うち鍛造技術を中心に報告する。

２．甲冑制作技術における鍛造技術の革新と今回の復元制作の視点

甲冑生産を鍛造技術の革新という視点でみた場合、二つの画期をみいだすことができる。第一の画期は、４世紀末の倣式型鍛造技術の導入である。この時期から鍛冶具の副葬も始まり、新しい鍛冶技術の導入がおこなわれたと考えられる。この技術導入が短甲の押付板や裾板、頸甲の襟部の打ち出し成形を可能たらしめ、帯金式甲冑がセットとして成立する技術的背景となった。第二の画期は５世紀中葉のプレス式型鍛造技術の導入である。鋲留技法とともにもたらされたこの技術により、短甲の押付板肩部の丸みを帯びた曲面加工、裾板の断面がノ字形になる曲面加工、衝角付冑の衝角頂部の鋭角化にともなう絞り加工、眉庇付冑の伏鉢・受鉢の成形加工が可能となった。

これらの鍛造技術を現代の用語で区分すると、倣式型鍛造は冷間鍛造、プレス式型鍛造は熱間鍛造にあたる。初期の三角板革綴短甲が薄い鉄板を使用しているのは、冷間鍛造の際に鉄板を加工し易いためであると思われるが、それに対し鋲留短甲では押付板や裾板に厚い鉄板を使用している。これは鋲留短甲の場合、熱間鍛造の際に鉄板が半熔解状態になることから、加工時に破れなどの不具合がでない程度の厚みを確保するためであろう。プレス式型鍛造技術の導入は、鉄の造形をより立体的に変えていくと同時に、同一規格品をつくりだすことにもなっていった。

今回の復元制作では①倣式型鍛造技術で三角板革綴短甲の押付板や裾板、頸甲の襟部の打ち出し成形が可能かを検証する。②三角板と使って甲冑を作ることが決して曲面を作り易いためではないということを実証する２つ目的で行った。

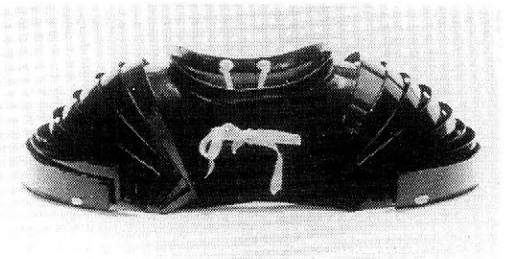
３．甲冑の復元制作

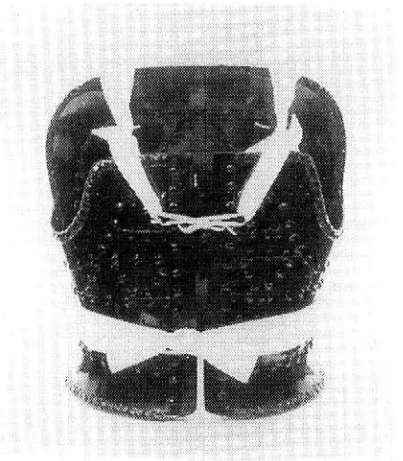
今回行った短甲の復元手順を下記に示す。

①**型紙作成**：遺物の型紙を曲面に倣うビニールシートに写す。その情報から部材の展開図を作成する。

②**鋏による部材の裁断**：部材の型紙を鉄板（厚さ１．２㎜）にはり、金切り鋏で型紙通りに部材を裁断する。今回は鏨のかわりに鋏を使用した。

③展開部材確認：部材の裁断のあと、展開して部品点数と形状のチェックをおこなう。
　部品数は全部で53点。
④部材の板金加工：木床と木鎚（鐘木）を用いて緩やかなカーブや端部の曲げ加工をおこなう。
⑤倣いによる型鍛造（冷間鍛造）：裾板の曲面を、木床につくった曲面に木鎚や金鎚で鍛打して倣わせる。この作業が難しく、綺麗な曲面を打ち出すのは大変である。
⑥孔の穿孔作業：ポンチで当たりをつけて、その後穿孔する。今回は穿孔に小型ボール板を使用した。
⑦仕上げ板金加工と現合調整（1）：仮組みをおこない（仮組みにはワンタッチコードとクリップを使用）、部材のカーブがフィットするように、板の重ね部を中心に表裏両面から、当て具と木鎚を使用して仕上げの板金加工をおこなう。
⑧仕上げ板金加工と現合調整（2）：板の重ね部分の端部をテーパ状に引き延ばす。今回は鍛打のかわりにサンダーで研磨をおこなった。
⑨生漆による部材の防錆：現合調整したあと、部品にばらして端部の研磨加工を施し、錆止めのために木漆を1層塗る。
⑩革紐の裁断と革綴作業：鹿革を切って革紐をつくり、パーツごとに綴じつけていく。革紐は兎膠で繋ぐ。
⑪漆塗布と研ぎ仕上げ：綴じつけ作業後に、生漆を塗り、研ぎをかけ、黒漆を3回塗って乾燥させる。
⑫復元品の完成：漆黒の三角板革綴短甲の完成。





写真―1　甲冑の復元模造品
（上は頸甲と肩甲、下は三角板革綴短甲）

4．おわりに

倣式型鍛造技術で三角板革綴短甲の押付板や裾板、頸甲の襟部の打ち出し成形が可能であることを検証することができた。今回の頸鎧は板金加工での曲げ限界に近く、頸甲襟部の打ち出しについては3度の焼きなましを行い成形する事ができた。さらに襟部の立つ形式の頸甲では熱間鍛造技術が使われていたと推察される。また、曲げ限界は鉄素材の圧延方向によってことなるので当時の工人は素材の鍛錬の段階から製品により作り方を変えていた可能性もあろう。

革綴技法によって甲冑制作の場合、鉄板の端部から綴孔までの距離が一定（鉄板の重なり幅が一定）で、かつ連接する鉄板の重なり部分の曲面が正確に一致しなければならない。このような条件を満たしつつ何枚もの鉄板を複雑に組み合わせる必要がある。特に、重なり部分は薄く加工し、端部を整形しなければならず、非常に高い精度と熟練が要求される作業といえる。三角板と使って甲冑を作る場合、部品点数が増へる。谷内21号墳の場合、長方板革綴短甲（部品点数42）に対し約1．3倍多く、重なりの部の長さはさらにこの1．4倍となる。非常に制作工数を要する。この結果はやはり、三角という紋様を鉄板で造形するために特別に作り出されたものと解釈するのが妥当であろう。

今後は鋲留衝角付冑の復元を通じてプレス式型鍛造技術の検証を行っていきたい。

P20

^{57}Co γ線を用いた蛍光X線分析による青銅材質の分析
－腐食の影響を受けない非破壊蛍光X線分析法の開発と青銅材質の分析－

小泉好延[1)]、小林紘一[2)]、河野益近[3)]　伊藤博之[4)]
1)東京大学アイソトープ総合センター　2)同原子力研究総合センター　3)京都大学
4)和光金属技術研究所

はじめに

腐食の影響を受けない青銅の材質分析法を開発し、青銅遺物の定量分析を行った。青銅材質分析では、通常使用されている30keV～50keV X線や電子線を用いた非破壊分析は腐食の影響を受ける。SnはKX線が25keVで腐食状態によっては分析可能であるが、Cu KX線 Pb X線は8.04keVと10.4、12.6keVと低く、表面の腐食影響を強く受け、正確な材質分析が行えない。発表者らはこの問題を改善するために、122keVの^{57}Co γ線を用い、PbのKX線（72,75,84keV）測定する方法を開発した。白銅鏡（漢時代）２例、方形周溝出土の青銅鏃についてこの方法で分析を行った。また、低エネルギーβ線を用いた腐食表面の測定も行った。腐食状態による各元素の定量の与える影響を解析するために、計算プログラムを作成し、腐食の深さ、成分比変化による定量誤差を解析した。

分析方法の特長と測定

多くの青銅遺物は表面が腐食しているため、8～12keVのX線を測定するCu、Pbの分析は、腐食表面の分析となり成分変化の影響を受ける。Cuの定量値に与える腐食影響の計算例を図＊の示したが、腐食厚さが数μm程度で定量値は困難となる。Pb LX線による測定も同様である。青銅材質はCu,Sn、Pb、(Sb)で構成されるから、比較的影響の少ない25keVのSn,(Sb)と72～85keVを放出するPbのKX線を測定すれば、残りがCu濃度となり、非破壊の定量分析が可能となる。励起放射線は100keV以上の透過力のあるX線やγ線を使用しなければならないが、本分析では^{57}Coの122keVのγ線を用いた。Sn、PbのKX線を使って分析する場合の腐食影響について、Cu（70）Sn(25),Pb(5)について計算を行った。Pbは極端な成分変化がなければ腐食厚さ100μmまで影響を受けず、Snは腐食部に極端なPbの増加がなければ定量誤差はあるが、腐食が20μm程度であれば分析ができる。

^{45}Caのβ線を用いて表面1～2μmの測定を行った。腐食成分の変化を実測し、計算による補正を行えばSnの定量誤差は小さくすることができる。しかし、埋蔵環境と青銅成分により、多様な化合物になっている腐食部の詳細を実測することは困難であり、この測定により腐食表面の概要を把握した。

分析試料と腐食状況：分析した試料は漢代の白銅鏡２試料と弥生時代末の方形周溝墓出土の青銅鏃である。白銅鏡１は状態良好で鏡面は腐食が見られず、裏面が薄い黒色酸化物で覆われている。白銅鏡２は鏡面が一部凹凸があり、赤く変色し、裏面は大部分が薄い灰

色の酸化物で、また、30%程度が緑色の厚い腐食物で覆われている。青銅鏃は長さ 3.5cm、幅 1.5cm サイズでやや厚い薄緑色の腐食物で覆われている。

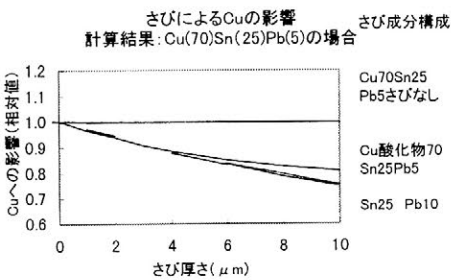
分析と結果

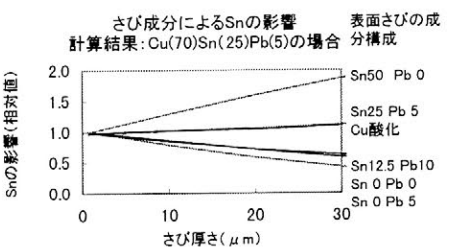
^{57}Co γ線源を Fe 材で 8mm 径にコリメイし、腐食状態に対応して分析を行った。Si の半導体検出器に比較し、100keV 範囲まで良好な感度を持つＣＺＴ半導体検出器を使用した。標準試料は作成した Cu、Sn、Pb の成分を変えた５種類試料を使用した。β線を用いた腐食表面分析も 5mm 径のコリメイトし、測定した。分析結果によれば白銅鏡１の鏡面では Cu(70)Sn(24.2)Pb(5.8)の結果得られ、黒色の酸化部では同値の±12%前後の各値が得られた。白銅鏡 2 では鏡面、裏面の腐食が比較的薄い部分では±8%程度であるが、緑色と赤変の厚い腐食部では、Sn に大きな変動があった。青銅鏃は Cu(80)Sn(12)Pb(8)の結果が得られた。β線による腐食表面の測定では白銅鏡２の鏡面が Sn 濃度が高く、緑色部では Cu、青銅鏃では Pb 濃度が高いとの結果となった。

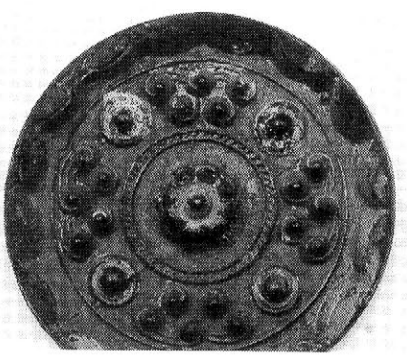
^{57}Coγ線(122keV)を用いた青銅の蛍光X線分析結果(非破壊分析)
腐食部の影響の少ない分析　　検出器　　(wt%)

	Pb	Sn	Cu	分析位置の状態
漢代青銅鏡鏡1　鏡面	5.8	24.2	70	さび薄い
漢代青銅鏡鏡1　裏面	5.1	27.6	67	さび薄い　黒色
漢代青銅鏡鏡2　鏡面	5.5	30.0	65	さび薄い
漢代青銅鏡鏡2　裏面	5.3	27.9	67	さび薄い
漢代青銅鏡鏡2　鏡面赤さび部	5.3	38.0	57	さび厚い　赤く変色
漢代青銅鏡鏡2　裏面緑さび部	5.0	12.0	83	さび厚い　緑色
銅鏃　埼玉出土弥生期	7.9	12.5	80	さび厚い　薄緑色

＊ 使用した標準試料の青銅構成　Cu95Pb2Sn3、Cu90Pb2Sn8、Cu90Pb5Sn5
Cu75Sn25(作成)
＊ Cuは測定したPb,Sn濃度値を100から引いた値
＊ 測定器はCZT半導体検出器を使用した。







分析した漢代の白銅鏡　1

（　本学会の第６回大会において田口勇、伊藤博之「新マイクロアナライザーの開発と歴史試料元素偏析分析」で報告された試料である。）

P21

東京大学本郷構内遺跡（旧加賀藩邸）から出土した磁器上絵の材質分析

小泉好延[1)]、小林紘一[2)]、堀内秀樹[3)]　成瀬晃司[3)]　原　祐一[3)]　大成可乃[3)]
中野忠一郎[2)]

1)東京大学アイソトープ総合センター　2)同原子力研究総合センター　3)同埋蔵文化財調査室

はじめに

東大本郷構内の遺跡から出土したの磁器の上絵付けの材質分析を行った。同遺跡からは肥前、中国産などの上絵磁器片が大量に出土したが、肥前産磁器の多くは遺跡調査室によって形態と編年整理がほぼ完了している。編年の明らかとなった肥前磁器試料片を用い、５彩を中心に各色調別の元素分析を行った。分析はPIXE法を用いた。今回の分析対象となった磁器片は中国産11、肥前16であるが、色絵のない釉薬部や一部素地なども含め、約100ポイントの分析となった。色絵の赤、青、緑、瑠璃釉別に、元素の同定と濃度を求めるPIXEスペクトルを図に示した。

分析方法

PIXE分析法は加速器を使用した化学的に非破壊法であり、Na～Uまでを同時に分析した。分析サイズは径0.5mm、色絵、釉薬の厚さ50～80 μ m厚さを分析する。素地の影響を受け易い蛍光Ｘ線分析とは違い、上絵分析に良好な方法である。

結果と考察

分析した結果の一部を表に示した。色絵の赤は高濃度のFeに、微量なCuを含む例が得られた。また、肥前と中国色瑞祥には顕著な差が見られない。色絵の青はCoを含むMn鉱物系のものと、Fe,Co,Niのコバルト鉱物系の２種類が得られた。瑠璃釉は同様の発色剤が使われるが、肥前と景徳鎮産にはNiを除いては差がない。緑系統はCuのよるもので、黒線を含む試料では、比較的濃度の高いMn、Feが検出された。肥前色絵の黄色ではFeが使われ、また、無色透明釉が火災のため薄い赤の発色した試料ではCuが検出された。

現在までの分析結果は、従来から明らかにされている結果と同様であるが、試料の産地と制作年代が明らかにされていることから、多様な上絵付けの技術に多少の寄与ができるものと考えている。分析した試料は化学的には非破壊であるが、磁器片から径 8mm で採取している。しかし、分析終了後に再びもとの位置に埋め込むことができる。

今後、産地と製造年代による色絵の材質変遷有無について、さらに検討を行う予定である。

「東京大学本郷構内の遺跡」より出土した磁器の上絵付け、釉薬のPIXE分析結果例

釉薬、上絵付けは均質ではなく定量はできない。以下の酸化物濃度値は分析した部分が均一と仮定して得られた値であり、上絵付けの材質を比較するための参考値である。

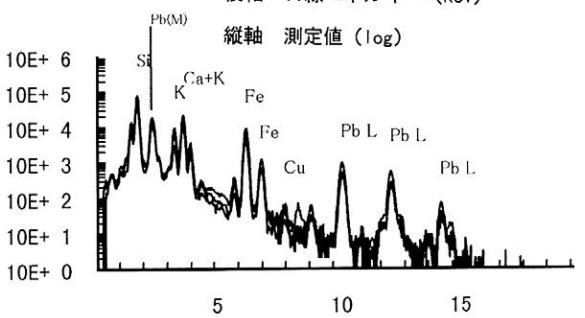
磁器試料名称と番号	推定制作年代	Al	Si	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Pb	Na	Mg
中国23-色絵瑞祥赤	1630～40年代	11.4	49.9	2.4	9.9	0.2	8.9	0.0	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0
肥前8 色絵赤	1660～80年代	13	53	5.9	14.5	0.4	7.1	0.0	0.0	0.1	5.4	0.5	0.0
肥前9 色絵濃赤	1660～80年代	12	44	5.0	13.6	0.3	16.4	0.0	0.0	0.1	8.7	0.0	0.0
肥前10色絵赤	1730～40年代	12	57	7.9	13.1	0.2	7.2	0.0	0.0	0.1	2.7	0.0	0.0
中国21瑠璃釉	景徳鎮	17	60	6.7	3.8	5.1	1.2	0.7	1.0	0.0	0.0	4.7	0.0
肥前18瑠璃釉	天和2年火災層	17	60	8.9	1.3	3.9	2.2	0.5	0.0	0.0	0.0	4.4	1.8
肥前8 色絵青部	1660～80年代	15	60	6.1	12.6	3.8	1.3	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
肥前12色絵青色	1660～70年代	2	43	2.7	0.4	0.0	0.5	0.3	1.5	0.1	47.7	1.3	0.9
肥前7 色絵青色	1660～80年代	2	44	5.5	0.4	0.0	0.6	0.4	1.7	0.3	45.4	0.0	0.0
肥前10色絵緑と黒線	1730～40年代	1	52	6.2	4.8	1.0	1.7	0.0	0.0	1.6	31.3	0.0	0.0
肥前7 色絵薄緑	1660～80年代	14	58	9.5	6.4	0.3	0.7	0.0	0.0	1.1	6.8	1.9	1.8
肥前13色絵黄色	1680～700年代	8	53	11.3	12.5	0.1	10.6	0.0	0.0	0.1	0.1	1.9	1.7
肥前8 色絵無色釉	1660～80年代	15	63	5.9	14.1	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
肥前9 色絵無色釉	1660～80年代	17	63	6.1	12.6	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
肥前7色絵無色釉研磨	1660～80年代	16	61	6.5	12.2	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	1.5
肥前15色絵素地	1640～50年代	26	65	6.4	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0

PIXE スペクトル　中国 23　色絵瑞祥　赤

肥前　8、9 色絵　赤

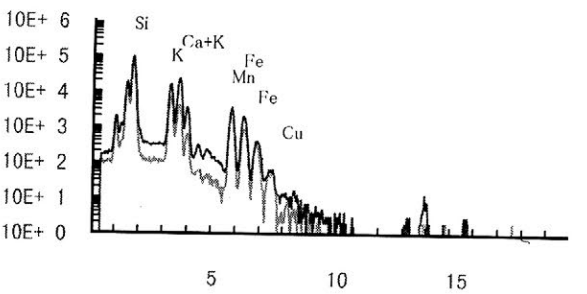
横軸　X線エネルギー（keV）

縦軸　測定値（log）

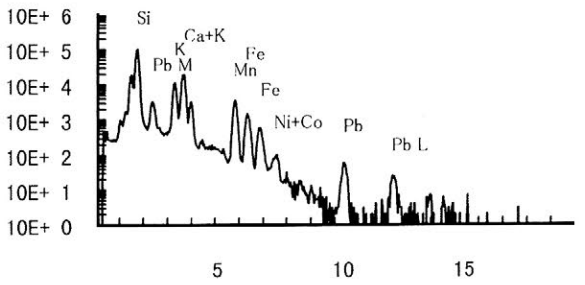


PIXE スペクトル　中国 21　瑠璃釉　景徳鎮

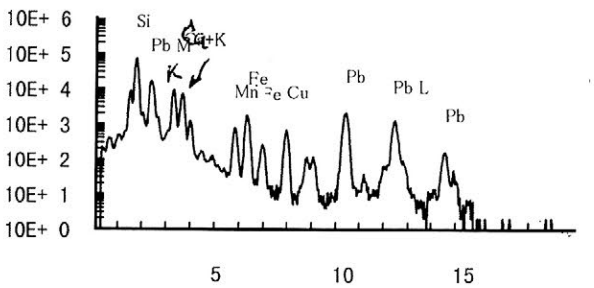
PIXE スペクトル　肥前 18　瑠璃釉



PIXE スペクトル　肥前　8 色絵青



PIXE スペクトル　肥前 10 緑（黒線入り）



P22

東京大学本郷構内の遺跡（旧加賀藩邸）から出土したキセルの材質分析

原　祐一[1)]　小泉好延[2)]　伊藤博之[3)]　寺島孝一[1)]

1)東京大学埋蔵文化財調査室　2)東京大学アイソトープ総合センター　3)和光金属技術研究所

はじめに

近世遺跡において多数のキセルが出土している。古泉弘は都立一橋高校地点から出土したキセルについて，遺構年代と絵画から形状分類とその変遷を明らかにしている。しかし，表面の腐食もあることから、多くのキセルに関する発掘報告は、雁首、吸口部の金属材質分析や溶接材と溶接技術の金属組織上の考察は行わず、断面の肉眼観察や一部の試料の定性分析による材質の簡単な報告が行われているにすぎない。今回，東京大学御殿下記念館地点(旧加賀藩邸)から出土したキセル約 400 試料を分析した。なお、腐食が著しく形態分類が困難な遺物は除いた。その結果，亜鉛濃度によってほぼ３種類に分類できる銅亜鉛合金と銅の４種類に分類された。また、切断試料により、PIXE による溶接材質分析と顕微鏡による溶接部の金属組織分析なども行った。

材質分析と溶接技術

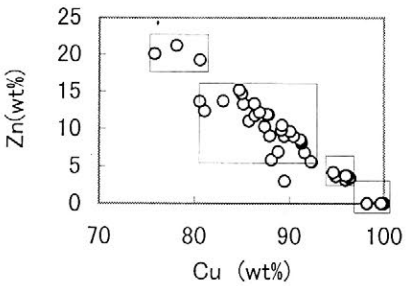
照射線源 Am-241（60keV）のγ線を用いた蛍光X線分析と加速器のよる PIXE 分析を使用した。γ線蛍光X線により全試料の分析を行った。この分析では、試料の腐食影響があり、精度は期待できないが、材質組成の概要を把握することとグループ化は可能である。また、分析を補い、た溶接部材の分析、金属組織分析のために、30 試料を 5mm×5mm サイズで採取し、試料の表面を研磨洗浄後、定量分析した。非破壊のγ線蛍光X線分析結果の 40 例を図に示す。Zn の含有量によって４種類に分類した。Zn 濃度が 8～15wt%のグループはさらに分類が可能と思われるが、腐食部を含んだ分析のため、精度を考慮して同一グループとした。

溶接部はγ線蛍光 X 線と PIXE 分析により Cu，Zn，Sn，Pb が検出された。近世のキセルの接合には真鍮鑞が使用されていたと言われているが，今回の分析では単純な Cu-Zn 合金ではなく，Cu-Zn-Pb-Sn 合金であった。鑞材は細部まで流れ込んでおり，Pb の混入により湯流れ性を向上させ，Sn の混入により，強度と耐蝕性を向上させている。溶接部の断面観察から，溶接部にヤスリ跡を残して鑞材の食いつきをよくし，溶接する例(写真)，本体と同じ材質の細い帯状の材を溶接部に挟み込み溶接している例等が認められた。

まとめ

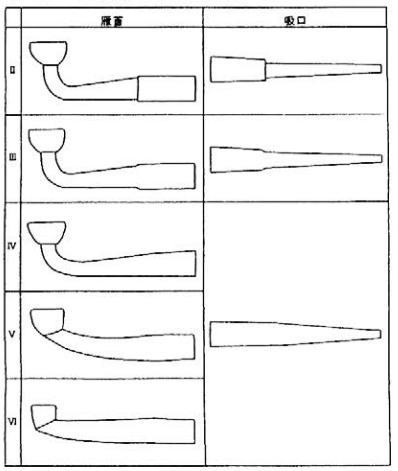
銅亜鉛合金の原料である亜鉛は、1636 年の平戸オランダ商館の記録から輸入されていたことが確認できる。同時期の中国からの輸入記録は実見していないが，『天工開物』には，銅亜

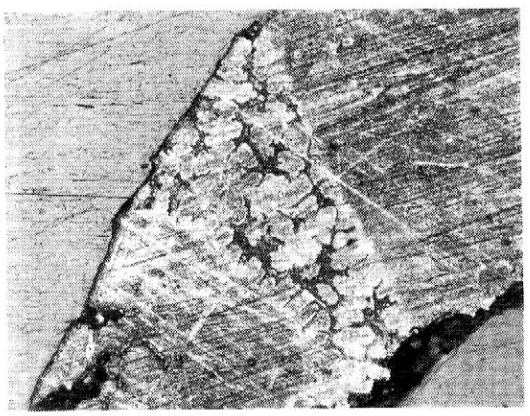
鉛合金，真鍮貨幣に関する記述があり，また、明の嘉靖以後(1520 頃)，青銅銭が真鍮銭に一変していることが知られている。国内の真鍮の記録は，正徳３年(1713)刊行の『和漢三才図会』「鍮石」の項に、真鍮原料の構成比の記述がある。17 世紀前半、中国から亜鉛が輸入され、銅亜鉛合金の製造が行われていたと推定される。今回の分析結果によれば、キセルには板材が用いられ、材質が銅，亜鉛量 3～5%、8～１５%、および 20%の銅亜鉛合金の４種に分類されること、17 世紀前半から後半を中心とする形態分類Ⅱ・Ⅲ類のキセル材には銅，亜鉛量3～5%の銅亜鉛合金が用いられ、キセルⅣ類以降では亜鉛濃度が高まっていく傾向があことなどが明らかになった。



東京大学構内遺跡から出土したキセルの分析結果
値は腐食の影響を含んでいるため参考値である。

キセルの分類と変遷(古泉1987より作成)





溶接部断面顕微鏡写真

参考文献

東京大学埋蔵文化財調査室『東京大学本郷構内の遺跡　山上会館･御殿下記念館地点』第 2･3 冊分 1990

都立一橋高校校内遺跡調査団『江戸-都立一橋高校地点発掘調査報告書』1985

古泉弘『江戸の考古学』考古学ライブラリー48　ニューサイエンス社 1987

足利市教育委員会『史跡足利学校跡保存整備報告書』1991

加藤栄一「平戸オランダ商館の商業帳簿に見られる日蘭貿易の一断面」『東京大学資料編纂所所報』第３号 1969

宮下三郎『長崎貿易と大阪－輸入から創薬へ－』清文堂出版株式会社 1997

P23

瓜生堂遺跡より出土した弥生時代中期の土器薄片の観察

—岩石学的・堆積学的による—

松田順一郎・三輪若葉・別所秀高（財団法人東大阪市文化財協会）

現状の問題

「河内の土器」はチョコレート色を呈し、他地域の土器との識別が容易であるとされた（例えば藤井1968）。その後、蛍光X線分析や顕微鏡観察で、これらの土器胎土に角閃石が多量に含まれることが明らかにされ（例えば沢田・秋山1981）、その特徴が生駒西麓産の胎土の指標となっている。いわゆる「生駒西麓産」「河内平野の低湿地産」についての分類は、X線回析分析、蛍光X線分析、放射化分析などの自然科学的手法によって可能であるとされている（岡1996、溝畑・伊藤1996、畑1998）。しかし、これらの分析はあらかじめ土器の外面的な特徴をもとにしておこなわれているため、分析結果が土器の外面的な特徴に帰属してしまう恐れがある。これまでとは違った岩石学的・堆積学的手法によって分析をおこなう必要を感じ、その試みとして、瓜生堂遺跡（図1）における胎土の特徴を把握するために観察および分析をおこなった。

試料の観察方法

試料は、瓜生堂遺跡第40次発掘調査において出土した弥生時代中期の土器のうち、壺・鉢・甕の破片である。片面を研磨した土器片をエポキシ系樹脂でスライドガラスに接着し、さらに試料が30～40 μmの厚さになるまで研磨し土器片の薄片を作成した。次にこれらの薄片を偏光装置付の顕微鏡下（×100）で、メカニカルステージを移動させ1 mmメッシュで細礫～中粒のシルトまでの粒子をポイント法により約300個観察した。以上の観察結果から、各粒度階における鉱物別出現頻度、砂粒の粒径頻度分布、孔隙・砂粒・ペーストの割合を求めた（図2）。

観察結果

観察をおこなった試料の中で3点の試料について述べる。試料32・試料40は茶褐色、試料63は黒褐色を呈する。砂粒全体の粒径頻度分布、ペーストの割合と砂粒の出現頻度を見ると、いずれの試料もペーストに比べて粗粒な砂礫の出現頻度が高く、混和材を混ぜていると思われる。試料32・試料40では、長石、角閃石、雲母などの鉱物の出現頻度が高く、中粒砂～細粒砂の粒度階に頻度が偏る。孔隙率は5％以下である。試料63では、長石、石英の鉱物の出現頻度が高く、中粒砂付近に最頻値が認められる。角閃石粒子を単独で含まないが、非常に微量であるが角閃石を含む岩片（極粗粒砂・粗粒砂）は認められた。孔隙率は15％である。

このように瓜生堂遺跡の土器胎土には、混和材の鉱物種や粒径組成、胎土の組織に異なるパターンが認められる。

従来、角閃石の出現頻度が高い土器は生駒西麓産といわれているが、試料32・試料40においても角閃石の出現頻度は高い。これらの土器を従来通り生駒西麓産と捉えるのか、土器材料を入手して瓜生堂遺跡で製作されたものかは検討を要する。今後、観察試料数をさらに増やし、出現頻度の高いパターンを見出すことによって弥生時代中期において、瓜生堂遺跡の集落で製作された土器を認定することが可能であると考えられる。さらに異なる器種や精製土器・粗製土器の間で胎土を比較してゆく予定である。

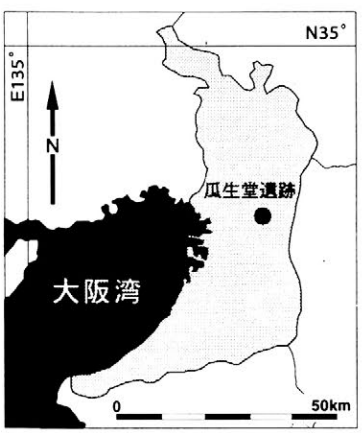


図1　瓜生堂遺跡の位置

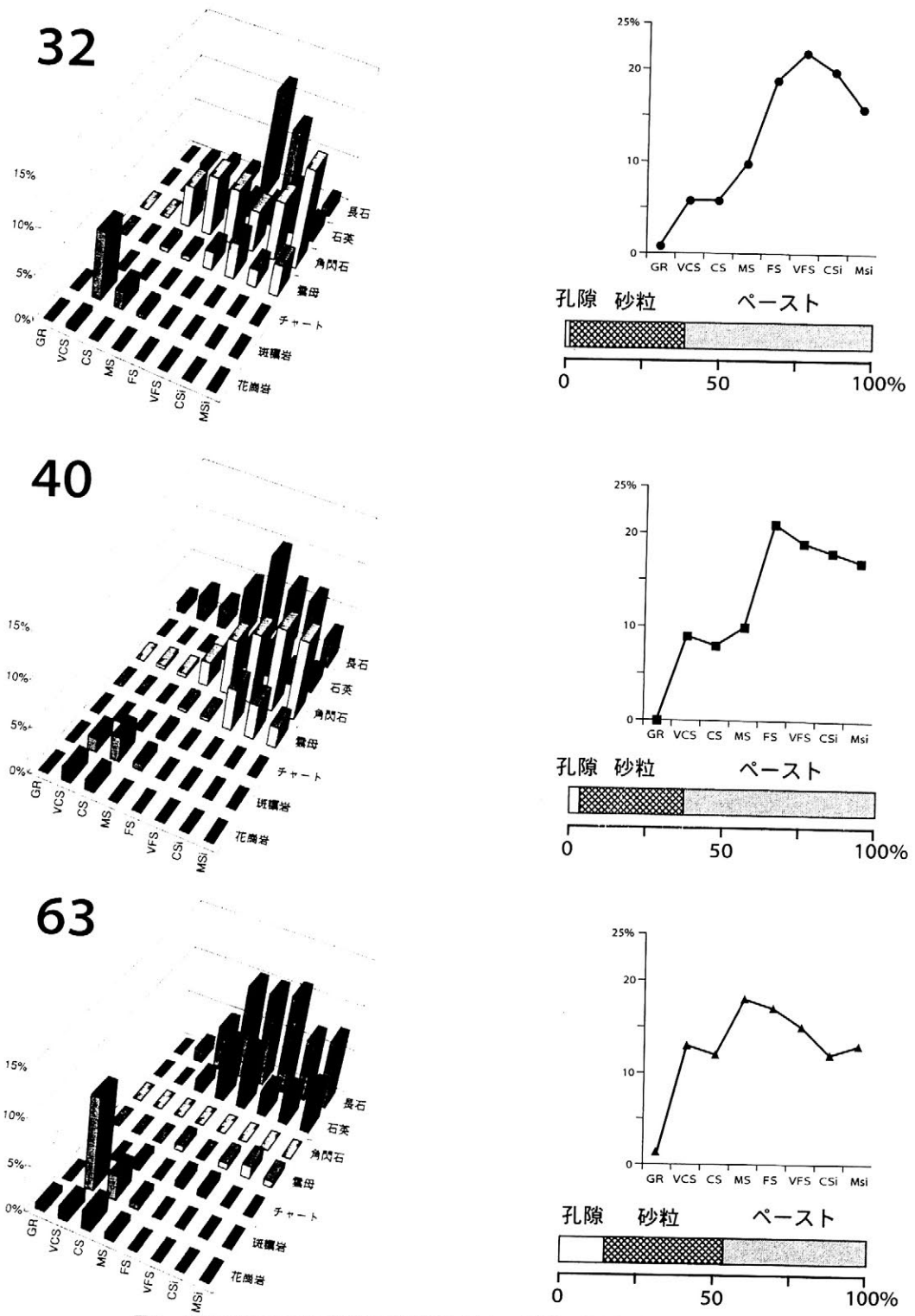


図2　各粒度階における鉱物別出現頻度（左）、砂粒の粒径頻度分布（右上）、
孔隙・砂粒・ペーストの割合（右下）

P24

カマン・カレホユック遺跡出土土器の物質科学的研究
－前期青銅器時代の土器の化学組成と石灰利用について

神田信之・○中井　泉（東理大・理）

【初めに】　トルコのカマン・カレホユック遺跡では第IV層（前期青銅器時代）と第III層（ヒッタイト時代）の間で、一般的な土器の製法が手づくねから轆轤（ろくろ）を使った製法へと大きく変化する。我々のこれまでの研究で、前者に多量にカルシウムを含むものが認められるなど、材質の点でも相違のあることがわかった。そこで、今回は試料数を増やし、両者の胎土の組成上の特徴を明らかにした。また、その結果を利用して、轆轤が使用されていなかったとされる第IV層から少量ながら出土した轆轤痕のある土器や、土器底部に糸切り痕のある土器の製作時期について推定を行った。第IV層の土器に含まれるカルシウムは大部分が炭酸カルシウムの形で存在し、土器製作時に意図的な石灰添加が行われていたことが明らかになった。そこで、土器製作における石灰の利用に着目し、実際に石灰添加実験を行い、石灰添加の効果について考察を加えた。一方、黒色磨研土器は、第II層の一部と第IV層からのみ出土する特異的な土器であるが、これまで胎土の組成についての研究はあまり行われていない。そこで黒色磨研土器の胎土分析を行い、化学組成の違いから分類を試み、土器の製作時期や産地について議論した。

【実験】　ICP発光分析により胎土分析を行った。土器は粉末にした後、白金るつぼを用いて$LiBO_2$を融剤として用いる融解法によって分解し、希硝酸に溶かしてICP発光分析に用いた。ICP発光分析装置により17元素　(Al、Ca、Co、Cr、Fe、K、Mg、Mn、Na、Ni、Sc、Si、Sr、Ti、Y、Zn、Zr)を定量し、元素組成の違いから分類を試みた。石灰添加実験では、第IV層から出土した石灰を生石灰とし、周辺で採取した粘土や川砂利と混合し成形後、900℃で12時間焼成し体積と密度の変化を調べた。

【結果と考察】　第III層およびIV層土器の分析結果をこれまでの分析結果とともに図１に散布図としてまとめた。２つの層の間に、明瞭な組成の違いが認められることから、組成分析から土器の製作時期を判断することができる。そこで製作時期の不明瞭な、第IV層出土の轆轤痕のある土器と糸切り痕のある土器の組成を調べると、轆轤痕のある土器の組成は全て第III層期の組成を持つことがわかる。従って、これらの轆轤痕のある土器は第III層期に製作されたものと判断できる。一方、第IV層出土の糸切り紋が認められる土器は、第IV層土器の組成を持つことから、実際に第IV層期の土器であったと考えられる。従って、第IV層期に轆轤が使用されていた可能性は少ないが、土器製作にあたって、糸切りの手法が用いられていた可能性は高いと考えられる。

さらに石灰添加土器の再現実験から、粘土に石灰を加えることで成型作業の向上、

軽量化などの効果が得られることがわかり、土器製作技術の未発達な第Ⅳ層期には石灰添加の利点を生かして土器製作が行われていたことが伺える。

黒色磨研土器について分析の結果を、図2、3にまとめた。図からわかるように第Ⅱａ層と第Ⅳ層で組成に明瞭な差が認められた。両者の製法は轆轤（第Ⅱａ層）と手づくね（第Ⅳ層）と異なるが、胎土の面から見ても異質な土器であるといえる。また、今回分析した第Ⅱａ層の黒色磨研土器は、第Ⅱａ層後半のかなり限定された建築層から採集した試料であり、外見からはまったく区別が付かない。しかし、大きく分けて3種の異なった組成を持つ土器が存在することが図から伺える。こうした組成の違いは、土器の製作方法や、材料の産地の違いを反映していると考えられる。しかし同じような土器を一つの窯で製法を変えて製作するとは考えにくいことから、当時黒色磨研土器を遺跡に供給したいくつかの生産地の存在が推測される。従って、今後周辺の遺跡から出土する同時代、同種の土器と組成を比較してゆくことで、当時の交易や流通に関する情報が得られると期待される。

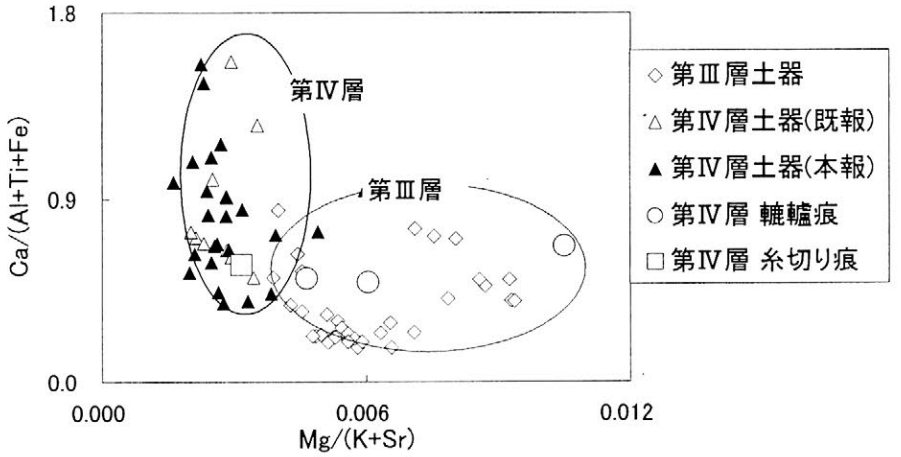


図1　第Ⅲ層、第Ⅳ層土器のクラスタリング

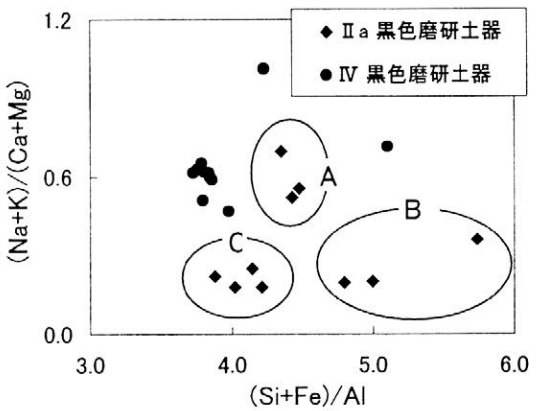


図2　黒色磨研土器の主成分元素による
クラスタリング

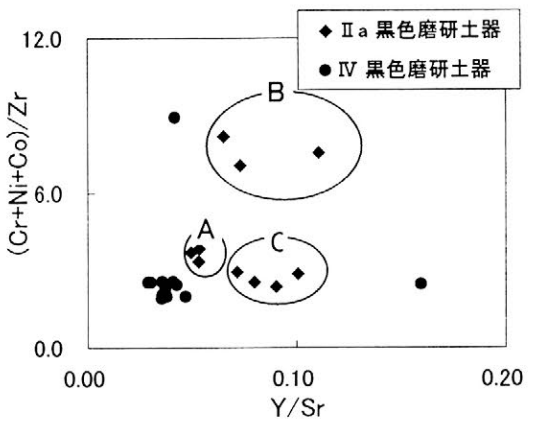


図3　黒色磨研土器の微量元素による
クラスタリング

P25

アイヌ玉の考古化学的研究(2)

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

1．はじめに

アイヌ玉とは日本の北方に暮らすアイヌ民族が、正装するときに身につけたガラスでできた装飾品である。主に首飾りとして用いられ、色は青、緑、紫、赤、白等多彩である。アイヌ民族は、民俗学的に大きく北海道アイヌと樺太アイヌに分類されており、各々の持つアイヌ玉には、考古学的に違いがあると言われてきた。本研究では、自然科学的手法を用いて分析することで、これらの考古学的考察に加えて情報を与えることを目的とする。貴重な資料の化学組成の測定には、非破壊的手法であるエネルギー分散型蛍光X線分析法を用いた。また、破損した玉については、ICP発光分析法を合わせて用いることとした。本報では、化学組成の違いによるガラスの分類及び着色元素の検討を、アイヌ玉の色別に行なった結果を報告する。

2．資料

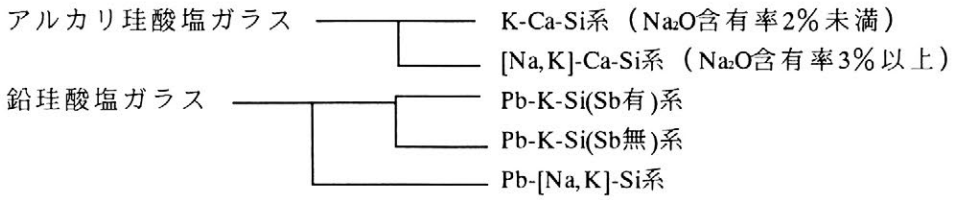
東京国立博物館所蔵：43資料　　（財）アイヌ民族博物館所蔵：6資料
破損した玉：20資料
首飾りになっている資料については、複数個の玉を選択し測定した。

3．実験

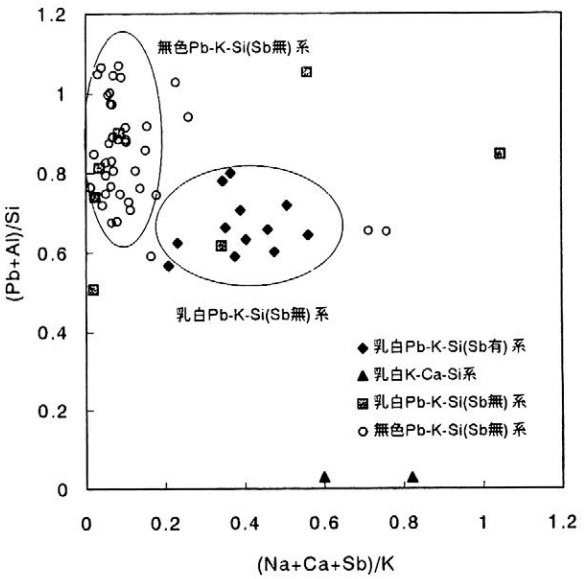
化学組成の測定に用いた機器は、セイコー社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置SEA5230E（測定条件：X線源－Mo管球，管電圧－45kV及15 kV，測定時間－500秒，X線のビーム径－Φ1.8 mm）と、日本ジャーレル・アッシュ社製高周波誘導結合プラズマ発光分光分析／質量分析装置POEMS（測定条件：高周波出力－1150W，補助ガス流量－1.5 l/min，ネブライザーガス流量－0.65 l/min）である。ICP発光分析に用いた試料溶液は、次のように作成した。試料を超音波洗浄器でアセトン、エタノール、0.1モル硝酸溶液を用いて洗浄・乾燥した。試料約50mgを秤量し、フッ酸0.5ml、硝酸1.0mlを加え放置後、4%ホウ酸溶液を6ml加えて溶解した。この溶液を希釈し、約50g溶液として測定に用いた。

4．結果と考察

アイヌ玉は化学組成の違いから次の5種類のガラスに分類できた。

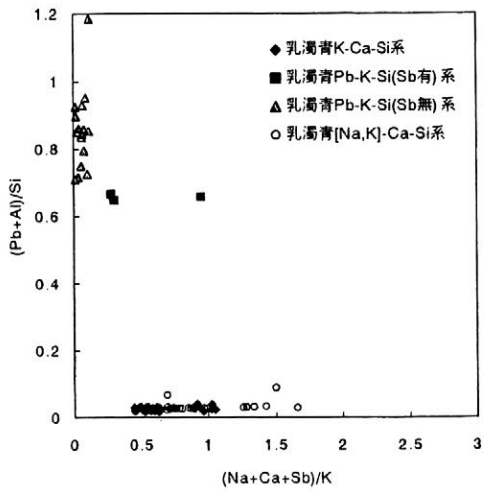


アイヌ玉は非常に多彩で、乳濁した玉が多いという特徴が挙げられる。この乳濁の要因について、同色系統の乳濁したガラスと透明なガラスについて比較、検討した。図－1は乳白色ガラスと無色透明ガラスの分布図である。ガラスの種類は、2玉を除いて全て鉛カリガラスであった。特徴的に含まれている元素はSb_2O_3で、無色透明なガラス（無色Pb-K-Si(Sb無)系）には全く含まれていないのに対して、同じ鉛カリガラス系の乳白色ガラス（乳白Pb-K-Si(Sb有)系）には9割以上の玉に含まれていた。このことから乳濁したガラスには、乳濁剤としてSb_2O_3が加えられた、あるいはSb_2O_3が含まれている鉛鉱石が使用された可能性が示唆された。

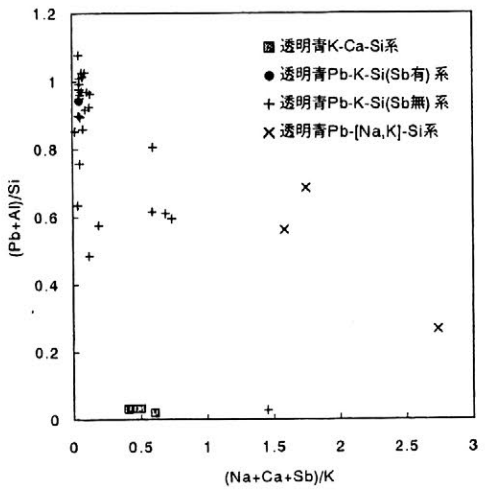


図－1：乳白色－無色透明ガラスの分布図

一方、乳濁青色ガラスと透明青色ガラスについて、図－1と同様の分布図を図－2aと2bに示した。乳濁青色－透明青色ガラスでは乳白色－無色透明ガラスのように、乳濁ガラスにSb_2O_3が特徴的に含まれるという傾向は確認されなかった。乳濁青－透明青色ガラスは、乳白色－無色透明ガラスと比較してガラスの種類が多く、よって乳濁の方法も一様ではなかったと考えられる。



図－2a：乳濁青ガラスの分布図



図－2b:透明青ガラスの分布図

P26

須恵器窯跡の帯磁率測定-焼成技術の復原にむけて-

木立雅朗（立命館大学文学部）

はじめに

帯磁率測定は遺跡探査の方法などとして知られているが、その他の面でも応用できる可能性がある。立命館大学文学部が行った滋賀県大津市・仰木遺跡（平安時代の須恵器窯跡）の発掘調査では、須恵器窯の焼成技術について検討するため、窯床面の帯磁率測定を行った。

ところで、焼成によって土の帯磁率が強くなることは知られているが、どのような変化をするのか検討された例を知らない。そのため、須恵器窯の基盤となる土を採取し、その土の帯磁率が焼成温度の変化によってどのように変化するのか、電気窯を使用した焼成実験で確認した。

1．測定方法と測定部位の状況

帯磁率の測定には、携帯用帯磁率測定機（田中地質コンサルタント社製）を使用し、発掘現場で行った。窯体の保存のため、今回は基盤土以外のサンプル採取を行わなかった。測定にあたっては窯体の有無に係わらず調査区全体を10cm間隔で測定した。床面の色調や残存状態、礫が含まれるかどうか、などについてもあわせて観察し、記録した。

窯は天井が崩落して床面と側壁の一部が残存していた。側壁の割れ口部分を観察すると、窯壁は次のようの特徴をもっていた。(1)窯壁内面側－堅緻に焼き締まるとともに青灰色に還元されている。(2)窯壁中央部分－黄灰色に変色しているが、(1)ほど焼き締まってはいない。(3)窯壁外面側－赤色に焼けるが柔らかい。こうした状況は一般的な須恵器窯に共通した特徴であるが、色調や焼き締まりの違いが、帯磁率ではどのようになるのか、という点にも注意した。

2．測定結果

床面の色調は、窯の焼成具合を示していると想定されるが、帯磁率と色調は大まかには相関関係にあることがわかった。未変色の基盤土→赤色系焼土→青灰色系焼土の順に帯磁率の分布域が高くなっていることがわかった。それぞれの帯磁率分布域は重なっているが大まかな分布域が異なっている。未変色基盤土は 0～27.5（大半は15.0以下）、(3)赤色系焼土は2.5 ～80.0（大半が25.0以下）、(1)青灰色系焼土は2.5 ～52.5（大半が40.0以下）に分布する。(2)の黄灰色系焼土については測定箇所が少ないが、5.0 ～80.0の範囲に分布しており、青灰色系焼土の範囲と重なりながらも最高値はそれより高い。イレギュラーな部分もわずかに存在するが、窯の操業以前から基盤土に含まれていた鉱物や鉄分などの影響として無視すれば、大まかな相関関係を認めることができる。

ただし、(1)の青灰色床面の内部を見てみると、そのなかでもっともよく焼けていると観察された部分の帯磁率がもっとも高かったわけではない。一般的に穴窯の焼成温度は燃焼部がもっとも高く、窯尻側がもっとも低いと言われている。しかし、帯磁率は燃焼部側から焚口側にむかって単純に下降しているわけではなく、下降と上昇を繰り返していることがわかった。帯磁率がもっとも低い部分は一般に言われている焼成温度の低い部分とは逆に、燃焼部に近い焼成部であった（グラフ１）。床面全体は青灰色に焼き締まっているが、そのことと帯磁率の低さは反比例している。また、青灰色系焼土には色調が濃く堅緻に焼き締まった部分と色調が淡く良好に焼き締まった部分が観察されるが、その差は帯磁率ではそれほど大きな差ではない。むしろ、窯の部位による差が顕著であった。

また、青灰色系焼土が炎を直接受け焼成温度が高かったと想定されるにも係わらず、最高値は黄灰色系焼土のほうが高かった。この点も反比例している。

3．基盤土の焼成実験－焼成温度と帯磁率の相関関係－

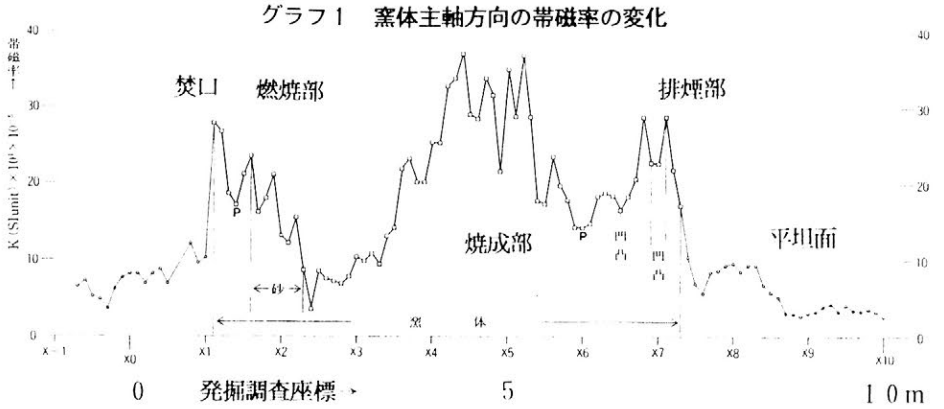
(1)仰木遺跡の基盤土の焼成実験（グラフ２－１）

基盤土である赤土を採取してテスト・ピースを作成し、電気窯で100 度ずつ温度をあげて焼成した。その結果、帯磁率は焼成温度に関連して複雑な変化をすることが判明した。100 ～200 度ではほとんど帯磁率は変化しないが、300 度から急激に上昇をはじめ、600 度でピークに達し、それ以上では低下する。900 度まで低下を続けるが、1000度で再びピークを迎え、それ以上で再び低下する。焼成実験は1260度までしか行っていないため、それ以上の温度については不明である。

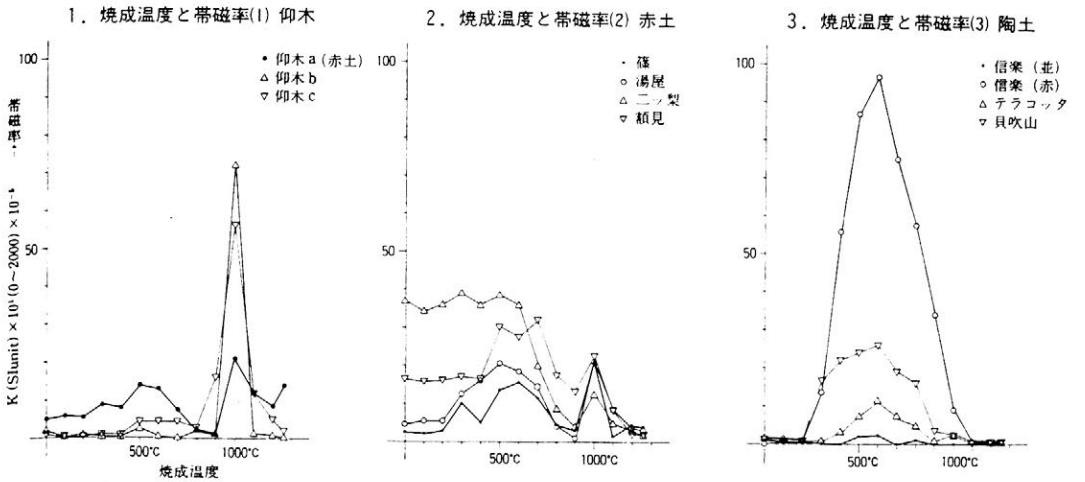
(2)各地の基盤土・陶土の焼成実験（グラフ２－２・３）

各地の須恵器窯跡群などから採集した基盤土（赤土）や、市販の陶芸用陶土でテスト・ピースを作成し、焼成実験を行った。その結果、仰木遺跡の基盤土とは異なる変化を示す土も確認された。また、仰木と同様の変化をとるものでも、1000度のピークが仰木ほど大きくないものが目立った。

グラフ1　窯体主軸方向の帯磁率の変化



グラフ2　焼成実験による帯磁率の変化



(3)小結

上記の実験結果から、焼成温度と帯磁率の間には相関関係があることを確認した。ただし、土の種類によって特性が異なることも確認された。多くの土で共通した点は600 度前後で帯磁率がピークを迎え、それ以上の温度では帯磁率が低下する点である。信楽並土のように600 度のピークから1260度まで一方的に帯磁率が低下するものもあるが、1000度前後で小さなピークを再び迎える土も多い。

焼成温度と帯磁率は単純な相関関係にあるわけではないが、なんらかの原因で規則的な変動を引き起こしているものと想定される。この他、焼成時間による変化についても検討した。800 度と1100度の焼成実験では焼成時間（ねらし）が長ければ帯磁率が低下することを確認した。これは、焼成時間によって焼成が進行したことを示していると想定される。

4．考察

焼成実験によって帯磁率と焼成温度の関係について、大まかな傾向を把握することができた。その結果を仰木遺跡の測定例に当てはめて考えると、もっとも焼成温度や熱カロリーが高かったと想定されるのは、X2～4 付近の帯磁率が10以下の部分であろう。この部分は肉眼観察でも他の部分と比較してよく焼けている部分である。焼成温度が1000度を越えたために帯磁率が低下したものと推測される。また、黄灰色系焼土の帯磁率が青灰色系焼土の帯磁率より高い場合があることも、青灰色系焼土に1000度を越える部分が多いことを示していると推測できる。

穴窯の焼成温度は、燃焼部がもっとも高温で、窯尻部分に向けて低くなると一般的に言われている。主軸方向の帯磁率のグラフが大きなうねりを見せているのは、焼成温度が窯尻に向けて低下していること、しかも、燃焼部付近の焼成温度が1000度を越えているのに対して、焼成部中央部分の最大値を示す部分の焼成温度は1000度前後であること、などを示している可能性が考慮される。

上記のように、帯磁率測定は焼成温度や熱カロリーの復原を行う土で将来的には有効な方法として注目される。こうしたデータを集積することで、焼成技術を復原することができると考えられる。

P27

多功南原遺跡出土黒曜石の蛍光X線分析による産地推定

望月明彦（沼津工業高等専門学校）、○辺見哲也（同）

はじめに

旧石器時代の栃木県は東北と関東の石器群の接点である。これらの石器群と石器に用いられた石材との関連を明らかにするための第一歩として、栃木県河内郡上三川町大字多功字南原の多功南原遺跡から出土した黒曜石石器の産地推定を蛍光X線分析により行った。

分析資料

黒曜石製の石器及び剥片173点

分析法と産地推定法

分析資料は測定面の汚れを拭き取った後、そのまま測定した。

分析装置はSEIKO SEA-2001を使用した。

測定条件は以下の通りである。

管球：ロジウム（Rh）、電圧：3～36μA、照射径：3㎜・10㎜、測定時間300sec、

雰囲気：真空

各元素の蛍光X線スペクトル強度から計算される次のような指標のプロット（判別図法）から産地が推定できる。

A=（Rb強度+Sr強度+Y強度+Zr強度）としたとき

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

Mn強度×100/Fe強度　Fe/K

判別図法による資料の原産地推定結果を5つの指標全部を変量とする判別分析によって行った。

結果

多功南原遺跡出土の石器は関東でいう砂川期を主体とするナイフ形石器の時期で、ほとんどが同一時期と見られる。栃木県内の黒曜石原産地としては高原山が知られ、甘湯沢群と七尋沢群との2つの群に分類される。甘湯沢群が全体の77%を占め、七尋沢群は検出されなかった。残りの27%はすべて信州系（和田村を中心とする和田エリア、霧ヶ峰を中心とする諏訪エリア、麦草峠を中心とする蓼科エリア）の黒曜石であった[表1・図1]。

当遺跡では、後期旧石器のブロックが13箇所確認されているが、石器ブロックによって主体となる黒曜石産地に違いが見られた[表2]。

1～6ブロック、12、13ブロックは高原山系のみのブロックであり、10ブロックは信州系のみのブロックといえる（高原山1点を含む）。11ブロックも信州系が多く、10ブロックを中心として7、8、9、10、11ブロックに信州系が集中する。

信州系では和田エリアが卓越し、その他の産地はわずかであった。

表1　多功南原遺跡における産地推定結果

産地名	記号	試料数	試料数組成(%)
和田高松沢群	WOBD	2	1.16
和田鷹山群	WDTY	15	8.67
和田小深沢群	WDKB	8	4.62
和田土屋橋北群	WDTK	2	1.16
和田土屋橋西群	WDTN	7	4.05
和田土屋橋南群	WDTM	2	1.16
諏訪星ヶ台群	SWHD	1	0.58
蓼科冷山群	TSTY	4	2.31
高原山甘湯沢群	THAY	132	76.3
総計		173	100

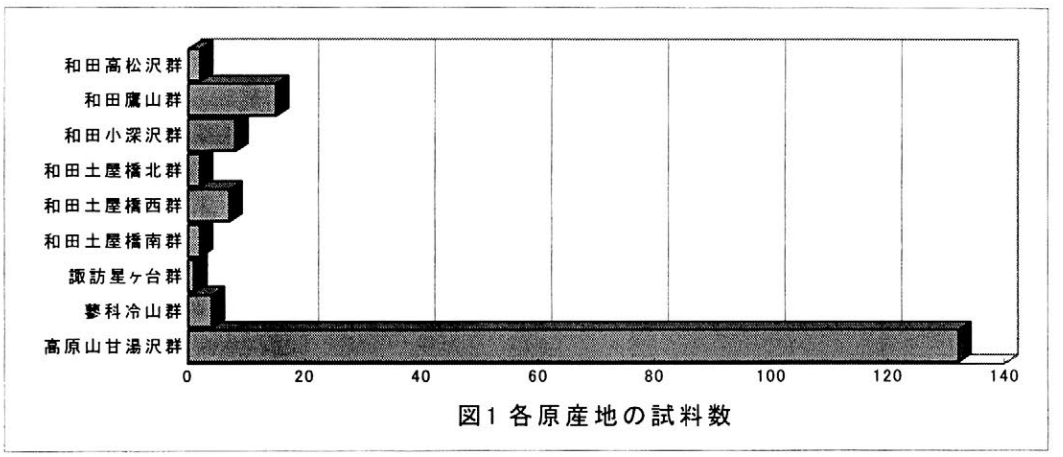


図1 各原産地の試料数

表2 各ブロックごとの産地組成(試料数)

ブロック	和田エリア	諏訪エリア	蓼科エリア	高原山エリア
1				8
2				18
3				9
4	1			6
5				4
6				25
7	1			1
8	1		1	
9	2			4
10	12		1	1
11	9	1	2	5
12				24
13				7
外	1			3
礫群				5
表土	9			7
F区				5

P28

AT下位遺跡出土の黒耀石の産地推定　(1)

○大越秀明(沼津工業高等専門学校)、望月明彦(同)

1. はじめに

この研究は静岡県沼津市愛鷹南麓遺跡群、栃木県佐野市上林遺跡、千葉県山武群山武町鷲山入遺跡、静岡県三島市生茨沢遺跡から出土した黒耀石のうち、AT層(約2万5千年前)より下位から出土したものの産地推定結果をまとめ、AT降灰以前の遺跡の地域による共通性を考察したものである.

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愛鷹南麓遺跡群2886点、上林遺跡486点、鷲山入遺跡501点、生茨沢遺跡169点であった。

3. 分析方法

遺跡出土試料はできるだけ平らな面を測定面として洗浄し、そのまま測定した。

表1:測定条件

機器	SEA-2001	SEA-2110L
ターゲット	ロジウム（Rh）	
管電圧	５０ｋＶ	
管電流	３～３０μＡ	自動設定
照射径	３mm、１０mm	
雰囲気	真空	
測定時間	２００ｓｅｃ	１８０ｓｅｃ
検出器	Si（Li）半導体検出器	

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強度としたとき、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、Sr分率＝Sr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

本研究室では愛鷹南麓のＡＴ下位遺跡のデータが多く、時代ごとに産地数の変化が見られるため比較する対象としては非常に適している。愛鷹南麓のＡＴ下位遺跡の産地推定結果を図１に示した。

愛鷹南麓のＡＴ下位遺跡では、第１期（ＢＢ５層～ＢＢ４層）に神津島エリアの黒耀石がよく用いられている。最も黒耀石遺物の出土点数が多い土手上１遺跡では８６５点中１２６点（１４．５７％）、最も少なかった二つ洞遺跡では１７点全てが神津島エリアで、必ず神津島エリアが含まれていることがわかる。柏峠群、神津島エリア、箱根エリアと、近隣の産地の黒耀石が多くを占め、他にも蓼科エリア、霧ケ峰エリアと用いられる産地が多く、比較的広い範囲の黒耀石を使用していた。

第２期（ＳＣ３層～ＢＢ２層）では、第１期で主に使用していた神津島の黒耀石が使用されなくなる。そして蓼科エリアと柏峠の黒耀石が多用されている。

上林遺跡では台形様石器を伴い環状ブロックを形成している遺跡なので、時代的に愛鷹南麓の第１期前半にあたり、土手上遺跡とだいたい同時期にあたる。土手上遺跡では近隣の産地を中心に多くの産地の黒耀石が確認されている。上林遺跡でも多くの産地が確認されたことと、神津島１群の黒耀石が確認されたことが共通していた。

生茨沢遺跡は、上林遺跡より若干新しい遺跡で、愛鷹南麓では清水柳北東尾根遺跡と同時期にあたる。生茨沢遺跡は箱根西麓に位置し、愛鷹南麓とは距離も近く、そのためか産地組成も非常によく似ていた。

鷲山入遺跡は、ＡＴ下位の中でも新しい遺跡で、愛鷹南麓では層位がＢＢ３層の遺跡と同時期である。この時期の遺跡では産地組成が単純になっている。鷲山入遺跡でも産地組成が単純になっていたことが共通していた。

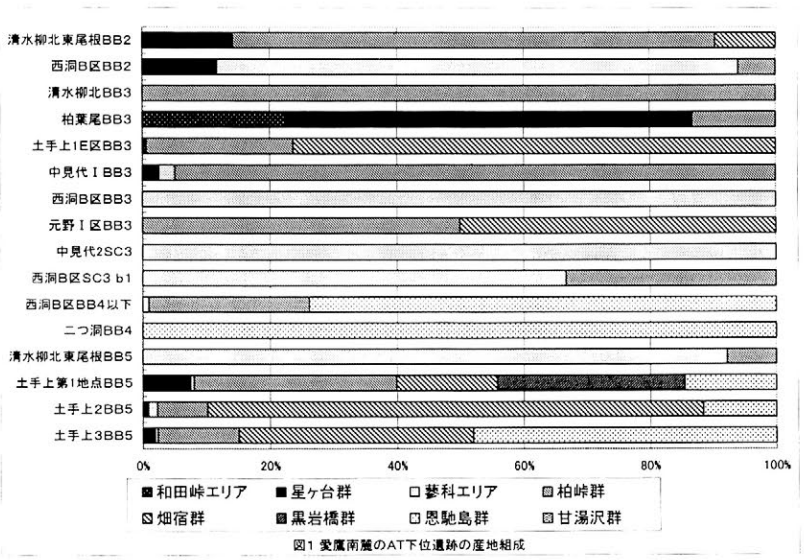


図1 愛鷹南麓のAT下位遺跡の産地組成

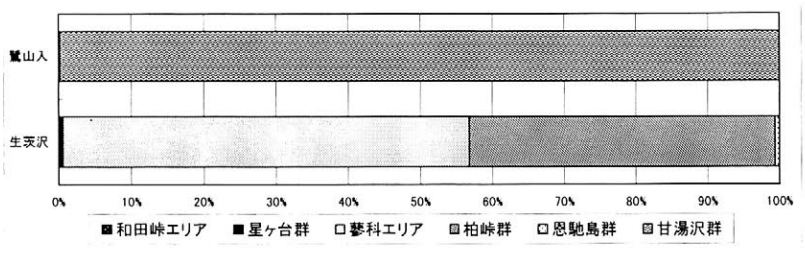


図2:愛鷹南麓遺跡群を除く各遺跡ごとの原産地組成

P29

鷹山遺跡群における黒耀石利用の様相

○小林 克次(明治大学大学院) 望月 明彦(沼津高専)

はじめに

黒耀石の原産地推定は、これまで南関東のような消費地遺跡において主に行われてきた。しかし、石器の原材の獲得活動や、その流通体系の確立という問題を考えるとき、原産地地域内での取り組みも重要となってくる。

そこで、本研究では、明治大学・長門町教育委員会による鷹山遺跡群調査団により継続的に調査・研究されている鷹山遺跡群を取り上げ、本遺跡群出土・採集石器の原産地推定を行った。

その結果、黒耀石原産地遺跡群においても、黒耀石利用のあり方が一様ではないことが明らかとなった。

対象遺跡と資料

分析対象とした遺跡は、長野県小県郡長門町大門に位置する鷹山遺跡群である。資料は、鷹山遺跡群調査団より依頼されたものを小林が分析を行った。

分析方法

分析に使用した装置は、沼津高専望月研究室の Seiko Instruments 社製エネルギー分散型蛍光 X 線分析計 SEA-2110L(Rh 管球、Si(Li)半導体検出器)である。分析条件は、管電圧 50kV、管電流は自動設定、X 線照射径は 10mm、雰囲気は真空、測定時間は 180sec である。同定した元素は Al,Si,K,Ca,Ti,Mn,Fe,Rb,Sr,Y,Zr の計 11 元素である。

解析方法

結果の解析方法については、望月・小林ら(1994)により開発された判別図法と統計学的な手法である判別分析を用いた。

結果および考察

本研究の分析結果を図1に示した。ほとんどの遺跡で至近に位置する星糞峠産黒耀石を利用している様相が明らかである。その中でも、在地系使用率が90%以上のものと70%程度の二つに類型化できる。また、時期が異なる遺跡により、原産地構成が異なることから、原産地遺跡群においても、時期により原産地利用のあり方が変化する可能性が指摘できる。

参考文献

望月明彦・小林克次他 「遺跡内における黒耀石製石器の原産地別分布について―沼津市土手上遺跡 BBV 層の原産地推定から―」 静岡県考古学研究 No.26 1994

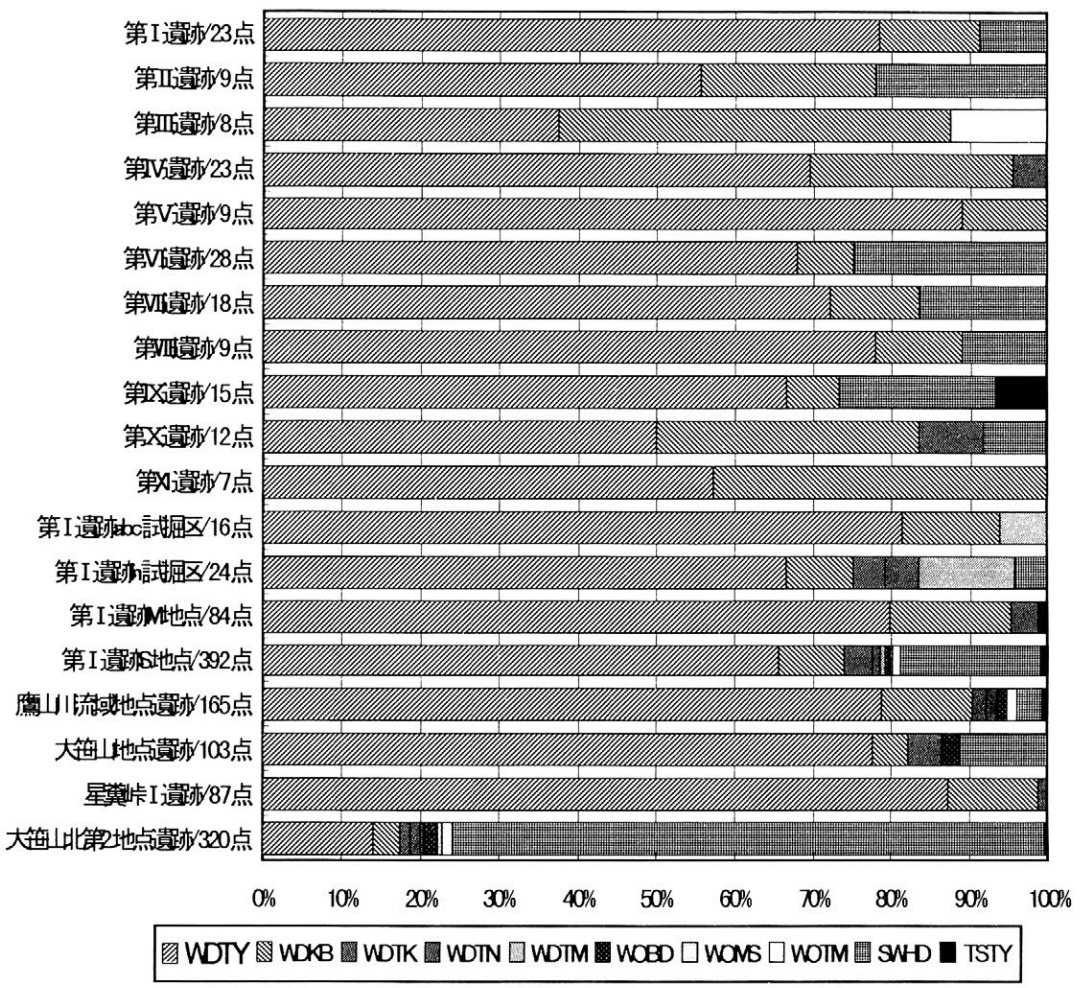


図1. 各遺跡における原産地構成

P30

蛍光X線分析による九州地方の黒曜石の検討

○高橋　豊（沼津工業高等専門学校）・望月明彦（同）

はじめに

本研究の目的は九州地域の原石産地から採集した黒曜石・ガラス質安山岩について、遺跡から出土する黒曜石との対比・産地判別をするための考古学な情報を得ること、その黒曜石の岩石学的な特徴と地質学的な背景を把握することにある。

分析試料

図1に示す地域の試料を分析対象とした。一部にガラス質安山岩を含めた。鹿児島を中心に、大隅半島の大根占町長谷から、姶良カルデラに沿う三船（竜ケ水）、県北の大口市日東、五女木、猩猩、県境の白浜、桑ノ木津留に至る地域の試料。阿蘇火山中央火口丘周辺のガラス質安山岩の試料。金峰山周辺の宇土半島、黒石などの試料、阿蘇外輪山北の西小国、杖木原の試料。国東の姫島の試料及びこれき関わる地域の試料。これらに九州北西部の試料として大村湾沿いの大崎、針尾島、佐世保市淀姫、腰岳、北松浦の試料を加えて検討した。各地点25～100 個の試料を扱う。

分析方法

分析装置－SEIKOU SEA-2001 ， X線管ﾀｰｹﾞｯﾄ ：ロジウム、検出器：Li(Si)半導体検出器

測定条件－電圧:50kV 、電流:3μA 、照射径:10 ㎜、測定時間:300sec, 雰囲気: 真空

産地分析

蛍光X線分析スペクトル強度から計算される次の指標を用い、望月(1997)の手法により図2、3を作成した。

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

結果

九州地域の黒曜石の分析値は比較的良いまとまりをみせる。一部重複するが図2と3を用いれば、その帰属は明らかである。

図2と3に、関東・中部地方の各原石産地の黒曜石の分析値を記入すると、その値は九州地域の値と殆ど重複せずに峻別される。九州地域の分析値の帯に平行に、下位に沿って

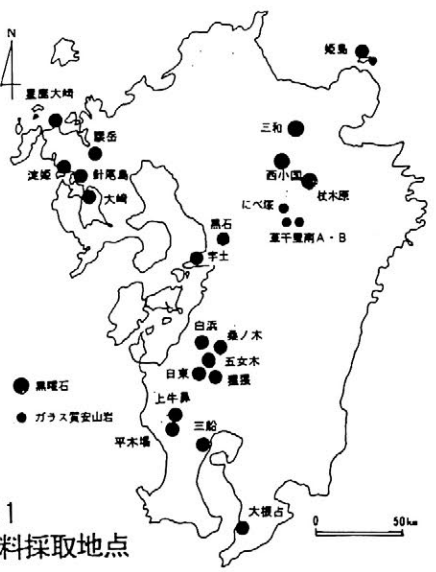


図1
試料採取地点

信州系の分析値が、上位には右肩上がりに伊豆弧の黒曜石の分析値が延び、異なった分布をみせる。

新たな試料を加えた九州地域の黒曜石の分析値のうち、南九州地域の分析値は、図2では左下から右肩上がりに2つのまとまりをみせる。

霧島火山帯に沿い北北東に延びる白浜－桑ノ木津留－猩猩－日東－西小国－姫島－三船の系列、その上部の大村湾の大崎－腰岳－北松浦の大崎－針尾島－淀姫の系列と、大根占－上牛鼻－平木場－杖木原の3つの系列が認められる。

これらの帯は、5～3Ma 年前から九州下部に沈み込みを始めたフィリピン海プレートが形成する海溝からの水平距離200km, 300km の線上に在り、沈み込みと深い関係があると考える。図3は同一系列でも南から北へ黒曜石の組成に変化がみられ、グループに峻別されることを示す。

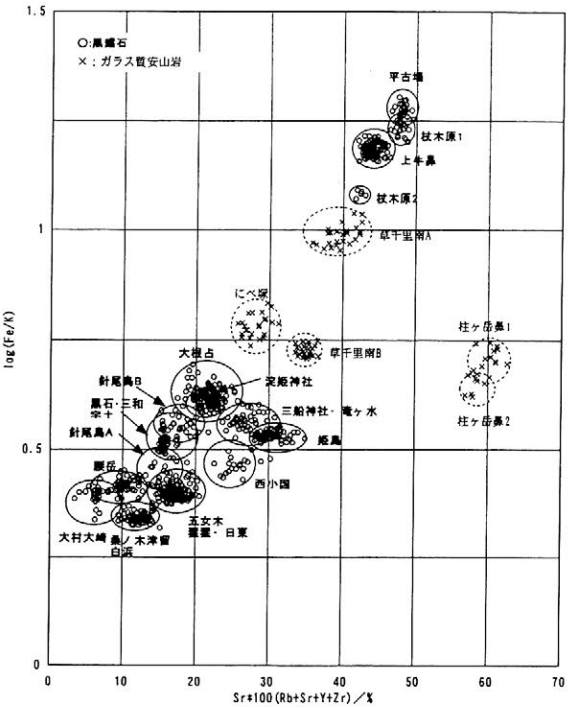


図2　黒曜石（含ガラス質安山岩）の判別図 A

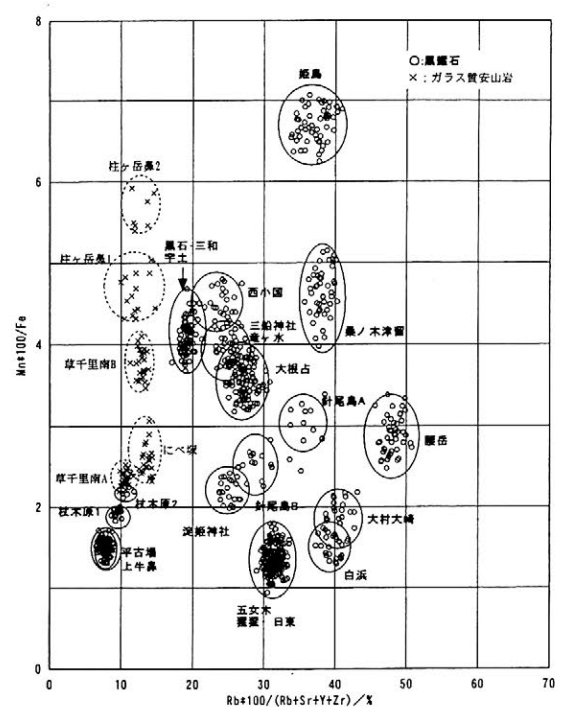


図3　黒曜石（含ガラス質安山岩）の判別図 B

P31

ＥＤＳ分析による箱根西麓斜面の旧石器遺跡観音洞遺跡群出土黒曜石の産地分析

○高橋　豊（沼津工業高等専門学校）・西田史朗（奈良教育大学）

はじめに

走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）とエネルギー分散型Ｘ線マイクロアナライザー（ＥＤＳ）を組み合わせた点分析法により、迅速に、ガラスのみを対象に、既知原石産地黒曜石試料中の火山ガラスデータと遺跡出土黒曜石試料の火山ガラスデータとの対比・同定を行うことができ、遺跡出土黒曜石の産地分析が可能である。この点分析法は、遺跡層準の時代推定の鍵層であるアカホヤＡｈ、姶良Tnテフラ ＡＴなど火山灰中の火山ガラスの同定にも広く使われている。

本文は、箱根火山西斜面の標高400m～360mの緩斜面に在り、谷頭を取り囲む痩せ尾根に分布する観音洞遺跡群（図２）について、遺跡群としての纏まりについて検討するものである。手掛かりとして、旧石器の細石刃が挟在する「休場層」（ ^{14}Ｃ年代14,300±400 年B.P.）以下の層準の、黒曜石を原材料とする細石刃、同石核、ナイフ型石器等の産地分析結果を使った。つまり、周辺遺跡を含め各遺跡群の同一層準からのブロック別出土黒曜石群にみる産地分析結果の共通点に注目した。

ＥＤＳ分析法の特徴として、照射電子量が少なく試料組織の破壊も極めて少なく、電子ビームも１μm程度に絞り得るので、

(1)特定Ｘ線が発生する試料面範囲も５μm程度と狭く、微細な粉末サイズからの試料のスポット分析が可能であること。

(2)アルカリ元素（Ｎａ，Ｋ）の蒸発を抑えられ、黒曜石のガラスの主成分Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Feの８元素の主成分分析が可能であること。

(3)走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）下での分析倍率は可動であり、黒曜石の組織にみる長石類等の斑晶、晶子を避け、ガラス成分そのものの主成分分析、対比・同定が可能であることなどがあげられる。

遺跡の立地と挟在する層準

遺跡は図１の「愛鷹ローム層」に覆われ「休場層」以下の層準に挟在する。「休場層」は図３のように二枚の降下スコリヤ層で上、中、下の３層 YLU, YLM, YLLに区分される。石器の挟在する層準は、「休場層」の上限YLU 層準に細石刃石器群、同層中下位のYLM, YLL層準にナイフ石器群が挟在する。単一の石器ブロックの集合に注目すると図３のような上下の攪乱と分散が認められるのが普通である。極細粒の黄褐色ローム「休場層」が数千年を経て風化形成、固定化したレスであることを示している（図１）。

結果と考察

ＥＤＳ分析結果を図４に示す。

・休場層準を対象に産地分析した遺跡出土黒曜石800 点のうち、約50% が信州和田峠系、15% が信州蓼科系、30% が地元の伊豆半島系、5%が伊豆七島系で占められた。

観音洞遺跡群のうち観音洞G ・陰洞E にみる細石刃・細石刃石核の黒曜石原石供給源については、次の傾向がみられた。（陰洞E の細石刃数は少なく、周辺の細石刃出土遺跡の分析値と比較した）

・細石刃石核の原石供給源は、南の大奴田場遺跡に代表されるように（ 山中城遺跡がこれを補完）信州和田峠系から神津島まで中部地方の黒曜石原石産地全域に関わる。。
・細石刃の作製に当たっては、夾雑物のほとんどない原石産地の黒曜石が選択的に使用されている。
・ナイフ型石器の原石供給源は、観音洞G 遺跡の石器群が畑宿25.5% 、蓼科の大石川22.6 % 、和田峠14.2% 、星ケ塔18.9% と産地全域に分散する傾向に対して、陰洞E 遺跡の石器群が畑宿57.5% とやや地元産の原石を使う傾向がみられるものの、原石は産地全域から導入されており、類似する。
・観音洞遺跡群には、南北交流の盛んな時期のものとみられる点で類似する２遺跡、観音洞Ｇと陰洞Ｅ遺跡が共存する。

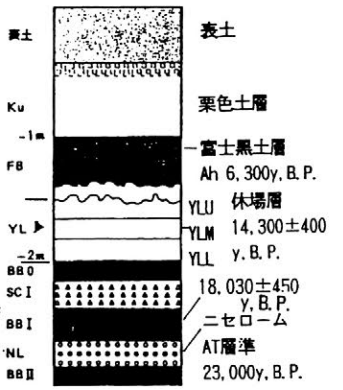


図１　愛鷹ローム層の層序

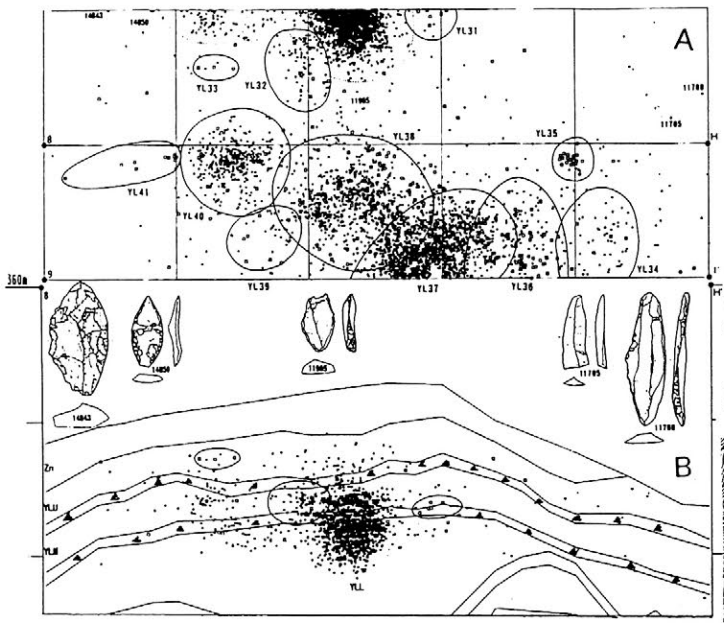


図３　遺物分散図　A：平面図（メッシュ5m），B：断面図

図２　遺物分散図

		信州和田峠系						信州蓼科系			伊豆半島系			伊豆七島系	
	産地	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
細石刃	観音洞G	14.2	22.6	0	7.6	0	2.8	0	18.9	0.9	8.5	22.6	0	0.9	0.9
	大奴田場	6.8	39.3	0	9.3	7.1	11.2	0.3	13.4	0.8	8.5	0.3	0	2.5	0.6
細石刃核	大奴田場	15.4	7.7	7.7	23.1	15.4	7.7	0	7.7	0	15.4	0	0	0	0
	中村	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76.9	23.1	0	0	0
	柳沢	40	0	0	0	0	0	0	40	20	0	0	0	0	0
	山中城	3.6	17.9	0	0	0	3.6	0	32.1	0	17.9	10.7	0	14.3	0
ナイフ	観音洞G	14.2	18.9	0	5.7	0	2.8	0	22.6	1.9	5.7	25.5	0	1.9	0.9
	陰洞E	1.2	12.6	0	3.6	0	0.6	0	3.6	0	19.2	57.5	1.8	0	0
全試料		51.5						14.8			31.4			2.5	

凡例　1.和田峠 2. 星ケ塔 3.水月公園 4. 丁子沢 5.星ケ台 6. 男女倉 7.麦草峠 8.大石川 9.冷山 10..柏峠 11.畑宿 12.芦ノ湯 13.恩馳島 14.砂糠崎

図４　観音洞遺跡群（観音洞Ｇ・陰洞Ｅ）と周辺遺跡出土黒曜石の原石産地（%）

P32　石器・玉類の原材産地分析（１５）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）
東村武信（関西外国語大学）

石器、玉類の原材産地分析は蛍光Ｘ線分析で行う元素比法により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検定からそれぞれの原石群に帰属する信頼度を求めて産地を同定する。ヒスイ製玉類は原石の分析値の分布と比較して最も似た組成の原石産地に同定した。碧玉製玉類はＥＳＲ分析法を併用し色中心とかイオンの信号を指標に加えより正確に同定できるようにした。以下に石器、玉類の産地分析結果を示す。

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）
川西C	（北海道　札幌市）		十勝(2)、置戸(3)
ｷｳｽ5A-2地区竪穴住居	（〃　千歳市）		十勝(12)、赤井川(5)、白滝(3)、置戸(1)
〃　包含層	（〃　〃）	縄文晩期～擦文時代出土	白滝(8)、十勝(1)
〃　〃	（〃　〃）	縄文後期～晩期	十勝(1)
〃　〃	（〃　〃）	縄文早期～晩期	白滝(4)、赤井川(3)、十勝(1)、不明(3)
〃　旧河道	（〃　〃）	縄文晩期	白滝(4)、不明(2)
〃　〃	（〃　〃）	縄文後期	赤井川(1)
〃　〃	（〃　〃）	縄文早期～中期	赤井川(1)
ｷｳｽ5B地区 P-19	（〃　〃）	縄文前期前葉	赤井川(59)、十勝(1)、赤石山(1)
ｷｳｽ5C地区 LP-1	（〃　〃）	〃	赤井川(43)、十勝(1)、あじさい滝(1)
ｷｳｽ5C地区 LP-2	（〃　〃）	〃	赤井川(79)、十勝(1)
ｷｳｽ5	（〃　〃）	一部旧石器	赤井川(15)、十勝(15)、赤石山(13)、あじさい滝(10) 不明(4)、置戸(2)、豊泉(1)
南扇山A地点	（〃　富良野市）	縄文中期主体	十勝(10)、置戸(5)
南扇山B地点	（〃　〃）	縄文中期主体	十勝(23)、置戸(2)
ﾕｶﾝﾎﾞｼE10	（〃　恵庭市）		赤井川(13)、赤石山(1)
幕別町札内11	（〃　幕別町）		十勝(7)
千歳市オサツ16	（〃　千歳市）		白滝(2)、美蔓(1)、赤井川(1)、不明(1)
浦幌町十勝太	（〃　浦幌町）		十勝(8)、美蔓(3)
日和見山	（青森県　深浦町）		深浦(46)、ＨＹ(1)、男鹿(1)、置戸(1)、出来島(1)
三内丸山第6鉄塔	（〃　青森市）	縄文前期	成田(3)、十勝(1)
〃	（〃　〃）	縄文中期	豊泉(2)、置戸(1)、成田(1)
三内丸山野球場	（〃　〃）	縄文	赤井川(21)、出来島・鶴ヶ坂(18)、成田(16)、置戸(9)、 男鹿(7)、霧ヶ峰(7)、赤石山(6)、深浦(3)、あじさい滝(1)、 月山(1)、佐渡(1)、和田峠(1)、ＨＹ群(1)、ＳＮ２群(1)
〃	（〃　〃）	縄文中期	霧ヶ峰(11)、成田(9)、赤井川(7)、雫石(3)、ＨＳ２群(1) 出来島・鶴ヶ坂(3)、男鹿(3)、月山(2)、深浦(1)、板山(1)、 和田峠(1)、ＳＮ１群(1)、ＳＮ２群(1)
桜峰	（〃　〃）	縄文中期	鶴ヶ坂(1)
下舘銅屋	（岩手県　盛岡市）		雫石系(19)、不明(1)
房ノ沢	（〃　〃）		雫石系(3)、不明(1)
八幡山	（新潟県　新津市）	旧石器	金津(6)、月山(1)
綾部原	（東京都　町田市）	弥生前期後半	霧ヶ峰(10)、柏峠西(1)、神津島(1)
〃	（〃　〃）	縄文中期後半	神津島(3)、霧ヶ峰(1)
〃	（〃　〃）	縄文後期前半	神津島(2)、鍛冶屋(1)、霧ヶ峰(1)
原峰	（〃　多摩市）	縄文前期	神津島(3)、霧ヶ峰(1)、不明(1)
和田・百草	（〃　〃）	縄文中期前半	神津島(8)、霧ヶ峰(1)
向ノ岡	（〃　〃）	縄文中期後半	霧ヶ峰(3)、神津島(2)
新堂	（〃　〃）	縄文晩期前半	霧ヶ峰(8)、柏峠西(2)、不明(1)
落川・一の宮	（〃　〃）	縄文晩期末	霧ヶ峰(23)、不明(3)、柏峠西(1)
No.72	（東京都　）	旧石器	柏峠西(1)
〃	（〃　）	縄文中期(勝坂１式)	神津島(5)、霧ヶ峰(2)
〃	（〃　）	縄文中期(勝坂２式)	神津島(7)、霧ヶ峰(1)
〃	（〃　）	縄文中期(勝坂３式)	神津島(6)、霧ヶ峰(4)
〃	（〃　）	縄文中期(加曽利Ｅ１式)	神津島(1)、柏峠西(1)
〃	（〃　）	縄文中期(加曽利Ｅ２式)	神津島(11)、霧ヶ峰(4)、畑宿(1)
〃	（〃　）	縄文中期(加曽利Ｅ３式)	霧ヶ峰(9)、神津島(3)、柏峠西(1)
〃	（〃　）	縄文中期(加曽利Ｅ４式)	神津島(2)、霧ヶ峰(2)、和田峠第1群(2)
〃	（〃　）	時期不詳	霧ヶ峰(7)

原口	(神奈川県	横浜市)	縄文草創期	神津島(8)
〃	(〃	〃)	縄文中期初頭	神津島(49)、霧ヶ峰(6)、和田峠第5群(1)、畑宿(1)
〃	(〃	〃)	縄文中期中葉	神津島(46)、霧ヶ峰(3)、和田峠第1群(1)
〃	(〃	〃)	縄文中期後半	神津島(43)、霧ヶ峰(6)、和田峠第5群(1)
〃	(〃	〃)	縄文後期	神津島(26)、霧ヶ峰(8)、鍛冶屋(2)、上多賀(1)、和田峠第1群(1)、和田峠第5群(1)
〃	(〃	〃)	時期不明	神津島(47)、霧ヶ峰(14)、鍛冶屋(2)、畑宿(1)、柏峠西(1)
上原第1地点	(岐阜県	徳山村)	縄文前期後葉～前期末葉	霧ヶ峰(15)、＊二上山(11)、＊不明(3)、＊下呂(2)
〃 第2地点	(〃	〃)	縄文前期～晩期	霧ヶ峰(17)、＊二上山(19)、＊不明(3)、＊金山(1)、＊下呂(3)
〃 第3地点	(〃	〃)		霧ヶ峰(5)
亀井、亀井北、久宝寺、城山、大堀	(大阪府	)	弥生時代中期	＊二上山(98)、＊金山東(1)、＊不明(1)
有鼻	(兵庫県	神戸市)	弥生中期後半	＊二上山(24)、＊金山(20)、＊不明(3)、＊岩屋(2)
奈カリ与	(〃	〃)	〃	＊金山(2)、＊岩屋(1)、＊二上山(1)
中西山	(〃	〃)	〃	＊金山(2)、＊二上山(2)、＊不明(1)
佃	(兵庫県	東浦町)	縄文後期中頃(北白川上層３式土器～一条寺K式土器)	＊金山(1)、＊岩屋(1)、＊二上山(1)
〃	(〃	〃)	縄文後期中頃(一条寺K式土器～元住吉山Ⅰ式土器)	＊岩屋(4)、＊金山(3)
〃	(〃	〃)	縄文後期後半(元住吉山Ⅰ式土器～元住吉山Ⅱ式土器)	＊金山(16)、＊岩屋(5)、＊二上山(1)
〃	(〃	〃)	縄文後期末(宮滝式土器)	＊金山(1)、＊岩屋(1)
〃	(〃	〃)	縄文晩期後半(突帯文土器)	＊金山(6)
〃	(〃	〃)	縄文晩期	＊金山(1)
塩壺西	(〃	〃)	弥生後期後半	＊岩屋(4)、＊二上山(3)、＊金山(2)
三条黒島	(香川県	)	旧石器	＊白峰(5)、＊蓮光寺(1)
川西北七条Ⅰ	(〃	)	縄文	＊城山・金山西(5)、＊白峰(3)、＊金山(1)、＊国分寺(1)、＊双子山(1)
群家田代	(〃	)	旧石器	＊白峰(2)、＊双子山(2)、＊城山・金山西(1)、＊金山(1)、＊国分寺(1)、＊飯山(広島)(1)
龍川五条	(〃	原田町)	弥生前期	＊金山(33)、＊双子山(2)
板屋Ⅲ	(島根県	頓原町)	縄文前期	久見(1)
〃	(〃	〃)	縄文後期前葉～中葉	久見(1)
〃	(〃	〃)		姫島(1)、＊金山(3)、＊法印谷(1)
西川津Ⅲ区	(〃	)	縄文？	久見(1)
〃	(〃	)	弥生前期以前	久見(2)
〃	(〃	)	弥生前期末	久見(4)、津井(1)、不明(1)
〃	(〃	)	古墳中期以前	久見(6)、加茂(2)、津井(1)
〃	(〃	)	古墳後期以前	久見(7)
〃	(〃	)	中世(12～13c)以前	久見(3)
西川津Ⅴ区	(〃	)	縄文？	久見(1)
〃	(〃	)	縄文前期	久見(2)
〃	(〃	)	弥生後期以前	久見(2)、津井(2)
〃	(〃	)	古墳前期以前	久見(5)、不明(1)
〃	(〃	)	古墳中期以前	久見(1)
牟礼越	(長崎県	長崎市)	旧石器	不明(5)、塚瀬・小国(2)、五女木・日東(1)、腰岳(古里)(1)、腰岳系(1)

＊印はサヌカイト石材で、他は黒曜石石材。

玉類の原材産地分析では、北海道千歳市中央のキウス５遺跡Ａ－２地区の縄文時代後期の垂玉、苫小牧市の柏原５遺跡出土の縄文時代晩期の硬玉製垂飾、勾玉には糸魚川産ヒスイがそれぞれ使用され、また千歳市の美々４遺跡の縄文時代の玉類の中で３個が糸魚川産と同定され、青森市の三内丸山遺跡の縄文時代では、３個の未製品、５個の玉材、４個の垂飾、３個の大珠に糸魚川産が、また１個の垂飾に日高産原石に属するとそれぞれ判定した。愛知県の大ノ木遺跡、麻生田当具津遺跡の丸玉２個には糸魚川産ヒスイが使用され、上野３号墳の２個の管玉には島根県花仙山産碧玉が使用されていると同定した。岐阜県大野郡丹生川村のカクシクレ遺跡Ｃ地区から出土した縄文時代後期の玉材は飛騨産原石と同定されたが垂飾玉は産地が特定できなかった。北海道上磯郡上磯町に位置する茂別遺跡の続縄文時代の土壙墓の副葬品の７個の管玉は佐渡猿八産原石と同定された。鉄石英製管玉については、一部の考古学者の間で、色と管玉の様式で佐渡の管玉が伝播したと信じられている。しかし、佐渡の様式と同じ文化圏と考えるべきで、佐渡の管玉が伝播したと推測するには産地分析の結果によらなければならない。

P33

クリストバライトによる溶結凝灰岩製石棺の産地推定

○山口一裕（岡山理科大学理学部）福田正継（岡山県古代吉備文化財センター）
三宅　寛（岡山理科大学理学部）

1. はじめに

溶結凝灰岩製の石棺石材の原産地は、従来、肉眼的・顕微鏡的岩相、鉱物組成、全岩の粉末X線回折法（XRD）などにより総合的に推定されてきた。これに対し、筆者らは、①殆どの溶結凝灰岩中にシリカ鉱物（石英、トリディマイト、クリストバライトの三鉱物で化学式はいずれも SiO_2）が含まれ、特にクリストバライトが予期以上に多くの産地で特徴的に含有されていること②このクリストバライトの含有量が産地、更には層準によって広い幅で消長すること③更にはクリストバライトの格子定数（低温クリストバライト、正方晶系、a，b）が産地によってわずかながら（約0.06%）変動することに注目し、従来の産地推定方法にこれらの事実を加味することを提言してきた。クリストバライトの含有量の著しいものについては、岡山県にある築山古墳の石棺石材を例に産地推定を行い、その有効性について報告した。そこで、本発表では、すでにその原材として二上山溶結凝灰岩と阿蘇溶結凝灰岩が挙げられてきている岡山県内の造山古墳（岡山市）と小山古墳（山陽町）の石棺について、クリストバライトの含有量の極めて少ない例として、石材産地の推定の可能性について検討した。

2. 試料

造山・小山古墳の石棺は、いずれも関係の神社の境内に野ざらしに放置されており、これから比較的採取しやすく、かつ新鮮な部分を選んで試料とした。いずれも色調は灰色から暗灰色を呈し、肉眼でレンズ状に引き延ばされた火山ガラスが認められ、溶結凝灰岩の特徴を示している。また、顕微鏡下では、斑晶としては長石類が見られ、岩石片としては火山ガラスが多く見られ、あまり脱ガラス化が進行していない。これらと比較する露頭試料として、二上山地域からは3地点5試料、阿蘇地域ではすでに指摘されている熊本県宇土市馬門より12試料、これに加え同一層準（ASO-4）とされている大分市竹ノ上地域の強溶結部からの3試料を馬門産に対応すべく求めた。

熱燐酸処理後の鉱物組成を粉末X線回折分析法で、全岩の化学組成を蛍光X線分析法により求めた。さらに、クリストバライトの格子定数をリートベルト解析法により正確に決定することを試みた。

3. 結果と考察

全岩分析により求めた SiO_2 含有量と熱燐酸処理後の(101)回折線強度から求められるクリストバライト量の関係を図1に示す。SiO_2 量は、二上山産の2試料を除いて、すべて狭義のデイサイト領域に広範囲に分布する。この範囲内で両石棺は SiO_2 量、クリストバライト量はいずれも最も低値を示すものであり、このことのみからすれば馬門産3試料が一致

する。馬門産のクリストバライト量の変動幅は広いが、当露頭ではピンク色を呈する下層と灰色を呈する上層とが鮮明に区別され、前記石棺に近いものはいずれも上層に属するものである。即ち、色調による肉眼識別とよく一致する結果となった。馬門の現在の自然崩壊露頭では灰色即ち上層部は、その堅牢性において小山古墳のものと極めて類似するが、造山古墳の石棺は、より堅固な特性を生かしての作成物であるので、岩相にへだたりがあるもののいわゆる強溶結部といわれている大分市竹ノ上産をあわせて図示した。竹ノ上産の強溶結凝灰岩は、色調が灰黒色で且つガラス質光沢を示し、石棺と同様にクリストバライト量は極めて少ない。ASO-4 層には馬門上層とこの強溶結部との中間の岩相を示すものがあるのかもしれない。二上山溶結凝灰岩については色調、SiO_2 量とクリストバライト量ともに大きく変動するが、SiO_2 量が同程度含有されている馬門のものと比較するとより多くのクリストバライトを含有していることが分かる。

筆者らは、クリストバライトを利用した石材の産地推定の方法をより確かのものにするために、リートベルト解析法によってクリストバライトの格子定数を求めてきた。本例試料のようなクリストバライト量が極めて少量の場合、石英やトリディマイトのようなクリストバライト以外のシリカ鉱物やガラス物質の影響が大きくなり、正確に格子定数を決定することが困難になるが、これらの影響の除去法について検討した。

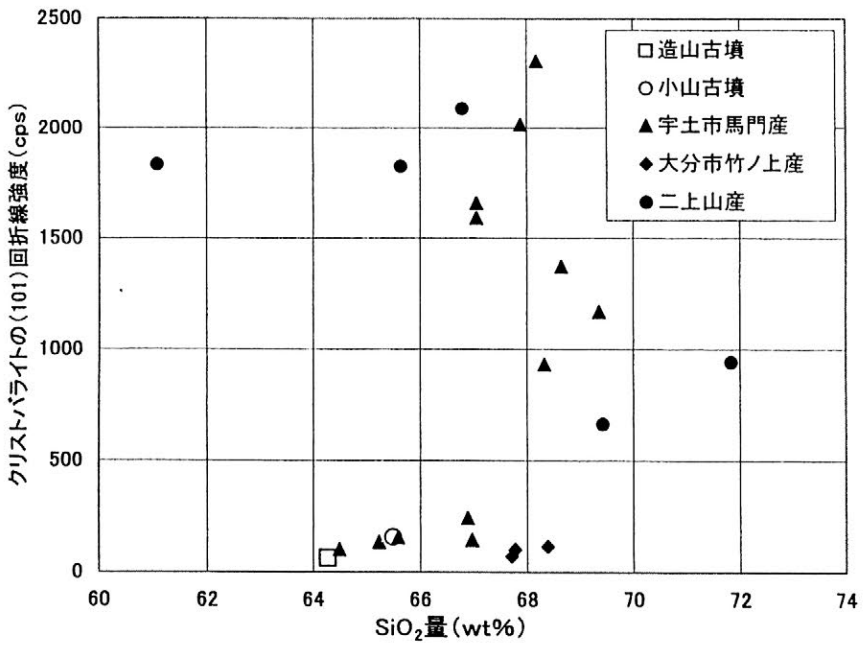


図1　溶結凝灰岩のSiO_2量とクリストバライト量の関係

P34

福岡県糸島地域の甕棺の胎土分析

○中園聡[1]・三辻利一[2]・河合修[3]
1）九州大学
2）奈良教育大学
3）志摩町教育委員会

1　はじめに

蛍光X線分析を応用した弥生土器の生産・流通システムおよび葬送システム研究の一環として，福岡県旧糸島郡内の甕棺の胎土分析を行った．ここはかつて「伊都国」があったとされる歴史的に重要な地域であり，今回初めてまとまった甕棺の胎土分析を行うことができたので報告する．

2　資料

旧糸島郡内の志摩町，前原市，二丈町に所在する6遺跡の甕棺墓をとりあげる．いずれも弥生時代中期前葉を中心とする．甕棺等125点が分析された．

3　分析法

上甕・下甕間の類似度の検討など考古学的観察を行った後，採取した試料表面の付着物や汚染を除去するために研削を行い，その後タングステンカーバイド製乳鉢を用いて100メッシュ以下の粉末にした．その粉末試料を内径20mm，厚さ5mmのビニール製リングの枠に入れて約13tの圧力をかけてプレスし，錠剤試料を作成して蛍光X線分析を行った．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，K，Ca，Fe，Rb，Sr，Naの6元素を測定した．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．

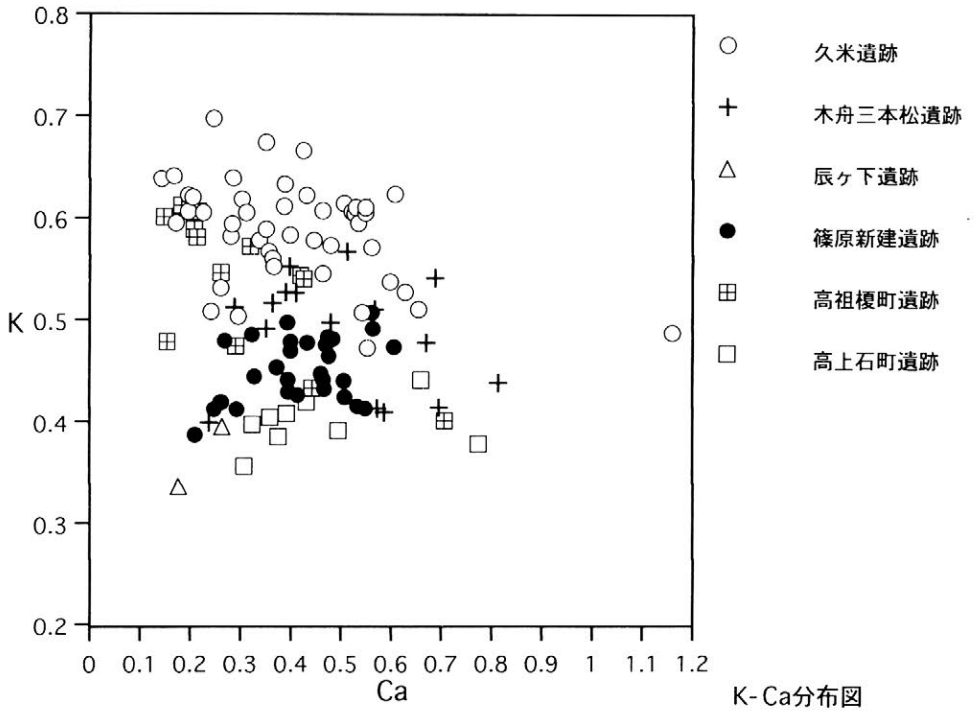
4　結果と考察

分析値のK－Ca分布図とRb－Sr分布図を示す．同一遺跡内において，考古学的観察結果から上甕・下甕間でとくに類似度が高いと判断したものは，分析値でも非常に近い値が出ており同時製作を示唆している．ただし，全体として上甕・下甕の類似度がさほど高くないものが多いことが指摘できる．このことは，ここで扱った資料の多くが甕棺として完成度が高くなる以前のものであるため，時期的特徴である可能性もあるが，地域あるいは墓地の差の可能性も十分にあり，今後の課題である．いずれにせよ外見からの観察結果と胎土分析の結果はよく対応しているといえる．なお，一部，甕棺以外の同時期の土器も分析したが，甕棺との間に有意な差を見出せず，両者が同一集落ないしはそのごく近隣で製作された可能性を示唆している．

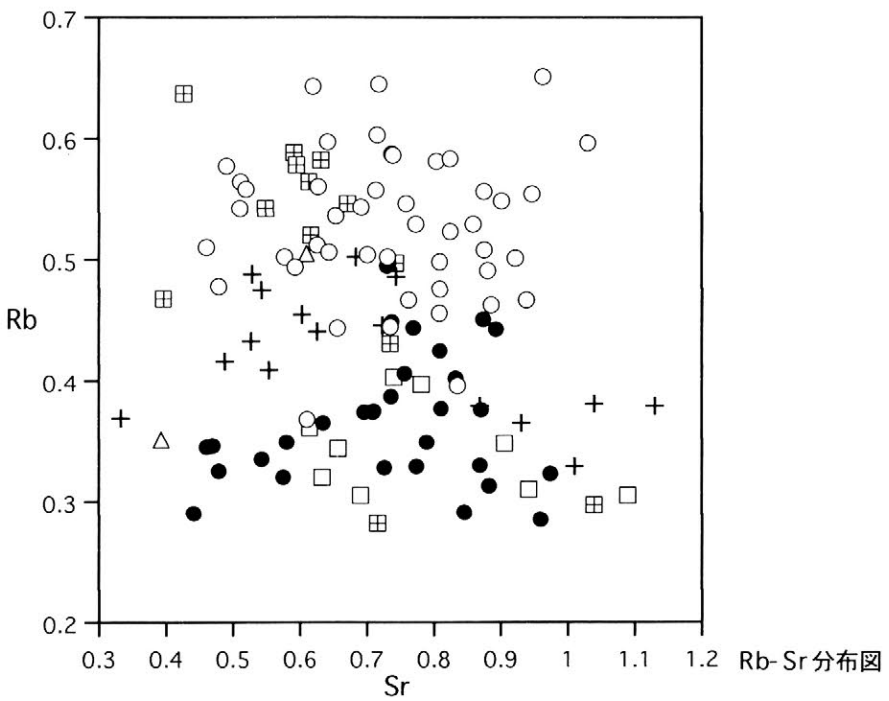
元素の二次元分布図では遺跡ごとに一定のまとまりをもっており，重なりはあるが遺跡ごとに特性がある．6元素を総合して判断してもその傾向はかわらない．したがって，これまでの分析結果どおり，一部例外はあるものの，各遺跡あるいはそれを含むごく小地域ごとに製作され使用されているといえる．

遺跡間の胎土の類似度は地理的遠近と対応していない．所在地を地質図に重ねてみると，化学特性の類似/相違が地質環境に関係しているものと考えられる．

今後はさらに新しい時期の個体の分析や，他地域との比較を行っていきたい．



K-Ca分布図



Rb-Sr分布図

P35

南西諸島貝塚時代後期土器の胎土分析

○中園聡[1]・土村俊雄[2]・三辻利一[3]
1）九州大学
2）鹿児島大学
3）奈良教育大学

1　はじめに

弥生時代から古代に併行する時期は，南西諸島においては貝塚時代後期と呼ばれる特徴ある文化があったことが知られている．近年，九州系の弥生土器の発見例も相次ぎ，それらと在地土器との性格の差など関心がもたれている．しかし基礎となる在地土器の生産・流通システムについてはまだ解明されていない．今回，基礎的作業として南西諸島の貝塚時代後期土器の胎土分析を行ったので報告する．

2　資料

分析に用いた試料は，奄美大島のマツノト・宇宿貝塚・宇宿港・外兼久，沖縄本島の具志川市に所在する宇堅貝塚・アカジャンガー貝塚・具志川グスク，沖縄諸島久米島の大原貝塚・清水貝塚の土器を用いた．また，南西諸島で出土する九州系弥生土器の大部分は南部九州の型式であるため，九州島南部（薩摩半島，大隅半島）の弥生土器のデータ等も比較する．

3　分析法

基本的な考古学的観察を経て，採取した試料は試料表面の付着物や汚染を除去するために研削を行い，その後タングステンカーバイド製乳鉢を用いて100メッシュ以下の粉末にした．その粉末試料を内径20mm，厚さ5mmのビニール製リングの枠に入れて約13tの圧力をかけてプレスし，錠剤試料を作成して蛍光X線分析を行った．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，K，Ca，Fe，Rb，Sr，Naの6元素を測定した．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．

4　分析結果と考察

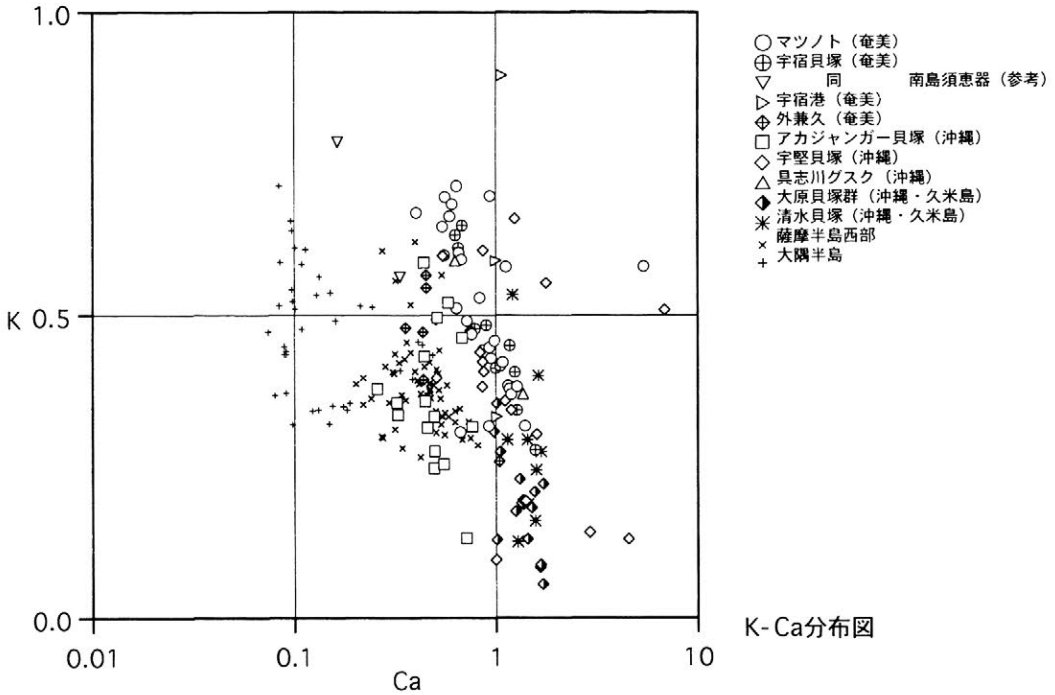
分析した試料は全体としてCaとSrの値が大きいことが特徴であるといえる．これら南西諸島の土器は，CaとSrが小さい特徴がある大隅半島の土器とは非常に明瞭に判別できることになる．薩摩半島の土器とはほとんど重なる遺跡もあるが，重ならないあるいは散布の傾きの異なるものも多い．

なお，同一市内の遺跡間でも胎土に差があるものがある．また，大原貝塚と清水貝塚は近接し立地も似ているが胎土に差異がある．後者のほうが後出する遺跡であり，時期差の可能性がある．奄美大島笠利町マツノト遺跡の泥質の胎土をもつものと砂質の胎土をもつものの間で微差がみられることなどもわかった．

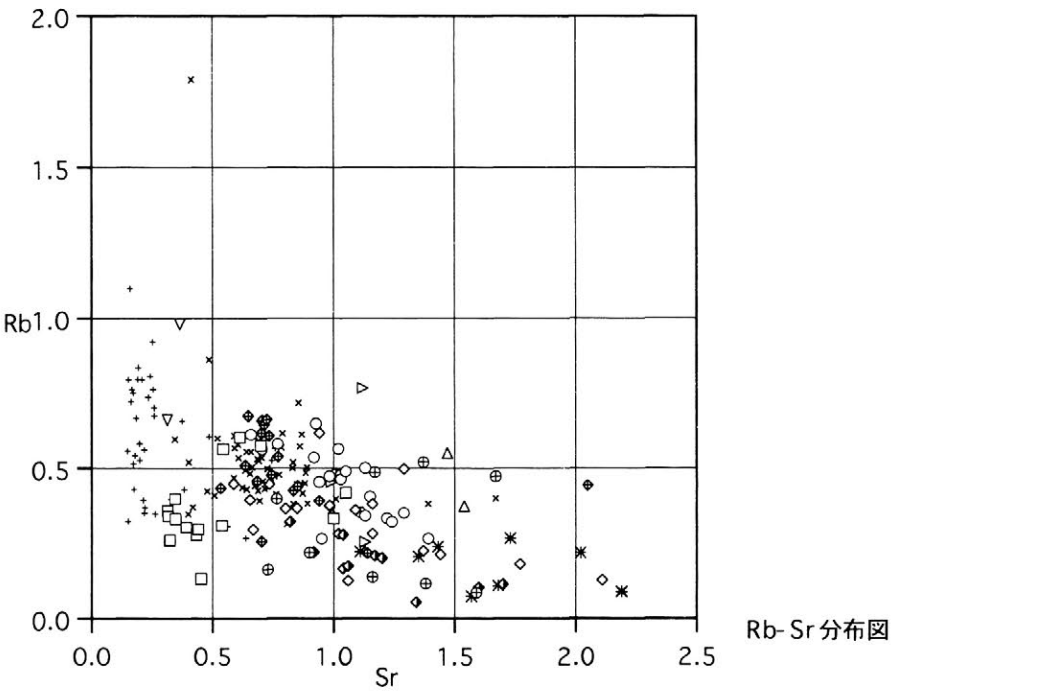
今回は南西諸島に搬入されたとみられる弥生土器そのものの分析は行わなかったが，少なくとも大隅半島産のものは判別可能であり，場合によっては薩摩半島のものも可能と考えられる．考古学的観察によって土器型式や形態等の地域差に着目することで絞り込みを行い，そのうえで胎土分析結果を用いるという手順をとることで，意義ある考古学的解釈につなげることができるであろう．今回は今後南部九州から南西諸島地域の基

礎データを充実させつつ，その方向を模索したい．

＊本分析には具志川市所在遺跡をはじめ未発表資料が含まれている．データの使用にあたっては許可を得られるとともに土器及び遺跡の詳細は正式報告書によられたい．



K-Ca分布図



Rb-Sr分布図

P36

陰田遺跡群出土須恵器の産地問題

○三辻利一（奈良教育大），矢代　学（奈良教育大）

1）はじめに

古墳時代から平安時代にわたる遺跡群からなる複合遺跡からも大量の須恵器が出土している。これらの資料を大量に分析すると，この遺跡群に供給された須恵器胎土の移り変わり，すなわち，須恵器を供給した産地の変遷がわかるはずである。このような視点から，当研究室では全国各地の複合遺跡から出土した須恵器の分析化学的研究が組織的にすすめられている。この中から，今回は鳥取県西部にある米子市の陰田遺跡群から大量に出土した須恵器の蛍光X線分析の結果について報告する。

2）分析結果

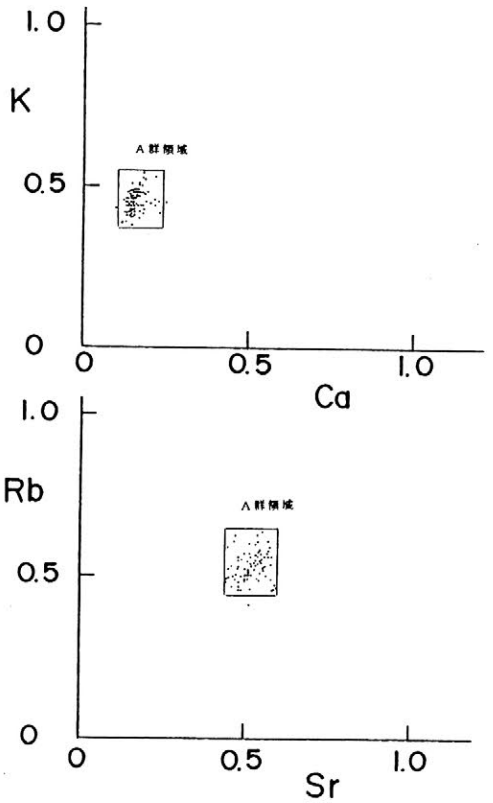
分析した資料には古墳時代と平安時代と推定される須恵器が含まれているので，時代ごとにわけて須恵器胎土を調べることにした。

まず，平安時代の須恵器群をK，Ca，Rb，Srの4因子を使ってクラスター分析した結果，A，B2群に分類してみることにした。クラスター分析では樹状図の枝の区切り方に任意性があるので，筆者は必ず，分類結果をK－Ca，Rb－Srの両分布図上にプロットし，クラスター分析の結果を確かめることにしている。図1にはA群，図2にはB群の須恵器の両分布図を示す。よくまとまって分布しており，それぞれ，1生産地の製品群である可能性が高いことを示している。図1では，A群の須恵器を包含するようにして，A群領域をまた，図2ではB群の須恵器を包含するようにして，B群領域を描いてある。これらの領域は定性的にしか領界を示さないが，比較対照の領域としては十分役に立つ。A群領域は地元，松江市を中心として分布している大井窯群の製品が分布する領域であり，A群須恵器は大井窯群産の須恵器である可能性が高い。B群須恵器はFe量の多い須恵器であり，A群須恵器とはFe因子でも識別できる。これと類似した胎土をもつ須恵器は古曾志古墳の周辺でも見つけられており，地元のもう一つの生産地の製品である可能性がある。目下，これに対応する窯跡を探査中である。平安時代の回転糸切り痕跡をもつ杯はB群型の胎土をもつものが多い。逆に，カメ類にはB群型の胎土をもつものはほとんどなく，地元，大井窯群の製品と推定されている。

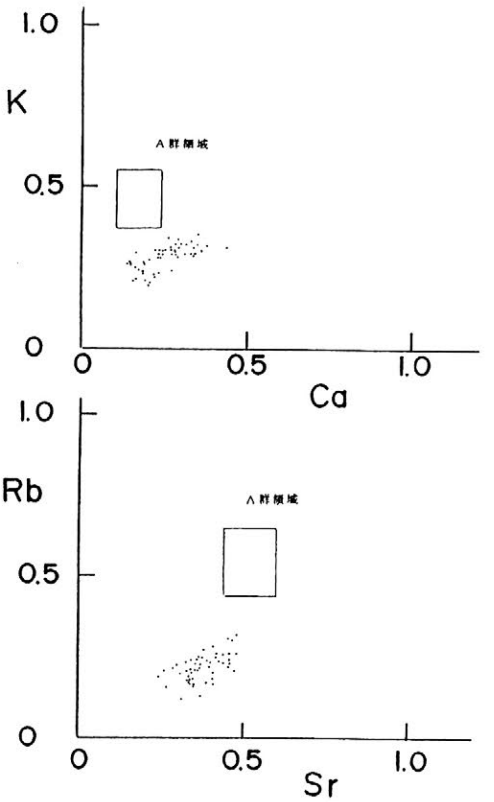
古墳時代後期の須恵器をクラスター分析した結果，C，D2群に分類できた。C群の須恵器の両分布図を図3に示す。ほぼ，A群領域に対応しているが，微妙にズレていることがわかる。おそらく，C群須恵器も地元，大井窯群の製品とみられるが，同窯群の領域内の別の窯の製品とみられる。図4にはD群の須恵器の両分布図を示してあるが，平安時代のB群須恵器の分布領域に近い。Fe量が多い点でも共通の化学特性をもっている。おそらく，B群須恵器の生産地に近いところで製作されたものと推定される。なお，初期須恵器段階に陶邑産と推定される須恵器も検出されている。

以上の結果について，2群間判別分析の結果も交えてデータ解析した結果について報告する。

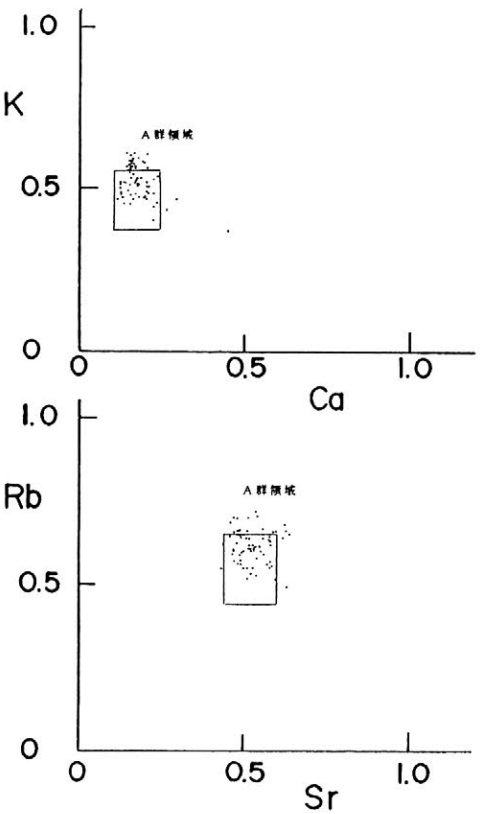
A群の須恵器の両分布図



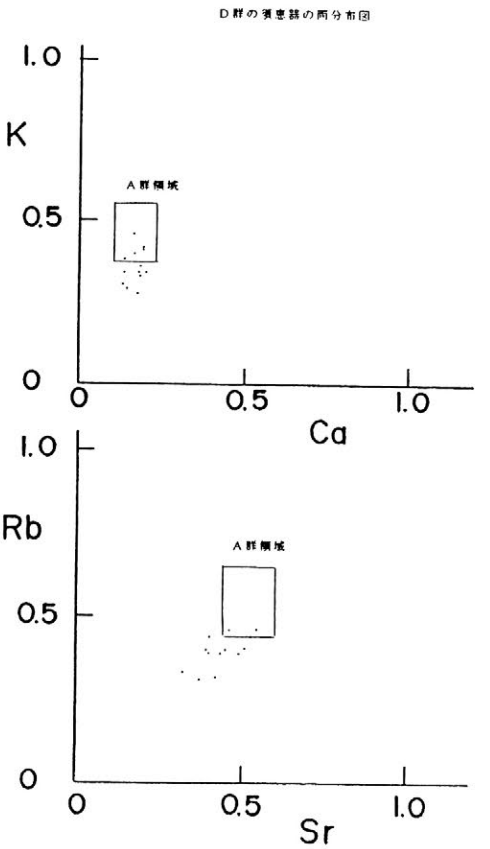
B群の須恵器の両分布図



C群の須恵器の両分布図



D群の須恵器の両分布図



P37

横穴墓群出土須恵器の産地問題

三辻利一（奈良教育大），藤本理子（同），○小村美代子（同）

1）はじめに

横穴墓群からも多数の須恵器が出土している。もし，６世紀から７世紀代にわたる横穴墓からなる横穴墓群があれば，そこから出土する須恵器を大量に分析すると，須恵器胎土の変遷，言い換えれば，横穴墓群に供給した須恵器生産地の移り変わりを追跡することができる。このような視点から，各地の横穴墓群出土須恵器の分析作業が進められている。本報告では，一例として，大分県中津市の上の原横穴墓群出土須恵器の分析結果について報告する。

2）分析結果

横穴墓群には幾つかの生産地からの須恵器の供給があったことが予想されるので，まず，分析資料を分類することからはじめた。K，Ca，Rb，Sr の４因子を使ってクラスター分析した結果を図１に示す。予想されたように，いくつかの群にわかれることがわかる。樹状図ではどの枝で区切るかについては任意性があるが，一応，図１に示すようにＡ，Ｂ，Ｃの３群に分類してみた。樹状図での枝の区切り方に任意性があるため，分類結果は一旦，Ｋ－Ｃａ，Rb － Sr の両分布図上に分析値をプロットし，それぞれの群形成を確かめるのが筆者の常套手段である。図２にはＡ群，図３にはＢ群，図４にはＣ群に分類された須恵器の両分布図を示してある。それぞれ，よくまとまって分布しており，一応，クラスター分類の結果は妥当であることを示している。そうすると，まとまった集団は一応，一カ所の産地の製品である可能性が高いと考えられる。かくして，上の原横穴墓群には少なくとも，３カ所の生産地から祭祀道具としての須恵器が供給されていたことになる。これらの生産地は何処か。これまでに分析されている窯跡出土須恵器の中から，対応するものを探す作業が始まる。その際，３カ所の生産地の中に地元産の製品が含まれる可能性は高いと考えられる。なぜなら，既にこの時期に，地元，大分県内に須恵器窯跡が見つけられているからである。中津市の伊藤田窯群か，その周辺の，同時期の窯が有力な産地候補になる。もう一つ，地元に近いところで，福岡県東南部の窯群が考えられる。そして，古い時期には遠く，大阪陶邑からの供給も考えられる。これらの産地候補を使って，２群間判別分析をした結果についても報告する。

図1　クラスター分析

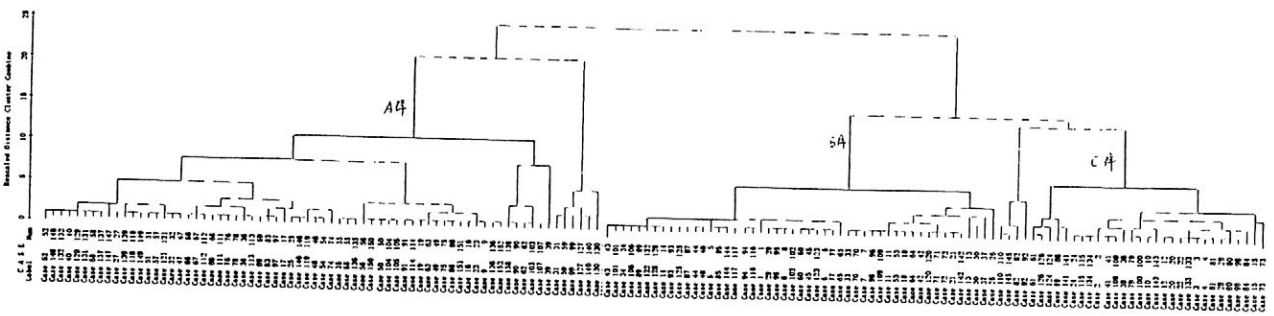


図2　A群の土器の両分布図

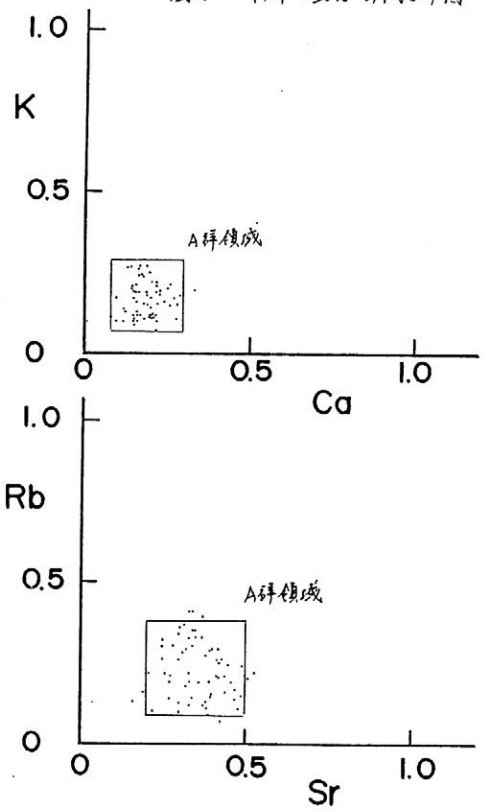


図3　B群の土器の両分布図

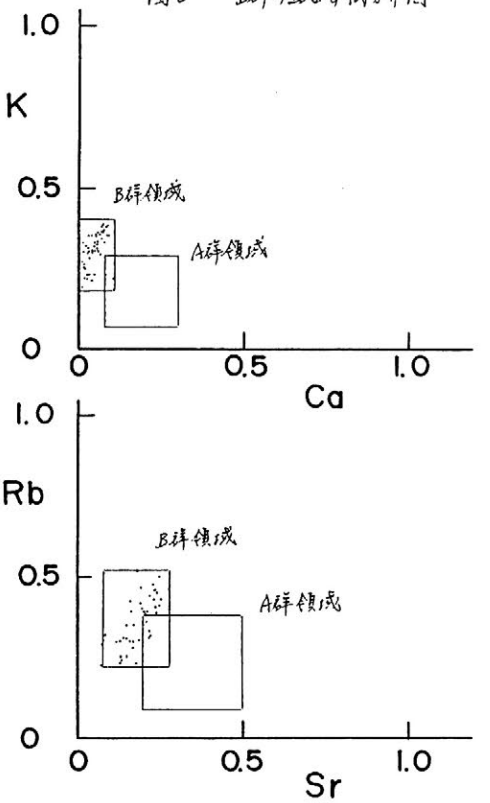
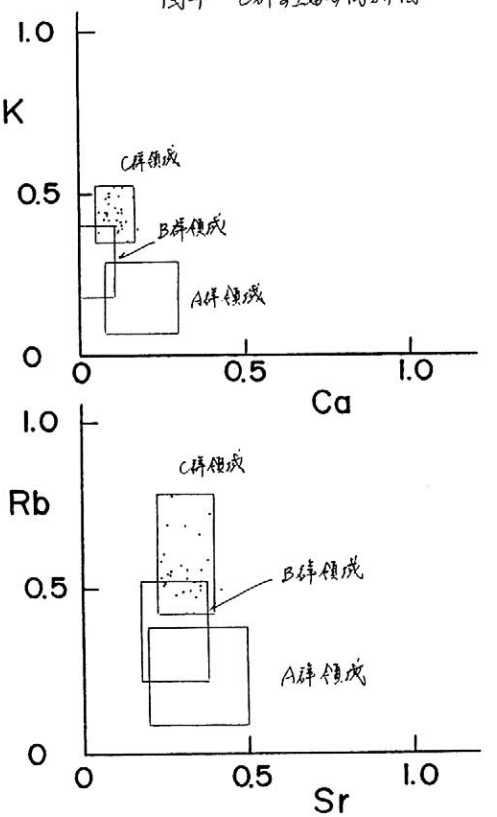


図4　C群の土器の両分布図



P38

モンゴル瓦，レンガの生産と供給

三辻利一（奈良教育大），平井孝憲（同），森安孝夫（大阪大），松井　太（同）
松田孝一（甲子園大）

1）はじめに

大阪大学文学部，森安孝夫教授を中心にモンゴル国現存遺跡碑文の調査研究がモンゴルの研究者たちと共同で進められている。この研究の一環として，モンゴルの緑釉瓦，レンガの破片を大量に分析することになった。今回は約１５００点の資料の分析結果について報告する。

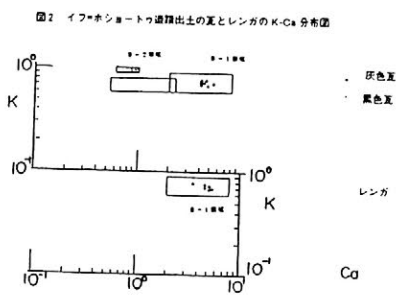
2）分析結果

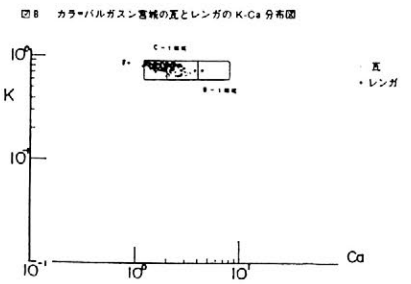
１）突ケツ時代，２）ウイグル時代，３）モンゴル時代に分けてデータ解析は進められた。資料採集をした遺跡の地図を図１に示す。

いずれの時代の緑釉瓦，レンガにもK，Ca，Rb，Sr，Na量が多く，日本や中国の土器にはみられない特徴をもっていた。さらに，この特徴は緑釉瓦，レンガに共通した特徴であった。このことから緑釉瓦，レンガはともにモンゴル内の材料を使用して製作したものと推定された。そうすると，緑釉瓦を製作する場合には，この技術をもった工人集団が中国側からつれていかれた可能性が高いと考えられる。

しかし，各時代の各遺跡出土の瓦，レンガの分析データを比較すると，K，Ca，Rb，Srの化学特性は微妙に異なっていることがわかった。このことはモンゴル内で瓦，レンガの生産地はそれぞれ，別場所であることを示している。従って，今回分析したデータを詳細に解析すれば，各時代の瓦，レンガの生産と供給に関する情報を引き出すことができるはずである。

データの数が多いので，まず，K－Ca，Rb－Srの両分布図上で定性的に化学特性を比較することにした。いくつかの例をK－Ca分布図で示しておく。バラつきも大きいので，グラフは両対数グラフに描かれている。これらの図から，モンゴル内に幾つかの生産地があったことが伺われる。A領域，B－１，B－２領域，C－１，C－２領域，D－１，D－２領域がそれである。これらの生産地の間の関連についてはポースターで説明する。





突厥時代

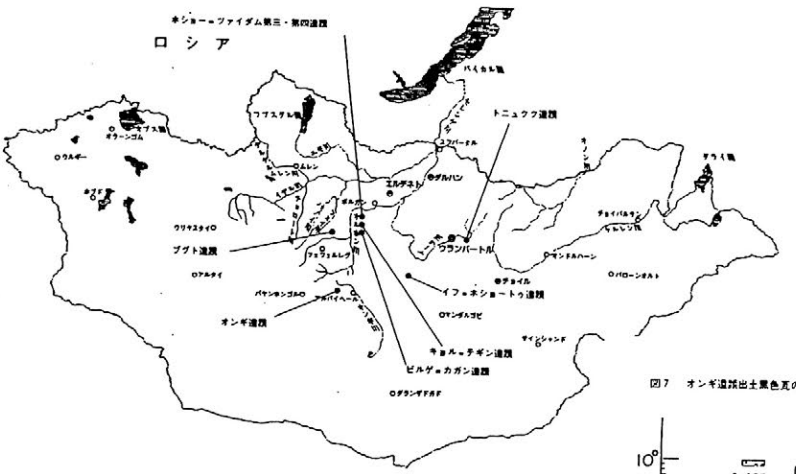
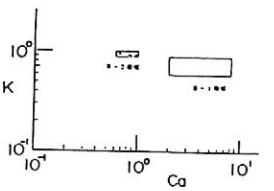


図7　オンギ遺蹟出土黒色瓦のK-Ca分布図



ウイグル時代

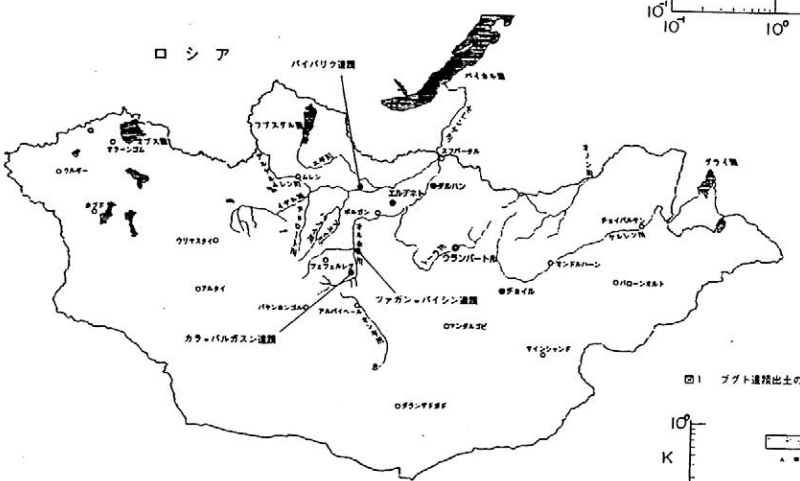
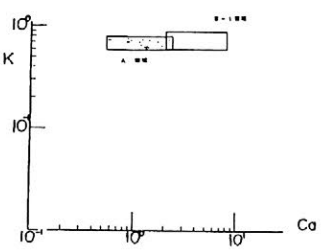
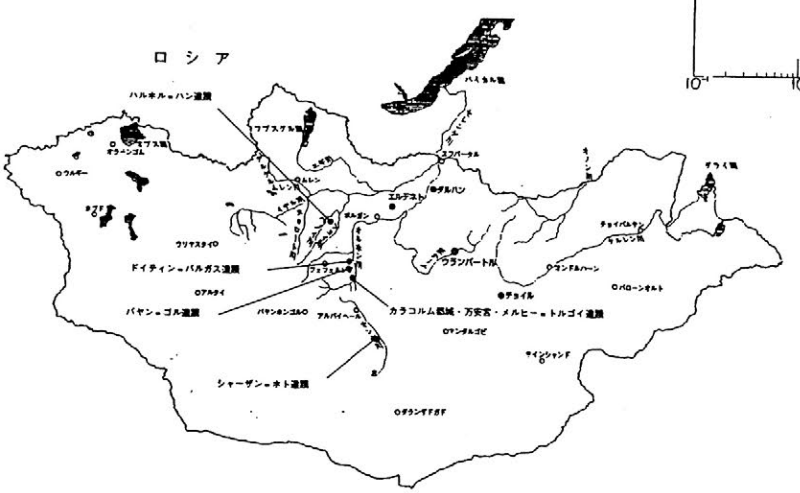


図1　ブグト遺蹟出土の瓦のK-Ca分布図



モンゴル時代



P39

陶磁器片からの熱ルミネッセンス特性と その文化財研究への利用

○橋本　哲夫・真柄　美和　（新潟大学理学部）

1.はじめに

陶磁器は陶石や長石鉱物より生成した粘土鉱物を原料として用いている。成型後高温で焼結焼成しているので、原料としての個々の鉱物粒子を抽出することは不可能である。そこで、陶磁器片そのものを測定のための薄片試料とし、その熱ルミネッセンス（TL）特性を調べるとともに、蓄積天然TLを基に、陶磁器がいつ頃焼かれたものであるかを判別することを試みた。その結果、全ての陶磁器片が赤色TL特性を有することを確認できた。ここでは江戸時代以降に作られた陶磁器を対象としたため蓄積赤色ルミネッセンス量が極度に弱く、TL測定装置の検出効率を格段に向上させることにより若い試料でも定量化が可能となった。

2.実験

試料薄片調製

伊万里皿破片等を用い、ダイヤモンドコアビット（9.4mmφ）で適当な厚さの円盤状にくりぬいた。次に薄片の厚さを調節するためにマイクロメーター（1/100mm）によって厚さを確認しながら、グラインダーとアルミナ粉末を用いて表面を研磨し、目的に応じた厚さにした。

測定条件の決定

TL測定に先立って、薄片試料についてTLカラー画像（TLCI）をとり、発光色が赤色であることを確認した。TL検出量を増加させるため試料加熱部分を従来の5mm径から10mm径に増大させ、薄片試料の径は9.4mmとした。

厚さの異なる薄片試料（厚さ0.30、0.50、0.80、1.00、1.25、1.50 mm）に3通りのγ線（5Gy、7Gy、10Gy）を照射し、適当なTL強度が得られるような試料の厚さを求めた。

天然蓄積線量の評価

試料に伊万里、有田焼、九谷焼、清水焼、中国景徳鎮磁器、信楽焼、益子焼等からの薄片を用いて天然蓄積赤色TL（RTL）を測定した。同じ試料にγ線を照射し、アフターグローを完全に消去するために 80 ℃ 2分間 の 熱処理後、TL測定をおこなった。それぞれの試料について線量応答性を調べ、天然蓄積線量を求めた。

3. 結果・考察

陶磁器のTLCIは全て赤色の発光が顕著であり、加熱試料からは石英等白色鉱物がRTL性質を有することと一致していた(1)。従って、赤色域に感度を有する光電子増倍管（R-649S)と赤色フィルターを用い、赤色熱ルミネッセンス（RTL）測定を常に行った。RTLの高感度化は従来のTL測定装置と比較して、TLグローカーブのピーク積算強度で約4倍上昇したことを確認できた。更に、発光積算強度と薄片の試料厚みとの関係から、TL強度が飽和傾向を示す1mm厚に以後固定した。

図1は人工的にγ線を3Gy照射した後のTLグローカーブである。3産地によって発光強度、ピーク位置が大きく異なる結果を示している。古い時代の陶磁器は産地付近の粘土鉱物原料を使用していると考えられ、TL特性の焼成時間依存性等（焼成温度はほぼ1200℃以上であると推定できる）を解明できれば　グローカーブパターンそのもので産地分析出来る可能性を示唆している。しかしながら、線量応答性は陶磁器ごとに低線量側で直線性を示すものや超直線性を示すものが見られた。

これら等の結果に基づき、幾つかの陶磁器片に対して再生（リジェネレーション）法で天然蓄積線量見積もる事が出来た。図2は伊万里磁器片のピーク積算強度と付加線量の関係である線量応答が直線性を示す結果である。天然蓄積TLをも検出できたので、その発光強度を直線にのせることにより天然蓄積線量は0.27Gyと見積もることが出来た。陶磁器の年間線量を一般に言われている1.5mGy / yと仮定したとき、今回用いた伊万里磁器の作られた年代は180年前となり伊万里の推定年代と調和していた。その他の結果は、ポスターにて発表する。

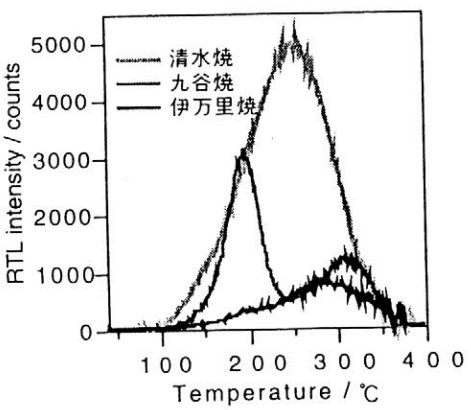


図1　TLグローカーブ（3Gγ照射）

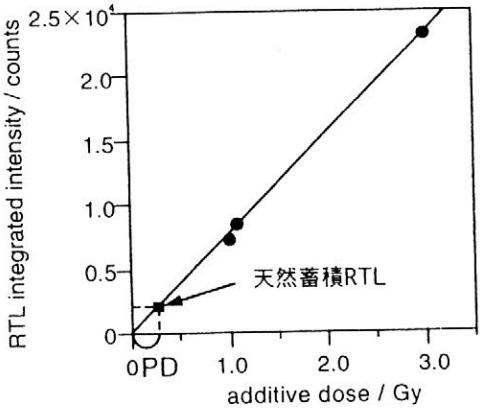


図2　伊万里磁器の線量応答性

1) Hashimoto *et al.*, *Radiat. Meas.*, **26**, 233 (1996), *idem* **27**, 243 (1997).

P40

須恵器片からのアフターグローカラー画像と熱ルミネッセンス特性の産地依存性

Dependence of Sueki Pottery Origins on Properties of
Afterglow Color Images and Thermoluminescence

○西山　笑子（新大院自然）、三辻　利一（奈良教育大）、橋本　哲夫（新大理）

【はじめに】

鉱物と電離放射線との相互作用の結果として、放射線照射直後の燐光であるアフターグロー（afterglow, AG）や、照射後の加熱により観察される熱ルミネッセンス（thermoluminescence, TL）などの各種放射線誘起ルミネッセンスが観測される。我々の研究室では、市販のカラーフィルムを用いて、薄片試料からのこれらルミネッセンスを簡便な方法でカラー画像化し、鉱物の種類や被熱温度により多彩な発光パターンを示すことを見いだしてきた[1]。また、天然鉱物以外に、土器片や須恵器片などの焼成考古遺物からも多彩な発光が得られており、ルミネッセンス現象から考古学的情報を得られることがわかった[2]。

そこで、本実験では須恵器薄片や粘土からの赤色熱ルミネッセンス（red thermoluminescence, RTL）特性とアフターグローカラー画像（afterglow color image, AGCI）の結果を組み合わせ、焼成考古遺物の被熱温度や産地依存性を求めることで、焼成考古遺物の産地・伝播過程の推定の可能性について検討した。

【実験】

試料は、滝寺古窯（新潟県上越市）で採取した粘土や、現在の陶磁器用原料として用いられている数種の粘土などの粒子試料、また、いくつかの産地の須恵器薄片を用いた。粒子試料については、被熱温度の影響を観察するため、150～250 μm にふるい分けした試料について、様々な温度で熱処理を行った。須恵器片は、鉱物カッターで約 1mm 厚、φ9.4mm に切り出して表面を研磨し、薄片試料とした。粒子試料は、熱処理後、テフロンプレートに加熱により埋め込んで、固定した。

(a) アフターグローカラー画像(AGCI)撮影

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

得られた画像をネガからフィルムスキャナーで取り込み、RGB（赤、緑、青）値の割合を用いて、カラー画像解析を行った。

(b) AG 強度測定

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

(c) 赤色熱ルミネッセンス（RTL）測定

試料を粉砕後に水洗いし、粒子状物質を 6N 塩酸、6N 水酸化ナトリウム水溶液で処理した後、フッ酸によるエッチング処理、更に SPT 重液分離を行って石英粒子を抽出した。TL カラー画像（TL color image, TLCI）観察により、大阪府陶邑産の須恵器片は RTL を示すことが確認されたことから、当実験では、RTL 測定を行った。

【結果・考察】

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

滝寺古窯の粘土の AG 強度は、熱処理温度 400～1000℃において、熱処理温度の上昇にともない強度も急激に増大する傾向が得られた。焼結が進む（1100～1200℃）と強度は極端に減少することが確認された。さらに同試料からの AGCI は、熱処理温度の上昇にともなって、発光色が青から赤に変化した。このことから、AG 現象を用いて被熱温度の推定が可能であることが示唆され、実際に滝寺窯跡表面粘土の被熱温度の推定を試みたところ、新潟県埋蔵文化財調査事業団の発表する 1100℃という値とよい一致を示した。

また、現在の陶磁器の原料は含まれる鉱物ごとに異なる AG 発光色を示した。これらのことから被熱温度が同一で、焼結の進んだ試料であれば、AGCI から胎土や陶土などの違いが判断できることがわかった。実際にいくつかの産地の須恵器片からの AGCI を撮影し、カラー画像解析を行った結果、右図の様に、一部に重複が認められたが、生産時代や窯の違いにかかわらず、産地ごとにRGB値の大まかな分布を示した。

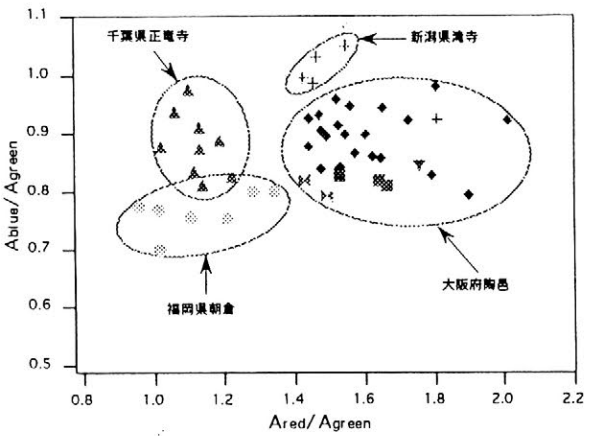


図　AGCIから得られた各産地の発光色の分布

参考文献

1) Hashimoto *et al.*, Radiation Measurement, **24**, 227-237 (1995).

2) Hashimoto *et al.*, Proceedings of International Symposium on Environmental Radiation, 22-31 (1997)

P41

トルコ共和国のカマン・カレホユック遺跡から出土した鉛製品の鉛同位体比

○榎本淳子（放送大学）
平尾良光（東京国立文化財研究所）

はじめに

カマン・カレホユック遺跡はトルコ共和国の中央部、アナトリア高原に位置している（図1）。この遺跡では、十数年にわたって（財）中近東文化センターにより発掘調査が行われている。これまでに出土した金属製品については、鉄や銅などの産地や流通、製作技術などの解明を目的とする研究がなされてきた。しかし、今まで鉛製品に関するこの種の研究はない。そこで今回われわれはこの遺跡から出土した鉛資料と鉛鉱石に関して鉛同位体比を測定し、産地に関する情報を得ようとした。

測定

一般に、製品化された資料の鉛同位体比はそれが産出した鉱山の値を反映するとされる。そこで遺跡から出土した鉛製品およびトルコ共和国内から採取した鉛鉱石を試料とした。試料を電気分解法で純化し、表面電離型質量分析計により鉛同位体比を測定した。

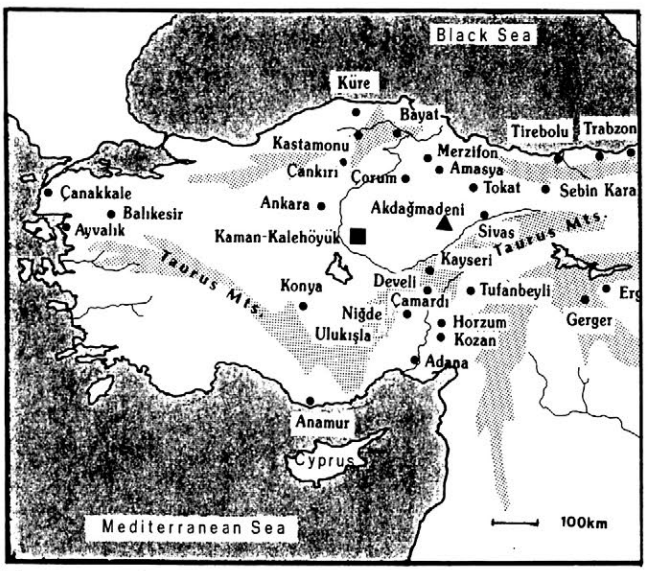


図 1 Present names of large towns and cities in Turkey.

結果と考察

得られた鉛同位体比の値を図２、３に示す。ここでＨおよびＨ’で示されるのは、前20～前12世紀ころとされる銅製品の集中する領域である。

１）今回の鉛製品（○）もほぼこの領域を中心に分布した。

２）鉛製品と鉛鉱石（▲）との比較では、No.515,No.517の鉛鉱石に似た値を示す資料が多く見られた。これらの鉱石の採取地は Akdağmadeni の近くであり、この辺りからもたらされた原料を使っていた可能性がある。

３）No.519,522,509などの鉱石は Niğde や Ulukişla など、この遺跡の南方にある鉱山から採取された。この地方からの鉛製品は今のところ見つかっていない。

4）●で示される４製品については、同一鉱山を利用している可能性が高い。
しかし、これらの値に相当する鉱石は今のところ見つかっていない。

5）◉や⊕で示される資料は各々似た値を示すが、資料が出土した位置が異なることから複数の時代に渡って得られた製品である可能性もあり、時代を越えて利用され続けた鉱山の存在を意味しよう。

今回は鉛製品と限られた数の鉱石のデータを用いて考察してみた。鉛の流通の問題のみならず、銅製品を理解する上でも良い基盤となるであろう。

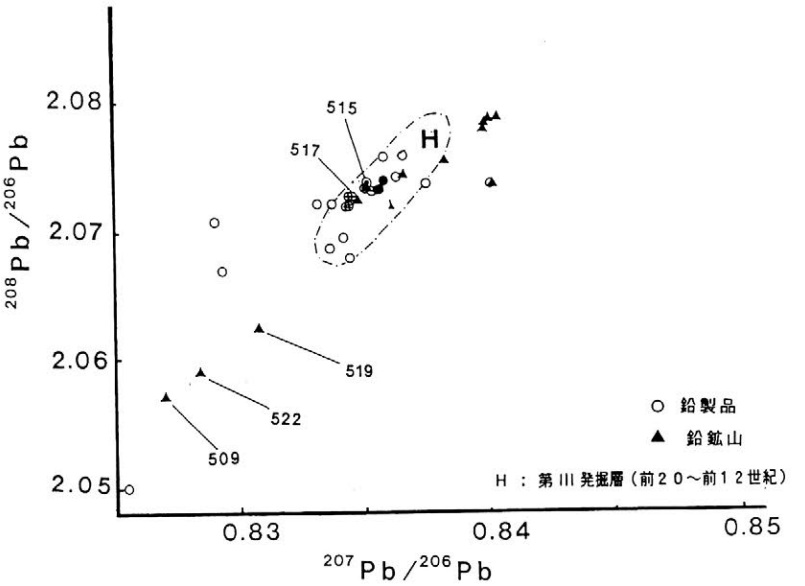


図２ 鉛資料と鉛鉱石の鉛同位体比の分布

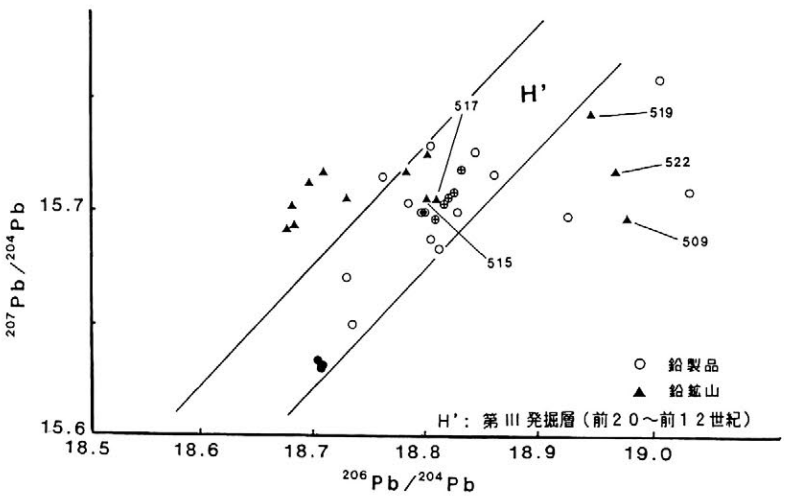


図３ 鉛資料と鉛鉱石の鉛同位体比の分布

P42

福田型銅鐸の鉛同位体比

○鈴木浩子・平尾良光（東京国立文化財研究所）
井上洋一（東京国立博物館）

1　はじめに

辟邪文銅鐸、邪視文銅鐸あるいは福田型銅鐸と呼ばれている銅鐸の一群がある。この種の銅鐸は全部で４個知られており、それらは中国地方に分布している。昨年、佐賀県吉野ヶ里遺跡から５個目の銅鐸が出土し話題となった。

これらは考古学では様々に論じられてきたが、今回、５個の銅鐸全てについて産地あるいは年代に関して新しい知見を得られることを期待して、鉛同位体比を測定した。

2　資　料

資料は、以下５個の福田型銅鐸である。

１）推定・島根県出土銅鐸　　：八雲本陣記念財団菟古館所蔵（図１-１）
２）福田銅鐸　　：個人所蔵
３）伝・上足守銅鐸　　：東京国立博物館所蔵
４）伝・伯耆出土銅鐸　　：辰馬考古資料館所蔵
５）佐賀県吉野ヶ里遺跡出土銅鐸：佐賀県教育委員会所蔵（図１-２）

3　分析方法

鉛同位体比の測定にはＶＧ社製全自動表面電離型質量分析計Sector-Jを使用した。詳しい分析方法はここでは省略する。

4　結果と考察

（１）結果

図２のＡ式図においてこれらの銅鐸のうちもっとも古いと言われている推定・島根県出土銅鐸はａ領域より左下に位置した。次に福田銅鐸および伝・上足守出土銅鐸、吉野ヶ里遺跡出土銅鐸はａ領域に含まれた。そしてもうひとつの伝・伯耆出土銅鐸はａ領域よりも右上に位置した。ここで５個の銅鐸は中国華北産の材料であることを示した。

（２）考察

福田型銅鐸は、佐原眞氏による銅鐸の編年の中では外縁付鈕１式銅鐸とされている。その場合、鉛同位体比では朝鮮半島の値を示すことが多い。しかし測定された値はそうではなく、華北産の領域、しかもａ領域またはａ領域に近い値を示している。ということは一番古い材料ではない可能性が高い。また銅鐸の編年の中で、近畿三遠式銅鐸は後期とされ、画一的な鉛同位体比、すなわちａ領域に分布することがこれまでの研究でわかっている。５個の銅鐸の中で３個の値がａ領域に含まれていることは、たとえ後期ではないにせよ、それに近い年代の材料を使っている可能性が高い。加えて他の２個の銅鐸もａ領域に比較的近い値を示すゆえに、鉛同位体比からは考古学的な分類から推定されるほど古い材料を使用しているとは思われない。

以上のように、福田型銅鐸は考古学の型式分類では外縁付鈕１式銅鐸といった古段階に分類されていたが、鉛同位体比では弥生時代中期～後期の遺物に多く使われた材料を使っていたことが推定される。

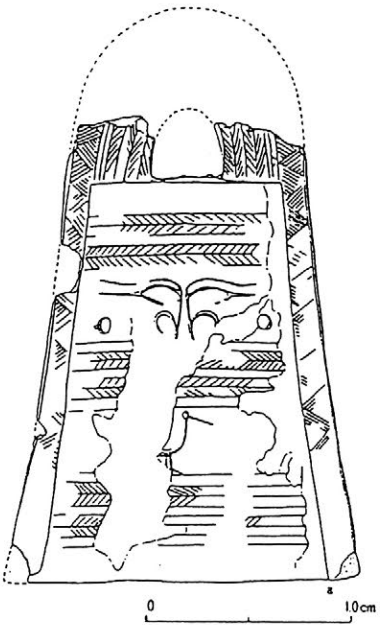


図1-1　推定・島根県出土銅鐸

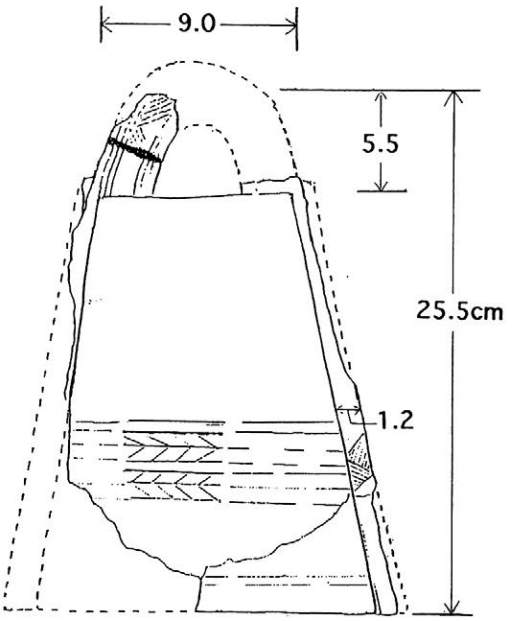


図1-2　吉野ヶ里遺跡出土銅鐸
（現地での略測図）

図1　福田型銅鐸

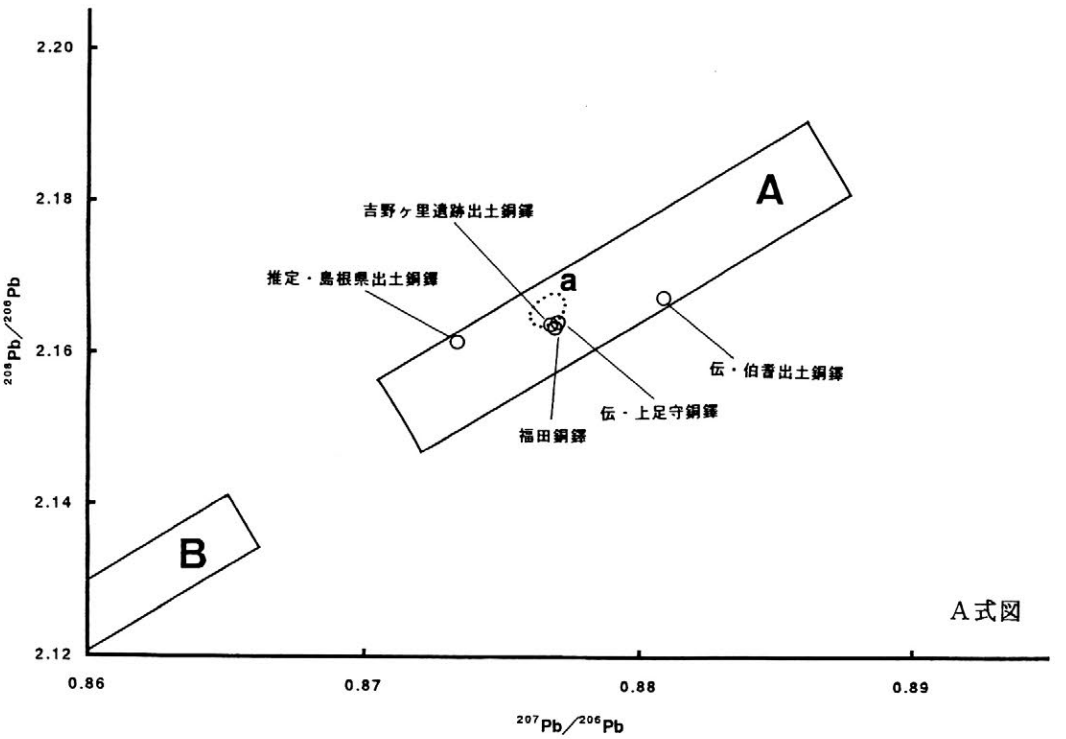


図2　福田型銅鐸の鉛同位体比

P43

鉱山から採取した水銀朱の微量元素分析

○ 南　武志（近畿大学豊岡短期大学）
中西信一（日本地学研究会）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

1 はじめに

古代人にとって赤色は尊い色であり、赤色を呈する物質は様々な儀式に用いられた。中でも硫化水銀を粉末にした血紅色の水銀朱は最も貴重な存在として、織物や棺の着色、あるいは土器の着色材料として選択的に用いられた。この水銀朱に関して、使用の意図や目的については既に数々の研究がある。しかし、当時使用された水銀朱がどこで採取された原料に基づくものなのかについては、それが天然のものであったか否かを含めて、ほとんど未着手であった。

そこで我々は、遺跡から発見される水銀朱の産地を特定することを目的に研究を開始した。今回はこの目的を達成するための基礎研究として、西日本各地の水銀鉱床から採取した辰砂（天然の硫化水銀＝水銀朱）24点について、ICP-AES を用いて水銀と微量元素の存在比を測定し、ICP-MS を用いて同位体比を測定した。また、中国大陸産の辰砂 3 点ならびに、現在製造されている人工の水銀朱 4 点についても同様の分析を行った。さらに、比較資料として、奈良県下の 5 カ所の遺跡から出土した水銀朱についても同様に分析した。

2 サンプルおよび分析方法

分析に供した水銀朱鉱石は三重県（4）、奈良県（5）、大阪府（1）、和歌山県（2）、岡山県（1）、徳島県（1）、愛媛県（1）、高知県（1）、大分県（1）の水銀鉱床において、現時の地表面から採取した 24 点である。また、中国産の水銀朱鉱石は湖南省の 2 ヶ所で採取されたものであり、人工朱は粉体の市販品（中国製1，日本製3）である。また、富雄丸山古墳、小泉大塚古墳、五条猫塚、天神山古墳など、奈良県下の遺跡から出土した水銀朱も同様に分析した。

採取した鉱石はメスを用いて辰砂の赤い部分のみを削り取り、42 メッシュ（径 355 μm）の篩を通した後に秤量し試験管に入れた。濃硫酸 2mlを加えた後、過酸化水素水 1mlを加え十分に反応させ、超純水を加えて全量を 10mlとした。

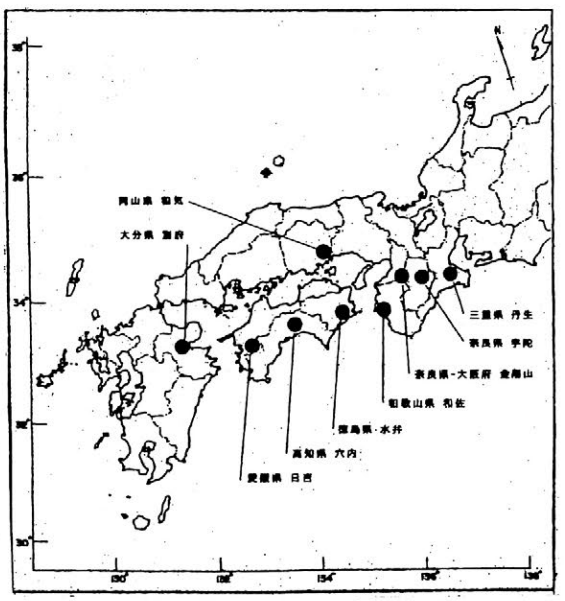


Fig 1 水銀朱鉱石（辰砂）サンプル採集位置

測定は、その一部を採取し、超純水を加えて希釈し、Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES, Shimadzu ICPS-1000III)を用いてAl, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Cd, Sb, Hg, Pb の各元素を測定した。また、鉛同位体（^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb）と水銀同位体（^{198}Hg, ^{200}Hg, ^{201}Hg, ^{202}Hg, ^{204}Hg）についても、Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS, Shimadzu PIMS-3000)を用いて測定した。

3 分析結果

奈良県で採取した試料は、他で採取した試料よりも銅(Cu)、亜鉛(Zn)、砒素(As)、カドミウム(Cd)、アンチモン(Sb)、鉛(Pb)が多く含まれる傾向が明らかに認められた。また、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)については各試料間に顕著な差異はなかった。さらに、奈良県で採取した試料を宇陀地域とそれ以外で比較した場合、砒素、アンチモン、カドミウムは宇陀地方から採取した試料に高い値を示した。

中国産ではこれらの元素はわずかにしか検出されなかったが、1 検体でスカンジウムが非常に高い値を示した。

人工朱では、当然ながら微量元素の値は非常に低い。ただし、1検体からカドミウムが高い値を示した。これはブレンドされたCdSに由来すると考える。

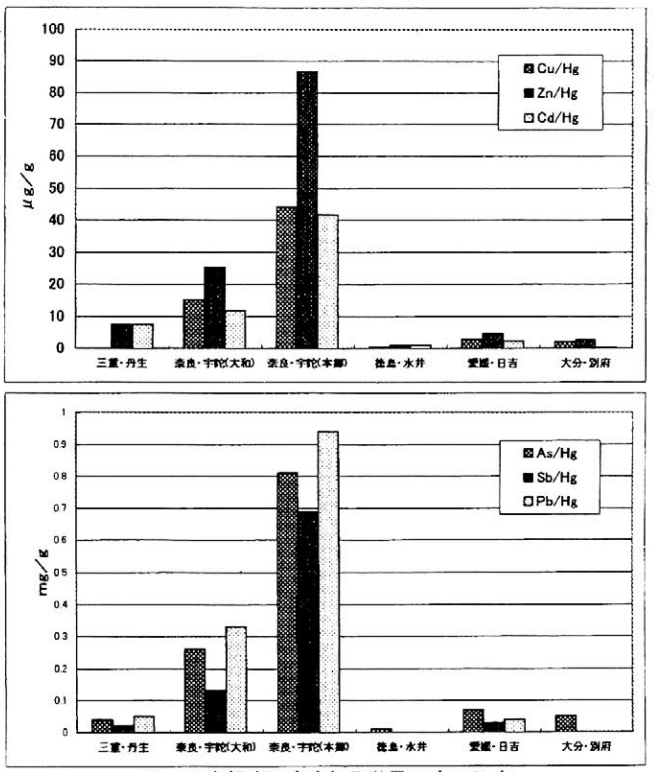


Fig. 2 水銀朱に含まれる微量元素の比率

4 考察

我々は「水銀朱の原料となる辰砂鉱石には、微量の不純物を含有する可能性があり、この微量元素の種類と割合は各地の水銀鉱床の生成条件によって異なる値を示すのではないか」との推論をもとに研究を開始した。そこで、水銀鉱床の位置が明確であり、地表面から採取できた試料24点について分析を実施した。

その結果、奈良県の水銀鉱床から産する辰砂に銅、亜鉛、砒素、アンチモン、カドミウム、鉛という微量元素が、他の産地よりも多く含まれているという結果を得た。また、奈良県でも、宇陀地域の試料にこれらの元素が特に多く含まれていた。

これらの微量元素の内、銅や亜鉛は土壌からの妨害要因の可能性もあるが、その他の元素の含有は鉱化作用に伴う濃集の結果と考えられる。したがって、微量元素の存在比率は産地特定の重要な要素と考えられる。しかしながら、他地方の試料でも上記元素中の一元素が多く含まれていた例もあり、一つの元素の量が多いということだけで産地を判断するのは危険であり、いくつかの元素を組み合わせ、かつ鉱床学的な見地もふまえながら総合的に検討する必要があると推察する。

以上のように、水銀朱の産地として著名であった大和(特に宇陀地域)の辰砂には砒素、アンチモン、カドミウム、鉛等の微量元素が他地方の辰砂よりも多く含まれていることが判明した。

今後、遺跡より発見された水銀朱を分析し、含有微量元素の割合を総合的に判断することで、大和(宇陀地域)産の辰砂が使われたかどうかを検討する上での大きな要因になると結論する。

P44

カレホユック遺跡出土土器の含有鉱物による分類の試み

○官野 理　松永 将弥　中井 泉（東京理科大学 理学部）

1.はじめに

トルコ共和国のカマン・カレホユック遺跡は長年の人々の生活により台形状に隆起した建築遺構である。現在新しい時代から第I層（オスマントルコ時代）、第II層（鉄器時代）、第III層（中後期青銅器時代）、第IV層（前期青銅器時代）に至る4つの文化層が確認され、おおよそ5千年の歴史が包含されていることが明らかになっている。当研究室では、これまで胎土分析および彩文の顔料をもとに土器の分類を行ってきた。しかし、Cooking Potなどは多量の鉱物類を含むことから、胎土分析だけではその特徴をつかむことが困難であった。土器に含まれる鉱物はその胎土を採取した土地の地質を反映していることから本研究では、土器に含まれる鉱物に着目し、彩文土器及びCooking Potを対象として特徴的に含まれる鉱物を見い出し、その鉱物組成と出現頻度による土器分類法の開発を試みた。

2.実験方法

今回対象とした試料は、簡素で日常的に使われていたCooking Pot及び出土量が極めて少なく装飾性の高い彩文土器である。試料はハンマーと乳鉢で粉砕した後、ふるいにかけ1mm～300μmに粒径を揃え、10%硝酸、10%フッ化水素酸処理を行い微細な粘土質を溶解させマトリックスとして含まれる粘土を分解した。さらにクレリチ溶液(d=3.82)、テトラブロモエタン(d=2.95)、N,N-ジメチルホルムアミド(d=0.95)の重液により比重選鉱し、顕微鏡で選り分けた。これらの選別した試料について粉末X線回折測定及びSEM-EDXによる分析を行ない、土器中に含まれる鉱物種を明らかにした。また、より定量的に評価するために250～150μmに粒径を揃えた試料を4mg採取し、各鉱物の出現頻度をポイントカウントにより計測した。

3.結果と考察

粉末X線回折法及びSEM-EDXによる鉱物同定の結果を表1に示す。IIa層出土の彩文土器については、石英、玻璃長石、微斜長石、リーベック閃石、ヘスティング閃石、くさび石、赤鉄鉱が特徴的に存在していることが明らかになったので、それらの鉱物の有無により、土器の分類を試みた。また、Cooking Potについては、石英、微斜長石、ヘスティング閃石、くさび石、赤鉄鉱の存在が明らかになった。特に微斜長石については、特徴的な分布を示した。このことからこれらの鉱物が各文化層の胎土の特徴となることが分かった。

土器の構成鉱物の出現率について代表的なものを図1に示す。すべての層について石英の含有率は70%を越え、Cooking Potは石英を多く含んだ砂粒を原料に用いていたことが明らかになった。また、IIa層出土土器は長石類を多く含む傾向があり、またIIc層出土土器は角閃石に富み長石類が少ないこと、IId層出土土器は石英の含有率は90%越え極めて石英に富むこと、III、IV層出土土器に対しては長石類が欠如していることなどが分かった。

以上、土器中の含有鉱物の出現頻度を算出することで上記に示す様な傾向が現れ、本法により土器の時代間の差を明らかに出来ることが分かった。今後さらに詳細な知見を得るために分析試料を増やし一般化を行っていきたい。また、微量に含まれる希産鉱物にも着目し、分類のマーカーと成り得る鉱物も検索していきたい。

表1　粉末X線回折法による鉱物同定の結果

	IIa層 彩文土器			IIa層 Cooking Pot			IIc層 Cooking Pot			IId層 Cooking Pot			III層 Cooking Pot			III層 Cooking Pot		
試料番号	93000585	87000224	92000773	96001547	97001564	97001571	89000964	88000199	88002202	89000968	89000970	96001549	96001551	96001552	96001553	97001579	97001581	97001582
石英(SiO_2)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
玻璃長石($(K,Na)AlSi_3O_8$)	△		◎															
微斜長石($KAlSi_3O_8$)				△	◎	◎				△		△						
リーベック閃石[1]			◎															
ヘスティング閃石[2]	◎	○		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
くさび石($CaTiSiO_5$)	△	△		◎	○	◎	◎	◎	○	△	△	△	△	○	○	○	△	○
赤鉄鉱(Fe_2O_3)	△	△	△	△	○	○	◎	◎	○	△	△	△	○	△	○	△	△	△

1) $Na_2(Fe^{2+},Mg)_3(Fe^{3+},Al)_2Si_8O_{22}(OH)_2$　2) $NaCa_2(Fe^{2+},Mg)_4Fe^{3+}Si_6Al_2O_{22}(OH)_2$

注)◎…頻繁に見られる鉱物　○…普通に見られる鉱物　△…まれに見られる鉱物

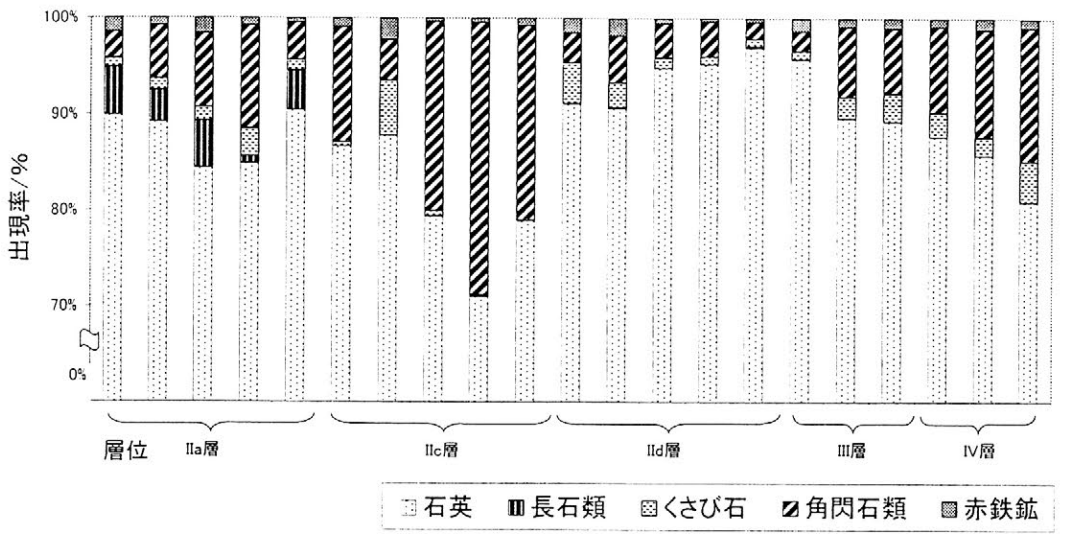


図1　Cooking Potに含まれる鉱物の出現率

P45

近世銭貨の原料産地に関する自然科学的研究

○齋藤　努（国立歴史民俗博物館）
高橋照彦（奈良国立博物館）
西川裕一（日本銀行貨幣博物館）

1．はじめに

われわれはこれまで、日本の古代から近世にいたる銭貨生産について、特にその原料供給の側面から研究を行う目的で、網羅的に資料を選択し鉛同位体比分析を行ってきた。その結果のうち、古代官銭（皇朝十二銭）および中世模鋳銭については、すでに報告した。ここでは、近世銭貨として、寛永通寶の1文銅銭、1文鉄銭の銅母銭、輸出用銅銭である長崎貿易銭を対象として分析を行った結果を報告する。

2．測定資料

分析資料として、日本銀行金融研究所貨幣博物館が所蔵する銭貨の中から、背文などによって鋳造地が想定できる資料を選択した。内訳は、古寛永として寛永14（1637）年～寛永17（1640）年発行のもの（17世紀前半：長門銭、備前銭、松本銭、水戸銭、称仙台銭）29点、新寛永として文銭（17世紀後半）12点、正徳～延享期のもの（18世紀前半：仙台背仙銭、佐渡銭、足尾銭）17点、明和期以降のもの（18世紀後半：長崎銭、仙台背千銭、久慈背久銭、久慈背九二銭）22点、背一銭6点、称秋田銭6点、長崎貿易銭（17世紀後半）8点、計100点である。

3．分析方法

国立歴史民俗博物館において開発された「高周波加熱分離－鉛同位体比測定法」を用いて分析を行った。得られた測定結果は、これまでに報告されている日本の鉛鉱床、東アジア青銅器のデータと比較するために、馬淵・平尾たちの方法に準じて図示した。

4．結果

分析の結果などから、ごく大まかにまとめると、近世銭貨の原料供給については下記のように考えられる。

A．近世を通じ、基本的に国産の鉛が使用された。

B．古寛永の段階では鋳銭地の近くの鉱山を中心に原料が供給された（図1：長門銭）。東日本の鋳銭地では神岡鉱山、西日本の鉱山から供給を受けていた（図2：松本銭）。

C．新寛永の文銭（図3）、長崎貿易銭（図4）などの原料鉛は対州鉱山から一括して供給が行われた。

D．新寛永の、その後の時期になると、しだいに東北地方など東日本の鉛が多く使われるようになる（図5：長崎銭、図6：久慈背久銭）。

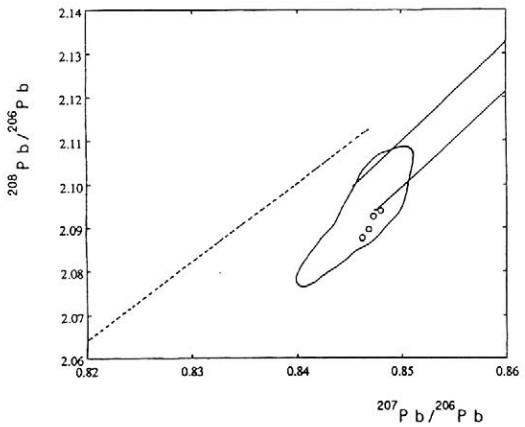


図1 古寛永・長門銭の鉛同位体比測定結果
桜郷鉱山、長登鉱山（山口県）の数値にほぼ対応する

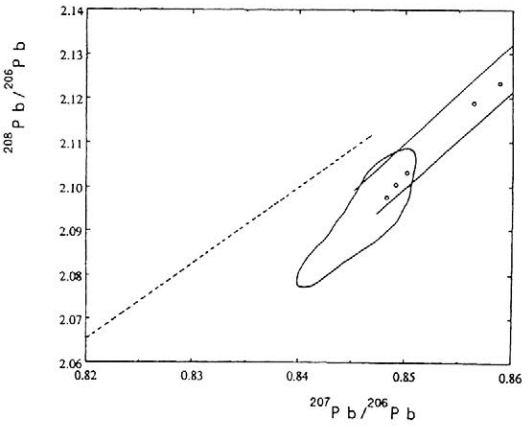


図2 古寛永・松本銭の鉛同位体比測定結果
生野鉱山（兵庫県）および神岡鉱山（岐阜県）の数値に近い

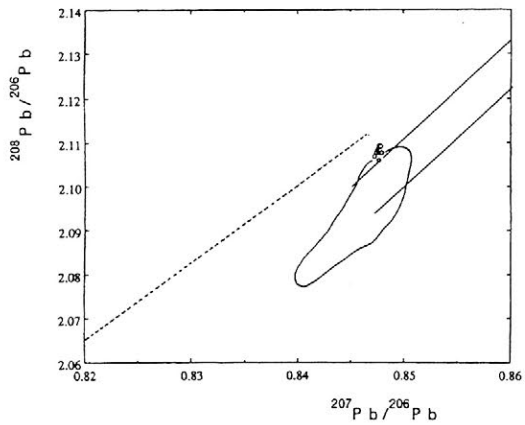


図3 新寛永・文銭の鉛同位体比測定結果
対州鉱山（長崎県）の数値とほぼ一致

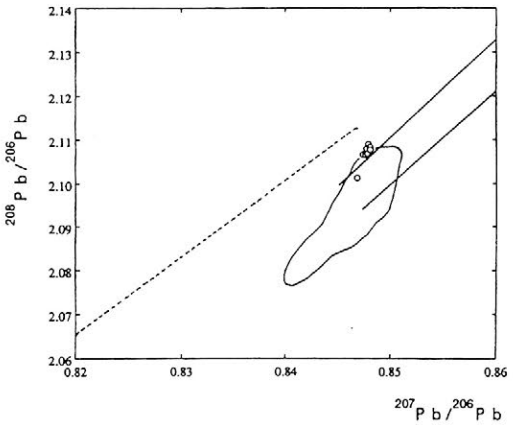


図4 長崎貿易銭の鉛同位体比測定結果
対州鉱山（長崎県）の数値とほぼ一致

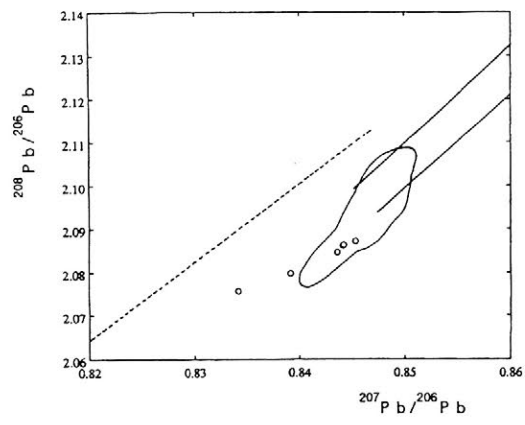


図5 新寛永・長崎銭の鉛同位体比測定結果
比較的近い数値を示すものとして尾太鉱山（青森県）、尾去沢鉱山（秋田県）があげられる。

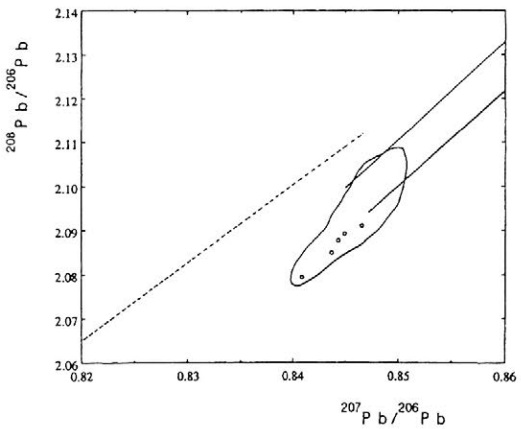


図6 新寛永・久慈背久銭の鉛同位体比測定結果
比較的近い数値を示すものとして尾太鉱山（青森県）、尾去沢、太良、松峰鉱山（秋田県）があげられる。

P46

清水市巴川出土丸木舟の保存処理

○西尾太加二（（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所）
高妻洋成（奈良国立文化財研究所）
渡辺康弘（清水市教育委員会）

1　はじめに

丸木舟は平成２年６月、清水市巴川の護岸工事中に発見されたもので、全長515cm、中央部幅134cm、高さ64cm、壁厚9～13cmを測り、重量は約1,400kg（保存処理終了時951.7kg）。材質はクスノキで、芯を刳り貫くかたちの一木つくりである。取り上げ時に左船尾部分が崩壊したが、部材が回収されていたため、ほぼ完全な形に修復・復原が可能な状態であった。

舟の平面形は、船首に向かってやや幅を狭めるが船首は尖っておらず平坦で矩形を呈する。船底は平底で、両舷側板はほぼ直立し、断面はコの字形を呈する「箱舟型刳舟」である。舟の四隅外面には曳き綱を通す孔が作り出し部を設けて穿ってあり、この丸木舟の形態的特徴となっている。それらは流れの緩やかな川の両岸から馬などで曳いたり、荷物を運搬するための「渡し舟」としての利用に適した形態である。なお、^{14}C年代測定結果から、舟に使われたクスノキは鎌倉時代前期のもので、舟も鎌倉時代に製作されたと推定された。

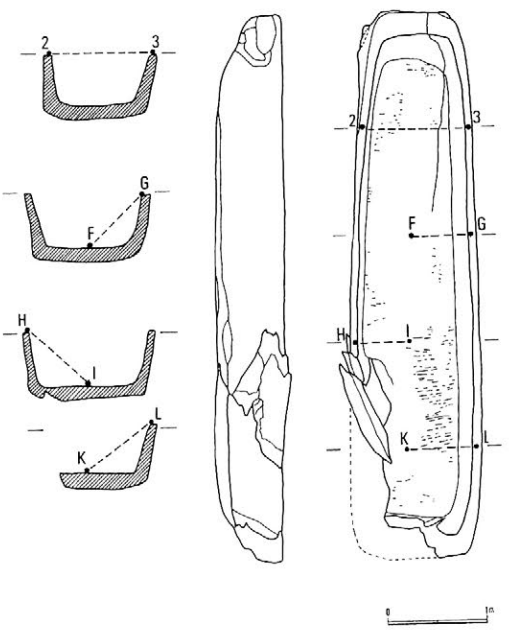
2　丸木舟の劣化状態

丸木舟の外形は、埋蔵時の土圧による変形は見られずほぼ原形を保持しているが、表面にはモルタル化した土砂が固着して全面を被覆している。木理は激しくうねり交錯している。また、出土後に生じたと思われる軸方向に直行する細かなｸﾗｯｸも認められる。その一部は、すでに鱗状に剥離している。随の残る船首木口面には、放射方向に無数の亀裂が生じているほか、年輪界に添った大きな割れが船首から船底に伸びている。船底には手斧痕が多数残存する。

丸木舟の含水率は部位によって異なるが128～364％の範囲である。劣化しているのは船首、船尾の木口部分と表層で、内部の状態は良好で現生材と同程度である。そのため、PEG含浸処理に際して木材中の含浸薬剤の拡散よりも、浸透圧の差による脱水が優先的に起こり、部分的に収縮・変形が生じる可能性が懸念された。また、クスノキ特有の樟脳も多量に残存している。

3　丸木舟の保存処理

丸木舟は発見当初、水漬け保存されてたが、損傷が進んできたため、平成４年４月から清水市の委託を受け（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所が主体となり、奈良国立文化財研究所の協



丸木舟の実測図と図-３の寸法測定個所

力を得て７年の歳月をかけ実施した。事前調査として、含水率の測定および崩壊部から採取した試料で予備実験を行ったほか、適切な保存処理を実施するために『巴川出土丸木舟保存処理指導委員会』(1)を組織し、その指導のもとに実施したが、等身大ではないスケールは、様々な局面において予測できない困難な問題を生じさせた。

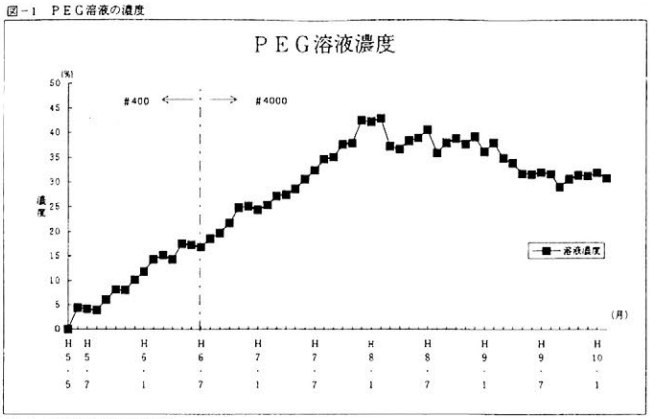
4　保存処理の方法と工程

丸木舟の形状および寸法を安定化するために、分子量の異なるﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝｸﾞﾘｺｰﾙ（PEG）の＃400と＃4000とを二段階方式で含浸させた後、PEG：第３ﾌﾞﾁﾙｱﾙｺｰﾙ：水の割合を３：３：４とする混合溶液に６ヶ月間浸漬した後に真空凍結乾燥する方法を採用したことが、この処理法の特徴である。

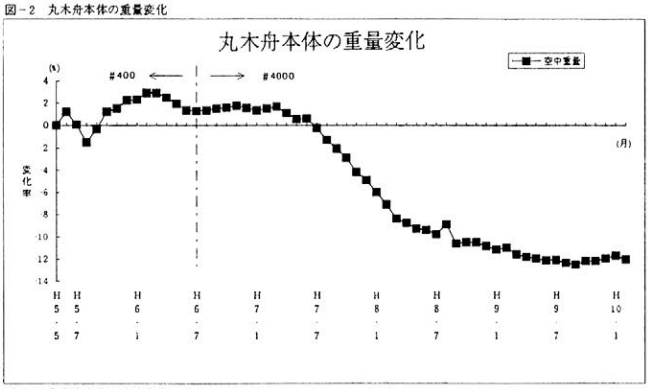
保存処理の作業工程は、ｸﾘｰﾆﾝｸﾞを終了した丸木舟を運搬具を兼ねたｽﾃﾝﾚｽ製の保護枠に固定するところから始まる。処理中は、丸木舟本体の重量と４２箇所の寸法とを定期的に測定し、丸木舟に現れる変化を注意深く観察した。

修復は、劣化の著しい表面部分の剥落を防止するためｱｸﾘﾙ樹脂を塗布した後、変形や歪みを矯正しながら崩壊部と本体とをｽﾃﾝﾚｽ棒とｴﾎﾟｷｼ系の接着剤とを使って接合し、欠損部には人工木材を着脱可能な形状に整形して補填した。

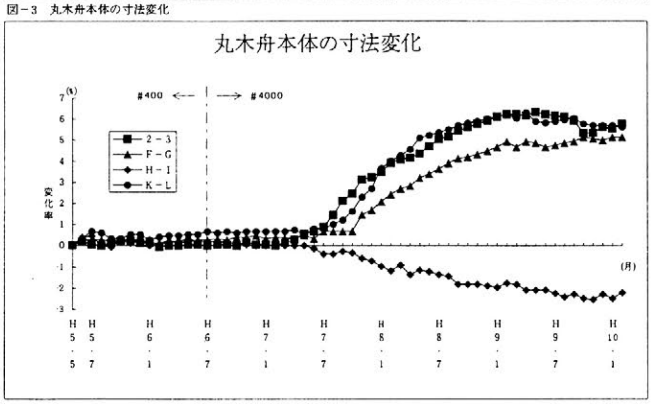
図－1　ＰＥＧ溶液の濃度



図－2　丸木舟本体の重量変化



図－3　丸木舟本体の寸法変化



5　まとめ

わが国で木製遺物の保存処理が本格的に開始されてから３０年ほどの時がたつが、この丸木舟のように、巨大で、一木つくりで、クスノキ材で、という保存処理技術としては最も難易度の高い木製遺物をこれほど良好に保存処理した例は数少ない。

最後に、この機会を与えて下さった元（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所平野吾郎氏に心より感謝いたします。

(1)『巴川出土丸木舟保存処理指導委員』

沢田正昭　奈良国立文化財研究所
増澤文武　（財）元興寺文化財研究所
青木繁夫　東京国立文化財研究所
岡田文男　京都造形芸術大学
鈴木　稔　（財）帝京大学山梨文化財研究所
高妻洋成　奈良国立文化財研究所

P47
出土木材の保存処理における含フッ素オリゴマーの添加効果

○北代慶子（奈良高専）・河越幹男（同）・澤田英夫（同）

1．はじめに

ポリエチレングリコール（PEG）含浸法は出土木材の保存処理法として広く用いられているが、PEGが大分子であるため、木材の細部にまで浸透せず変形を起こす場合がある[1,2]。また、長期保存中にカビや細菌による損傷を受ける恐れもあることが知られている。変形の抑制に及ぼす界面活性剤の前処理効果については植田ら[2]の研究がある。本研究では、界面活性を有し、かつ優れた抗菌性を示す含フッ素オリゴマーを界面活性剤の代わりにPEG含浸液に添加し、含浸速度及び変形に及ぼす効果について調べた。

2．実験方法

出土木材（元興寺文化財研究所提供）の同一部位から辺長約20mm立方体を２個作製し、一方をPEG20%溶液、他方を1mMの含フッ素オリゴマーを添加したPEG20%溶液にそれぞれ浸漬し、重量変化を測定した（測定温度20℃）。その後乾燥して、体積収縮率を求め、木材の変形に及ぼす含フッ素オリゴマーの影響を調べた。体積は浮力法で求めた。Table 1に用いた試料の寸法と重量を示した。用いた試料の樹種は顕微鏡観察[3]によって同定した。

Table 1　Details of specimens used

試料 No	樹種	含フッ素オリゴマーの種類	添加無添加 (*1)	初期重量 [g]	最終重量 [g]	初期辺長 [cm]	収縮抑制指標(*2) [%]	有効拡散係数 D_A [cm^2/d]
1-A	ヌルデ	KAT-	×	6.668	2.014	1.87	+7.4	0.14
1-B	ヌルデ	0719	○	6.991	2.421	1.90		0.13
2-A	ヌルデ	KAT-	×	6.136	1.830	1.81	+0.9	—
2-B	ヌルデ	0124	○	6.533	1.979	1.86		—
3-A	ヌルデ	KAT-	×	7.706	2.397	1.96	-0.2	0.14
3-B	ヌルデ	0719	○	7.402	2.497	1.93		0.13
4-A	ヌルデ	KAT-	×	7.942	2.472	1.98	+5.6	0.12
4-B	ヌルデ	0516	○	7.704	2.281	1.96		0.11
5-A	クヌギ	KAT-	×	7.459	2.561	1.93	+1.2	0.093
5-B	クヌギ	0516	○	6.877	2.293	1.88		0.092

*1)○×は含フッ素オリゴマーの添加の有無を示す：○は添加,×は無添加
*2)収縮抑制指標：　δ＝（試料Aの収縮率）－（試料Bの収縮率）

3．結果及び考察

(1) 重量変化曲線とPEG含浸速度　Fig. 1に含フッ素オリゴマーを添加した場合としない場合の重量変化率Ψと時間 t の関係（重量変化曲線）を示した：ここで、$\Psi = (W_t - W_0)/(W_e - W_0)$：$W_0$は初期重量、$W_t$は時間 t における重量、$W_e$は平衡重量である。両者の重量変化曲線はほとんど変わらず、オリゴマー添加によるPEG含浸速度への影響は認められなかった。Table 1 には拡散モデル[4]に基づいて求めた有効拡散係数D_Aも併せて示した。D_Aは文献値[5,6]とほぼ同程度であった。Fig. 1 中の実

線は拡散モデルによる計算値である。

(2) 体積収縮率

Photo 1には室内で乾燥させた場合の試料4-Aと4-Bの比較を示した。この写真は、収縮が最も著しく現れる木口面を上から見た写真である。含フッ素オリゴマーの添加によるかなり顕著な収縮抑制効果が認められる。

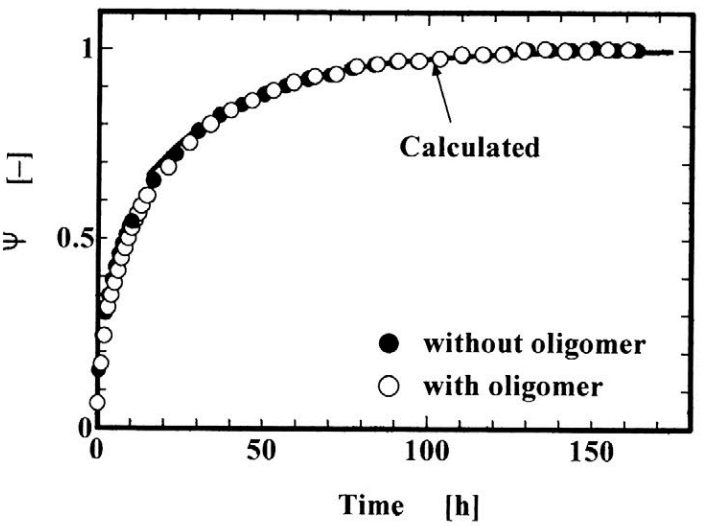


Fig. 1 Plots of Ψ against t

収縮抑制効果を定量的に把握するために、収縮抑制指標δを次のように定義した：　δ＝（試料Aの体積収縮率）－（試料Bの体積収縮率）

この指標は、含フッ素オリゴマーによって収縮が抑制されれば(＋)、促進されれば(－)になる。それぞれの試料の体積収縮率は、含水率の差違による影響を避けるため、シリカゲルを入れた容器に7日間放置して十分乾燥した後に測定した。

Photo 1 Comparison of specimens treated by 20%PEG solution with and without oligomer (after drying in room ambience).

Table 1にδの実測値を示した。試料1-Bに用いたオリゴマー（KAT-0719）の抑制効果が最大となったが、このオリゴマーは合成が困難であるのが欠点である。次に抑制効果が大きいのが4-Bに用いたオリゴマー（KAT-0516）である。このオリゴマーは合成が容易で実用化の上で有望である。

4．結　言

PEG溶液にある種の含フッ素オリゴマーを添加すると、含浸速度に影響を与えずに変形を抑制できることが分かった。含フッ素オリゴマーは抗菌性も有するので、処理後の長期保存中におけるカビや細菌による木材の損傷防止効果が期待できる。

＜参考文献＞

1)河越・百村・石垣：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」、27、69-78（1993）
2)植田・井上・松田・増澤：日本文化財科学会第6回大会要旨集、p.29-30（1989）
3)島地謙・伊東隆夫：図説　木材組織，地球社（1982）
4)河越・石垣：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」、22, 95-102（1990）
5)河越・石垣：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」、23, 1-12（1991）
6)河越・石垣：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」、24, 69-76（1991）

P48

含塩鉄器の脱塩処理に及ぼす含フッ素オリゴマー添加の影響とその速度論的研究

○吉原 忍(奈良高専・専攻科)・河越幹男(同)・澤田英夫(同)
川本耕三(元興寺文化財研究所)

緒 言

含フッ素オリゴマーは表面張力を低下させ，かつ優れた表面処理機能を持つ事が知られている。本研究では出土鉄器のモデル試料として含塩鉄圧縮成型品を用い、含フッ素オリゴマーを脱塩溶液に添加した時の効果について調べた。さらに、液の含浸挙動を測定して、鉄器の内部構造を検討した。

実 験

試料は鉄粉とNaClの混合物を100MPaで圧縮成形した直径20*mm*、厚さ10*mm*の円盤状成型品(含塩率0.32wt.%,空隙率40%)である。脱塩溶液としてLiOH, NaOH, KOHの3種類の単一アルカリ溶液とセスキカーボネート溶液を用いた。溶液浸漬中の試料重量の経時変化を電子天秤で測定した。また、50*ml*のビーカーに溶液25*ml*を入れ、その中に試料を懸垂し、溶液中の塩濃度の時間変化を測定した。塩の分析は塩分分析計(東亜電波工業:SAT-210)を用いた。含フッ素オリゴマーとして、ベタイン型(HFPO2), カチオン型(KAT719, 906), カルボン酸型(MK1), スルホン酸型(OHA36)の合計5種類について調べた。

実験結果及び検討

(1)オリゴマーの選定　試料を5種類の含フッ素オリゴマー水溶液に浸漬し、脱塩剤としての可否を調べた(Photo 1参照)。Photo 1の左端に示した2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸(分子量＝約20000)が最も効果的で、4日間浸漬しても殆ど発錆しなかった。本実験ではこのオリゴマーを用いた。なお、写真では試料が黒いほど錆化が進行している事を示している。

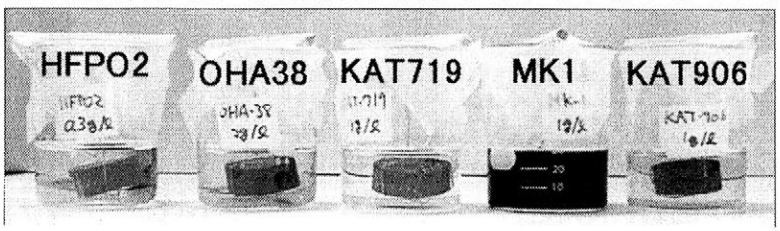
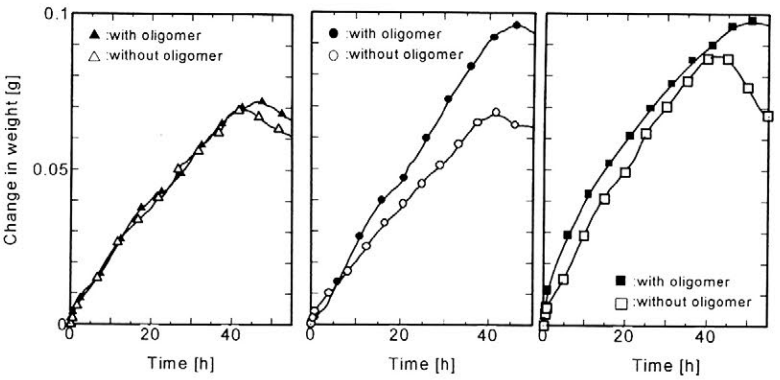


Photo 1 Specimens immersed in the oligomer solutions (after 100 hours)

(2)液含浸曲線　重量変化に及ぼすアルカリ溶液の種類とオリゴマー添加の影響をFig.1に示した。浸漬直後約1分で溶液が急速に浸透し、その後徐々に残りの空隙に浸透し、約45時間で極大値を示した。このことから試料内には溶液が浸透しやすい大きな空隙(large pore)と、浸透しにくい小さな空隙(small pore)が存在していることが分かる。large poreへの浸透はほぼ1分以内に終了したので、Fig.1にはsmall poreによる含浸過程のみを示した。45時間以降における重量減少は、鉄の溶解による[1]と考えられる。液の含浸挙動からlarge poreとsmall poreの割合を推定し、それをFig.2に模式的に示した。

オリゴマー無添加の場合、KOH水溶液系で、他のアルカリ水溶液に比べ液含浸量と含浸速度のいずれも大きかった。オリゴマー添加の影響は、LiOH水

溶液の場合ではほとんど認められなかった。これは、Li^+イオンのイオン半径が小さいため、周りの水とイオンの相互関係が強く、オリゴマーの促進効果が相殺されたため[2]と考えられる。KOH水溶液やNaOH水溶液では含浸速度及び含浸量の増加が認められた。KOH水溶液系でNaOH水溶液系よりも添加効果が小さかったのは、KOH水溶液の含浸量が上限値に近かったためと考えられる。



(a) 0.01N LiOH aq soln. (b) 0.01N NaOH aq soln. (a) 0.01N KOH aq soln.

Fig.1 Weight change of specimens with time in the alkaline solutions with and without oligomer

(3)脱塩曲線　Fig.3に5種類のアルカリ水溶液と、それぞれにオリゴマーを加えたときの脱塩率Ψと時間tの関係を示した：$\Psi=((W-W_0)/(W_\infty-W_0))$。ここで、Wは時間tまでの脱塩量、$W_\infty$は最終脱塩量である。$W_0$は表面付着量で、浸漬1分後の脱塩量とした。オリゴマー無添加の場合、溶液の違いによる脱塩曲線の差は、殆ど認められなかった。オリゴマー添加の場合は、粘度が高くなるため、若干、脱塩速度の減少が認められた。

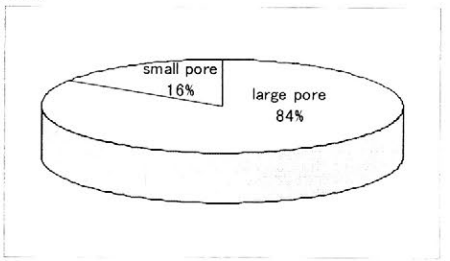


Fig.2 Schematic model of specimen

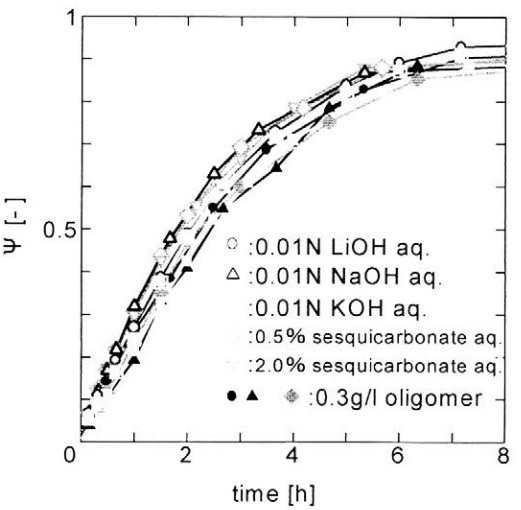


Fig.3 Removal curves of salt

結　言

①液の含浸挙動からsmall pore=84%, large pore=16%と推定できた。
②含フッ素オリゴマーの添加は、液含浸量の増加をもたらした。
③オリゴマー添加によって、粘度の増大による脱塩速度の低下が危惧されたが、その影響はほとんどなかった。以上の結果から、錆によって閉塞された細孔内の塩[3]を、オリゴマー添加によって抽出できることが期待できる。

文　献

1) H.H.Uhlig・R.W.Revie：腐食反応とその制御，98～104(1989)
2) 上平・逢坂：生体系の水，34～37(1989)
3) 河越・吉原・安木・川本：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」，(印刷中)

P49

縄文遺跡に対する土と石の強化保存剤（TOT）処理
（山梨県北都留郡丹波山村高尾遺跡）

○深井亮太（㈱田中地質コンサルタント）　豊田昌宏（国立福井工業高等専門学校　物質工学科）
十菱駿武（山梨学院大学）

はじめに

粘性土、砂質土を「土と石の強化保存剤**TOT**」で処理し耐候性評価を行った結果、遺構、遺物の耐候性の向上に効果があることを報告した。[1)2)]また、その強化機構の解明についても行ってきた。[3)]今回、山梨県北都留郡丹波山村で出土した縄文中期の高尾成畑遺跡の敷石、配石遺構に用いられている粘板岩、花崗岩、花崗閃緑岩の強化処理を行い、凍結融解試験法を用い、それらの石片について耐候性について評価を行った。

材料と方法

試料とした石片は、高尾成畑遺跡Ｂ地区から丹波山村教育委員会および山梨学院大学十菱教授の指導のもとで採取した。採取した石片は遺構の敷石および配石に用いられているものとほぼ同じもので、それぞれの石片の種類は粘板岩、花崗岩、花崗閃緑岩の3種であった。これらの石片は、充分に水洗した後、岩石用カッターで約半分に切断し、石試料とした。(写真-1)。

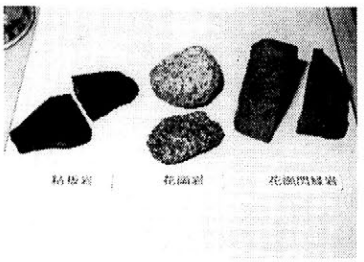


写真-1
左より粘板岩、花崗岩、花崗閃緑岩

石試料の片方は、現場処理と同じくハケ塗り法により繰り返し4回**TOT**で処理を行った。処理後、約2週間自然乾燥させたのち石試料の耐候性を評価するために、加速試験の一種である凍結融解試験を行った。

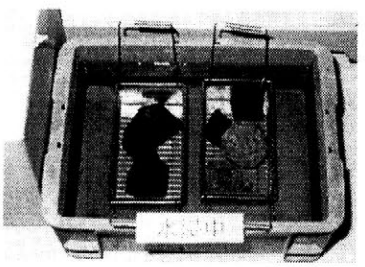


写真-2
融解状況

まず各石試料を110℃で一定質量になるまで恒温乾燥器で乾燥した後、秤量した。次に石試料を完全に水浸し、12時間放置した。(写真-2)。この時の水温は室温と平衡に保つ。試料を水から引き上げ、直ちに-26℃に設定したフリーザー中に入れ、12時間放置した。(写真-3)。上記の過程を1サイクルとして、凍結融解を繰り返した。なお、凍結融解10サイクル毎に、石試料を110℃で一定質量となるまで恒温乾燥器を用い乾燥した後、秤量し、質量の経時変化を調べた。凍結融解サイクルは100回まで繰り返した。

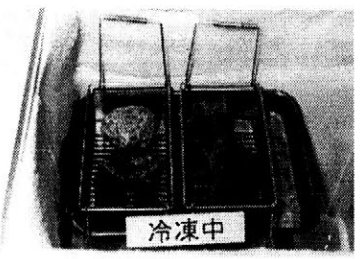


写真-3
凍結状況

結果と考察

凍結融解100サイクルまでの質量変化(g)を図-1に示す。図-1で実線はTOT処理試料、点線は未処理試料を表す。

図-1より、粘板岩に関してはTOT処理試料も、未処理試料も±0.2g程の変化しか見られないことから、処理の必要のない耐候性のある石片であると考えられる。しかし花崗岩、花崗閃緑岩に関してはTOT処理を施したものの方が、未処理のものに比べ、質量変化が小さくTOT処理の効果が見られた。一方、未処理のものは質量減少の傾きが急であることから凍結融解サイクル数の増加に伴って、さらに質量減少が進むものと推察される。最も質量変化の割合が大きかった無処理の花崗岩では、凍結融解100サイクルで質量が約2.1g減少した。無処理の花崗岩試料は、30サイクル程度から、手で触ると表面がざらついた感じとなり、また水中に小さな粒子が剥落しているのも観察された。これらの観察事実からも処理の必要性があると考える。

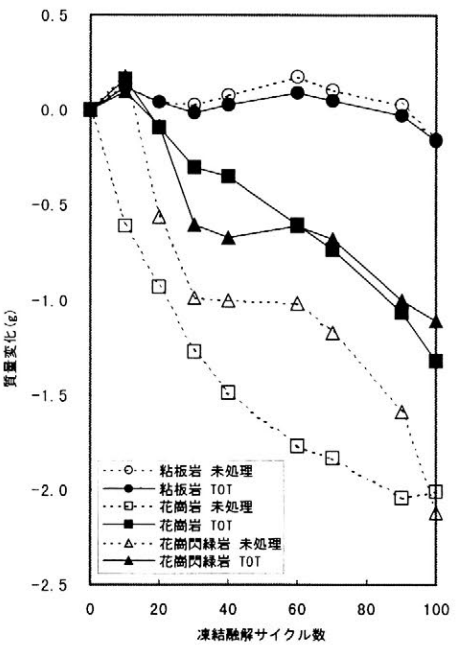


図-1 凍結融解試験における質量変化

以上、高尾遺跡の試料は、粘板岩では耐久性が良好であるといえるが、花崗岩については、質量変化が僅かでも表面の粒子の剥落が見られたため、現場で保存するためにはTOTによる強化処理が必要であると考えられる。今後、敷石遺構や配石遺構の強化処理を計画する場合、用いられている岩石種について調査した上で処理を行う必要がある。今回の高尾成畑遺跡において花崗閃緑岩および花崗岩については、TOTによる保存処理を行うことが推奨される。

まとめ

今回得られた実験データは、今後高尾成畑遺跡の保存対策を立案する基礎データとなるとともに、石材でできた遺物、遺構の保存にあたって参考になると考える。今回のデータからの保存方針を以下に示す。

- 質量減少の傾きを考えた場合、100サイクル以降に質量の変化が大きくなると推察される。今後サイクル数を増やし200サイクル以上の実験を行う必要があると考える。
- 花崗岩、花崗閃緑岩はTOTで処理することを推奨する。

参考文献

1) 伊丹麻子・豊田昌宏・天谷賢一・田中保士：土と石の強化保存剤(TOT)を使用した土製ブロックの耐候性試験、日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集、188-189(1998)
2) 強化剤で処理した土製供試体の耐候性評価、日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」、(投稿中)
3) 豊田昌宏・伊丹麻子・天谷賢一・田中保士：土と石の強化保存剤(TOT)による強化機構の解明、日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集、186-187(1998)

P50

糖アルコール含浸法による漆製品の処理

○西口裕泰（(株) 京都科学）
伊藤幸司・鳥居信子（(財) 大阪市文化財協会）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）
北野信彦（くらしき作陽大学）

１．はじめに

出土木製品に対して、早く、効果的に、そして確実に保存処理を行うためにラクチトールを使用した糖アルコール含浸法の開発・実用化に取り組んできた。この成果として、通常の木製品の場合は含浸濃度を85%まで上げることがひとつの基本となり、また、樹種や劣化状態によっては最終含浸濃度が75%以下であっても50℃の環境下で固化・乾燥すれば良好な結果が得られることも分かった。さらに、処理を行う際の工夫・改良もなされ、年々処理実績も伸びている。

このような中で、現在、改善を要するのは、85%まで濃度を上げるためには75～80℃まで温度を上げなければならないという点であろう。これはラクチトールの結晶化を抑え、粘度を下げることにより木材中により浸透しやすくするための措置である。しかし、漆製品を処理する場合、高温の含浸では漆膜がカールするなどの問題が生じる場合がある。勿論、高温にするために処理液の蒸発や遺物の状態の観察など、含浸処理中に注意を払わなければならない点も多くなる。

この問題点を解消し、より効率良く保存処理を行うために「低温下での高濃度含浸」を目的にしていくつかの実験を試みたところ、オリゴ糖アルコールの一種を添加することが有効であることが分かってきた。

２．実験

まず、オリゴ糖アルコールの添加によるラクチトール水溶液の状態変化の観察を行った。使用したのはＰＯ10（東和化成工業製、平均分子量2900）で、ラクチトール水溶液50%・70%のものをベースに、ＰＯ10を加えないもの・5%・10%加えたものをつくった。溶液はガラス瓶に入れ、それぞれ開放・密封の２種類をつくり、室温で40日間放置した。

この結果、開放状態のものは、ラクチトール70%よりも50%の方が液状での残存が多く、また、ＰＯ10が多いほど液状を保っていた。

次に３水和物の結晶は、ＰＯ10を添加していないものに多く生じたが、10%加えたものには外観上全く見られなかった。

また、蓋で密封しておいたものは60日あまりが経過しても全て液体のままであった。

以上のような結果から、ＰＯ10を添加することによりラクチトール水溶液の結晶化を抑えることができる。つまり、同じ温度条件ならばＰＯ10を加えることによってラクチトールの溶解量が上がる。さらに、３水和物の生成にも影響を及ぼすことも明らかになった。

しかし、次頁グラフに示したようにＰＯ10を加えることによって粘度が上がるため、液体の状態を保っていたとしても木材に浸透しない可能性がある。このため、温度・濃度とＰＯ10の有無による木材への含浸具合を調べた。

実験はラクチトールのみのものと、ラクチトールに５%のＰＯ10を添加したものを使用

し、溶液濃度を50%・70%・85%として１工程１週間含浸した。試験片には健全な細胞を持つ針葉樹（含水率230%）を用いた。設定条件とそれぞれの結果は下表のとおりである。

この結果からは、各設定温度・濃度においてＰＯ10の有無による含浸具合の差は見られなかった。ただし、この実験は簡易なものであるため、結果については可能性を示したものとして扱い、さらに詳細な実験、検証を行う必要がある。

３．漆製品の保存処理

対象としたのは大坂城跡出土の近世漆椀の破片で、①木胎がケヤキでサビ下地の上に漆を数回重ねているもの、②木胎がトチノキで炭粉下地（渋地）の上に漆を１層塗り、さらに加飾を施したもの、③木胎がブナで炭粉下地（渋地）の上に漆を１層塗ったもの、という３種類を選択した。経験的には②・③は漆膜の剥落などトラブルが起こりやすい。

含浸処理にはＰＯ10を５%添加したラクチトールを用い、溶液温度50～60℃で３週間かけて含浸した。一連の作業は通常どおりの工程で行ない、50℃の環境で固化・乾燥した。

処理後の経過は良好で、漆膜のカールや剥落はおこらず質感も自然な状態を保っている。

４．まとめ

糖アルコール含浸処理法において、オリゴ糖アルコールの一種であるＰＯ10を添加することにより、現在のところ、少なくとも２つの効果があることが分かってきた。

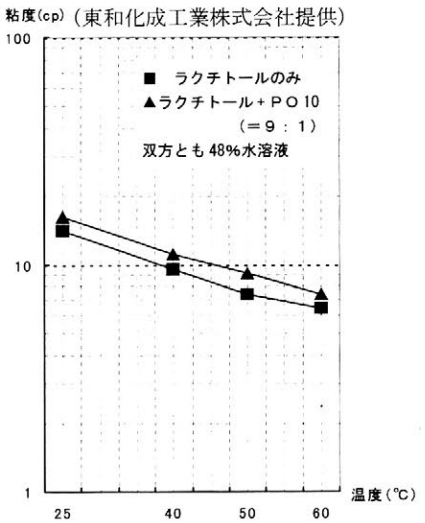
ひとつは含浸中のラクチトール水溶液の結晶化を抑えることである。さらに条件を検討すれば、50～60℃の環境で80%をこえる濃度の含浸が実用化される可能性もある。

もうひとつは３水和物の生成を抑えることである。変形の原因になる３水和物が生成されなければ、樹種や劣化状態によってはより低濃度の含浸で処理を終えることができる。

今回明らかになったオリゴ糖アルコールの効果は、漆製品の処理において障害となっていた高温での含浸という条件をクリアするばかりでなく、木胎と漆膜との間で生じやすい３水和物の生成をも防ぐ可能性がある。

木胎、下地、漆膜の状態がさまざまに変化している漆製品に対して、安易に有効性を云々することはできないが、長期にわたる含浸や高温での含浸を必要とせず、有機溶剤も使用しない保存処理方法の実用化に向けてひとつの方向性を見出すことができた。

温度と粘度の関係



温度・濃度と含浸

		重量増加率(%、含浸後重量/初期重量)	
温度	水溶液濃度	ラクチトールのみ	ラクチトール+PO10
室温	50%	112	113
	70%	119 (*1)	117 (*1)
	85%	(*2)	(*2)
50℃	50%	111	111
	70%	120 (*1)	120
	85%	124 (*1)	123 (*1)
60℃	50%	111	111
	70%	118 (*1)	121
	85%	126 (*1)	125
80℃	50%	109	109
	70%	118	117
	85%	123	123

(*1) 溶液の一部が結晶　(*2) 溶液が結晶し、継続不可能

P51

出土有機鉱物を素材とする棗玉の性質と保存処理

ー茨城県東町東大沼古墳群第７号墳出土棗玉についてー

○植田直見（(財）元興寺文化財研究所）
室賀照子（橿原考古学研究所共同研究員）
森田忠治（東町立歴史民俗資料館）

１．はじめに

棗玉の原料となる有機鉱物の代表的なものとして琥珀がある。茨城県稲敷郡東町東大沼古墳群第７号墳より出土した棗玉９点のうち７点は琥珀と見られ、黄褐色から赤褐色でほとんどは不透明であったが一部半透明なものもあった。しかし、残り２点は明らかに琥珀とは異なり、黒色で光沢を残している部分も見られた。これらのほとんどは表面に細かい亀裂を有し、前者７点のうち５点はすでに破片に分かれており脆い状態であった。そこで、適切な保存処理を行うためそれぞれの成分分析をおこない、その性質を調べ、処理法を検討した。また、産地同定についても検討を試みたので併せて報告する。

２．資料

今回、対象とした遺物は東大沼古墳群第７号墳より出土した７点で棗玉（１～５）はいずれも幾つかの破片に割れており、肉眼による観察では１、４、５の表面は幾分劣化し、失透が進んでいた。しかし、内部は、表面に比べると劣化は進んでいないと思われた。一方２は全体に比較的劣化が少なく、３は他の琥珀に比べて内部まで劣化が進行していた。また６、７はほぼ完形であったが６は表面に細かい亀裂が見られた。

３．性質および成分分析

３－１．方法

保存処理法の検討を行うために各種溶剤に対する溶解性を調べた。数 mg の破片を４種類（エタノール・キシレン・アセトン・クロロホルム）の溶剤数 ml に２週間浸漬させた。

また、成分分析はフーリエ変換型赤外分光光度計（ＦＴ－ＩＲ）（日本電子㈱製 JIR-6000）を用いて行った。１～５については堅くて比較的劣化の少ない内部の破面から数 mg の試料を採取した。また、黒色の６、７はほぼ完形であったため、測定にはわずかに欠けている部分から約１mg を採取し使用した。これらを錠剤法（透過法）で、分解能１cm^{-1}の条件で測定を行った。

３－２．結果

有機溶剤に対する溶解性はエタノール・アセトンなどの極性の高い溶剤には一部溶解し、クロロホルムには膨潤した。しかし、キシレンなど比較的極性の低い溶剤には変化しなかった。

今回分析した１～５は劣化状態に差が見られ、幾分スペクトルの吸収位置が異なったがいずれも 3500～2800、1720、1500～800 cm^{-1} 付近の特徴的な吸収位置および強度より琥珀であることが確認できた（図１（２、４））。

また、６、７は試料が黒色であったため、比較試料として炭化物を遺物と同様の条件で測定した。棗玉６、７（図１（７））の吸収と石炭などの炭化物の吸収（1610、1430～1450、1260cm^{-1}）を比較した結果、６、７は炭化物であることが判った。なかでも木炭のような木材組織が見られないこと、石炭の吸収に最も近いことなどから石炭の可能性が高いと考えた。同時に分析した琥珀が石炭層から採取されることが多いことと考えあわせるとその可能性は高いと考えられる。

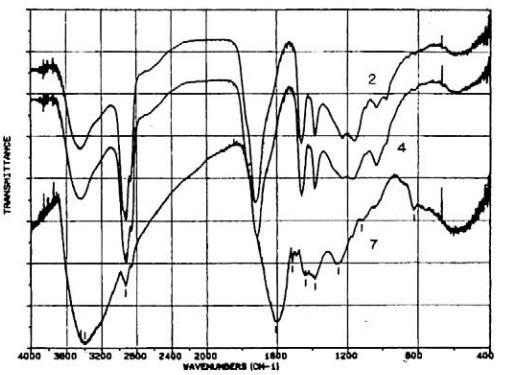


図１．東大沼古墳群第７号墳出土棗玉の赤外吸収スペクトル

４．保存処理

通常は遺物表面のクリーニングを行ってから強化を図るが、今回は、一部が脆くそのままでは崩れてしまう可能性があったため、先に樹脂含浸による強化を行った。対象となる遺物全てがキシレン溶液に全く溶解しないことより15%パラロイドB72 キシレン溶液を筆で２～３回塗布した後、乾燥させてから上記の溶液に浸漬し乾燥させた。次に、クリーニングは表面の亀裂や凹部にわずかではあるが土などが付着しているため、5%パラロイドB72キシレン溶液で表面の樹脂を柔らかくしながら、筆や、メスで取り除いた。破片は、60%パラロイドB72キシレン溶液で接着し、接着部および欠損部を強化するためパラロイドB44を補填した。

５．おわりに

棗玉の性質および成分分析を行い処理法を検討し処理した結果、適切な処理を行うことができた。

また、健全な部分のFT-IR分析で1800～800cm^{-1}付近の吸収位置および強度と、産地の判明している標準琥珀とを比較し、産地同定を試みた。その結果、１、２（図１）は1300～800cm^{-1}の吸収が銚子産琥珀と比較的似ているが、1230、1160、1030、980cm^{-1}の吸収位置および強度が銚子産のものと完全に一致しなかった。また、４（図１）、５は1300～800cm^{-1}の吸収が同じく久慈市およびいわき市産の琥珀に比較的似ていたが完全に一致せず産地を限定するまでには至らなかった。

また、６、７（図１）については今後石炭を装飾品として用いた例を調査し、成分の同定を行っていきたい。

P52

出土琥珀の劣化について（2）

○植田直見（(財）元興寺文化財研究所）
米光直志（九州産業大学）
室賀照子（橿原考古学研究所共同研究員）

1．はじめに

松柏科の植物から流れ出た樹脂が固化し化石化した琥珀は、その使用時、埋蔵中、発掘後に紫外線・酸素・水などの化学的要因および微生物など生物学的要因によって劣化し、崩壊すると考えられる。出土琥珀の形状を維持し、各種分析・調査を行い、保存するためにはまず、劣化要因を調べそれを防ぐ方法を検討することが必要である。

前回は、久慈市およびいわき市産出の地質学的標準琥珀が紫外線によりその構造が変化することを報告し劣化要因の一つである可能性を示した。また、同時に行った酸・アルカリ水溶液による促進実験（１ヶ月）ではほとんど変化が見られなかった。

今回、出土琥珀の主な劣化要因を明らかにするため前回の結果に加えて銚子市およびいわき市産出の琥珀について、さらに出土琥珀の健全部も同様に劣化促進実験を行った。その生成物を、赤外分光分析を中心に比較検討した結果を報告する。

2．劣化促進実験

２－１．試料

今回対象とする出土琥珀は新潟県中郷村和泉Ａ遺跡（縄文時代中期初頭）および茨城県東町東大沼古墳群第７号墳（古墳時代）より出土したものを、また地質学的標準資料としては前回報告した久慈市、いわき市（入間沢）産に加え銚子市（酉明浦、君ヶ浜、波止山）およびいわき市（末続石城層、末続玉山層、南沢）より産出した琥珀を使用した。

２－２．方法

（１）紫外線による劣化

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

（２）酸による劣化

１％塩酸水溶液に試料を浸漬しそのまま６０℃の恒温機中で２ヶ月間放置し装置から取り出した後、蒸留水で洗浄し自然乾燥させた。

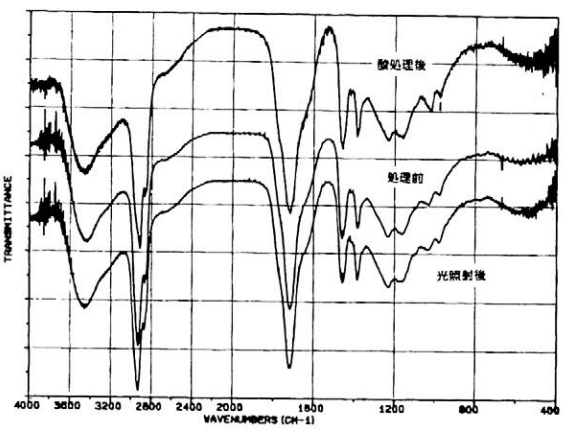


図１．新潟県中郷村　和泉Ａ遺跡出土琥珀の赤外吸収スペクトル

3. 測定

赤外分光分析による成分分析を行った。測定は、試料の破断面から数 mg を採取し、日本電子（株）製フーリエ変換型赤外分光光度計（JIR6000）を用いKBr 錠剤法、分解能 1 cm^{-1} で分析した。出土琥珀（和泉 A 遺跡）（図１）と銚子市酉明浦産琥珀（図２）について促進実験前後スペクトルを示した。

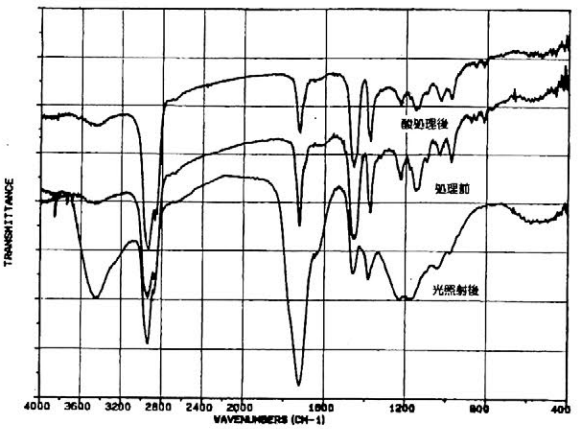


図２．銚子市酉明浦産琥珀の赤外吸収スペクトル

4. 結果・考察

国内での主要な産地の琥珀について劣化促進実験を行った。その結果、紫外線照射後の FT-IR スペクトルは産地、時代にかかわらず 1200cm^{-1} 前後の吸収が増大し、980～1230cm^{-1} 付近の吸収位置や強度が類似したものとなった。一方、出土琥珀を同様の条件で促進実験を行ったが実験前後で大きな変化は見られなかった。しかし、出土琥珀および標準琥珀とも僅かではあるが酸による 1040cm^{-1} 付近の吸収強度の増加および紫外線による 1200cm^{-1} 前後の吸収強度の増加という点において一致した。また、出土琥珀の劣化の激しい部分と健全な部分の比較から現時点では光による酸化および酸による加水分解の両者が相前後して、あるいは同時に劣化要因となって進行している可能性も考えられる。

5. おわりに

赤外分光分析により劣化要因を検討した結果、紫外線や酸がその要因となる可能性があることわかった。しかし、単独の要因ではなく複数の要因がかかわっていると考えられるため、今後さらに他の要因についても検討したい。また、標準琥珀が紫外線の照射によっていずれもほぼ吸収位置や強度に差がなくなることは、起源となる植物あるいは原料となる樹脂が同一のものである可能性も考えられる。すなわち、日本産の琥珀は劣化すると赤外吸収スペクトルでは判別できなくなることがわかった。今後、他の劣化要因についても総合的に検討して、劣化によって成分がどのように変化するかを調べていきたい。

謝辞

分析を行う機会を戴きました（財）新潟県埋蔵文化財調査事業団、東町歴史民俗資料館の皆様、また標準試料を提供していただきました銚子市山田勝彦氏、いわき市鈴木千里氏のご厚意に感謝致します。

参考文献

新潟県埋蔵文化財調査事業団年報　和泉 A 遺跡　（１９９５）

P53

顔料劣化の基礎的研究

京都大学大学院人間・環境学研究科　和田　浩
奈良国立文化財研究所　沢田正昭

【はじめに】

一般には、溶剤に不溶な粉末状の着色物質で主に鉱物などを原料としたものを顔料、溶剤に可溶で、単分子的に分散し、繊維などの分子と結合して着色する有機化合物を染料と呼ぶ[1]。古代から壁画などの彩色に用いられている多くの顔料・染料は、製作者である画家によって単色としてだけではなく、微妙な色合いを表現する為に混色・重ね塗りをし、調合色として用いられてきた。現代においても特に日本画では天然の顔料・染料を単色だけでなく、調合色として用い、文化財の模写を行う際にもこの技術が受け継がれている[2]。

【目的】

古代壁画の顔料・染料は、天然の鉱物や、動植物の色素に由来するものである。現存する壁画は千数百年という長年月を経て劣化することで変退色を起こし、描かれた当時の色が失われているものが多い。そのような壁画を保存するに際しては劣化の原因や劣化機構を事前に調査する必要性があるが、これまでの顔料の劣化に関する研究の多くは単色に関するものが主であった。しかしながら、先述したように古代から描画技術として色の調合法が存在していたと考えるのが自然であり、さらにその場合、顔料・染料の劣化機構は単色とは異なるものと予想される。よって調合色を中心に作成された色見本を人工劣化させ、その劣化機構を調査することにした。

【方法と結果】

古代に使われた調合色を想定して作成された色見本を室内で日光の照射する場所に設置し、曝露試験を行った。今回は、染料の藍(青色)、綿臙脂(赤色)、雌黄(黄色)を使って調合した色見本について報告する。曝露による色の変化を分光測色計により色差を測定し、分光光度計で可視領域と紫外領域の吸収スペクトルを測定することで追跡した。

染料は一般的に顔料よりも劣化しやすく、耐光性に乏しい。劣化は主として光と熱に起因するものが考えられる[3]。また、染料は可視領域にその化学構造に基づく特有の吸収スペクトルをもち、吸収スペクトル全体の形は化学構造が変化しない限り大きく変わることはなく、調合色となっても個々のスペクトルを合わせた形状を示す[4]。図 1、2 にそれぞれ藍、雌黄を単色で塗布した場合のスペクトルを、図 3、4 には藍と雌黄を混色した草汁という色名の調合色のスペクトルを示した。ただし、図 3 の草汁 1:1 は藍と雌黄を等量混色したものを、図 4 の草汁 1:2 は雌黄が藍の 2 倍加えられたことを表している。図 1 では 450nm 付近に、図 2 では 700nm 付近にそれぞれ雌黄と藍に特徴的な極大吸収を確認できる。それらの吸収は、調合されてからも明瞭に現れており、さらに混合比率によって吸収の強度が変化している。また、曝露による劣化で雌黄の極大吸収が大きく変化し(図 1)、それが調合色にも表れている。劣化後のスペクトル形状も草汁に特徴的なものであり、このことは劣化後の色から描かれた当時の色を推定できるという 1 つの可能性を示していると考える。

測色計による測定結果をまとめたものが表 1 である。L*a*b*表色系の値の差から色のどの要素がどれだけ変化しているのかが分かり、さらにそれらの値から曝露前後の色差(⊿Eab*)が求まる。また、色をマンセル表色系の値から付けた系統色名で表現した。

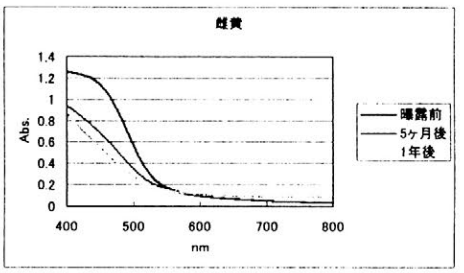


図 1 雌黄の吸収スペクトル

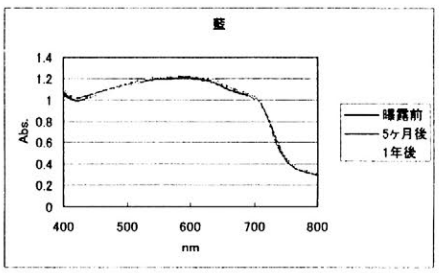


図 2 藍の吸収スペクトル

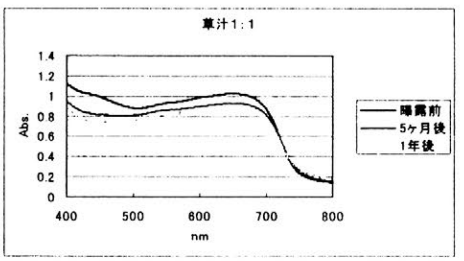


図 3 草汁 1:1 の吸収スペクトル

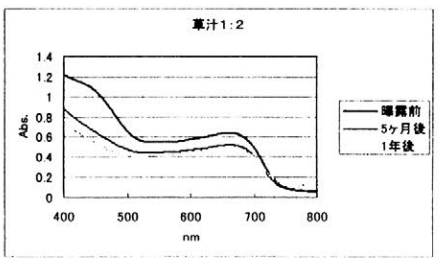


図 4 草汁 1:2 の吸収スペクトル

表 1 L*a*b*表色系による色差とマンセル表色系値による系統色名

色名	曝露期間	L*	a*	b*	⊿Eab*	三属性表示	系統色名
雌黄	0ヶ月	83.78	-0.12	78.41		4.4Y 8.3 / 11.2	黄
	5ヶ月	86.98	-3.37	51.94	26.86	4.9Y 8.6 / 7.1	うすい黄
	12ヶ月	86.58	-4.55	39.82	38.94	5.8Y 8.5 / 5.4	くすんだ黄
藍	0ヶ月	25.53	5.51	-8.74		1.0P 2.5 / 1.8	暗い灰青紫
	5ヶ月	28.81	3.63	-8.00	3.85	9.2PB 2.8 / 1.6	暗い灰青紫
	12ヶ月	29.55	2.86	-7.56	4.96	8.4PB 2.9 / 1.5	暗い青みの灰色
草汁1:1	0ヶ月	38.17	-7.74	3.04		4.1G 3.7 / 1.6	暗い灰緑
	5ヶ月	45.60	-3.81	-3.78	10.82	5.6B 4.4 / 1.2	青みの灰色
	12ヶ月	46.84	-3.28	-4.04	12.05	7.2B 4.5 / 1.2	青みの灰色
草汁1:2	0ヶ月	58.69	-13.92	36.88		2.7GY 5.7 / 5.4	くすんだ黄緑
	5ヶ月	67.93	-10.40	15.74	23.34	6.1GY 6.6 / 2.6	灰黄緑
	12ヶ月	66.34	-9.02	11.18	27.26	7.1GY 6.5 / 2.0	灰黄緑

【参考文献】

1)品田登「染料と顔料あれこれ」数理科学,331,33-35,(1991)
2)林功「愛知県立芸術大学蔵法隆寺金堂壁画模写についての考察－現状模写と復元模写－」愛知県立芸術大学紀要,21,1-24,(1991)
3)中澄博行「色素の退色劣化」色材協会誌,63(11),677-684,(1990)
4)田口栄一・田口マミ子「分光学的方法による顔料、特に有機色料およびその調合色の判定について」古文化財の科学,20・21,18-37,(1976)

P54

沖縄県、重文・園比屋武御嶽石門の保存修復と15年経過後の状態

西浦忠輝（*東京国立文化財研究所*）

1．はじめに

沖縄県那覇市首里にある園比屋武御嶽石門は、1519年創建の石造平唐門で、琉球石造建築の代表作である。戦前の旧国宝であったが戦災により破壊された。戦後長く半壊状態のまま放置されていたが、1956年に再建され新たに重要文化財に指定された。1956年の再建では、鬼瓦、大棟、妻飾り等のごく一部を除いては、全て新材が使われ、古材（当初材）は石門の裏側の土上に放置された。

1982～1985年に全面解体修理が行われた。この際、石門後部に置かれたままになっていた古材が可能な限り再用されたが、そのために古材、特に屋根石に対して特別の保存、修復処置が行われた。本報では、この保存修復処置の内容と処置後15年経過後の状態について報告する。

2．古材の状態

残されていた古材のうち屋根石は８片あり、それらは屋根石12体の内の６体に相当するものであった。これらの石材は沖縄産の石灰岩で、基本的には再使用に耐えられる状態だが、爆撃による火傷を被っており、また地元の人が日常的に線香を供えていたための火傷もかなりあった。火傷の部分は凝集力を失い非常に脆弱化していた。上部はボコボコに穴のあいた状態になっていたが、これはこの石材のもともとの性質によるもので、弱い部分が早い時期に風化して飛散あるいは流失した結果である。この状態になってからは長期にわたり安定していると考えられるが、穴に土砂が入り込み雑草類が生育していた。長く地表面に放置されていたため非常に湿っており、表面にはコケ類の付着が見られた。

3．保存修復処置

3.1 クリーニング

石材の凹部に生育していた植物と、中に詰まっていた土砂を取り除き、良く水洗したのち充分乾燥させてから、ワイヤーブラシで表面に付着したコケ類を除去した。

3.2 樹脂含浸強化防水処置

石材用含浸強化防水剤として*撥水性シリコーン樹脂溶液**を、石材全体に洗滌ビンで注ぎかける方法で含浸させた。石材は全体的に劣化していたので、樹脂溶液は極めて良く浸透した。時間をかけて大量(7～8 kg / ㎡)に含浸させた。

** メチルトリエトキシシランの半重合体のトルエン、メタノール混合溶媒溶液（有効シリカ分２８％商品名ＳＳ－１０１＜コルコート（株）＞）。触媒Ｃを３％添加。優れた浸透性、凝集力付与性、撥水力付与性、耐久性を有する無色透明な低粘度樹脂溶液。*

3.3 穴部充填処置

屋根古石材の表面に夥しく存在する穴を充填しなければならない理由は次の通りである。

・穴中に雨水が溜まり石の劣化を促進する。

・穴中に土砂が入り込み、高等植物が生育し、その根の成長により石を機械的に破壊する。またこれらの土中には微生物が繁殖し、ある種の菌は石の劣化の原因となる。さらに、土砂や植物の存在は外観を損ねる。

また、充填材料として要求される条件は次の通りである。

・深く複雑に入り組んだ穴を細部まで充填できること。

・耐候性に優れていること

・色、艶、質感の変化が最小限であること

これらの条件を満足し得るものとして、穴中に古材と同種の石灰岩を砕いた細石粒を入

れ、それをシリコーン樹脂溶液(SS−101)とアクリル樹脂(ﾊﾟﾗﾛｲﾄﾞ B−72)との混合樹脂溶液で固化させる方法を採用した。この場合、細石粒と樹脂溶液を混合したペーストを充填するやり方は適当でない。ペーストでは、複雑に入り組んだ穴の奥まで充分に充填することができないからである。

実験室での試験管によるモデル実験、および現場での実地検討の結果、微粉末を除去した細石粒をパラパラと穴中に落とし込み、上部からSS−101とﾊﾟﾗﾛｲﾄﾞ B−72の混合樹脂溶液を滴下し浸み込ませる方法が、最も充填効果および固化効果が大きいことが判った。この場合、SS−101とﾊﾟﾗﾛｲﾄﾞ B−72を混合する理由は次の通りである。

- SS−101のみでは粘度が低すぎて母石に浸み込んでしまい、充填した石粒を効率よく固化できないので、粘度を高めるため。
- SS−101のみで固化させた場合、硬化時にクラックを生じることがあるが、ﾊﾟﾗﾛｲﾄﾞ B−72の混合によりこれを防ぐことができる。
- 混合により初期接着力が大幅に向上し、石粒の固定力が大幅に高まる。

実際の施工仕様は次の通りである。

1) 樹脂の混合

SS−101、100部に対してﾊﾟﾗﾛｲﾄﾞ B−72を6部混合して、完全に溶けるまで、ときどき攪拌しながら時間をかけて気長に溶かす。

2) 細石粒の調整

石灰岩を砕き、篩により2種類の大きさの石粒をつくる。

大：0.4mm 通過、0.25mm 不通過　　小：0.25mm 通過、0.10mm 不通過

3) 穴埋め処置

穴中に石粒大を少しずつ入れて、上面部より1.5cm 程度低い位置まで満たす。1)の混合樹脂溶液に触媒Cを4％加えて、その部分に洗滌ビンで注ぎかける。何回にもわたって充分に含浸させる。次に、その上に石粒大と小を1：1に混ぜたものを厚さ5〜6㎜程度乗せ、その上から樹脂溶液を充分注ぎかける。24時間経過後さらにもう一度樹脂溶液を充分注ぎかける。本処置は今後の劣化の予防を目的とするもので、成形を目的としたものではないので、できるだけオリジナル部を損なわないよう、充填部レベルをオリジナルレベルより0,5〜1㎝低く押さえることとした。

処置直後の穴埋め部は淡黄色を呈し、母石のくすんだ灰色となじまず違和感があったが、1年足らずの間に自然変色によって母石に近い色合いとなった。

3.4 割損部、欠損部の再接合

屋根古材のうち割損していたものについては、エポキシ樹脂接着剤とステンレス鋼の枘の併用による再接合を行った。また、割損断片が失われたものについては、新石材を同様の方法で接合した。

4．15年経過後の状態

保存修復処置された当初屋根石は元の位置に据えられ、石門全体の修復工事は1985年に完了した。屋根石材の保存修復処置から15年以上が経過した、1999年1月に現地調査を行った。その結果、修復直後と殆ど変わらない良い状態を保っていることを確認した。

土砂の堆積、生物の繁殖等は全くなく、雨が続く時期であったが、樹脂処置された石材には水は全く浸透せず乾いた状態にあった。今後も長期にわたって安定した状態を保持し続けるものと考えている。

沖縄県、重文・園比屋武御嶽石門

P55

展示空間の温熱環境の解析

佐藤豊・武田昭子・中島利誠（昭和女子大学）

展示空間における展示物は、空間内の温度・湿度の影響を受け、そのための環境管理は必要である。特に、展示物の配置により、環境は大きく変化することは、明らかである。展示物の保存の観点から考えると、これらの条件を検討することは大変重要であるといえる。計算機シミュレーションにより、展示計画の段階で展示物への状態を検討することが出来る。

本研究では展示空間の熱流体現象を解析するために、非圧縮性流体として取り扱い、（1）質量保存の式、（2）運動量の保存式、（3）エネルギーの保存式、（4）乱流エネルギー・乱流消失率の式、（5）拡散物質の保存式、（6）状態方程式の諸式を用いて計算を行った。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_j \rho u_i}{\partial x_j} = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\mu\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \rho g_i \beta (T - T_0) \qquad (2)$$

$$\frac{\partial \rho C_p T}{\partial t} + \frac{\partial u_j \rho C_p T}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} K \frac{\partial T}{\partial x_j} + \dot{q} \qquad (3)$$

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_l}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial x_i}\right) + G_S + G_T - \rho\varepsilon \qquad (4a)$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i}\right) + C_1\frac{\varepsilon}{k}(G_S + G_T)(1 + C_3 R_f) - C_2\frac{\rho\varepsilon^2}{k} \qquad (4b)$$

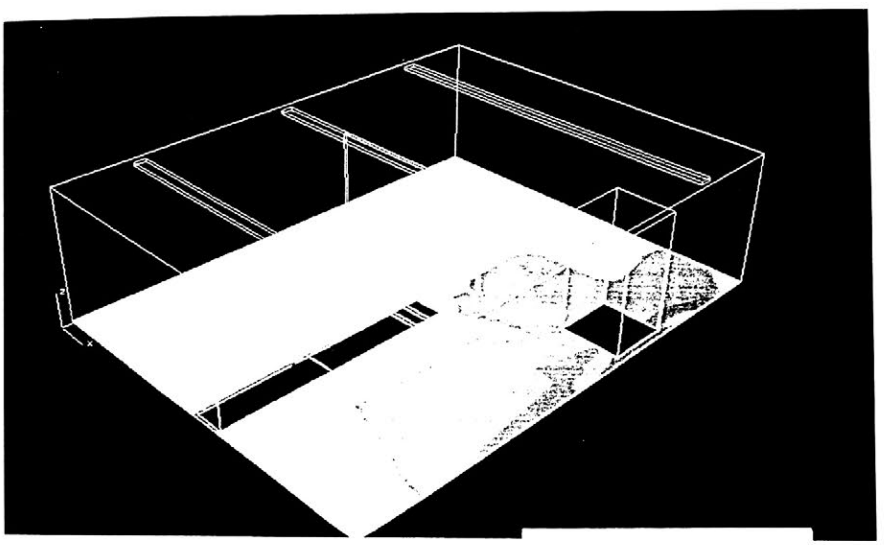
$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial u_j C}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} D_m \frac{\partial C}{\partial x_j} + \dot{d} \qquad (5)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial u_j C}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_j}D_m\frac{\partial C}{\partial x_j}+\dot{d} \qquad (5)$$

$$\rho = 一定 \qquad (6)$$

これらの式中のサフィックスには Einstein の総和規約が適用されている。また、式に現れる変数は x_i：位置座標、u_i：x_i 方向の流体速度、t：時間、ρ：流体（または固体）の密度、p：流体の圧力、μ：粘性係数（$=\mu_l+\mu_t$：分子粘性係数＋渦粘性係数）、g_i：加速度、β：体膨張率、T：流体（または固体）の温度、T_0：流体の基準温度、C_p：定圧比熱、K：熱伝導率、$\dot{q}$：発熱量、k：乱流エネルギー、ε：乱流消失率、C：拡散物質濃度、D_m：拡散係数、$\dot{d}$：拡散物質の発生項、R：気体定数をそれぞれ意味している。

展示空間として　１２５００ｘ１６２００ｘ４５００ｍｍの空間を設定し、天井上部に１２０００ｘ４００ｍｍの吹き出しのある空調装置３基が置かれているものとして、計算を行なった。この空間内に展示物が展示された場合に展示状況により、その展示物の環境条件がどのように変化するかをシミュレーションを行なった。この方法により、展示物にとって最適な配置条件を検討することが可能であることを示した。



展示ケース内の温熱環境上の諸問題と対策

赤沼英男(岩手県博)、宮野則彦(日大)、水谷章夫(名工大)、○宮野秋彦(名工大)

はじめに：文化財の展示ケースは、時代と共にその形態や機能が変化、発展してきているが、通常、建築設計とは別工事となるため、温熱環境との対応については問題が多い。

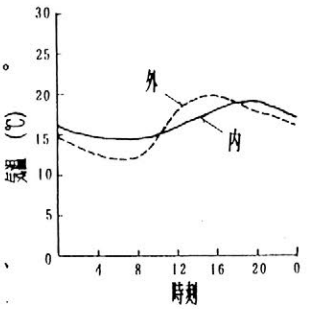
本報告では、特に湿度環境における問題点と対策について述べる。

1．内部湿度から見た展示ケースの分類と調湿力の算定

既報[1]では、展示室の湿度環境の日変化を、透湿タイプ、断湿タイプ、調湿タイプの3つの基本形に分類することができると述べたが、展示ケース内の湿度環境についても全く同様の分類が可能である。図1に、3タイプのケース内温湿度の日変動の特徴を示す。

透湿タイプは、前面が引き違いガラス戸のものや、照明熱を利用した自然換気方式のケースなど、主に在来型がこれに相当する。このタイプのケース内の気温、相対湿度及び絶対湿度は、一般に展示室内のそれらより減幅され、時間遅れを伴って変化する。

これに対して、最近の気密型ケースは断湿タイプに属し、ケース内外の湿度変化の間には相関は無く、展示室の気温変化が減幅と時間遅れを伴ってケース内に伝わり、その結果ケース内の相対湿度に変化が生じることになる。このタイプの場合、ケース内部が吸放湿性の乏しい材料で構成されていると、展示室の冷暖房などの影響で、ケース内が極度の湿潤または乾燥状態となることがある。



調湿タイプは、そうした弊害を除くため、棚板または壁面などを吸放湿性能の優れた調湿建材で内装したケースである。

調湿建材は断熱建材とは異なり、その特性が素材（石質系、土質系、木質系の別[2]）や材料厚を始め、熱流方向（外乱、内乱の別）、温度変動周期（日変動、三寒四温的変動、年変動）、季節（大気の絶対湿度による含水率の相違）などによって異なるため、目的に応じて、材料と工法の選択を適切に行なう必要がある。

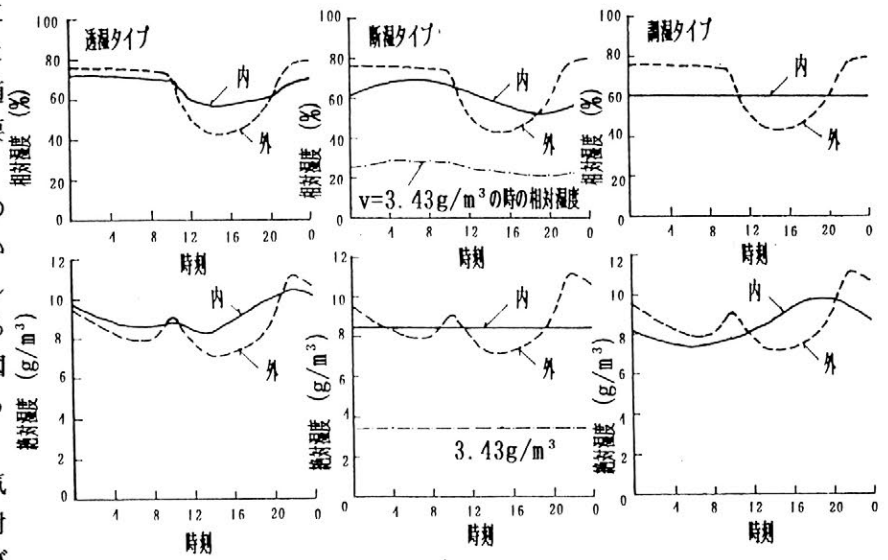


図1　3基本タイプの展示ケース内温湿度変動の特徴

展示ケースの調湿性能については色々な表し方が考えられるが、筆者等は図2の方法によっている。

ケース内の気温θ_i(℃)、相対湿度ϕ_i(%)及びこれより算定し

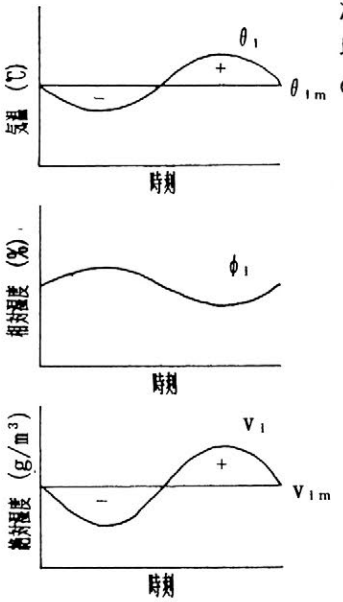


図２　調湿力の算定

た絶対湿度ｖ$_i$ (g/m^3)が図のごとき日変動を示す場合、日平均気温をθ_{im}、日平均絶対湿度をｖ$_{im}$とすると、展示ケースの調湿率ｃ及び調湿力Ｃは下式によって求められる。

$$c = \Sigma \pm \Delta v_i / \Sigma \pm \Delta \theta_i \quad (g/m^3 \cdot ℃)$$

$$C = c \cdot (V/A)$$

$$= (c_1 r_1 + c_2 r_2 \cdots + c_n r_n)\ (V/A) \quad (g/m^2 \cdot ℃)$$

ここに、$\pm\Delta v_i = v_i - v_{im}$、$\pm\Delta\theta_i = \theta_i - \theta_{im}$

c_1、$c_2 \cdots c_n$：仕上面別調湿率(g/m^3・℃)

r_1、$r_2 \cdots r_n$：全内表面積に対する仕上面別面積比

Ｖ：ケース内気積(m^3)、Ａ：ケースの全内表面積(m^2)

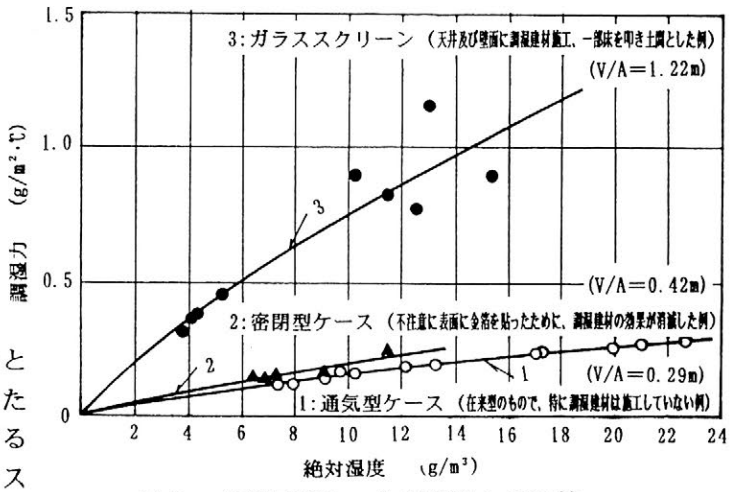


図３　各種展示ケースの調湿力の比較

２．展示空間の大型化による問題点と対策

保存環境への関心の高まりと共に、従来露出展示されていた文化財をケースに収納展示する場合が増加するに従ってケースの大型化が進行してきた。最近では、特に大型の文化財の展示には、その周囲をガラススクリーンで区画する方式が採用されることが多い。こうした展示空間の大型化は、吸放湿能力の低いガラス面の増加を伴うことが多く、加えて上記のＶ／Ａ値が大型化により飛躍的に増大するため、単位内表面積あたりの調湿分担気積が増加して調湿能力に不足を来す恐れが生じることになる。

また、気密化された従来形式の展示ケースでも、ケースの調湿能力が小さいと、絶対湿度の低い冬季に、暖房による気温上昇でケース内が甚だしい低湿度となることがあり[3]、木彫などの割裂事故が発生する恐れがある。従来のケース内湿度については、湿潤・カビ対策を主眼とした傾向があるが、今後は低湿度対策についても考慮する必要がある。

図３の密閉型ケースの例では、荘厳する目的で、調湿建材の表面に、展示業者が不用意に金箔を貼ったために調湿力が激減して木彫が割裂した。一方、通気型ケースでは、ケースの調湿力はこれと同程度であるが、これまでに湿度環境による事故は生じていない。

ガラススクリーンの例は、天井、壁及び床面下に調湿建材を施工し、更に冷暖房による過乾燥化に備えて一部コンクリート床を抜いて三和土を施工した場合で、冬季の調湿力が 0.4～0.5 g/m^2・℃、夏季は 1.1～1.3 g/m^2・℃と極めて良好な調湿効果が得られている。

1)：宮野秋彦、赤沼英男：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、日本文化財科学会、第14回大会、1997年6月.

2)：赤沼英男、宮野則彦、神谷清仁、村田豊、水谷章夫、宮野秋彦：保存環境湿度と材料の含水変化の関係、日本文化財科学会、第15回大会、1998年7月.

3)：赤沼英男、宮野秋彦：文化施設における展示環境の過乾燥化の実態について、日本文化財科学会、第13回大会、1996年6月.

P57

千葉市・加曽利貝塚遺跡における遺構保存を目的とした環境調査（Ⅱ）

○朽津信明・青木繁夫（東京国立文化財研究所）

【はじめに】

千葉市・加曽利貝塚遺跡では、覆屋内で遺構を保存し公開する試みが行われている。昨年は、その覆屋内の非公開時の環境データを公表したが、今回は公開以降の環境データの変化を公表しながら、遺構保存の方向性を議論する。

【経緯と現状】

加曽利貝塚遺跡の住居跡群保存施設では、1970年以降、覆屋内で遺構の公開を行っていたが、1997年より約一年間に渉って遺構面の公開が中止され、加曽利貝塚博物館によって遺構面のクリーニングや合成樹脂含浸（ポリシロキサン樹脂）、遺構面と通路とを区切る仕切ガラスの交換などの保存処置が行われた。そしてその後、1998年7月から、再び一般公開が行われているが、今回は公開以降の環境に関する報告を行う。

【環境計測】

計測を行ったのは、昨年報告したのと同様な覆屋内の温度、湿度、蒸発量、壁面温度、遺構の土壌表面温度、体積含水率等の各データの経時変化と、今回新たに観察した付近の地下水位の変動、降水量である。また、仕切ガラスが交換されたため、覆屋内の温度・湿度については、見学者用の通路部分とガラス内の遺構側とでそれぞれ計測して比較した。土壌含水率と地温は、遺構面の位置による違いと樹脂含浸の有無による違いを見る目的で、図1に示すA（炉・処置あり）、B（エッジ・処置あり）、C（中央部・処置あり）、D（エッジ・処置無し）、E（中央部・処置無し）の5地点を設定して計測した。また各地点は、週に一回の写真撮影により表面状態の変化をモニターした。

【結果】

覆屋内の湿度は、非公開時には常に湿度計の計測限界（95%）以上だったものが、公開後には、公開中の日中には若干低下する傾向が見られはじめた（図2）。しかし、見学者用の通路部分に比べればガラスの内部の遺構側の湿度低下は少なかった。蒸発量は年間20mm程度で、非公開時に比べれば若干増えているが、依然極めて小さい値であった。室温・地温、壁面温度は、非公開時の変動と大差なく、4～30℃程度の範囲で緩やかに推移した。土壌含水率は、炉（A）では低め（22%程度）、樹脂施工のある中央部（C）で高め（60～70%程度）で安定し、その他の地点では冬季にやや低下する（45～55%）という、これも傾向としてはそれ程非公開時の状況と変わらない結果だった。特にエッジ部で比較すると、含浸樹脂含浸のある部分（B）の方が処置のない部分（D）

に比べて、冬季の含水率低下が乏しいという状況は、公開以降も引き続き観察された（図３）。なお、地下水位は地表面下約 17m の地点で極めて安定しており、日々の降水量の大小には殆ど影響を受けていなかった。遺構面の状態を見ると、保存処置以前は、エッジ部では冬場に顕著な塩類の析出が見られたが、樹脂施工があったエッジ部であるＢ地点では、公開以降に迎えた冬場にも、そうした析出物は見られず、概して遺構の状況は安定していた。

【環境の評価と今後の展望】

非公開時に比べて公開以後は、若干の湿度低下や僅かな蒸発量上昇など、小さな環境変化は観察されたが、それも見学者用の通路と遺構面とを仕切るガラスの交換によって、遺構面側の環境変化は最小限に留められているように感じられる。また、樹脂含浸の行われた部分では、それのない部分に比べて公開以降も引き続きその含水率の低下が小さく保たれており、この点でも保存処置の効果が評価される。実際、少なくとも処置の施された遺構面は現在非常に安定して見え、遺構の保存環境と言う面では良好な状態が確保されていると思われる。ただし、その活用という側面で考えると、遺構は夏場には極めて高湿度かつ高温になっており、見学環境としては好ましくない状況となっている。従って、今後は見学環境と保存環境との共存・並立という視点での考察も必要となろう。

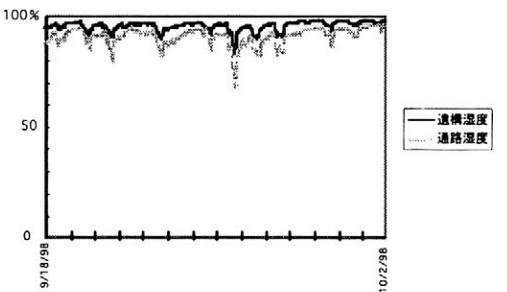


図２．仕切ガラス内外での湿度の比較

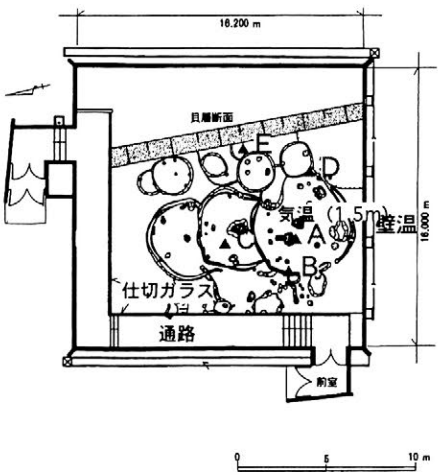


図１．住居跡群平面図

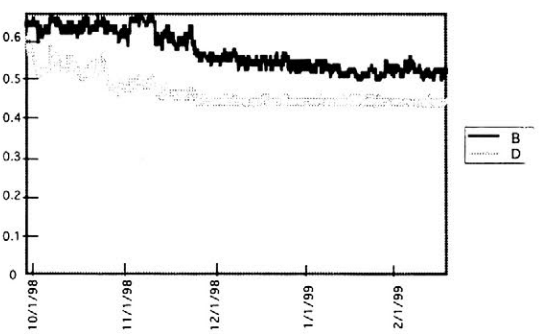


図３．樹脂施工の有無による含水率低下の比較（B:処置あり、D:処置無し）

P58

比抵抗探査データの２次元逆解析手法の提案

○森　正人・松浦孝昌・亀井宏行（東京工業大学）
中井正幸（大垣市教育委員会）・工藤博司(桜小路電機㈲)

はじめに

筆者らは地形的制約から従来十分な探査成果が得られなかった古墳墳丘の電気探査において、可能な限り深い深度まで高精度に探査しうる電気探査法の開発を目指している。墳丘上の探査では狭い探査領域しか設定できず、電極の展開幅や測点の移動が制限される事が多い。このため２本の電極のみを墳丘上に展開する２極法が、しばしば採用されるが、遠電極を墳丘外に配置するので地形の影響を大きく受けてしまう。これに対してウェンナ法は全ての電極を墳丘上に配置できるため、２極法より地形の影響を受けずに済むので、墳丘上の探査に適した電極配置法といえる。しかし、見掛比抵抗断面から真の比抵抗分布を求める２次元逆解析について両者を比較すると、２極法のアルゴリズムが実用段階である[1]のに比べ、ウェンナ法のアルゴリズムは計算が複雑になってしまうためか、開発が進んでいないのが現状である。そこで、本研究においてはウェンナ法を用いた２次元逆解析手法の提案を行う。

逐次ABIC最小化法

地表の電位分布から地下構造推定を行う２次元逆問題では解の一意性が保証されないため、何らかの拘束条件が必要となる。本研究においては、地中の比抵抗分布は滑らかに変化するという条件（平滑化拘束条件）を導入した最小自乗法を採用し、そこに平滑化の度合い（平滑化係数）を決定するための客観的基準としてベイズ推定に基づく情報量基準ABICを導入した。開発した逆解析アルゴリズムの手順は以下の通りである。①測定で得られた見掛比抵抗分布を初期値とした地下構造モデルを設定。②有限要素法による順方向解析。③複数の平滑化係数についてABICを計算し、最適な平滑化係数を決定する。④最適な平滑化係数のもとでモデルの修正値を算出し、モデルの修正を行う。⑤解が収束するまで②～④を反復する。

最小自乗法の各反復ステップでABICに基づき最適な平滑化係数を決定することによって、アルゴリズム全体の演算所要時間を短縮することが出来た。以上のアルゴリズムを以下「逐次ABIC最小化法」と呼ぶ。

実際の探査データへの適用

開発した逐次ABIC最小化法を岐阜県大垣市にある昼飯大塚古墳の後円部墳頂で実施した探査データに適用し、本手法の有効性を検討した。図１に電極間隔1.5mの見掛比抵抗平面を示す。見掛比抵抗平面では幾つかの低比抵抗異常が観測され、複数の粘土槨のような埋葬主体の存在を連想させる。次に、第17測線（図１中の破線）の見掛け比抵抗断面（図２）に対して本手法を適用して２次元逆解析した結果を図３に示す。図３では、8m付近に見掛比抵抗データでは観測されなかった高比抵抗異常が出現している。この位置では後の発掘調査により、上部を粘土層で覆われた石室が発見され、解析結果と発掘調査の結果が符合した。

むすび

墳丘上でのウェンナ法を用いた比抵抗探査データの２次元逆解析手法の開発を行った。この逆解析のアルゴリズムでは、平滑化拘束を導入した最小自乗法の各反復ステップでABICに基づき最適な平滑化係数を選択することによって、アルゴリズム全体の演算所要時間を短縮することが出来た。さらに、実データに適用したところ、逆解析結果と発掘調査の結果とが符合したことから本手法の有効性が確認できた。

［参考文献］

1）島　裕雅他：「建設・防災・環境のための新しい電気探査法　比抵抗映像法」、古今書院（1995）

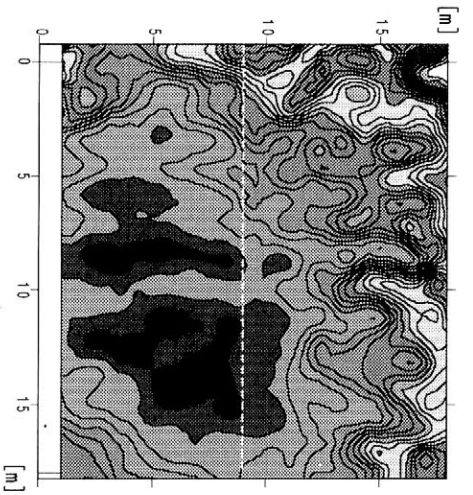


図１　昼飯大塚古墳見掛比抵抗平面図（Wenner　電極間隔1.5m）

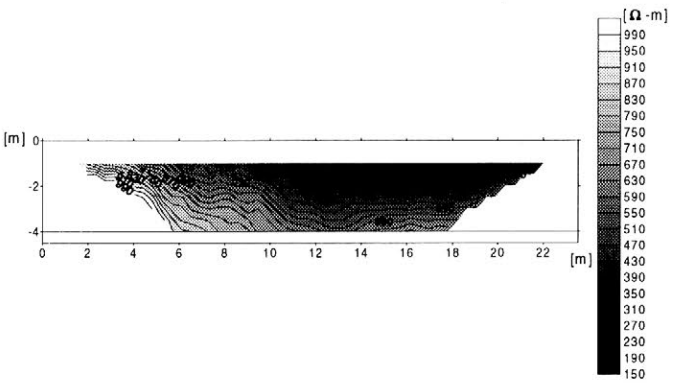
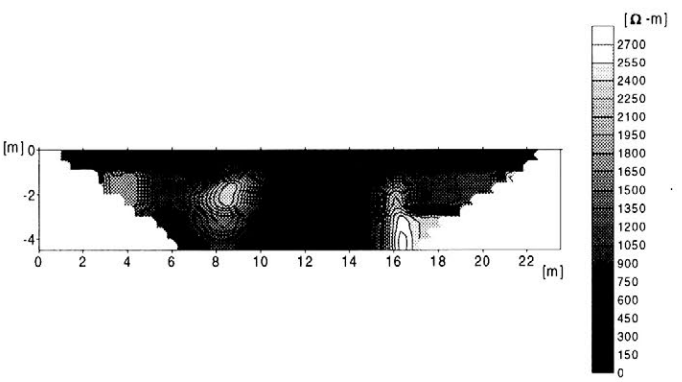


図２　第17測線見掛け比抵抗断面図



第３図　第17測線２次元逆解析結果（比抵抗分布）

P59

地中レーダ探査とボーリングを組み合わせた古地形復元
――岐阜県昼飯大塚古墳の周濠探査――

○亀井宏行（東京工業大学），中井正幸（大垣市教育委員会），工藤博司（桜小路電機(有)）

はじめに

地下断面がリアルタイムで観測できる地中レーダは，考古遺跡探査の有効な手段として利用されているが，レーダ像中に見られる対象物までの正確な深度は，土壌の比誘電率が既知でなければ推定できず，実際の発掘現場で探査結果との不整合が問題となる場面もしばしば生じる．トレンチ試掘で確認するのが確実な方法であるが，経費，時間，地権者の了解など大きな問題となる．トレンチ試掘に替わるものとしてボーリングが考えられるが，ここで必要とされるボーリングは高々数mの深度までのコア抜きが簡単に行えるものとなる．装置も大掛かりでなく持ち運びが容易なものが必要とされる．今回そのようなボーリング法として SCSC 式ボーリングを採用し，実際に地中レーダ探査と組み合わせ，地下の古地形復元を試みた．

1．SCSC式ボーリング

SCSC 式ボーリングは，ハンドオーガーと機械ボーリングの中間に位置する機械簡易ボーリングで，土壌汚染調査のために地層汚染診断・修復簡易化研究会（Soil Check&Cleaning Simplification Consortium，略称SCSC）により開発されたもので，対象地質のN値15が以下，最大コア径60mm，最大探査深度は15mという制限はあるが，小型動力ハンマーでビニールチューブとともにサンプラーを無水で打ち込み，原位置の不撹乱に近い砂や砂礫層を含むオールコアの採取が可能，持ち運びも容易で傾斜地や壁際など狭いところでも可能など，遺跡での調査に最適な特徴を有している．

2．探査結果

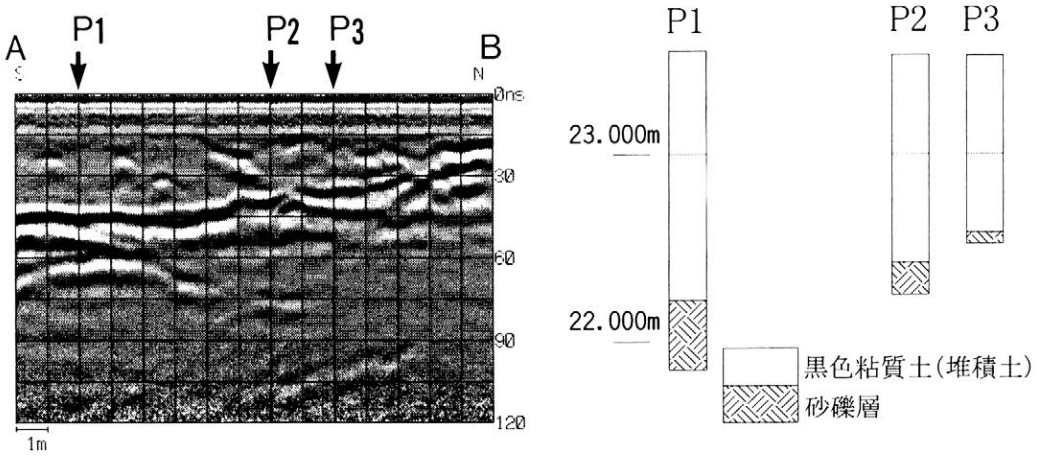
岐阜県大垣市にある昼飯大塚古墳は，4世紀後半築造の復元墳丘長150mに達するこの地方最大の前方後円墳で，今回解析した地中レーダ探査は，周濠調査を目的として平成6年4月に行われた．ボーリング調査は平成10年12月に行われ，2日間で16本のコアを採取した．図1に地中レーダ像と対応するボーリング結果の一例を示す．図中左側が墳丘側で，墳丘から遠ざかるにつれ周濠が浅くなっていく様子が読み取れる．図中左から，P1，P2，P3地点でのボーリングコアから読み取れる周濠の深さは，地表面からそれぞれ1.344m，1.112m，0.948mである．地中レーダ像とボーリング結果から，地表から周濠底までの土壌の比誘電率を算出すると，P1からP3の順に，24.3，26.2，28.6となる．浅くなるにしたがって比誘電率が大きくなっていることから，地表面に近い土壌の含水率が大きいことがうかがえる．この地点が水田内ということから納得できる結果である．

土壌の比誘電率が一様ではないことが分かったが，中間値26を使い，地中レーダ探査データから墳丘北側2面の水田下の古地形復元を試みた結果を図2に示す．等高線は現地表面からの深さを表し，間隔は2.5cmである．

図2中○で囲んだ所に，周濠を横切る渡り土手（陸橋）の構造が認められる．さらにそれに続く墳丘上に見られる等高線のひずみから，墳丘上にも陸橋から延びる構造物が存在していた可能性がうかがわれる．

むすび

遺跡探査に適した機械簡易ボーリング法を採用し，地中レーダ探査データの正確な読み取りを行い，昼飯大塚古墳の周濠地形復元に成功し，ボーリングと地中レーダ探査の組み合わせの有効性を確認した．この結果新たな陸橋部とそれに続く墳丘上の構造物を発見することができたが，今後の発掘調査によりこの構造体の考古学的意味を明らかにしていきたい．



(a)地中レーダ像　　(b) P1, P2, P3 地点のボーリング結果

図1．地中レーダ像とボーリング結果（図2中，測線ＡＢ）．

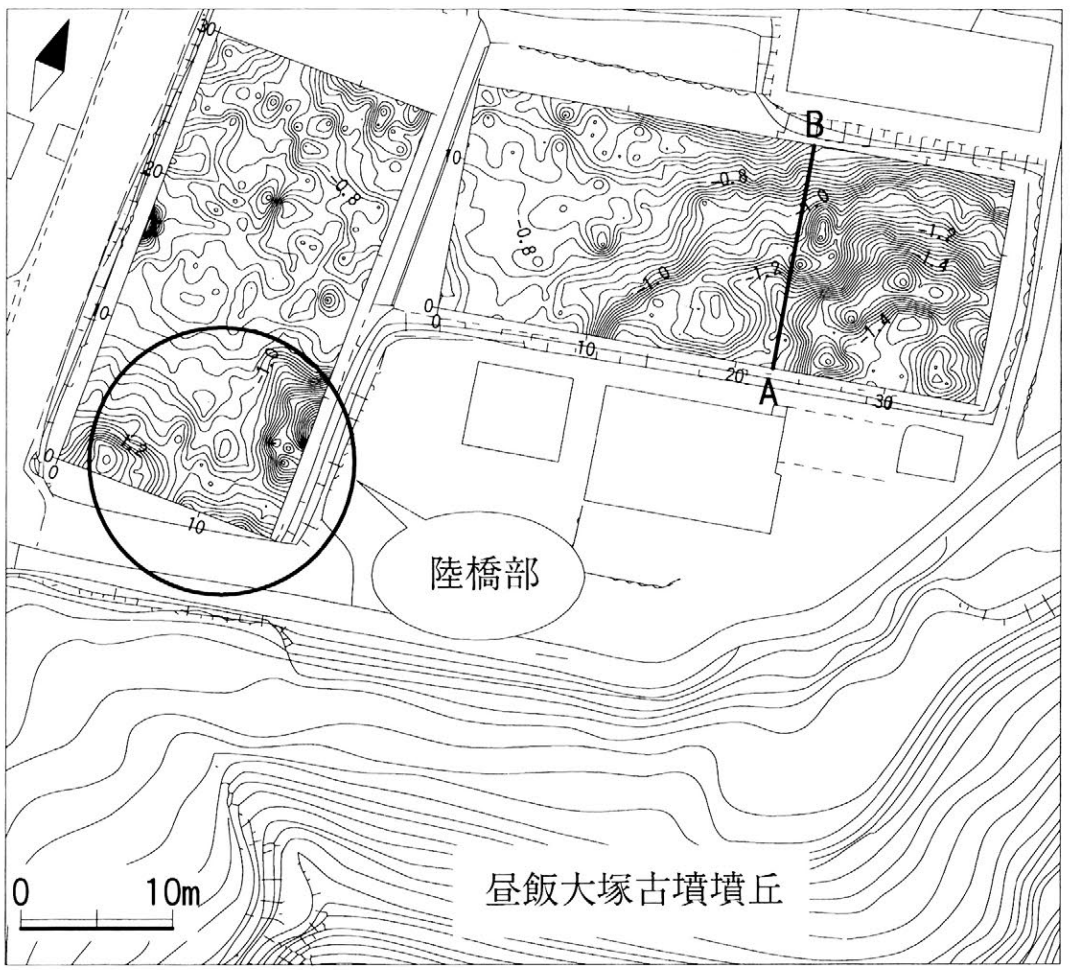


図2．昼飯大塚古墳前方部北側水田内の古地形復元図（地表からの深度，等高線間隔2.5cm）．

P60

レンジファインダを用いたリアルタイム遺構計測の試み

— 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（5） —

○塚本敏夫　増澤文武（財団法人元興寺文化財研究所）
佐藤宏介（大阪大学）　小浜　成（大阪府教育委員会）

1．はじめに

考古学の研究は遺構とそこから出土した遺物の形式学的研究が基礎となっている。したがって、遺構、遺物の持っている情報を最大限に引きだし、その資料的価値を残すことが重要である。特に、遺構情報は破壊を前提とした記録保存である場合が多い。しかし、膨大な発掘量を抱え、十分な情報を記録する時間を取れないのが現状である。

特に、発掘作業において、遺物の出土状況の記録を正確にかつ迅速に記録することは遺物の保存の立場からも重要である。しかし、手測りが中心の図面作成では精度的に満足出来るものではない。また、その作業は時間がかかり、ともすれば遺物の保存に対して悪影響を及ぼす場合もある。したがって、文化財の発掘作業において短時間で正確なデータを取ることが出来る計測システムを開発することが急務である。

本報告では三次元形状計測装置を用いた新しい遺構計測システムを昨年までの予備実験を基に実際の発掘現場で実施した事例を中心に紹介する。

2．遺構でのリアルタイム計測試験

リアルタイム遺構計測システムの現場での実施試験として、大阪府富田林市に所在する新堂廃寺の発掘現場を用いた遺構でのリアルタイム計測試験を行った。

（1）計測対象模擬遺構

遺構は大阪府富田林市に所在する新堂廃寺の発掘現場を用いた。ここでは瓦包含層を計測対象とした。

（2）レンジファインダの選定

レンジファインダには①計測スピード②視野範囲③操作性（可搬性）④計測精度からミノルタ製VIVID700を選定した。

（3）発掘状況のリアルタイム計測試験

発掘調査の工程に従い、遺物包含層を手測りで計測した後、刷毛を使って表面の土を徐々に取り除き、遺物を取り除きながらその都度計測を行って発掘作業を進めた。

（4）計測結果

計測試験の結果、現場での遺構計測にもレンジファインダが有効であることが確認できた。写真－2に発掘工程毎の遺構の三次元状態図を示す。（上段はテクスチャマッピング図、下段はシェーディング図）

写真－1　新堂廃寺での計測風景

3．システムの改良点

計測試験中に気が付いたシステムの改良点をハード、ソフトの両面ついて下記に示す。

（1）　ハード面

①ロングレンジのレンジファインダの開発

現在の視野範囲は１ｍｘ１ｍ程度であり、遺物包含層の計測には最低２ｍｘ２ｍ程度の視野範囲が必要であり、今後の計測器の開発課題となろう。

②データ転送方式の選択性

リアルタイム計測のためにはノートパソコンとのデータ転送がリアルタイムに行えなければならない。現在はSCSI ケーブルとコンパクトディスクでのデータ転送であるがSCSI ケーブルでは作業性に問題がある。今後は赤外線通信等の無線方式のデータ転送方法を考えるべきである。

③電源

現在は AC 電源のみの作動であるが、現場で電源が確保出来ない場合や延長ケーブルでの電圧降下による作動不良が起こる場合があるのでバッテリーの携帯が必要となろう。

（２）　ソフト面

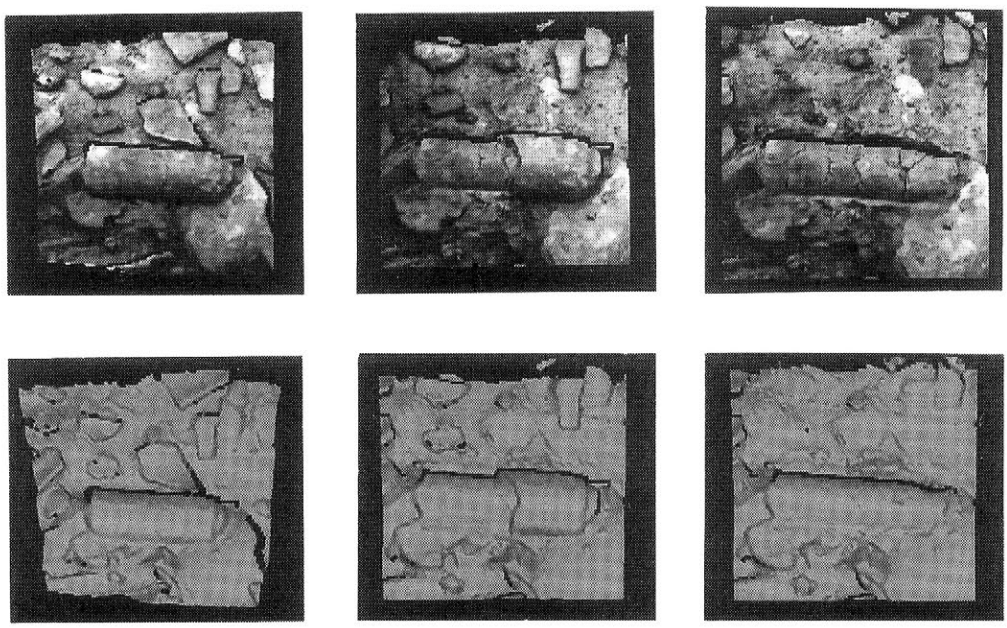
①フィールドノートの開発

計測した遺物データをその場で個体識別し、取上げ時の情報を手書き文字入力できるようなフィールドノート機能を備えた現場計測用のユーティリティソフトと専用ノートパソコンの開発がデータ取得後の解析に不可欠であり、早急に開発する必要がある。

尚、多視点画像の統合についての問題点はここでは割愛する。

４．おわりに

出土状況の遺構計測へレンジファインダを用いた新しい遺構計測法が有効であることが確認できた。今後は予備実験から得られた改良点を踏まえて、再度発掘現場での実証試験を行い、実用性の高い計測システムとすることと計測したデータの有効な表現方法（可視化方法）や活用方法を含めた画像処理方法について考えて行く予定である。



写真－２　発掘工程毎の遺構の三次元状態画像

P61

文化財のフィールド調査のための簡易携帯型蛍光X線分析装置

○今村峯雄（国立歴史民俗博物館）、神庭信幸（東京国立博物館）

1. はじめに

市販のシリコン・ピンダイオード検出器（電子冷却、分解能：CuKαで240eV)を用い、これとリング状の低線量放射線源（密封した^{241}Am：50 μC)とを組み合わせることにより、持ち運びに便利な小型の蛍光X線分析システムを製作した。この装置を用いると、空気中では、カリウムからセレンにかけての元素、スズからバリウムにかけての元素、白金族および鉛等の元素を比較的感度よく検出できる。主要元素については10-20分の測定で分析が可能である。本装置は、考古遺物の一次調査、建造物に付随する金工品、壁画・絵画顔料の調査などに有用であると考える。装置の構成・基礎データ・考古遺物や絵画顔料の分析例などについて報告する。

2. 装置の構成

本装置の構成をFig.1に示す。測定装置の本体は市販のシリコン・ピンダイオード検出器（分解能：CuKαで240eV、有感面積：7 mm^2)とドーナツ状の低線量放射線源（密封した^{241}Am)とを組み合わせた構成である。シリコン・ピンダイオードは、検出器筐体に内蔵のペルチェ冷却素子で-20〜30℃に冷却され熱雑音を抑えている。最近は有感面積が13 mm^{2}のものも市販されている。本装置の試作段階での予備測定結果については、すでに報告してきた[1,2]が、その後、励起線源と測定対象の距離を測るためのレーザー距離計を組み込み、測定ヘッドとして一体化し、小型カメラタイプの大きさにまとめた（Fig.2)。この測定ヘッドにはx-yステージが接続され、測定部位の表示とともに、測定対象までの距離を0.1mmの精度で調整することができる。レーザー距離計は測定条件の再現性を保証するためで、平滑な表面をもつ資料については定量分析も可能となる。重量はヘッドが約1kg、x-yステージを含めると1.6kgである。またヘッド、ステージにはカメラ用の三脚が接続でき、フィールドでの使用に便利な形とした。なお三脚をのぞく全体は電源も含めて小型のキャリアーケースに入れて片手で持ち運ぶことができる。

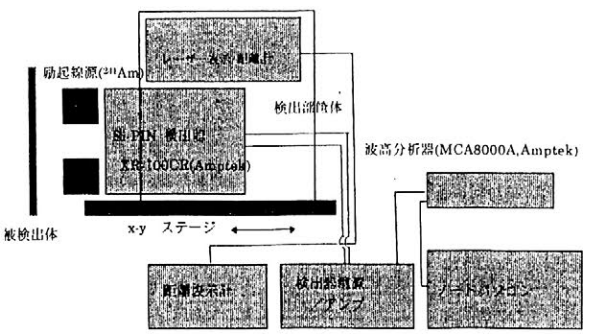


Fig.1 携帯型簡易蛍光X線分析システム

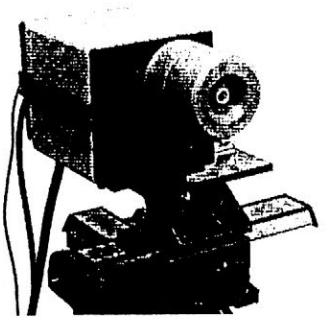


Fig.2 検出器のヘッド部分

3. 測定

対象物の表面から5-7mmの距離で測定した場合、対象物の径10-15mmの範囲内の蛍光X線が観測される。距離を大きくとると広い範囲を測定することになり、また介在する空気層によってX線の吸収が起こるので望ましくない。測定時間については、主要元素の情報は10分程度の測定でも十分である。Fig.3は絵画の顔料の予備調査に使用した例を示す。表面から7mmの距離で500秒の測定である。

Fig.4は微小な考古遺物（赤色顔料を含む小片）の測定例を示す。この例では16.5時間の積分のスペクトルが示されているが、高エネルギー領域に、励起線源からのX線のコンプトン散乱線がみえる。このコンプトン線は資料の厚みが増すと大きくなるので^{241}Am励起源の場合12-21 keVの領域の蛍光X線の測定は一般には困難となる。

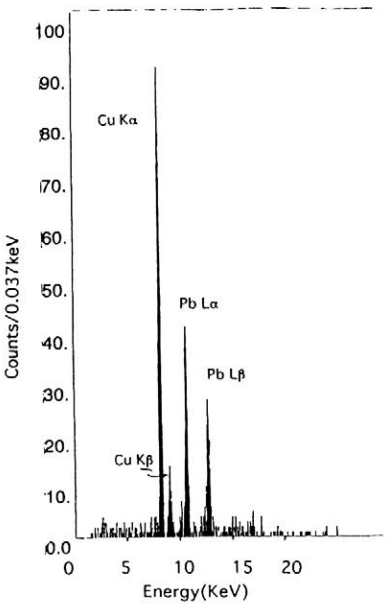


Fig.3 「悲しみの聖母」（南蛮文化館蔵）の濃青緑色の衣の部分のX線蛍光スペクトル．Cuから塩基性炭酸銅を成分とする天然鉱物のAzurite（$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）またはMalachite（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$），あるいは人造顔料のBlue verditer，Pbからは下地あるいは青緑色顔料に混ぜられた鉛白（$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$）が推定される．測定時間500秒．

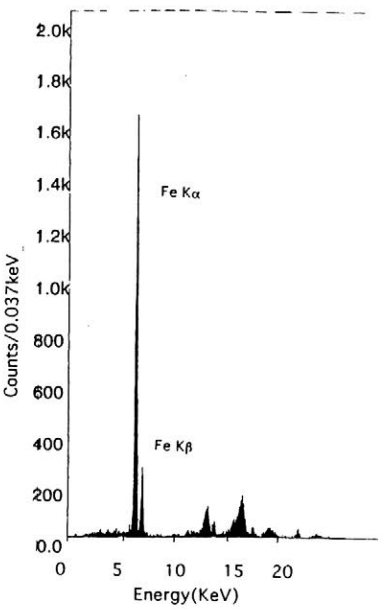


Fig.4 縄文の櫛状遺物表面からの赤色物質、~2x~3mmの小片（秋田・大湯遺跡、鹿角市教育委員会提供）のX線蛍光スペクトル．純度の高いベンガラと推測される．高エネルギー側に励起源のコンプトン散乱線が見える．測定時間16.5時間．

4. まとめと今後の課題

シリコン・ピンダイオード検出器、リング状の低線量放射線源、レーザー距離計を組み合わせて一体化した、軽量の簡易携帯型蛍光X線分析システムを製作した。全体は小型のキャリアーケースで電源・スペクトル解析システムともども携行できる。放射線源は規制値以下のものを用いているので使用上の問題はない。本装置は、考古遺物の一次調査、建造物に付随する金工品、壁画・絵画顔料の調査などに有用であると考えられる。カリウムよりも重い元素の測定に有効であるが、励起源等の選択を工夫するとさらに軽元素側の測定も可能と思われるので今後の課題である。

謝辞：本装置の試作段階で高エネルギー加速器研究機構の伊藤寛氏にシリコン・ピンダイオード検出器についていろいろ教えていただいた。また測定ヘッドの一体化のデザインはセイコーイージーアンドジー（株）の今城・植之原の両氏にお願いした。以上の諸氏に感謝の意を表します。

References：1)伊藤寛、今村峯雄、神庭信幸：第35回理工学における同位元素研究発表会、国立教育会館、1998年6月29日－7月1日.
2)伊藤寛、今村峯雄、神庭信幸：RADIOISOTOPES,48(1999)113-116.

P62

OSL・TL・ESR 法による焼石・焼土の被熱温度の推定(2)

～TL法・OSL 法による被熱温度推定の基礎的研究～

○奥山　誠義(奈良教育大学大学院)　　長友　恒人(奈良教育大学)

1.　はじめに

OSL・TL・ESR 測定は資料に含まれる鉱物が吸収した放射線量を測定するという共通点を有した測定法であるが、その測定する物理現象には互いに相違点があるため、試料が獲得した温度に対する異なった情報を得ることができる。

そこで本研究では、加熱された可能性のある同一の試料について、TL・ESR 測定、さらに OSL 測定を行い、3種類の測定結果を総合的に判断することによって、遺物の獲得温度を推定する方法の検討を進めている。本件では昨年に TL 法と ESR 法による被熱温度推定に向けた可能性が得られた結果に続いて、OSL 法による被熱温度推定に向けた基礎的実験を行った結果を報告する。

2. 目的

これまで様々な方法により、土器を中心に被熱温度の推定が行われているが、先史時代の遺物や遺構(石器、炉跡)に限ると、その推定例は多くはない。これらの遺構・遺物について、被熱温度推定法の確立が必要であり、従来肉眼によって判断されてきた焼け石や炉跡などの被熱痕跡についても、自然科学的な被熱温度推定法を適用することが望まれる。

3. 資料

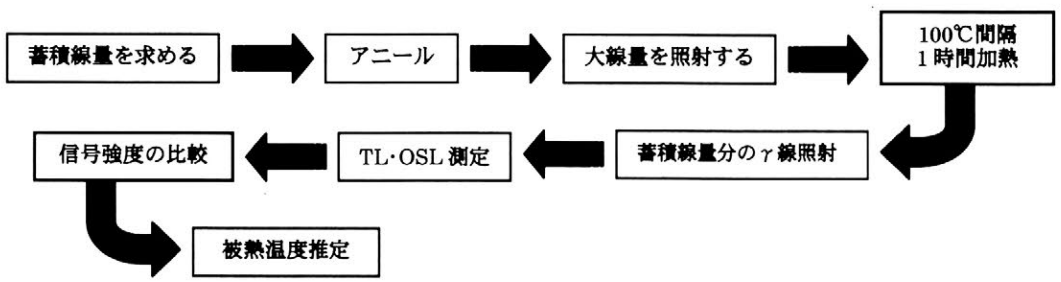
焼け石　3点　(焼け石ⅠとⅡ、Ⅲ)

焼け土　1点

試料処理は通常の TL・OSL 測定試料と同様な処理を行った。

4.　測定

被熱温度推定までの手順は以下による。



5.　結果と考察

TL 測定によって得られた加熱温度と TL 強度との関係について例示する。

焼け石Ⅰ、焼け土の加熱処理試料の TL 測定から得られたグローカーブが図 1、2(a,b)であ

ここで Natural(非加熱試料)のTL強度と、これらの TL 強度を比較し、Natural の受けた熱温度を推定するため、TL 強度に対して加熱温度をとっていくと図 3、4 のようになった。

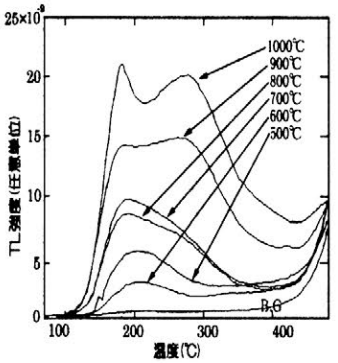


図 1　焼石 I の加熱処理試料のｸﾞﾛｰｶｰﾌﾞ

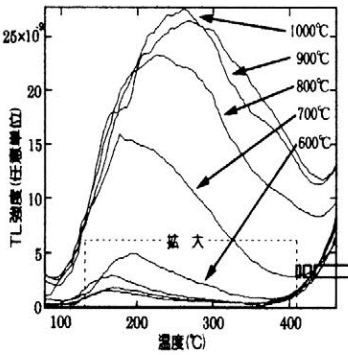


図 2-a　焼け土の加熱処理試料のｸﾞﾛｰｶｰﾌﾞ

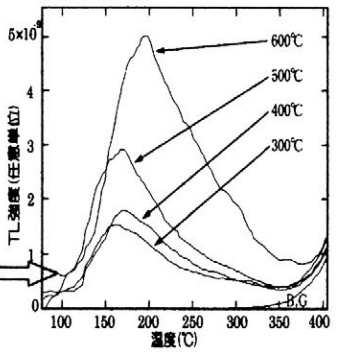


図 2-b　焼け土の加熱処理試料のｸﾞﾛｰｶｰﾌﾞ(部分拡大)

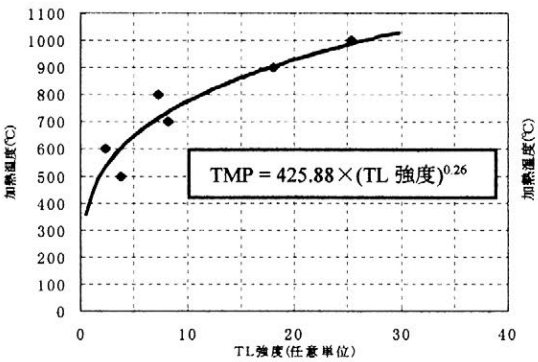


図 3　TL 強度に対する加熱温度（焼石 I）

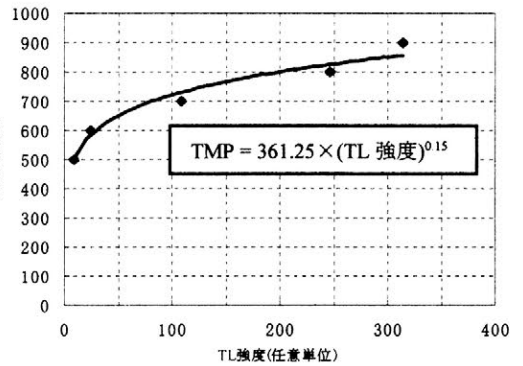


図 4　TL 強度に対する加熱温度（焼土）

この2例のTL測定では、図3・4中に見られるような近似曲線がえられ、これらの近似式において Natural(非加熱試料)のTL強度(0.602、13.5275)から被熱温度を求めたところ、焼け石 I と焼け土ではそれぞれ 373℃、534℃となった。

図 4 では加熱温度 500℃から 600℃にかけて傾きが急になり、それ以上の温度ではなだらかになっている。石英には、常圧下では 573℃(低温型→高温型石英)、870℃(高温型石英→トリディマイト)、という相転移点が存在することが知られており、図4では相転移点に近いところで TL 強度の変化が見られることから、この相転移が関与している可能性がある。

相転移は加熱時に起こっているもので、冷却後は通常は低温型へ移行するものであるが、相転移により TL、OSL の原因となる格子欠陥、不純物中心に変化が起きていることがこの感度変化の要因であると推定される。

今後は、この感度変化がどのような原因によるものであるかを更に確認する必要がある。

P63

四分遺跡発見の合葬墓

深澤芳樹（奈良国立文化財研究所）　鈴木恵介（奈良国立文化財研究所）
片山一道（京都大学）　杉原清貴（京都大学）

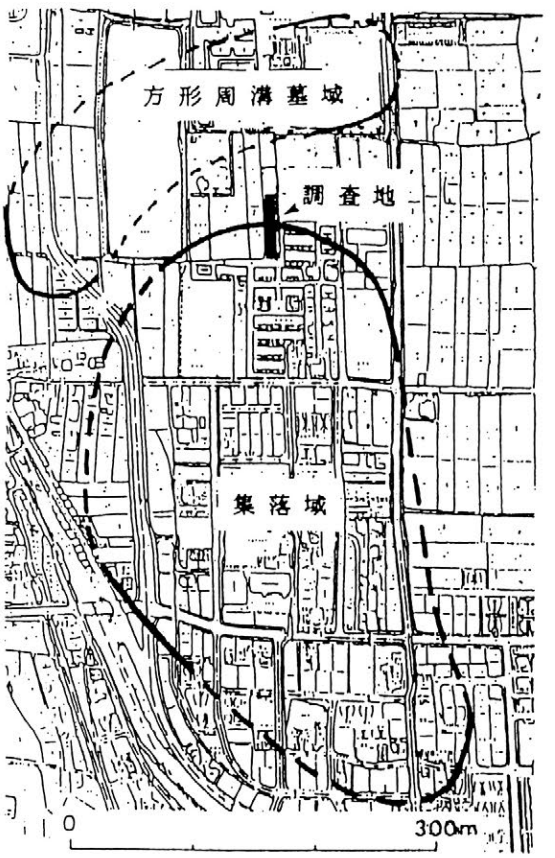
はじめに

藤原宮西方官衙の下層には、奈良県下でも屈指の弥生時代集落である四分（しぶ）遺跡が存在する。遺跡の範囲は、東西300m、南北600mにおよぶと推定される。

奈良国立文化財研究所は、1998年4月～6月に藤原宮西南隅部（奈良県橿原市縄手町）で飛鳥藤原第85次調査を行った。その結果、その集落域北辺の環濠部分において、弥生時代中期末に属する合葬墓一基を発見した。四分遺跡では、土壙墓は第79・第80次に続いて、これで3例目である。なお人骨の遺存状態はきわめて良好であった。（奈良国立文化財研究所「西方官衙南地区の調査　第85次」『奈良国立文化財研究所年報1998－Ⅱ』1998）

合葬墓の検出状態

副葬品はないが、堆積関係から、本墓は弥生時代中期末に属する。東西1.85m・南北0.88mの墓壙に、2体の成人男女を、頭部を西と東にして交互に横たえていた。ともに上肢を曲げた仰臥伸展葬である。板蓋の痕跡があった。人骨の重なり方から、追葬ではなく、合葬である。なお、土壙内の土壌は、分解が進んでいて、有意な花粉・寄生虫卵は検出できなかった。

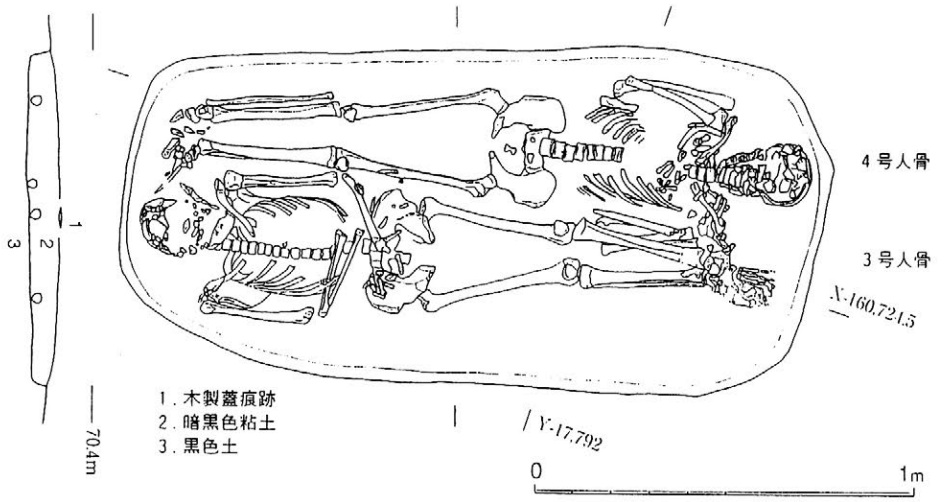


四分遺跡の広がり

性別と死亡年齢

3号人骨は、大座骨切痕が大きく開き、寛骨臼が小さめなど、女性の骨の特徴を有している。鎖骨の胸骨端が未癒合であったことから、25歳には達しない可能性が高い。

4号人骨は、左右の大座骨切痕は男性の典型といえるほどの形状をしている。鎖骨の胸骨端に一部にだけ骨端線が残っており、ここが癒合を完了する25歳前後からさほど経年しない年齢で死亡したことを強く示唆する。



第３・第４人骨出土状態（１：２０）

人骨細部（１：３号人骨内の石鏃、２・３：４号人骨の切傷）

死亡の背景

３号人骨（女性）は右胸に石鏃が射込まれており、４号人骨（男性）の左肩甲骨・腸骨などには、金属製利器によるとみられる多数の傷跡が残っていた。治癒反応はない。ほぼ同時に二人を襲った死が、同じ墓壙に合葬させることになった一因であろう。

合葬墓を営んだ時代、近畿地方は急激な鉄器化が進行し、社会的に大きく動揺した時期にあたっている。まれにみる保存良好なこれらの人骨が、今後の多角的な分析によって、その殺害方法はいうにおよばず、顔だち、体格、栄養状態および身体の使い方にいたるまで、この地方の当時の人々の具体像について、多岐にわたる情報をもたらすものと期待される。

P64

天理市長寺遺跡から出土した弥生時代の人骨について
－人骨の保存方法と復顔－

松本洋明（天理市教育委員会）
片山一道（京都大学霊長類研究所）

（１）はじめに

天理市の北部、櫟本町に所在する長寺遺跡は弥生時代から室町時代にかけての複合遺跡である。平成５年度の発掘調査では、弥生時代中期の井戸遺構が見つかり、その内部から人骨が出土したもので、深さ3.5mの井戸底から頭骸骨が出土し、その付近から下顎骨、頸椎、胸椎、肩甲骨、鎖骨、上腕骨、前腕骨、手骨など残片も含め出土した。調査終了後、京都大学霊長類研究所の片山一道氏に分析を依頼したが、人骨は、井戸底に堆積していた水質性のある粘土層から出土したため、調査後は数カ月間水浸け状態で保存していた。依存状態は比較的良好で、頭蓋骨を手で持ち上げることが十分可能な状態であった。大阪府立弥生文化博物館の宮崎泰次氏から保存方法について協力を得たものである。片山一道氏には、保存処理完了後に分析をお願いした。

（２）保存処理について

パラロイドＢ７２をアセトンに溶解させて、それを人骨表面にコーティングさせる方法を採用した。これは、宮崎泰次氏が文化財調査から出土した獣骨の保存処理方法として実用化しており、依存状態もそうした骨類と同じ状況であったため、その指導を求めたものである。またパラロイドＢ７２を人骨表面にコーティングする前段階には、エチルアルコールを用いて一定期間人骨を処理した。処理方法の内訳は、表１に記した通りである。

（３）復顔について

天理市教育委員会では、長寺遺跡から出土した人骨から人間の姿を復元することで、文化財への理解や保護を求める啓発活動に役立てるものとした。長寺遺跡の弥生人骨は、頭蓋骨が原形状態で依存していたため復顔を試みた。この際、片山一道氏に復顔の監修をお願いし、技術面では株式会社京都科学の協力得た。

なお、実物の人骨をそのまま用いて複製品を作製することが、技術的に難しい状態であったため、実物資料をコンピューターによるデーターから計測入力し、三次元造形法と呼ばれる手段で、プラスチック仕上げの頭蓋骨複製品を作製した。復顔は、この複製品を用いて作製したものである。

態であったため、実物資料をコンピューターによるデーターから計測入力し、三次元造形法と呼ばれる手段で、プラスチック仕上げの頭蓋骨複製品を作製した。復顔は、この複製品を用いて作製したものである。

表1　保存処理 工程表

方法	工程	期　間	内　　訳
アルコール処理	1段階	10日	水:100g、エチルアルコール:30gの割合で混合させた溶液に10日間保管する。
	2段階	10日	水:100g、エチルアルコール:50gの割合で混合させた溶液に10日間保管する。
	3段階	7日	水:100g、エチルアルコール:80gの割合で混合させた溶液に7日間保管する。
	4段階	7日	100%のエチルアルコールに7日間保管する。
乾燥			室内にて自然乾燥を行う(風通しの悪い部屋)。 ※2日目において、頭部表面に剥離を生じる。
パラロイド処理	1段階	10日	アセトン:100g、パラロイドB72:5gの割合で溶解させた溶液に10日間保管する。
	2段階	7日	アセトン:100g、パラロイドB72:10gの割合で溶解させた溶液に7日間保管する。 ※破損部分は、その後、筆を用いて直接溶液を付けたす。

P65

神戸新方遺跡出土の弥生時代前期の人骨について

○千種　浩　　山口　英正　　神戸市教育委員会
片山　一道　　京都大学霊長類研究所

はじめに

新方遺跡は神戸市西区玉津町新方に所在する広範な遺跡で、明石川下流域の沖積地に立地する複合遺跡である。平成 9 年に実施した調査において、弥生時代前期の人骨が 3 体出土した。畿内では、当時期の人骨資料は極めて少ないことと、これらの人骨及び出土状況が、弥生時代の開始期を象徴する事象を多く含んでいることが特記される。

取り上げ及び調査

現地における形質人類学的観察や記録を行った後に、資料の保存及びより詳細な調査を実施するため、人骨ごとに硬質発泡ウレタンで梱包して切り取り、現地で調査不可能であった部位の調査を屋内で行った。その後、保存・展示を目的として保存科学的な手法により、アクリル系合成樹脂等で人骨と土壌の強化を行った。しかし、現地及び屋内の調査中に採取した薄利骨片や遊離骨片は、将来の有機的分析調査に備えて処置を施さず、人骨周辺の土壌と共に、そのままサンプルとして保管している。

出土状況

南北方向に設けられた、幅約 1m の溝状の遺構から、3 体の人骨と大型の鉢形土器（弥生時代前期）が検出された。3 体の人骨は、溝状遺構がある程度埋没した段階で、それぞれに墓坑を掘り埋葬されている。3 体の頭位はいずれも北である。

人骨 1

幅 50cm、深さ約 40cm、全長 160cm 以上の墓坑に俯臥伸展の姿勢で埋葬されている。体幹部の椎骨や肋骨は保存が悪く、ほぼ完全に腐食している。両手を腰の下で合わせた状態で検出されたが、結縛した状況ではない。壮年の男性(30 歳から 40 歳)で、身長は 155～160cm と推定される。骨格から筋肉の発達した体型をしていたと考えられる。
歯は上下左右の犬歯と右下第 2 大臼歯が生前に離脱している。犬歯の離脱は風習的抜歯によるものと考えられる。右下第 2 大臼歯は膿瘍の痕跡があり、歯槽吸収を伴う。切歯は非常に強い水平咬耗が認められ、鉗子状咬合であった事が伺える。また、エナメル質減形成が認められ、幼少期に極度の栄養失調状態を経験していることが判る。
胸椎または、腰椎付近からサヌカイト製の石鏃が 1 点検出された。

人骨 2

幅 50cm、深さ約 40cm、全長 160cm 以上の墓坑から検出された。遺存状況は悪く、腐食した上下顎骨の痕跡、13 本の歯、下肢長骨の一部が残存していた。下肢長骨の観察により、

俯臥伸展の姿勢であると判断された。10 本の歯は顎骨に釘植した状態で検出された。いずれの歯も著しく咬耗しており、その程度から、30 代から 60 代の死亡年齢と推定されたが、性別は不明である。人骨２は、人骨１と検出状況に共通点が多く、埋葬姿勢の他に腹部から石鏃が出土していること、上下左右の犬歯を抜歯している可能性が高いこと、切歯にエナメル質減形成が確認できることが挙げられる。

人骨３

幅 50cm、深さ約 40cm、全長 200cm の墓坑に埋葬されている。木質は存在しないが、土層観察、床面に残された有機質層の存在及び下顎骨の横転状況から、木棺内に埋葬されていた可能性が高い。骨格は、胸骨・指骨・右下肢骨以外はほぼ残存している。比較的残存状況の良い骨は、概して頑丈である。下顎骨は頭蓋骨から外れ、左側に転落しており、下顎骨の左側は腐食して失われていた。下顎骨右側には角前切痕が無く、頑丈である。歯は、下顎骨右側に釘植した状態で、第 1 大臼歯と、第２小臼歯の２本が検出された。非常に咬耗が強く、頬側に強く傾斜した特異な咬耗状態で、皮革のなめしなど、咀嚼以外の用途に使用した痕跡であると考えられる。第２大臼歯は、完全に歯槽吸収しており、生前に離脱していることは間違いない。大腿骨・脛骨は扁平ぎみで、角前切痕が存在しないこと、咬耗が強いことなどと合わせ、縄文人的な骨格を合わせ持っている。死亡年齢は 30 代から 60 代の男性であると推定された。

石鏃は 17 本検出された。人骨から遊離したものも含まれているが、同一石鏃の先端部と基部が近接して検出された例も含まれており、これらの石鏃は体内に射込まれた可能性が非常に高い。また、17 本の石鏃の検出位置に規則性は無く、撹乱された痕跡も無いことから、石鏃（もしくは矢）が副葬されたとは考え難い。また、縄文時代的な小型の石鏃に混じって、全長 3cm を超える石鏃が３点含まれていることが注目される。

まとめ

新方遺跡出土人骨は、必ずしも良好といえる残存状況ではなかったが、現地及び屋内での形質人類学あるいは考古学による観察と検討を行うために、保存科学的手法で取り上げを行った。その結果、次のような弥生文化導入期の人々の体型・風習・生活状態を復元する良好な情報を多く含んでいることが判明した。

・弥生時代の縄文人	弥生時代になっても、縄文的な体格・風習をもった人々が存在し、新しい文化の担い手であったと考えられること。
・特殊な埋葬状況	俯臥埋葬は極めて珍しい埋葬方法である。同一遺構内に縦列に埋葬されていること・３体共に石鏃を伴うこと・埋葬が同時期と考えられることなど、特殊な埋葬をされていること。
・石鏃のバリエーション	縄文的な小型タイプと弥生的な３cm を超えるタイプが一括資料として確認されたこと。
・争いのはじまり	争いの犠牲者である可能性が高く、畿内における争いの開始期を考える上での良好な資料であること。

イヌ遺存体の古病理に関する基礎的研究

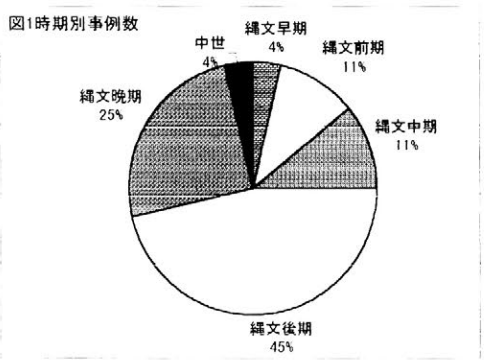
○沖田 絵麻（岡山理科大学大学院） 富岡 直人（岡山理科大学）

全国各地の遺跡から出土する動物のなかでも、イヌ［ネコ(食肉)目 Carnivora イヌ科 Canidae イヌ *Canis familiaris*］は比較的多く検出されている。野性化した一部を除き、イヌは家畜としてヒトの営みに深く関わってきた。したがってその古病理は当時の文化との関わりが深く、考古学的情報に富んでいると言える。

古病理学的所見から当時のイヌの死因や用途を考察するための基礎的研究として、イヌにみられる骨病変の事例を、埋葬イヌを中心に集成した。そして骨病変の時期的様相、骨格部位別の出現率、病変の種類ごとの事例数を分析した。

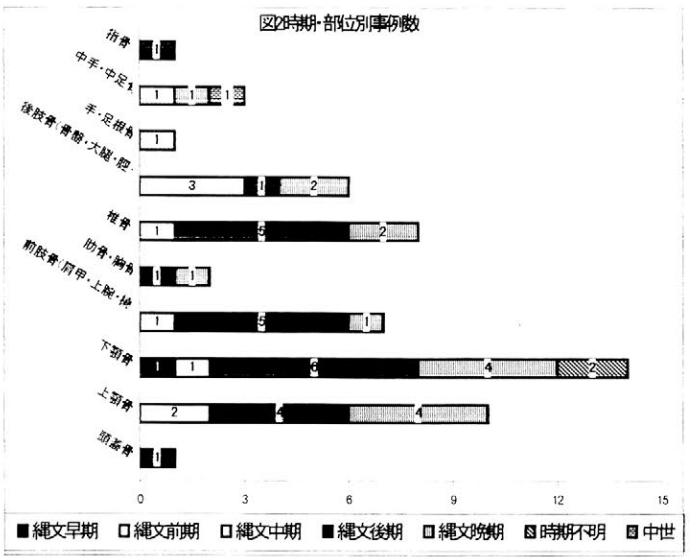
1．骨病変の時期的様相

埋葬された資料を中心として、報告されている骨病変事例および発表者が実見して確認した事例を 30 例集成することができた。このうち縄文後期・晩期が全体の 1/3 以上を占めるが、西本によれば縄文時代でイヌ遺存体の 1 遺跡あたりの個体数が増加するのは中期後半以降であり〔西本 1983〕、当時の生息数に比例している可能性もある。



2．骨病変の出現部位

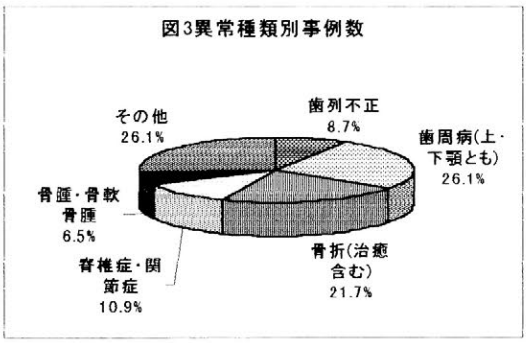
部位別にみると、最も多く病変が確認されたのは、上・下顎骨である。中期以外の全ての時期で確認されている。次いで椎骨、前・後肢が多い。頭蓋骨、手・足根骨は 1 例のみ存在する。事例数の多い後期では、病変がみられる部位も様々である。後期と晩期では部位に共通性がみられる。



3．骨病変の種類

病変の種類には主に、①歯列不正②歯周病③骨折（治癒含む）④関節症・脊椎症⑤骨腫・骨軟骨腫の 5 種類がある。

最も多く確認された病変は歯周病である。歯周病と歯列不正をあわせると全体の1/3以上を占め、病変の多発部位が上下顎骨であったことと合わせて、当時口腔内の異常が多かったことがうかがわれる。



次に骨折が多い。食肉類において骨折がみられる部位は、頻度の高い方から橈骨、脛骨、肋骨、尺骨、上腕骨・前足、大腿骨・後足、頭骨、腓骨であるという報告がある〔J,Baker ・ D,Brothwell 1980〕〈註〉。日本の縄文時代イヌでも、骨折の見られる部位はこれと同様であるが、第2頚椎上縁に骨折がみられる例が3例あることは特徴的である。直良のいうように、硬質の首輪をはめていたことによる骨折による可能性もあり〔直良1973〕、興味深い。

関節症や骨の腫瘍などは、今回事例数が少なかったが、集成を積み重ねてゆけばさらに増える可能性がある。また、直良によれば、「イヌの肢骨なかに、銛頭が刺さった痕のあるものが見受けられ」るが〔直良1968〕、埋葬イヌでは今のところ報告されていない。

4．考察

今回の集成で、縄文時代を通して、イヌにも様々な病変がみられることが明らかになった。

事例数の多い歯槽骨の病変は、柔らかい餌を与えられ、歯垢がたまりやすい食生活をおくる現在のイヌにもよく見られる病変である〔斎藤1995〕。しかし縄文時代のイヌは、若獣にもかかわらず歯の咬耗が進んだ例も認められ、人々の食べ残した獣骨や魚骨などの硬いものを多く食べていたと考えられている。むしろ、イヌ同士や他の動物との闘争の際に受けた外傷から炎症を生じたものが多かったと考えられる。

骨折についても同様であろう。現代における骨折要因には交通事故が多いが、縄文時代ではシカ、イノシシを相手に闘争した際や、人間の作った罠や溝などに誤ってはまった際に生じた可能性が考えられる。なお骨折には治癒痕跡が認められるものも多く、イヌが負傷した場合も以前と同様に飼養され、埋葬されていたことが推定される。

註：このデータは、複数地域の考古学資料および現生標本をもとにしている。

参考・引用文献　(紙面の都合上、各遺跡の報告書類は割愛した)

・斎藤昭男 1995『愛犬家におくる犬の獣医学入門』養賢堂
・西本豊弘 1983「イヌ」『縄文文化の研究2　生業』雄山閣
・直良信夫 1968『ものと人間の文化史・狩猟』法政大学出版局
・直良信夫 1973『古代遺跡発掘の家畜遺体』校倉書房:p240
・J.Baker・D.Brothwell 1980 Animal Diseases in Archaeology　Academic Press,London:p92 Table1

P67　遺跡出土脊椎動物遺存体画像データベースの研究

○富岡　直人（岡山理科大学理学部）

単純な骨格図譜・写真類といった2次資料のみでは、動物遺存体鑑定は到底不可能であり、1次資料の対照標本が必要不可欠である。しかし、すべての研究者が資料を確保することはできない上、標準資料となる良好な資料は数少ないことから、参照用として標準資料の形状や属性の情報の公表と共有が必要である。

発表者は、文部省科学研究費基盤研究(C)(2)を受け、遺存体の画像・テキスト・データベース製作に取り組んだ（1996～98年度「遺存体データベースからみた縄文・弥生時代生業の変化」）。現在までに、縄文時代から現代までの現生および絶滅動物（ニホンオオカミ、オオヤマネコ他）を含む動物遺存体データの蓄積を実施している。

1．登録資料

参考とした資料は、岡山理科大学、東北大学、東北歴史資料館、国立歴史民俗博物館、奈良国立文化財研究所、国立科学博物館、岩手県立博物館、静岡市立登呂博物館等の所蔵資料群である。実測図とフイルム・スチール写真（スキャナでデジタル・データ化）、デジタル・スチール写真、および計測データ（テキスト・データ）を登録した。登録にはマッキントッシュ・コンピュータを利用し、画像とともに数値・非数値データを提示・検索できるように工夫を行っている。

2．記載・実測・写真

今回は図化・写真を主とし、詳細な記載は避けた。ニホンカワウソやニホンオオカミなどの希少種・絶滅種は、完存品が少なく、複数の資料を参考に、時には右部位を左に反転させたりして、作図した場合もある。この点、今後も良好な資料、幼若成老・雌雄個体が追加できた場合、補筆・追加・訂正を重ねていきたい。

頭蓋骨は正中線上面、および左側面。その他の骨格は、左側の部位で示した。実測は、石器等の実測方法と基本的に同じ方法をとったが、イノシシ以上の大きさを持つ頭蓋骨側面図の場合、土器などと同様に、正立した状態で実測した。出土した長骨は骨幹部が破損したり歪むことから、側面図は参考になりにくいことから今回は省略し、骨端部に近い骨幹部の断面をプロフィーラーで実測した。

3．検索・公開

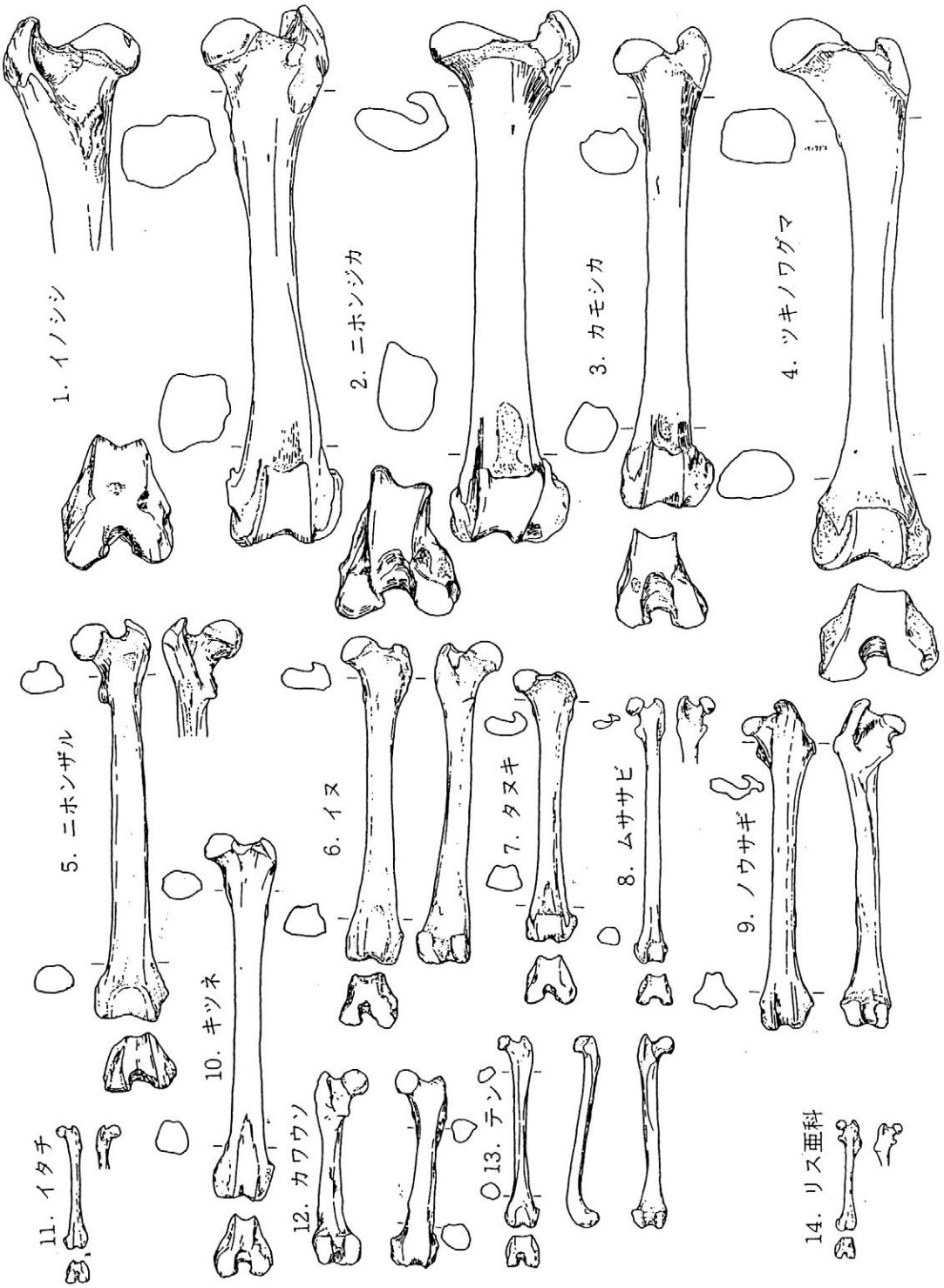
検索は、骨の外観形態を第1に、関節の形状を第2に分類した。解剖学にみられる関節の形態による分類は、機能的に細分されたシステムであり、破片化した資料の検索には問題がある。ここでは、通例には従わず、以下の分類を行った。勿論この分類項目も今後の試用を経て改変したいと考えている。

さらに、画像・テキストのコンピュータ・データは、今後岡山理科大学のホームページ上で公開し、検索できるようにする予定である。

長骨（ボールor滑車状関節）	上腕骨近位端、大腿骨近位端
（ガイシor滑車状関節）	上腕骨遠位端、大腿骨遠位端 中手骨遠位端、中足骨遠位端
（平面関節）	中手骨近位端、中足骨近位端
（骨幹部＋栄養孔）	上腕骨骨幹部、大腿骨骨幹部
（臼or鞍状関節）	橈骨近位端・遠位端、脛骨近位端・遠位端
短骨	踵骨、手根骨、足根骨、膝蓋骨
（ガイシor滑車状関節）	距骨
（臼状関節）	踵骨
不規則形骨	椎骨、蝶形骨、篩骨 顔面骨（鼻骨、涙骨、切歯骨、舌骨）

図1　長骨（ボール状関節）を検索した場合

実測図データの上腕骨近位端がヒットした画面の構成（トレース原稿から直接コピー）



P68

土器に吸着された脂質の基礎的研究（７）
ー環境と時間が動物性脂質に含まれている脂肪酸とグリセリドにどの様な影響を及ぼすかー

○堀内（楠岡）晶子（国際キリスト教大学）、山根知子（国際キリスト教大学）

はじめに

脂質の組成は、由来する動植物に特異的であるため、古代人の生活環境をさぐる手がかりの一つとして、遺物に残留している脂質の分析がなされてきた。しかし、脂質は分解されやすく、分析された組成結果から直接古代の動植物を推測するには充分な注意が必要である。我々は、脂質が土器内部に吸着されている場合、外部の空気や微生物など外部の影響を免れている可能性があると考え、既知の脂質を土器モデルを用いた基礎的研究を行ってきた。その結果、脂質の主成分であるグリセリドと脂肪酸の総量は土器に吸着されていても、時間と共に組成が変化することが明らかになった。グリセリドと脂肪酸は、安定性が異なっている為、本研究では、グリセリドと脂肪酸を個別に分析し、それらが環境と時間によってどう変化するかを検討した。

実験

試料： クマの脂肪（100 mg ）を吸着させた土器モデル（1 cm^3) を 、土壌中、空気中、空気を遮断した封管中、にそれぞれ一定期間（１日から最長９２９日間）保管後回収した。土器をジクロルメタン：メタノール（２：１）30 mL で 30 分、3 回超音波抽出した後、溶媒を除いて回収脂質とした。

分離：回収した脂質を１ mL トルエンに溶解し、その 100 μL をシリカゲル薄層クロマトグラフィー（ヘキサン：酢酸エチル：酢酸＝80：20：1.8)で分離した。グリセリド（トリグリセリド、ジグリセリド、モノグリセリドを併せてグリセリド分画とする）と、脂肪酸の各画分をかき取り、ペンタデカン酸を内部標準物質として付加し、トリメチルスルホン酸ヒドロキシドを加えてメチルエステル化した後、ジクロルメタン：メタノール（２：１）でシリカゲルから抽出した。

分析：グリセリドと脂肪酸はそれぞれ脂肪酸メチルエステルとして FID 付きガスクロマトグラフ（CP-Sil-88 カラム、50 m X 0.25 mm、50℃ から 220℃, 10℃/min）で分析した。定性は標準物質の Rt 値から、また定量は、内部標準物質を基準とした。すべての結果は３試料を平均したのもである。

結果及び考察

土壌中、空気中、空気を遮断した封管中のいずれの環境においても、時間と共にグリセリドも脂肪酸も組成が変化することが観察された。その傾向はグリセリドと脂肪酸の総量を検討した結果と同様、二重結合をふくむC16:1, C18:1, C18:2、特にC18:2の減少が飽和炭素鎖より著しい。従来グリセリドの方が安定とされているが、本モデル系ではその差は著名ではない。組成の変化をより明確にするため、脂肪酸のうち、比較的安定である飽和脂肪酸の比（C18:1 / C16:1)を求め、時間と環境が及ぼす影響を示したのが、Fig. 1 である。

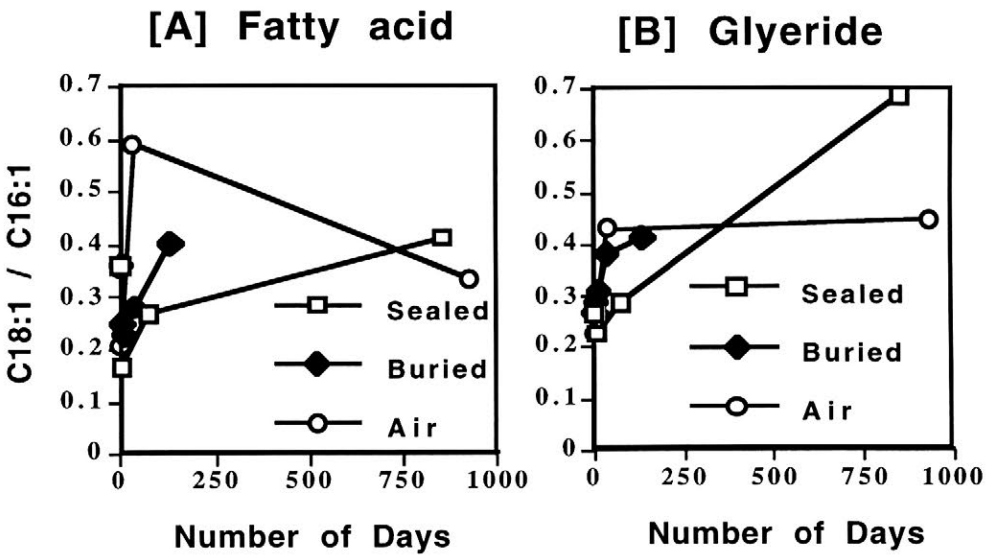


Fig. 1. Ratio of C18:1 / C16:1 of recovered fatty acid and glyerides

どの環境においても飽和脂肪酸の比率が時間とともに変化していることが分かる。比率は初期の100日ごろまでに急激に変化し、その後の変化は少ない。本研究では、土器の表面に近い、土器を破壊せずに超音波抽出できる脂質を分析した。これらの試料は土器には吸着されていたが、外部からの影響を免れていないことが明らかとなった。脂質の回収率は環境によって、90%（封管、855日間）から45%（土壌中、134日間）と差がある。特に回収率が低く、組成変化が著しい土壌中の試料等では、回収されない脂質がまだ土器に残留している。現在、土器内部深くに残留した脂質の回収及び分析を検討中である。

P69

富木車塚古墳（大阪府高石市）出土の繊維製品

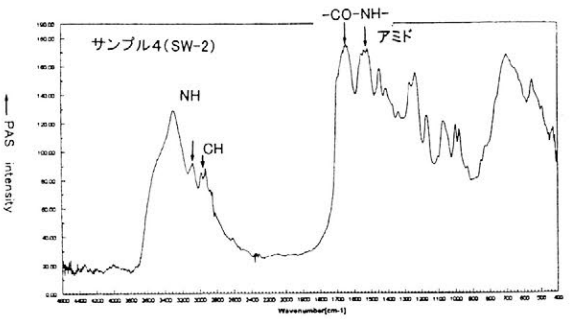
立花るりこ（財）大阪府文化財調査研究センター

出土繊維製品

本古墳の副葬品は鉄刀5点、鉄鏃64点以上、およそ1領分の挂甲、装飾品などが現存し、この内鉄製品に繊維製品が残されていた。

織の種類は羅・柄巻・組紐・平織があった。平織には織密度がおよそ40×30（本／cm²）で筬筋無しのものと、織密度がおよそ40×20（本／cm²）及び40×30本／cm²で筬筋が入ったものがあり、検出した限りでは織密度が40×30（本／cm²）前後の品質のものでよく揃っている。また、今回は詳しい計測の機会を得られなかったが、挂甲小札片面に経錦が広がっている。

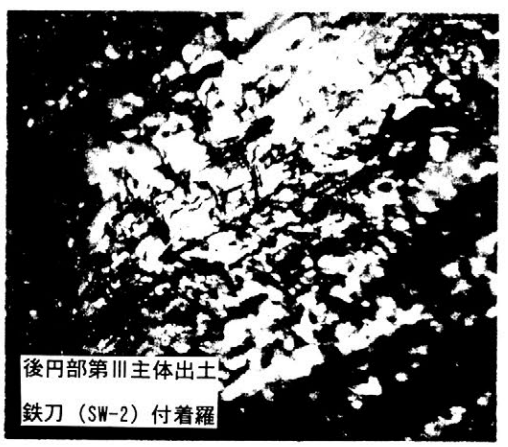
PASスペクトル



これらは後世の盗掘を受け、元位置から移動している上に鉄製品がかなり劣化してしまっているため、いずれも繊維製品と銹着母体との関係を探る事は殆ど出来なかった。材質については絹を示すデータは得られている。

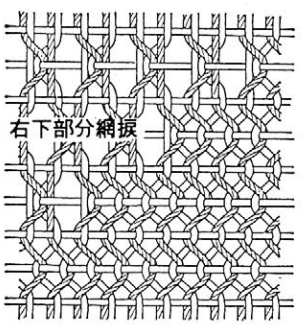
羅・錦について

古墳時代に属した出土繊維製品の内、羅は下池山古墳（奈良県）出土内行花文鏡と小倉城下屋敷跡（福岡県）出土内行花文鏡が知られているだけで、[※1]今回の例を含め、まだ事例報告に留まらざるを得ない段階である。一方（経）錦は国内の18古墳と7世紀の寺院跡1ヶ所で発見されているが（筆者調査・1999年5月現在）、これらは挂甲小札の縁部分その他、馬具の（特に）裏面他およそ定まった位置で検出される事が多い。富木車塚古墳の経錦も挂甲の小札部分に銹着している。

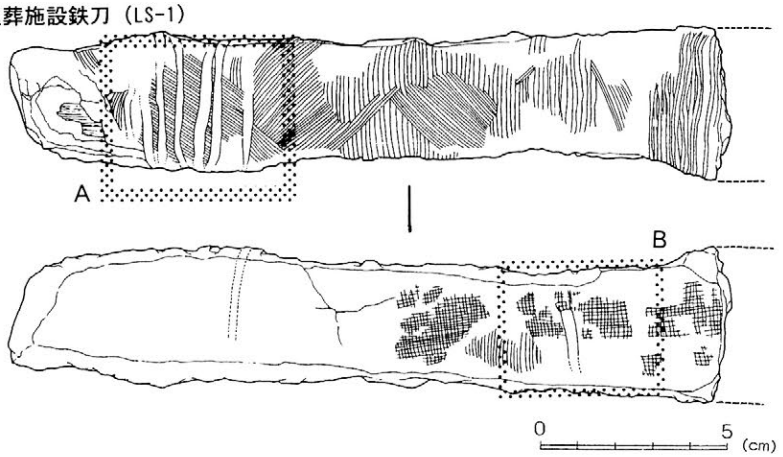


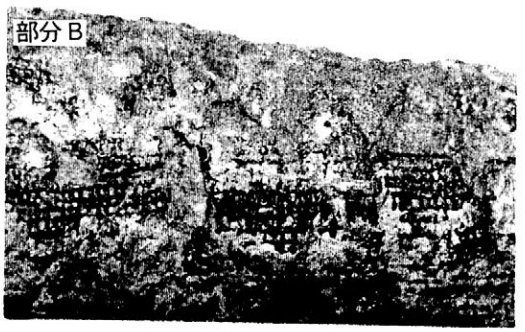
羅組織図（参考）

（写真は網捩か？）



前方部第Ⅰ埋葬施設鉄刀（LS-1）





錦と甲冑　富木車塚古墳に限らず、挂甲には縁やその他の部分を錦で明らかに装飾したものが時折みられる。尤も、全てに見られる訳でなく、錦で装飾されているものと、されていない・平織しかみられないものに大きく分かれる様である。とにかく挂甲はそれ自体に布帛を多く用いる甲冑であったらしい。短甲には見られない現象である[※2]。

『大唐六典』巻十六に因れば、「（唐の）甲制十有三。明光甲、光要甲、細鱗甲、山文甲、烏鎚甲、白布甲、帛絹甲、布背甲、歩兵甲、皮甲、木甲、鎖子甲、馬甲（後略）」とあり、唐時代における十三種類の甲制度を窺い知る事が出来るが、当代現存品が中国にも無く、絵画や俑兵などから推測するばかりという点が残念ではある。ただ、「白布甲、帛絹甲、布背甲」なるものは実戦用というより、儀仗的な要素や恩賜としての意味を含むものであったらしい。

唐代甲制の基本形は南北朝から隋代に至るまでのかたちを踏襲しているから、大陸と交流し、中国のあらゆるシステムに倣ってきた日本の古墳時代の参考資料にもなるだろう。日本の甲冑にも実戦に耐え得るものと、儀仗的・シンボリックなものとがあったのではないかと推測するのである。

錆着繊維の材質・種類・錆着状態の調査というミクロの視点と、従来の考古学調査手段＋記録資料（は記録資料の域を出ないとはいっても）というマクロの視点が手を結んでこそ、豊かな討論と議論と進展が得られると信じる。

富木車塚古墳に錆着した繊維製品も、こうした点を含めて更に追求すると面白い答えに行き着くのではないかと期待している。

※１報告されている限りで記した。

※２ワタガミ／綿噛（ワタガミ懸緒・受緒）・草摺懸緒などの実用的な布帛を除いての見解。

P70

染織文化財における繰り返し文様のデータベース構築

京工繊大 大学院 先端ファイブロ科学 ○野中 誉子, 黒川 夏樹, 前川 善一郎
奈良国立文化財研究所 佐藤 昌憲

1. 緒言

現存する膨大な染織文化財に対して, 未だ系統立った分類・整理手法は確立されていないことから, 近年, 染織文化財の管理および保存の簡便化を目的としたデータベース構築の必要性が高まっている. この際重要となるのは, 染織品をどのような特徴によって分類するかという点である. また, 貴重な染織文化財から特徴を抽出する上で, 文化財を損傷させることがあってはならない. そこで近年, 様々な分野に応用されている画像処理の手法を用いて, 対象に直接触れることなく得られる特徴により染織品を評価, 分類する試みがなされている. しかしながら, この手法によって得られる染織品の画像には, テキスタイルデザインに関する一次的な情報が複数混在しているため, 単一の情報のみを抽出し評価することは非常に困難である.

以上のことから, 本研究では, 染織品のデータベース構築に関する基礎研究として, テキスタイルの一次的情報が複数混在する画像から, 画像処理の手法を用いて抽出した文様の中でも特に, 繰り返し文様に関して, その変換方法の解析および幾何学的分類について検討した.

2. 分類手法

2. 1 繰り返し文様

テキスタイルデザインには, 染織品の表面パターン(2D)と織り構造(3D)とがあるが, この表面パターンすなわち模様の内, 図柄そのものを文様と呼ぶ. 文様には, その構成によって絵文字と呼ばれる自然描写的な具象系と, 幾何学的形態を含む抽象系とに大別される. さらに抽象系は単独である紋様と, 連続である繰り返し文様とに分類できる.

繰り返し文様は, 対象性を含まない最小単位である基本領域(territory)の変換によって生成されていく文様の内, 以下の条件を満たすものと定義する.

・少なくとも2方向に変換が行われている
・文様内に存在する平行移動の移動距離は0でない

2. 2 変換

変換には図1に示す5つがある.

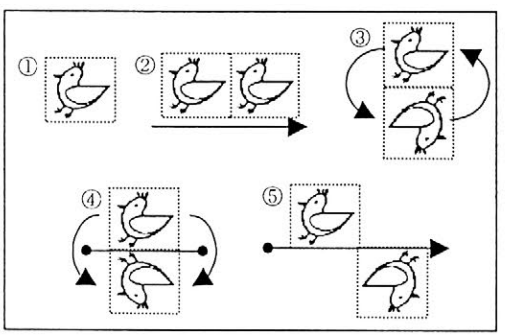


図1 変換の種類

ここで, 図中の①～⑤は以下の通りである.

①恒等変換:移動距離が0の反復変換または回転角が0の回転
②反復変換:変換軸に沿って平行移動を付与 (記号 r)
③回転変換:一点を中心に回転を付与
1つ割り回転変換:360°＝0°回転(記号 1)
2つ割り回転変換:180°回転(記号 2)
3つ割り回転変換:120°回転(記号 3)
4つ割り回転変換:90°回転(記号 4)
6つ割り回転変換:60°回転(記号 6)
④鏡映変換:変換軸に対し線対称の図形を付与 (記号 m)

⑤すべり鏡映変換:鏡映変換の後，変換軸に沿う平行移動を付与(記号 g)

ある格子(p 型と c 型がある)で区切った基本領域に対して変換を行い，平面上を隙間なく埋める繰り返し文様を作成するまでの最短ルート(変換の組み合わせ)は 17 種類のみである.

以上より，本研究では繰り返し文様をその幾何学的性質に着目し，17 種類の変換による分類を試みた.

3. 結果

解析対象として，日本の代表的な繰り返し文様である芝翫縞(しかんじま)を用いた。芝翫縞およびそのシミュレーションの様子を図 2 に示す.

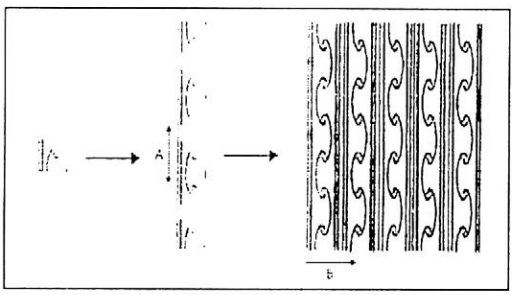


図2 芝翫縞

図2について，まず基本領域を抽出し，繰り返し文様となるまでの変換の様子をシミュレーションした. この文様では，まず p 型格子を A の方向に鏡映変換(m)し，その後さらに B の方向にすべり鏡映変換(g)している。このことから，幾何学的分類では記号 pmg で表せることになる. ここで pmg とは，鏡映を含み鏡映軸とは異なるすべり鏡映軸を持つもので，それらの軸は非平行である変換を意味する.

同様に，吉原，麻の葉，青海波と呼ばれる繰り返し文様についてもシミュレーションを行った，それぞれ図 3, 4, 5 に示す。その結果，幾何学的分類ではそれぞれ pmm, p6, cmr となることがわかった.

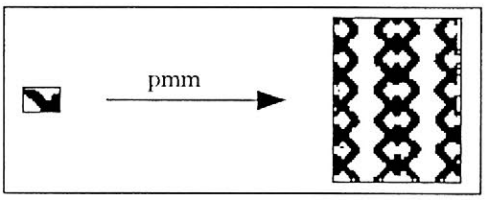


図3 吉原

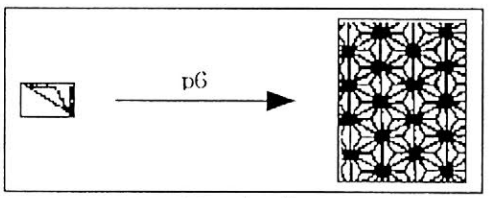


図 4 麻の葉

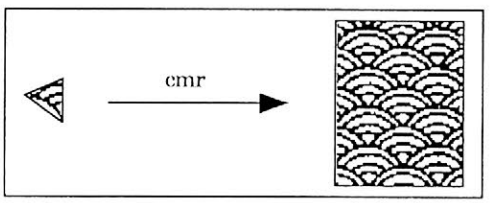


図 5 青海波

4. 結言

本研究では，以下のような知見を得た.

(1) 繰り返し文様は幾何学的性質による分類が有効である.

(2) この分類法を用いると，繰り返し紋様は 17 種類に分類される.

(3) 既存の文様の基本領域と，他の変換方法を組み合わせることで，新しい繰り返し文様を作成することが可能である.

5. 今後の課題

基本領域の抽出は，現段階では人間によって行っているが，この作業の自動化が今後の大きな課題である。

6. 参考文献

1) 岩崎 浩子，日本の意匠事典，(1984)，7-18，岩崎美術社

2) 伏見康治，安野光雄，中村義作共著，美の幾何学，(1972)，64-74，中公新書

P71

元素分析を通じて見た大谷コレクション敦煌・トルファン教典紙片の特徴

○笠嶋聖（龍谷大学大学院）・西口義仁（同）・谷本耕一（同）・江南和幸（龍谷大学理工学部）・田中利生（龍谷大学大宮図書館）・河野益近（京都大学大学院工学研究科）

1．はじめに

大谷コレクション敦煌・トルファン経典・古文書紙片断片中に含まれる元素を SEM、EPMA、および PIXE により元素分析を試みた。紙試料の特徴として、定量分析が困難なことから、今回は植物細胞を構成する Ca とひとつの成分として K に注目した。

Ca は植物の細胞壁に多く含まれており、紙の主成分であるセルロースには含まれないが、紙全体にほぼ一様に混入されていると推測される。K 周知のとうり植物の栄養分の３大要素であり、紙繊維中にも混入が予測される、本試料からは主にドーサ引き等のサイジング処理により多量の混入が予測される。紙全体のからの Ca と後から混入された可能性の高い K を相対的に評価し、どのような処理を施されたのか元素分析を通じて教典紙片の特徴をとらえることを目的とする。

2．実験方法

・ SEM

カーボンを 150Å程度蒸着した試料に対し加速電圧 25ｋV、照射電流 1.00×10^{-9} (A) の条件で組成像を観察する。この観察では試料表面に堆積した元素の相対的な原子番号を推測することが目的である。

装置として JEOL 製 JSM5410（ＪＥＯＬ製）を用いる。

・ PIXE

2Mev のプロトンビームを試料に照射し、発生した X 線を EDS 検出器で測定する。この際にアブソーバーとして 16μm マイラ、Ca の強度が高く、デッドタイムが大きいので 40μm のアルミニウム箔を挿入する。ビーム照射量は数～100μC 程度。

装置としてバン・デ・グラーフ加速器（京都大学工学部）を用いる。

・ EMPA

カーボンを 150Å程度蒸着した試料に対し加速電圧 25ｋV、照射電流 1.00×10^{-8} (A)、の条件で発生した X 線を EDS 検出器で測定する。

倍率 300 倍でビームを走査しながら測定を行った。

装置として JXA-8900（ＪＥＯＬ製）を用いる。

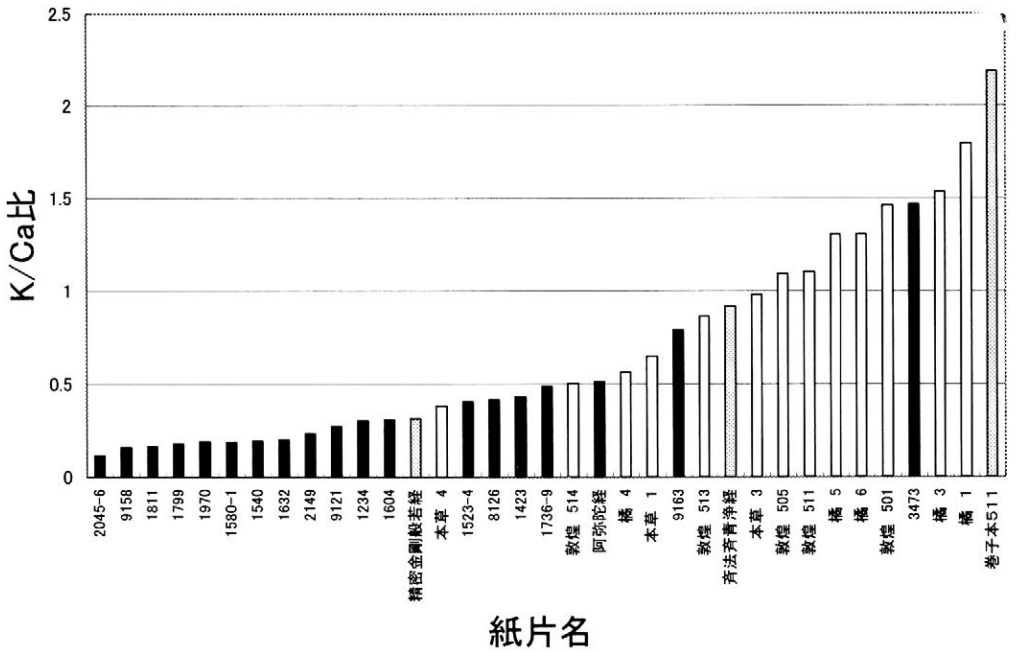


図-1　元素分析による各紙片のK/Ca比
黒色：トルファン出土、灰色：出土地不明、白色：敦煌出土

3.結果

元素分析の結果（図-1）より教典中から検出されるKはSEMの組成像と総合して考察するとKは試料表面近傍に堆積していることがわかる。このことからKはドーサ引きにより紙の製造後に混入されたものと推測される。紙の定量分析が困難であるので、各紙片のK/Ca比を比較した。その結果を図-1に示す。トルファン出土紙片のK/Ca比が敦煌出土の教典と比較して低い傾向を示す結果となった。これは歴史的にトルファンに紙の製法が伝わったのは敦煌より遅いことから、また地理的には都から遠く、またトルファン出土紙片には経典も含まれるが役所などの文書が多いことから、製紙技術が未熟でサイジングの処理が行われていなかったか、あるいは経典などの朝貢物と異なり丁寧にはつくられなかったかのいずれかがが考えられる。

P72

物理・化学的に非破壊の手法を用いた古墨の微量元素分析
― In-Air-PIXE 法の考古試料への応用 ―

○河野益近(京大・工)、吉田紘二(京大・工)、森谷公一(京大・工)、菅瀬晶(京大・工)、江南和幸(龍谷大・理工)、内田俊秀(京都造形芸大・文化財科学)

はじめに

我々は現在、加速器応用の一つである PIXE 法 (Particle Induced X-ray Emission Method) という手法を用いて考古試料、例えば古文書、古墨、考古銅鐸物等の微量元素分析を行う際に必要な基礎的データの測定・収集、技術的改良を行っている[1][2][3][4]。これまで我々が使用していた測定システムでは、測定対象となる試料は真空槽の中に配置する必要があった。従って、真空槽に配置することができない試料、例えば真空を劣化させるような試料 (液体や気体あるいは気体を含有する試料) あるいは真空槽の形状よりも大きな試料等をそのままの形で測定することは不可能である。これらの試料を測定しようとすれば、化学的な前処理が必要であるか、あるいは対象物を物理的に小さくする必要があり、このことは考古学関係者が要求するところの“非破壊分析”とはならない。またX線やβ線・γ線を用いた非破壊分析の手法[5][6]もあるが、微量元素の分析という点から見ればPIXE法がよりすぐれた分析手法である。

そこで、これら真空中では測定不可能な試料を物理・化学的な処理を施すことなくそのままの状態で測定が可能となるように、現在ある PIXE システムを改良し[7]、この改良されたシステムを使って古墨 (表面に細かい亀裂がある古墨は、その亀裂の隙間に空気を挟み込んでおり、真空を悪くする試料の一つである) の測定を行った。ここでは、システムの概略と実試料である古墨の測定結果について簡単に報告する。

測定システム

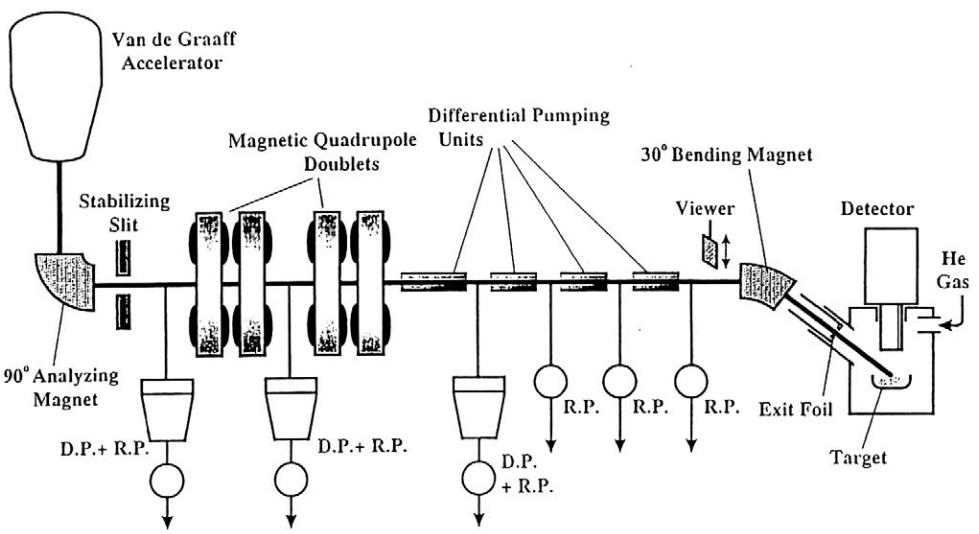


図1 In-Air-PIXE システムの概略

図1に改良されたIn-Air-PIXEシステムの概略を示す。加速器で発生した2MeVの陽子は二組のQレンズで収束され、今回設置された差動排気ユニットを通過する。その後陽子はベンディングマグネットで30度下方に曲げられ、試料に照射される。差動排気ユニットを設置することにより、イグジット・フォイル（Exit Foil）がなくても、加速器に影響を与えることなく測定が可能である。実際の測定では、陽子のエネルギー損失を考慮して、試料周辺のをヘリウム雰囲気にするので、カプトン膜（7.5μm厚）のイグジット・フォイルがついている。

測定結果

図2に古墨のPIXEスペクトルの一例を示す。この墨（乾隆帝の銘がある）は直径10cm、厚さ1.5cm程度の円盤状で、全体に細かい亀裂があり、一度真空槽内で測定を試みたが、真空が良くならず測定を断念した経緯がある墨である。検出された元素を見る限り、現代の墨とあまり変わりがない。このスペクトルからもわかるように、墨からはPbが検出される。この鉛の由来はおそらく植物（松・菜種等）に含まれている天然レベルのPbが墨の製造過程で濃縮されるものであろう。ちなみに、江戸期の再生紙と思われる和紙からはPbが検出されるが、バージンである和紙（現代紙、古文書片共に）にはこの元素は見当たらない[1]。このようにIn-Air-PIXE法を用いることにより微量元素の“非破壊分析”が可能となる。

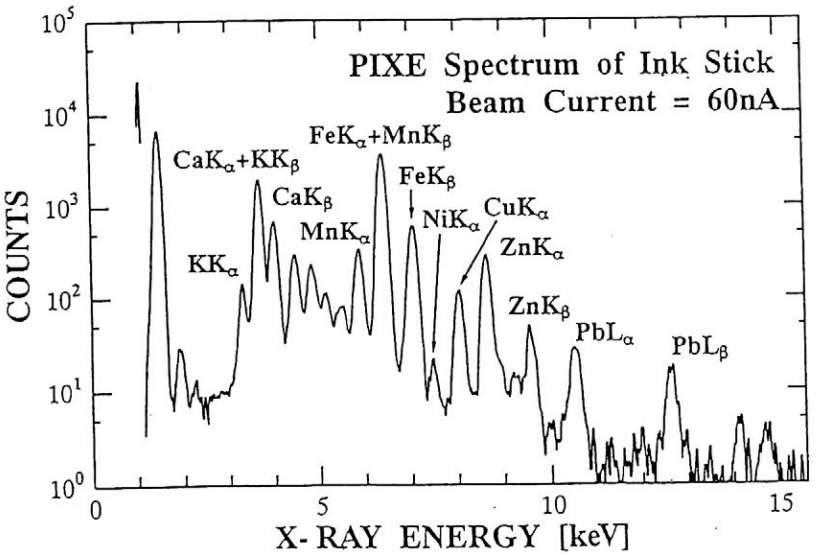


図2　古墨のPIXEスペクトル

参考文献

[1] “Elemental Analysis of Ancient Chinese Ink Sticks by PIXE”, M.KOHNO *et al*, *International Journal of PIXE*, Vol.5, Nos.2&3 (1995) 133-144.

[2] “Loss of Elements in Ancient Red Chinese Ink on Japanese Paper through Proton-PIXE”, M.KOHNO *et al*, *International Journal of PIXE*, Vol.6, Nos.3&4 (1996) 493-503.

[3] “Origin of Bromine in Ancient Sutras of the Otani Collection - PIXE Application to Preservation of Cultural Assets -”, M.KOHNO *et al*, *International Journal of PIXE*, Vol.7, Nos.3&4 (1997) 241-251.

[4] “Continuous Background Originated from Neutrons by $^{65}Cu(p,n)^{65}Zn$ under 4 MeV Protons – A problem on detecting trace elements in ancient copper alloys by PIXE”, **Masuchika KOHNO** *et al*, *International Journal of PIXE*, (in press).

[5] 「β線を用いた古代顔料の非破壊表面分析」、小泉好延ら、*第15回日本文化財科学会*(1998, 千葉).

[6] 「γ線を用いた青銅の非破壊分析」、小泉好延ら、*第15回日本文化財科学会*(1998, 千葉).

[7] 「差動排気によるExternal-PIXEの研究」、菅瀬晶、京都大学大学院工学研究科修士論文(1999).

P73

平安時代地鎮の文化財科学的研究

— 広島県廿日市市宗高尾城跡の地鎮の検討 —

○西山要一（奈良大学）　浅岡俊夫（六甲山麓遺跡調査会）
藤田広幸（廿日市市教育委員会）　木下蜜運（奈良大学）

1　広島県廿日市市宗高尾城跡検出の地鎮遺構

広島県廿日市市に所在する宗高尾城跡は、15世紀から16世紀の戦国時代の山城で、山頂から尾根伝いに連なる郭（曲輪）や掘建柱建物跡などが発掘調査された。その際、山頂から平安時代に位置付けられる地鎮遺構が非常に良好な状態で検出された。この地鎮遺構は東西50m、南北15～25mの卵形をした山頂平場の西側中央に偏って設けられていたが、これに伴う建物跡などは確認されておらず、おそらく築城時の関連遺構はことごとく破壊され、地中に埋設された地鎮遺構だけが残されたものと考えられる。

地鎮遺構は、一辺１m前後のほぼ正方形を呈し、一定の法則をもって二段に堀りくぼめられていた。それは図１のように、まず全体を40cmほどの深さに堀りくぼめ、さらにその中を中央に南北に長い穴を穿ち、その穴の四方に直径25cmほどの穴を配する、というものである。そして、中央の穴の北端部に花瓶（賢瓶・げんびょう・図２）を立てて安置し、それぞれの穴には大皿４～５枚を一組として埋納し、地鎮遺構埋立の最終段階でその四隅対角に２枚重ねの小皿を添えて完結させていた。付近からは薬匙、櫛の一部、装飾具などの青銅製品が出土しており、それらは地鎮遺構出土の花瓶と共に密教法具として欠かせないものであり土器の形態から平安時代後期の山岳密教寺院に伴う遺構としてとらえられよう。

2　地鎮について

宗高尾城跡では、遺跡地の一角より賢瓶(げんびょう)一点のみが出土している。こうした壺は密教の地鎮鎮壇の儀式に用いられるものである。土地を拓いて建物の基壇を築く以前に修する法を地鎮と称しており、これは土地のほぼ中央に賢瓶を埋納し、五方に五色の玉を（玉）を埋めるのを常法としている。

今回はこの中央に埋めた瓶が発見されたもので、五方の五色の石は発掘時の土砂と区別がつき難く発見が困難であったかと思われる。

この中央の瓶には法の通りであれば、五宝・五薬・五穀・五香が納められる。その例を示せば次の通りである。

五宝 —— 金・銀・真珠・水晶・瑟瑟
五薬 —— 赤箭・人参・伏苓・石菖蒲・天門冬等
五穀 —— 稲穀(もみ)・大麦・小麦・緑豆（大豆）・胡麻等
五香 —— 檀香・沈香・丁香・鬱金香・龍脳香

上記の例は伝流によって多少の差異はあるが、大同小異であり、台密では七宝五穀・五香を用いる例もある。

賢瓶に二十種の品を納めて法を修するのは本来インドの修法壇を清める法に由来しており、瓶の蓋を覆い、五色の糸を掛けてこれを結び、大日如来と地天の真言を誦して地中に埋める。土地神に供養しその上に住まう者の息災と増益を祈願する修法である。今回の発

見はこうした地鎮修法の具体例を示す貴重な資料であり、内容物の鑑定によって二十種物の分析に期待が持たれる。

3　賢瓶内容物の分析

地鎮具として土中に埋められた賢瓶に納入されていたとみられる五宝・五薬・五穀・五香の二十種物のうち、鉱物である五宝は別として、植物質である五薬・五穀・五香は、通常短時日で腐食・消滅するものである。本例では、青銅製賢瓶の錆すなわち緑青が、五薬・五穀・五香などの有機物に対する防腐効果となってか、その内容物の多くは泥土で汚れつつも良く原状を保ち、二十種物の何であるかを知る良好な資料である。

顕微鏡観察では、鉱物としては、金箔の小片、直径約3㎜の真珠、碧色のガラス細片、4×2㎜程の不整形の水晶が確認され、それぞれ五宝の金・真珠・瑟瑟・玻璃（水晶）に該当するものと思われる。その他、稲の籾殻・木の葉・数種の木の小片・樹脂塊などが見られ、現在、種は未同定であるが、五薬・五穀・五香に該当すると思われる。

また、それらの内容物を包んだ和紙もともに見いだされた。

それらの内、金箔と真珠についてはX線マイクロアナライザー分析を実施したところ、高純度の金と高純度のカルシウムからなるものであることを認めた（図3、4）。

4　まとめ

古代の人々が残した遺物は数多く見いだされるが、様々な儀式にともなって土中に埋納される有機物は腐食・消滅して、われわれが目にする機会は少なく、文献資料によって推し測るしか術はない。そうしたなかで、幸いにも本例は遺構・遺物ともに極めて遺存状態は良く、文化財科学的にアプローチすることによって平安時代の地鎮作法が修法どおりに厳密に行われていたことを示すことができた。

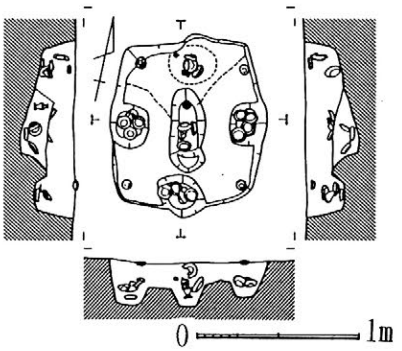


図1　地鎮遺構

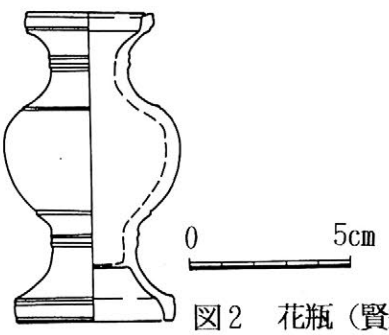


図2　花瓶（賢瓶）

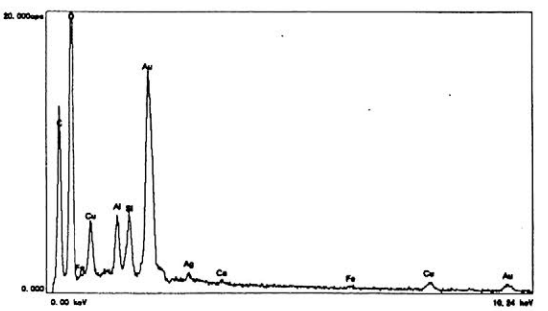


図3　金箔の分析

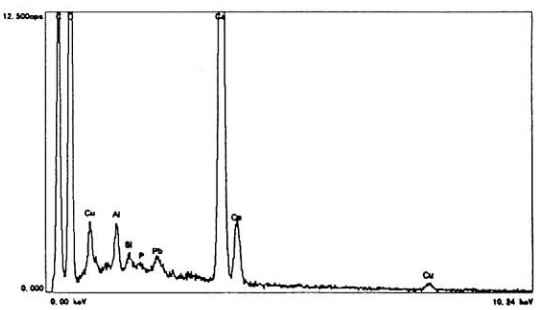


図4　真珠の分析

P74

墳墓出土赤色顔料の分析方法に関する基礎的研究　その1
－発掘調査現場でのサンプリングについて－

本田光子（別府大学）

従来の墳墓出土赤色顔料の研究は、考古学者が自然科学者に材質分析を依頼するという形で行われる場合が多く、分析者が遺跡の調査現場で直接試料採取を行い出土状況についての情報を得る例は少なかった。発掘調査担当者は、分析に関する要点不明のまま試料採取を行い、一方、分析を依頼された自然科学者も考古学的な要点については不明なまま分析を行うということも少なからずあった。ここでは、墳墓での多様な赤色顔料出土状況の把握とそれに対応するサンプリング方法を検討するために、調査現場での計画的なサンプリングから分析までの事例を報告したい。

赤色顔料の出土状況

各墓制での赤色顔料の出土状況は多様であるが、原則として葬送儀礼の中で、朱とベンガラ二種の赤色顔料がどのように使われたかを表わしている。埋葬施設の内面あるいは外面を赤く塗布することと、遺体を中心に赤色顔料を施すこと、この２つの内容を二種の赤色顔料で単独あるいは組み合わせて使用した結果である。状況を大きく分けると、朱だけ、ベンガラだけ、朱とベンガラの両者となる。ここでは出土例を状況別に提示する。

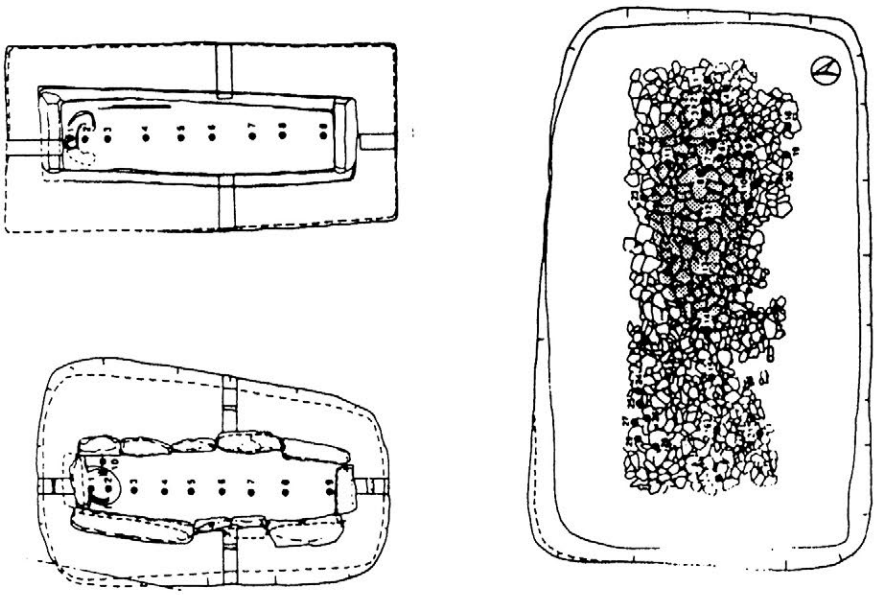
サンプリング実例

出土状況にあわせてサンプリングを行った実例を提示する。

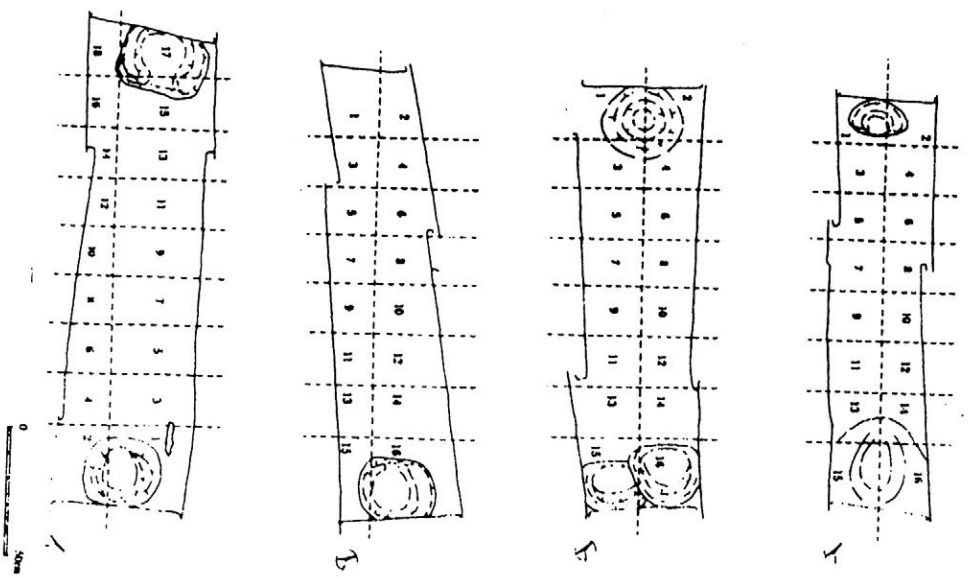
大分県玖珠町陣ケ台遺跡

福岡県苅田町岩屋古墳

大分県宇佐市川部遺跡



福岡県苅田町岩屋古墳



大分県玖珠町陣ケ台遺跡

P75

出土遺物の実体顕微鏡観察のすすめ

—若杉山遺跡出土土器片に確認された赤色顔料—

高島 芳弘 ・ 魚島 純一 （徳島県立博物館）
北條 ゆうこ （元徳島県立博物館）

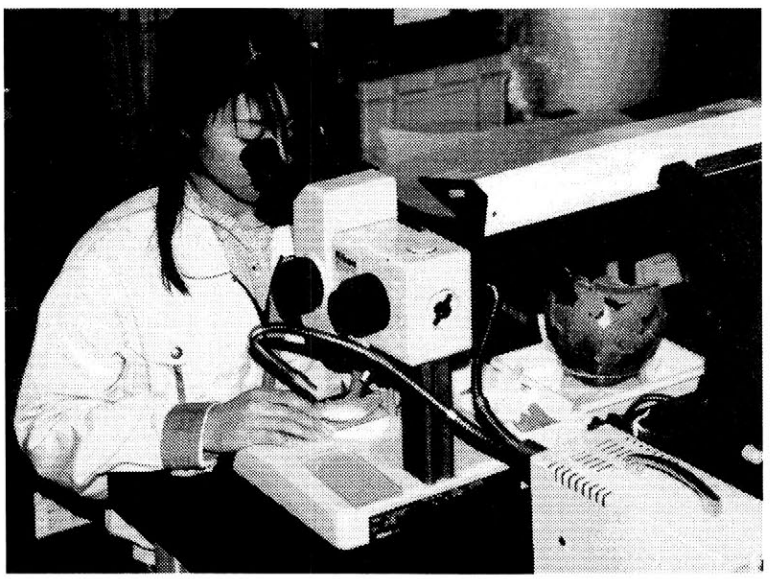
はじめに

徳島県立博物館の前身である徳島県博物館が、1984年から1987年の間に実施した辰砂生産遺跡である若杉山遺跡の発掘調査によって出土した遺物の整理作業を進める中で、実体顕微鏡の観察によって、多くの土器片に赤色顔料が付着していることが確認され、遺物の位置づけや整理作業そのものを見直す必要性がでてきた。

本発表では、実体顕微鏡で出土遺物を観察することで得られた情報を紹介し、その有用性を再認識してもらいたいと考える。

若杉山遺跡出土遺物の実体顕微鏡観察

土器片の実体顕微鏡観察は、土器胎土中に見られる鉱物片を確認することが本来の目的であった。若杉山遺跡の報告書はすでに刊行されており（「辰砂生産遺跡の調査」徳島県立博物館、1997）、整理作業は資料活用のための調査という位置づけであった。

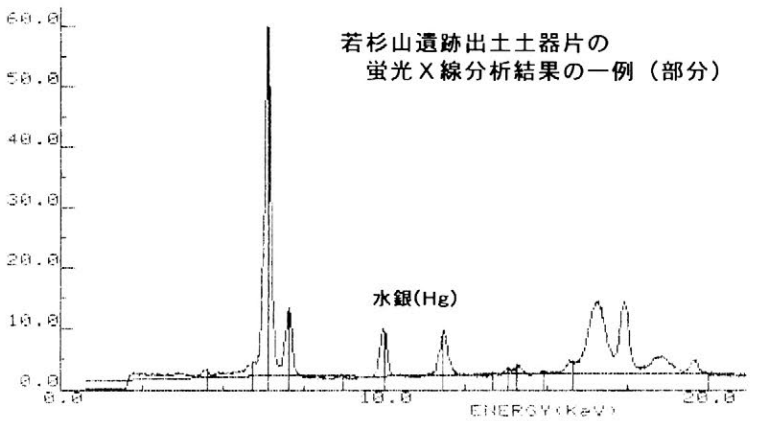


作業を進める中で、多くの壺・鉢の破片で、内面を中心に点々と赤色顔料らしきものが確認されるようになり、遺跡の性格から辰砂（水銀朱、HgS）の付着が想像できたため、付着した赤色顔料の同定を試みることとした。

赤色顔料の蛍光X線分析

赤色顔料の同定のために、実体顕微鏡観察で赤色顔料の付着が確認された土器片の蛍光X線分析をおこなった。水洗などの整理作業によって、赤色顔料はごくわずかしか残存しておらず、蛍光X線分析をおこなって、果たして顔料の同定が可能であるか疑問であった。水銀(Hg)が検出できるか否かに分析の焦点を置き、条件を変えながら分析を実施したが、いずれの条件でも、容易に水銀(Hg)を検出することができた。

これまで、赤色顔料の同定を目的とした蛍光X線分析は、肉眼で付着が確認できた遺物についてのみおこなってきたが、今回の調査から、肉眼で確認がむずかしいごく微量の付着（残存）であっても、エネルギー分散型蛍光X線分析によって、かなり容易に確認が可能であることがわかった。



実体顕微鏡観察のすすめ

ふだん顕微鏡にあまり縁がない方にとっては、実体顕微鏡を使って遺物を観察するということはかなり大げさなことに思われるかもしれない。しかし、実体顕微鏡はさほど高価なものでもなく、慣れればルーペ代わりに使えるほどのものである。

実体顕微鏡観察によって得られる情報は、肉眼やルーペによる観察の比ではなく、出土遺物の整理作業において有益な多くの情報を得ることが可能であることは、今回紹介した例からもよくわかる。

すべての出土遺物を実体顕微鏡で観察することは不可能であるが、特異な遺物、出土状況などから他の遺物との違いが感じられる遺物に限定して実体顕微鏡を利用しても、かなりの成果が期待できるのではないかと考える。

徳島県立博物館では、今後若杉山遺跡出土遺物の整理作業を続けていく中で、辰砂生産遺跡という遺跡の特殊性を考え、できるだけすべての土器片の実体顕微鏡観察をおこなうようにしたいと考えている。

P76

X線透過撮影による銅鐸製作技法復元の可能性

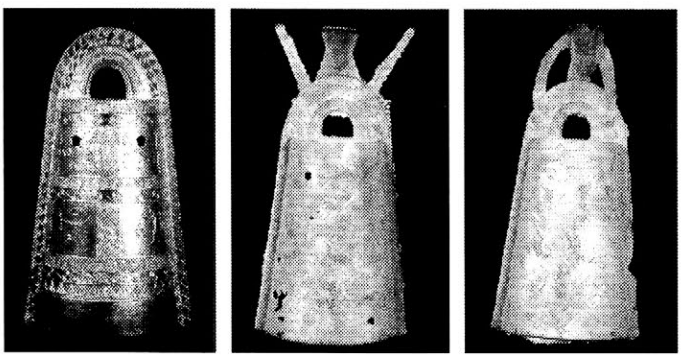
魚島 純一（徳島県立博物館）
小泉 武寛（金属工芸家）

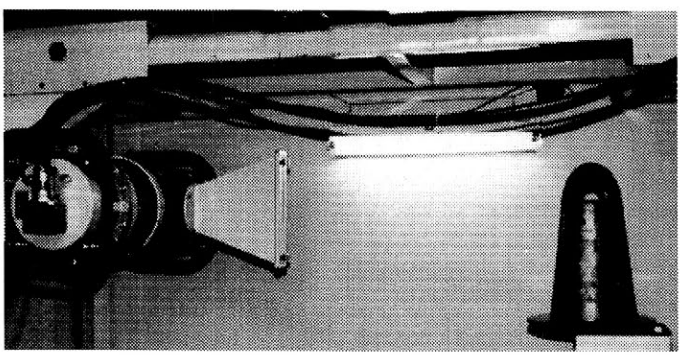
はじめに

本研究は、銅鐸のX線透過撮影によって得られるX線画像から製作時に残されたさまざまな痕跡を読みとることによって、その製作技法復元の可能性を考えるものである。

今回の発表では、研究の基礎資料とすべく、製作技法が明確な復元銅鐸を用い、通常のX線透過撮影のほかに、展開X線透影なども取り入れておこなった調査の結果を紹介するとともに、X線透過撮影による銅鐸製作技法復元の可能性について考えたい。

復元銅鐸のX線透過撮影



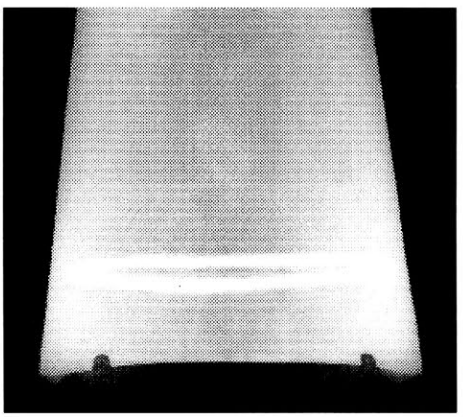


今回の調査では、製作技法が明確な銅鐸として、「銅鐸鋳造実験」（小泉、1998）によってつくられた、鈕に鋳込み口を持つ復元銅鐸2点と、全く同じ原型でつくられた裾に鋳込み口を持つ復元銅鐸1点を用いた。極端に鋳込み口が異なる復元銅鐸の調査結果に何らかの差異が認められるか否かを確認することが目的のひとつである。

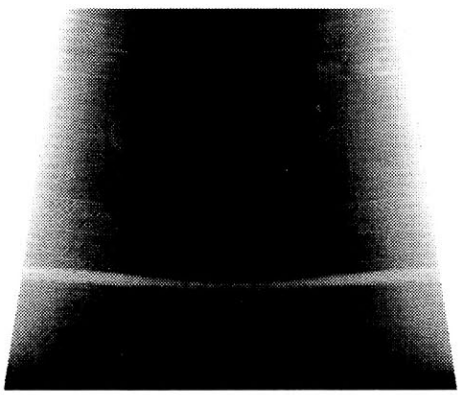
これら3点の復元銅鐸について、通常（A・B面共）、片面のみ（A・B面別）、展開X線撮影の3種類のX線透過撮影をおこなった。通常および片面撮影は徳島県立博物館に設置の装置でおこない、展開撮影は奈良大学西山要一助教授のご好意により、奈良大学の装置を使用させていただいた。また、撮影にあたっては、奈良大学学生の山岡奈美恵さん、菅野真広君のご協力をいただいた。

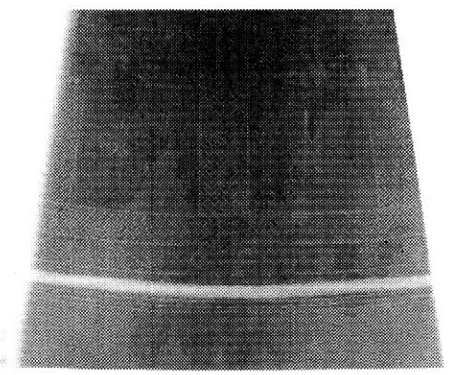
製作技法復元の可能性

A・B面共に撮影した画像よりも、片面撮影の方が多くの情報が得られることは以前にも確認していたが（魚島、1996ほか）、展開X線撮影では、片面のみの撮影時に見られる銅鐸の曲面における画像のひずみが抑えられ、隅々まで鮮明な画像が得られた。また、鋳損じなどの鋳造欠陥がまったく見られない完成度の高い復元銅鐸においても、鋳造時の痕跡が読みとれることもわかった。



左上：通常撮影
左下：片面撮影　右下：展開撮影
（それぞれほぼ同部分）
片面撮影では、画像隅にひずみや中心部との極端なコントラストの違いが見られるが、展開撮影では隅々まで鮮明に読みとることができる





銅鐸の自然科学的調査はまだまだ十分になされているとはいえないが、製作技法が明らかな復元銅鐸を中心に、できる限り精度の高いX線透過撮影調査を重ね、画像から読みとれる痕跡が、何に起因するものなのかが確認できれば、製作技法がわからない出土銅鐸の製作技法を推測・復元することは可能であると考える。

参考文献　西山要一　1989　文化財保存修復のためのX線展開写真撮影法の研究　日本文化財科学会第6回大会研究発表要旨集

魚島純一　1994　銅鐸の自然科学的調査　文化財学論集

魚島純一　1996　X線透過撮影で確認された銅鐸のシワ状痕跡　第18回文化財保存修復学会講演会大会講演要旨集

小泉武寛　1998　銅鐸鋳造実験　日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集

Rigaku

その機能が時代を加速させる

NEW ZSX

[zi:eseks]

理学/走査型蛍光X線分析装置

エンドウィンドウシリーズ

φ500μmマッピングを実現

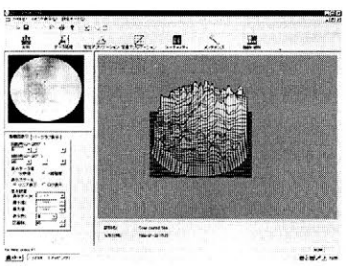
Photo : ZSX 100e

世界初、測定径500μmを実現

WDX(波長分散型蛍光X線分析装置)で初めて測定径500μmを実現しました。

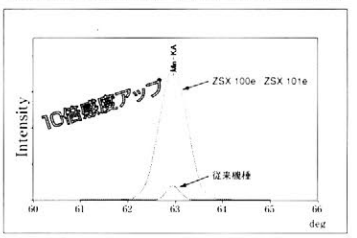
CCDマッピング対応

CCD画像による位置指定と、r-θ駆動ステージとの組み合わせにより、正確なマッピング測定が可能になりました。(特許出願中)



最大10倍の感度アップ

新型光学系の採用により、1mmφ測定においても感度が最大10倍アップ(当社比)しました。



さらに進化したFP法

理論重なり補正(特許出願中)
光電子FP法(特許出願中)
進化した半定量分析 SQX(Scan Quant X)

ホルダレスASCの採用

ASC(Automatic Sample Changer)に、ホルダレス機能を設けました(ZSX 101オプション)。従来のように試料ホルダに装填する手間が省けます。

※コストパフォーマンスに優れたサイドウィンドウ型X線管タイプ・ZSX sシリーズもラインアップしています。

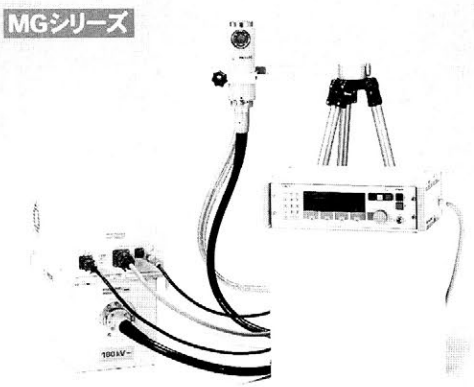
製造元
理学電機工業株式会社

販売元
株式会社リガク

〒196-8666 東京都昭島市松原町3-9-12 電話(042)545-8190<代表電話案内> FAX.(042)545-7983
●東京(03)3479-6011(代) ●筑波(0298)52-3911(代) ●東北(022)264-0446(代)
●大阪(0726)96-3387(代) ●名古屋(052)931-8441(代) ●九州(093)541-5111(代)
●E-mail : info@rigaku.co.jp ●http : //www.kagaku.com/rigaku/

フィリップスなら、
あらゆる製品のX線検査が、
簡単にできます。

MUJシリーズ



MGシリーズ

SMARTシリーズ

MUJシリーズ

長寿命、高感度、高解像度のX線テレビシステムで、簡単、安全に、しかも確実な検査が行えます。透視像を幾何学的に拡大できるので、微細な欠陥も簡単に検出できます。

MGシリーズ

長寿命、高出力を誇るメタルX線管を採用した装置で、軟X線から硬X線までの領域をすべてカバーします。マイクロプロセッサ制御器により、簡単、安全に、確実な検査が行えます。

SMARTシリーズ

長寿命、高出力メタルX線管を採用した、頑丈で、過酷な使用にも耐えることのできる携帯式のX線検査装置です。

＊100kV、120kV、160kV、225kV、320kV、450kVの各種システムを用しています。
詳細については、下記にご連絡ください。

日本フィリップス株式会社 工業機器営業部/工業X線課

本　　社 〒108-8507東京都港区港南2-13-37(フィリップスビル) TEL(03)3740-5175(直通)
大阪支店 〒532-0003大阪市淀川区宮原3-5-36(新大阪第2森ビル) TEL(06)6350-3814(直通)

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分析機器部は、
本社、大阪支店、九州支店の、販売、据え付け、保守に関して、
ISO 9002の認証を受けています。

日本フィリップス株式会社 分析機器部

本　　社　〒108-8507　東京都港区港南2-13-37（フィリップスビル）　TEL(03)3740-5171(直通)
大阪支店　〒532-0003　大阪市淀川区宮原3-5-36（新大阪第2森ビル）　TEL(06)6350-3814(直通)
九州支店　〒812-0024　福岡市博多区綱場町8-23（朝日生命福岡昭和通りビル）　TEL(092)282-8108(直通)
ダイヤルアクション　〒108-8507　東京都港区港南2-13-34（ダイヤルアクションセンター）　TEL(03)3740-5180(直通)

ISO9001 Quality Certified
X線分析装置製造工場で、世界初の認証

ISO 14001 KEMA CERT. NR. 75160
DUTCH COUNCIL FOR ACCREDITATION

フィリップスの分析装置は、ISO14001およびISO9001認証工場で製造しています。

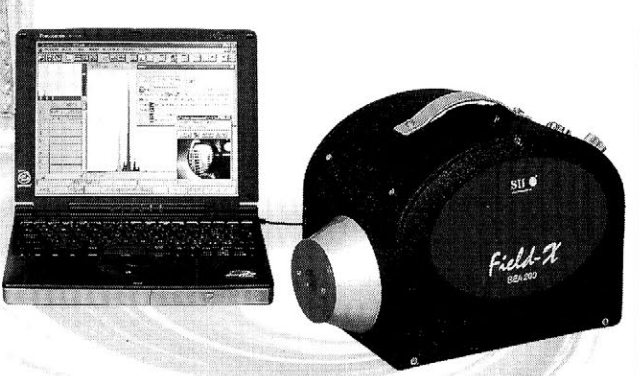
Let's make things better.

PHILIPS

分析はフィールドへ……

SEA200
Field-X
可搬型蛍光X線分析計

どこへでも持ち運びが自在な可搬型蛍光X線分析計です。
移動困難な大型試料や貴重試料をその場で、非破壊・非接触で定性・定量分析することが可能となりました。



特長

小型・軽量化を実現

- 測定ヘッドが小型・軽量でどこへでも持ち運びができ、試料サイズの制限が無く、その場で試料の分析および解析ができます。
- HeパージによりAlからUまでの元素を非破壊・非接触で高精度に分析できます。
- 検出器には液体窒素不要の電子冷却方式を採用しました。

CCDカメラ内蔵によりイージーオペレーションを実現

- 測定ヘッド部にCCDカメラを内蔵しており、ノートブックパソコン画面上で試料の観察や測定希望部位の位置合わせが可能です。
- オプションでバッテリーによる駆動や、自動車のシガレット電源からの駆動もできます。

主な用途

- 大型試料の分析
- 建造物・固定物などの分析
- 警察・消防鑑識資料の分析
- 産業廃棄物の分析
- 金属リサイクル品等の分析
- 地質・土壌の分析
- 製品等のオンライン分析　など

SEA2100 Series
エレメントモニタ

バルク分析から薄膜まで簡単分析

SEA5000 Series
マイクロエレメントモニタ

狙った場所の異物を多元素同時分析

SII
Seiko Instruments Inc.

セイコーインスツルメンツ株式会社　科学機器事業部
本社　千葉県千葉市美浜区中瀬1-8　〒261-8507　☎(043)211-1338　FAX(043)211-8067
営業所●大阪☎(06)6305-4020　●仙台☎(022)266-6055　●筑波☎(0298)24-2271
●横浜☎(045)316-1716　●名古屋☎(052)731-2575　●福岡☎(092)411-4278

当社では、アプリケーションラボにデモ機を設置しております。性能を実感していただくために、お客様のご来社をお待ちしております。☎043-211-1338分析営業まで

脱塩処理装置

DSMシリーズ

MITSUWA RIKAGAKU

1 ドアの締め付けはワンタッチの全自動
〔安全に開き、確実に閉じる新設計。〕

2 3つのモードがワンタッチ選択
〔マイコン制御でフルオート運転。〕

3 自己診断機能の装備を万全対策
〔操作性も重視した安全対策。〕

地球にやさしい薬品未使用タイプの脱塩処理装置！

- お客様の要望により、脱酸素状態を完璧にキープ。
- 今までにない短期間での脱塩処理が可能になり、安全・簡単・スピーディー。
- 指ひとつでドアの締め付けから、脱塩まで出来るマイコン制御の全自動万能タイプ。

DSM-421K

DSM-242D-K

販売元 三ツワ理化学工業株式会社

特販部 TEL 06 (351) 9683 FAX 06 (351) 6377
本社 TEL 06 (351) 9631 FAX 06 (351) 9694
東京支社 TEL 03 (3814) 5881 FAX 03 (3814) 0558
宇部支店 TEL 0836 (21) 4146 FAX 0836 (21) 1170

製造元 株式會社 平山製作所

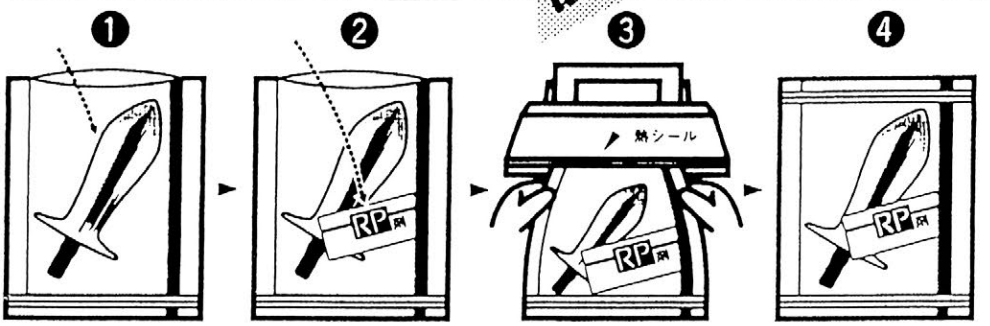
本社 〒344 埼玉県春日部市豊野町2－6－5
TEL. 048-735-1241(代) FAX. 048-733-2384
大阪支店 〒540 大阪市中央区内淡路町1-4-8(中大江ビル101号)
TEL. 06-910-5842(代) FAX. 06-910-5844

RPシステム®

文化財、芸術品の酸化劣化を
防止する気密包装システム

出土金属器の保存に!
記録史料の保存に!

RPシステムによる方法



対象物をエスカルに入れる　RP剤を必要量投入する　熱シール等で密封する　容器内が無酸素状態になる

金属系文化財用　◎RP-Aタイプ

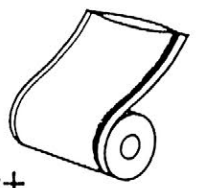
- ●酸素、水分を取り除き、長期にわたって劣化を防ぎます。
- ●出土金属器等の保存に適します。

非金属系文化財用　◎RP-Kタイプ

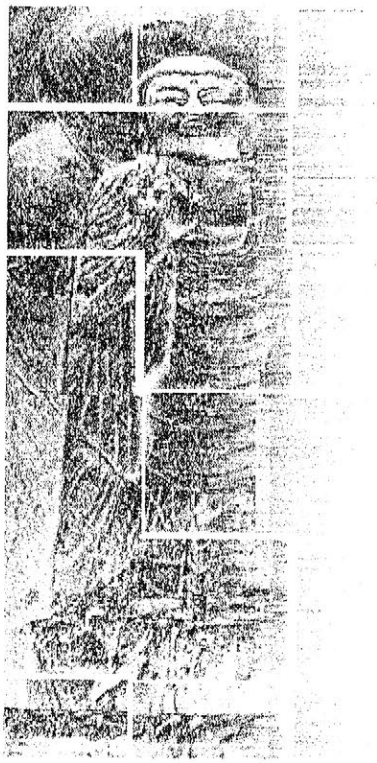
- ●無酸素保存で虫害、酸化劣化を防ぎます。
- ●容器内湿度に影響を与えない脱酸素剤です。
- ●木、紙、布、皮、藁製品等の保存に適します。

ガスバリアフィルム　◎エスカル

- ●両端シールのエンドレスフィルムで、適当な長さに切って使います。
- ●無酸素空間を長期にわたって維持します。



MGC 三菱ガス化学株式会社
情報機能材事業開発部　RPグループ
東京都千代田区丸の内2-5-2　〒100-8324
TEL03(3283)5168　FAX03(3283)5187

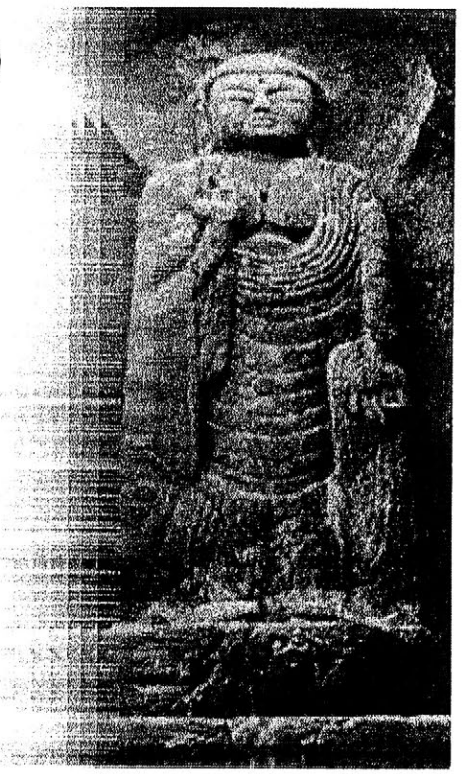


STOP
the
風化

石材強化剤
OH100

石材撥水剤
280

強化剤
OM50



TRY
the
活性

株式会社アクト

本　　店
〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1
ＴＥＬ・ＦＡＸ (0595)63−8261

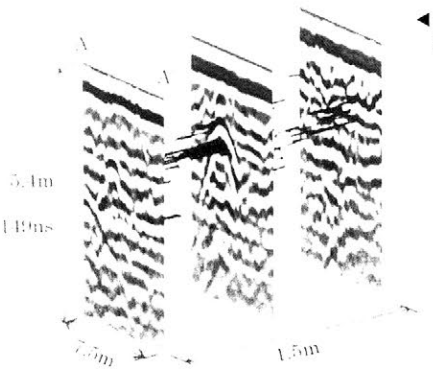
営業本部・倉庫
〒544-0015 大阪市生野区巽南5-9-11 森下通商ビル内
ＴＥＬ (06)6796−2381
ＦＡＸ (06)6794−0254

TANAKA
www.geology.co.jp

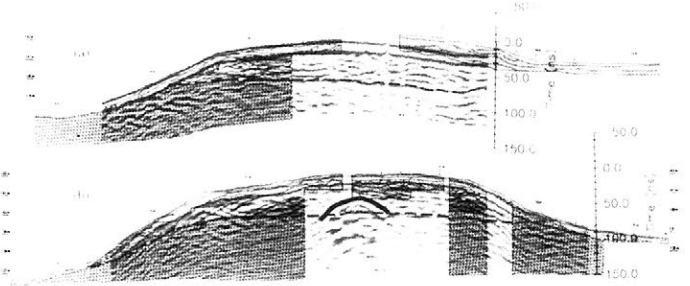
探査 EXPLORATION

物理探査で遺構・遺物を発見

物理探査による遺構・遺物の発見は、その性質や規模の違いにより、探査方法が異なってきます。また、いくつかの探査方法を用いる事であらゆる角度からの解釈が可能となります。当社では、地下レーダ探査をはじめ、電気探査、比抵抗マッピング、レイリー波探査、電磁誘導探査、磁気探査など、様々な探査方法を用意しております。あらゆるお問い合わせに応ますので、ぜひご相談下さい。



◀3次元処理した地下レーダプロファイル。連続した遺物が見える。



▼古墳で行った地下レーダプロファイル。図中心部付近に内部主体によるパターンラインが見える。リアルフインは地層の境界と整合する。

土と石の強化保存剤 TOT

保存 CONSERVATION

土と石の強化保存剤TOTはケイ素を含有するゾル溶液を主成分とし、粒子間に浸透して結合を強化します。TOTは浸透性がよい、孔隙を閉塞せず通気性を保つ、耐候性に優れる、表面の変色や照りがない、といった特徴があります。土器をはじめとする石像文化財、野外遺構などの強化保存に有効です。当社では、遺構・遺物の物理的性質や形状、風化の程度、現地の環境などを調査し、適切な保存方法とTOTによる処理を提案いたします。

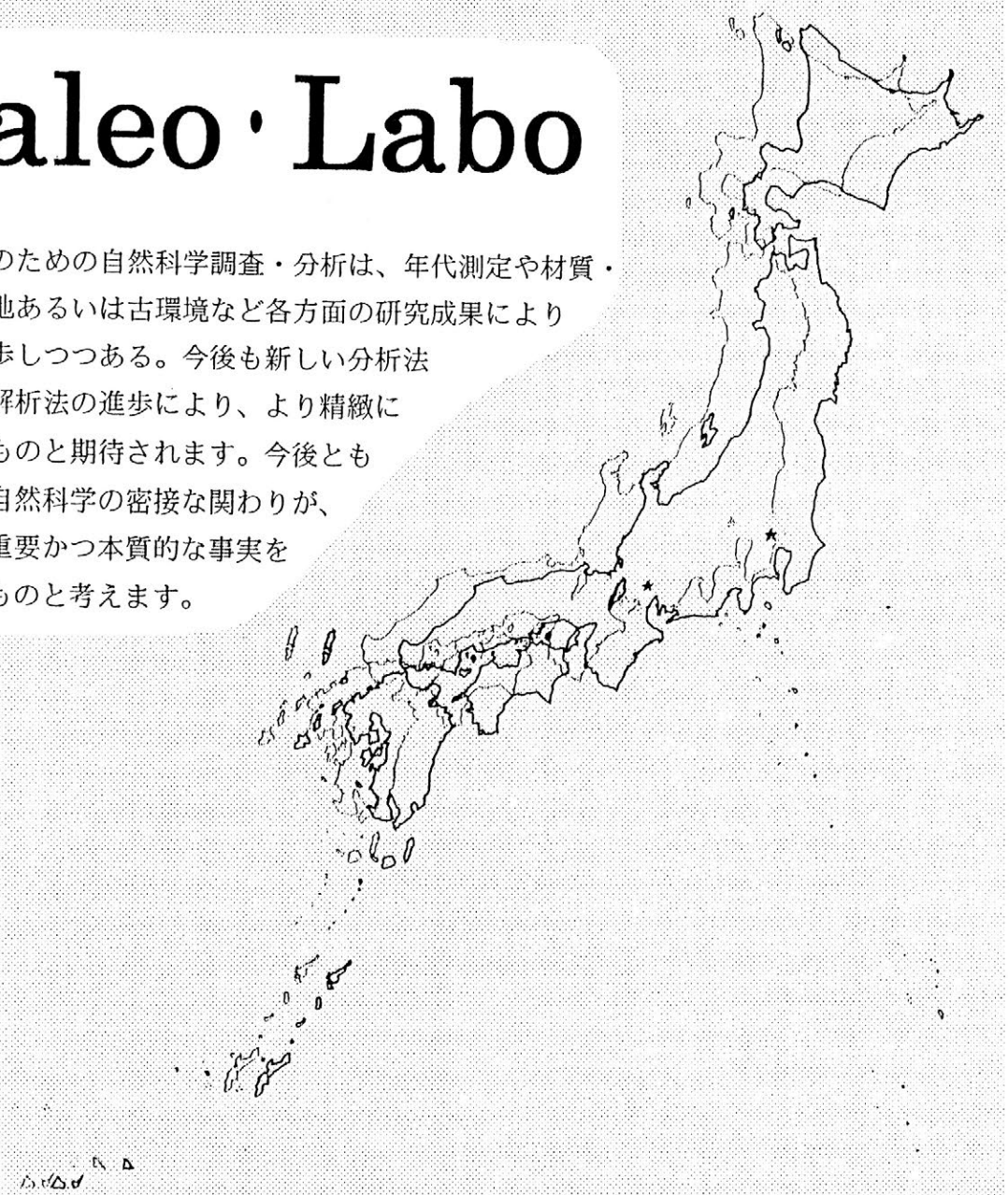
◀土構造による遺跡の保存処理。散布状況。

石碑の保存処理。塗布状況。▶

株式会社 田中地質コンサルタント 〒915-0082 福井県武生市国高2-324-7 phone:(0778)25-7000 fax:(0778)25-7001

Paleo·Labo

考古学のための自然科学調査・分析は、年代測定や材質・技法・産地あるいは古環境など各方面の研究成果により大きく進歩しつつある。今後も新しい分析法あるいは解析法の進歩により、より精緻になされるものと期待されます。今後とも考古学と自然科学の密接な関わりが、ますます重要かつ本質的な事実を解明するものと考えます。



株式会社パレオ・ラボ

【本　　社】〒335-0016　埼玉県戸田市下前 1-13-22 ビコーズ戸田III1F
Tel. 048 - 446 - 2345　Fax. 048 - 444 - 7756
E-mail : paleo@mbc.sphere.ne.jp

【東海支店】〒501-6264　岐阜県羽島市小熊町島 5-63 アルビアル羽島 1F
Tel. 058 - 391 - 0881　Fax. 058 - 391 - 8129
E-mail : pal@usiwakamaru.or.jp

【ホームページ】　http://www.usiwakamaru.or.jp/~pal/index.htm

考古学研究への協力

自然科学的視野からの情報提供を通して遺跡調査・研究に貢献いたします。

●遺跡の立地を把握し堆積物の年代的示標を得る

現地調査等を通じて、遺跡の立地を可能な限り把握する努力をいたします。これらを踏まえ、断面観察・鉱物分析・テフラ同定・屈折率測定などの方法により、すでに年代が明らかな示標テフラとの対比を行い、遺物包含層などの堆積年代を明らかにします。また、堆積物や材の^{14}C年代測定にも対応します。

●植生の変遷や稲作の消長を検討する

堆積物の状況を考慮して、花粉分析・植物珪酸体（プラントオパール）分析・種子同定などを複合実施し、総合解析を行います。

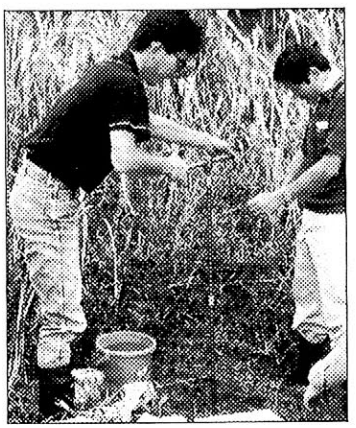
●遺物の素材を検討する

木質遺物の材同定、土器・瓦・埴輪などの胎土についての顕微鏡観察や重鉱物分析、炭化種子などの同定を通じて、生業や食生活の一端を解明します。

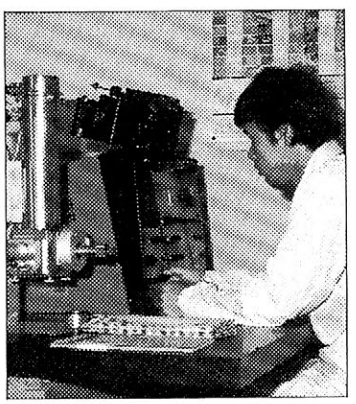
●遺構・遺物の内容物に関する情報を得る

覆土や土器付着物に残留する成分を抽出・分析することで、土器や土坑内にかって存在した内容物を推定し、生業・食生活、墓制に関する情報を提供します。

▶上記の他、可能な限り新たな課題への対応をいたします。計画段階からお気軽にご相談下さい。



野外調査活動の重視



分析方法の開発

当社スタッフの専門領域

考古学・第四紀学・地質学・農学・地理学・花粉学・古生物学・植物生態学・土壌学・鉱床学・鉱物学・岩石学・海洋学など

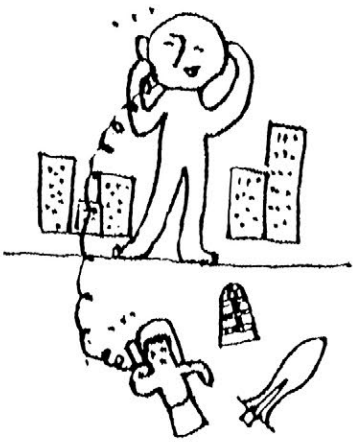
パリノ・サーヴェイ株式会社

本　社／〒103－0023 東京都中央区日本橋本町１－10－５（日産江戸橋ビル２階）
TEL (03)3241-4566(代表)
FAX (03)3241-4597

研究所／〒375－0011 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559－3
TEL (0274)42-8129(代表)
FAX (0472)42-7950

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

あらゆる技術を駆使して、各文化財の種類や条件に合った調査を提案します。お気軽にご相談下さい。

大地を知る技術 …… 私たちはジオ・エンジニアリング企業です。

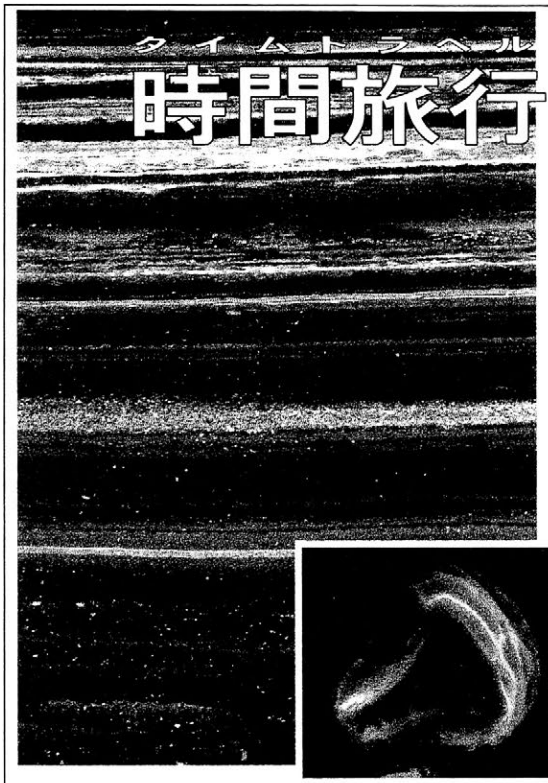
応用地質株式会社

〒102-0073　東京都千代田区九段北 4-2-6
TEL(03)3234-0811　FAX(03)3263-6854
ホームページ：http://www.oyo.co.jp/
Eメール：prosighl@oyonet.oyo.co.jp

■問い合せ先

札幌支社	011-863-6711	中部支社	052-793-8321
東北支社	022-237-0471	大阪支社	06-6885-6357
東京支社	03-3946-3111	関西支社	06-6384-5105
関東支社	048-882-6581	中国支社	082-921-1161
北信越支社	025-274-5656	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
技術本部　歴史環境部　048-665-1811



地質調査・試料採取
火山灰（テフラ）同定
年代測定：^{14}C年代測定（β線法・AMS 法）
　　熱・光励起ルミネッセンス（TL・OSL）法
環境復元：植物珪酸体（プラント・オパール）分析
　　花粉分析
　　樹種・種実同定
　　植物遺体 DNA 分析
その他：寄生虫卵分析・蛍光X線分析など

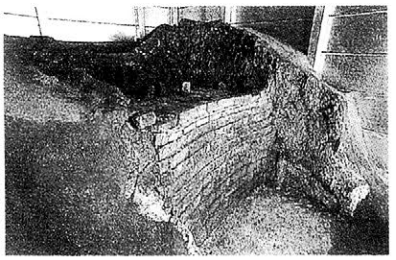
㈱古環境研究所
Paleoenvironment Research Institute Co.,Ltd.
本　社：〒331-0062
　　埼玉県大宮市土屋 1795-24
　　Tel 048-622-0389　Fax 048-622-9187
研究所：前橋・奈良・宮崎

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



湧田の平窯（ニシヌメー広場）

現在の沖縄県庁の敷地から発掘された瓦窯を移設、展示しています。

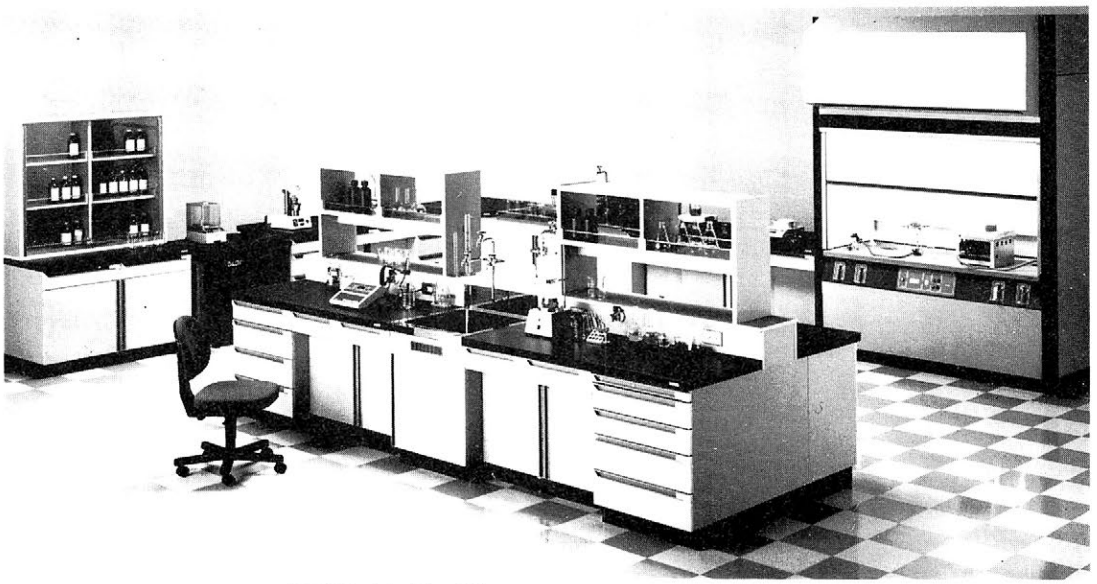
建設業許可番号
奈良県知事許可(般7)第9657号

株式会社 近畿ウレタン工事

代表取締役 林　政行

〒630-8442　奈良県奈良市北永井町6-1 TEL 0742(62)4841

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

考古学のための年代測定学入門

長友恒人編　B5判　176頁　定価本体2800円(税別)

縄文土器の年代がどんどん古くなる発見報道が今後も盛んになる。その数値年代の決め手となる科学技術の考古学用入門書。年代測定の試料の取扱いとさまざまな測定法を第一線で活躍する研究者が紹介。

主な内容　各章は、発展史と原理、試料の取扱い、適用可能な年代範囲、測定法の要点、利用上注意点、展望、実施機関について述べる。測定法と執筆者は、放射性炭素法(中村俊夫)古地磁気法・考古地磁気法(広岡公夫)ルミネッセンス法（長友恒人）電子スピン共鳴法(塚本すみ子)ウラン系列法(大村明雄)層序法　テフロクロノロジー(早田勉)その他の測定法(長友恒人)他に文献とコラム

火山灰考古学
新井房夫編　A5　270頁　2600円　火山灰データがあばく日本史

考古遺跡の花粉分析
斎藤　昭訳　菊判　208頁　3800円　遺跡の土壌花粉分析法

古代の環境と考古学
日下雅義編　A5　266頁　2600円　歴史と環境のかかわりを説く

百年・千年・万年後の日本の自然と人類
日本第四紀学会編　A5　240頁　2300円　第四紀学は地球の未来予測科学

東京都千代田区神田駿河台2－10
〒101-0062　TEL.3291－2757
古今書院
書店に見あたらないときの注文方法：住所、氏名、電話、注文書名を明記の上、直接、ハガキかfax(03-3233-0303)で。代金後払い、送料サービスで送ります。

日本文化財科学会出版物バックナンバー

学会誌 考古学と自然科学：第1号（1968）～ 第35号（1997）

第1-3、6、9、20号は残部がありませんが、コピーでの頒布は可能です。

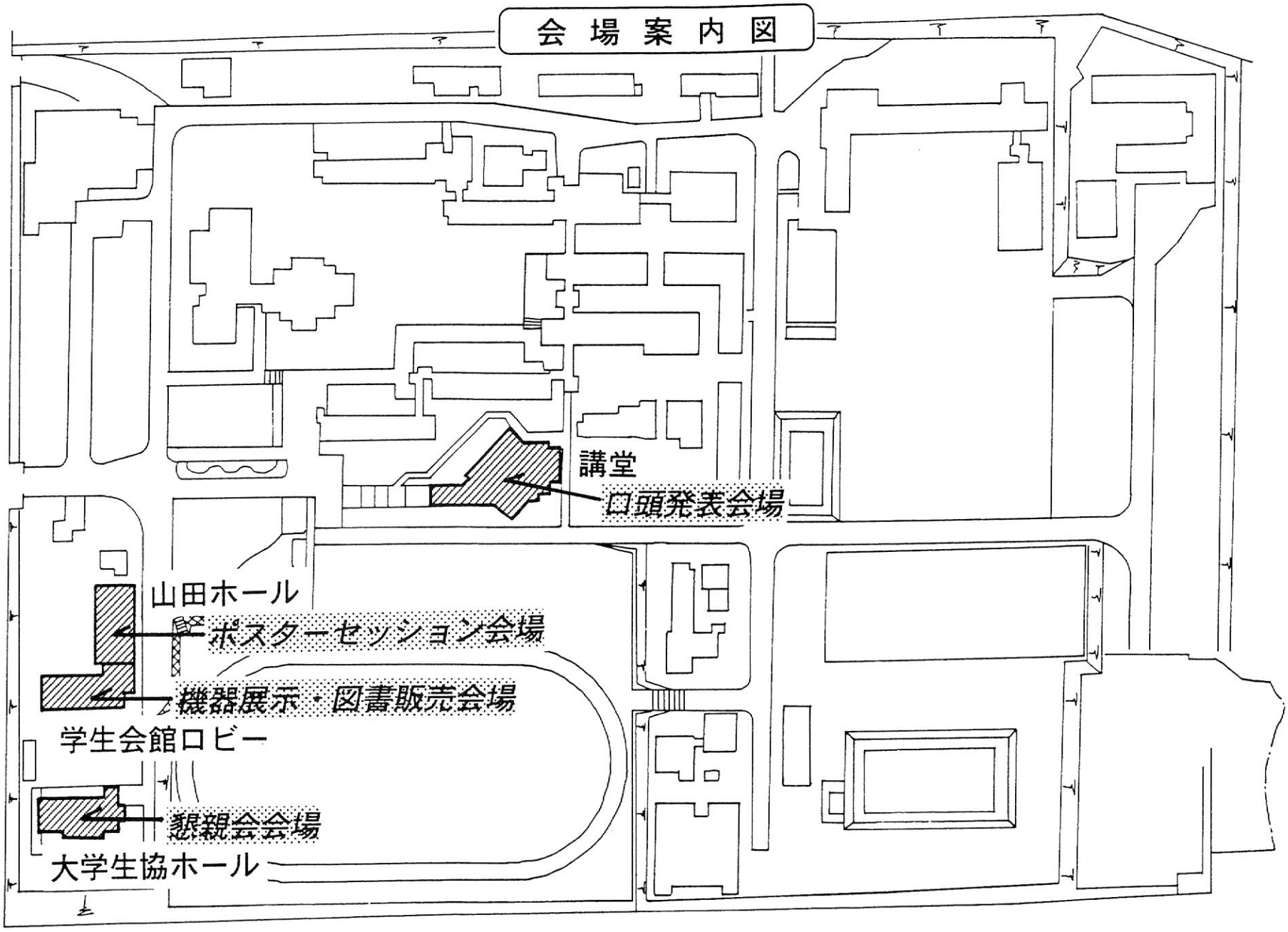
文化財科学文献目録データベース

98年補遺版を含めたWindows/Mac両CDROMができました。
これまでのデータの訂正もされています。
・Windows: Access 97、Excel 97、DBpro、桐、テキスト
・Mac: ファイルメーカー4、Excel 97、テキスト
・新規ユーザ　4000円（現ユーザ　500円）

日本文化財科学会設立10周年記念シンポジウム「科学が解き明かす古墳時代」
設立15周年記念公開講座「それは何年前のこと？遺跡・遺物の年代決定に挑む」

研究発表要旨集（1984～1999）、会誌（1983～1999）も在庫があります。

お問い合わせは郵便またはFAXでお願いします。
〒631-8502　奈良市山陵町1500　奈良大学文学部文化財学科内
日本文化財科学会事務局　　FAX：0742-41-0650


会場案内図
講堂
口頭発表会場
山田ホール
ポスターセッション会場
機器展示・図書販売会場
学生会館ロビー
懇親会会場
大学生協ホール

日本文化財科学会第16回大会研究発表要旨集

発行日　1999年6月26日
編集者　日本文化科学会第16回大会実行委員会
委員長　三辻利一

委　員　今津節生　植田直見　金原正明　木立雅朗　酒井龍一
長友恒人　西田史朗　西山要一　平賀章三　村上　隆
森下章司　山岸公基　脇田宗孝

事務局　奈良教育大学古文化財科学　長友研究室気付
〒630-8528　奈良市高畑町
TEL：0742-27-9188
FAX：0742-27-9289（共用）
e-mail：nagatomo@nara-edu.ac.jp