ポスターセッション

P 1

炭素 14 年代の暦年代較正における問題点と新しい考え方

今村峯雄（国立歴史民俗博物館）

1. 緒言

炭素 14 年代を歴史年代と比較するには、暦年代較正（キャリブレーション）曲線を用いて較正する作業が必要である。この較正された年代、すなわち較正暦年代（実年代）の求め方には、現在二通りの方法が用いられていて、暦年代較正曲線から交点を読み取る方法と、統計学（ベイズ統計）の考えに基づいて確率分布で表示する二通りの方法がある。前者は、測定値に対応する暦年代をグラフから読み取るので、分かりやすく、多くの論文で採用されている。しかし二つの方法が与える値はしばしば一致しない。本発表では、従来の交点読み取り法では年代の「測定値」を用いるため、不正確な暦年較正結果を与えることを示す。また、サンプル密度という概念を取り入れた「推定年代」により正しい推定が可能となることを示す。

2. なぜ交点読み取り法に問題があるのか

例えば、炭素 14 年代の測定値が T±σ （^{14}C BP）と得られた場合のことを考える。この意味は、真の炭素 14 年代値が T±σ の範囲に 67.4%、T±2σ の範囲に 95.4%、等であることを示すとされる。これは、T±σ という年代値を与える真の値の母集団が T±σ の範囲に 67.4%、T±2σ の範囲に 95.4%、等であると解釈される。炭素 14 年代を扱う場合、これは正しいのだろうか？図 1 をみてみよう。この図は、紀元前 1～10 世紀の較正曲線で、凹凸が激しい。暦年代で 400BC～800BC に相当する領域では、変化の少ないほぼフラットな曲線となっている。このフラットな領域では炭素 14 年代は 400～500 ^{14}C BP を示すことになる。もし縄文晩期から弥生にかけての遺跡を無作為に年代測定すれば、400～500 ^{14}C BP を示すチャンスが高いということになる。前述の確率の議論ではこのことは全く反映されていない。すなわち、あくまでも「測定値」の統計誤差による確率（選択の基準）

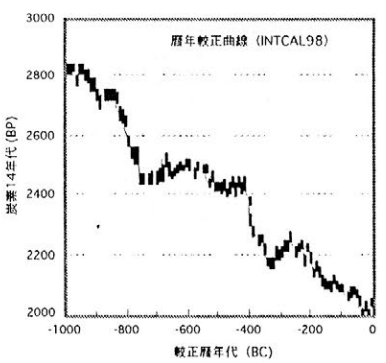


図 1.

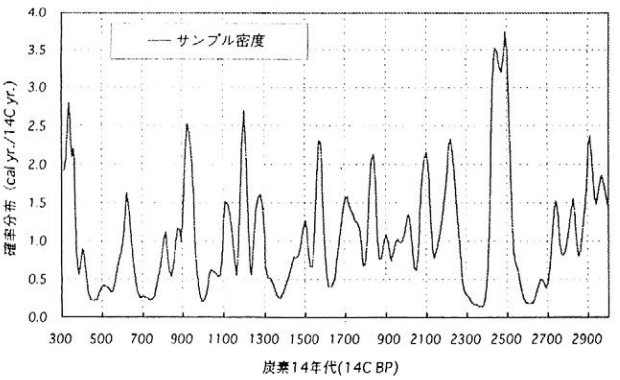


図 2.

であることがわかる。

3. サンプル密度

そこで、考古学的な無作為の年代測定を念頭に置いて、炭素 14 年代値の出現分布について考え

る。木材や木炭などのバイオマスの生産量は年ごとに変化はなく、それが現在まで残存する割合

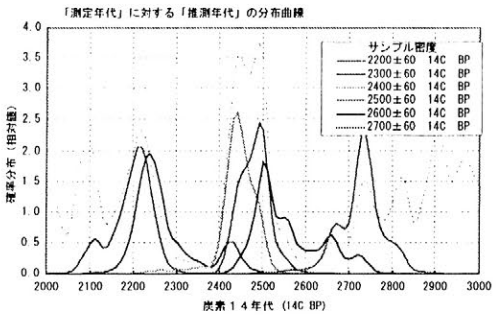


図3.

も年ごとに変化はないものとすると、試料を見出す確率はそれぞれの暦年に対して等分布である。一方、前述の例で示したように炭素 14 年代値分布を軸に考えると等分布とはならない。図２は INTCAL98 のデータベースに基づき計算で得られる炭素 14 年代値分布である。年代によって大きな相違があることが分かる。この分布の大きさは、炭素 14 年代に対する「サンプル密度」と考えることができる。

4. 炭素 14 年代測定値と炭素 14 年代推定値

以上の議論から、炭素 14 年代を推定する場合、測定値の不確定性に由来する確率分布 $p(t)$ と、母集団である資料の存在確率分布、すなわちサンプル密度、$S(t)$、の両方を考えないといけないことが分かる。この両者の積から炭素 14 年代推定値に対する確率、$P(t)$、が得られる。

$$P(t)=p(t)\cdot S(t)/\int p(t)\cdot S(t)dt \text{--------}(1)$$

図 3 には炭素１４年代の測定値が 2200±60～2700±60 ^{14}C BP に対して得られる炭素 14 年代推定値を示した。この図から、「測定値」と「推定値」はかなりズレることがわかる。これは、例えば、分布の小さい領域での炭素 14 年代値は、分布の大きい領域からの（統計的なゆらぎに起因する）寄与が大きいことを示し、年代の解釈には慎重でなければならないことを示す。なお、測定誤差が小さくなるとズレも小さくなり、測定の高精度化が重要であることを示す。

5. 交点読み取り法と、確率分布表示法

最初に述べたように、暦年代較正曲線を用いて較正する作業では、暦年代較正曲線から交点を読み取る方法と、確率分布で表示する二通りの方法がある。これまでの交点読み取り法では「測定値」を用いているため、正しい較正暦年代を与えることはできない。式(1)で示す「推定値」を用いて較正歴年代を求めるのがより正しい方法である。

一方、確率分布で示す方法では、「測定値」が与える数値と「暦年較正曲線」が与えるデータの一致の程度を、各暦年に対して確率で示す。各暦年に対する確率の重みは等しくとるので、考え方としては「サンプル密度」と同様な考え方がなされているわけである。このようなわけで、交点読み取り法に対して、式(1)で示す「推定値」を用いることにより、確率分布表示法の間にあった矛盾が解決される。

文献) 1) Stuiver, M. et al. : INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000-0 cal BP, Radiocarbon, 40, 1041-1083 (1998)

P 2

名大タンデトロン加速器質量分析計を用いた樹木年輪試料の ^{14}C ウィグルマッチングの試み

中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)・福本浩士(同)・丹生越子(同)・小田寛貴(同)・池田晃子(同)・南　雅代(同)・太田友子(同)・光谷拓実(国立奈良文化財研究所)・今村峯雄(国立歴史民俗博物館)・坂本　稔(同)

1．^{14}C ウイグルマッチングとは

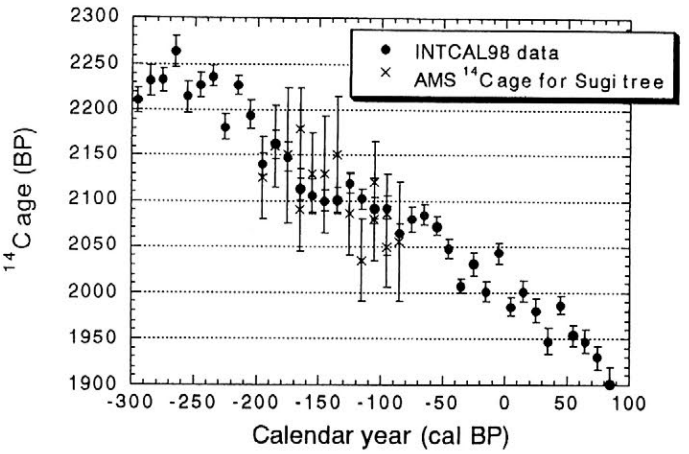
^{14}C 年代測定では，^{14}C 年代算出における基本的な仮定として，過去の大気中二酸化炭素の ^{14}C 濃度が，^{14}C 年代測定が適用される現在から6万年前に遡って常に一定であったとされる．しかし，この仮定が成立しないことは，Libby 博士による ^{14}C 年代測定法の開発後まもなく明らかとなっていた．年代の明白な古代エジプトの遺品や年輪年代が決定されている年輪試料について得られた ^{14}C 年代と推定された暦年代が一致しなかった．これは，^{14}C 年代測定の誤差に依るものではなく，^{14}C 年代と暦年代との系統的なずれであることが示された．1960 年代には，過去の大気中二酸化炭素の ^{14}C 濃度変動が樹木年輪を用いて盛んに研究された．日本では，木越（1966），Kigoshi & Hasegawa(1966)らにより，屋久杉を用いた研究が進められ，世界で初めて ^{14}C 濃度の経年変動を地磁気の変動と関連させて解析された．現在では ^{14}C 濃度の経年変動は，樹木年輪を用いて 11,850 年前（暦年代で）まで，海洋底の縞状堆積物やサンゴ化石を用いて 11,850-15,585 年前の間，サンゴ化石のみを用いて 15,585-40,000 年前の間のデータが得られている．また，日本の水月湖湖底の縞状堆積物を用いて 37,400 年前頃までの ^{14}C 濃度経年変動が得られている．これらのデータについて暦年代と ^{14}C 年代の関係を図にすると，3千年前以前では，^{14}C 年代は，暦年代から大きくずれており，また数百年オーダーの長期変動と百年から数十年オーダーの短期変動が見られる．前者の長期変動は主として地磁気強度変動，後者の ^{14}C ウイグルと呼ばれる短期変動のギザギザは太陽活動に起因する ^{14}C 生成率の経年変動によるものとされる．

^{14}C 濃度変動のウイグルは，樹木の特質によるものではなく，年輪形成の原料となる大気中二酸化炭素の ^{14}C 濃度の変動による．従って，本来，同じ時期に生育した樹木年輪は同じような ^{14}C 濃度変動を示すはずである．そこで，既に得られている ^{14}C 年代-暦年代変動標準曲線を，ちょうど年輪年代学の年輪幅変動標準データと同じように用いて，年代が未知の樹木年輪について年輪番号と年輪の ^{14}C 濃度を測定し，それらを ^{14}C 年代-暦年代変動標準曲線に絵合わせして，樹木の暦年代を決定する事ができる．この方法を ^{14}C ウイグルマッチングと呼ぶ（中村，2000）．

中村俊夫（2000）高精度 ^{14}C 年代測定と ^{14}C ウイグルマッチによる埋没樹木の年代決定の研究．科研費基盤研究（C）研究成果報告書（研究課題番号：10680174）

2．^{14}C ウイグルマッチングの日本の樹木への適用例

Imamura et al.(1999)は，箱根で堆積物中から掘り出された杉材（453 個の年輪を持つ）について，奈良国立文化財研究所で年輪年代を決定した後，10 年分の年輪にまとめて分割し，年輪からセルロースを抽出して，^{14}C 年代を測定した．その結果を下図に示す．既存の ^{14}C 年代-暦年代変動標準曲線と測定された結果との一致は良い．



3．箱根芦ノ湖湖底から採取された杉・ヒノキ材の ^{14}C ウイグルマッチング

芦ノ湖湖底から採取された杉・ヒノキ材について，光谷（1998）は年輪年代法により年輪年代を決定し，既に測定されていた ^{14}C 年代と著しいずれのあることを示した．そこで，これらの試料について ^{14}C 年代と年輪年代を詳細に比較するために，スギおよびヒノキ材の各 1 本について ^{14}C 年代測定を行っている．ヒノキ材については 10 年ごとにまとめて，スギ材については 5 年ごとにまとめて分割した．杉は西暦 926-1050 年分，ヒノキは西暦 61-180 年分がある．年輪試料は粉砕し，酸－アルカリ－酸処理をした後，閉鎖系で燃焼して二酸化炭素に変え，さらにグラファイトに固化した．調製したグラファイトについて，名大のタンデトロン加速器質量分析計を用いて ^{14}C 年代測定を行っている．

木越邦彦（1966）大気中における ^{14}C 濃度の経年変化．日本化学会誌，87(3), 209-220.

Kigoshi, K. and Hasegawa,H.(1966) Secular variation of atmospheric radiocarbon concentration and its dependence on geomagnetism. *J. Geophys. Res.*,71, 1065-1071.

Imamura, M., Sakamoto, M., Shiraishi, T., Nakamura, T., Mitsutani, T., and J. Van Der Plicht (1998) Radiocarbon age calibration for Japanese wood samples: wiggle-matching analysis for a test specimen. *Actes du colloque <C14 Archeologie>*, 79-82.

光谷拓実・袴田和夫（1998）箱根芦ノ湖の湖底木と南関東の巨大地震．日本文化財科学会第１５回大会研究発表要旨集，p.22-23.

P 3

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（II）

○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　年代測定総合研究センター）

1．はじめに

1990 年代前半に開発された第２世代のタンデトロン加速器質量分析計（ＡＭＳ：Accelerator Mass Spectrometry）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（１試料あたり 20～40 分程度）という特徴を持つ。少量の試料による測定が可能であることと、年代値の測定誤差も、±20～40 年程度と比較的小さく求めることができるようになり、様々な文化財の年代測定にも極めて有効的に利用することができるようになった。

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目的とし、今回は、製鉄遺跡出土鉄塊を原料に、現代の木炭を用いた精錬実験を通して、精錬前後の鉄塊の炭素履歴についての比較検討を行った。

2．製鉄遺跡出土鉄塊の^{14}C年代測定

精錬前の出土鉄塊の製作年代を明らかにするため、石川県小松市林町に所在した８世紀中頃～12世紀の製鉄・鍛冶遺跡である林遺跡の製鉄炉より出土した鉄塊４点（１号炉　２点・２号炉　２点）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（２号機）により^{14}C年代測定を行った。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。

林遺跡出土鉄塊の^{14}C年代測定結果を Table　1に示した。^{14}C年代から暦年代への較正は、INTCAL98 (Stuiver et al,1998) に報告されている較正データを用いた。

１号炉の試料（林Ⅰ-1，林Ⅰ-2）については、２試料ともに出土遺物との年代観とほぼ一致を見ることが出来た。２号炉の試料（林II-1，林II-2）については、抽出した試料そのものにばらつきがあったのか、１点は出土遺物の年代観とほぼ一致を見ることが出来たが、もう１点は出土遺物の年代観より約 50～100 年ほど後の時期を示した。測定試料数が少ないわりには、全体的に調和的な年代を求めることが出来た。

このことから製鉄遺跡における鉄塊においては、その内在する炭素の履歴は製鉄の際に用いられた木炭に由来していると考えられ、鉄塊の^{14}C年代値≒鉄塊の製錬年代を示している。

Table.1　林遺跡出土鉄塊の放射性炭素年代

Sample name	Histrical age	Sample Amount[g]	Yield of CO_2 [mgC]	$\delta^{13}C$ [‰]	^{14}C age [yr BP]	Calibrated range [cal AD]
林Ⅰ－1	8世紀中頃	1.001	2.590	-25.6	1257±22	692(725,739,772)778
林Ⅰ－2	8世紀中頃	1.027	4.378	-25.7	1273±22	688(694,696,718,741,767)775
林Ⅱ－1	9世紀中～12世紀初	1.036	6.257	-25.7	905±22	1043(1074,1076,1159)1182
林Ⅱ－2	9世紀中～12世紀初	1.029	13.733	-27.3	874±22	;160(1164,1169,1186)1213

3．製鉄遺跡出土鉄塊を用いた精錬実験の^{14}C年代測定

陶芸用の耐火粘土（童仙房土）を用いた高さ約50 cm、内径約13 cmの小型竪形炉を作製し、炉壁に3カ所、熱伝対を差込み、炉内温度を記録しながら、精錬実験を行った。原料となる鉄塊には、林遺跡1号炉出土の鉄塊をメタルチェッカーを用いてできるだけ金属鉄の残存の良いもの選別し、それらを粉砕して使用した。木炭は、市販の10～30年ものの松材を10年ほど前に製炭した木炭を使用した。約5kgの鉄塊と約　20 kgの木炭を用いて、炉内温度約1400℃を保ちながら、約5時間操業し、わずか43ｇ程度の鉄を得た。

この精錬実験により得られた鉄塊2点を林遺跡出土鉄塊と同様の方法で^{14}C年代測定用の試料を調整し、加速器質量分析法計よる^{14}C年代測定を行った。測定により得られた^{14}C年代を暦年代へ換算し（Manning and Melhuish　1994)、その結果をTable　2に示した。

精錬された鉄塊の^{14}C年代測定結果は、1974-1975年頃を示し、かなり一致した年代を示している。製鉄実験に使用した木炭は、10～30年ものの松材を伐採後、現在から10年ほど前に製炭しており、^{14}C年代測定結果と比較しても、矛盾のない結果が得られた。

精錬前の鉄塊中には、製錬炉で砂鉄から銑鉄に製錬された時に用いられた木炭由来の炭素が僅かながら内在しているが、この鉄塊を再び溶かして不純物を取り除くために精錬を行うと、もともと内在していた少量の炭素が、精錬に用いた木炭由来の炭素に置き換わることを示した。

Table.2　　精錬実験における鉄塊の放射性炭素年代

Sample	Sample Amount [g]	Yield of CO_2 [mgC]	$\delta^{13}C$(‰)	R $((^{14}C/^{12}C)_{SA}/^{14}C/^{12}C)_{ST})$	^{14}C age (VT BP)	Calibrated range [cal AD]
精錬Ⅱ－1	1.067	9.435	−24.3	1.388±0.0035	−2634±20	1975
精錬Ⅱ－2	1.010	3.534	−25.5	1.395±0.0035	−2674±20	1974

4．まとめ

加速器質量分析計を用いた^{14}C年代測定は、鉄塊のような炭素含有量の低い資料にも有効であり、古代の製鉄方法（製錬）により得られた鉄塊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、鉄塊中の炭素の履歴は製鉄時の木炭に由来し、鉄塊の^{14}C年代値≒鉄塊の製錬年代を示した。

しかし、製錬後に精錬を行って得られた鉄塊については、精錬工程中に鉄塊が熔融することにより、そのとき用いた木炭中の炭素の影響を受けてしまい、鉄塊中の炭素の履歴が変わってしまうことが認められた。このことは、古代の鉄製品が、各製作工程に用いる各材料の炭素に影響を受け、鉄製品中の炭素の履歴が変わる可能性を示唆している。

今後、鉄製品全般の^{14}C年代測定を行っていく上では、精錬鍛冶や鍛錬鍛冶の製作工程ごとに炭素履歴がどのように影響を受けているかについてそれぞれ検証して行くことが重要な課題となった。

謝　辞

本研究を行うにあたり、精錬実験用の試料として遺跡出土鉄塊を提供していただいた小松市教育委員会　宮下幸夫氏・樫田誠氏に深く感謝いたします。

本研究は、平成11・12年度日本学術振興会科学研究費　基盤研究(C)(2)「１４C年代測定を用いた古代鉄生産に関する研究」(研究代表者　山田哲也　課題番号11610427)の成果の一部を含む。

法隆寺五重塔心柱の年輪年代

○光谷拓実（奈文研）、高妻洋成（奈文研）
大山幹成（奈文研・日本学術振興会特別研究員）

1. はじめに

法隆寺五重塔は、1941 年～1952 年にかけて長期に及ぶ解体修理工事がおこなわれた。その際、地中深く埋められていた心柱は、下部が大きく腐朽していたため、その基部を切断し、新材を根継ぎした。このとき、切断した上端部から厚さ約 10cm の円盤標本を作成した。現在、この標本は京都大学木質科学研究所に保管されている。このたび、この標本をソフト X 線透過装置を使って撮影したところ、標本の一部に辺材部（白太という）が完存していることが判明した。

このことから、この標本の年輪年代が確定すればこの年代は原木の伐採年とみることができる。以下にその概要を報告する。

2. 試料と方法

心柱の形状は八角形で、対辺間の幅は約 78cm である。樹種はヒノキである。(図-1 参照)。

ソフト X 線透過撮影の条件を、次に示した。

電圧：50kV
電流：2mA
時間：60 秒
フィルム—X 線焦点間距離：1.2m

また、円盤標本からの年輪幅の計測は、4 方向の側線に沿って、専用の読み取り器を使用して行った。計測した年輪データとヒノキの暦年標準パターンとの照合は時系列解析に用いられる相関分析手法によった。

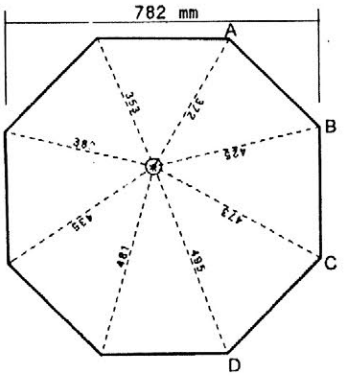


図-1　五重塔心柱の形状

3. 結果

(1) ソフト X 線透過撮影装置による心材、辺材の識別

ソフト X 線透過撮影は、円盤標本の約半分（4 角）についておこなった。その結果、角 B、角 C、角 D の 3 角外周部分で明らかに心材部とは異なる X 線像が写し出され、この外周部の密度が、内側部分と異なっている事が判った。これこそ遺存していた辺材部そのものであると判断した。その残存幅は角 B で約 0.7cm、角 C で約 3.6cm、角 D で 2.0cm であった。

普通、木曽ヒノキの場合平均辺材幅は約 3cm である。このことからすると、角 C の 3.6cm はかなり広く、ほぼ樹皮直下まで残っているものと判断した。

ちなみに、1952 年にこの心柱の伐採年代は、推古 15 年（607）以前とする推論を発表された西岡秀雄先生（現東京都大田区立郷土博物館長）に最近お話をうかがったところ、当時、円盤の一部には樹皮が残っていたと記憶されていた。したがって、角 C 部分の残存

最外年輪の年代が確定すれば、この心柱の伐採年とみなすことができる。

（2）心柱の年輪年代

角C方向に設置した側線から計測収集した年輪データは351層分であった。これと、ヒノキの暦年標準パターン（前37年～838年）との照合は高いt値(11.7)で合致した。その年輪年代は591年と確定した。これのさらに外側下方に3層分の年輪がへばりつく形で残存していたので、最終的な年輪年代は591年+3層分で594年と確定した。この年輪年代は原木の伐採年代でもある。ちなみに、このとき使用した暦年標準パターンでは、1985年11月に滋賀県宮町遺跡出土の柱根の伐採年代を743年と確定したときのものと同一である。

法隆寺西院地区の金堂、五重塔については推古天皇の時代に建てられたとする非再建論に対して、『日本書紀』の記録にみえる天智9年(670)の全焼後に再建したとする説があり、明治以来激しい論争が繰り広げられてきた。その後、1941年の若草伽藍の発掘や解体修理、その後の防災工事に伴う発掘調査によって、現伽藍は再建伽藍であることがほぼ通説となっていた。それだけに、今回の年輪年代は約100年も古いものと判り、考古学、建築史、美術史、文献史学などの関連分野に与える影響は大きい。

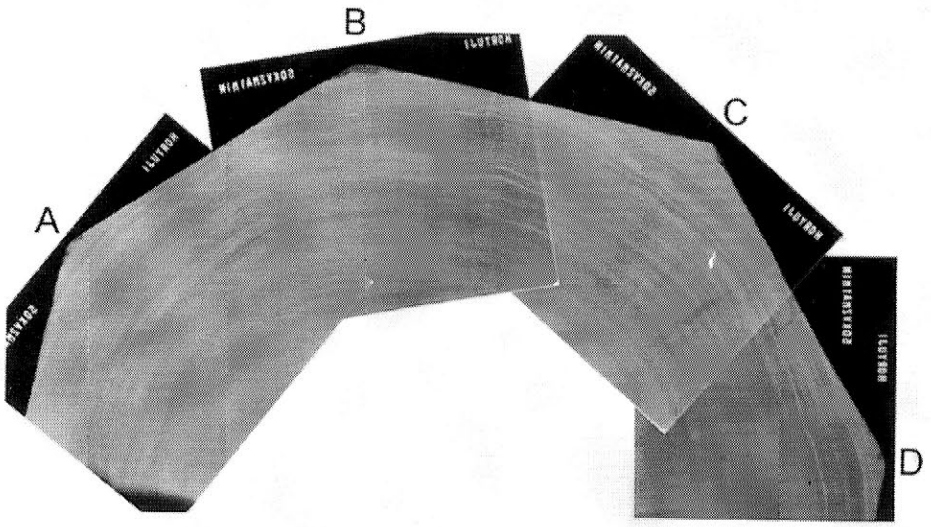


図-2　法隆寺五重塔心柱のX線写真

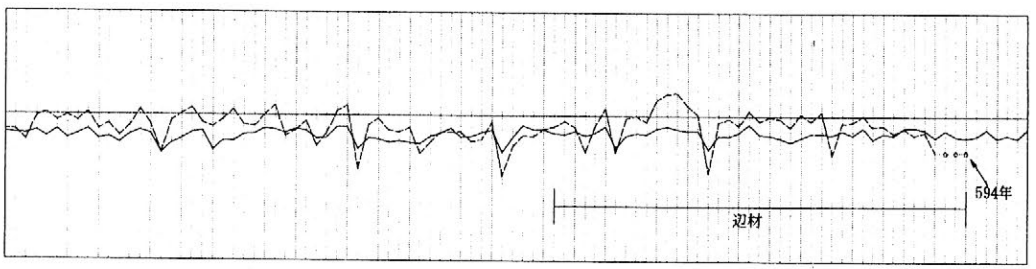


図-3 ヒノキの暦年標準パターングラフ（実線）と法隆寺五重塔心柱の年輪パターングラフ（点線）

P 5

石器の新旧判定法の検討

○ 長友恒人（奈良教育大）宮崎利靖（奈良教育大）佐藤良二（二上山博物館）

1, はじめに

日本の前期・中期旧石器時代の遺跡においては、石器以外の遺物が出土することはほとんどない。そのため旧石器遺跡の年代の推定は、石器の型式編年と遺跡における地層の層序およびテフラなどを試料とする自然科学的年代測定法によって推定されている。昨年起きた「石器捏造」事件は、日本の旧石器遺跡で唯一といってもよい遺物について行われた捏造であった。この事件は、従来からの方法に加えて石器自身から年代を推定していく方法の必要性を示した事件でもあった。従来どおり地層から遺跡の正確な年代を推定すると同時に石器自体からも直接に年代を推定していくことが可能となれば、今後このような問題に対する検証の有効な手段となり得るだろう。

現在のところ石器の年代を測定する方法として、黒曜石水和層法や焼けた石器を用いた TL 法、ESR 法が実用化されている。しかし、こられの方法は黒曜石という特定の石材や、石が焼けているという特殊な条件が必要である。

石器の石材は多種多様であり、すべての石器の年代を正確に推定する簡便な方法を開発することは難しいと考えられるが、石器が自然界において風化作用をうけるので、今回これに注目し、各種石材の風化層の厚さから石器の新旧の判定が可能かどうか検討してみた。黒曜石の水和層形成以外は、風化の科学的なメカニズムが不明であり、風化速度（風化層厚／年）が現状では決定できないため、風化層厚を利用しても数値年代を出すことは出来ないが、石器の大まかな新旧を判定することは可能であると考えられる。石器の劈開面における風化の度合いによって新旧の判定が可能かどうかを試みた。

2, 試料と分析方法

今回、試料として次の石器を使用した。

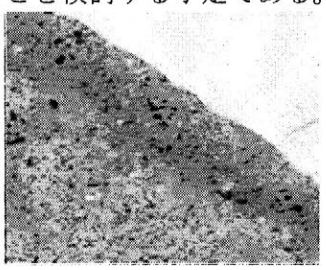
石材	時代（考古学的所見）	遺跡名
サヌカイト	後期旧石器時代	桜ヶ丘　奈良県
サヌカイト	弥生時代	田尻峠　奈良県
チャート	縄文早期末～前期初頭	森岡北　山形県
流紋岩	縄文早期末～前期初頭	森岡北　山形県
頁岩	縄文中期	巾　山形県
頁岩	縄文晩期	漆坊　山形県

それぞれの石器における風化層の厚さを、顕微鏡を用いて測定した。試料のプレパラート作製方法は、一般的な岩石プレパラートの作製と同様である。石器の劈開面に垂直になるようにプレパラートを作製し、顕微鏡を用いて風化層を観察・撮影した。風化層の写真は、それぞれ風化層の厚さに応じて、40 倍から 200 倍の範囲で撮影した。但し、現在のところ風化速度についての検討はできていない。

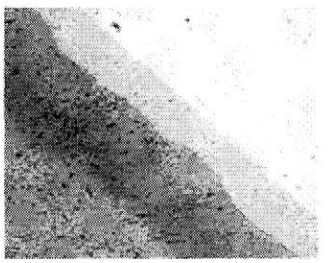
3, 結果および今後の展望

撮影した風化層の顕微鏡写真の例を以下に示す。今回試みた石器の風化層の顕微鏡写真では、どの石材にも風化層を確認することができた。しかし、顕微鏡観察で風化層を確認しやすい石材と、確認しにくい石材があり、堆積岩であるチャートや頁岩は風化層が確認しやすいが、火成岩である流紋岩・サヌカイトは風化層が確認しにくい。

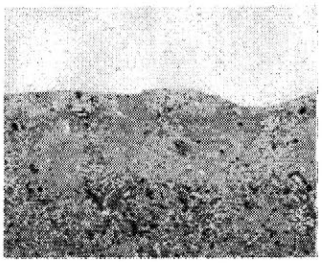
今後、引き続き各種石材の風化層の厚さの観察・測定を行っていき、風化層の厚さと年代の関係を調べていくとともに、石器の風化のメカニズムの解明などを検討する予定である。



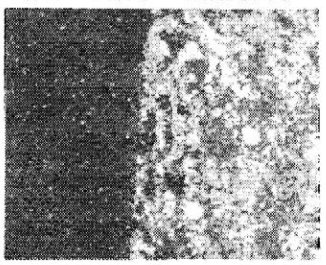
チャート（40 倍）
（横全幅　2.1mm）
（縄文早期末～前期初頭）



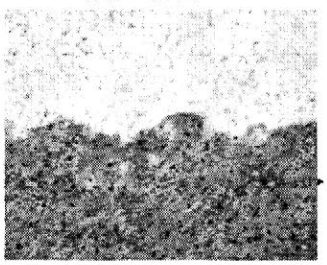
頁岩（40 倍）
（横全幅　2.1mm）
（縄文中期）



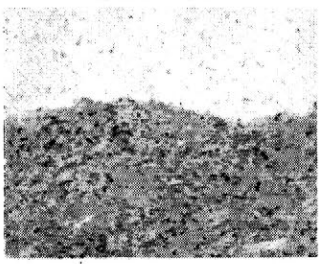
頁岩（40 倍）
（横全幅　2.1mm）
（縄文晩期）



流紋岩（40 倍　偏光）
（横全幅　2.1mm）
（縄文早期末～前期初頭）



サヌカイト（200 倍）
（横全幅　0.45mm）
（後期旧石器時代）



サヌカイト（200 倍）
（横全幅　0.45mm）
（弥生時代）

各種石材の風化層顕微鏡写真

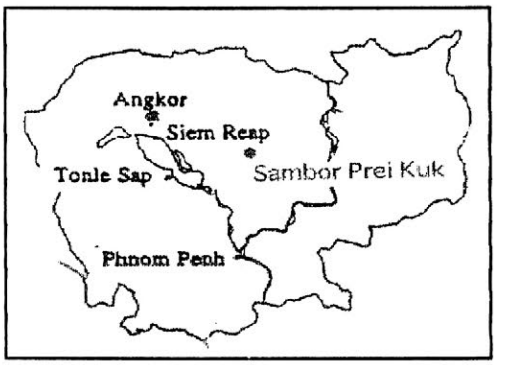
P 6

Sambor Prei Kuk および Prasat Suor Prat（カンボジア）の レンガ・瓦・堆積土を試料とするTL/OSL年代

○長友恒人（奈良教大）、藤本将宏（奈良教大）、北代陽子（（財）滋賀県文化財協 会）
中川　武（早稲田大学理工学部）、土屋　武（早稲田大学理工学部）

1．遺跡と試料

Sambor Prei Kuk （ソンボー・プレイ・クック）はカンボジア中部コンポントム市の北東30kmに位置するプレアン コール期の遺跡群であり、中央遺跡・北遺跡・南遺跡が主要な遺跡であり、それぞれレンガ造りの祠堂（塔）を有する。今回は北遺跡の塔（N1）と南遺跡の塔（S1）の建造年代を　推定する目的でレンガを試料としてTL測定を行った。



遺跡の位置

Prasat Suor Prat （プラサート・スー・プラ）はアンコールトムのバイヨンの北、王宮前広場の東辺に位置する南北に長いテラスと12基の塔からなる遺跡である。今回は、南北それぞれ6基の塔のうち、北側N2塔西テラスのトレンチT22bの瓦と堆積土を試料として、TLとOSL年代測定を行った。このPrasat Suor Prat における年代測定はJSA（日本国政府アンコール遺跡救済チーム）の調査の一環である。

2．測定

・試料処理

Sambor Prei Kuk

レンガ：レンガの表面（1～2cm厚）をダイヤモンドカッターで除去し、サイコロ状にカットして、アルミ板を介して万力で徐々に粉砕した後、通常の試料処理法で石英粗粒子試料を選別した。

Prasat Suor Prat

瓦：トレンチ内の4つの層から採取した瓦を測定試料とした。表面層1～2mm をダイアモンドバーで除去した後、レンガの処理と同様に万力で粉砕し、石英粗粒子試料を得た。

堆積土：トレンチの壁を暗幕で被った状態で表面層を除去し、内部の新鮮な部分を採取した。有機物と炭酸塩鉱物を酸処理で除去した後、微粒子試料を選別した。

・蓄積線量の測定

TL測定:窒素雰囲気で、昇温速度10℃/sec、ルミネッセンス検出波長310～680nmで測定した。付加線量法により、一線量あたり3～5試料を測定し、プラトー領域の積算値を強度として直線回帰で等価線量とスプラリニア補正線量を決定した。

・OSL測定：プレヒート120℃、10sec、測定温度60℃、励起波長514±5nm、検出波長300～480nm（または、励起波長890±50nm、検出波長350～600nm）で測定した。シャインダウンカーブのOSL強度が安定する領域の積算値を強度として直線回帰により解析した。

・年間線量の測定

ガンマ線量率と宇宙線量率：TLD素子（松下110-S）5本を封入した肉厚1mm長さ10cmの銅パイプをレンガ積みの隙間（Sambor Prei Kuk）とトレンチ内の層に穿った穴（Prasat Suor Prat）に挿入して測定した。現地までの往復の間にTLD素子が吸収した放射線量は積算型小型線量計(アロカPDM-101)で測定して差し引いた。

ベータ線量率:レンガと瓦の除去した表面部分を粉砕」して、TLD素子粉末で測定した

アルファ線量率：微粒子法ではガンマ線スペクトル法によって決定した放射性元素の含有率から計算によって算出した。

3．結果

Sambor Prei Kuk

N1塔とS1塔それぞれ2個ずつのレンガの測定結果を表に示す。この結果から、北塔と南塔はほぼ同じ時期（8世紀後半）に建造されたと推定される。

試　料	N1　塔		S1　塔	
	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2
ﾙﾐﾈｯｾﾝｽ年代（年前）	1240±80	1190±90	1240±110	1200±80

Sambor Prei Kuk の祠堂のTL年

Prasat Suor Prat

瓦のTL年代については、ベータ線年間線量値に不確かさが残っているが（瓦の粉末試料が微量であったため）、A、B、C層（上層から下層へA、B、C）は層序と矛盾のない年代を得た。

D層（加熱されていない堆積物試料）はA層より上層にあたるが、OSL年代測定法によって、2000～3000年前という年代値が得られた。A層より上位にあるD層がこのように古い年代を示すのは測定試料のゼロイングが不完全であり、例えば、掘った穴に埋められた、あるいは掘った土を積み上げたなど、人為的な堆積物であって、自然に堆積したものではないことを示唆している。Prasat Suor Pratの測定結果の詳細は『アンコール遺跡調査 報告書2002』（JSA）に報告する。

P 7

製鉄遺跡の残留磁気

島根大学総合理工学部　時枝克安

（1）はじめに

焼土の地磁気年代推定が可能となるのは「焼土の熱残留磁気の方向＝焼成時の地磁気の方法」という関係に基づいている。通常の焼土ではこの関係が成立するので、残留磁気の測定から焼成時の地磁気の方向を求め、既知の地磁気永年変化曲線（標準曲線）と比較して年代目盛りを読みとる。

しかし、焼土が鉄の影響を強く受けた場合には、以下に述べるように、この関係は成立しない。鉄は高温の溶融状態から固化してキュリー温度（純鉄では 769 ℃）以下に冷却すると、強い磁石となり周囲に磁場をおよぼす。鉄が発生する磁場の向きは鉄に対する方向によって変化し、その強度は鉄からの距離の３乗に逆比例して急減する。通常、同じ遺跡内では地磁気はほとんど一様なので、同じ遺跡内の同じ時代の焼土であれば、どの場所でも熱残留磁気の方向は揃っている。しかし、焼土の近辺に鉄があるとき、鉄の周囲では、鉄の磁場が地磁気に付加するので、残留磁気の方向が焼成時の地磁気の方向から逸れてしまう。それゆえ、鉄の影響を補正しない限り、焼土の正しい地磁気年代を求めることができない。とくに、小規模の製鉄遺跡では、焼土の範囲が鉄に近接しているので、焼土の残留磁気に鉄の影響が強く現れ、地磁気年代を推定できない場合が多い。

私は、遺構の残留磁気の実測、数値計算、モデル実験を組合わせた方法で、製鉄遺跡の残留磁気に対する鉄の影響を補正して、正しい地磁気年代を求め、かつ、鉄の存在量を推定しようとしている。

鉄の磁化はキュリー温度以下にのみ現れるので、鉄の影響は、製鉄炉内外に分布する固化鉄の形状、組成、および、組織に依存する。製鉄炉の形態は縦長の円筒形と横長の箱形に大別され、溶融鉄が固化する場所は炉内と炉外の２つの場合がある。研究計画の第一段階として、固化鉄の分布状態の典型的な製鉄炉を選んで、残留磁気のデータを収集している。近世の高殿たたらである弓谷たたらの測定結果については第 17 回古文化財科学会で発表した[1]。ここでは２基の本床たたらと３基の縦型炉について、残留磁気の測定結果とその解釈について発表する。

（1）畑ケ迫口製鉄遺跡（島根県邑智郡瑞穂町：本床たたら：横長の箱形）

畑ケ迫遺跡では本床（製鉄炉の土台面）の炉直下、および、炉から最も離れた両端から各々 33 個と 20 個、南側小舟床面の西端から 10 個の定方位試料を採取した。

交流消磁(20mT)後の残留磁気の方向を見ると、鉄に最近接する炉直下ではデータに大きい乱れが認められるはずであるが、予期に反してかなり集中しており、大きい分散はない。このことは炉内で鉄は非磁性であったこと、つまり、鉄はキュリー温度以上を保持したことを示す。西端部のデータは炉直下のデータと同じ位置に集中しているが、東端のデータにはかなり大きい乱れが認められる。このことから、この炉では銑鉄の生産が行われ、炉内の溶融鉄は東側へ流されて固められたと推定できる。床面を流れる高温の溶融鉄がその下部を加熱し、接触部にできる固化鉄の磁化の影響で本床東端部の残留磁気に乱れができたと考えられる。畑ケ迫口製鉄炉の構造は 14 世紀頃のものとされており、地磁気年代

についてAD1210またはAD1330の値を得た。

（2）戸井谷遺跡（島根県飯石郡頓原町志津見：本床たたら）
焼土の遺存状態が良好な場所は製鉄炉の中央部近辺のみであり、定方位試料は製鉄炉直下の部分から15個、北側壁から20個、南側壁から20個を採取した。交流消磁(20mT)後の測定結果を見ると、製鉄炉直下では小数のデータを除くとデータの集中度がよい。また、南北の壁では、壁の上部の残留磁気の方向に大きく乱れるものがかなり認められた。しかし、残留磁気の方向が乱れる場所のすぐ隣で採取した試料の残留磁気の方向は炉直下のデータと同じ位置に集中している。もし、残留磁気の方向の乱れが鉄の影響によるものならば、隣接する試料の片方のみに残留磁気の方向の乱れ生じることはありえない。したがって、この乱れの原因は攪乱と考えられる。鉄の影響が最も強いと予期される炉直下で、残留磁気の方向に乱れがないことから、戸井谷遺跡のたたらでも銑鉄が生産されたと考えられる。しかし、本床の両端部から試料を採取できていないので、溶融鉄をどちらに流したかは判定できていない。地磁気年代として、AD1380、または、AD1210が得られている。

（4）小和田遺跡（竪型炉：縦長の円筒形）
縦型炉と推定される円形の窪み状の遺構が3基並んでいる。焼成度は全体に低いが、窪みの斜面の部分が比較的よく焼けている。定方位試料の採取数は、1号炉では北壁(25)、2号炉では北壁(31)，南壁(15)，床面(3)、3号炉では北壁(16)，南壁(19)，西壁(10)である。1号炉の残留磁気の方向の分散の様子は、炉定中央部に鉄塊が存在するときに予想されるパターンを示した。しかし、2号炉では残留磁気の方向は一様に分散しており、1号炉に見られるような特徴的パターンは見られなかった。2号炉には排滓路と推定される溝があるので、残留磁気のデータから見ると、溶融鉄を外部へ導いて固めた可能性が考えられる。3号炉については残留磁気の測定がまだ終了していない。現在、2号炉の測定結果を数値計算モデルと比較して鉄の影響を補正する作業を続けている。

(1)時枝克安(2000)「弓谷たたら跡の残留磁気に対する鉄の影響の検出」
日本文化財科学会第17回大会　研究発表用紙集　p14-15

P8

中海・宍道湖エリアの地域花粉帯と目久美遺跡の花粉分析結果

○渡辺正巳（文化財調査コンサルタント㈱）　佐伯純也（(財）米子市教育文化事業団）
濱田竜彦（鳥取県教育委員会）　藤原真由美（㈱日西興発）

はじめに

近年、発掘調査に伴い「花粉分析」などの「微化石分析」が実施されることが一般化されつつある。しかし、その扱いは報告書内の「附編」、「附章」としてのものが多く、その成果を「まとめ」に生かした例が、未だ多くないのが現状である。

「微化石分析」と一括するが、対象とする化石の種類により、読みとれる（考察可能な）事柄は異なり、場合により相反する考察結果を生み出すこともある。発掘調査において各種微化石分析を実施するための目的として、「水田跡」、「便所跡」の確認ほか、具体的な目的が挙げられることがある反面、多くの発掘担当者は漠然と「古環境の復元」を挙げるにとどまっている。具体的に何を知りたいのか、そのためには何を（どのような項目の分析を）すれば良いのかを的確に判断し、実施することが分析結果を生かす近道であることは言うまでもないことである。

以下に「微化石分析」に携わる者として、自戒の意味を込めて（偏見に陥る面もご指摘されると思われるが）「花粉分析」の目的と、発掘調査に関連して「花粉分析」を実施する有意点について整理する。

1.「花粉分析」の目的

神保忠男氏により1932年に国内初の論文が公表されて以来、3/4世紀に渡る「花粉分析」の研究史の中で培われた目的（効用）として、「古気候復元」、関連した「広域対比」などが挙げられる。また一部では広域対比を基に、花粉層序学的手法による年代推定法として用いられることもある。つまり、発掘調査の際に「花粉分析の目的」として唱えられる「（狭い地域での）古植生（古環境のうち、花粉分析ではこのことを考察したものがほとんどである）復元」のみが、今日研究者によって実施される「目的」ではない。

発掘報告書にある「花粉分析」の報告には、「古植生」についての考察で終わるものが少なくない。1地点あたりの分析試料の数量などの条件にも左右されるが、「花粉分析」が実施され「古植生」が復元されていれば、さらに気候の表徴種に着目し「古気候」について考察することもある程度可能である。また、環境表徴種の検出傾向によっては、「古堆積環境」についても考察することが可能である。

2. 発掘調査に関連した「花粉分析」の有意点

発掘調査に関連した「花粉分析」の最も有意な点は、それぞれの（地域）花粉帯で表される古植生が成立していた時期を、考古学的に押さえられることである（従来より多くの研究が成されてきた湖沼、湿原などでは、考古学的編年との対応が必ずしも明確ではない。）。考古編年との対応を明確にすることにより、分析地点間の時間的な対応関係が容易に分かり、局地的な要因と広域的な要因を分けることが容易であるとともに、地域花粉

帯の広域化も可能になる。

遺跡内の１地点でのみ分析を実施し、それが局地的な結果か広域的な結果かを判断することはかなり困難である。しかし、周辺地域で実施・公表されている分析結果と比較検討すれば、その判断は容易になる。しかし、前述のような有意点を生かし切れず、局地的なものか広域的なものかの判断なしに古植生を推定した報告も、依然少なくないように思われる。

目久美遺跡の花粉分析

上記の「反省」を踏まえた実例として、中海・宍道湖エリア西部に位置する鳥取県米子市所在の目久美遺跡での花粉分析解析結果について報告する。

1. 中海・宍道湖エリアの地域花粉帯

同エリアでは大西ほか（1990）、大西(1993)により完新世の地域花粉帯が設定されている。その後、廉ほか(1996)、渡辺ほか(2000）により、年代観についての若干の修正が加えられるとともに、島根県大田市波根から鳥取県淀江町までのエリア(図 1)で、(中期完新世以降について）ほぼ同様の花粉化石組成変遷が認められることが明らかになった。

2. 目久美遺跡での既知の資料

目久美遺跡では大西(1986)において花粉分析結果が公表されており、この結果は前述の地域花粉帯設定に用いられている。この他、徳岡ほか(1998)による報告がある。また米子市内の多くの遺跡に於いて、複数の業者による分析の報告がある。

3. 今回の花粉分析結果

現在（2001.4.28）分析途中であるが、徳岡ほか(1998)の分析とほぼ同層準の試料を対象に分析を行っている。分析結果の解析により、一般的に行われる古植生復元に加え、徳岡(1998)との比較から遺跡近辺（内湾の岸辺）の植生が明確になることが期待される。

このほか、大西(1986)で確認され、徳岡ほか(1998)により追従された「シイノキ属－マテバシイ属花粉が高率で出現する層準」の考古学的年代が明らかになる可能性が高い。シイノキ属－マテバシイ属は中海・宍道湖エリアの他地点において縄文時代中期を中心とした時期に高率になる傾向にあり、目久美遺跡の分析結果が局地的な植生を示すだけのものであるか、広域な気候変動の視点から論じるべき事柄であるかが明らかになる。

前述の「シイノキ属－マテバシイ属花粉が高率で出現する層準」は、花粉層序と考古学的年代の関連が不明瞭であった時期である。今回の分析結果によっては、同地域での花粉層序が完成に一歩近づくことになる。

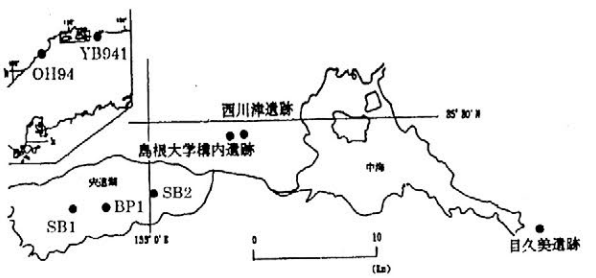


図１中海・宍道湖エリアの基礎データ集積地点

琉球列島の稲作開始期とその変遷に関する研究（Ⅰ）

－伊佐前原第一遺跡におけるプラント・オパール分析－

○宇田津徹朗（宮崎大学）、藤原宏志（同）、橋本将幸（同）
鄭雲飛（奈良国立文化財研究所）、中谷香緒里（宮崎大学）

1．はじめに

琉球列島は、南方ルートの可能性など、水田稲作以前の稲作を研究する上で重要な地域である。筆者らは、平成１２年度より科学研究費の補助を受け、プラント・オパール分析を用い、琉球列島の稲作についての調査を進めている。

伊佐前原第一遺跡は、宜野湾市に所在する遺跡である。当該遺跡では、植栽痕と思われる数多くの掘込みが検出されており、この部分でなんらかの農耕が行われていたと想定されている。今回、遺跡の調査を行った沖縄埋蔵文化財センターのご厚意により、遺跡土壌のプラント・オパール分析を行う機会を得た。その結果、時代は新しい（中世）ものの、当該遺跡で稲作が行われていたことを分析的に確認することができた。

ここでは､伊佐前原第一遺跡について行ったプラント・オパール分析の結果を紹介する。

2．材料と方法

1）分析試料

分析試料としては、観察用の畦、溝状遺構の土壌と植栽痕の埋土、合計８試料を用いた。

2）分析方法

・定性および定量分析

調整した試料について定性および定量分析を行った。今回、分析の対象としたイネ科植物は、イネ、ヨシ、タケ、ススキ、キビ族である。

・形状分析

分析を行う形状の測定は、図１に示すイネプラント・オパールの各部形状（縦長、横長、側長、ｂ）について行った。

なお、プラント・オパールの形状を代表する値としては、大きさを表す縦長、横長、側長の長さと、断面の形状を表す値であるｂ／ａの４つを用いる。

これら４つの形状値を下記の亜種判別式に代入し、 亜種（インディカ、ジャポニカ）の判別を行った。

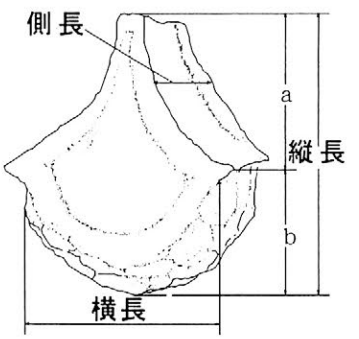


図１　形状の測定部位

＜イネプラント・オパール形状による亜種判別式＞

判別値＝ 0.497 ×縦長-0.2994 ×横長＋ 0.1357 ×側長-3.8154 ×（b/a）-8.9567

（判別値＜０：インディカ、判別値＞０：ジャポニカ）

3．結果および考察

1）定性および定量分析の結果

植栽痕の埋土、観察用の畦、溝状遺構、いずれの試料からもイネのプラント・オパールが検出されている。通常、土壌１ｇあたり 5000 個を越える密度でイネプラント・オパールが検出される場合、稲作が営まれていた可能性が高いと判断される。今回の結果を見ると、植栽痕の埋土の密度は若干低いものの、畦や溝状遺構の土壌からは、１万個近い密度でイネが検出されており、これらの土壌が形成された時代にイネの栽培が行われていたと判断される。

なお、植栽痕については、その間隔や分析結果から、稲作によるものではなく、イネが栽培された期間やその後に、珪酸体（プラント・オパールの前身）を形成しない作物（たとえばイモなど）の栽培によってできたものである可能性が推定された。

2）形状解析の結果

形状解析を行った結果、検出されたイネプラント・オパールは、その判別得点から、いずれもジャポニカのイネに由来するものであることが推定された。

図２は、検出されたイネプラント・オパールの形状から求めた判別得点をアジア在来品種や九州・沖縄の在来品種の機動細胞珪酸体（プラント・オパールの前身）の形状から求めた判別得点とともに表したものである。

これをみると、伊佐前原第一遺跡から検出されたイネプラント・オパールは九州・沖縄の在来品種の中でもよりジャポニカの傾向が高い位置に分布している。これらの結果から当該遺跡で栽培されたイネは、ジャポニカのイネの中でも水分ストレスに強く、畑作などの環境に適応した熱帯ジャポニカのイネであった可能性が高いと考えられる。

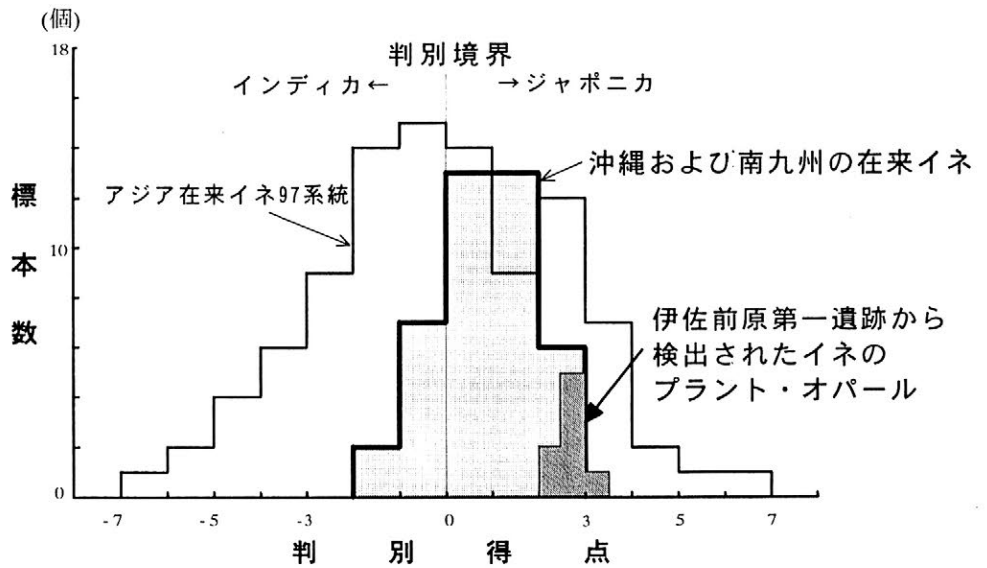


図２　伊佐前原第一遺跡から検出されたイネプラント・オパールの判別得点の分布

プラント・オパール形状特性から見た河姆渡文化期のイネ系統特性について

鄭　雲飛（奈良国立文化財研究所・浙江大学）藤原　宏志　（宮崎大学）
松井　章（奈良国立文化財研究所）　宇田津　徹朗（宮崎大学）
王　海明（浙江省文物考古研究所）

中国長江下流域に所在する河姆渡遺跡は、数多くのイネ遺物や農具の出土から、新石器時代早期の稲作農耕文化を代表する遺跡として国内外の研究者から注目されている。

近年、公共事業に伴う考古発掘の進展により、河姆渡遺跡の周辺では河姆渡文化の特徴をもつ遺跡が相次いで発掘されている。

しかし、炭化米などイネ遺物が検出されている遺跡は少なく（鰡山遺跡のみ）、当該地域における古代イネおよび稲作農耕を検討する十分なデータが得られていない。

そこで、本研究では、河姆渡文化の稲系統特性を解明するために、河姆渡遺跡およびその周辺における近年発掘された遺跡から採取した土壌、土器片および焼土についてプラント・オパール分析を行い、検出されたイネプラント・オパールについて形状解析を行った。

1．材料および方法

分析材料

河姆渡、名山後、鍬架山および鰡山遺跡（図１）から出土した土器片、焼土および土壌、合計 20 点の試料について分析を行った。表１に、分析試料の詳細を示す。

図１、遺跡の地理位置

分析方法

試料の調整は、藤原（1980、1982）の方法により行った。検出されたプラント・オパールについて二次元画像解析装置により縦長、横長、側長および縦長と横長の交点から裏面までの長さｂをはかり、形状係数を求めた。

表 1. 分析試料の種類および数量

河姆渡文化期	年代	遺跡名			
		河姆渡遺跡	名山後遺跡	鍬架山遺跡	鰡山遺跡
		数量（種類）	数量（種類）	数量（種類）	数量（種類）
第４期	3200B.C.～2700 B.C.	1（土器片）	8（土器片）		
第３期	3800B.C.～3500 B.C.		4（土器片）	1（焼　土）	2（土　壌）
第２期	4400B.C.～3900 B.C.	1（焼　土）			1（土　壌）
第１期	5000B.C.～4500 B.C.	2（土器片）			
合計		4	12	1	3

2．結果および考察

イネプラント・オパールの検出

20 点の分析試料の内、14 点からイネプラント・オパール（図 2）が検出された。イネ

プラント・オパールが検出された試料は、河姆渡遺跡4点、名山後遺跡7点、釜架山遺跡1点および鯔山遺跡3点であった。

形状特性

表2に示したように、河姆渡文化遺跡から検出されたイネプラント・オパールは、縦長、横長および側長が比較的大きく、形状による判別得点がいずれもプラスであった。このことから、河姆渡文化期に栽培されていたイネは、*japonica*が中心であったと推定された。

表2. 河姆渡文化各時期のプラント・オパール形状特性

河姆渡文化期	形状特性				
	縦長（μm）	横長（μm）	側長（μm）	b/a	Z
第1期	39.29	33.04	32.44	0.96	1.37
第2期	39.28	33.14	31.29	0.94	1.20
第3期	39.77	33.74	29.45	0.92	1.03
第4期	41.33	35.19	30.45	0.93	1.50
平均値	39.92	33.78	30.91	0.94	1.28

*: Z=0.49VL-0.30HL+0.14LL-3.82b/a-8.96 (Wang et al. 1996)

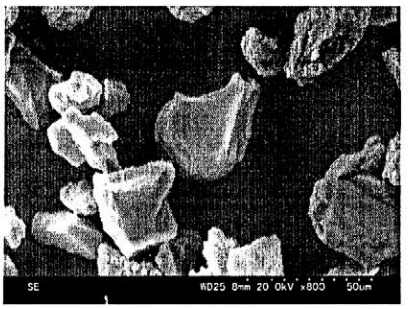


図2. 名山後遺跡で出土した土器片から検出されたイネプラント・オパール

形状特性の分布

図3に示したように、中国在来*japonica*品種に比べ、河姆渡文化遺跡から検出されたイネプラント・オパールの縦長、側長およびb/aのピークはより大きい値をとり、横長のピークは中国在来品種とほぼ同じであった。

このことからみると、河姆渡文化期に栽培されたイネは*japonica*に判定されているが、現在中国現在栽培されている*japonica*品種群と比較するとき、横長、側長、b/a値が平均値より大きい方向に傾いている特徴がある。

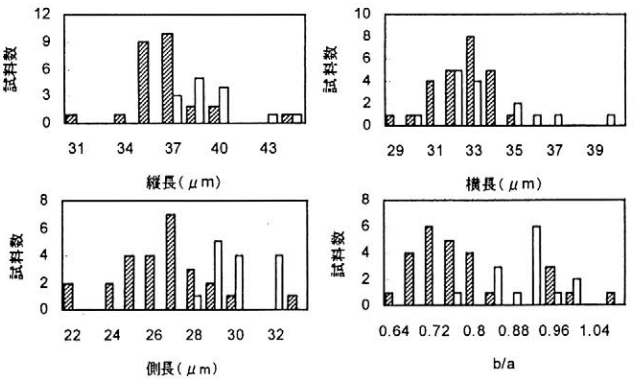


図3. 河姆渡文化遺跡から検出されたプラント・オパールの分布

□河姆渡文化期　▨ 中国在来*japonica*品種

3. 結　論

河姆渡遺跡およびその周辺の遺跡から得られた試料からイネプラント・オパールが多量に検出され、稲作農耕が河姆渡文化期全体に渡って存続していたことが確認された。また、河姆渡文化期に栽培されたイネについては、プラント・オパール形状による亜種判別結果からみると、*japonica*のイネが中心的であったと判断された。

一方、今回、検出されたイネプラント・オパールの形状は、4つの形状値いずれも大きく、中国在来*japonica*と異なることが分った。また、鯔山と名山後遺跡から採取した2試料（河姆渡文化第3、4期）から検出されたプラント・オパールは、縦長が43μm、横長が35μm、形状による判別値が2.00を超え、比較的大型であった。このことから、熱帯*japonica*も存在していた可能性も否定できない。

P 11

出土プラントオパールにDNAが含まれる可能性

高橋光子[1,2]・佐藤洋一郎[1]

（1．静岡大学農学部，2．岐阜大学連合農学研究科）

緒言

考古遺跡から出土するプラントオパール，特に機動細胞由来のそれは，その形状から植物の種を同定できることから，水田跡の検出や植生の復元などの研究に用いられてきている．また植物の種によってはプラントオパールの形状から亜種レベルの解析まで行なわれている．しかし，形状からはより詳細な分類をすることは難しいと考えられる．一方，出土したプラントオパールには透明なものに加え芯部が茶色のものも確認でき，これらはなんらかの物質を含んでいると考えられる．もし仮にこの物質がDNAであれば，系統や品種レベルなどのより詳細な分析が可能となると考えられる．そこで本研究ではプラントオパールにDNAが含まれているかどうかを，DAPI（4',6-diamidino-2-phenylindole）による染色の有無によって確認する実験を行なった．

材料および方法

静岡大学構内の実験水田から採取した土壌約1gに過酸化水素（H_2O_2）を加え，10日間放置して有機物を分解した．ストークスの定理に基づく水中沈底法で約30μm以下の微粒子を除去したのち，イオン交換水で洗浄し室温で乾燥し，プラントオパールの試料を得た．次に，比較対象として現存の植物体からケイ酸体を得るため，イネ品種T65の生葉約0.5gをマッフル炉中で約500℃で熱し灰化した．過酸化水素を加え有機物を分解し，ケイ酸体の試料を得た．また，ガラス質がDAPIで染色されるかどうかを確かめるためにガラスビーズを用いた．上記の方法で得た試料から28個のプラントオパール，14個の灰化したケイ酸体，およびガラスビーズ2個，全44試料を以下のDAPIによる染色実験に用いた．

DNAをDAPIで染色すると，両者は特異的に結合しDNA－DAPI複合体をつくる．これに紫外線を照射すると青白い光を発し，DNAの存在を確認することができる．単離した試料を滅菌水およびエタノールで洗浄し，封入剤の上

に固定した．これに紫外線を照射し，試料の自家蛍光を確認した．そののち，0,5μg/ml DAPI 溶液で 10 分間染色し，滅菌水で洗浄したのち再度検鏡した．さらに滅菌した注射針で試料を破砕し，0,5μg/ml DAPI 溶液で 30 分間染色して滅菌水で洗浄したのち 3 度目の検鏡を行なった．

結果および考察

ガラスビーズ 2 個は自家蛍光がない上，染色後も発光を確認できなかった．28 個のプラントオパールおよび 14 個のケイ酸体のすべては，白色から黄色の自家蛍光を発した．破砕前の DAPI 染色では，いずれも自家蛍光と同様の光が見られ，用いたプラントオパールおよびケイ酸体の表面には DNA が残存していないことが確認できた．破砕後の DAPI 染色で，12 個のプラントオパールと 1 個のケイ酸体からは青白い光を確認した．しかし残りの試料からは確認できなかった（表 1）．青白い光を確認できた試料には DNA が含まれていたと考えられる．これらの結果から，土壌中には DNA を含むプラントオパールが存在する可能性が示唆された．

表 1　DNA－DAPI 複合体による発光

試料	試料数		
	全体	自家蛍光を発する	DNA－DAPI 発光
プラントオパール	28	28	12
ケイ酸体	14	14	1
ガラスビーズ	2	0	0
合計	44	42	13

P 12

庭園遺構の植栽と景観の復元（１）

○竹田麻里子（環境考古研究会）　卜部行広（奈良県立橿原考古学研究所）
金原正明（天理大学附属天理参考館）

１．はじめに

近年、京跡における庭園遺構が比較的多く見いだされている。本研究は庭園遺構の花粉分析、種実同定、珪藻分析を行い、植栽と景観および時代による庭園の植栽の変化を復元検討を課題として継続的に検討を行う。ここでは飛鳥京跡第140次調査の苑池遺構の植栽と景観の復元を試みた。飛鳥京跡第140次調査では、苑池遺構の南部が確認され、石積み護岸と池底の敷石、流水施設とされる石造物が検出された。最下層敷石直上には粘土層が分布し、上部は泥灰質の堆積物が堆積する。

２．方法の検討

ここでは、花粉分析、種実同定、珪藻分析を行って、植栽の検討を行った。近接性のある植物を検討するため、以下の方法をとった。花粉分析では、花粉生産数の少ない虫媒花植物を重要視し、風媒花植物でも優占し層位による変化の著しいタクサを重要視した。種実同定では、定量分析と発掘調査によって出土した種実の分析を行った。出土種実では定量分析で検出されにくい大型種実が得られる。また、種実は大型であるため現地性の高いものが多いと考えら、幼果を含むものは特に近接性が高い。種実と花粉とで共通して出現するものは近接性が高いと判断した。珪藻分析では（真・好）流水性種、（真・好）止水性種、陸生珪藻、環境指標種群で水域の環境の判断を行った。

３．苑池遺構の植栽と景観

苑池にはオニバス、ハス、コウホネ、ヒシ、ヒルムシロ属の浮葉ないし抽水植物が植えられるか生育し、カヤツリグサ科を主にイネ科、イボクサ、フサモ属の水生の雑草類も比較的多く生育していた。珪藻分析から止水性種が優占するが湖沼浮遊性種が出現しないため、深さ１ｍ前後以浅の浅い水域が考えられ、浮葉ないし抽水植物の生育に適した環境が示唆される。樹木では、ニヨウマツ類、ゴヨウマツ類、センダン、ウメ、スモモ、モモ、ナシ、カキノキ属、アカガシ亜属が植栽されていた可能性が高い植物としてあげられる。

４．植生と環境の変遷

上部では、苑池の衰退による湿地化とともに徐々にエノキが進入し二次林を形成した。さらに上位では荒地に生育するゴキヅルの高率出現するのでやや乾燥した荒地なったと推定される。その上部でカヤツリグサ科が増加していることから湿地化した後、水田化されたとみなされる。

最下層の植物　　（◎：多い　○：やや多い　△：少ない）

種類		種実	花粉		古名等	備考
樹木						
センダン	在来	◎			あうち	万葉集に四首
ゴヨウマツ類	在来(亜高山)		○	風媒花		
（チョウセンゴヨウ等）	朝鮮半島					
カキ	在来		○			
ウメ	渡来	○			うめ	万葉集一一八首
モモ	中国原産	◎			けもも	万葉集三首
スモモ	在来	○				万葉集あり
ナシ	在来	○			なし	
ニヨウマツ類	在来	◎	◎	風媒花		
（アカマツ・クロマツ）						
カシ類	在来	△	◎	風媒花		
ブドウ属	在来	○	○			
（ヤマブドウ）						
草本						
ハス	在来、主に浮葉	○		多年草	はちす	万葉集四首
オニバス	在来、主に浮葉	○		一年草		清水、絶滅危急種
コウホネ属（コウホネ等）	在来、主に浮葉	○	○	多年草		
ヒシ	在来、浮葉植物	◎		一年草	菱	
ヒルムシロ属	在来、浮葉植物	○		多年草		
フサモ属	在来、沈水植物		◎	一年草		
ガマ属、ミクリ属	在来、主に抽水		○	多年草		
オモダカ属（オモダカ等）	在来、抽水植物		○	多年草		
ミズアオイ属	在来、抽水植物		○	一年草	水葱	
（コナギ、ミズアオイ）						
ベニバナ	エジプト原産		△	栽培	くれない	万葉集あり
ソバ	中央アジア原産		△	栽培		

植生と環境の変遷

周辺に多かった樹木 ニヨウマツ類、カシ類、ヒノキ類、スギ	珪藻分析から推定される 水域の変遷
I期 上述の植物が苑地に植栽または生育	浅い止水域、清水性
II期 エノキ属、コナラの二次林	浅い止水域から湿地
III期 ゴキヅルの繁茂、荒地	乾燥化
IV期 カヤツリグサ科の繁茂	やや乾燥
V期 イネ科、カヤツリグサ科、水田化	浅い止水域から湿地

P 13

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 第3報

○野澤樹[1,2]・佐藤洋一郎[2](1岐阜大学大学院連合農学研究科，2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南部のスルハンダリヤ州にある大規模な都城遺跡である(図 1)．この遺跡は，1996 年から財団法人古代オリエント博物館とウズベキスタンの芸術科学研究所が研究実施機関となって発掘調査をおこなっている．発表者は 1999 年の調査に同行し，多くの植物遺体を採取することができた．また発掘中に出土した大がめの中から多量のイネの籾が見つかった．ここでは出土したイネの籾の形態について報告する．

発見されたイネの籾は籾殻の部分が白い薄片になっており(図 2)，大半のものは破損していた．この中から完形の籾の形を留めているものを取り出し，写真撮影した．また完形の籾ではないが，外頴の部分が完全に残っているものも同様に写真撮影した．50 個の完全な籾を取り出すことができ，写真上で個々の長さと幅を計測した．49 個の外頴については長さを計測し，この値を籾の長さとした．また，遺跡付近の水田で栽培されているイネおよび本研究室で保管しているイネ品種，合計 5 品種の籾についても個々の長さと幅を計測した．

これらの計測値をもとに遺跡から出土した籾と，現在の栽培イネの籾の長さと幅の平均値および標準偏差を求めた(表 1)．出土した籾の長さと幅の標準偏差はそれぞれ 0.41～0.42 および 0.28 となった．現在の栽培品種，1 系統の籾の長さと幅の値がそれぞれ 0.19～0.29 および 0.13～0.19 となっていることと比較すると，出土した籾の値は明らかに大きい．これは出土した籾が形態では現在のひとつの品種よりも大きな変異をもっていることを示している．このことから当時は様々な種類のイネが混ざった状態で利用されていたことが考えられる．

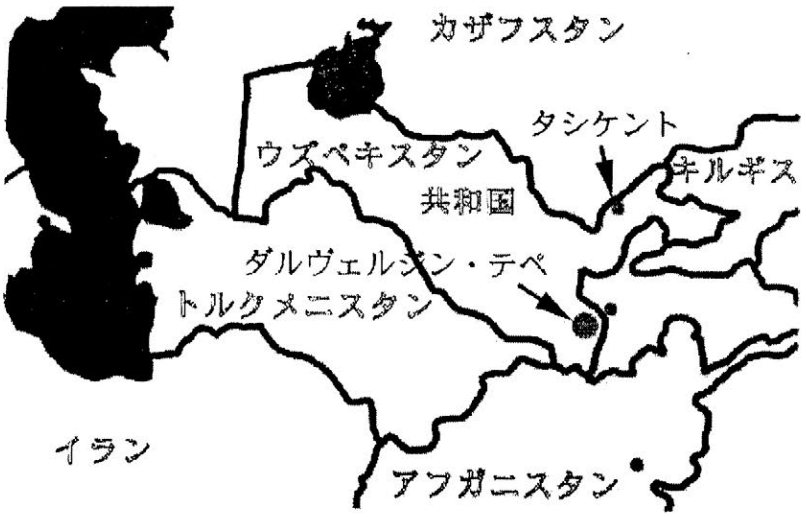


図 1 ダルヴェルジン・テペの位置

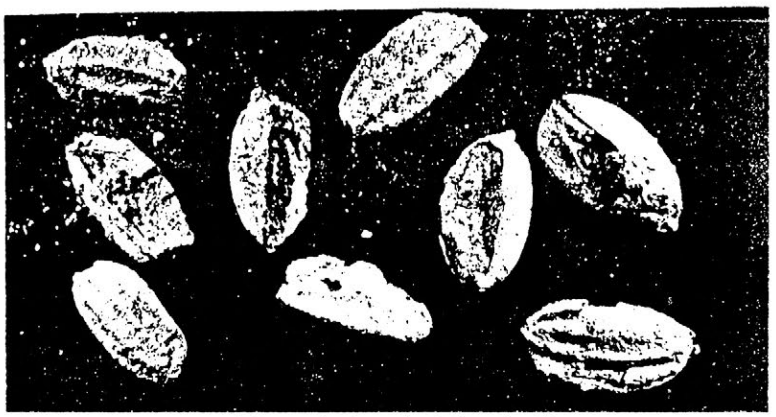


図 2 出土したイネの籾殻

表 1 遺跡から出土した籾殻と栽培イネ籾殻の形態

	個数	長さ(mm)	幅(mm)	長さ/幅
出土した籾				
完形のもの	50	6.96±0.41[a]	3.62±0.28	1.93±0.11
外顎だけのもの	49	6.97±0.42	-[b]	-
全体	99	6.96±0.42	-	-
栽培イネの籾				
現地のイネ品種	19	6.99±0.26	3.85±0.19	1.81±0.09
T65	20	6.87±0.19	3.64±0.15	1.89±0.06
Ac.221	20	10.0±0.28	3.66±0.13	2.74±0.11
Ac.419	20	7.28±0.29	3.20±0.13	2.28±0.07
Ac.130	20	5.73±0.19	3.41±0.15	1.68±0.05

a:平均値±標準偏差. b:値が計測できなかった事を示す.

P 14

遺構覆土におけるテフラ分析の有効性　－竪穴住居跡を中心に－

○建石　徹（東京芸術大学大学院美術研究科）・松田隆夫（府中市教育委員会）

目的

遺跡の発掘調査、研究を行う際、遺構覆土の自然科学的特性を検討することの重要性は言を待たない。しかし、遺構覆土は、考古学者からは「遺物ではない」ため、自然科学者からは「自然土層、基本土層ではない」ために、実際には、どの分野の研究者からも積極的に取り上げられることのない存在であった。「災害考古学」的な新視点を除けば、従来の遺構覆土の研究と火山灰研究の接点は、ある遺構と特定の火山灰純層との新旧関係の検討にのみあったように思われる。

近年、東京都域や千葉県域など給源火山から比較的遠隔地とされる地域においても、第四紀火山灰編年学の体系が整備されつつある。報告者らは、この動向に参画する一方、これらの成果を遺構覆土の研究に応用し、基本土層のテフラ分析だけでは得られない詳細な遺跡の動態（各遺構の埋没時期や埋没環境等）に関する知見を蓄積してきた（松田・建石 1993、1997、1998、建石 1995、2000、建石・松田 1998、2000 など）。本報告では、紙面の都合から、このうち特に興味深い成果を得た東京都目黒区土器塚遺跡ＳＩ－ 11 号住居跡（建石・松田 2000）における分析事例を紹介し、従来あまり取り上げられることのなかった遺構覆土におけるテフラ分析の有効性の一端を明らかにする。

土器塚遺跡ＳＩ－11号住居跡における分析事例（図、表１、２、３）

弥生時代後期の竪穴住居跡である。試料No.１、２は全鉱物組成におけるスコリアの組成が 25 %と多く、なかでも黒色で発泡微弱のスコリアが卓越する。試料No.３～７は全鉱物組成におけるスコリアの組成が 31 %と多く、なかでも黒色で発泡強のスコリアが卓越する。試料No.８～ 13 は全鉱物組成におけるスコリアの組成が 18 %と多い点では試料No.１～７と一致する。スコリアの組成は、黒色で発泡強のスコリアが 40 %以上と最も多い。また、５層より採取した試料No.８～ 10 は他の試料と比べて風化粒が目立つ。

試料No.１、２の傾向は、武蔵野台地上で一般的に確認できる黒色帯上部（奈良時代～中世）の特徴と一致する。試料No.３～７の傾向は、先の黒色帯下部（弥生時代～古墳時代）の特徴と一致する。５層（試料No.８～ 10）に顕著であった風化粒の多くは、イディングサイトと呼ばれる風化カンラン石である可能性が高い。これらの成因としては、覆土中における水分、有機物に関わる環境、たとえば積極的な有機物の廃棄等が考えられる。５層は本遺構中、土器等の遺物の出土量が最も多い土層であることも示唆的である。

これらの結果から、ＳＩ－ 11 覆土最上層の形成時期は奈良時代以降、上層、下層の形成時期は弥生時代後期以降である可能性が高いことが理解できた。本遺構は弥生時代後期の所産であるから、本遺構および住居廃絶後の「場」の景観、状態は、黒色帯上部の形成時期（奈良時代以降）までの数百年間、平地化せず微凹地状であった可能性が高い。

＊スコリアの発泡程度は、宝永スコリアを発泡「弱」として基準化し、それより発泡が強いものを発泡「強」、　弱いものを発泡「微弱」とした。

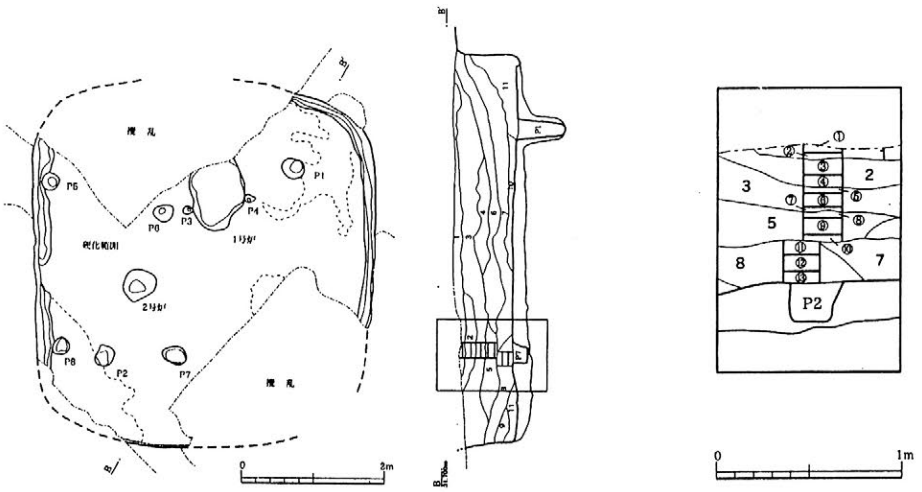


図　土器塚遺跡ＳＩ－11平面図・覆土断面図（試料採取位置図）

表１　土器塚遺跡ＳＩ－11覆土の軽鉱物・重鉱物・スコリア組成

No.	遺跡層位	軽鉱物	重鉱物	岩片・スコリア	合計
1	1	46.5	27.8	25.7	100.0
2	1	38.0	32.5	29.5	100.0
3	2	36.7	29.0	34.3	100.0
4	2	42.9	25.2	31.9	100.0
5	3	31.5	37.5	31.0	100.0
6	3	37.7	28.1	34.2	100.0
7	3	42.9	21.5	35.6	100.0
8	5	51.4	35.3	13.3	100.0
9	5	36.8	43.9	19.3	100.0
10	5	52.1	27.4	16.5	100.0
11	8	44.9	33.0	22.1	100.0
12	8	42.8	36.8	20.4	100.0
13	8	50.5	29.7	19.8	100.0

粒径0.125～0.25mm（粒数%）

表２　土器塚遺跡ＳＩ－11覆土の重鉱物組成

No.	遺跡土層	カンラン石	斜方輝石	単斜輝石	角閃石	磁鉄鉱	黒雲母	不明・風化粒	合計
1	1	46.6	35.2	6.9	0.0	4.1	0.0	7.2	100.0
2	1	53.8	30.6	8.2	0.0	2.6	0.0	4.8	100.0
3	2	50.5	28.5	7.2	0.0	8.2	0.0	5.6	100.0
4	2	54.2	24.9	5.8	0.0	7.3	0.0	7.8	100.0
5	3	46.6	32.6	6.8	0.0	8.4	0.0	5.6	100.0
6	3	49.4	29.3	5.0	0.0	9.2	0.0	7.1	100.0
7	3	45.4	30.4	10.2	0.0	4.8	0.0	9.2	100.0
8	5	37.4	28.5	7.0	0.0	8.6	0.0	18.5	100.0
9	5	42.7	23.8	5.1	0.0	7.1	0.0	21.3	100.0
10	5	40.6	25.2	8.1	0.0	8.5	0.0	17.6	100.0
11	8	52.2	30.1	4.2	0.0	7.0	0.0	6.5	100.0
12	8	54.0	29.7	6.3	0.0	5.7	0.0	4.3	100.0
13	8	60.8	22.4	6.0	0.0	6.0	0.0	4.8	100.0

粒径0.125～0.25mm（粒数%）

表３　土器塚遺跡ＳＩ－11覆土のスコリア組成

No.	遺跡層位	黒色岩片				赤色岩片				暗褐色岩片	赤色ガラス質	褐色ガラス質	合計
		発泡微弱	発泡弱	発泡強	小計	発泡微弱	発泡弱	発泡強	小計				
1	1	38.2	10.6	20.3	69.1	4.5	1.3	5.2	11.0	2.8	0.0	17.1	100.0
2	1	34.3	19.2	22.8	76.3	6.2	2.4	3.1	11.7	1.5	0.0	10.5	100.0
3	2	25.3	11.5	40.0	76.8	7.3	2.5	3.4	13.2	2.3	1.2	6.5	100.0
4	2	20.1	12.7	43.1	75.9	5.8	3.5	4.5	13.8	3.0	1.5	5.8	100.0
5	3	32.3	8.5	38.2	79.0	8.5	1.7	3.2	13.4	1.7	1.0	4.9	100.0
6	3	26.4	10.6	45.1	82.1	3.5	3.1	2.8	9.4	3.4	1.4	3.7	100.0
7	3	18.9	12.8	47.2	78.9	6.2	2.8	2.0	11.0	2.0	2.8	5.3	100.0
8	5	32.1	17.2	19.5	68.8	16.3	4.0	5.1	24.4	2.4	2.4	2.0	100.0
9	5	33.7	13.4	22.6	69.7	12.1	3.8	5.2	21.1	2.7	3.8	2.7	100.0
10	5	26.6	17.9	23.6	68.1	10.5	2.9	5.3	18.7	2.6	5.0	5.6	100.0
11	8	36.3	12.2	25.5	74.0	13.2	2.0	4.0	19.2	3.1	2.0	1.7	100.0
12	8	31.1	16.1	20.7	67.9	17.0	3.8	4.5	25.3	3.8	2.0	1.0	100.0
13	8	31.7	15.3	19.4	66.4	14.4	4.2	4.2	22.8	5.4	0.0	5.4	100.0

粒径0.125～0.25mm（粒数%）

P 15

出土琥珀に含まれる溶剤可溶成分について

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

1．はじめに

有機鉱物である琥珀は松柏科植物から流れ出た樹脂が高分子化したもので、通常有機溶剤には僅かに膨潤するが、ほとんど溶解しない。しかし、出土琥珀は産地の違い、あるいは劣化状態の違いによって、極性の高い溶剤にかなり溶解することがわかった。

そこで、国内の主産地から産出する標準琥珀とそれを劣化させたもの、および出土琥珀を各種有機溶剤に溶解させその溶解性を調べた。さらに、それぞれの可溶成分を赤外分光分析および薄層クロマトグラフィにより、出土琥珀の産地および劣化状態が異なることによる成分の特徴や違いを検討した。その結果、産地および劣化状態の違いで、溶剤可溶成分に特徴があらわれたので報告する。

2．試料

2-1．遺跡より出土した琥珀

溶解性および溶剤可溶部の成分分析を行った琥珀（いずれも縄文時代）は、赤外分光分析で大きく2種類のタイプに分かれた（表1）。

2-2．主産地より産出した琥珀

国内で最も産出量の多い岩手県久慈市川代、福島県いわき市入間沢、千葉県銚子市酉明浦産の琥珀とそれらを紫外線照射により劣化させたものを溶解性および溶剤可溶成分の分析に使用した。

3．溶解性

3－1．方法

出土琥珀および標準琥珀とそれを紫外線により劣化させた琥珀の破片を5種類（ｴﾀﾉｰﾙ・ｷｼﾚﾝ・ｱｾﾄﾝ・ｸﾛﾛﾎﾙﾑ・ﾍｷｻﾝ）の溶剤に2週間浸漬させ、試料の状態を観察した後、溶剤を蒸発させ残査の有無を確認した。

3－2．結果

有機溶剤に対する溶解度について、標準琥珀はエタノール・アセトン・クロロホルムなど極性の高い溶剤に浸漬させると膨潤したが、溶解しなかった。しかし、キシレン・ヘキサンなど比較的極性の低い溶剤では変化しなかった。一方、標準琥珀を劣化させたものと出土琥珀は極性の高い溶剤には膨潤し一部溶解した（表1）。

4．赤外分光分析

4－1．方法

赤外分光分析による成分分析を行った。測定は、溶剤可溶部および不溶部それぞれから数 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2cm^{-1}で分析した。

図1に一例として岡谷市梨久保遺跡出土琥珀の劣化の激しい部分、比較的劣化していない部分、アセトン可溶部および不溶部の赤外吸収スペクトルを示した。

4－2. 結果

溶剤可溶部の赤外吸収スペクトルは 1400～1000cm^{-1} の吸収が非常にブロードになり特徴的な吸収が見られなくなった。これを劣化の激しい部分のスペクトルと比較すると、さらにブロードになり、可溶部に多様な成分が含まれていることを示す。いずれの遺跡のスペクトルも同様な傾向を示した。一方溶剤不溶部は同様な波数領域で吸収がより鮮明になりそれぞれの特徴をはっきりと示した。

表1. 琥珀の出土地・時代と溶剤への溶解性

遺跡名 時代(縄文)	溶解性	
	極性溶剤	非極性溶剤
岡谷市梨久保遺跡 中期初頭	少し溶解	不溶
中郷村和泉A遺跡 中期初頭	少し溶解	不溶
丹生川村丸山遺跡 前期	かなり溶解	不溶
青森市三内丸山遺跡 中期	かなり溶解	不溶

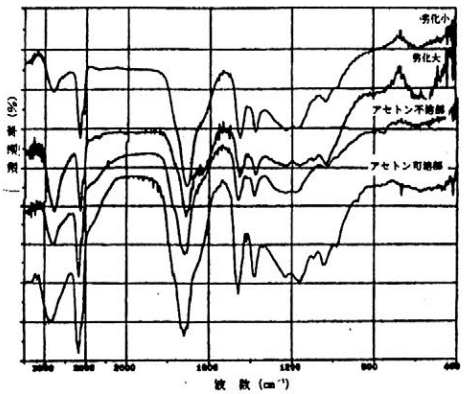


図1. 梨久保遺跡出土琥珀の赤外吸収スペクトル

5. 薄層クロマトグラフィ

5－1. 方法

対象とする試料の溶剤(アセトン)可溶部について薄層クロマトグラフィによる溶剤可溶成分の分離を試みた。薄層クロマトグラフィ用シリカゲル(70F$_{254}$プレート)を用い、メタノール:アセトン＝5:1、アセトン:ヘキサン＝2:1の2種類の展開剤で展開させた。

5－2. 結果

出土琥珀についてはいずれもかなり多数のスポットが観察された。なかでも溶解性の高い丸山遺跡、三内丸山遺跡は同様の位置に多数のスポットが見られた。一方、標準琥珀はほとんど溶解しないため展開できなかったが、それを劣化させたものは梨久保遺跡や和泉A遺跡と比較的近い位置にスポットが表れた。

6. さいごに

出土琥珀が極性の高い有機溶剤にかなり溶解することがわかった。特に溶解性の高い出土琥珀については多種類の成分が含まれていることがわかった。また、それを展開させることによって得られた結果は赤外分光分析で大きく2種のパターンに分けられた結果とほぼ一致することがわかった。今後、これらの成分を詳細に検討することにより出土琥珀の劣化機構が解明され、さらに現在まで不可能であった劣化した出土琥珀の産地推定の可能性をさぐる手掛かりが得られると考える。

P 16

北海道続縄文後北Ｃ式の彩色土器に用いられた色材

成瀬正和（宮内庁正倉院事務所）・小林幸雄（北海道開拓記念館）・
高橋正勝（江別市郷土資料館）・佐藤一志（江別市教育委員会）・
瀬川拓郎（旭川市博物館）

はじめに

北海道続縄文文化の後北（江別）Ｃ式土器が作られた時期は本州以西では古墳時代中頃にあたると時期と考えられている。札幌近郊の江別市にある兵村遺跡、町村農場遺跡、坊主山遺跡などから出土した後北Ｃ１～Ｃ２式土器には赤を始めとして白または黄、あるいは黒、褐色などで器面を飾る土器があることで有名である。その顔料の種類については「ベンガラ、水銀鉱、石灰岩、白色土、黄色粘土」などと言われて来たが、本格的な科学的調査から導かれた結果ではなく、実体は不明であった。また余市郡余市町フゴッペ洞窟などから出土した後北Ｃ式土器の中には微隆起線の部分が他の箇所とは違う色に発色している土器が見られる。後北Ｃ式土器はわが国先史時代の土器の中で最も多くの色を装飾に用いた土器である。

本研究では、これらの土器に用いられた各種色材の種類を明らかにするため、土器器面より顔料あるいは胎土を極少量採取し、これについて走査電子顕微鏡と付属のエネルギー分散型Ｘ線分析装置（（株）日本電子製ＪＭＳ５８００ＬＶ＋ＪＥＤ２１４０）を用い、粒子形状の観察や、定性分析を行った。

江別市域の遺跡からの出土品は江別市郷土資料館および旭川市博物館の所蔵品を、またフゴッペ洞窟の出土品は北海道開拓記念館の所蔵品を用いた。

調査結果

江別市域から出土した土器のうち、赤色顔料が塗彩されたものは完形に近い土器で、50点を越えるが、いずれも肉眼観察の限りでは焼成後に塗彩されたものと思われ、また朱の使用が推定できるものは皆無であった。これまでに３点から赤色顔料を採取し、分析試料としたが、いずれも赤色の由来となる元素はFeで、また粒子の形状はいずれも径１ミクロンほどで中空な、いわゆるパイプ状粒子であり、これらのことからベンガラであることを確認できた。

器面に白色または黄色の顔料が塗られた土器は塗彩が明瞭なものだけでも４点確認できる。彩色は胎土に施された文様にそって、ある部分やある区画を強調するものである。そのうちこれまでに１点から顔料を採取し、分析試料とした（第１図）。Na、Al、Si、P、S、K、Ca、Feなどが検出されたが、Al、Siが主成分であることから、用いられた材料は粘土系統のものであり、炭酸カルシウム系の顔料ではないことが確認できた（第２図）。

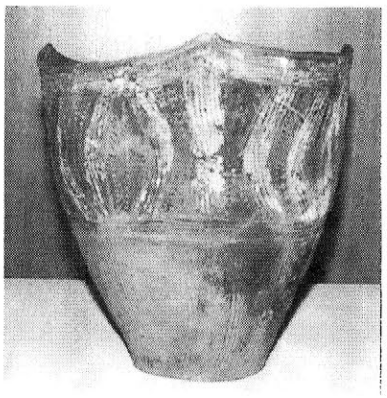
フゴッペ洞窟の白色微隆帯で飾られた土器は微隆帯部分からも、やや赤色を呈する地の部分（胎土本体）からも、Na、Mg、Al、Si、P、S、K、Ca、Ti、Feが検出され、Al、Siが主成分であることからいずれも粘土鉱物を主体とする材質であることが推定できる。定性的な分析ではあるが、P、S、Feなどの成分に両者明らかな違いがあり（第３図）、別種の

粘土を用いていることが推定できる。微隆帯部分のほうが地の部分よりFeに基づくピークが低く、鉄分の含有量が少ない粘土が用いられたため白色に近い発色をしていることが確認できた。これに対し微隆帯部分が黒色を呈する土器については微隆帯部分と地の部分のX線スペクトルはSi／Al比をはじめとして良く似ている。マスキングのような手法で微隆帯部分のみ黒色に燻べる手法が採用された可能性もある。

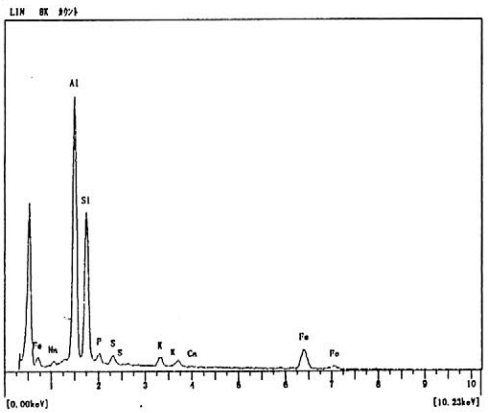
まとめにかえて

江別市域出土の後北C式土器に用いられた白色あるいは黄色の顔料は粘土系であった。わが国でこれまで明らかにされた古墳時代以前の白色顔料はすべて白土（白色粘土）系の顔料であり、続縄文の土器に用いられ顔料も同様であることが確認できた。

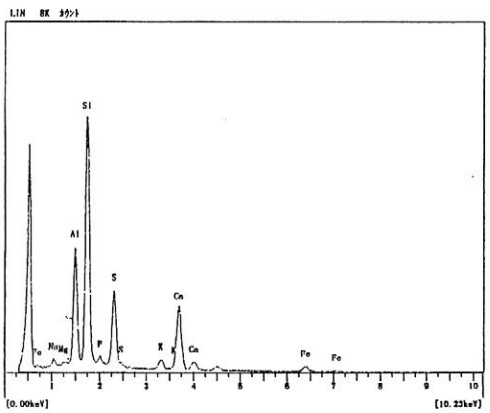
またフゴッペ洞窟の後北C式土器に見られるような土器胎土の本体部分と隆線部分に異なる粘土を用い、焼成によって異なる色に焼き上げる手法は、時代は異なるが西関東～中部地方に分布する縄文前期後葉の諸磯b式土器に見られる。



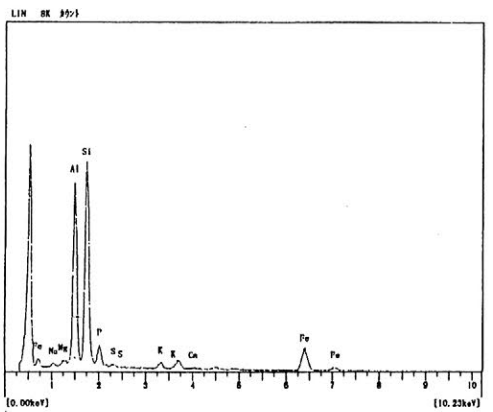
第1図　町村農場遺跡の白色塗り土器



第2図　同左試料のX線スペクトル



第3図a　フゴッペ洞窟の白色微隆帯土器
白色微隆帯部分のx線スペクトル



第3図b　フゴッペ洞窟の白色微隆帯土器
赤色地部分のx線スペクトル

P 17

黄色系植物染料の高速液体クロマトグラフィー及び キャピラリー電気泳動による分析

○河合　貴之、前川　善一郎（京都工芸繊維大学大学院　先端ファイブロ科学専攻）
佐々木　良子、佐藤　昌憲（奈良文化財研究所）

緒言

文化財染織品の材質調査には非破壊分析が望ましいが、天然染料については微少量の試料を採取後、紫外・可視吸収、蛍光などの分光学的手法で研究することも多い。しかし、染織品の色調は、経年変化や、媒染剤の共存により変化する為、分析が難しい場合もある。特に重ね染めされた染織品のような場合、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で、分離・同定を行うことが有効である。演者らは分離原理の異なるキャピラリー電気泳動法(CE)を併用することにより、同定を確実なものにするよう検討を続けている。CE 法は HPLC と異なり、文化財天然染料の分析にはまだほとんど応用されていない。

CE では、緩衝液を満たした内径 50-100 マイクロメートルの溶融シリカキャピラリーが分離の場として用いられる。負電荷を帯びたキャピラリー内壁と、これに隣接する溶液の間で電気二重層が形成され、電荷が中和されている。キャピラリー内に直流電場が印荷されると陽イオンは陰極に引きつけられて溶媒とともに泳動し、この電気浸透流(EOF)が、成分イオンを移動させる駆動力として利用される。分離成分が電気浸透流により移送されることにより、HPLC の場合より分離能が向上する。

実験方法

古代から染色に用いられる天然染料は、有る程度限定されているが、黄色系統の染料はスペクトルも短波長寄りで、互いに類似するものが多く、HPLC だけでは同定が困難なことが多い。CE の情報も得るために、まず基礎的な分離・同定条件の検討を行なった。試料は通常染織品から抽出する場合と同様に染料成分をメタノールで抽出したもの、または抽出に用いたメタノールを揮発後、残った染料成分を再び水または、泳動液と同じ組成のリン酸緩衝液に溶解させたものを用いた。泳動液にはさらに、メタノール、アセトニトリルを 10%加えた緩衝液、強塩基または強酸を添加したアセトニトリルを用い、各染料に適当な泳動条件を設定した。キャピラリーには内径 50 μ m、長さ 50cm、有効長 37.8cm のフューズドシリカ素管を使用した。

結果

例えばウコンでは泳動液として、りん酸緩衝溶液（50mM-Na_2HPO_4, 50mM-NaH_2PO_4, 30mM- SDS）を使い、15kV を印加し、測定波長 254nm で観測すると、注入後 5.4 分で鋭

い吸収ピークを得た（図１）。図１のピークに相当する成分の吸収スペクトル(図２)は、あらかじめ測定をしていたウコンの吸収スペクトル（図３）とほぼ一致した。

キハダ、 刈安、梔子　などについても同様の検討を行なった。

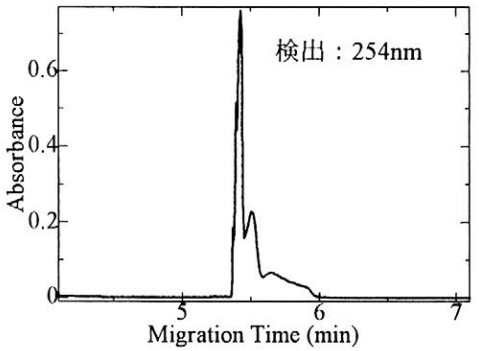


図１ **MEKC** によるウコンの分離

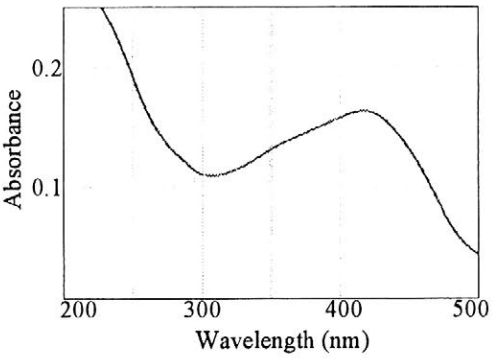


図２　図１のピークに相当する成分の紫外･可視吸収スペクトル

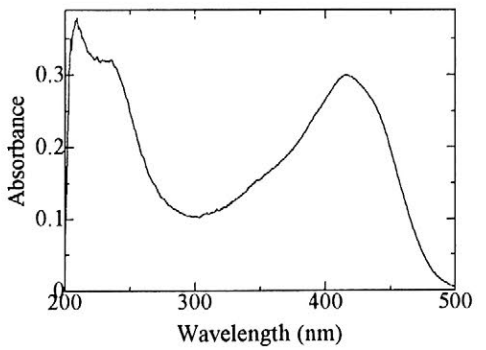


図３　ウコンの紫外・可視吸収スペクトル

参考文献

1）本田　進，寺部　茂，「キャピラリー電気泳動」，講談社サイエンティフィック(1995)

2）河合貴之、前川善一郎、佐々木良子、佐藤昌憲、「キャピラリー電気泳動法による文化財染織品の染料分析」（第 15 回　日本文化財科学会大会要旨（千葉））（1998）

3）M. Sato and Y Sasaki, “Blue and Purple Dyestuffs used for Ancient Textiles”, Dyes in History and Archaeology （ 19th Conference, Edinburgh ）， Post-Print Publication of 19th DHA （2000）.

染色用媒染剤に使用される植物灰、泥土の成分について

○上原瑞穂　(共立女子大学)
山崎和樹　(草木染研究所)
齊藤昌子　(共立女子大学)

1、目的

古代から天然の染料を用いて染色が行われ、多くの場合染料を繊維に結合させるための媒染剤が使われ、用いられる媒染剤によって色相が異なるため、多くの色相を得る上でも媒染剤は染料と同様に重要な素材であった。古くから用いられた媒染剤には、植物灰，泥，明礬がある。植物灰には、椿，わらなどが多く用いられてきた。本研究では、植物灰には椿，わらに加え他の植物を用いて植物による成分の違いとそれらの黒灰，白灰の成分の違いについて分析した。また、泥については奄美大島で用いられている染色用媒染剤としての泥土と一般の土を分析し、成分比較をした。

2、試料

表1に示す植物灰と泥土を用いた。

表1 試 料

つばき科	A-1 椿	A-1-1 椿灰
		A-1-2 椿灰
		A-1-2-1 枝葉灰
		A-1-2-2 幹灰
		A-1-3 やぶ椿灰 { 黒灰
		A-1-3-1 葉灰(生) { 白灰
		A-1-3-2 葉灰(乾)
		A-1-3-3 小枝灰(乾)
		A-1-4 椿灰
		A-1-5(椿+さざんか)灰
		A-1-6 椿
	A-2さざんか	A-2 さざんか灰 { 黒灰
		A-2-1 葉灰(生) { 白灰
		A-2-2 葉灰(乾)
		A-2-3 小枝灰(乾)
	A-3 ひ柃	A-3 ひ柃灰 { 黒灰
		A-3-1 葉灰(生) { 白灰
		A-3-2 葉灰(乾)
		A-3-3 小枝灰(乾)
ばら科	A-4 桜	A-4-1 桜灰(上溝桜)
		A-4-2 桜灰(上溝桜)
		A-4-2-1 葉灰(生) 白灰
		A-4-2-2 葉灰(乾)
		A-4-2-3 小枝灰(乾)
		A-4-3 桜灰
すぎ科	A-5 杉	A-5 杉灰 { 黒灰
		A-5-1 葉灰(生) { 白灰
		A-5-2 葉+小枝灰(乾)
もくせい科	A-6 金木犀	A-6 金木犀灰 { 黒灰
		A-6-1 葉灰(生) { 白灰
		A-6-2 葉灰(乾)
		A-6-3 小枝灰(乾)
ぶな科	A-7クヌギ+ナラ	A-7-1 クヌギ灰
		A-7-2 (クヌギ+ナラ)灰
	A-8ワラバメカシ	A-8 ワラバメカシ灰
いね科	A-9 稲わら	A-9-1 わら灰
		A-9-2 わら灰
		A-9-3 わら灰(コシヒカリ)
		A-9-4 わら灰(無農薬コシヒカリ)
		A-9-5 わら灰(華越前)
		A-9-6 わら灰(愛媛)
泥		D-1 奄美大島泥(アイカナ工房泥染め用)
		D-2 福井県坂井郡坂井町稲作(無農薬)用土

3、実験方法

蛍光X線法で測定を行なった。

測定装置：蛍光X線分析装置　リガクＺＳＸ101ｅ

試料調整：試料を乾燥後、乳鉢で粉砕し各試料をそのまま液体試料ホルダーに入れ測定した(ルースパウダー法)。

4、結果と考察

測定結果を図 1～3 に示す。

植物灰では科によって成分が大きく異なり、つばき科，ばら科，すぎ科，もくせい科，ぶな科の灰は Ca と K が成分の 70～80%を占めているのに対し、いね科の灰は Si と K が成分の 70～80%を占め、いね科の植物は他科と成分が異なることが分かった。Al はつばき科に多く、枝灰や幹灰よりも葉灰の方により多く、黒灰より白灰に Al が含まれていることが分かった。

泥土中の Fe の含有量は、奄美大島泥染用泥には福井の稲作用土の 2 倍の Fe が含まれていることがわかった。

次報では、前報[1]で報告した明礬と本報告での植物灰、泥を媒染剤として用いた時の布上の付着成分について報告する。

図 1　植物灰の成分（含有率の科別平均値(%)）

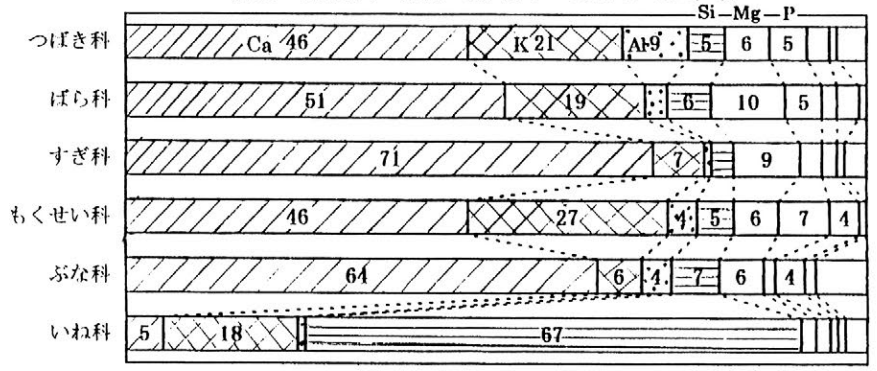


図2　泥土の成分(%)

図 3　つばき科の灰の成分（%）

1）上原瑞穂、齋藤昌子、日本文化財科学会第 17 回大会要旨集、p146-147,2000

謝辞：本研究を行なうにあたり、分析の機会を与えて下さいました(株)リガクに感謝の意を示します。

中国内モンゴル自治区呼和浩特博物館所蔵大召寺壁画の顔料分析

杜暁帆・肥塚隆保・沢田正昭（奈良文化財研究所）・杜暁黎（呼和浩特博物館）

1. はじめに

内モンゴル自治区呼和浩特博物館に所蔵する「大召寺壁画」は、1984年、大召寺が大修理されたときに応急に転写されたもので、現在、199枚が保存されており、総面積約33平方メートルになる。大召寺は呼和浩特市旧城に位置しており、モンゴル語では「イクザオ」という。16世紀末、漠南モンゴル土黙特首領アラタンハンはチベットを征西した後、黄教(ラマ教)を尊崇することになり、政教並立の体制を確立した。1578年5月15日、アラタンハンは青海仰華寺にてチベットの黄教高僧ソナンジャツォと会談し、その後、モンゴルにおける最初の黄教寺院―大召寺を創立した。大召寺壁画はおよそ同時期の作品で、モンゴルにおいて初期寺院壁画の代表作である。壁画は主にモンゴル族がシャーマニズムを見放し、黄教を信仰するという内容で、尊相故事と経変故事に分け大召寺経堂の東西壁に描かれており、各々の長さが20.3メートルである。歴史的、地理的また宗教的な原因により、大召寺壁画はモンゴル族をはじめ、チベット族、漢族の特徴を持つ大変優れた芸術品である。

今回の分析試料9点、(図1)は、1984年に壁画を転写したときの破片である。中国北方地区における壁画の自然科学的な顔料調査は中国国内においても報告はなく、今回が初めての報告となる。

2. 試料及び調査方法

測定した試料は9点で、試料番号は、図1に対応している。肉眼観察で、すべての試料に漆喰層と白色、赤色、緑色顔料がみられ、特に試料7・9には青色顔料、試料7・8・9には黄色顔料が認められた。これらを顕微鏡で観察の後、微小領域の測定が可能なエネルギー分散型蛍光X線分析装置および、非破壊型X線回折分析装置を用いて分析をおこなった。

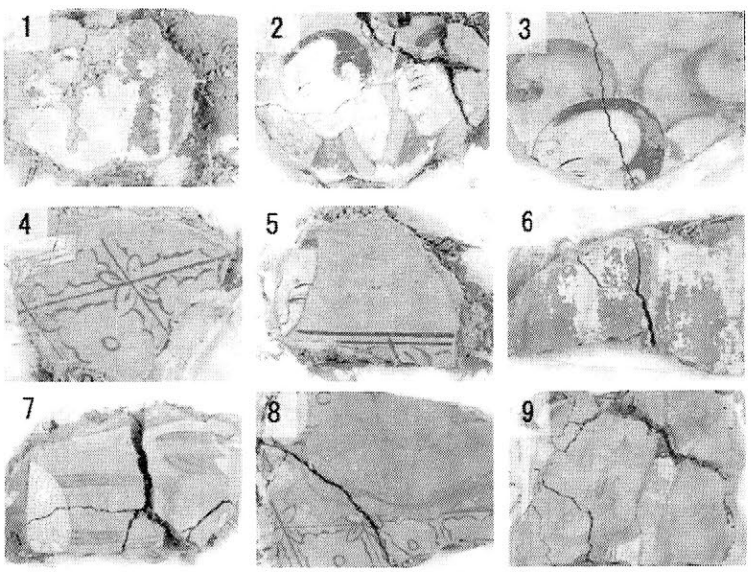


図1：分析試料写真

3. 分析結果

分析した結果については、表1に記した。

試料1,6の白色部分は、他の着色部と比較して特徴的なピークが検出されないことから、下地と考えられる。一方、試料2,3の頭髪・眉毛からは、鉛が著しく検出され、回折により、Hydro-cerussite($Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$)が同定された。しかし、色調が黒色であり、カーボン、あるいは鉛を含む黒色顔料を推測したが、それらに該当するものは検出されなかった。他の黒色部からは、特に特徴のある元素は検出されなかった。青海省瞿曇寺明代壁画の顔料分析にも全く同じ現象が起っている①。試料2の緑色背景部分からは測定の結果、銅が検出され、回折測定から、Atacamite ($Cu_2Cl(OH)_3$) / Hydro-cerrusite が同定され、混合色になっていると思われる。同様

な色は、試料 7,9 に見られる。試料 7 は回折測定で Cinnabar(HgS) が同定され、鉛も検出されたが、該当する顔料は同定できなかった。同様なことは試料 9 にも認められた。試料 7 の黄色部分は、ヒ素が著しく検出され、回折測定の結果からも Orpiment(As_2S_3)が検出された。青色を呈する、試料 7 は下地と考えられる試料 7 などと大差なく、回折の結果からも特に該当するような顔料は検出されなかった。青色顔料がわずかしか残存していないので同定にはいたらなかったが、スマルトもしくは有機系顔料の可能性も推定された。

表 1.　大召寺壁画顔料

色名	蛍光X線分析・検出元素	X回折分析・検出構造物	顔料名	鉱物名
赤	**Pb**,Cu,Fe,Ca	Pb_3O_4	鉛丹	
オレンジ	**Pb,**Ca,Fe,Cu,Sr	Pb_3O_4	鉛丹	
赤	**Hg**,Pb,Ca,Sr,Fe,Cu	HgS	朱	辰砂
緑	**Cu**,Fe,Ca,Sr,As	$Cu_2Cl(OH)_3$	緑青	緑塩銅鉱
濃緑	**Cu**,Fe,Pb,Ca,Sr,Ti,K	$Cu_2Cl(OH)_3/Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$	緑青／	緑塩銅鉱
青	Ca,Fe,Pb,Sr,As,Cu,Mn	?	スマルト？	
黄	**As**,Fe,Ca,Sr,Ti,Cu	As_2S_3	石黄	石黄
白	**Pb**, Fe,Sr,Ca,Cu	$Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$	鉛白	水白鉛鉱
黒	**Pb**,Fe,Sr,Ca,Cu	$Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$	下地？	

（検出元素の太字部分が著しく強度が強く、他と比較して特長のある元素）

4. まとめ

中国において寺院壁画に用いられた顔料の科学的研究は、敦煌莫高窟を中心として行なわれているが、石窟以外の寺院壁画に関しては、青海省楽都県瞿曇寺（明代洪武 26 年創建したラマ教寺院、1393 年）のみ顔料分析の報告が発表されている。ことに明清時代の顔料に関する分析データは極めて少ない。今回の調査結果では、赤色系、緑色系、白色系の顔料は敦煌莫高窟、天梯山石窟、炳霊寺石窟、麦積山石窟における同時代の顔料、また同じくラマ教寺院の瞿曇寺に用いられた顔料とは相違点が殆どなかった。しかし、中国古代絵画によく用いられた石青（岩群青）、また前述の石窟・寺院の歴代の壁画に使われた青金石（ラピスラズリ）が検出されず、青色に見える部分はスマルトもしくは有機系顔料である可能性が高い。石黄は既に六朝時代（5､6 世紀）の文献資料に記述されている黄色顔料であるが、中国寺院壁画において黄色はあまり観察されず、石黄を検出した例は天梯山石窟第 3 号窟明代壁画のみである[②]。又､唐代古墳壁画には黄色顔料が頻繁に使用されたが、これは密陀僧と黄土、或いは藤黄との混合物であるとの指摘がある[③]。大召寺壁画のように多量の鮮明な黄色顔料が観察でき、石黄の標準スペクトルと一致するようなデータが得られた例は今回が初めてである。絵画技法においても、石黄を使って肌を表現することはきわめて稀である。『知識総匯』の記述のなかで、チベット寺院壁画によく用いられる顔料として岩群青、緑青、朱、紫石、石黄、雌黄、白堊、赭石などの鉱物顔料と、臙脂、花青、紅花などの植物顔料、及び金粉、銀粉、真珠粉などがあげられている[④]。今回、大召寺壁画に検出された顔料の種類がそれに及ばないのは、地域的な差異なのか、あるいは民族的な差異なのか、将来における研究課題である。

---

① 王進玉など「青海瞿曇寺彩絵顔料的研究」『敦煌研究文集・石窟保護篇・下』甘粛民族出版社、1993 年。
② 周国信など「武威天梯山石窟彩塑、壁画顔料分析」『絲綢之路古遺址保護国際学術会議論文集』、1993 年。
③ 張群喜「唐墓壁画顔料的分析與研究」『唐墓壁画與唐代中日文化交流国際学術講演会文集』2000 年。
④ 西蔵自治区文物管理委員会編『西蔵佛教寺院壁画芸術』p367－372, 四川人民出版社、1994 年。

P 20

蛍光X線分析によるKaman-Kalehöyük出土ガラスに関する研究

山田祥子・中井　泉（東理大･理）

【はじめに】

アナトリア考古学ではTroy及びAlişar Hüyükの発掘が基盤となってきたが、1970年代以降、文化編年にかなりの修正が必要であることが指摘されるようになった。Kaman-Kalehöyükはトルコ共和国中央部のアナトリア高原に位置する遺跡であり、上記のようなアナトリア考古学の問題を背景にして、文化編年の構築を目的に発掘調査が行われている。そして中央アナトリア文化の変遷過程を明らかにし、さらにそれを通して古代中近東、南東ヨーロッパ世界におけるアナトリアの歴史的、文化的位置付けを試みている。本遺跡は基部280m、高さ16mの遺丘であり、表層から順に第Ⅰ層オスマン･トルコ時代(AD1400-1600)、第Ⅱ層鉄器時代(BC1200-400)、第Ⅲ層中期･後期青銅器時代(BC2000-1200)、第Ⅳ層前期青銅器時代(-BC2000)と分類されている。本遺跡では同じ土の固まりである「仮層」を指標として各グリッドの遺構･遺物を比較し、遺跡全体の文化編年を組み立てている。出土遺物のほとんどは土器であり土器に関する研究が数多くなされているが、文化編年の構築のためには他の遺物からのアプローチも必要である。装飾品のビーズなどは同じ組成のものが複数製造されそれらが遺跡にちらばっていることから、ガラスが層位の指標遺物の1つとして有効であると考えられる。そこで本研究では、本遺跡出土ガラスの化学組成の特性化を行い、ガラスを組成により分類し層序との関連付けを試みることや、色と着色剤の関係を明らかにすることを目的とした。本研究ではアナトリア考古学研究所に設置された卓上型蛍光X線分析装置を用いて、すべて現地において非破壊分析を行った。

【実験】

分析試料はKaman-Kalehöyük出土ガラスで、ビーズ223点、容器片158点、腕輪40点、ボタン15点、鏡10点、スラグ4点、指輪3点、ペンダント2点、その他15点、計470点である。測定にはセイコー社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置SEA2010を用いた。出土ガラスは、水とブラシで洗浄後、エタノールによって超音波洗浄し、乾燥後測定を行った。Na, Mgは管電圧15kVでの測定結果を用いて検量線法により定量した。Alより重元素は管電圧50kVでの測定結果を用いてFP法によって定量した。本装置では、Na, Mgについては装置の感度が低く半定量な結果しか得られず、Pbの多いガラスについてはPbの値がやや過剰に出る傾向が認められている。

【結果と考察】

今回分析を行った本遺跡出土ガラスについて、その形態の時代による変遷を図1に示す。第Ⅰ層からは、多彩色の腕輪、薄い容器片、金属付きのボタン、鏡などが、また第Ⅱ層及び第Ⅲ層からは、濃青色ビーズ、黒地に白線で模様が描かれたビーズ、ファイアンスなどが特徴的に出土している。遺物の種類は、第Ⅱ･Ⅲ層では8割近くがビーズであるのに対し、第Ⅰ層では容器とビーズがほぼ同じ割合であった。これは吹きガラス技法の発明（紀元前40年頃）によってガラス器を作ることが容易になり、容器が広く普及したためであると考えられる。

分析試料470点の定量分析の結果、14点がPbOを12%以上含有する鉛ガラスであり、残りはアルカリケイ酸塩ガラスであった。これとは別に、ガラス相と結晶相が混在するファイアンスも数点見られた。鉛ガラス14点中13点は第Ⅰ層から出土しており、中でもPbOを70%以上含有するφ6mm×4mmの山吹色・ドーナツ状のビーズ、φ5mm×4mmの緑色・球状のビーズ各3点は、それらの組成及び外見から、同一のガラス工房で同一の原料を用いて作られたと考えられる。Ⅲ-Ⅶ区出土ガ

ラスの主成分元素について、層ごとの平均含有量を比較したものを図2に示す。第Ⅱ・Ⅲ層はアルカリケイ酸塩ガラスで、CaO含有率が非常に低く、溶出の可能性も示唆される。第Ⅰ層出土ガラスについては主成分含有量より、Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2系のソーダ石灰ガラスとPbO-SiO_2系の鉛ガラスに分類されることが明らかとなった。

本遺跡出土ガラスは黒、青、茶、緑、黄と多彩である。今回検出した元素の中では、Mn, Co, Cu, Fe, Cr, Cd, Sb等が着色剤として知られている元素である。これらの元素のうちMn, Cu, Feについて三元分布図を作成し、色との関係を考察した（図3）。これらの分布から黒・茶色のガラスではMnとFe、緑色系のガラスではCuとFe、青色系のガラスではCuが着色元素として寄与していると考えられる。なお濃青色のガラス関しては、図3のCuの多い領域とは必ずしも一致せず、一部の濃青色ガラスからCoが検出されたことから、Cuではなく Coによる着色であると考えられる。

網目形成酸化物であるSiとPbの含有率について、第Ⅱ・Ⅲ層出土ガラスに含まれるPbOはごくわずか（10^{-2}%オーダー程度）であるか、もしくは含まれていないという特徴が挙げられる。第Ⅱa層出土とされている、PbO含有率がそれぞれ16%、2.6%、0.5%である3点の試料が見出されたが、PbO含有率が高いことから、これらの試料は第Ⅰ層の遺物が撹乱によって混入したものと考えられる。他にもCaO/SiO_2比、CaO/K_2O比、Sn、Sbの有無が、層序を決定するための指標として利用できることがわかった。

表土層及び第Ⅰa層から、滑らかな表面を持つ、数cm程度の透き通った薄い緑色の塊が出土している。この塊と鉄スラグ及びガラスの主成分組成の比較を図4に示す。この塊は第Ⅰ層出土ガラスの化学組成とほぼ一致したので、金属鉱石の精錬中に生成するスラグではなく、ガラス加工時に生成したものであると考えられる。これまで本遺跡出土ガラスは全て他地域からの搬入品であると考えられてきたが、この結果はオスマン・トルコ時代に本遺跡でガラスの加工が行われていた可能性を示唆している。

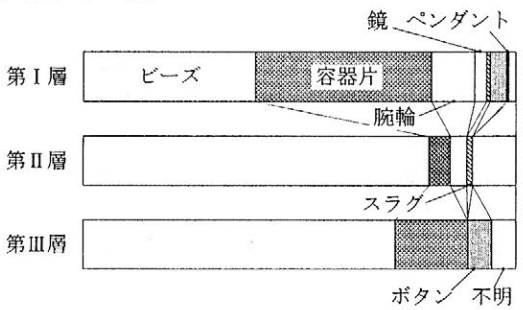


図1 Ⅲ-Ⅶ区出土ガラスの形態の時代による変遷

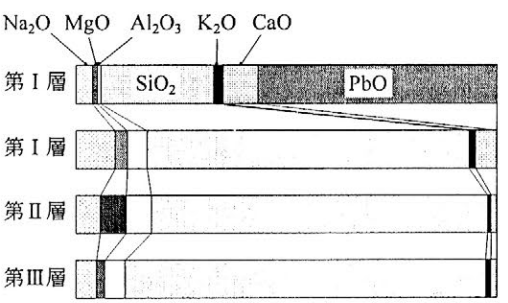


図2 Ⅲ-Ⅶ区出土ガラスの主成分元素平均含有率

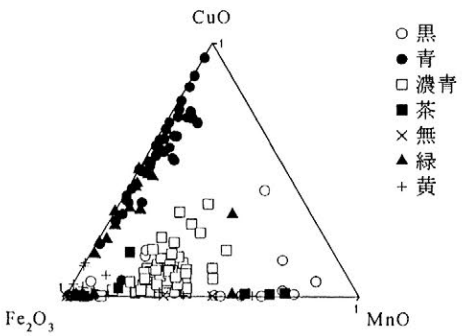


図3 MnO-Fe_2O_3-CuO三元分布図

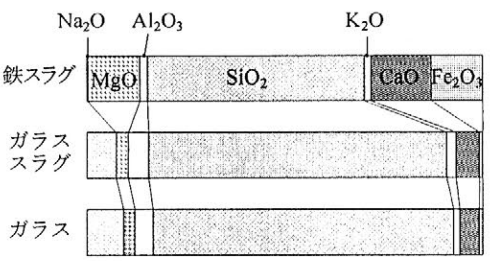


図4 スラグとガラスの主成分組成の比較

P 21

縄文時代漆工品の塗膜構造と色材料に関する基礎研究
—三内丸山遺跡、小山崎遺跡を中心にして—

武田昭子（昭和女子大学）、赤沼英男（岩手県立博物館）
中村美杉(青森県教育庁文化財保護課)、渋谷孝雄(山形県埋蔵文化財センター)
上條朝宏、門倉武夫（東京都埋蔵文化財センター）

1．はじめに

亀ヶ岡、是川遺跡にみるように、縄文時代の東北地方における漆文化の豊かさは古くから認識されている。近年、三内丸山遺跡をはじめとする低湿地の発掘が進むに従い、縄文時代前期には漆文化が定着し、発達してきたことが明らかになってきた。本研究では、前期から晩期に比定されている二遺跡の漆製品に使用された色材料の組成を明らかにし、塗膜の製作技法について検討した。

2．遺跡の概要

三内丸山遺跡は縄文時代前期中葉から中期末葉にかけての集落跡である。平成４年からこれまでに行われた発掘調査の結果、住居跡、墓をはじめとするおびただしい数の遺構や遺物が検出され、縄文時代の生活状況の復元につながる情報が発信されている。遺物の中には木胎漆器、漆塗り土器の破片、漆膜の残存する小型土器、赤色の顔料塊などが見出されている。

小山崎遺跡は、山形県飽海郡遊佐町に所在する縄文時代早期から晩期の低湿地遺跡で、平成7年から５次にわたる発掘調査が行われてきた。これまでに、後期から晩期の水辺の作業場が検出されているが、集落本体はまだ発見されていない。前期と後晩期の包含層からは土器・石器に加え動植物遺体や骨角器、木製品が出土している。このうち、後晩期には木胎漆器片、漆塗り土器片があり、漆容器やパレットなども出土している。

3．調査資料

調査資料は、三内丸山遺跡から出土した皿、櫛、漆・顔料付着土器等26点、小山崎遺跡から出土した椀、土器等11点である。本稿では表１に示す３遺物の調査結果について報告する。

4．調査方法

遺物に支障の無い剥離個所や端から、1～2mm角の試料片を医療用メスで摘出した。試料片はエポキシ樹脂で包埋し、ダイヤモンドペースト使って研磨した後、EPMA(エレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー)で鉱物組成を調べ、剥片（クロスセクション）を作成して塗膜構造を観察した。

5．調査結果および考察

No.１から摘出した試料片の塗膜断面は２層からなる（写真１）。上層は約２～３μm、下層は約20～30μm厚で、下層には金属光沢を呈する微細粒子が濃密に分布する。EPMAの3,000倍で観察したところ、断面の直径が約１μm前後のパイプ状物質が確認された（写真２）。パイプ状物質は鉄(Fe)、酸素(O)を主成分とし、ケイ素(Si)を微量に含有する。EPMAによる状態分析の結果、酸化第二鉄（Fe_2O_3）に近似する結合状態にあることが確かめられた。

No.２試料片の塗膜断面は4層からなる（写真３）。上層の２層は微細粒子が濃密に分布しており、最表面は約10～20μm厚で、下層は約5～10μm厚となっている。この下層は微細粒子が点在する約24～35μm厚程度の膜層であり、木胎に接する最下層は微細粒子がほぼ一様に混入されている約10～50μm厚の膜層からなる。EPMAにより微細粒子は酸化鉄で、シリカ（二酸化

ケイ素）からなる粒子の混在も確認された。

No.３試料片は暗灰色の粒状物質が点在する膜層と、金属光沢の約1～3μmの粒子が点在する膜層、9μm前後のより大きな粒子が混じって点在する膜層の３層からなる。EPMAにより暗灰色の粒状物質は酸化鉄、金属光沢の粒子はいずれも水銀（Hg）とイオウ（S）からなる硫化水銀化合物であることが確かめられた(写真４)。

三内丸山遺跡の縄文時代前期の遺構からはパイプ状ベンガラを混ぜた漆が残存する土器、微細な赤鉄鉱と石英粒子からなる赤色物質(赤鉄鉱を含むチャートが再結晶したものと推定される)が見いだされている。遺跡周辺に存在する天然資源を活用して赤色材料を調整し、加工した木胎に塗彩する操作が行われていた可能性が高い。山形県小山崎遺跡の縄文時代後期の遺構からは、下地にベンガラを混ぜた漆を塗り、その上に水銀朱(HgS)を添加した朱漆が塗り重ねられた資料が認められるようになる。縄文時代中期から後期にいたる過程で東北地方における赤色材料の使用方法が多用化し、塗彩方法も変化した可能性がある。出土状況が明確で形式学的研究に耐えうる資料を対象とする調査を実施し、東北地方における縄文時代における漆器製作とその使用状況の変遷を明らかにしていきたいと考える。

表１　調査資料の概要

No.	資料名	出土遺構	時期
1	台付皿破片	青森県三内丸山遺跡第6鉄塔調査区	縄文時代前期
2	櫛破片	青森県三内丸山遺跡北の谷	縄文時代前期
3	木器破片	山形県小山崎遺跡	縄文時代後期

写真１　資料No.１の塗膜断面：約350倍

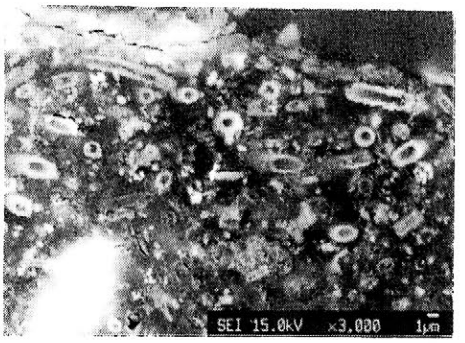


写真２　EPMA分析による塗膜断面
パイプ状物質の様子（資料No.１）

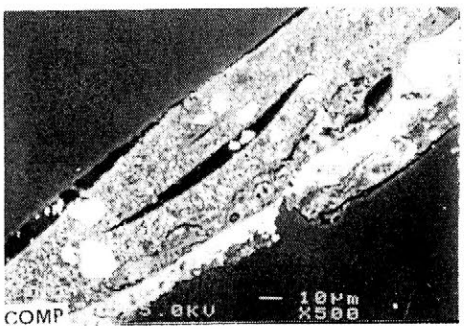


写真３　EPMA分析による塗膜断面
白色の個所は酸化鉄の化合物（資料No.２）

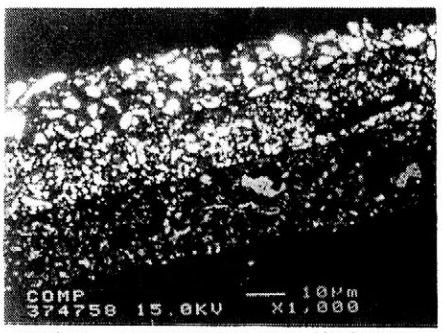


写真４　EPMA分析による塗膜断面
硫化水銀と酸化鉄の分布（資料No.３）

青銅鏡に用いられた繊維の分析

－心合寺山古墳出土・夔鳳鏡の場合－

○井上美知子・小村眞理（(財)元興寺文化財研究所）
佐藤昌憲（奈良文化財研究所）、藤井淳弘（八尾市教育委員会）

1．はじめに

心合寺山古墳は、大阪府八尾市大竹にある古墳時代中期に造られた中・北河内最大の前方後円墳で、史跡整備に伴い発掘調査が進められてきた。全長が 160m 以上、三段築成で、造り出しや方形墳をもち、中河内一帯を治めていた豪族の墓とみられる。

今回報告する夔鳳鏡は、後円部で検出した３つの埋葬施設のうち、西側の粘土槨内（西槨）から発掘された副葬品の１つで、棺内の礫敷きの上で鏡面を表にして置かれていたものである。

2　分析試料

・鏡周辺の３ヶ所（鏡面付近、鏡背付近、鏡背付着）の土壌から採取した劣化した布

・鏡の保存処理中に表出した鏡付着布

3．繊維分析

3－1．方法

布の状態を実体顕微鏡で観察し、写真撮影を行った。また、繊維の種類を調べるため必要に応じ以下の方法で観察を行った。

①光学顕微鏡観察…微量採取した布を樹脂包埋した後、生物顕微鏡または金属顕微鏡で布断面の観察が可能になるまで研磨を行った。スライドガラス上に固定して永久プレパラートを作製し、観察を行った。

②電子顕微鏡観察…微量の糸を採取し、側面と断面の観察と写真撮影を行った。

③織り密度測定…実体顕微鏡写真をもとに、組織が明らかな箇所の織り密度を測定した（張りの強い糸を経糸として記載）。

3－2．結果

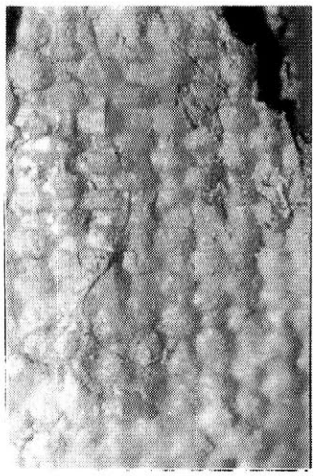
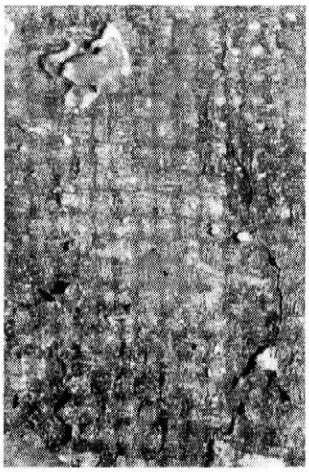
鏡周辺の３ケ所の土壌から採取した布の特徴を表１に、鏡付着布の特徴を表２に表した。

表１　鏡周辺の３ヶ所の土壌から採取した布の特徴

	型	織り密度（１ｃｍ²）	経糸（mm）	緯糸（mm）	糸の撚り	材質	その他
鏡面付近の布	平織Ⅰ	１７×６５	0.2	0.2	ほとんどなし	植物性？	僅かに黄緑色
	平織Ⅰ’	２２×５０	？	？	ほとんどなし	植物性？	赤味を呈す
	平織Ⅱ	２９×４８	？	？	？	植物性？	
鏡背付近の布	？	？	？	？	？		黄褐色

表２　鏡付着布の特徴

	型	織り密度（１ｃｍ²）	経糸（mm）	緯糸（mm）	糸の撚り	材質	その他
鏡面	平織Ⅲ	４７×４２	0.2	0.2	なし	絹	複数重なる
鏡背	平織Ⅰ	１７×５６	0.2～0.25	0.2	ほとんどなし	植物性？	
	平織Ⅰ’	１７×５３	0.2	0.17	ほとんどなし	植物性？	赤紫色
	平織Ⅲ	４５×５２	0.2	0.2	なし	絹	
鈕内	平織	？	？	？	？	絹？	

Ⅰ型布(15倍)　　Ⅱ型布(15倍)　　Ⅲ型布(15倍)

写真1　双鳳鏡に用いられた布

4．染料分析

①鏡背に付着した赤紫色を呈する布と、②鏡背付近の土壌中にみられた劣化した黄褐色の布の染料分析を行った。

4-1. 方法

繊維に含まれた染料をギ酸メタノールで抽出し、可視紫外分光分析を行った。

試料と標準となる染料のスペクトルを比較することにより染料を同定した。

4－2. 結果

① 赤紫色部分

472nmに吸収極大がみられたが、試料が非常に微量なため、明確に同定できなかった。

そこで、吸収スペクトルの2次微分をとったところ、インド茜や日本茜の主要色素パープリンの吸収極大（479nm）に近いところに試料の吸収極大があることより、日本茜が用いられている可能性があると考えられた。

日本茜は、その根を染料とする。灰汁を媒染剤として緋色に染めることができる。

② 黄褐色部分

吸収スペクトルの2次微分をとって吸収極大を求めたところ、410nm、440nm、473nmであった。梔子の吸収スペクトルの吸収極大（410nm、440nm、473nm）とよく一致することから、この黄褐色の部分は梔子で染められているといえる。

梔子の実は、最も古い染料の一つである。煎汁はそのままでやや赤味を含んだ濃い黄色を染めることができる。

5．まとめ

双鳳鏡は、絹の平織であるⅢ型の布数枚で包んだあと、さらに、Ⅰや、日本茜で緋色に染められた可能性があるⅠ’型の布で包んだものと考えられた。また、梔子で黄色に染められた布も用いられていたであろう。

Ⅱ型の布は、Ⅲ型の布と緻密な平織であるなど似ている点も多く、同種の布の可能性があるが、鈕の中にみられた平織布を含め、3～5種類の布が用いられていたものと考えられた。

古墳出土品にみられる組紐

—挂甲の場合—

(財)元興寺文化財研究所　○小村眞理、植田直見、井上美知子、木沢直子

1．はじめに

古墳時代の組紐については、これまで刀剣に付着する平紐の製作技法や材質について検討してきた。刀剣の鞘上に巻かれた２方向斜行縄連組織組紐（２条軸一間組）は正倉院に伝わる遺品と共通の特徴を備えており、台や錘を使わないループ操作技法によると考えられた。この最古の例は鳥取県長瀬高浜遺跡からの出土品にみられ、５世紀半ばに位置付けられている。

ここでは科学研究費により実見した挂甲の組紐について観察した結果を報告する。刀剣の場合と同様、これらも良好な状態で遺存することは難しく、その構造まで観察し報告された例は少ない。これがループ操作技法によるかどうかを見極めることは古代の組紐製作技法を理解するうえで大切なことである。

2．調査対象

今回実見したのは藤ノ木古墳、大須二子山古墳、飛鳥寺塔心礎、永明寺古墳、小針鎧塚古墳、小見眞観寺古墳、祇園清川古墳、山王二子山古墳、東大寺大仏殿須弥壇下出土挂甲である。

3．組紐の種類

今回調査した挂甲には２畝平組紐（「蛇腹組・一間組・三つ組」）も一部で見られたが、１例をのぞく全てに用いられていたのが４畝平組紐である。これまでこのような紐は「二間組」と認識されてきたが、この名称は「綾織組織を持つ紐であること」を説明しているにすぎず、紐の構造を的確に示すものではない。この点について平１枚組紐の基本的な構造を決定する要因は畝数であることが木下雅子により明確にされている（『日本組紐古技法の研究』）。本研究は組紐の構造を観察することによりその製作技法に言及することを目的としているので、それを表現できる名称を用いることとした。

4．素材について

南山大学人類学博物館所蔵・大須二子山古墳出土挂甲の例では、組織断面の電子顕微鏡写真による観察の結果、繊維の断面が丸みを帯びた三角形をしており、素材は精練した絹と考えられた。

5．製作技法について

東大寺大仏殿須弥壇下出土の挂甲残欠（奈良国立博物館寄託品）は、鎮壇具と認識されている。組紐部分は錆付いているが非常によく形状を保っている（写真１）。札の幅は約１cm、孔の直径は約 1mm で威、横綴、下搦ともに組紐を使用している。従来「角組」と報告されていた下搦も四畝平組紐と思われた。

無地のため要素数の断定は避けるが、ループ操作技法の特徴を示していると思われる。その根拠は、中心２畝の越数の差（ループ操作技法を示唆する不整の存在である）を反映しているとみられる組み目の長さのちがいである。２段階手順ではＢＡまたはＤＣで組成できる。

同様の特徴は大須二子山古墳出土挂甲の組紐にも見られた（写真２）。

6．まとめ

これまでの木下雅子や西岡千鶴、筆者らの調査から、多くの中世の甲冑に用いられた８畝平組はループ操作技法による特徴を示していることがわかっている。そして今回の調査から、出土品である大須二子山古墳挂甲、東大寺挂甲残欠にみられた４畝平組紐にも、おそらくループ操作技法で作られたと思われる特徴が見られた。おなじ出土品でも、この４畝平組紐は伸縮性があり、生産性が高いなどの点で、刀剣の鞘上に見られた装飾性に富む「２方向斜行縄連組織組紐」とは特徴の違う紐である。

古代の挂甲と伝世品である鎧は、様式の異なるものと今日認識されている。しかし鎧のごく初現と言われている例（大山祇神社蔵澤瀉威鎧・甘南備寺蔵黄櫨匂大鎧）には、中世の鎧に一般的な８畝平組ではなく２畝または４畝の紐が用いられており、鎧の様式と威糸の種類に時間的なずれが生じていることに注目しておきたい。

つまり甲冑の様式は変化しても、これを構成する基本的な材料と技術は急激に変化しなかったと考えられる。主に、札の材料としての皮と鉄、綴じと威しの材料としての革紐と組紐であり、これらを作る技術である。

このように考えると、報告書で見る限りだが藤ノ木古墳の挂甲の襟甲に認められる「綾巻」（報告書では組紐と認識されている）は、鎧に見られる「伏組」という装飾と基本的に同じ手法のものではないかと推測された。組紐の可能性を否定するものではないが、錆着している場所から考えるとこれは刺繍による縁飾りと考えられ、「伏組」の祖形と理解できる例である。

また従来中世の甲冑では、札の大きさ、孔の大きさ、威し糸の太さ（紐幅）に相関関係があるといわれているが、これまでの調査では挂甲を見る限り、これは必ずしもあてはまらないと思われた。

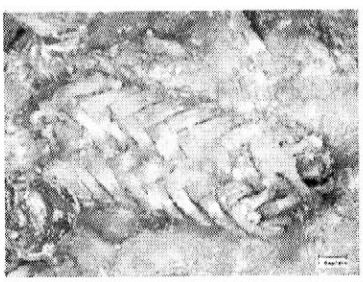


写真１　挂甲残欠の組紐（東大寺）

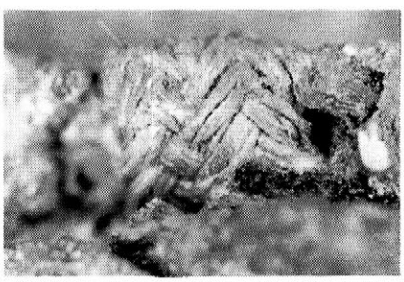


写真２　挂甲の組紐（大須二子山古墳）

謝辞　遺物の調査、発表を快諾して頂いた南山大学人類学博物館、東大寺、奈良国立博物館、橿原考古学研究所付属博物館、奈良国立文化財研究所飛鳥資料館、永明寺、埼玉県立博物館、行田市郷土博物館、東京国立博物館の皆様、繭を提供いただいた西岡千鶴様に感謝いたします。

参考文献　木下雅子『日本組紐古技法の研究』京都書院, 181-185, 315-319 (1994)
末永雅雄『上代の甲冑』木耳社（1981）山岸素夫, 宮崎眞澄『日本甲冑の基礎知識』雄山閣(1997)
小村眞理「復元技法からみた組紐」『創立三十周年記念誌』(財)元興寺文化財研究所, 54-62(1997)
小村他「古墳出土品にみられる組紐・刀剣の場合」第２０回文化財保存修復学会要旨集, 84-85, (1998)
小村他「古墳出土品にみられる組紐の製作技法」第２１回文化財保存修復学会要旨集, 62-63, (1999)
小村眞理・植田・井上・木沢他「中世の甲冑に用いられた８畝平組紐」第２２回文化財保存修復学会要旨集, 110-111, (2000)

出土繊維鑑別のための基礎的研究

―植物繊維の炭化による形態変化―

○伊藤美香（昭和女子大学），小原奈津子（同）

1. はじめに

布、紐、糸などの繊維製品は金属などに比べ、極めて速やかに劣化分解する材料であるが、保存環境によっては鉄器などの付着物や副葬品として発掘される場合がある。出土した繊維製品はその時代の文化や技術を反映するものとして、重要な情報を提供する。繊維を鑑別する際、その標準試料となる繊維と直接形態を比較するのが最も容易で有効な方法である。しかしながら、出土繊維は劣化あるいは炭化により形態変化した状態であることが多く、このような形態変化した繊維の鑑別の確度は低くなりがちである。しかし、予め繊維種毎の劣化あるいは炭化による形態変化の知見が得られていれば、鑑別の確度は上がる。

そこで本研究では、炭化した繊維製品の形態による鑑別のための基礎的研究として、亜麻を初めとする複数種の植物繊維を示差走査熱量計を用いて昇温速度を変えて炭化させ、走査型電子顕微鏡で形態観察および断面積を測定し、それらの形態変化を比較検討した。

2. 実験方法

試料　　亜麻、苧麻、黄麻、サイザル麻、マニラ麻

炭化条件　　示差走査熱量計（DSC3100：マックサイエンス社製およびEXSTAR DSC6200：セイコーインスツールメンツ製）を用いて、昇温速度毎分1℃、5℃、15℃の各速度で450℃まで窒素雰囲気下（ガス流量:50ml/min）で加熱し、試料を炭化させた。

形態観察　　炭化前の試料については金蒸着を施し、炭化試料については無蒸着で、走査型電子顕微鏡（JSM-5310LV：日本電子製）を用い、加速電圧5kVで繊維表面と断面の形態観察を行った。

断面積の測定　　走査型電子顕微鏡で観察した単繊維断面像の写真を拡大して繊維断面の重量を秤量し、同質紙の単位面積の重量で換算し断面積を求めた。繊維断面積の平均値、分散およびその他の基本統計量は各試料とも標本数単繊維断面像100個をとり、求めた。

3. 結果および考察

未処理および昇温速度を変えて炭化した亜麻の断面積のヒストグラムを図１に示した。炭化後の亜麻繊維断面積は平均値で未処理繊維の約 50%から 40%に収縮した。その収縮率は昇温速度が速いほど大きくなった。また、単繊維の断面積のばらつきは炭化に伴い小さくなり、炭化前の単繊維断面積値は１２μ m^{2}から３４７μm^{2}の広い範囲に分散していたが、炭化後、その値は８μm^{2}から１７２μm^{2}以下に収縮した。

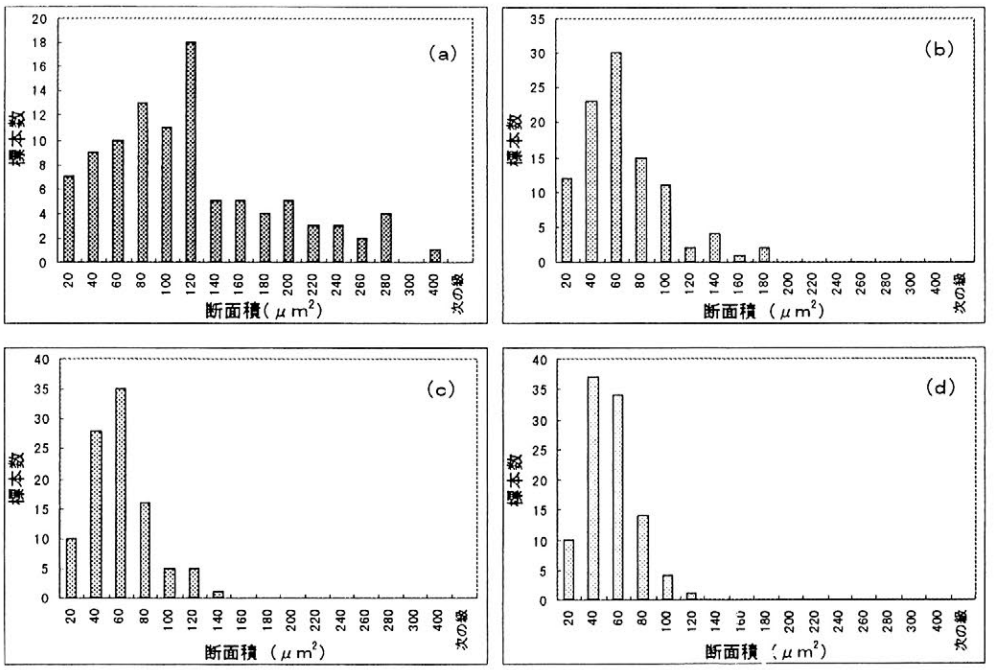


図１　亜麻繊維の炭化による断面積の変化　ヒストグラム

（a）未処理　　（b）昇温速度１℃／分

（c）昇温速度５℃／分　　（d）昇温速度１５℃／分

亜麻を含め、実験に用いた全ての植物繊維において、炭化後の繊維断面積の平均値は炭化前の繊維に比べ、半分以下に収縮し、炭化速度が速いほど断面積値は大きく減少する傾向がみられた。また、これらの植物繊維の断面積値は炭化前の状態ではかなり広い範囲に分散がみられるが、炭化後一様に減少し、収束することが明らかとなった。この炭化による繊維の収縮は炭化前の繊維断面積に比例した割合で収縮するのではなく、一定範囲の断面積値に集中し、分散が収束することが分かった。この炭化後の断面積値の収束範囲が、それぞれの植物繊維に固有のものであれば、遺跡から出土する炭化した繊維の形態観察による鑑別のためのデータとして役立つものと考えられる。

復元織物を用いたアル・タール遺跡出土織物の被服特性調査

○中嶋鉄利（㈲中嶋プランニング），佐渡恵美子（京都工芸繊維大学･院）
野中誉子（京都工芸繊維大学･院），前川善一郎（京都工芸繊維大学）

1. はじめに

現存する染織文化財やそれに準ずる膨大な古代染織品は，その多くが劣化，あるいは損傷しており，また貴重な資料であることから，これらを被験体とした接触試験や破壊試験を行うことができない．そのため，染織品群を分管理・分類する際には，その色彩や文様といった意匠や，固有の名称，製作者，出土地域といった履歴情報に頼っているのが現状である．しかしながら，染織品が本来装飾品としてだけでなく，包装や衣服といった使用目的を持っていたことを考えると，従来の評価方法だけでは十分とは言い難い．

発表者の一人である中嶋は，イラクのアル・タール遺跡から出土した染織品の復元について報告している[1]．その報告では，コンピュータ支援システムを用いた復元について考察しており，実際に精緻な復元織物を製織している．

そこで本研究では，古代染織品の特性を知る新たなアプローチとして，先述の復元織物について，その物理特性を調査する手法を提案する．さらに，この研究をその染織品の用いられた時代背景を知る上での貴重な手がかりとすべく，特に衣服材料としての用途に限定した場合重要となる特性について調査し，対象染織品の性能を評価することを目指す．

2. 資料と測定方法

評価対象資料は，アル・タール遺跡出土の毛織物で，製作時期は紀元前2，3世紀頃と見られる[2]．織物組織は，強撚糸の経糸と普通撚りの緯糸により組織される2本引き揃えの平織りであった．計測対象資料は，中嶋らにより復元された織物[3]を用いた．復元織物の構造をTable 1に示す．ここで，衣服に求められる品質と，それに起因して衣服材料に求められる性能とについて考える．衣服が主に「装う」と「被う」の2点を目的としていることから，求められる品質として，

Table 1　復元織物の構造

	糸番手	撚り数	織密度（本/cm）
Warp	1/19	924 s	13-18
Weft	1/44	510 s	12-14

（1）アピール性，（2）着用時の快適性，（3）着やすさ，（4）品質の耐久性が挙げられる．本報告では，この中でも特に着用時の快適性，すなわち着心地に注目した．着心地は，衣服内気候と衣服圧，肌触りの3つの要素により評価される[4]．衣服内気候とは着用時に生じる衣服と皮膚の間の微小空間における温度，湿度，気流のことであり，衣服圧とは，衣服により皮膚が受ける圧迫力のことを指す．ここで衣服圧は，衣服材料自身のストレッチ性はもとより，成形寸法によるゆとりにも大きく依存することから，今回は計測しなかった．また肌触りとは，衣服と皮膚とが接触する際に与える刺激全般を指すが，これはさらに，「風合い」と呼ばれる接触感と，接触した際に感じられる「接触温冷感」とに大別される．接触感の計測には，基本的力学特性を測定することで織物の風合いを評価するKES-Fシステム[5]を適応した．

3. 結果と考察

衣服内気候の因子として，水分吸収率，保温性を測定し，さらに通気量，通気抵抗，から通気性を算出した．また接触温冷感の因子として，熱伝導率を測定し，温冷感を算出した．Table 2 に，復元織物の衣服内気候因子の計測結果および接触温冷感因子の計測結果を示す．また Table 3 に，KES-F システムにより測定した復元織物の力学特性を示す．

Table 2　衣服内気候と接触温冷感

測定項目	単位	測定値
通気抵抗	kPa・s/m	0.01522
通気量	cc/s・cm2	8.183
通気度	m/Pa・s	65.703
温冷感	W/cm2	0.0640
熱伝導率	W/cm・℃	0.000320
保温性	%	22.22
水分吸収率	%	6.1

Table 3　力学的特性

測定項目	単位	Warp	Weft
引張	—	0.58	0.48
	gf・cm/cm^2	11.77	16.83
	%	53.6	52.9
曲げ	gf・cm^2/cm	0.042	0.033
	gf・cm^2/cm	0.023	0.018
せん断	gf・cm/deg	0.31	0.21
	gf/cm	0.36	0.47
	gf・cm	0.47	0.57
表面	—	0.417	0.231
	—	0.0349	0.033
	—	16.865	6.893
圧縮	—	0.47	
	gf・cm/cm^2	0.72	
	%	65.1	
厚み	mm	1.29	
重量	mg/cm^2	13.55	

Table 2 より，復元織物は触った際にひんやり感じることも無く，保温性にも優れていることがわかる．また Table 3 より，非常に軽く，しわになりにくいことがうかがえる．以上の結果から，本報告で行った物性調査により，復元された織物の持つ衣服材料としての特性が評価できることが示せた．

しかし，評価対象であるアル・タール遺跡出土織物の特性および用途を類推するにあたり，復元織物の被服特性に関する調査結果だけでは十分とは言い難く，他の織物や他の用途における特性と比較し考察することが必要だと思われる．

そこで，今後の課題として，現在流通している染織品の中から素材，および組織の類似するものを選出し，その織物の性能を調査，比較することで，この織物の物性や機能をより一層顕著にすることを検討している．

参考文献

1) 中嶋鉄利ほか：コンピュータ支援によるアル・タール遺跡出土染織品の復元，文化財保存修復科学会（1999）
2) 中嶋鉄利：アル・タール遺跡出土織物の復元，ラーフィダーンⅤ～Ⅵ（1986）
3) 中嶋鉄利：アル・タール遺跡出土織物の復元，ラーフィダーンⅤ～Ⅵ（1986）
4) 原田隆司：着ごこちと科学，裳華房（1996）
5) 川端季雄：繊維機械学会誌.26（1973）

P 26

直接打撃法の際の剥離具と亀裂速度との関係に関する実験的研究

—フラクチャー・ウィングの分析から—

○高倉　純[1]・出穂雅実[2]
1）北海道大学　2）札幌市埋蔵文化財センター

石器製作技術研究においては、剥離相互の手順（工程）の把握と同様に、対象とする石を何によって、どのように割ったのかを把握する剥離方法の研究が重要な意義をもつ。これまで考古学資料を対象に剥離方法に関して体系的な研究が実施されてこなかったのは、その同定基準が充分には解明されてこなかったことによるものと考えられる。そこで筆者らは、昨年の日本文化財科学会においてフラクチャー・ウィングの分析を通じた剥離方法の同定研究について報告をおこなった（高倉・出穂・林 2000）。そこでは、①フラクチャー・ウィングの分析にもとづいた剥離方法の同定研究の枠組みを定式化し、②フラクチャー・ウィングに関する具体的な分析手法を提示し、③実験的な検討から、Ⅰグループ：直接打撃法（金属・石）、Ⅱグループ：直接打撃法（骨角・木）と間接打撃法（石・骨角）、Ⅲグループ：押圧剥離法（骨角）という3つのグループを判別することが可能であること、を報告した。

今回は、剥離法のなかでもとくに直接打撃法にしぼり、各種の剥離具で剥離実験を実施し、それにより得られた実験試料でフラクチャー・ウィングを観察・計測した結果を報告することとする。今回、実験を実施した剥離具は、石として①閃緑岩、②安山岩、③砂岩、④チャート、金属として①鉄、骨角としてエゾシカの角の①乾燥状態のもの、②10日間水漬けしたもの、③80日間水漬けしたもの、木として①ソヨゴ、②シラカシ、③クヌギ、④シイ、を取り扱った（第1表）。このように各種の剥離具を実験対象として取り上げることによって、前回発表した直接打撃の亀裂速度に関する傾向性の数的裏付けを得ること、さらに剥離具（の変異）と亀裂速度との関係について具体的な見通しを得ること、を目的としている。

実験手法や観察・計測手法、あるいは亀裂速度の求め方は、前回の発表（高倉・出穂・林 2000）で提示したものに準ずる。試料は、北海道置戸町所山で採集した黒曜石の岩屑から剥離された剥片とした。各剥離具ごとの試料数は30～40とし、1個体で複数カ所のフラクチャー・ウィングを計測したものが含まれているため、それぞれの剥離具での計測数は50～60となっている。対象を金属顕微鏡（100～250倍の倍率）で観察したのち写真撮影をおこない、それをもとにフラクチャー・ウィングの角度計測をおこなった。

フラクチャー・ウィングから求められるそれぞれの剥離具の亀裂速度は、石・金属

に属するグループと、骨角・木に属するグループとでは明瞭に異なりが認められた。それぞれの剥離具ごとの計測値をノンパラメトリック検定法であるマン・ホイットニー検定法によって検定したが、石・金属に属するグループと骨角・木に属するグループとのあいだには統計学的に有意差があることが確かめられた（有意水準1％で検定）。石・金属に属するグループと骨角・木に属するグループとのあいだで亀裂速度に有意な差が認められたことは、剥離具の硬さという属性と亀裂速度とのあいだに相関関係があるという見通しを具体的にもつことができる。

高倉　純・出穂雅実・林　謙作 2000「フラクチャー・ウィングを利用した剥離方法の同定研究」『日本文化財科学会第17回大会研究発表要旨集』pp.112-113.

表1　実験を実施した剥離具の一覧

材質	種類	剥離後の重量(g)
石	閃緑岩	94
石	安山岩	194
石	砂岩	104
石	チャート	190
金属	鉄	302
骨角	エゾシカ角乾燥状態	582
骨角	エゾシカ角水漬け10日	557
骨角	エゾシカ角水漬け80日	538
木	ソエゴ	439
木	シラカシ	183
木	クヌギ	308
木	シイ	106

須恵質土器胎土中の砂粒分の化学的評価

○小村美代子、藤根　久(パレオ・ラボ)

1. はじめに

一般的に、土器作りは良質の粘土(粘土層)が分布する地域において行われる。これは、古墳時代以降の須恵器などの生産地の設窯条件から容易に理解される。

伊勢湾周辺地域は、瀬戸窯、猿投窯、美濃窯、美濃須衛窯、湖西窯など須恵器や山茶碗あるいは灰釉陶器といった高温焼成された焼物の生産地として知られている。こうした地域には、新第三紀中新統の瀬戸陶土層や土岐口陶土層、新第三紀鮮新統の東海層群矢田川累層、第四紀更新統段丘堆積物など良質の粘土層が広く分布する(藤根、1998)。個々の生産地では、これら時代やその成因が異なる粘土層を利用して焼物生産が行われている。こうした粘土層の違いから、各焼物の化学的特徴が明確に位置付けられるものと期待される。

各地域の焼物を見ると、砂粒物の混入割合において違いが見られ、考古学的な胎土の重要な記載事項ともなっている。こうした焼物の化学分析を行った場合、その主成分元素や微量元素にバラツキが見られるが、砂粒分によるバラツキであることが予想される。

ここでは、砂粒物の混合割合を化学的に評価するために、粘土と砂粒の混合実験を行った。

2. 試料と方法

実験に用いた粘土と砂粒は、瀬戸市川合地区、名古屋市大高南地区、知多市西渕馬地区の山茶碗窯跡に隣接する粘土層および砂礫層にて採取した。粘土と砂粒は、予め乳鉢により粉末化し、電気炉を用いて 750℃、6 時間の焼成を行った(瀬戸市川合地区の粘土層は、水簸により粘土分を回収した)。粘土と砂粒は、重量比 1 刻みの割合で 11 段階の混合物を作り、油圧プレス 500k gf/cm^2 により粉末ブリケットを作成した。蛍光X線分析は、㈱リガク製波長分散型蛍光X線分析計 system3080Eを使用した。定量分析は、標準試料により作成した検量線により定量計算した。測定元素は、主成分元素(Na_2O、MgO、Al_2O_3、SiO_2、P_2O_5、K_2O、CaO、TiO_2、MnO、Fe_2O_3)、微量成分元素(Rb、Sr、Zr、Y)の合計 14 成分である。

なお、隣接する窯跡から出土した山茶碗も同様の条件により分析した。

3. 結果

隣接する窯跡から出土した山茶碗は、川合 K 窯跡が同一窯から出土した試料(焚き口、燃焼室、灰原)、大高南窯跡が 4 基の窯跡から出土した試料(藤根、1998)、西渕馬窯跡が複数窯跡の灰原付近からの表採試料である。

川合 K 窯跡灰原から出土した未焼成の山茶碗胎土薄片の顕微鏡観察では、骨針化石が多量に含まれ、沼沢湿地生の珪藻化石も多く含まれていた。なお、実験に使用した粘土層中には、骨針化石や珪藻化石が含まれていなかったことから、実際に利用した粘土ではない可能性が高い。

重量比 1 刻み 11 段階の混合物の蛍光X線分析では、いずれの場合もSiO_2に対する各成分の分布図において予想された相関の高い回帰直線に近似された。

一方、隣接する窯跡から出土した山茶碗では、川合 K 窯跡試料ではSiO_2に対するAl_2O_3、CaO、TiO_2、Fe_2O_3、Sr において相関の高い回帰直線に近似された。他の窯跡の山茶碗では、SiO_2に対するAl_2O_3、Fe_2O_3などおいて相関の高い回帰直線に近似されるものの、他の成分は分散する傾向

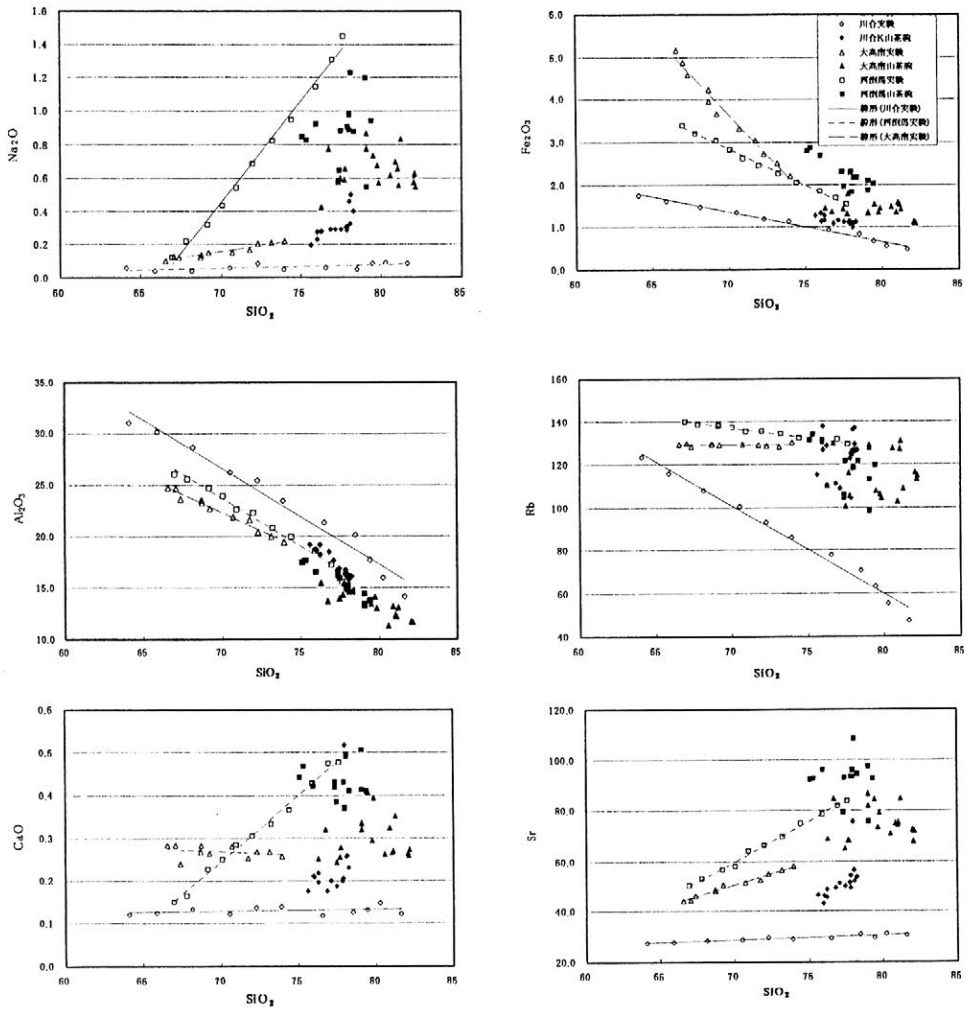
があり、その度合は大きい。

このことは同一窯跡から出土する焼物が、一連の作業において同一の粘土あるいは砂粒の混合物から作られたのであれば混合比の違いが直線上の位置の違いとして表される。一方異なった窯跡から出土した焼物あるいは一連の作業で製作された焼物でないものを対象とした場合には明らかに直線性が成り立たないことを示す。すなわち、大高南窯跡や西渕馬窯跡のように複数の窯跡から出土した試料では、全体として分散する傾向が見られ、その度合は大きい。

なお、川合 K 窯跡山茶碗は、ここで示した混合実験の SiO_2—Al_2O_3分布図から、砂粒の混合率が極めて高く、回帰直線の約 2 割程度の範囲内で混合されたことが推定される。

今回の発表に際し、瀬戸市教育委員会より山茶碗の提供を受けました。ここに感謝の意を表します。

第1図. SiO_2含有量に対する各成分の分布図(主成分元素:%単位、微量元素:ppm 単位)



黄瀬戸の焼成実験　―愛知県陶磁資料館復元古窯焼成の記録から―

○田村　哲（愛知県陶磁資料館）、山口重信（同）

1．概要

愛知県陶磁資料館周辺は「猿投古窯群」として、8世紀頃から灰釉陶器が焼かれていた。以来、瀬戸周辺の地域では、良質な蛙目（がいろめ）粘土や鬼板（おにいた：鉄分が多い粘土）、砂婆（さば：風化花崗岩）や千倉石（ちくらいし：さらに風化し、微粒子になった花崗岩）といった原料に恵まれ、多彩な施釉陶磁が作られるようになった。さらに、中世から桃山時代にかけて、茶碗や茶入、水指と言った茶陶が生産され、一通りの成熟を果たしている。

桃山時代には、隣接する美濃地域へ陶工たちが移動する「瀬戸山離散」があるものの、中世、室町時代の大窯で焼かれた作品群と、江戸時代から焼かれた連房式登窯の陶芸は、瀬戸の制作技術を代表するものである。なお、資料館内に両形態の窯が復元されており、毎秋、片方ずつを実験焼成し、その記録を残している。

2．実験内容

本研究は、大窯が焼成された当時の「黄瀬戸（きせと：鉄を2～3％含んだ長石および灰釉。酸化焔焼成で黄色く発色）」の再現を試みた焼成実験である。本実験は、釉薬及び素地を地元の原料で調整し、薪を燃料とした焼成である＜図1＞。窯内の焼成温度を把握するために熱伝対を挿入、黄瀬戸試料と同一場所に設置した温度計測剤（ノリタケ製SPチップ及びゼーゲル推）の形状計測により被熱温度を把握した。最大幅346cm、天井高最大200cm、全長789cmの窯内で、300℃強の温度差が生じており、黄瀬戸が再現出来る範囲は限られていた。さらに、この周辺で、様々な焼成結果がみられた。

3．実験結果

温度計測剤から窯内横断面を調査すると、焚口の周辺が1320℃以上を示し、15～16列目中央部で1250℃を示していた。焚口より3mほど離れた11列目あたりから1200℃を下回る結果となり、釉が熔けていない状況であった。黄瀬戸試料がほど良く焼き上がるには、緩やかな温度上昇と、1250℃（釉の熔点）付近での「ねらし（一定温度を維持すること）」が十分に必要であった。最前列となる21列目では、器表面に施した釉は液状に流れ落ちていた。

今後、焼成実験の回数を増やすことや、焼成後試料の分析結果等を踏まえるなど、多くの課題を残しているが、当時の焼成条件を忠実に踏まえた焼成実験の例は少なく、極めて有益な試験結果を残したといえる。

調整試料＜概略＞

1．原料

＜胎土＞・品野陶土周辺の山の原土（白土：薄赤土（※1）＝700Kg：300Kg）　＜原土：珪砂＝1000Kg：200Kg＞

＜釉＞　・下石陶磁器協同組合製　木灰（楢灰：檜灰：栗灰＝3：1：1）を混合した。

・大平長石2級　60メッシュ

＜混合灰：長石＝35Kg：35Kg＞　＋鬼板2％（※2）を添加（1.4Kg）

＜胆礬：たんばん＞　・黄瀬戸釉の下層に施した銅質緑色の斑点。今回は炭酸銅を使用。

・鬼板を水で溶いた褐色斑も胆礬と併用した。

2．総焼成時間：＜116時間15分＞

3．焼成燃料、＜総使用薪量＞　赤松の割木　＜1298束＞　（ただし、初期26時間40分は、製材端材（※3））

4．焼成条件（窯内焼成雰囲気の維持、調整）

窯内の焼成雰囲気は、薪投入量、投入間隔、煙出し先端部と焚口下部のダンパー2カ所の開閉を行い、調節した。

5．記録計測　窯内6カ所に白金ロジウム熱伝対を挿入、6チャンネル記録計を用いて記録した。また。連続的な窯内の焼成雰囲気を把握するため、熱伝対⑤に温度計測器を併設した。

窯内の資料焼成状況および焼成結果を把握するために、黄瀬戸釉を施したテストピースと、3種類のゼーゲル推（SK6a, SK7, SK8）、およびノリタケチップ：SP-3, SP-4, SP-5を併用した。

＜註＞　※1　薄赤土：鉄分を少量含んだ白土。白土

※2　鬼板：鉄と粘土成分の混ざった鉱物。　今回は、鉄分がやや少なく、水打に近いものを使用。

※3　端材：米松、檜、杉、米栂、桐などの自然木。

4．考察

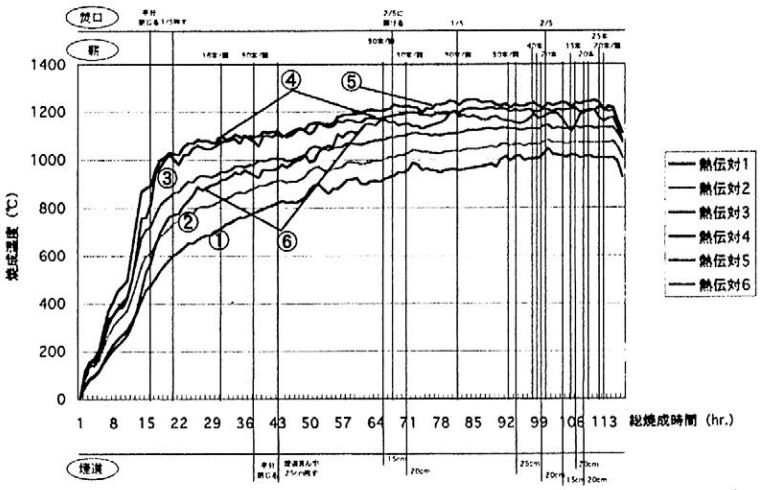
地元、瀬戸周辺において、大窯を用いた時代（16世紀頃：大窯期）の焼成条件を忠実に再現することで、当時の焼成に関わる諸条件を把握することが出来た。しかし、今回の窯は天井が高く、勾配が25°前後と緩く、窯内上下の温度差が生じやすい。均質な窯内温度を維持することは不可能であり、黄瀬戸が再現できたと判断できる試料が所在する範囲も限られていた。

今実験に供した温度測定剤によって、焚口部と煙道部との間で300℃以上の差が出ており、黄瀬戸試料には、その相違点が明確に現れた。なお、採取した試料それぞれの顕微鏡観察や比熱温度の推測、X線回折分析法による結晶同定、鉱物観察等といった科学的測定を検討しており、これらの結果および考察については、改めて報告したい。

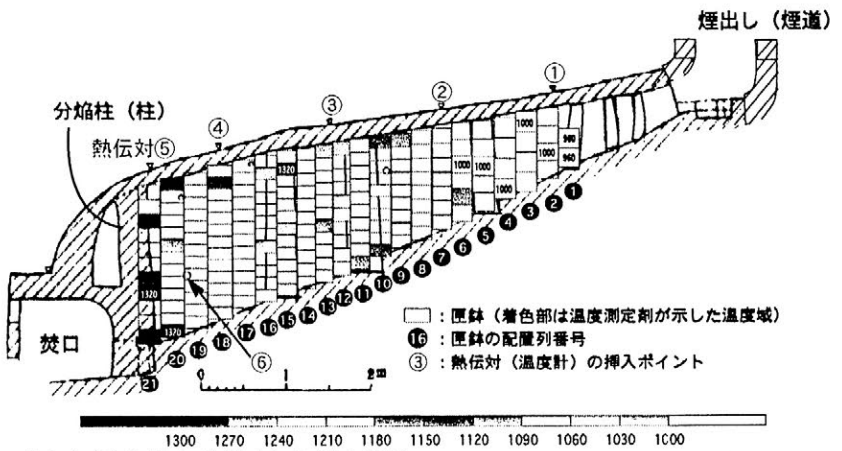
5．まとめ

今回の報告は、陶磁器を分析する上での材料・技法を把握する一手段の結果を報告したわけであるが、自身の前研究「油滴天目の斑点形成に関する科学的研究」で行った電気炉での再現実験とは異なり、薪焼成独自の様々な情報を得ることとなった。今秋には、もう一方の連房式登窯による「織部の再現実験」、再来年度には、大窯で再び焼成実験を予定しており、薪による焼成実験の再現性を試み、報告したいと考えている。

今回の再現実験を行い、これをまとめるにあたり、ご指導・ご教授くださいました加藤清之氏をはじめ、各スタッフの皆様、愛知県陶磁資料館・友の会の皆様等には大変なご尽力を頂きました。厚く御礼を申し上げます。



＜図１＞焼成条件と窯内各熱伝対が示した温度



＜図2＞温度測定剤が示した温度領域（注：上昇温度と時間による若干の誤差はあり）

Technical Examination of Colombian Gold Objects

○降幡　順子(The Getty Conservation Institute)
David A. Scott(The Getty Conservation Institute)
Warwick Bray(University of London, Dept. of Prehistory)

1: はじめに

プレ・コロンビア金製品の分析は、完成品の分析・研究が広く行われている。本研究は、工房跡と考えられる Rio Miel 遺跡から出土した金製品の破片、くず、原材料の金塊などを対象に分析を行った、プレ・コロンビア金製品の分析では稀な分析結果を報告する。この地域は、Quimbaya・Muisca 両文化圏の中間に位置し、商業や人口移動など、南・中央・北の文化圏の影響を考える上でとても重要な Tolima 地帯に属している。対象にした分析資料は 60 点で、その内訳は、bead:4 点, flake:1 点, fused lump:6 点, ingot:8 点, nugget:4 点, ornament:3 点, wire:18 点, sheet:12 点, scrap:1 点, waste:3 点である。

2: 組成分析

蛍光 X 線分析は、Kevex Omicron 装置を用い、条件は管電圧 50kV、管電流 1.0mA、200 秒、0.1mmφ、Mo ターゲットとし、標準試料を用いて定量分析を行った。金-銀-銅の 3 元系組成図を図 1 に示す。6 文化圏(Tumaco, Calima, Quimbaya, Nariño, Tairona, Muisca)の組成図と比較したが、Quimbaya・Muisca 文化圏との類似性が高く、両文化圏の特徴を併せ持つような結果となった。コロンビアでは、nugget は銅を始めから含んでいるものは稀で、銀を 2-26%程度含んでいるといわれている。本研究の nugget 資料はすべてこの領域に含まれていた。また nugget 資料（原材料）に大きな差がなく、他の資料においては組成に大きな差があることから、それぞれの目的によって意識的に銅を加えて組成や組織を変えていたと考えられる。表 1 には、f' 因子[(1)]とカラットを用いて分類を行った結果を示す。これは、組成、色調、金属物性の関係を表している。全資料では全体に分布しているが、特に「14-18 カラットかつ type3」と「18 カラット以上かつ type1」に集中しているといえる。資料別に見ると ingot、bead 資料の多くと wire 資料の一部が「14-18 カラットかつ type3」、sheet、nugget 資料の多くと wire 資料の一部が「18 カラット以上かつ type1」に集中していることなどがわかった。wire 資料の差異は、「14-18 カラットかつ type3」資料の多くに depletion gilding を観察することができたので、成形後表面処理によって高カラットの色調を作り出しているグループと、表面処理の必要が無い色調のグループとに分類されていたと考えられる。f' 因子が異なることから、硬さなども考慮されていたと考えられる。また、wire 資料は金製品の完成以前の段階で depletion gilding が施されていることが確認できた。

図 1 :　3 元系組成図

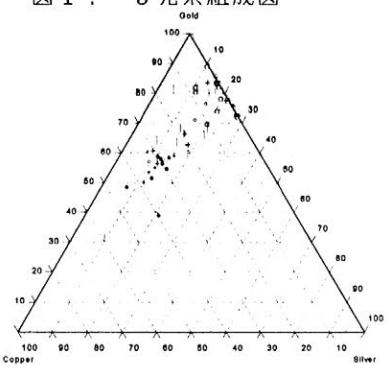


表 1 :（上）全試料の分類　（下）wire/nugget の分類

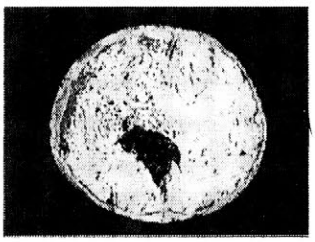
f'	10-14 carat	14-18 carat	18 carat 以上	Total
Type1	0	5	17	22
Type2	2	6	3	11
Type3	(1)	22	4	27
Total	3	33	24	60

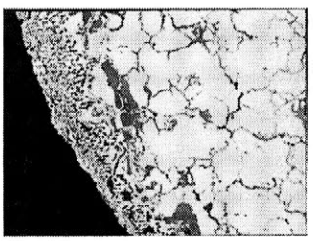
( ):10carat 以下

f'	10-14 carat	14-18 carat	18cara 以上	Total
Type1	0/0	1/0	6/4	7/4
Type2	0/0	2/0	1/0	3/0
Type3	(1)/0	6/0	1/0	8/0
Total	(1)/0	9/0	8/4	18/4

3:金属組織観察

35点の資料は、Buehlerエポキシ樹脂に埋め、表面をダイアモンドペーストにて研磨した後に、KCN/$(NH_4)_2S_2O_8$にて10-25秒間腐食させた。図2は腐食前のwire資料の断面を示す。このサンプルの組成は、65.5Au-21.4Ag-13.1Cu(wt%)で、表1の分類では「14-18カラットかつtype3」に属している。表面にはdepletion gildingが観察でき(図2中央)また中央の穴(図2左)と表面に端部分を綴じた痕(図2右)が残っていたことからstrip-twisting技術により作られた可能性が高いことがわかった。当時のwire製作法として、観察されている方法には、hammering, strip-twisting, block-twisting, cast 等があるが、端を綴じた痕からstrip-twisting又はblock-twistingの可能性が高く、またstrip-twistingの方が中央に穴ができやすい方法であるといわれている。図3は別のwire資料で、組成は31.0Au-9.9Ag-59.1Cu(wt%)と、全資料中最も銅を多く含んでいる資料である。「10カラット以下かつtype3」に分類でき、熱処理が重要となる硬く加工しにくい性質をもつ領域に含まれる。直線的な双晶が観察でき、これは成形の最終過程になされた焼鈍によって生じたと考えられる。また、不連続な結晶粒界が観察され、長い年月の間に合金組成または不純物が分離し結晶粒界に移動してこのような粒界を形成したと考えられる。図4は、組成が60.2Au-7.8Ag-32.1Cu(wt%)のbead資料で、樹枝状晶が観察できた。当時の基本的な鋳造法の一つとしてlost-wax法があげられるため、この方法で鋳造されたと考えられる。鋳造後の加工などはされていないことがわかる。





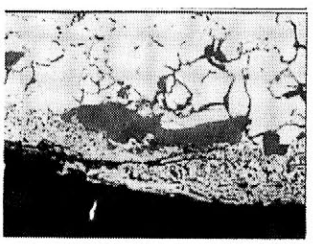


図2:(左)wire資料断面　×12.5　(中央)表面のdepletion gilding部　×100　(右)端部分　×100

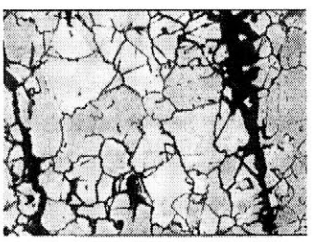


図3:双晶と不連続結晶粒界　×100

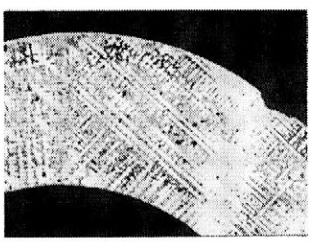


図4:樹枝状晶　×25

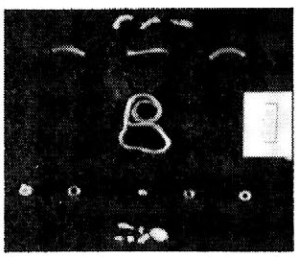


図5: wire資料とbead資料の一例

4:まとめ

本研究では、工房跡と考えられる遺跡から出土した金破片60点を、f'因子とカラットを用いて分類した。資料ごとの分布に特徴があることがわかり、資料に応じた硬さや色調をもつ金製品を製作していたと考えられる。また組織観察をすることによって、資料製作に用いられた技術を類推することができた。

(1) f' = Ag wt% / (Ag wt% + Cu wt%)×100　(%)

Type1:f'=0～10%, 90～100%　Type2:f'=10～25%, 75～90%　Type3:f'=25～75%

共焦点レーザー顕微鏡を用いた青銅鏡表面の研磨痕観察

村上　隆（奈良文化財研究所）・三村　充（　〃　）

1.はじめに

古代に製作された青銅器の表面は、一般には腐食や汚れのためオリジナルな表面状態を観察できる事例は極めて稀である。しかし、青銅器のオリジナルな表面の精査は、例えば製作当初のオリジナルな色に対する知見を得るなど、古代青銅器の真の姿を考える上で重要となる。また、オリジナルな表面には製作当初の研磨仕上げの痕跡も遺存しており、この痕跡を精査することは、当時の表面加工技術の水準についての情報を提供してくれることになる。筆者らは、従来の光学顕微鏡を用いた研磨痕観察に加え、共焦点レーザー顕微鏡を用いて青銅器表面の研磨痕の3次元的な観察と定量的評価を試みてきた。本報では、これまでにおこなった綾杉紋状の研ぎ分け銅剣の研磨痕との比較検討なども合わせて、共焦点レーザー顕微鏡を用いて青銅鏡表面に残された研磨痕の考察をおこなった。

2.共焦点レーザー顕微鏡について

共焦点レーザー顕微鏡は、光源にレーザー光を用いた共焦点光学系による3次元顕微走査測定によって、非破壊で表面の微妙な凹凸を定量的に計測できる装置である。主な用途は、半導体ウエハーなどの工業製品の品質検査であるが、最近文化財に対する応用が試みられるようになってきた。原理図を図1に示す。レーザー光は収束性・単色性が高いため、レンズの色収差などの影響を受けにくく、高さ方向でも精度の高い測定が可能となる。使用したシステムは、共焦点レーザー顕微鏡オリンパス製 OLS1000。得られた観察像を直接デジタル化し、高度なデータ処理が可能である。高さ方向（Z軸）の最大分解能0.1μm。平面（XY面）での解像度Rは、観察像における実距離(μm)／ピクセル数となる。焦点位置の変化によって高さ方向のプロファイルが得られるとともに、焦点位置の走査情報から相対的な高さ計測が可能となる。

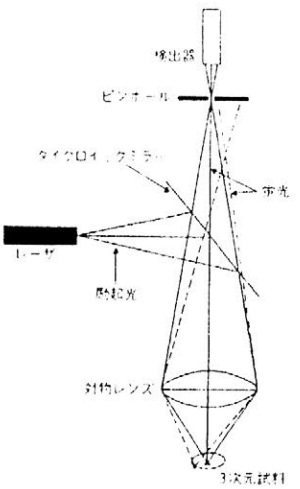


図1.共焦点レーザー顕微鏡原理図

3.青銅器表面の研磨痕研究の経緯

青銅鏡表面の最終仕上げとして研磨は重要な位置を占める。滋賀県八日市市雪野山古墳から出土した5面の青銅鏡に対して、従来の光学顕微鏡を用いて研磨痕に焦点を絞った研究をおこなった[1]（図2）が、研磨痕の定量的な評価にまでは至らなかった。その後、共焦点レーザー顕微鏡を用いて、青銅破鏡の平滑表面の観察[2]や、和鏡表面に刻まれた鏡像の鏨痕の評価[3]など、を試みた。さらに、綾杉紋

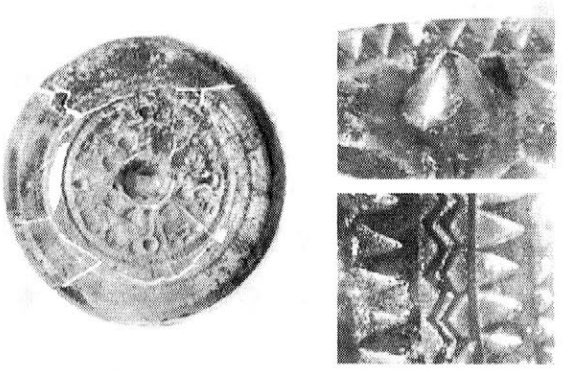


図2.雪野山古墳出土「三角縁唐草文帯四神四獣鏡」〔左〕
乳部分の研磨痕〔右上〕,鋸歯文部分の研磨痕〔右下〕

様に研ぎ分けた銅剣の研磨痕の観察では、研磨痕の幅や深さを定量的に評価し、当時の研ぎ分けの研磨技術を解明した[4]。これらの研究で得たデータも参考にして、本報では青銅鏡表面に残された製作当初の研磨痕を定量的に評価することを試みた。

4.青銅鏡表面に残された研磨痕の定量的評価の試み

雪野山古墳出土の青銅鏡５面に対しておこなった光学顕微鏡による研磨痕の観察では、いずれの青銅鏡でも鏡背文様中、乳や鋸歯文の部分に明確な研磨痕を認めた[1]（図 2.）。しかし、研磨痕に鏡種の違いが反映されているのか、など相対比較に必要となる定量的なデータを得るまでには至らなかった。今回、改めて５面とも観察したが、サビや汚れのない部分の選択や、装置へのセッティングの問題などから、すべての鏡で良好なデータを得るのは困難であった。本報では比較的良好なデータが得られた「三角縁唐草文四神四獣鏡」の観察を図 3. にまとめる。上が鏡背の鋸歯文部分、下が鏡面の平滑部分における結果である。観察領域は、ともに約 200 μ m^2。上から光学顕微鏡像（倍率 x 50）、共焦点レーザー顕微鏡による３次元イメージ像、研磨痕の断面ラインプロファイルをそれぞれ示した。鋸歯文部分において光学顕微鏡でも観察できた研磨痕は、大きなもので幅 15～20 μ m、深さ 5 μ m程度と、研ぎ分け銅剣に認められた平均幅 6～7 μ m、平均深さ 15～30 μ m の緻密でシャープな研磨痕とは様相を異にする。一方、鏡面の平滑部分は、研磨後の傷や、断面プロファイルに腐食や汚れの影響で凸になる現象が生じているが、全体では顕著な研磨痕跡を認めることができなかった。例えば、現代の工業製品であるＣＤ表面の鏡面に刻まれた溝はサブミクロンオーダーであるが、古代青銅鏡の鏡面もこれに匹敵する平滑面を工人の手作業による研磨作業によって得ていることを実証できたものと考える。

5.今後の課題

共焦点レーザー顕微鏡による研磨痕の定量的評価によって、古代に製作された青銅器の研磨技術の優秀性と、用途によって使い分けられていることを確認できたが、研磨のための道具や方法など、さらに技術自体が持つ時代差や地域差まで捉えられるかは今後の課題である。装置自体の測定方法も合わせて検討していく必要があろう。

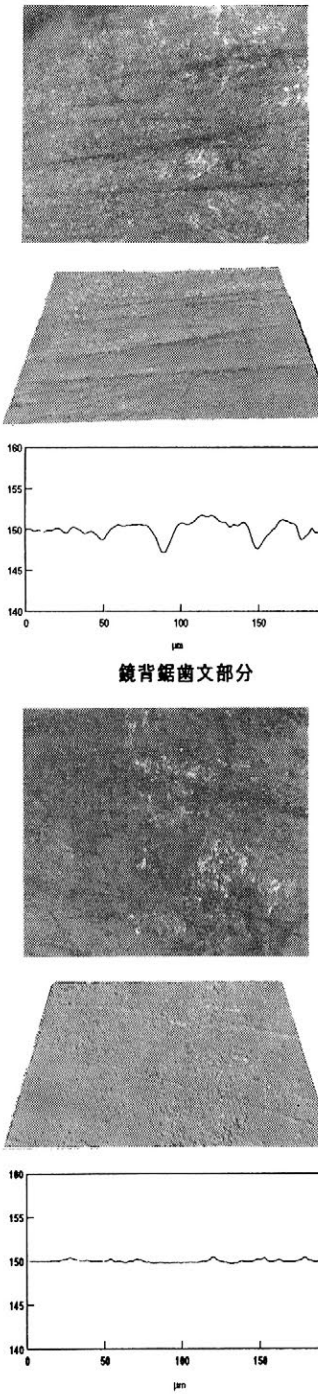


図 3. 雪野山古墳出土「三角縁唐草文帯四神四獣鏡」の表面計測

1)村上隆他「雪野山古墳出土の青銅鏡に対する科学的調査研究」『雪野山古墳の研究 考察編』雪野山古墳発掘調査団(1996)
2)村上隆「大場石棺群出土の破鏡の材質」『大場石棺群』熊本県教育委員会(1996)
3)村上隆「群馬県下芝五反田遺跡出土の和鏡,銅印,和同開珎に対する科学的調査」『下芝五反田遺跡』群馬県埋蔵文化財調査事業団(1999)
4)村上隆他「レーザー顕微鏡を用いた古代金属鏡研磨技術の検討—福岡市上月隈遺跡出土銅剣の事例—」文化財保存修復学会第 22 回大会講演要旨集(2000)

兵庫県中町東山古墳群から出土した耳環の分類と分析

○村上 隆[1)]・花谷 浩[1)]・菱田哲郎[2)]
1):奈良文化財研究所　2):京都府立大学

1. はじめに

兵庫県多可郡中町に位置する東山古墳群は 16 基により構成される古墳時代後期の群集墳である。京都府立大学を主体とする調査団によって発掘調査された7基の古墳から、これまでに計33点の耳環が出土した。これら一連の耳環は、まとまった古墳群における埋納時期による編年観とともに、形態や材質、さらには製作技法の特徴からも系統的な分類が可能である点が注目される。本報では、調査対象をこの東山古墳出土の耳環に絞って、出土状況や形態的特徴などの考古学的考察とともに、科学的分析によって抽出した材質と製作技法の特徴を加味することを試みた。まとまった地域における耳環を総合的に検討していくことは、耳環の研究に新たな視点を提供できるものと考える。

2. 材質分析の方法

耳環を構成する材質の調査は、非破壊的手法による蛍光X線分析法によった。用いた装置は、テクノス製文化財用蛍光X線分析装置 TREX640S。測定条件は、管電圧 45kV、管電流 0.3mA、測定時間 100～200 秒。ターゲットは、モリブデン(Mo)、照射面積は、1mm φ。なお、製作技法などの観察は、光学顕微鏡を用いて行なった。

3. 東山古墳群から出土した耳環の分類

東山古墳群から出土した耳環22点ついて耳環の形態と古墳の時期の相関について考察がなされている[1)](図1)。本報では、新たに出土した11点を含めて、計33点の耳環に対して、考古学的な考察とともに材質や金工技法も加えて考察した。耳環の大きさ、断面形状とその太さ、中実・中空の検討、表面部と芯部の材質、表面の仕上げ技術、開き部の形状と端面仕上げ技法などの諸項目の検討である。今回特に形態的特徴として注目したのは開き部の端面形状と端面の作り方である。東山古墳群から出土した耳環において認められた特徴を図示する(図2、3)。

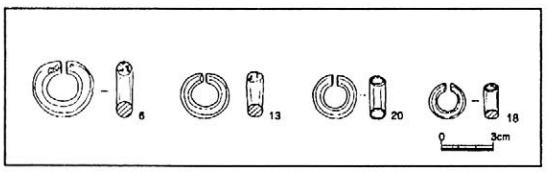


図 1. 東山古墳群における耳環の変遷[1)]

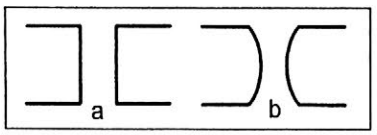


図2.開き部の形状

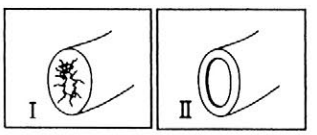
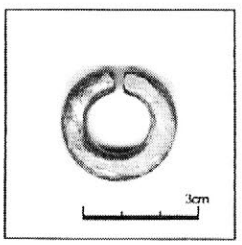


図3.開き部の作り方

一般に耳環の開き部の端面の作り方は多岐に及ぶが、東山古墳群の耳環は基本的に上に図示したタイプしかとらない。従って、ここでの分類は、東山古墳群出土耳環に認められるタイプのみに限った。また、耳環の断面形状も、基本的に「丸」か「楕円」に限られている。

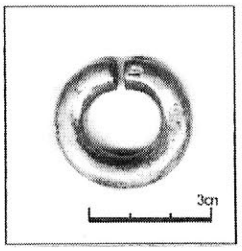
各古墳からはそれぞれ複数個の耳環が出土しているが、ここでは1、2、3、13、15号墳から出土した耳環を一点づつ取り上げて、上の諸点の特徴をみておくことにする。

4.東山古墳群から出土した耳環の分析例



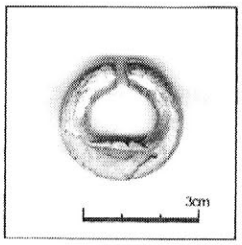
1号墳 # 1481
中実,大,やや太
・断面: 丸
・開き部
端面形状: a
端面作り: I

材質分析所見:
表面を被覆している銀薄板は、銀約 95%、金約3%、銅約2%という分析値を得た。また、被覆が破れた部分では、銅約95%、スズ約2.6%、銀約1.1%、金約0.3%であった。銅芯に銀巻きであることはわかるが、芯が青銅の鋳造品の可能性もあり。精査を要する。



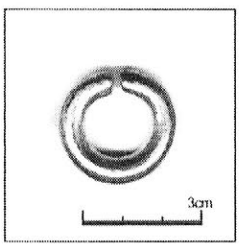
2号墳#271
中実,大,太い
・断面: 丸
・開き部
端面形状: a
端面作り: I

材質分析所見:
表面を被覆している銀薄板は、銀約 98.6%、金約 0.3%、銅約 0.5%という分析値を得た。ほぼ純銀に近い銀薄板で芯材が被覆されている。芯材の材質はわからない。



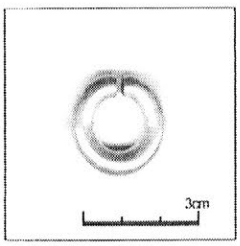
3号墳#1224
中実,大,太い
・断面: 丸
・開き部
端面形状:a
端面作り: I ?

材質分析所見:
芯材部は、銅約 98.2%, 金約 0.5%, 銀約 0.8%となり、ほぼ純銅製である。また、被覆材が捲れ上がった裏側を分析すると、銀約 92.4%, 銅約 4.6%, 金約 0.8%, 水銀約 0.2%と、ほとんど純銀に近い材質を示す。被覆材表面からの分析結果は、銀約 74.3%, 銅約約 4.6%, 金 11.2%, 水銀約 8.1%となり、純度の高い銀薄板の表面を水銀を用いた金アマルガム法で鍍金した痕跡を読み取れる。一見銀製耳環表面に所々に金色の部分が認められ、分析の結果とよい一致を示す。



13号墳#1383
中実,中,太い
・断面: 楕円
・開き部
端面形状: b
端面作り: I ?

材質分析所見:
表面の被覆材の上から分析すると、金約 39.1%、銀約 52.8%、銅約8%となる。これは、被覆材の厚さが薄いため、芯の材質が分析値に反映されていることも考えられる。表面の鍍金の可能性もあわせて精査を要する。



15号墳#1321
中空,小,やや太
・断面: 楕円
・開き部
端面形状: a
端面作り: II

材質分析所見:
表面の被覆材の上から分析すると、金約 96.1%、銀約 0.3%、銅約 3.6%である。純度の高い金薄板を表面に巻いたものと見られる。中空楕円の環体の製作技法なども探る必要があろう。

5. まとめ

兵庫県多可郡中町に位置する東山古墳群から出土した33点の耳環に対して、考古学的考察と合わせて、材質や製作技法などに関しての科学的な調査も加味した分類を行なった。古墳の構築時期は6世紀末から7世紀中葉と考えられ、それに伴う耳環の形態的特徴も、(中実→中空)、(大→小)、(太→細)、(丸→楕円)と変遷がみられるようである。また、開き部の特徴に注目すれば、端面形状は(a→b)、端面の作り方は(I →II)という流れがあるように見受けられる。また、表面被覆材の材質にも(銀→金)というように時代的変遷があると期待したいが、これだけの事例で結論を急ぐことはできない。耳環の芯材の新しい分析を提案した[2]が、材質調査の手法も改良が必要であると考えている。また、遺物の年代観としては追葬の問題など、考慮しなくてはならない問題も残されよう。しかし、まとまった古墳群から出土した耳環に対して、今後同様の調査事例を増やしていく中で、古墳時代の耳環の系統的分類と技術的系譜の構築、さらには耳環を通した流通ルートの解明などの諸点が明らかになっていくものと考える。

【参考文献】1):『東山古墳群 I 』 中町教育委員会・京都府立大学考古学研究室 (1999)
2):村上 隆他:「SPring-8を用いた高エネルギーコンプトン散乱X線分析法による金・銀製耳環の非破壊分析」日本文化財科学会18回大会研究発表要旨集 (2001)

SPring-8 を用いた高エネルギーコンプトン散乱X線分析法による金・銀製耳環の非破壊分析

○村上　隆[1)]・伊藤真義[2)]・櫻井吉晴[2)]
1):奈良文化財研究所
2):高輝度光科学研究センター

1.はじめに

重元素で表面被覆された物質内部の非破壊元素分析は、従来の手法では物質内部の元素同定はX線吸収係数や比重などからの間接的推定に留まり、元素の直接的同定には至っていない。蛍光X線分析は直接的同定が可能な手法であるが、高エネルギーX線を用いて内部元素を励起できたとしても、それらの元素が比較的軽い Cu、Fe などの場合、蛍光X線は被覆材で吸収されてしまい測定は実質的に不可能である。本研究では、芯の材質がわからない古墳時代の金・銀製の耳環に対して、従来とは異なる新しい非破壊的分析法である「高エネルギーコンプトン散乱X線分析法」を試みた。これは、コンプトン散乱における電子の束縛エネルギーを用いる分析手法であり、重元素で被覆された試料内部の元素同定が、SPring-8 において得られる高エネルギー単色X線を利用することにより可能となる[1)]。今回、金・銀の薄板で完全に被覆された耳環の芯の材質を、この分析手法により「非破壊的」に同定することに成功したのでここに報告する。本研究は「高エネルギーコンプトン散乱X線分析法」の最初の応用事例である。

2.「高エネルギーコンプトン散乱X線分析法」とは？

本実験手法は、コンプトン散乱における電子束縛エネルギー効果を利用した分析手法である[1)]。コンプトン散乱は、光子と電子の非弾性散乱であり、電子のエネルギー遷移を伴う。コンプトン散乱前後でエネルギー保存則より、電子の束縛エネルギー以上のエネルギー遷移がないと散乱が起きず、この束縛エネルギーの効果がコンプトン散乱X線のエネルギースペクトル上にエッジとして現れる(図1)。エッジとして現れる束縛エネルギーはそれぞれの原子に固有であるため、この不連続点を検出することによって元素の同定が可能となる。特に、高エネルギー単色X線を入射X線として用いると、被覆材が重元素の場合でも十分透過して物質内に侵入が可能であり、また物質内部でコンプトン散乱したX線も同様に高エネルギーとなり被覆材を透過することができるため、重元素によって被覆された内部の構成元素を非破壊的に分析することが可能となる。原理的には、全元素が分析対象であり、またエッジの大きさから定量的な分析も可能といえる。しかし、実際にはX線の多重散乱や内部吸収の補正が困難であるため定量分析には限界があり、また検出限界が低い点をも考慮する必要がある。

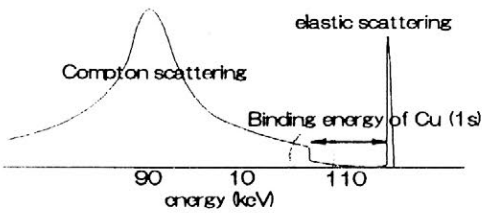


図1：115keV 入射、サンプル Cu の場合の90度散乱X線のエネルギープロファイルの概念図。入射X線エネルギーからCu(1s)の束縛エネルギー分だけ低い位置にこのようなエッジが現れる。

3.実験装置と分析条件

実験は、SPring-8 の BL08W ビームラインにて行なった。SPring8 は、現在、世界でもっとも高性能なX線領域放射光光源であり、特に BL08W は高エネルギー(100-300keV)X線を利用できる。入射X線は Si(400)二重湾曲モノクロメーターにて単色化、集光し、エネルギーは 115.6keV、ビームサイズは 0.5(h)x0.2(v)mm^2、フラックスは約 10^{10}photons/秒とした。散乱X線は散乱角 90 度方向に設置した Ge-半導体検出器でエネルギー分光を行なった。測定時間は 1 点あたり約 20 分である。

4.分析に供した資料

今回の実験に供した資料は、奈良県明日香村八釣マキト3号墳出土の耳環一対2点(図2)、兵庫県多可郡中町東山古墳群出土の耳環7点、計9点である。ここでは、代表として八釣マキト3号墳出土の耳環に対する成果について述べる。この耳環は、6世紀後半の遺物であり、遺存状態は良好である。因みに、実験室レベルの非破壊的手法による蛍光X線分析では、金約73%，銀約24%、銅約2%という結果を得た。表面を被覆する金薄板はこのレベルの蛍光X線分析に対しては十分な厚さがあると考えられ、この分析値は金薄板の材質を示すとみてよいが、その下の中実芯の材質は窺い知れない。

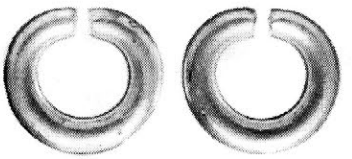


図2.奈良県明日香村八釣マキト3号墳出土の耳環

5.測定結果と考察

図3.に八釣マキト3号墳出土耳環に対する高エネルギーコンプトン散乱X線分析法による測定結果を示す。図中、上が耳環表面だけに低角で X 線を入射した場合の散乱X線エネルギースペクトル(高エネルギー蛍光 X 線分析:XRF)、下が耳環内部に入射したX線からの散乱X線エネルギースペクトル(高エネルギーコンプトン散乱X線分析:XRC)である。XRFの結果から、この耳環は、銀を含んだ金の薄板で被覆されていることがわかるが、芯材の材質に対する情報は得られない。また、XRCのスペクトルに現れる蛍光X線ピークをみても、芯材からの情報は表面の金薄板で吸収されるためピークとしては現れていない。しかし、コンプトン散乱ピーク上に不連続点がエッジとして明確に現れている。このエッジの入射X線からのエネルギー差が 9keV であることから、Cu(1s)の束縛エネルギーに相当することがわかる。従って、芯材の主成分が銅であることが明確に確認できることになる。今回分析した他の耳環に対してもほぼ同様の結果が得られ、今回測定した耳環の芯材はすべて銅が主成分であることがわかった。これまで、推定するだけであった金・銀製耳環の金薄板で覆われた芯の材質を高エネルギーコンプトン散乱X線分析法により非破壊的に同定することができたのである。

6.まとめ

SPring-8 を用いた高エネルギーコンプトン散乱X線分析法により、金・銀製の薄板で覆われた耳環の芯材の材質を非破壊的に同定することができた。これまで、推定していた材質を非破壊的に同定できた意義は大きい。文化財に対する非破壊的分析法として新たな手法を加えることができた。

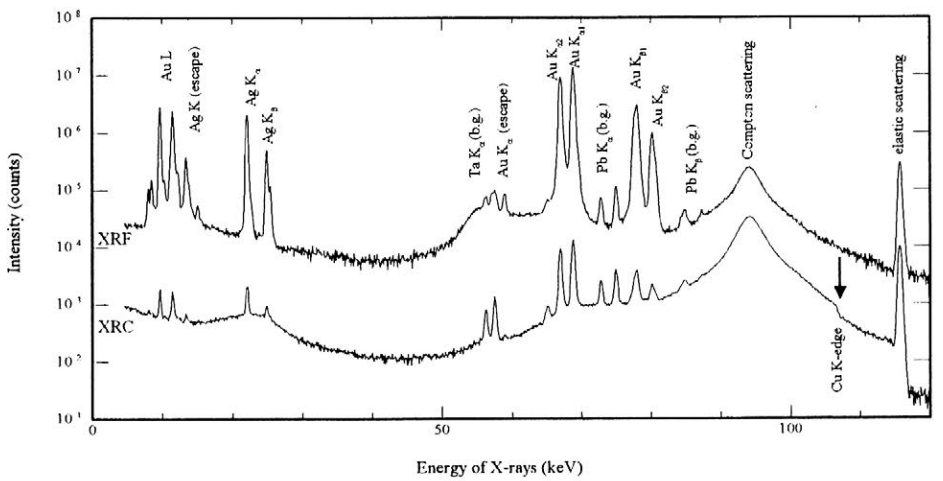


図3.八釣マキト3号墳出土耳環に対する高エネルギーコンプトン散乱X線分析法による測定結果

【参考文献】1):伊藤真義・櫻井吉晴,「重元素被覆内部の元素分析手法の開発」,第14回日本放射光学会年会 広島 (2001)

初期馬具の製作技法の復元的研究

—兵庫県加古川市行者塚古墳出土初期馬具の復元製作を通して—

○塚本敏夫（財団法人　元興寺文化財研究所）
岡本一士　宮本佳典（加古川市教育委員会）

1．はじめに

古墳時代中期(5 世紀)は大陸から様々な新しい技術や文化がもたらされ国産化がなされた時期である。北方騎馬民族のあいだで盛行していた騎馬の風習も新しくもたらされた文化の一つである。そのことは、古墳から出土する馬具や馬の埋葬の存在からも明らかである。

騎馬の普及による社会的な影響には①軍事体制の変化(戦闘形態が歩兵戦から騎馬戦へ変化)、②手工業生産の発達（馬具の製作には鍛冶、金工、木工、繊維・皮革工芸、漆工等の総合的技術が必要)、③運輸・情報の発達（人・物の運輸や情報の伝達の迅速化がなされ、社会の発展速度を加速化）の３つがあげられ、初期国家の成因要素の整備・発展に大きく寄与したと考えられる。

今回、兵庫県加古川市の行者塚古墳から出土した初期馬具３点の復元模造品の製作を行う機会得た。ここでは、その際に初期馬具にみられる捩りのある銜や引手の製作技法や鍛接技術が未発達の段階での遊環の製作技法など馬具製作に伴う古代の鍛造技術がある程度復元することができたので得られた若干の知見を報告する。

2．行者塚古墳と馬具の概要

行者塚古墳の概要

兵庫県加古川市行者塚古墳は５世紀の初頭に加古川左岸の丘陵上に築かれた全長 100mを超える前方後円墳である。三段築造でくびれ部両側と後円部に２カ所の造り出しを持ち、後円部に同一墓壙内に３基、後円部北東造り出しで１基の計４基の粘土槨が確認されている。特に後円部の同一墓壙の埋土途中で第三段階配列に相当する副葬品埋納施設が２箇所確認され、中央副葬品埋納施設には金銅製の帯金具や初期馬具、鋳造鉄斧などの貴重な品々なおさめられていた。西副葬品埋納施設からは鉄製品を中心とした豊富な種類の農工具や武器・武具類が出土し、特に４０枚の鉄テイや鍛冶具がその中に含まれその被葬者像が注目されている。

馬具の概要

中央副葬品埋納施設から円形鏡板付轡・長方形鏡板付轡・鑣轡の３点の鉄製轡が出土している。

円形鏡板付轡：外接式引手で銜は２連で捩りを加えてある。鏡板は長径 2.7cm、短径 1.6cm の不整楕円形に長方形の立聞が付き銜孔は楕円形で銜留金具を鋲止している。面繋は立聞に鋲留されている。銜幅 17.3cm、引手長 10cm をはかる。

長方形鏡板付轡：引手は外接式、２条で捩りを加えてあり、引手壺はシャベル柄状を成す。銜は１連でカーブを持っており、捩りを加えてある。鏡板は長辺 8cm、短辺 5cm の不整長方形での立聞が無く、銜孔は長方形で銜留金具を鋲止している。銜幅 13cm、引手長 11.5cm をはかる。

鑣轡：銜のみで銜は２連で捩りを加えてある。銜外環は長径 3.8cm、短径 3.3cm の不整楕円形で銜幅 16cm をはかる。

3．馬具の復元製作

復元製作の方針

馬具は錆に覆われており、保存処理を行っていないため、形状で不明な箇所はＸ線ラジオグラフィから推定した。尚、鉄分析を行っていないため、材質はSS 材を用い、形だけを復元した。尚、復元品の展示のため外面塗料については確認できていないが防錆加工として焼付漆を施した。

復元で得られた知見

（1）銜の捩り加工(3本捩り)

初期馬具の特徴に銜や引手の捩り加工が指摘されている。行者塚古墳の馬具も3例とも全て捩り加工が施されている。詳細に観察すると銜はみな3本棒を捩っていることが判明した。（これは池の6号墳出土例や老司古墳出土例でも同様に確認される。）

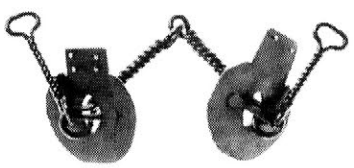
長方形鏡板付轡の1連銜を例に取ると銜の棒は約12mmで環部の棒径は9mmであった。当初口径9mmの鉄棒で製作した捩り加工後の棒径が約2cmとなってしまった。実験の結果、3本で本物と同じ捩り密度で捩った場合、口径6mmが必要であることがわかった。そこで、口径9mmの棒材を鍛打して6mmの棒径部分を両端と中央の3箇所に15cmの長さで造った。環部を棒材に倣わせて加工し、過熱して直ぐに片側の端部を環部と同時にクランプしながら金鋏で捩りを加えて所定の捩り回数と銜幅に加工した。綿密に計算して遊環を伴う銜を製作していることが判明した。

特に、円形鏡板付轡のように2連銜の場合、2連を繋げた後に捩っており、銜の外環の大きさが左右で非対称になっている。製作するまではその理由がわからなかったが、銜と片側の引手を捩って3連としたところで鏡板を2枚銜に通し、片側に寄せた状態で残りの引手をはめて捩りを加えて4連とした後に銜留金具で鏡板を固定することが判明した。そのために片側の外環が小さく銜孔を通し、組み立てが可能な構造になっていた。その計画性と技術の高さに驚かさせた。

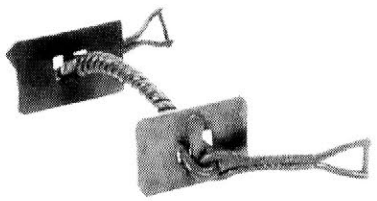
（2）銜留金具の結合方法

銜留金具の結合はX線でも確実な鋲の痕跡が確認できなかった。鍛接で付ける方法も考えたが実験の結果、加熱の際、薄い鏡板（約2mm）では孔があいたり、曲がったりした。そこで鋲を隙間無く打ち込んだあと表面をヤスリがけして磨き隠し鋲として製作した。

3本捩りを使用しているようにこの段階では鍛接の技術が未発達の段階と考えられることからも現段階ではこの方法が合理的と考えた。



写真—1　円形鏡板付轡の復元品



写真—2　長方形鏡板付轡の復元品

写真—3　鑣轡の復元品

4．おわりに

行者塚古墳出土の初期馬具の復元を通してある程度、古代の鍛造技術の解明に迫れた。今回は鍛接技術を用いずに丈夫な環部を両側に造る3本捩りの技術がある程度解明できた。更に、製作にあたって、鍛冶具の必要性は不可欠であることが改めて判明した。特に、金鋏の重要性を改めて痛感した。銜留金具の接合技術については明確な回答を得ることができなかった。今後の検討課題として引き続き考えていきたい。

尚、復元製作については中村工芸の中村氏にお世話になった。記して感謝いたします。

大分県上城（うえんじょう）遺跡出土の古代の錠前の詳細調査

○志賀智史(別府大学附属博物館)
本田光子(別府大学文学部文化財学科)
樅浦幸徳(久住町教育委員会)

■はじめに：古代の遺跡からは数が少ないながら、錠前の出土が知られている。しかしその製作工程は類例の少なさゆえ、明確にされているとは言い難い。今回、大分県内出土の古代の錠前について保存処理を行う機会を得たので、主に実体顕微鏡による詳細な調査を行った。ここではその過程で明らかとなった錠前、特に牝金具（名称は図１参照）の製作工程を復元したい。

■対象：資料は上城遺跡出土の古代の錠前である。上城遺跡は大分県直入郡久住町大字仏原に所在する弥生から中世の遺跡である。古代の遺構は、９Ｃの群倉と考えられる掘立柱建物２棟から成っており、その柱穴から錠前の牝金具（図２、写真、）が出土した。牝金具は鉄製で全長 117 ㎜あり、筒部（38×15×13 ㎜）には三単位の節帯を持つ。筒部内にはＨ字形のバネ受板があり、上下二段のバネを持つ牡金具が想定される。鍵穴は牝金具下部から背面にかけて認められる。なお、当遺跡の東南約 500m には古代の官衙関連施設と考えられる石田遺跡がある。

■方法：当資料が持ち込まれたのは、発掘後数ヶ月経た後のことであったので、まず十分な実体顕微鏡による観察の後、.X線透過撮影装置やメタルチェッカー等を用い遺物の状態や構造を検査した。結果、有機物等は確認されなかったが、メタルは残存していた。、錆は若干の膨れはあるが、表面的には赤金鉱等の進行性の錆は認められず、クラック等も無く良好な状態であったので、様子を見ながら自然乾燥させた。乾燥後、再度検査したが、変化無く良好な状態であったので処理前の写真撮影後、錆取りを開始した。錆取りは他遺跡出土の錠前の実測図を念頭に置き、適宜Ｘ線透過撮影装置のモニター映像を見ながら、デザインナイフ等を用いて物理的に除去した。特に、筒部と弦部の接点となる鍵穴付近に関しては、製作工程上重要な部分となるので、入念に観察と錆取りを繰り返した。また節帯に関しては錆膨れで全体を除去できなかったので、要所要所を錆取りしその存在部分を想定した。

■結果：保存処理に伴う詳細調査の結果、以下に示す錠前の製作工程が明らかとなった（図 3）。①直径約 6 ㎜の鉄の棒を用意する。②その端部の一方に直径約 3 ㎜の針金を一巻きする。③あらかじめ作っておいた筒部を挿入し叩き合わせる。④鉄棒を曲げ、弦部を作る。⑤節帯等の飾りを入れ完成。重要な点は③の段階で針金と筒部によってできた１対の空間のうち一方を鍵穴の一部として利用していることであろう。問題点としては筒部の製作、特にバネ受板の取付法が挙げられる。今後、他の錠前の詳細な観察を行い、古代の錠前の製作工程を明らかにして行きたい。

〈参考文献〉

合田芳正 1998『古代の鍵』ニュー・サイエンス社

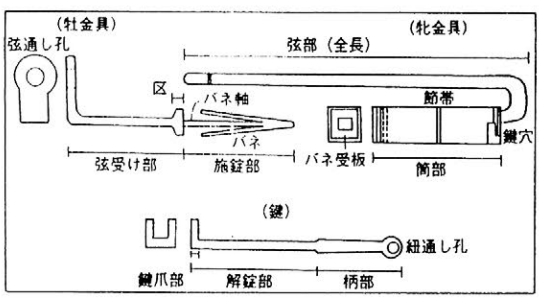


図１　錠前・鍵の部分名称（合田 1998）

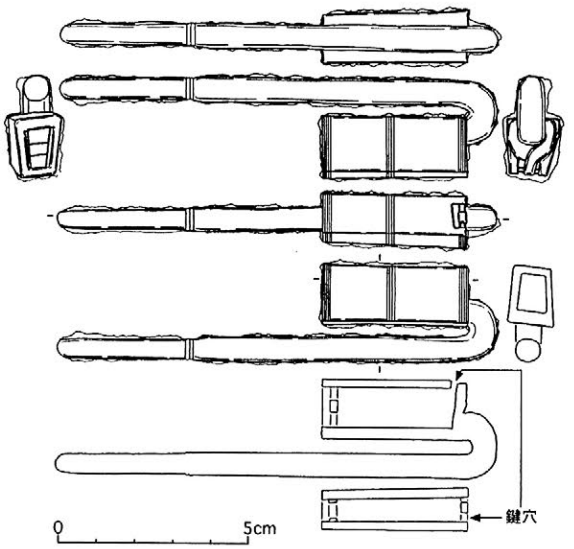


図２　錠前(牝金具)の実測図

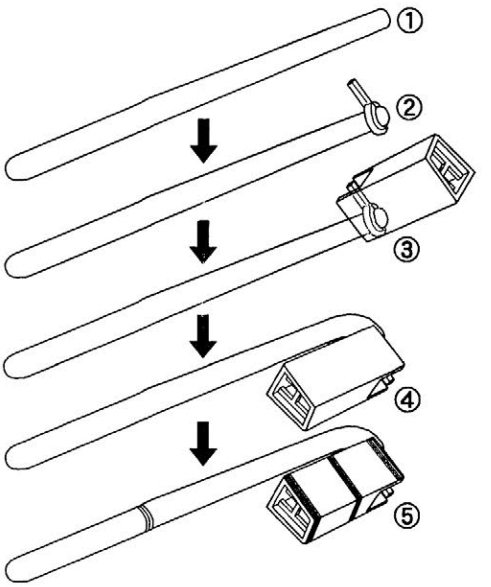
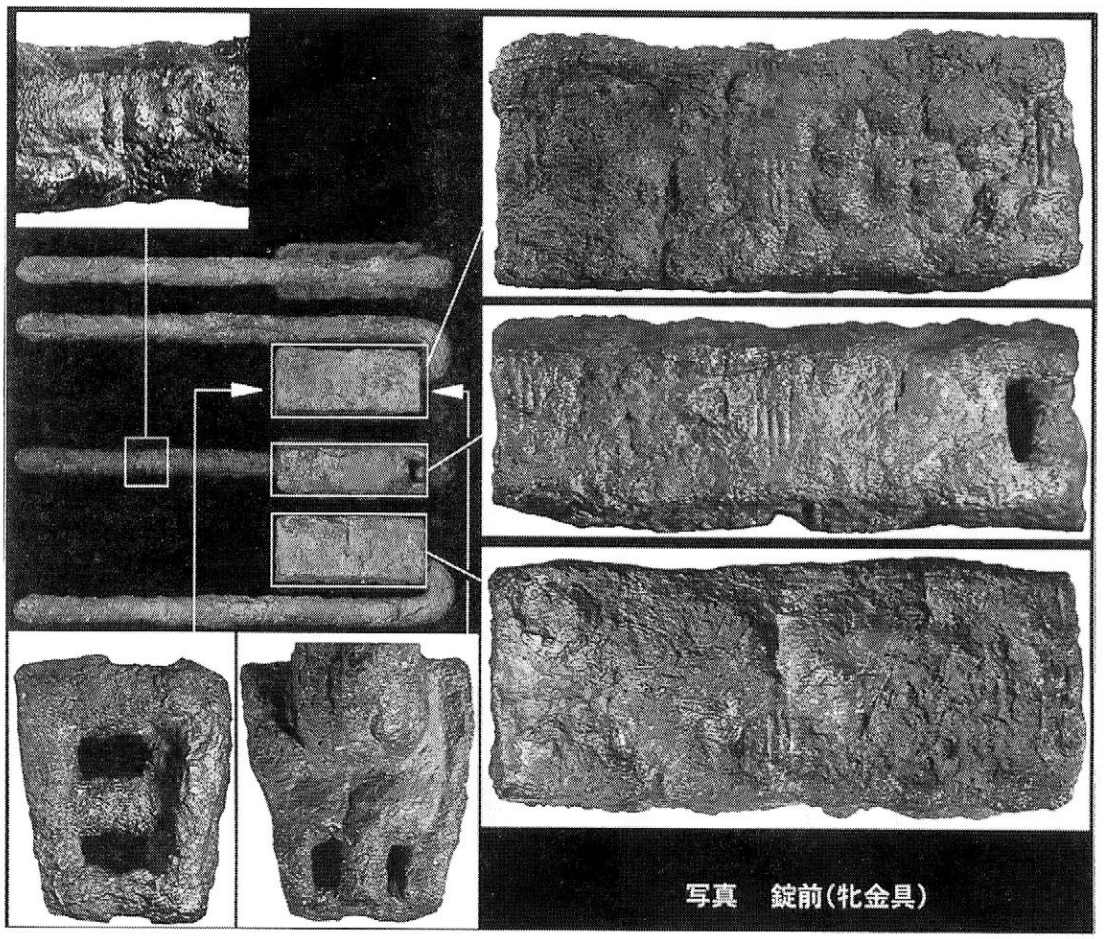


図３　製作工程模式図



北関東・南東北地域の律令期における鉄器製作活動に関する一考察
-出土遺物の金属考古学的調査を通して-

○関博充（東京学芸大学）・戸田有二（国士舘大学）
佐藤友之（鹿島町教育委員会）・赤沼英男（岩手県立博物館）

1．はじめに

近年の北関東・南東北地域における発掘調査によって、律令期には古墳時代に比べ鉄関連遺構の検出例が増すことが明らかにされている。鉄・鉄器生産活動が活発化したことを示しているが、生産活動の詳細については未解明である。律令期に比定可能な福島県相馬郡鹿島町大月平遺跡出土鉄関連遺物の金属考古学的調査の結果、供給された原料鉄を素材とする鋼の製造が行われていた可能性を考えることができた。以下に金属考古学的調査結果を報告する。

2．鉄関連遺構の概要

検出された鉄関連炉跡は１基で、斜面に構築されていた。炉跡の近傍には炭窯跡、須恵器窯跡もあり、須恵器の編年によって、鉄関連炉の操業時期は８世紀末～9 世紀代に比定された。炉跡およびその周辺からは、鉄塊、鉄塊が付着し破断面を有する鉄滓、粘土状物質にほぼ溶融状態にあったスラグが固着した鉄滓、スサを混ぜた粘土状物質を素材とする厚さ 5cm 以上の炉壁片、および炉壁に装着されたままの羽口(図 1)が出土している。炉壁片は残存状況から、平面が内径 40cm の円形を呈する構造体の一部と推定された。羽口には現存長 14～18cm、肉厚約 1cm で、気道内径が約 3cm の円筒形のものと、炉内に装着する部分の気道内径が 2～2.5cm と先細になる 2 種類が確認されている。羽口表面には、炉内、炉壁内、および炉外にあったことを示唆する青灰色、茶褐色、および黄褐色の帯状領域がみられ、茶褐色の帯状領域と気道の角度から、炉壁に対して約 15 度の角度で挿入されていたものと推定された。炉の上部構造は失われている。

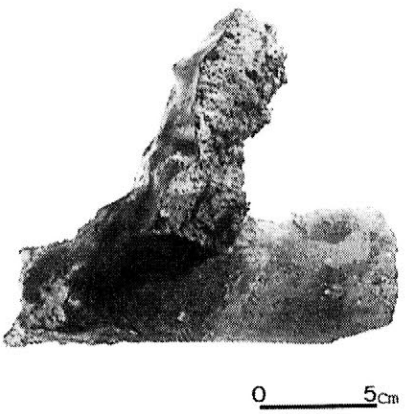


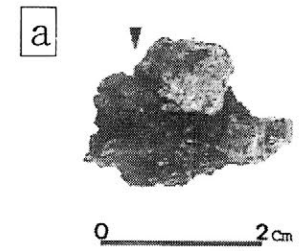
図１　出土羽口の外観

3．鉄関連遺物の形状と組成からみた生産活動

出土鉄関連遺物の金属考古学的調査によって、片状黒鉛が析出した銑鉄塊(図 2a･b)、鋼が付着した鉄滓が確認され、鉄滓の鉱物組成は Fe-Ti-Mg-O 系の鉄チタン酸化物、FeO-Al_2O_3-SiO_2-MgO 系のガラス質けい酸塩からなる。炉内において局所的にではあるにせよ、

鉄と溶融、もしくは部分溶融したスラグが接触した状態にあったことは確実である。遺跡周辺には浜砂鉄、川砂鉄が豊富に賦存する。それらの砂鉄を斜面に運び、製錬して組成不均一な鉄の生産が行われていたことを考えることができるが、浜砂鉄、銑鉄、および鋼中に含有される微量元素、とりわけ銅(Cu)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)の三成分比には明瞭な差異がみられ、砂鉄を原料鉱石とする製錬を主張することは難しい。

平安時代には銑鉄を脱炭し、鋼を製造していた可能性の高いことが、金属考古学、文献史学の調査結果から指摘されている[1)]。茨城県ひたちなか市武田西塙遺跡から検出された5世紀後半の住居跡では、それぞれ生産目的の異なる操作に用いられたとみることができる2基の鉄関連炉跡とともに、銅分に富み、遺跡周辺に賦存する鉄資源とは組成が著しく異なる鋼に鉄滓が混在した資料が確認されている。純化された鋼とは別の原料鉄がもたらされ、それを素材とする鋼製造が実施されていたものと推定された[2)]。これら一連の調査結果、ならびに徐冷され固化した銑鉄の検出をふまえると、大月平遺跡においても原料鉄、価値換算を考慮すれば規格化された銑鉄が供給され、それを用いて鋼の製造がなされていた可能性を考えることができる。炉構造の復元と道具の使用状況を追求することによって、大月平遺跡における鋼製造の実態を解明することができると思われる。



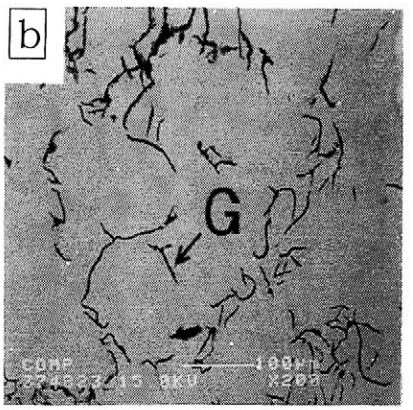


図2　銑鉄塊の外観と組織観察結果
a:外観、矢印は試料片摘出位置。
b:EPMAによる組成像(COMP)。
G:片状黒鉛。

注

1）赤沼英男、福田豊彦「鉄の生産と流通からみた北方世界」『国立歴史民俗博物館研究報告』72、1997年、pp.1-40。

2）関博充「古墳時代における鉄器製作活動と原料鉄の流通について-森戸・武田西塙両遺跡出土鉄関連遺物の形状と組成を通して-」『Archaeo-Clio』第2号、2001年、pp.73-83。

島根県石見銀山遺跡から出土した「ゆりかす」の材質分析からみる選鉱技術

鳥越俊行(岡山大学)
村上　隆(奈良文化財研究所)
高田　潤(岡山大学)

・はじめに

島根県の大田市に位置する石見銀山は、16世紀から17世紀前半にかけて、多量の銀を産出した世界有数の銀山のひとつである。島根県と大田市が中心となり発掘調査を進めている石見銀山遺跡からは、金属製錬に関するさまざまな遺物が出土している。これらの出土遺物に対して、科学分析的な調査を発掘調査と同時進行的に実施していることは、昨年報告した[1,2]。

発掘調査により、さまざまなものが出土するが、銀生産の工程中に廃棄された遺物は、大きくふたつに分けて考えなくてはならない。「熱を加える前の工程のもの」と、「熱を加えた工程のもの」である。熱を加えたときの資料である「カラミ(鉱滓)」については、これまでにいくつかの事例が報告されてきたが、熱を加える前のものについての詳細な調査は、なされたことがなかった。

石見銀山にはふたつの異なる鉱床が存在する。銀を多産した福石鉱床の賦存する地域における発掘調査からは、拳大程度の「ズリ(選鉱するときに排出された不要な石)」や、数㎜大の「ゆりかす(比重差を利用して選鉱することを「淘(ゆ)る」といい、このときに排出された残りかすのこと)」が確認されている。一方、銅を多産する永久鉱床の賦存する地域での発掘調査からは、ズリを確認するのみで、ゆりかすに相当するものは確認されていない。

そこで本年は、塊状の鉱石から精鉱を得るまでの工程、つまり熱を加える工程の前の段階のものの中でも、特に「ゆりかす」に注目し、調査をおこなった。その結果、選鉱技術を解き明かす手掛かりとなる新たな知見を得たので、その概要を報告する。

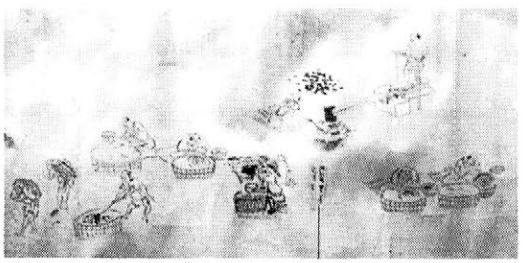
・調査対象の資料

今回対象とした資料は、銀製錬工程のなかでも、熱を加える工程の前のものに絞った。これらは、(1)採掘した荒鉱(あらぐさり:塊状の鉱石)を砕き、鉱(くさり:鉱石)とズリに分ける、(2)鉱をさらに細かく砕き粉鉱としたのち、比重選鉱により正味鉱(しょうみぐさり:精鉱)とゆりかすに分ける、という作業に区分できる。従って、対象とする資料は①鉱石(金属成分を多く含む岩石)，②ズリ(拳大～数㎝大の金属成分をあまり含まない岩石)，③ゆりかす(数㎜大の砂質粒子の集合体)、という基準で分類し、調査をおこなった。

・対象資料の調査方法

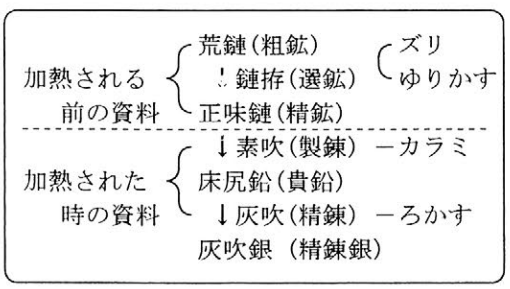
鉱石・ズリ・ゆりかすのおのおのに対して、次の分析をおこなった。定性分析:蛍光X線分析(XRF)、定量分析:原子吸光分析(AAS)，誘導結合高周波プラズマ分光分析(ICP)など、そのほか必要に応じてX線回折(XRD)、電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)など。これらの分析は、㈱大館分析技術センターで実施した。

さらに、ゆりかすに対しては、顕微鏡観察や電子顕微鏡付帯のエネルギー分散型X線分析装置(EDX)による分析もおこなった。これらは岡山大学で実施した。



石見銀山絵巻(選鉱部分抜粋)

石見銀山遺跡における
鉱石から銀を製錬する工程の概略



・現在までの調査成果

①鉱石

発掘現場脇の坑道入口上方に残存する鉱脈は、マンガンや鉛を多く含んでいた。製錬所跡の近辺からは、造滓剤に用いたと思われるマンガン鉱石や、石見銀山以外の地域から持ち込まれた鉱石(ズリ)も確認された。

②ズリ

坑口前で出土したズリは、金属鉱物をほとんど含まないものが大半を占めるが、黒色の細脈(主に酸化マンガンよりなる)を含むものには、鉛を多く含むもの、銀が多く残存するもの、などが確認された。

③ゆりかす

製錬所跡付近で出土したゆりかすには、現代の銀製錬では採算のとれる量の銀が残存していた。また、粒子の大きさを数㎜大に調整していること、各粒子の角が鋭く、薄板状のものが多く見られること、皮膜状の黒色層に覆われた粒子が多数存在し、粒子表面の黒色皮膜に銀を含むこと、なども明らかとなった。

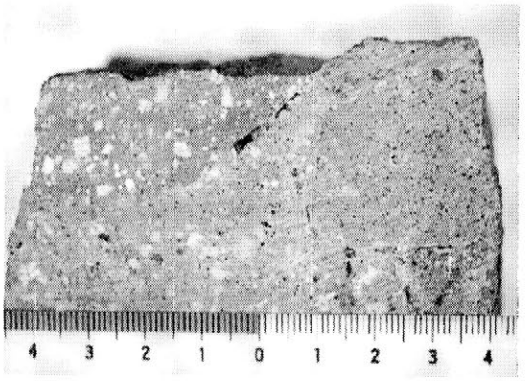
・考察

石見銀山遺跡においては、銀を多産した地域における発掘調査からは、ズリやゆりかすが確認されているが、銅を多産した地域での発掘調査からは、ゆりかすに相当するものは確認されていない。これは、ゆりかすの排出される工程が、銀製錬と銅製錬における選鉱技術の違いを表していることによると考えられる。従って、ゆりかすなどを調査することにより、銀製錬と銅製錬の違いを明らかにできると考えられる。

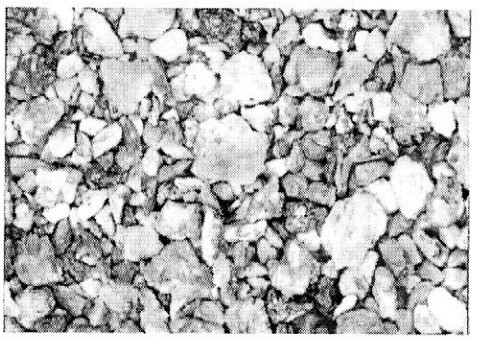
本遺跡における銀の製錬工程は、「熱を加える前のもの」と、「熱を加えたもの」に大きく分けることができる。熱を加える前の工程のものを、①鉱石，②ズリ，③ゆりかす、に分類し調査をおこなった結果、坑口に残存する鉱脈にはマンガンや鉛を多く含むこと、石見銀山以外の地域から持ち込まれた鉱石があったこと、黒色の細脈を持つズリには多量の銀・鉛を含むものがあること、などが明らかとなった。さらに、製錬所跡より出土したゆりかすには銀が残存していること、鉱石を数㎜大に砕いて大きさを調整していること、粒子表面の黒色皮膜に銀を含むこと、なども明らかとなった。以上の結果より、銀製錬で用いた銀鉱石は、粉砕・比重選鉱をおこない銀の品位を高めた上で製錬をおこなっていたことが明らかとなり、現代では採算のとれる量の銀が廃棄されていたことなどの情報も得られた。

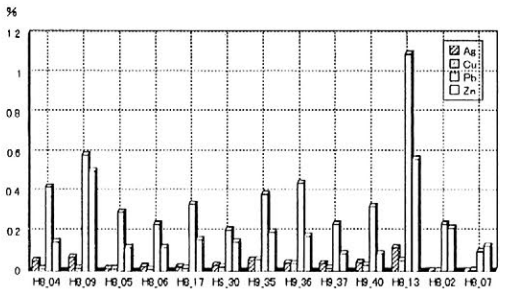
・まとめ

これまでの調査により、銀製錬をおこなったときの「熱を加える前の工程」の概要は把握できつつある。今後は、「熱を加えたときに廃棄されたもの(カラミや炉跡など)」に対する調査を実施し、石見銀山でおこなわれていた銀製錬の全容解明を目指す。



自然銀含有鉱石「福石」の断面写真


ゆりかすの実体顕微鏡写真



定量分析結果

【参考文献】

1) 村上 隆 他:「石見銀山遺跡」における科学調査，日本文化財科学会第 17 回大会研究発表要旨集，(2000).

2) Ryu MURAKAMI et al.:Scientific Reevaluation of "Iwami" Silver Mine, Pacifichem2000, (2000).

P 37

東京大学医科学研究所（旧大村藩下屋敷）から出土した鉛塊ついて

原 祐一　大成 可乃　堀内 秀樹　寺島 孝一[1)]　伊藤 博之[2)]　小泉 好延[3)]
1. 東京大学埋蔵文化財調査室　2. 和光金属技術研究所　3. 武蔵野文化財修復研究所

1．はじめに

東京大学白金構内遺跡 医科学研究所附属病院診療棟・総合研究所地点は東京都港区白金台に位置し、江戸時代の大村藩下屋敷に該当する。大村藩は肥前国（長崎県）大村を居城と石高は二万七千九百七十三石である。東京大学埋蔵文化財調査室では平成12年度、当地点の発掘調査を行ない大村藩下屋敷に関連する建物跡、地下室、溝、ごみ穴などを確認した。地下室SU360遺構は18世紀中頃に廃絶されたと推定され、底部より棒状軟質金属112本、総重量約20kgが出土した。この金属をICP-MS分析し高純度鉛であることが解った。

2．棒状金属塊の形状

棒状金属塊は遺構の底に積み重ねられた状態で出土した。黒灰色の表面には所々に白色錆が見られ、一部では金属内部まで達している部分もあった。長さは216～218mm(7寸1～2分)とほぼ一定で断面はかまぼこ型を呈していた。両端部の幅は広く中央部はくびれ、厚さも両端部は厚く、中央部は薄かった。仔細に観察すると全ての金属塊において、両端部の厚さは同一ではなく、どちらか一方の端部のほうが厚かった。端部の幅は22～24mm(7～8分)で外側にバリが広がるものもあった。中央くびれ部の幅は14～20mm、端部の厚さは5.8～10.7mmで中央部は3.9～8.4mmであった。重さは110～300gであった。1個単独、2個、3個が連結したものもあった。かまぼこ型凸面表面には縦の筋が全資料に見られた。標準的な棒状金属塊を写真1に示す。写真1-1は長さ218mm、端部幅23.8、19.6mm、中央部幅13.7mm、端部厚さ7、6.8mm、中央部の厚さは5.6mmであった。写真1-2は3本が連結している。

3．金属組成分析

分析にはICP-MSを用いた。比較的保存状態の良い資料を選び出し糸ノコギリで10mm幅の金属塊を切出した。表面部はヤスリで削り、その下部にキサゲをかけ清浄面とした。

・分析方法

1．試料片の一部をニッパーで切断し、硝酸：純粋＝1：1で表面を洗浄。
2．乾燥後秤量　0.1701 g
3．硝酸：純水＝1：1の溶液で加熱溶解。さらに純水で希釈し100.026 gに調整した。
4．溶液の一部1.018 gを取り純粋で希釈し20.043 gとし分析を行なった。
5．分析は5回繰り返し、ほぼ全金属元素について定性分析を行い、含有量の多いものについて定量分析を行なった。

・分析結果

定量値を表1に示す。鉄は検出限界(0.05%)以下であった（使用した分析機器は鉄の感度が悪い)。ニッケル、亜鉛、ゲルマニウムが極めて微量検出された。珪素、硫黄、リン、炭素、塩素は非測定である。分析に供した金属試料は純度99.4%の高純度鉛であった。

表1 分析結果

元素名	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Bi	Tl	Fe
%	0.11	0.048	0.05	0.036	0.31	0.014	0.08	<0.05

4．まとめ

出土した棒状鉛塊は99.4%の高純度であった。1683年頃の遺構から出土した銅の鍛造材の純度は99.5%であり[注1)]、1821～25年に鋳造された寛永通宝真鍮四文銭（赤色銭貨）のAs、Fe、Sn、Sb量の合計は0.77%であった[注2)]。本研究により四文銭赤色銭貨中のAs、Sn、Sbは意識的に添加されたものではなく、銅、鉛の微量成分であることが証明された。『鼓銅図録』や『飛騨かな山絵図』写真2[注3)]によると銅製の金型に鉛を棒状に鋳込み、金型と共に水桶に投入し急冷している。出土棒状鉛塊には、凝固した所へ熔湯が再び加えられたものがいくつか見られた。冷却鋳型を用い、熔湯を急冷させている事が伺え、絵図と同様な方法により製作されたものと考えられる。出土鉛の組成分析値は住友銅吹所跡発掘調査報告[注4)]では数種形態の鉛塊について分析が行なわれている。その内のいくつかは本研究の分析値と近似している。日本金属博物館には英国スワンシー大学博物館より貸与された、日本の江戸時代の鉛塊が収蔵されている。形状は棒状鉛が8本連結した形状であり、大村藩下屋敷出土の鉛塊と良く似ている。しかし惜しむらくは、これらの金属組成の定量分析はなされていない。

出土した鉛塊の用途は火縄銃の弾丸と考えるのが妥当であろう。武家屋敷では角場で鉄砲稽古が行なわれ、武家屋敷遺跡から鉛製弾丸の出土が報告されている。しかし弾丸は全て鉛製であると考えるのは間違いである。『安斎随筆』（古事類苑44武技部）に「鉛玉にて不貫は銅玉を用ゆ、また、銅玉にて不貫は、鐵玉を用ゆ」とある。戦国末期の弾丸としては鉛製は少なく、青銅、鋳鉄製が多く用いられた事が発表されている[注5)]。その意味ではこの鉛塊は戦国末～江戸時代初期のものではなくそれ以降のものと考えられ考古の年代観と矛盾するものではない。

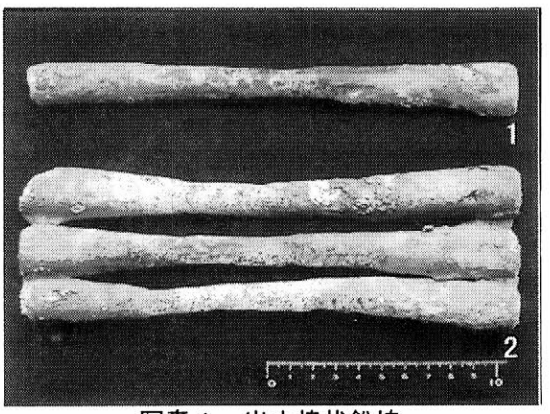


写真1　出土棒状鉛塊

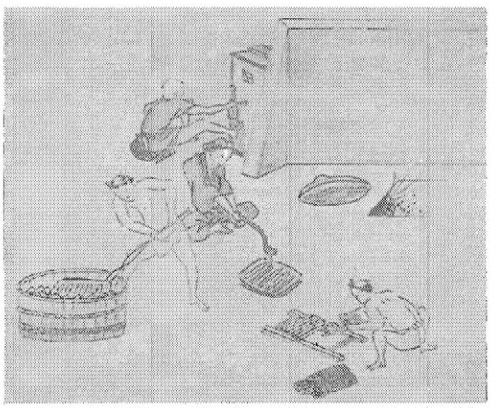


写真2飛騨かな山絵図（鉛を吹く図部分）

謝辞

学習院大学 渋谷葉子氏、北里大学 島村匡氏、住友資料館 今井典子氏、日本金属学会附属金属博物館 野崎準氏 神岡町史編纂室 向島昌雄氏、東京大学史料編纂所 宮崎勝美氏 に謝辞申し上げます。

注

1．小泉好延「近世の銅合金技術」産業考古考古学会金属鉱山分科会発表要旨2000.5

2．伊藤博之、小泉好延、原祐一「江戸期四文銭の研究」産業考古学会第24回（2000年度）総会研究表講演論文集 2000PP21-24

3．増田綱、丹羽元國『鼓銅図録』三枝博音編纂『日本古典科学全書第三部産業技術編採鉱冶金（1）』朝日新聞社 1942　PP252-269、指田孝勝、葛谷鮎彦『飛騨かな山絵図』（株）神岡産業1972

4．（財）大阪市文化財協会『住友銅吹所跡発掘調査報告』1998

5．伊藤博之「戦国期末の火縄銃の口径と弾丸についての一考察」産業考古学会金属鉱山分科会発表要旨2001.6

火縄銃の製作技法の特徴

○齋藤　努（国立歴史民俗博物館）、高塚秀治（東京工業大学）、
宇田川武久（国立歴史民俗博物館）

1.はじめに

江戸時代の鉄炮（火縄銃）の銃身部を対象とし、製作技法に関する調査を行なった。まずできるだけ非破壊な方法を採り、表面の金属組織や介在物を分析した。一部資料は銃身部を切断し、断面を分析して材質などを調べた。結果を江戸時代の文献の記録と対照し、製作法などに関する記述の検証を試みた。また、尾栓の雄ネジ、雌ネジについて、熱可塑性樹脂を利用した非破壊な方法で、ピッチ、ネジ山の数、角度などを調べる方法を開発した。いくつかの炮術流派の資料に対して調査を行い、文献と照合して検討を加えた。まだ分析点数が少ないが、予備的な結果として報告を行なう。

2.銃身部の表面分析

銃身底部など銃床に隠れる箇所を選び、表面の錆を落として鏡面研磨して、エネルギー分散型特性X線検出器付走査型電子顕微鏡(SEM-EDS)を用いて金属組織、介在物の分析を行なった。図1が結果の例である。介在物の方向から、鉄板をたてに筒型に巻いただけの「ウドン張」（図1ａ）と、その上にさらに、細長い鉄板を螺旋状に巻く「巻張」（図1ｂ）によって製作されたものを検出することができた。

図1ａ　「ウドン張」の鉄炮銃身部の表面観察結果
（無銘）

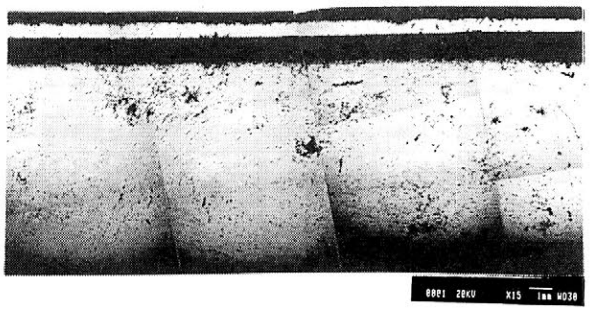


図1ｂ　「巻張」の鉄炮銃身部の表面観察結果
（土州住岡儀左衛門重行作・土州住近森三五郎重吉（花押））

3.銃身部の断面分析

「巻張」によって製作されたと考えられる銃身部を切断し、SEM-EDSによって断面の金属組織および介在物の分析を行なった。本研究で対象とした資料では上層と下層で鉄中の炭素量、介在物の量に違いが見られ、異なる材質の鉄が使用されていることが分かった（図2）。

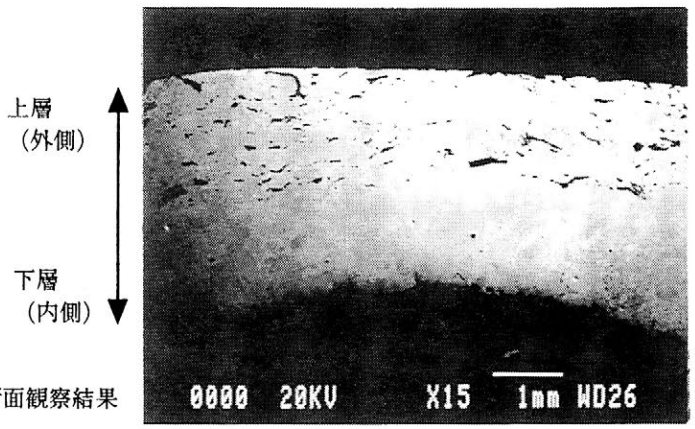


図2　「巻張」の鉄炮銃身部の断面観察結果

4.尾栓の調査

尾栓部分の透過X線写真を撮影し、ネジ山の状態を非破壊で観察した（図3）。ついで、尾栓を外し、雌ネジは型取りを熱可塑性樹脂で行ない、成型された樹脂の断面を対象として、また雄ネジはそのまま上部から、デジタルHFマイクロスコープ（KEYENCE: VH-8000）を使用して、ネジのピッチ、ネジ山の数、切込角度などについて計測を行なった（図4）。火縄銃のネジ山（図4ａ）は現代のもの（図4ｂ）に比べて切込角度がおおむね小さく、山が低かった。また、ネジ山断面の三角形の底角が等しくなく、全体として一方向にやや傾いた形になっているものが検出された。ネジ山の数は、炮術流派の伝書の記載と一致していた。

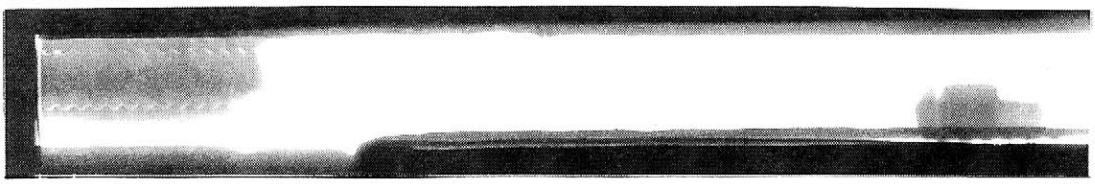
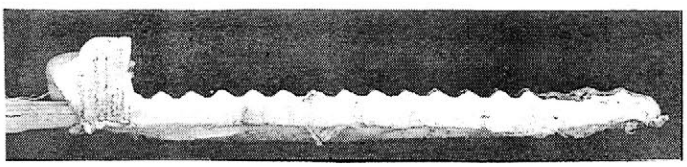
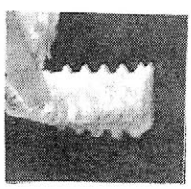


図3　尾栓部分の透過X線観察結果（阿州濱部傳之助高吉作：銃身長106.0cm、口径1.1cm）



a　火縄銃（阿州濱部傳之助高吉作）



b　現代のネジ（M16、ナット）

図4　雌ネジから熱可塑性樹脂で型取りを行なったもの

古代韓国と日本における金属象嵌線の製作技法Ⅱ
－X線 film を利用した象嵌製作技法の観察－

イムジヨン
林志暎(奈良大学大学院)

Ⅰ．はじめに

前回の発表では、古代韓国と日本における金属象嵌技法の研究として、4世紀から6世紀代の環頭大刀を中心に象嵌表面から観察できる製作痕に基づいて製作実験を行った。その結果、象嵌の溝に嵌める象嵌線の製作方法を四つに分類することができた。

四つの技法の内容は、叩き(A技法)・引き(B技法)・捩り(C技法)・巻き(D技法)で、その中でもC・D技法と確認できた遺物は、韓国では昌原馬甲塚出土大刀と昌寧明里Ⅲ－1号墳出土大刀、また、日本では奈良県梨本2号墳出土大刀、鳥取県西穂波3号墳出土大刀のみであり、4世紀ないし5世紀に比定される環頭大刀においては、この技法の使用の可能性は少ないものと考えた。また、今まで確認された遺物の中で、韓国馬甲塚出土大刀以外は6世紀中葉から7世紀の遺物が主になることから、今回は観察の対象を環頭大刀だけでなく、7世紀までの装飾大刀全体に広げた。

しかし、処理を終えた遺物表面の観察だけでは、板状に巻いたり捻って製作した象嵌線の確認が往々にして困難であった。そこで、象嵌線表面に残っている痕跡の観察と共に、X線写真 film の観察を行い、その製作痕跡の特徴を捉えることができた。

ここでは、復元製作した象嵌、また、その後にサビ生成実験を行ったものとをそれぞれX線写真撮影し、それらと実際の遺物のX線写真 film とを比較してみた。

Ⅱ．サビ生成実験

象嵌復元実験後、1999年11月20日からサビ生成実験を始めた。象嵌した鉄板を四つ用意し、二つは水道水、残りの二つは塩水に浸けることにした。そして、温度を常温の20度に保ち、鉄板にサビができる湿度75%を維持するため、塩化ナトリウム(NaCl)の飽和度(註6)を利用した。シャーレに水を引き、その上にプラスチックの管に塩化ナトリウム60g（水100g当たりのNaClの飽和溶解度35.8g）を入れたものを用意し、それらを常圧用デシケーターに入れて様子を観察した。

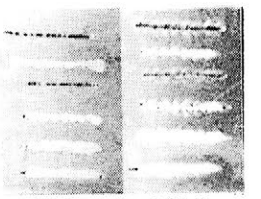


写真1.復元製作した象嵌

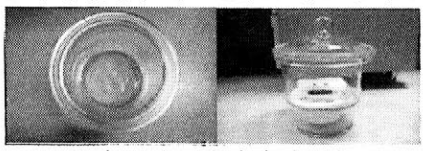


写真2.サビ生成実験過程

実験開始三日後にサビが確認された。塩水に浸けた鉄板のサビは溶けるような状態となったのに対し、水道水に浸けたものは薄く板状に剥落した。写真3がサビ生成から二週間後の象嵌断面の写真で、各々、象嵌彫断面(3-1)、A技法(3-2)、C技法(3-3)、D技法(3-4)によるものである。

1. 象嵌彫断面

2. A技法

3. C技法

4. D技法

写真3.サビ生成後の象嵌断面写真

Ⅲ. X線写真 film を利用した遺物との比較

写真4は、サビ生成実験を始めて1年6ヶ月後に取り出した象嵌の状態である。完全にサビに覆われ、象嵌線は確認できない。これとは別に、象嵌復元製作直後と、上記のサビ生成実験後にX線写真撮影をおこなった。写真5a･bは、それぞれのX線写真 film である。

写真4.サビ生成後の象嵌

二つのX線写真 film では大きな差はないが、CやD技法の線からは、A・B技法では観察できなかった、象嵌線を捻ったり、巻いた痕跡である斜線が共に観察できた(写真 5-d,e)。ただし、実際にC・D技法の中でも斜線の観察が難しい部分もあった。

実験結果に基き、大阪府指定遺物である愛宕塚古墳出土の龍文象嵌鞘口(写真 6)と八尾市指定遺物の芝塚出土亀甲文象嵌円頭(写真 7)のX線写真 film 観察を行った。全てにその痕跡が観察できるわけではないが、一部捩り加工痕とみられる特徴的な斜線を観察できた。

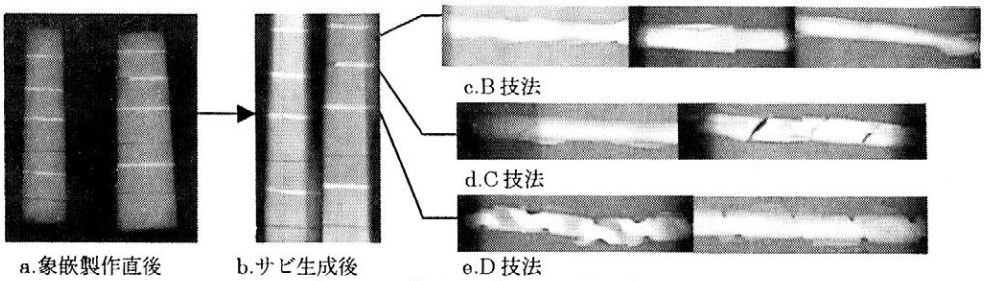


写真5. 復元製作した象嵌のX線写真 film

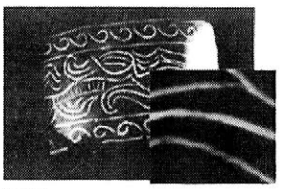
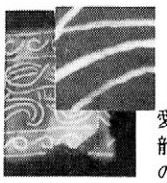


写真6.
愛宕塚出土
龍象嵌鞘口
のX線写真



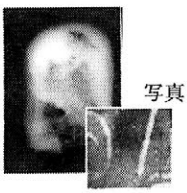


写真7.
芝塚出土
象嵌円頭
X線写真

Ⅳ.考察

復元実験の結果、象嵌線製作時に手で持ったりする両端は、完全に捻ったり巻いたりすることができず、斜線の痕跡がよく観察できた。また、うまく加工できたものであるとしても、曲線など一部には象嵌線を作る時の痕跡が残るため、X線写真 film を通しての観察は、比較的判断しやすい方法と考えられる。

今回の方法により、6世紀後半の遺物にCないしD技法の確認ができたことは、以前の結論を補強するものである。このことから、6世紀以降のC･D技法の使用は、象嵌線の製作に使われる時間や労働力の節約といった点からみて、象嵌製作の増加に伴い採用されたものである可能性が高い。

参考文献

小林義孝ほか「河内愛宕塚古墳出土の飾り大刀」『八尾市立歴史民俗資料館 研究紀要』7号,1996
西山要一ほか『日韓古代象嵌遺物の基礎的研究(1)』,1998
安井良三ほか『河内愛宕塚古墳の研究』八尾市立歴史民俗資料館, 1994
電子科学研究所『創立50周年記念X線ハンドブック』,1997
Hermann Born「DIE RESTAURIER TAUSCHIERTER EISENFUNDE DER NEROWINGERZEIT」
『TAUSCHIERARBEITEN DER MEROWINGERZEIT』MUSEUM fur Vor-und Fruhgeschichte, 1994

謝辞 今回の遺物X線写真 film の掲載にあたり、大阪府教育委員会、八尾市歴史民俗資料館の御了解を得た。また、ご指導いただいた水野正好先生、西山要一先生、工芸工房の鎗舞元生、奈良文化財研究所保存科学室の先生方、元興寺文化財研究所の尾崎誠氏、福島県文化センター奥山誠義氏に厚く御礼申し上げます。

平安時代平象嵌技法について ― 久保智康氏の批判に答えて ―

西山　要一（奈良大学文学部文化財学科）

1　はじめに

１９７８年（財）平安博物館によって行われた、京都市東山区・法住寺殿跡の発掘調査で約３メートル四方の土こうから５領以上の甲冑や矢、轡が発見された。平安時代の甲冑は、奈良・春日大社などに僅かに宝物として伝世しているのみで類例が少く、何れもが国宝に指定されるなどその価値は計り知れないだけに、発見当時大きな話題になった。

筆者は、これら甲冑のうち冑の鍬形および轡の保存処理担当者として、詳細に調査分析する機会を得て、鉄地金銀鍍銅象嵌技法による装飾技法を明らかにし、さらに全国に十数例の類例の存在することを明らかにした（「平安時代平象嵌技法の研究」『文化財学報第７集』１９８９年刊行）。

さらに、１９９７年には岩手県埋蔵文化財センターが行った平泉町の志羅山遺跡第６６次調査によって同技法によって加飾された轡が発見され類例を加えることとなったが、同調査の報告書（『志羅山遺跡第４６次・６６・７４次発掘調査報告書』、岩手県埋蔵文化財センター、２０００年刊行）に「鴛鴦文銅象嵌鏡轡について ― 法住寺殿跡出土との比較を中心に ― 」と題する久保智康氏の論文が掲載され、筆者の鉄地金銀鍍銅象嵌技法に対して批判がなされた。

ここに、筆者は再度、鉄地金銀鍍銅象嵌技法についてのＸ線透過撮影・材質分析などの科学的研究の成果を踏まえて批判に答えたい。

2　鉄地金銀鍍銅象嵌技法

法住寺殿跡の鍬形と轡は、発見当時は全面が鉄錆に覆われていたものの、発掘を担当された片岡肇氏が僅かの銅緑青錆を見いだされ、調査と保存処理を元興寺文化財研究所に依頼された。同研究所でＸ線透過写真を撮影したところ、うっすらと左右対称形に配置された雲龍文が写し出され、この文様が象嵌技法による加飾か、平文・平脱技法による加飾かが議論され、破損部の断面や表出した一部の文様部分をＸ線マイクロアナライザーで元素分析するなどによって象嵌技法であることを確認することができた。さらに轡のＸ線透過写真撮影による飛鶴文の確認やＸ線マイクロアナライザーによる元素分析、元素マッピング分析によって鉄地金銀鍍銅象嵌技法であることを確認した。

この技法が金属装飾技法として平安時代において確立されていたものか否かについてはその後約１０年をかけて全国に散在する資料を渉猟することによって確実性を高めることができた。

すなわち、鉄地に文様の輪郭を深く鏨彫りしたのち、文様内を浅く削り、銅板切り抜いた文様をはめ込んで固定したのち、銅板文様の表面を金銀鍍金するという技法である。

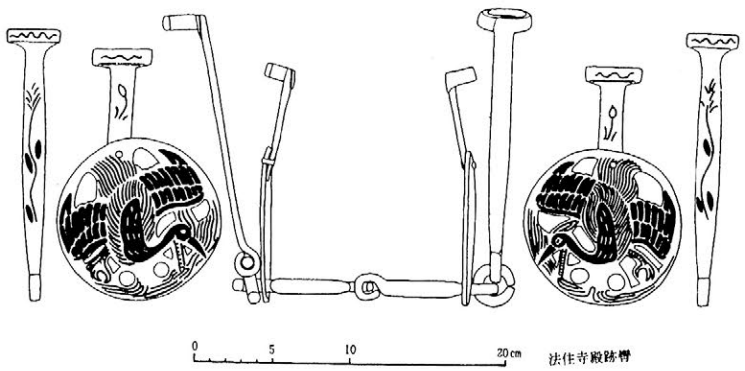
3　久保智康氏の批判

久保智康氏は、上述の「鉄地に文様の輪郭を深く鏨彫りしたのち、文様内を浅く削り」の方法について、文様の輪郭を深く鏨彫りした痕跡が１、２カ所に見えるのみで厳密な技法とは言いがたいと指摘されている。しかし、法住寺殿の鍬形・轡のＸ線写真を細かく観察すると、文様の輪郭が文様の内部よりより明るく写し出されていて、この部分が深く彫られ銅象嵌が厚い部分であることを示している。大山寺厨子銘板のＸ線透過写真にも同様の状況が見いだされる。志羅山遺跡轡のＸ線透過写真にも同様に平象嵌部分の輪郭がより

明るく映しだされている。また、清水寺鍬形、八代神社鍬形、平等院阿弥陀堂扉留金具、手向山神社壺鐙、大山寺厨子銘板の象嵌文様の剝落部分に明確に見ることができる。平象嵌技法が糸象嵌技法の発展形態であり、かつ象嵌した文様銅板を確実に固定するために、輪郭を深く彫っておくことは必要不可欠であったと言えよう。さらに、鎌倉時代以降の春日大社鉾、熊野速玉大社鉾にも同技法が確認でき、遺品は少ないものの鉄地金銀鍍銅象嵌技法が確立されていたことは十分に認めうる。

4 結 論

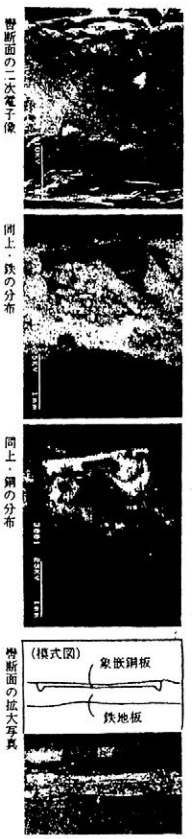
以上のように、平象嵌の遺品を肉眼観察し、X線透過写真や組成分析による調査・分析をおこなった結果からは、以前と同様の結論に達した。平安時代の平象嵌の起源について筆者は平文・平脱技法の影響のもと日本独自の技法として創造され、発展したものと考えている。



法住寺殿跡轡

手向山神社壺鐙

大山寺厨子銘板(右上1枚目、左上3枚目、右下4枚目、左下は文字の現状と同一部のX線写真)



法住寺殿跡　轡のX線マイクロアナライザー分析および断面拡大写真

長野県野尻湖遺跡群出土の黒曜石製石器の産地推定

望月　明彦(沼津高専)　○菅沼　圭(同)
大竹　憲昭(長野県埋蔵文化財センター)、谷　和隆(同)

1. はじめに

長野県信濃町の野尻湖周辺には、多くの旧石器時代の遺跡が存在する。特に、野尻湖の西側では発掘調査が多く行われ、旧石器時代後期の遺跡が多数検出されている。分析試料は、上信越自動車道建設に伴って行われた長野県埋蔵文化財センターによる発掘調査で出土した黒曜石製石器約 13,000 点である。

2. 分析法と産地推定法

分析はエネルギー分散蛍光 X 線分析で、セイコーインスツルメンツ SEA-2110L 蛍光 X 線分析装置を用いた。

測定の結果得られた各元素の X 線強度を用いて、以下の指標を算出し、判別図法と判別分析により各試料の産地を推定した。

元素記号を各元素の蛍光 X 線強度を表すとし、Sum=Rb+Sr+Y+Zr とする。

Rb 分率=Rb×100/Sum　　Sr 分率=Sr×100/Sum　　Zr 分率=Zr×100/Sum

Mn×100/Fe　　log(Fe/K)

3. 推定結果

風化などの理由から産地推定不能であった試料を除いて、12642 試料を産地推定した。野尻湖遺跡群に最も近い和田エリアの黒曜石が最も多く使われていることは，全遺跡に共

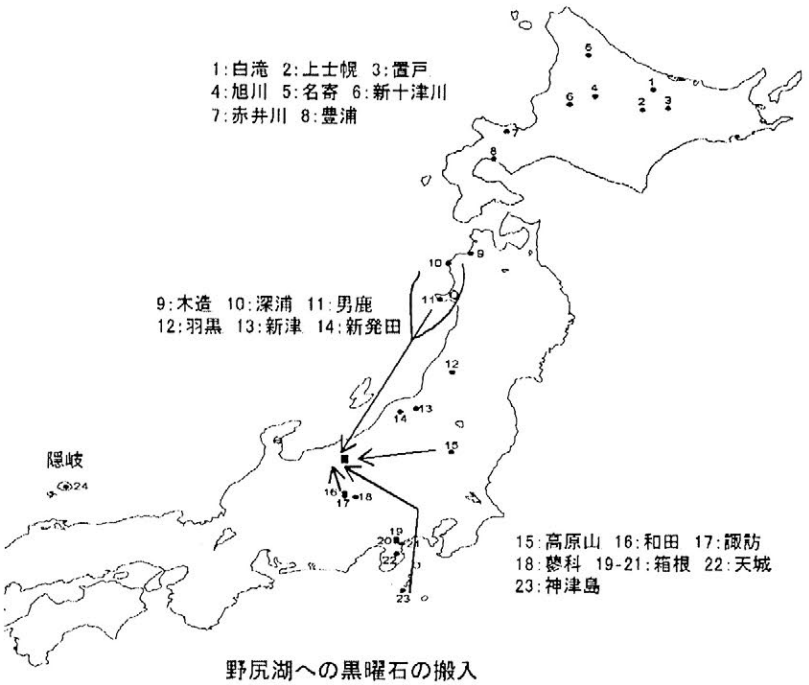
表 1 野尻湖遺跡群出土黒曜石製石器の産地組成(試料数)

遺跡名		貫ノ木	日向林B	東裏	上ノ原	大久保南	西岡A	裏の山	七ツ栗	大平B	日向林A
推定試料数		4643	3495	986	314	493	456	1639	35	43	52
和田エリア (WO)	ぶどう沢群	5		8	1		1				
	高松沢群	23		12	1			1			
和田エリア (WD)	鷹山群	1884	2866	683	127	455	257	1489	31	36	43
	小深沢群	384	487	18		4	15	65		1	
	土屋橋北群	114	35	26	1		1	14			
	土屋橋西群	188		42	1	4	8	22	2		3
	土屋橋南群	116		10		1	3	2	1		1
諏訪エリア	星ヶ台群	1754	34	175	8	27	117	45	1	2	
霧科エリア	冷山群	171	72	10	172	1	51	1		1	
	双子山群	3	1		1		1				
神津島エリア	恩馳島群				1						
高原山エリア	甘湯沢群						2				
男鹿エリア	金ヶ崎群			2	1						4
深浦エリア	八森山群	1				1					1
木造エリア	出来島群									3	

通している。AT下位出土の日向林B遺跡，大久保南遺跡ではほとんどが和田エリアである。

最も多くを分析した貫ノ木遺跡では，諏訪エリアの黒曜石もほぼ同数用いられるが、文化層と石器集中(ブロック)の違いを反映している。AT 下位では和田エリア，上位では諏訪エリアが用いられる傾向がある。蓼科エリアの黒曜石はあまり利用されていない。南関東や富士山南麓、箱根西麓とは利用産地に地域差がある。

わずか 16 試料のみではあるが，野尻湖からは遠く離れた産地の黒曜石が検出された。東北の黒曜石として，木造出来島群 3 点，深浦八森山群 3 点，男鹿金ヶ崎群 7 点，その他，栃木県の高原山甘湯沢群 2 点，伊豆七島の神津島恩馳島群 1 点である。最も遠い出来島までは直線距離で約 500km である。東北の産地はすべて海岸で黒曜石を採取できる場所であり、内陸の産地の黒曜石は検出されなかった。舟などによる海上運搬の可能性も想定される。



野尻湖への黒曜石の搬入

表 2 野尻湖遺跡群出土遠隔産地黒曜石製石器の産地推定結果

分析番号	遺物番号	石器属性	遺跡	判別図	判別分析					
		器種		判別群	候補1	候補2	距離1	距離2	確率1	確率2
MOK-458	859	MC	大久保南	深浦八森山群	深浦八森山群	隠岐箕浦群	0.87	225.35	1	0
MUE-32	45	CO	上ノ原	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	0.66	172.85	1	0
MUE-62	281	MC	上ノ原	神津島恩馳島群	神津島砂糠崎群	神津島砂糠群	8.49	25.21	1	0
MUE-284	12	MC	上ノ原	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	2.2	201.57	1	0
MHU-18	405	SC	東裏	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	5.28	148.47	1	0
MKN-3760	235	RF	貫ノ木	深浦八森山群	深浦八森山群	隠岐箕浦群	2.91	276.59	1	0
MNA-60	112	PF	西岡A	高原山甘湯沢群	高原山甘湯沢群	旭川春光台群	6.32	57.33	1	0
MNA-423	86	FL	西岡A	高原山甘湯沢群	高原山甘湯沢群	旭川春光台群	2.05	72.74	1	0
MOD-1	1731	CO	大平B	木造出来島群	木造出来島群	羽黒今野川群	10.99	55.7	1	0
MOD-2	1732	CO	大平B	木造出来島群	木造出来島群	羽黒月山群	15.39	43.6	1	0
MOD-3	1735	CO	大平B	木造出来島群	木造出来島群	羽黒今野川群	13.95	49.29	1	0
MHTA-37	42810	TR	日向林A	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	1.9	155.05	1	0
MHTA-40	48466	TR	日向林A	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	4.7	190.3	1	0
MHTA-42	42852	UF	日向林A	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	5.42	128.36	1	0
MHTA-45	48457	UF	日向林A	深浦八森山群	深浦八森山群	隠岐箕浦群	2.68	251.6	1	0
MHTA-49	48481	UF	日向林A	男鹿金ヶ崎群	男鹿金ヶ崎群	男鹿脇本群	4.11	764.05	1	0

蛍光X線分析による東北・北陸地方の黒曜石産地の判別

望月明彦[1]・○高橋章太[1]・佐々木繁喜[2]
1)沼津工業高等専門学校　2)宮城県立迫桜高校

目的

当研究室ではこれまで北海道、中部関東、九州地方を含めた黒曜石産地からの原石を、蛍光X線分析を用いて判別し、遺物試料に応用してきた。本研究では今までの成果をふまえ、新たに東北・北陸地方産出の黒曜石を分析し、測定結果から算出される指標を用いて、簡単なプロットによる産地の分類を試みる。

分析試料

原石試料を採取したのは，青森県では深浦町六角沢(3)・岡崎浜(36)・八森山(5)・日和見(3)・深浦公園(3)、木造町出来島(34)、小泊村折腰内(8)、岩手県では雫石町小赤沢(25)、水沢市折居(70)、花泉町田ノ沢(53)、秋田県では男鹿市脇本(113)・金ヶ崎温泉(36)、山形県では西川町月山荘付近(30)、朝日村大網川(5)・田代沢(18)、櫛引町中沢(18)、羽黒町今野川(9)、宮城県では宮崎町湯ノ倉(54)、色麻町根岸(48)、仙台市秋保町上蔵(54)、塩竈市塩竈漁港(22)、新潟県では新津市金津(31)、新発田市板山(36)、佐渡真光寺(5)・佐渡金井二ツ坂(5)の合計25カ所で、全部で724点を分析した。

実験方法

適切な試料面を得るため、分析試料はすべてハンマーで割り、新しく生じた新鮮面を Seiko Instruments エネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA-2110L で測定した。分析条件は以下の通りである。

測定条件　電流：自動設定　　電圧：50kV　　管球：ロジウム
　　時間：500秒　　雰囲気：真空　　照射径：10mm

産地分類法

測定によって得られた各元素の蛍光X線分析スペクトル強度をもとに以下の指標を計算し、それらを用いて判別図を作成した。(各元素記号はそれぞれの強度を示す)

- 判別図1 (Rb分率)
  - x軸　Rb×100 ／ (Rb＋Sr＋Y＋Zr)
  - y軸　Mn×100 ／ Fe
- 判別図2 (Sr分率)
  - x軸　Sr×100 ／ (Rb＋Sr＋Y＋Zr)
  - y軸　log(Fe/K)

結果と考察

図1では一部重複する産地があるが、図2を併用することでそれらの分類は可能となり、2つの判別図により東北・北陸地方の25の産地は19の群に分類することができた。また、多変量解析を用いても判別図を用いた結果と同様の効果が確認された。

すでに、蛍光X線分析法の結果から判別図法・判別分析を用いて、北海道、関東・中部、隠岐、九州の黒曜石産地について産地分類がなされている。東北・北陸の産地分類が可能となったことから、全国のほとんどの黒曜石産地の原石の分類ができ、遺跡から出土する石器について信頼性の高い産地推定が可能となった。

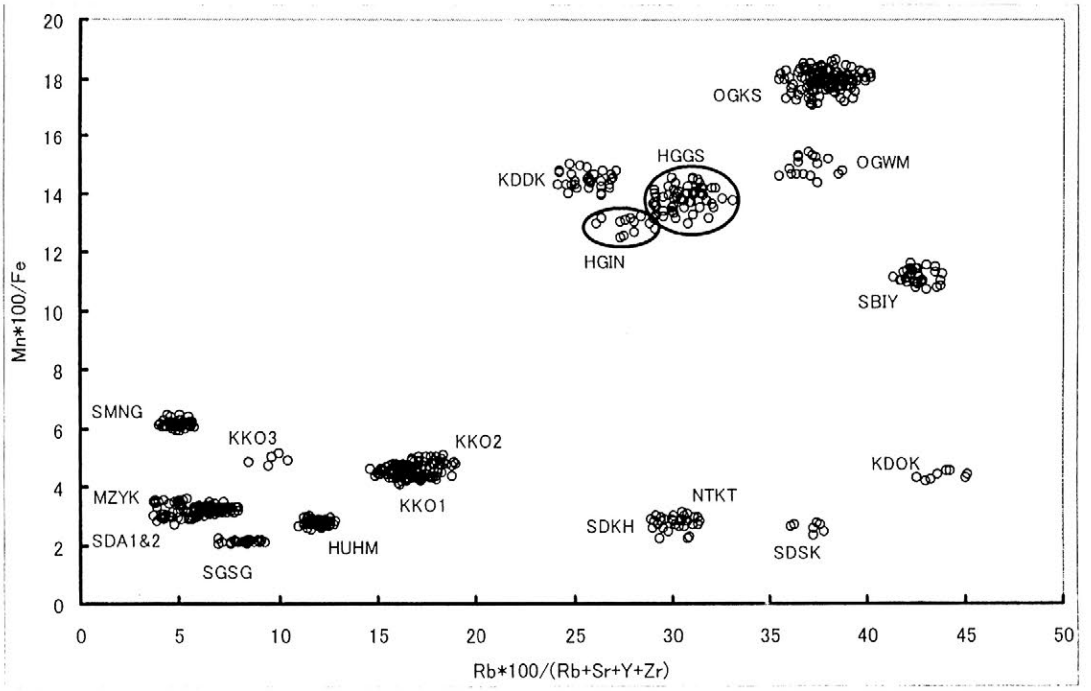


図1　Rb 分率を用いた判別図

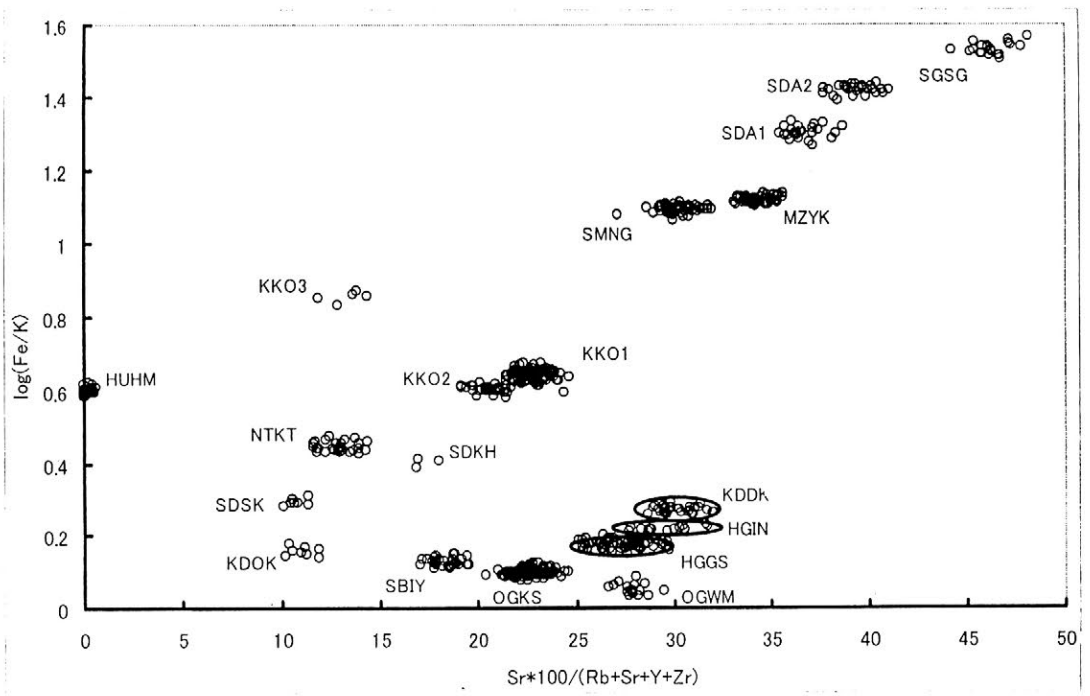


図2　Sr 分率を用いた判別図

KDDK：出来島群・HUHM：八森山群・KDOK：折腰内群・OGKS：金ヶ崎群・OGWM：脇本群
HGGS：月山群・HGIN：今野川群・NTKT：金津群・SBIY：板山群・SDSK：真光寺群 SDKH：金非二ッ坂群
KKO：北上折居群・MZYK：湯ノ倉群・SMNG：根岸群・SDA：秋保群・SGSG：塩竈群

蛍光X線分析による九州地方の黒曜石の検討(3)

○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方の原石産地から採集した黒曜石の蛍光X線分析値を用い、考古遺跡から出土する黒曜石の産地分析をすること、同黒曜石の岩石学的な特徴と産状の地質学的背景を把握することにある。

分析試料

次の2グループの黒曜石・ガラスに注目し分析値に検討を加えた。

1：大分県日田郡天瀬町伍馬大坪遺跡（先土器時代の層準）、阿蘇象ケ鼻遺跡（縄文時代の層準）の出土遺物石片にみる阿蘇火砕流に伴うとみられる黒曜石・ガラスの検討。

原石産地不明としてきた黒曜石石片の中、表面が厚い明茶褐色の風化層に被われるが、破断面は漆黒で細かな凹凸をみせる特異な黒曜石、脱ガラス作用を受けやや多孔質で灰黒色の杖木原タイプの黒曜石に注目した。これら2種の黒曜石が類似した化学組成をみせる阿蘇の火砕流Aso-1～Aso-4のどの火砕流にみられるガラス（固化した軽石、偏平化した黒いガラス質レンズ、黒色ガラス、黒曜石）を素材として使用しているかを検討した。

2：長崎県針尾島原石産地にみる黒曜石の多様性についての検討。

分析方法・産地分類

従来の測定条件で、蛍光X線スペクトル強度に基づき、望月(1997)の指標により判別した。

結果

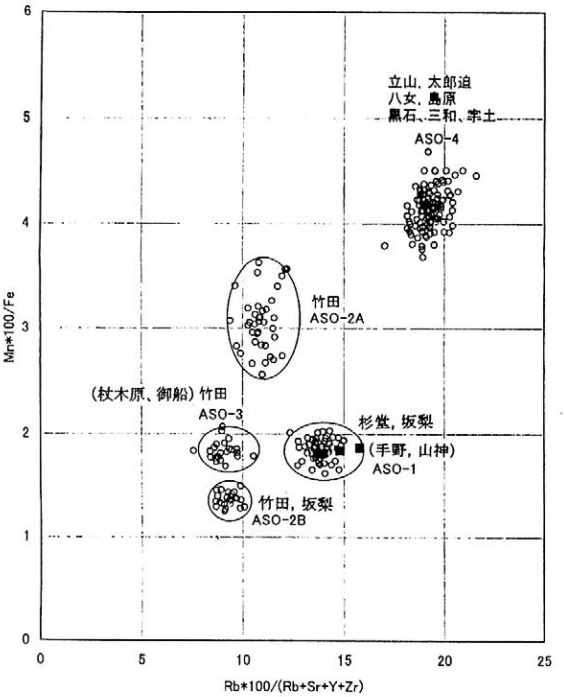
1　下位からAso-1,-2,-3,-4と呼ばれる阿蘇火砕流の主体は溶結凝灰岩で強溶結部には多くの黒曜石レンズを含む。下記のfission track 年代（岡田,1978)が測定されている黒曜石と同層準の溶結凝灰岩中の黒曜石を分別分析試料とした。各火砕流中の黒曜石のfission track 年代（$\times 10^5$ 年）と同試料の採取地点、今回の分析試料の採取地点は次のとおりである。Aso-4 :0.29 ±0.14y(大分犬飼）－太郎迫・宇土・黒石等、Aso-3:1.03±0.42y(大分竹田）－竹田、Aso-2:1.54±0.42y(阿蘇坂梨）－坂梨・竹田、Aso-1:2.60±0.76y(熊本西原杉堂）－坂梨・杉堂

結果は、図1、2の分類1、2のように、Aso-1,-2,-3,-4の各火砕流にみる黒曜石・ガラスの化学組成は異なる5つのグループに峻別された。

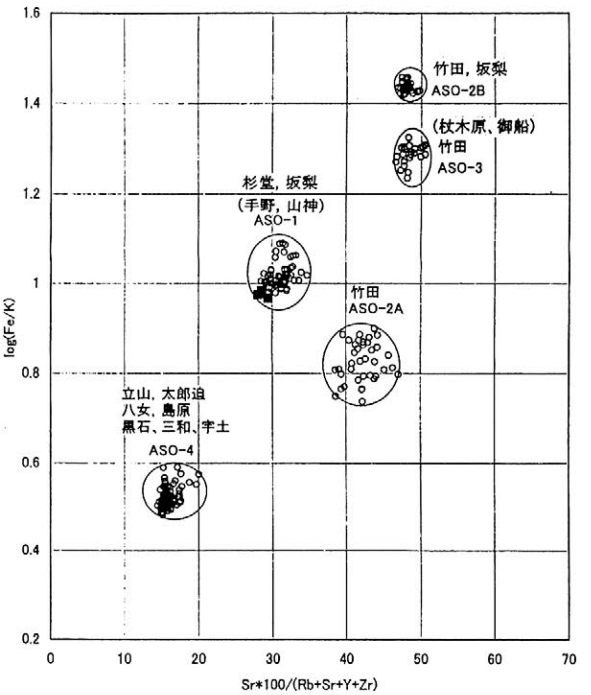
伍馬大坪遺跡と阿蘇カルデラ東縁の象ケ鼻遺跡から出土した、表面が茶褐色に風化された漆黒の黒曜石の分析値（■印）はAso-1 の化学組成と合致した。象ケ鼻遺跡直下の山田地区山神登るの阿蘇カルデラ壁にみる黒曜石の分析値もAso-1 の化学組成と合致したことから、この黒曜石が両遺跡に供給された可能性が強い。従来阿蘇火山起源の黒曜石・ガラスとした手野の原石の化学組成はAso-1 に合致した。杖木原・御船タイプの黒曜石の化学組成はAso-3 と合致したことから、これらは河川によって火砕流Aso-3 から洗い出されたとみられる。

2　長崎県針尾島にみられる黒曜石は、従来針尾島A、針尾島Bとしてきたが、針尾島田ノ上地区他の黒曜石を含めた今回の分析値は、図3、4の判別図1、2のように11の群に区分され

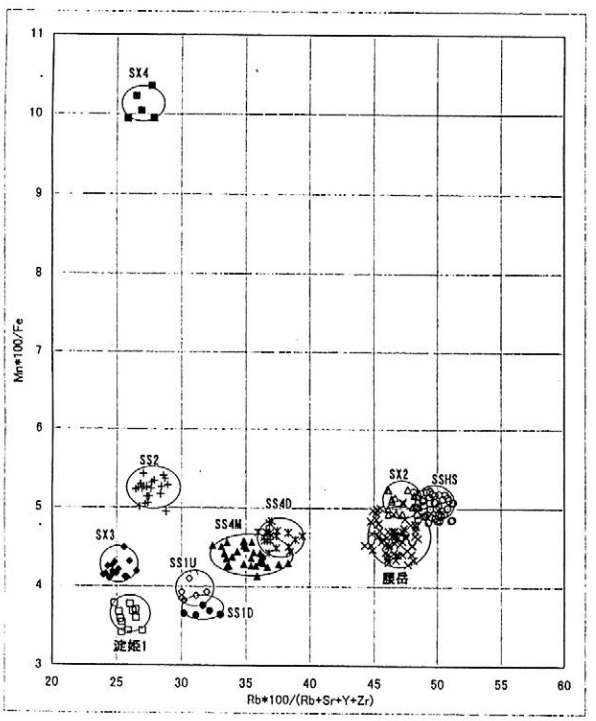
る。この中に腰岳、淀姫の黒曜石と分析値が類似するものがみられる等、分析値が比較的良いまとまりをみせる九州地方の黒曜石の中にあって、分析値の拡散は注目される。



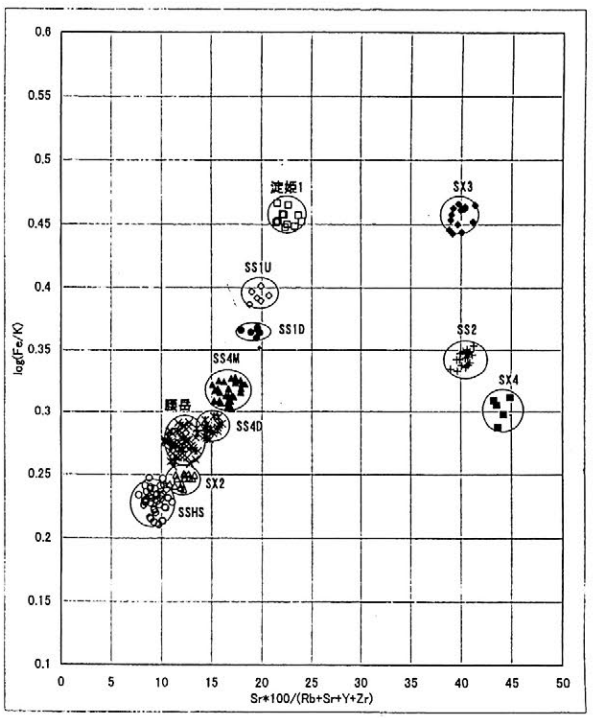
阿蘇火砕流中の黒曜石・ガラスの分類1



阿蘇火砕流中の黒曜石・ガラスの分類2



針尾島産黒曜石の判別図1



針尾島産黒曜石の判別図2

鹿児島県における石器石材の帯磁率測定

○池畑雅史（鹿児島大学農学部）・山口一裕（岡山理科大学理学部）

はじめに

近年，考古学調査に自然科学的手法が頻繁に取り入れられてきた．その手法としてふさわしいものは，文化財としての遺物をなるべく壊さずに，かつ正確に測定できる手法であると考える．帯磁率測定は窯跡や炉跡などの遺跡調査の方法としてよく知られている。また，非破壊でかつ迅速に試料の磁気的性質を測定できるため，その他の考古学分野でも応用できると考えられる。

鹿児島県内の遺跡からは，安山岩と頁岩とを肉眼観察で判別しにくい石器が出土する．帯磁率測定は，これらを容易に判別する自然科学的手法として有効であるといえる．また，鹿児島県内には黒曜石産地が存在し，中でも上牛鼻・平木場で産出する黒曜石は高い帯磁率を示すことがわかった．黒曜石の産地推定のために産地ごとの元素組成の特徴については詳細に検討されてきたが，黒曜石の帯磁率についてはあまり検討されていない。

本調査は，南九州において石器石材に利用されたと考えられる九州各地の黒曜石と安山岩，頁岩の磁気的特徴を明らかにするため，各原産地試料の帯磁率を測定した。そして，各原産地試料の帯磁率の原因究明を行うとともに，鹿児島県内の遺跡における石器石材組成を調査するために遺物の帯磁率測定を行った．

実験概要

黒曜石と安山岩，頁岩の原産地試料は図 1 に示す地点で採取したものを測定した．遺物試料は，鹿児島県立埋蔵文化財センターの協力により，猿引遺跡（鹿児島県日置郡東市来町）の石器 299 点を測定した．

図 1 原産地試料採取地点

帯磁率計は WSL-B 帯磁率計（田中地質コンサルタント製）を使用した。また，各原産地試料の帯磁率の原因究明を行うために，顕微鏡観察，粉末 X 線回折，蛍光 X 線分析を行った．

結果と考察

図 2 に原産地試料の帯磁率測定結果を示す．黒曜石の帯磁率は 2.9×10^{-4}～3.8×10^{-3}SI の範囲にある．ただし，上牛鼻・平木場産黒曜石の帯磁率は 1.1×10^{-2}～5.7×10^{-2}SI の範囲にあり，他産地の黒曜石よりも高い．また，針尾中町産黒曜石の帯磁率は 1.0×10^{-3}～8.5×10^{-3}SI の範囲にあり，姫島産黒曜石の帯磁率は 0SI であった．安山岩の帯磁

率は 1.3×10^{-3}～3.5×10^{-2}SI の範囲にある．それに対して，頁岩の帯磁率は 2.2×10^{-4}～7.0×10^{-4}SI の範囲にあった．

蛍光 X 線分析によって各原産地試料の Fe 含有量を分析した．ほとんどの黒曜石の Fe 含有量は約 1.28%であるのに対し，上牛鼻・平木場産黒曜石の Fe 含有量は約 4.64%，針尾中町産黒曜石の Fe 含有量は約 1.72%，姫島産黒曜石の Fe 含有量は約 1.23%であった．安山岩の Fe 含有量は約 5.10%であるのに対し，頁岩の Fe 含有量は約 6.17%であった．

上牛鼻・平木場産黒曜石は，他産地の黒曜石と比較すると帯磁率，Fe 含有量ともに高い。顕微鏡観察によって磁性鉱物を多く含むことがわかり，それが原因で高帯磁率を示している。粉末 X 線回折によると，その磁性鉱物は磁鉄鉱またはマグヘマイトであると考えられる．

頁岩と安山岩の各 Fe 含有量はほぼ同じだが，それぞれの帯磁率は大きく異なる．この原因は，安山岩中の Fe は磁鉄鉱のような強磁性鉱物に含まれるが，頁岩中の Fe は常磁性鉱物に存在しているためと考える．

猿引遺跡の石器石材組成について，肉眼観察と帯磁率によって調査した．黒曜石 256 点を帯磁率によって分類した結果，上牛鼻・平木場産黒曜石は 200 点，それ以外の産地の黒曜石は 45 点あることがわかった．また，ハリ質安山岩と頁岩とを肉眼観察で判別しにくい遺物が 3 点あったが，帯磁率により 3 点とも頁岩であることがわかった．

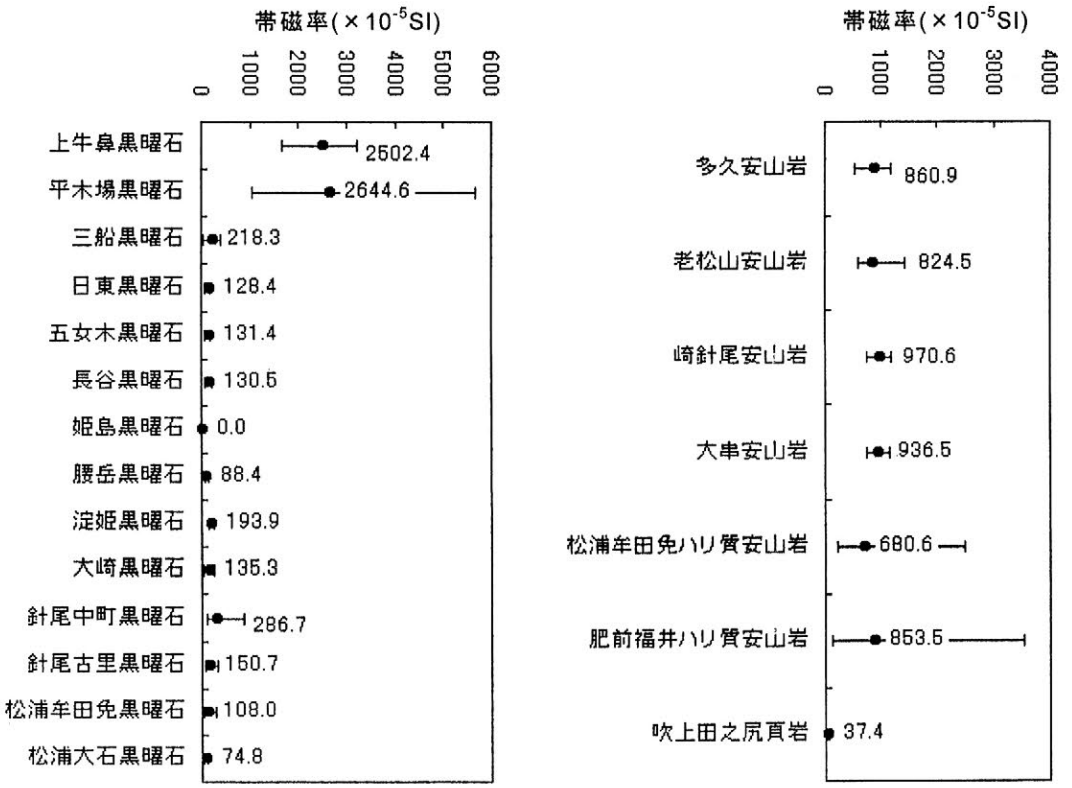


図 2 原産地試料の帯磁率測定結果

（左に黒曜石，右に安山岩・頁岩の結果を示す．バーはレンジ，数字は帯磁率平均値を示す）

原産地遠隔地における黒曜石石材の流通・交換に関する基礎的研究
－縄文時代中期東京都目黒区大橋遺跡の事例－

○建石　徹（東京芸術大学）・二宮修治（東京学芸大学）

1．目的

近年の石器研究では、変形論（reduction theory）導入の動向等、石器石材の獲得から石器製作、使用、（再生）、廃棄に至る一連の過程をライフサイクル論的に捉える研究の中からいくつかの興味深い成果が報告され出している。しかし、この動向と縄文時代黒曜石原産地推定研究の距離は甚だ遠い現状である。縄文時代遺跡は、①竪穴住居跡等多くの遺構が存在するため「一括資料」に関する詳細な議論が可能である点、②土器等他の文化要素との比較検討が実施しやすい点、の二点において、本邦旧石器時代遺跡と比べて黒曜石原産地推定研究の結果にもとづいた考古学研究を推進する上で恵まれた資料条件にあることが一般的である。しかし、縄文時代資料を対象にした黒曜石原産地推定研究の現状は、抽出すべき遺跡情報が多すぎて研究目的が分散するためか、この利点を活かし切れず、その結果、当該研究と土器研究や集落研究等が有機的に結びつかないことの方がむしろ多い。この傾向は黒曜石原産地より比較的遠隔地にある南関東地域においても顕著である。

本研究では、これらの各隙間を埋める研究モデルづくりを目指し、東京都目黒区大橋遺跡（縄文時代中期加曽利Ｅ３式中心）出土黒曜石資料（建石・二宮 1998）について、先の縄文時代遺跡における二つの研究上の利点を活かした検討を実施する。これにより、当該期の黒曜石石材の流通・交換に関する基礎的情報を得ることを目的とする。

2．大橋遺跡および分析資料（試料）の概要

大橋遺跡は、東京都目黒区大橋 2-17、武蔵野台地東端の目黒台地上に立地する。第１次調査（1983 年度）、第２次調査（1993 ～ 1995 年度）により縄文時代中期環状集落跡のほぼ全域が発掘調査された（目黒区大橋遺跡調査会 1998 他）。検出遺構は、竪穴住居跡 89 基、土坑 271 基等大半が縄文時代中期加曽利Ｅ式（特に加曽利Ｅ３式）期の所産である。

出土縄文土器の総量は 17 万点以上、大半が加曽利Ｅ３式を中心とする中期土器群である。剥片類を含む石器資料は７千点以上、このうち黒曜石資料は４千点以上を数える。黒曜石原産地推定分析を実施した資料はこのうち黒曜石資料を比較的多く出土し、かつ帰属時期が明らかな遺構より出土した 374 点（14 遺構分）である（建石・二宮 1998）。この結果、大半の資料を加曽利Ｅ３式期（一部加曽利Ｅ４式期）の所産と考えられる竪穴住居跡覆土中から採取することとした。

3．竪穴住居跡「一括出土資料」の器種分類と原産地推定結果との相関

黒曜石原産地推定の方法は、エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析法で、主成分８元素（Si、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K）と微量成分を含む６元素（Fe、Ca、K、Mn、Sr、Rb）の存在量比を測定、算出し、原産地採取の原石データと比較する方法によった。建石・二宮（1998）に示した 374 点の概要と、特に興味深い結果を得た６遺構（計 212 点）の竪穴住居跡「一括出土資料」の器種分類と原産地推定結果との相関を抜粋して示す。

分析試料総計（374点）
石核　（星ヶ塔5点、男女倉1点）
剥片類（星ヶ塔290点、小深沢1点、神津島41点、不明1点）
石器類（星ヶ塔26点、男女倉2点、神津島7点）

・星ヶ塔産が特に卓越する事例

ＳＪ40号住（計81点）
石核　（星ヶ塔2点）
剥片類（星ヶ塔73点、神津島1点）
石器類（星ヶ塔5点）

ＳＪ17号住（計31点）
石核　（0点）
剥片類（星ヶ塔25点、神津島6点）
石器類（0点）

・石核や石器類に特徴的な傾向が認められる事例

ＳＪ32号住（計25点）
石核　（0点）
剥片類（星ヶ塔14点、神津島8点）
石器類（神津島3点）

ＳＪ47号住（計28点）
石核　（星ヶ塔2点）
剥片類（星ヶ塔24点）
石器類（神津島2点）

ＳＪ24号住（計42点）
石核　（0点）
剥片類（星ヶ塔32点、神津島5点）
石器類（星ヶ塔5点、男女倉2点）

ＳＪ39号住（計5点）
石核　（男女倉1点）
剥片類（星ヶ塔3点、神津島1点）
石器類（0点）

大橋遺跡・加曽利Ｅ3式期出土黒曜石資料の原産地推定分析の結果、多くの遺構で信州産、特に星ヶ塔産黒曜石が多く認められ、神津島産黒曜石が比較的少ないことが理解できる。これは武蔵野・多摩地域における当該期の全体的傾向と一致する。

黒曜石資料を石核、剥片類、石器（製品）類に大きく分類し、推定原産地との相関を検討すると、SJ32、SJ47、SJ24号住では石器類（大半が石鏃）の原産地が剥片類、石核の原産地の傾向と異なることが指摘できる。またここには示さないが、遺構内の詳細な出土状況の検討から、これらの出土状況と原産地の相違との間に有意な相関性が認められる事例を確認できた。

4．展望

石器製作時またはその後のある段階で遺跡内に廃棄され、埋没する可能性の高い剥片類と、石鏃等道具としての機能を終えてから遺跡内に廃棄され、埋没する可能性の高い石器（製品）類では、各々の廃棄や埋没の意味、ライフサイクル上のフェイズ（分節）が異なることが予想される。さらに変形論で注目される使用中の再調整や作りかえの問題、未製品や失敗品の問題等が加わり問題は複雑化する。そもそも石鏃等は、集落外での主な利用が想定される以上、集落遺跡出土の剥片類等との単純な比較の是非自体、検討すべきである。従来、竪穴住居跡覆土「一括出土資料」としてまとめられ、特に黒曜石原産地推定研究ではあまり議論されてこなかった黒曜石資料の器種分類や出土状況の検討等と原産地推定結果との相関に関する検討を重ねることは、当該地域における黒曜石石材の流通・交換に関する貴重な情報を提供するものと考える。

P 46

原産地不明石器・玉類の組成分析による使用圏

○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

はじめに

遺物を分析し原材産地が特定できないとき、まだまだ産地分析の研究が完成したとは言えず、産地が特定できなかった遺物も古代人に取っては、産地が特定できた遺物と同じ価値をもっている。そこで産地が特定できなかった遺物の分析場所を変えながら統計処理が可能な回数だけ分析を行い、遺物群をつくり原石群のようにして、出土遺物と比較しその使用圏を求めている。遺物群の歴史は古く２４年前にサヌカイト製遺物のＫ群について、『幻のＫ群原産地を探す会』で四国４県の考古学者が集まったのがきっかけで、発見できた産地で、金山東群である。Ｈ群は広島県飯山群、黒曜石ではＭ、Ｆ群が桑ノ木津留群などが判明している。産地分析を始めた当初から考え出した方法で、今では考古学者の中にも認められた方法である。石器以外に玉類の産地分析にも応用していて、産地不明群の女代南（Ｂ）群の様な全国的に使用圏をもつ不明群の重要性を考古学者に示し、その原石産地を明確にすることを訴え、各地の考古学研究者の協力を求めている。

遺物群と遺物および装置に原因する不明。

遺跡出土遺物の原材産地が特定できない理由は、①遺物の原材に未発見産地の原石が使用されいる場合、②遺物に被熱などの履歴があり異常に風化した場合、③分析遺物試料が非常に薄く平均厚さが１ mm 以下の厚さで、元素の比を取っても形の影響が消去されず、分析値に残った場合などが考えられる。この中で未発見の原石産地の原材が使用されている可能性が高い遺物を用いて、遺物群を作り、同じ組成の遺物群の使用圏を求めている。

石器原材の遺物群

現在までに日本、ロシア、台湾など含めて作った黒曜石原石群は１４９個で、原石の産地が不明の日本、ロシア、北朝鮮の遺物で作った遺物群４７個の合計１９６群である。また、安山岩（サヌカイトなど）では、原石群が６６個で、遺物群が２５個で合計９１個ある。従って、遺物一個について、黒曜石では１９６個の産地分析結果がえられている。遺物群は全体の約四分の一を占めている。各遺物群の使用遺跡を図１に示した。

玉類原材の遺物群

碧玉製玉類の遺物群としては、女代南（Ｂ）群、未定Ｃ群が代表的な遺物群で（図２）、この他岐阜県の長塚第１群と第２群、北海道では札幌市 K15 群、山崎４群、千葉県の下総群、東京都 No.200 遺跡では碧玉製玉群が２個とグリンタフ群として３個、グリンタフでは神奈川県本郷遺跡の玉材で６個の遺物群を作っている。本郷遺跡で使用されたと推測されている、遺跡近くの玉川産グリーンタフ原石と本郷遺跡の６個および東京都の３個の遺物群と比較したが一致する遺物群は確認できなかった。

図１　原石産地不明の黒曜石石材および
サヌカイト・安山岩石材の使用遺跡

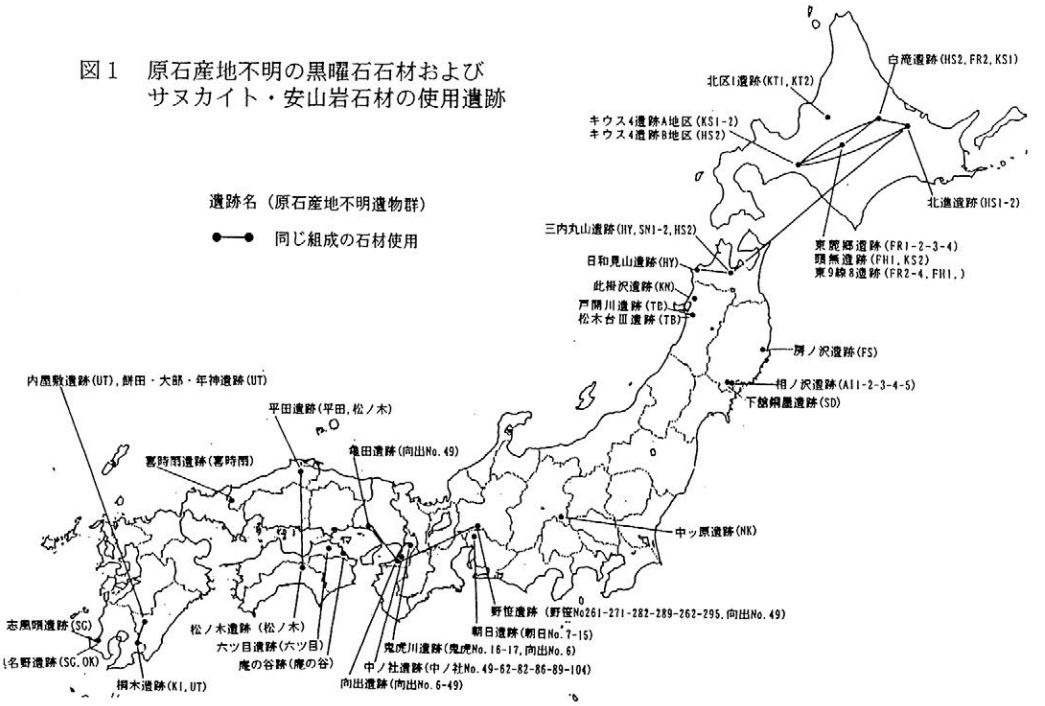
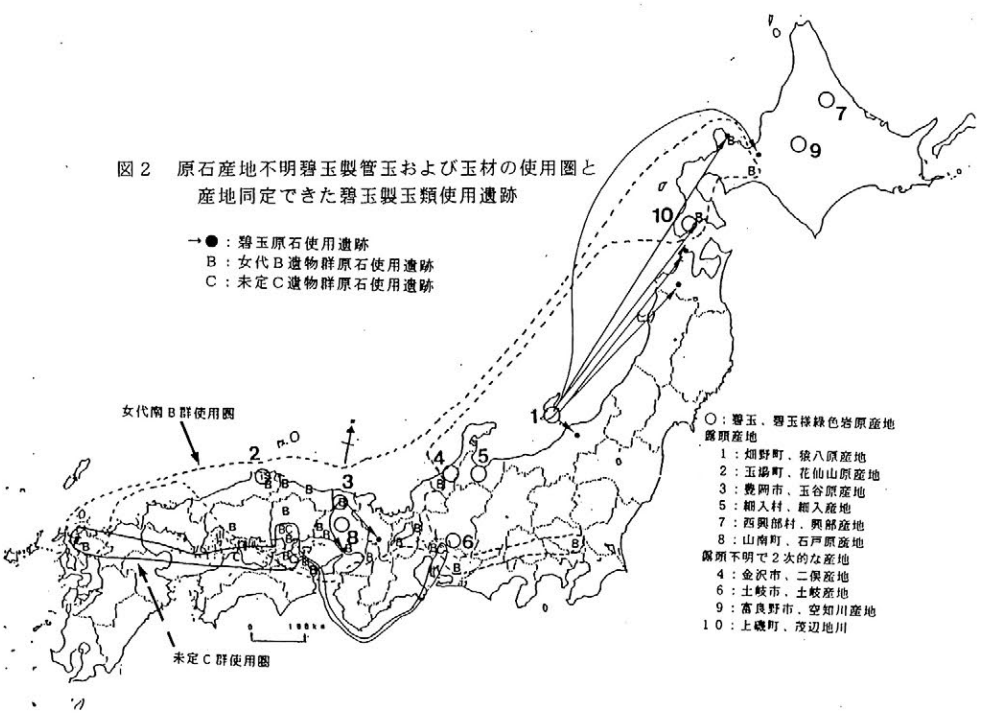


図２　原石産地不明碧玉製管玉および玉材の使用圏と
産地同定できた碧玉製玉類使用遺跡



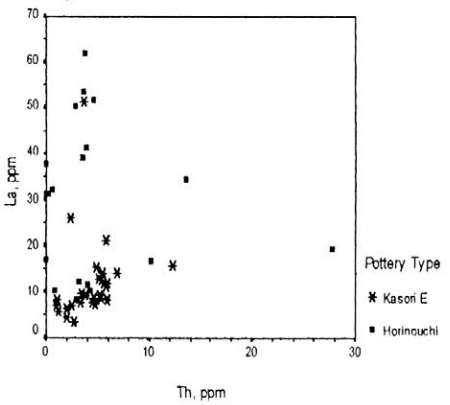
An ICP-MS Study of Jomon Pottery

Mark Hall

Niigata Prefectural Museum of History, Gongendo 2247-2, Sekihara-cho 1, Nagaoka 940-2035, Japan

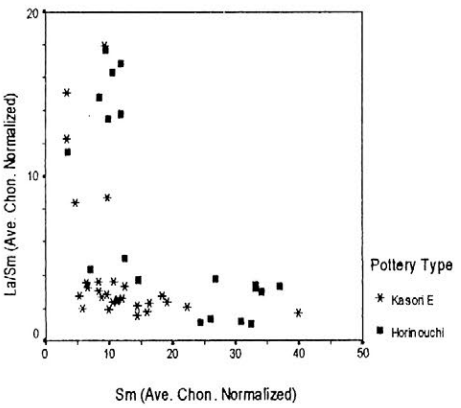
While these compositional studies of prehistoric pottery have used a variety of analytical techniques, only in recent years has inductively-coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) been used to determine the trace element chemistry of prehistoric pottery. The purpose of this preliminary study is to demonstrate the utility of using ICP-MS to determine the trace element chemistry of prehistoric Jomon pottery. For this study, 48 sherds from four sites in the Tokyo Bay area were obtained for analysis. The majority are from the campus of International Christian University (ICU). Twenty-eight sherds are the Kasori E type which date to the later half of the Middle Jomon period (ca. 3500-2400 BC); the remainder are the Horinouchi type which date to the start of the following Late Jomon period (ca. 2400-1000 BC). These sites are located on Pleistocene and Holocene sediments of both marine and fluvial origin.

Figure 1



While ICP-MS can be used to measure a wide range of elements, for many multivariate statistical methods 3 to 5 times the number of cases than variables are recommended. With this in mind, the following elements are considered in this study: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Pb, and Th. These elements are easily measured by ICP-MS with a high level of accuracy and precision.

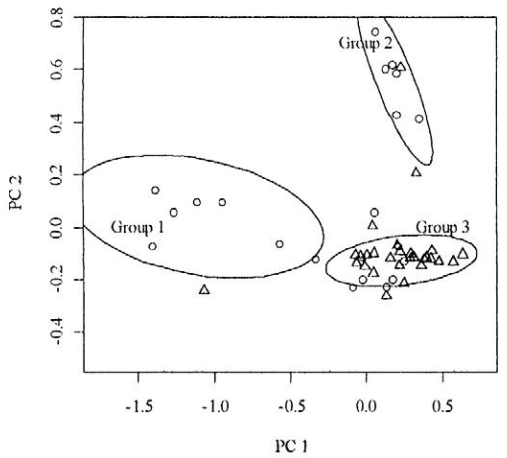
Figure 2



Bivariate plots of several of the elements were examined, looking at site location and the pottery type. Figure 1 is a plot of La versus Th. Visually there appears to be two groups in the data set. A plot of $(La/Sm)_N$ versus Sm_N is also suggestive of two to three groups being in the data set (Figure 2).

Principal component analysis (PCA) was calculated to get a "concise" view of the multivariate data. Before calculating the PC scores, each variable was divided by its range. This scales each variable and gives equal weight to each in the PCA. The PC scores were then calculated using the covariance matrix.

Figure 3



A plot of the first two PC scores, which account for 73% of the total variance, is in Figure 3. The first 5 PCs account for nearly 95% of the variance in the data. The ellipses in Figure 3 are the 95% probability level for three groups found in the data. The initial groups were found in the first 5 PC scores with average and single linkage cluster analysis, and outliers were detected using the minimum volume ellipsoid method (Rousseeuw and van Zomeren 1990). The majority of the Horinouchi pottery samples are in either group 1 or Group 2. The Kasori E pottery samples were confined primarily to Group 3. No noticeable patterns were apparent when looking at Figure 3 in terms of site location. Table 1 lists the mean elemental values and standard deviation for each group.

Table 1	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Dy	Pb	Th
Group 1	31.1± 6.2	78.5 ±7.5	5.68±1.82	43.8±6.8	5.73±1.74	6.82±1.9	3.77±1.8	28.3±3.9	7.03±11.5
Group 2	49.8±7.8	19.1±3.1	2.03±0.33	11.2±1.4	1.99±0.25	1.74±0.39	1.49±0.30	8.00±1.10	3.71±0.51
Group 3	9.51±2.95	23.7±7.5	2.49±0.78	12.5±4.3	2.43±1.42	1.34±0.93	2.35±0.81	12.3±11.9	3.82±1.68

From an archaeological perspective, these geochemical results are quite intriguing. The majority of the Horinouchi sherds, despite being found at the same site yielding Kasori E sherds, appear to be made from different clays and/or tempers. During the Middle Jomon period, site density was exceedingly high in the Kanto region. In the succeeding Late Jomon period, not only were there new pottery styles, but there was also a drastic decline in the number of sites throughout the Kanto region. Archaeologists have suggested that the changes in settlement patterns also indicate social changes. The results here would suggest that for the ICU site complex that: 1) some form of pottery exchange or trade was occurring in the Late Jomon period; or, 2) new sources of clay and temper were being used to manufacture pottery. Increasing the sample size and determining other elements may help resolve this question. In addition, petrography could also provide insights on the tempers used in pottery manufacture.

東京湾岸の縄文中期(加曽利 E 式)及び後期(堀之内式)の土器を試料として ICP-MS による微量元素化学分析を行った。その結果、同じ遺跡で発掘された土器であっても、中期と後期では使われた素材に違いがあることが示され、流通方式の変化もしくは原材料の採取地の変化が生じたことが推測される。

P 48

屋久島横峯遺跡出土縄文土器の胎土分析

○中園聡（鹿児島国際大学）・三辻利一（大谷女子大学）・矢作健二（パリノ・サーヴェイ株式会社）・橋本真紀夫（同）・辻本崇夫（同）・鐘ケ江賢二（九州大学）・金子愛（屋久町教育委員会）

1. はじめに

蛍光X線分析を用いた須恵器・埴輪・瓦等の胎土分析は比較的多く行われており，その有効性は確認されつつあるところである．一方で，同様の方法を用いた縄文土器や弥生土器など低火度焼成の土器の研究は，むしろ立ち遅れていたが，発表者らは近年，九州を中心として分析を行い，弥生土器の生産・流通システムおよび葬送システムの検討など一定の成果をあげつつある．ただし顕微鏡による胎土観察との比較が課題となっていた．

ここでは，縄文時代後期の多数の竪穴住居が検出された，屋久島横峯遺跡から出土した一部の縄文土器について，蛍光X線分析と重鉱物分析の両者を行ったので報告する．

2. 試料

屋久島横峯遺跡から出土した縄文時代後期の土器，18点を分析に供した．型式が明らかなものだけを用いている．大隅・薩摩半島を中心として南部九州に広く分布する市来式土器（8点）と，屋久島周辺の島嶼部に分布する一湊式土器（10点）の2型式である．一湊式の方が若干後出する傾向があるが，両者は存続期間の一部を共有する．

3. 方法

基本的な考古学的観察の後，両分析に用いる適量を同一個体から採取した．両分析はそれぞれ別のラボで独立して実施された．

蛍光X線分析　三辻の方法により実施された．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粉砕した．その粉末試料を内径20mm，厚さ5mmのビニール製リングの枠に入れて約13tの圧力をかけてプレスし，錠剤試料を作成して蛍光X線分析を行った．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．

重鉱物分析　パリノ・サーヴェイにおいて実施された．まずアルミナ製乳鉢で粉砕し，超音波洗浄装置で分散，#250の分析篩を用いて水洗，粒径1/16mm以下の粒子を除去した．乾燥後，篩別した1/4mm～1/8mmの粒子を重液分離（比重約2.96）し，重鉱物のプレパラートを作成した後，偏光顕微鏡下で同定した．同定粒数は250個とした．なお，不透明な粒のうち斜め上方からの落射光下で黒色金属光沢を呈するものを「不透明鉱物」，それ以外の不透明粒及び変質等で同定不可能な粒子は「その他」とした．

4. 結果と考察

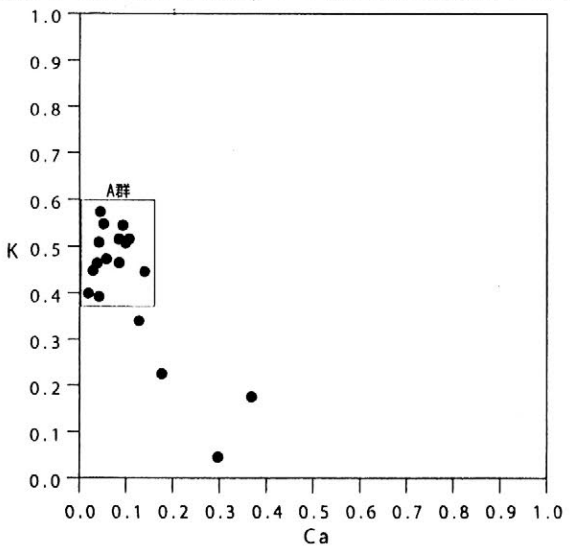
蛍光X線分析　K-Ca，Rb-Sr両分布図の視察等から，よくまとまって分布するもの（A

群）と，集団からやや外れるものがあることがわかる．A群は，事前の考古学的観察と比較すると，一湊式のすべてが包含されており，市来式のうち半数の4点も含まれている．これらはいずれも表面に多くの黒雲母が観察されたものである．一方，A群を外れる残り4点はいずれも市来式であり黒雲母がほとんど観察されていない．元素分析の結果と考古学的観察結果とは一致しているといえる．A群は在地系である一湊式のすべてが包含されていることや，まとまりがよい点などからみて，在地製作のものであることを示唆する．なお，全試料に共通してFe量が多い．

重鉱物分析　斜方輝石，単斜輝石，角閃石，電気石，不透明鉱物が検出された主な重鉱物である．また微量のジルコン，黒雲母，ザクロ石，紅柱石なども試料によっては認められる．これらの存否や量比からa～e類の5つに分類した．そのうちでもっとも多いa類はさらに4つに細分される（a1～a4類）．一湊式10点のうち，9点がa類（a1・a3・a4類），1点がd類である．一方，市来式8点のうち，4点がa類（a2類）であるが，他の4点はb・c・e類である．

屋久島の地質の主体は，新第三紀に貫入した花崗岩の岩体（屋久島花崗岩）であり，島の周囲に貫入された中生代の四万十帯，周縁部に第四紀の海岸段丘を構成する砂礫層と表層の火山灰土層が認められる．以上の地質環境から，主体をなすa類は屋久島の胎土の可能性が高い．それは一湊式10点のうち9点を占めることと調和する．残り1点はd類であるが，それも在地性を示す可能性がある．市来式のうち半数の4点はa類（a2類）であり，在地製作の可能性が考えられる．なお，a類の中でも市来式のみが一様にa2類であることは，一湊式との間で採取地あるいは胎土調整法の微妙な差があることを示す可能性がある．市来式のうち残りの半数は島外からの搬入の可能性が考えられるが，その当否は今後の分析例の蓄積をまたなければならない．

両分析の比較　蛍光X線分析のA群は，重鉱物分析のa群（およびd群）に一致する．A群から外れた4点は，いずれも重鉱物分析ではa類に属さないものに該当する．したがって，両分析の結果は重要な一致をみているといえる．



蛍光X線分析によるK-Ca分布図

今後，本遺跡の重鉱物分析を継続し，諸類型の安定性の検討や，a類中の細別類型の意味するところの検討などが必要であろう．あわせて薄片観察や，島内各地の表層堆積物の調査などを進めていく必要があろう．また，南部九州地域の当該時期の胎土分析を蓄積する必要がある．

また，縄文土器と弥生土器について，蛍光X線分析と顕微鏡観察双方の比較研究をさらに進めていく予定である．

P 49

吉野ケ里遺跡出土弥生土器の胎土分析

○鐘ヶ江　賢二（九州大学）　三辻　利一（大谷女子大学）
中園　聡（鹿児島国際大学）　渋谷　格（佐賀県教育委員会）
上野　禎一（福岡教育大学）

1．はじめに

弥生土器研究において，型式学的分析に基づく編年研究は年々精緻さを増してきており，地域間の比較によりその交渉のありかたに対して新たな見解も出されてきている。しかし，主に形や文様などの属性に基づく型式学的な分析のみでは解明しにくい問題，すなわち集落内の土器生産単位や流通の把握，粘土や混和材の選択，発色に関わる焼成技術などに対しては，従来の考古学的手法に加え，自然科学の研究成果をはじめとするさまざまな手法を積極的に取り入れることで，弥生土器文化の特質の把握にむけて新たな視野を加えることができる可能性がある。

そこで，今回弥生時代の大型集落として注目を集める吉野ケ里遺跡出土土器を対象として，土器の生産と流通のありかた，特定の粘土の選択や焼成技術などがもたらす様式的意義などを理解することを目的とし，胎土分析を行ったので報告したい。

2．方法

中期から後期にかけての土器から，主に口縁部付近や胴部付近から試料を70点採取し，蛍光X線分析と，偏光顕微鏡を用いた岩石学的分析を併せて行った。蛍光X線分析のための試料は，粉末にした後錠剤試料を作成して，波長分散型蛍光X線分析装置を用いて分析し，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。また偏光顕微鏡による観察のための試料は，土器片を研磨し，熱硬化性エポキシ系接着剤（ペトロポキシー154）と硬化剤を混合した樹脂を用いてスライドグラスに接着させ，偏光顕微鏡下で鉱物の観察を行った。鉱物の粒度は，接眼ミクロメーターに0．1mm単位の方眼を設定し，石英・長石を対象としてポイント・サンプル法により一薄片につき150点の粒子の大きさを測定した。

3．結果と考察

（1）蛍光X線分析の結果

全体として北部九州の胎土の特徴を示しているといえるが，胎土は数種類にグルーピングされ，例外も若干あるもののおよそ調査地点の違いと対応している。すなわち，田手二本黒木地区を中心とするグループ（A群），吉野ヶ里丘陵地区と志波屋四の坪地区を中心とするグループ（B群），田手二本黒木地区と吉野ヶ里丘陵地区の両者を含むグループ（C群）である。これらの関係に時期的

な変遷はあまりみられず，製作に用いられる粘土の採取地は集落内において中期から後期にかけて基本的に大きな変化はなかったものと推察される。

（２）偏光顕微鏡による観察結果

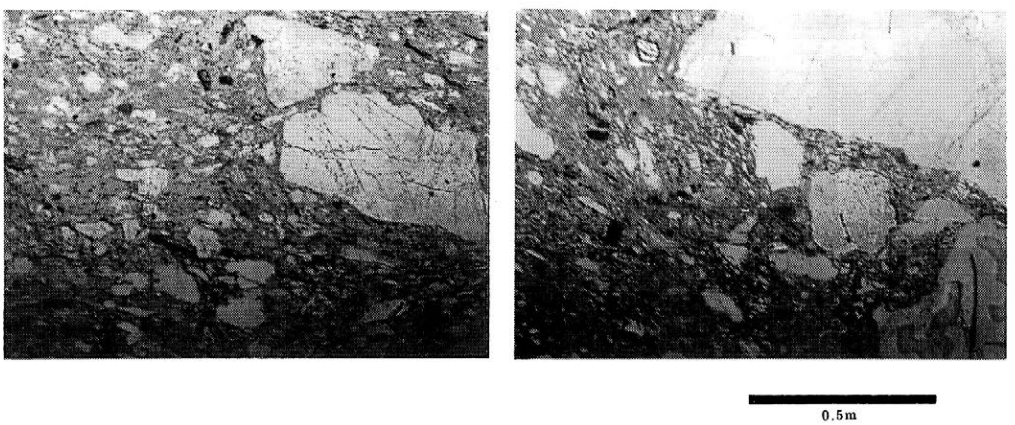
中期後半段階においては，全体的な傾向として石英・長石の粒子の大きさが比較的そろい，流理組織が器壁に沿って方向性があることに特徴がある。丹塗りがなされた土器は，肉眼観察によれば緻密さなど他の器種と若干違うようにみえるが，粒度においては他の器種とさほど異なる点はみとめられない。丹塗精製器種とそれ以外の器種との肉眼で見られる違いは，吉野ケ里遺跡においては胎土自体の違いよりも鉄分やミガキなどの処理方法が要因となろう。

後期段階になると，丹塗りがなされた器種がほぼなくなり，ハケメなど調整にやや粗さが目立つようになるが，胎土にも 2mm 前後の大粒の石英・長石の粒子が含まれ組織に不均質さが目立ち，素地が灰色～灰白色を帯びるものがやや多くなる。

胎土中に含まれる鉱物は，いずれも石英・長石・雲母類や褐鉄鉱・磁鉄鉱が中心で，角閃石や輝石もみられる。磁鉄鉱や輝石は試料ごとに量的な違いも若干みとめられる。焼成温度については，高温のため微細な鉱物が溶けるなどガラス化したものもあり，1000℃付近に到達すると生成されるムライトが含まれるものもあった。したがって当時の焼成技術であっても 1000℃付近の温度を得ることは困難ではなかったと思われる。

４．おわりに

今回の胎土分析では２つの方法を用いたことで，集落内における土器生産と流通，弥生土器の製作技術に関して新たな知見が得られたと考える。今後は蛍光 X 線分析の結果と顕微鏡観察による結果との比較・対照についても重点的に検討をすすめていきたい。双方を相互補完的に用いることで，詳細でより豊かな解釈が生み出される可能性をもつと考えられるからである。



吉野ケ里遺跡出土土器の偏光顕微鏡写真（左：中期後半期　右：後期前半期）

埴輪の胎土分析

－吉備地方出土の円筒埴輪の分析を中心に－

○河内雄太（岡山理科大学総合情報学部）、赤澤昌典（山陽新聞社）
小林博昭（岡山理科大学総合情報学部）、白石　純（岡山理科大学自然科学研究所）

1．はじめに

この研究では、古墳の上で行われた葬送の儀式に用いられた埴輪の胎土を理化学的に分析し、吉備地方の各古墳から出土した埴輪の生産地や移動を調べることにより、同地方の地域間交流の実態に接近を試みた。胎土の分析方法は、三辻利一氏により確立された蛍光X線分析法（三辻 1983）と実体顕微鏡による胎土の砂粒観察（奥田 1985）の両分析方法を用いた。これは、複数の分析方法で検証することで、埴輪の生産地をより特定できるのではと考えられるからである。

2．分析方法

埴輪は、形により円筒埴輪、朝顔形埴輪、形象埴輪などに分類されている。この分析では、時期の特定が容易で、出土量がもっとも多い円筒埴輪を分析対象とした。

対象となる遺跡は、備前地域、備中地域、美作地域の各古墳出土の埴輪で67遺跡（古墳）より出土した埴輪片を分析資料とした。

蛍光X線分析の測定試料の作製方法は、埴輪片を洗浄し、表面の汚れを除去したあと、細かく粉砕した。粉砕にはタングステンカーバイト製の乳鉢を用い約200メッシュまで細かくした。そして、粉末化した資料を塩化ビニル製リングに詰め油圧式成形機で約15t程圧力を加え成形した。分析装置はエネルギー分散型卓上型蛍光X線分析計SEA2010L（セイコーインスツルメント社製）を使用して分析した。測定条件は、X線射径:10mm、電流:50～200mA、電圧:50KV、15KV、測定時間:200s、測定室:真空でおこなった。定量値は地質調査所JA-1標準資料を用いて検量線を作成して求めた。

測定した元素はSi,Ti,Al,Fe,Mn,Mg,Ca,Na,K,P,Rb,Sr,Zrの13元素である。

実体顕微鏡による胎土中の砂粒観察では、胎土に含まれる砂粒の種類（岩石・鉱物）、含有量を調べた。

3．分析結果

(1)備前・備中・美作地域の各地域内での胎土の差異について検討すると、備前地域の旭川流域と吉井川以東備前地域の埴輪が胎土的に2つのグループにわかれた。実体顕微鏡による砂粒観察では、吉井川以東にくらべ旭川流域の埴輪には長石の含有量が多いようである。

(2)備中地域のV期の埴輪が出土する箭田大塚古墳と福井大塚1号墳の埴輪胎土が同じであった。また、砂粒観察では胎土中に含まれる砂粒構成、粒径、含有量ともほぼ同じものであることが観察された。両者の古墳は、地理的に高梁川をはさんで直線距離にして約9km離れているにもかかわらず胎土が一致し、この時期の埴輪生産体制を考える上で興味深

い結果となった。

(3)備中、備前、美作の各地域間では明確に識別できる分布域をつくらなかったが、各地域でまとまる傾向を示しており、ある程度の識別が可能であった。

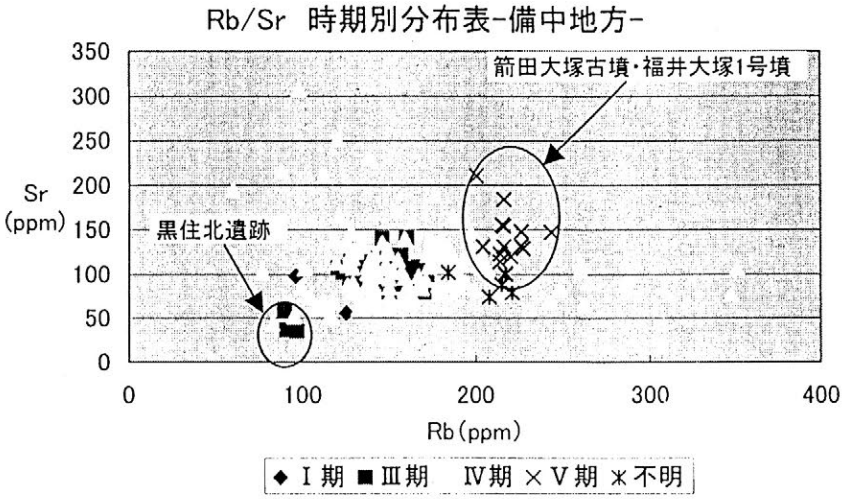
分析資料の提供では以下の機関にお世話になった。記して感謝いたします。

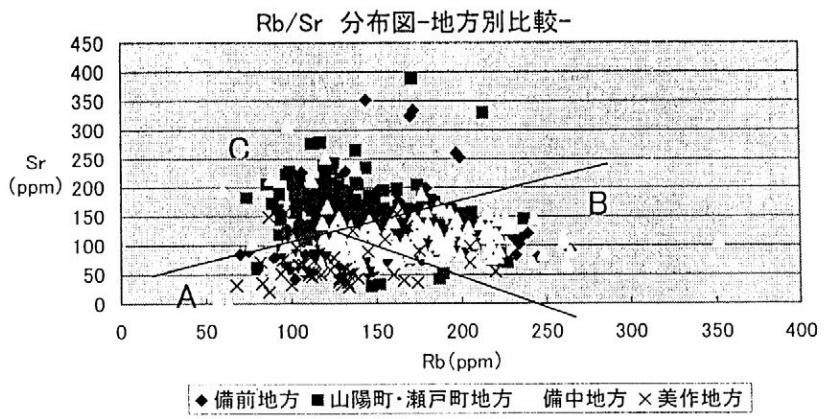
岡山県古代吉備文化財センター、岡山市教育委員会、津山市教育委員会、総社市教育委員会、山手村教育委員会、山陽町教育委員会、瀬戸町教育委員会、長船町教育委員会、邑久町教育委員会、牛窓町教育委員会

引用文献

三辻利一(1983) 古代土器の産地推定法　ニュー・サイエンス社.

奥田　尚(1985) 砂礫構成からみた特殊器台と埴輪の動き-岡山県内を例として-　末永先生米寿記念獻呈論文集.





肥前産陶磁器の流通に関する分析科学的調査（１）
―国内外に出土する見込荒磯文、日字鳳凰文磁器の生産地推定

○二宮修治（東京学芸大学）・村上　隆（奈良文化財研究所）・
沢田正昭（奈良文化財研究所）・菊地誠一（昭和女子大学）

１．はじめに

肥前陶磁において、「見込荒磯文」、「日の字鳳凰文」磁器は、貿易陶磁としてその生産と流通が限定され、その生産地推定は肥前産磁器の流通の観点から重要な課題である。本研究では、肥前産磁器の生産地の詳細な識別分類とその流通、国内外の遺跡より出土したこれらの磁器片の生産地推定を目的として、幾つかの手法を用いて検討を行っている。本研究では、諸種微量成分元素を機器中性子放射化分析を用いて定量を行い、微量成分元素存在量ークラスター分析により、肥前磁器の詳細な分類が可能であり、さらに、本研究に供した見込荒磯文、日の字鳳凰文磁器片の生産地推定に関して良好な結果が得られたので報告する。

なお、本研究は、文化財保存事業に関する国際交流促進事業として Smithonian Institution（スミソニアン研究機構）と文化庁との国際研究交流「アジア地域における陶磁器の流通に関する自然科学的研究」（研究代表者：沢田正昭）として平成11年度から行われているものの一部である。

２．分析資料と方法

分析に供した消費地遺跡出土磁器片は、国内のものとして東京大学構内遺跡より出土した見込荒磯文１片と日字鳳凰文３片（東大構内遺跡調査会より供与）である。国外のものとしてはベトナム国内の遺跡より出土した資料７片で、いずれも見込荒磯文の磁器片（共同研究者の菊地らによるベトナム・ホイアンの考古学調査時に採取）である。生産地の基準資料としての窯跡（生産地遺跡）から出土した磁器片は、肥前・波佐見地区（長崎県東彼杵郡波佐見町）４窯跡12点、肥前・有田地区（佐賀県西松浦郡有田町）６窯跡10点、計22片で、大部分のものが見込荒磯文と日字鳳凰文の碗と皿である。

また、生産地遺跡出土磁器の識別を明確にするために、すでに分析値の報告されている東京大学本郷構内遺跡理学部７号館地点出土磁器片の生産地推定の際の基準資料[1)]の肥前産磁器片も加えて検討した。有田地区11窯跡36点、肥前・嬉野地区（長崎県藤津郡嬉の町）３窯跡７点、波佐見地区４窯跡11点、合計18窯跡55点である。

磁器片はダイヤモンドカッターで切断し、一つは奈良文化財研究所の蛍光Ｘ線（実験室、放射光[2)]）分析用に、もう一方は放射化分析用とした。切断された試料は、純水ー超音波洗浄後、顕微鏡下で胎土のみを分取しメノウ乳鉢で細粉し照射試料とした。立教大学原子力研究所 TRIGA MarkⅡで熱中性子照射し、冷却・測定時間を変え３回のγ線測定を行い、12元素を定量した。

３．結果および考察

定量結果の一例として消費地遺跡出土磁器11片について表１に示す。主成分元素であるNaとFeは%、それ以外の微量成分元素はppm単位で存在量を表記した。T01-01～04の４点が東大構内遺跡、V01-01～07の７点がベトナム国内遺跡出土磁器片である。Cs、希土類元素、Scなどにその特徴が認められる。

第１表　諸種微量成分元素存在量ー機器中性子放射化分析（Na, Fe 以外は ppm）

	Na(%)	Fe(%)	Rb	Cs	La	Ce	Sm	Eu	Lu	Th	Hf	Sc
T01-01	1.12	0.73	160	8.9	48	97	7.5	0.69	0.71	21	4.8	11
T01-02	0.70	0.67	180	10	32	57	3.8	0.23	0.48	19	3.4	3.0
T01-03	0.66	0.71	270	11	34	64	4.2	0.30	0.47	22	3.3	3.1
T01-04	0.75	0.56	170	5.1	58	73	3.9	0.47	0.30	20	4.0	2.2
V01-01	0.66	0.87	150	5.1	64	83	4.6	0.47	0.38	21	3.9	2.6
V01-02	0.42	0.37	160	3.3	68	110	5.1	0.67	0.37	21	4.0	2.6
V01-03	0.22	0.84	150	8.9	34	63	3.7	0.32	0.39	20	3.7	3.2
V01-04	1.06	0.51	170	8.9	49	84	7.3	0.96	0.60	19	4.8	8.0
V01-05	1.35	0.78	190	9.9	36	67	5.7	0.69	0.65	20	5.7	10
V01-06	0.98	1.01	190	10	34	59	4.6	0.46	0.41	19	3.2	4.4
V01-07	1.47	0.85	180	9.6	31	48	3.5	0.24	0.41	19	2.7	2.9

消費地遺跡出土磁器11片に今回定量した生産地遺跡10窯跡22片を加えたクラスター分析の結果を図１に示す。T01-01～04が東大構内遺跡出土、V01-01～07がベトナム国内遺跡出土、高尾、木場山、中尾上、咽口、木場山が波佐見地区、中白川、平床、楠木谷、多々良、山辺田、掛の谷が有田地区の磁器片である。前述の消費地遺跡出土磁器片で特徴の認められたCs、希土類元素、Scで波佐見と有田

地区との違いが顕著に表れた結果である。T01-04、V01-01、02 が波佐見地区に、T01-02、03、V01-06、07 が有田地区との対応関係が認められた。しかし、T01-01、V01-04、05 が独立したクラスター群を形成した。これら３点を検討すると、特に消費地の分類に特徴的な Sc が波佐見地区と有田地区のものと対応しておらず、他の地区の生産地の想定が必要となる。

一方、波佐見地区・木場山窯１点が他の波佐見地区と独立しており、有田地区の山辺田窯などの一群と類似しているようにみえる。

肥前磁器の生産地の識別を明確にし、今回の磁器片の生産地を推定するために、既報の生産地推定の基準資料としての肥前の古窯跡出土 55 点を加えてクラスター分析を行った。その結果を図２に示す。T01-02、V01-03、06、-07 の４点は有田地区の楠木谷、中白川、平床と、T01-03 の１点は山辺田を中心とした有田地区の窯と、T01-04、V01-01、-02 の３点が波佐見地区の窯と、T01-01、V01-04、-05 の３点が嬉野地区の吉田窯、吉田２号窯と同一のクラスターを形成し、消費地遺跡出土磁器 11 片はこれらが生産地と推定された。

肥前磁器の生産地の識別は、有田地区が山辺田窯を中心とした窯と楠木谷、中白川、平床窯などの２系統に細分化の可能性があり、嬉野地区は吉田窯、吉田２号窯と不動山皿屋谷窯の２系統に分類されたが、今回の消費地遺跡出土資料は前者の吉田窯、吉田２号窯の系統であった。波佐見地区はさらに細分化の可能性があるが、ここでは１系統とした。なお、先に述べた波佐見の木場山１点は既報の畑ノ原、木場山（いずれも波佐見地区）と３点で独立したクラスター群を形成したことから山辺田窯を中心とした有田地区の窯と識別することが妥当であると考えられる。

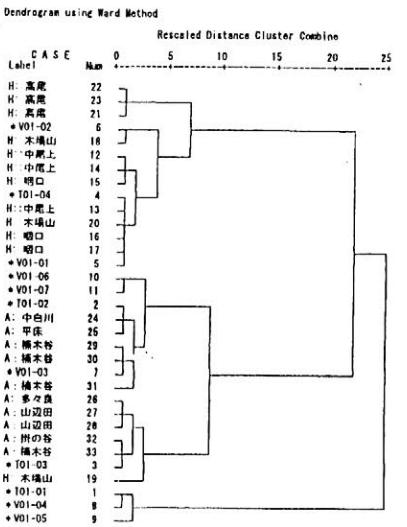


図１　クラスター分析（１）

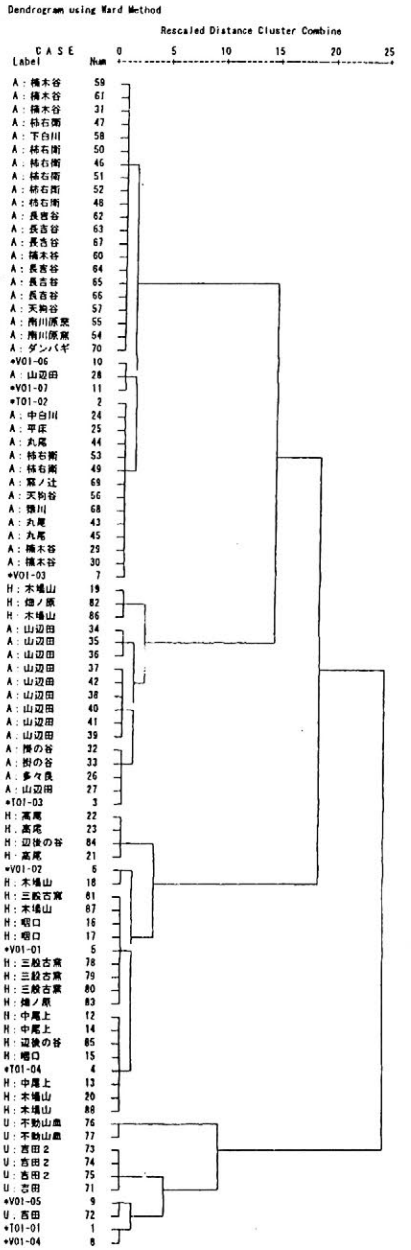


図２　クラスター分析（２）

１）二宮ほか（1996）：微量成分元素存在量による消費地遺跡出土磁器片の生産地推定-肥前産磁器を中心に-『全面改訂　新しい分析法は考古学になにをもたらしたか』，クバプロ，pp. 286-305

２）村上ほか（2001）：Spring-8 を用いた高エネルギー蛍光 X 線分析による陶磁器分析の基礎的研究，日本文化財科学会第 18 回大会・研究発表

SPring-8を用いた高エネルギー放射光蛍光X線分析による陶磁器分析の基礎的研究

○村上　隆[1)]・二宮修治[2)]・沢田正昭[1)]・佐藤　泰[3)]・櫻井吉晴[3)]・伊藤真義[3)]
1):奈良文化財研究所　2):東京学芸大学　3):高輝度光科学研究センター

1.はじめに

放射光とは、運動している電子が磁場によって軌道を曲げられる際に軌道の接線方向に放射される電磁波をさす。円形加速器において高速に加速した電子を蓄積リング内に蓄積し、材料科学、地球科学、生命科学、医療など、さまざまな研究分野の用途に応じた放射光を接線方向に設けられた各ビームラインで利用している。本研究に用いたSPring-8 は、放射光施設としては世界最大の蓄積リングを有し、利用できる放射光は赤外線からX線の領域までに及び、特にX線領域では実験室用のX線発生装置と比べ1億倍の輝度を持つ。本研究は、このSPring-8を用いて得られる高エネルギー単色X線を励起源とした蛍光X線分析の陶磁器資料への応用である。SPring-8では陶磁器資料に対しての分析が試みられている[1)]が、筆者らが今回測定した陶磁器資料の胎土に対しては、これまでに実験室用X線発生装置による蛍光X線分析と機器中性子放射化分析を実施し、すでに産地推定の基礎情報を有している[2)]ことが特徴である。ここでは、同じ資料を対象に、改めてSPring-8を用いた高エネルギー単色X線を励起源とした蛍光X線分析を行ない、放射光による蛍光X線分析におけるデータ解析法を検討するとともに、陶磁器の胎土分析に対する有効性を探ることを目的としている。

2、実験方法と条件

実験方法を以下に示す。SPring-8のビームラインBL08Wにおいて、Si(400)のモノクロメーターにより単色化されたエネルギー115.6keVの直線偏光のX線を試料に照射し、試料から放出される蛍光X線をGe半導体検出器で計測した。蛍光X線の散乱角は90°である。蛍光X線スペクトルの検出はコンピューター付帯のマルチチャンネルアナライザーによる。照射面積は、0.5x0.5mm^2、照射時間は、25分。

3.測定に供した資料

測定には、肥前産磁器を中心に計44点の陶磁器資料を供した。これらの資料の胎土に対しては、すでに実験室用蛍光X線分析と機器中性子分析を終えている。特に肥前産の磁器資料に関しては、17世紀中葉に出現時期を限る「見込み荒磯文」と「日字鳳凰文」の碗皿類に注目し、生産地の窯による違いを見出すとともに、消費地出土の資料からも窯の違いを読み取ることが可能であることを指摘した。今回のSPring-8における分析結果も、肥前産の「見込み荒磯文」と「日字鳳凰文」の碗皿類に焦点を絞って考察した。いずれの資料も胎土断面を切り出し、研磨した面での分析である。

4.分析結果と解析

図1は、見込荒磯文碗に対する蛍光X線スペクトルである。これまでに行なった実験室レベルでの蛍光X線分析や機器中性子放射化分析では捉えることが困難であったランタノイド元素の検出に特徴を有し、ここではCs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Dy, Er, Yb, Hf, Ta, Wなどの元素が明確に検出されていることがわかる。これらの元素を用いた産地推定に関する情報の解析法の検討を試みた。従来、このような分析結果が得られた場合、ピークの高さの比を用いて比較することも多かったが、今回はピークの面積比を用いることを試みた。有田地区(外山・内山)、波佐見地区産の磁器に対して、それぞれの元素のピークの面積比の平均値を求め、産地間の差が産地内での分散と比較して、より大きい元素ピーク面積比を指標にとることとし、次の計算式を用いた。

$$L_{ij} = (\overline{x_i} - \overline{x_j}) \Big/ \sqrt{\frac{S^2{}_i}{N_i} + \frac{S^2{}_j}{N_j}}$$

ここで、Lは産地間の差の指標、$\boldsymbol{x}$はある産地のあるピーク面積比の平均値、S^2はある産地のあるピーク面積比の標本分散、N はある産地の試料の個数である。この式を用いて、まず生産地における違いを見るために、有田地区10点(外山7点、内山3点)、波佐見地区3点、計13点の磁器に対して、(有田外

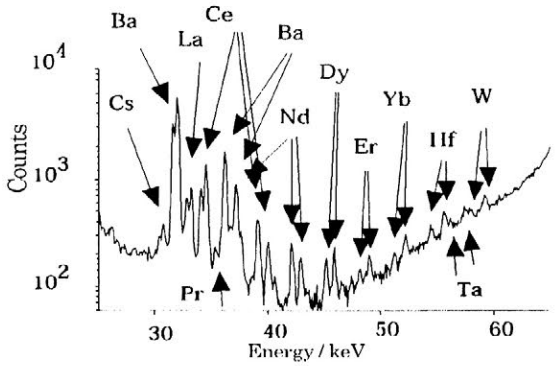


図1. SPring-8を用いた高エネルギー放射光蛍光X線分析によって得られた肥前産見込荒磯文碗胎土の蛍光X線スペクトル

山-有田内山),(有田外山-波佐見),(有田内山-波佐見)についてそれぞれL値を求めた。さまざまな元素の組み合わせに対して解析を行なった結果、Nd/Ce が(2.76, 2.25, 4.70)、Dy/Hf が(1.91, 6.47, 5.72)という値をとり、産地推定に適した組み合わせである可能性を見出した。Nd/Ce を横軸、Dy/Hf を縦軸にとった肥前産磁器の分布図を図2に示す。

図2から、Nd/Ce 、Dy/Hf により、肥前の窯跡出土資料の中で有田(図中△印)と波佐見(図中□)の産地が分類できる可能性があることが推察できる。図2には、生産地出土資料と合わせて、消費地である東大構内から出土した磁器に対する分析結果も加えてある。東大構内出土の資料(図中○印)4点に対しては、2点が有田地区(特に外山か)、1点が波佐見地区の分布に重なることがわかる。残りの1点は、有田および波佐見地区と大きく離れており、今回検討したこの2地区以外の生産地と推定される。この結果は、同一資料を用いた実験室蛍光X線分析並びに放射化分析の結果とも一致している。さらに、これまでに報告されている放射化分析での生産地基準資料と比較すると、残りの1点は肥前・嬉野地区であると推定された[3]。

5. まとめ

陶磁器を対象にSPring-8を用いた高エネルギー放射光蛍光X線分析を行なった。その結果、特に肥前産磁器の産地推定に対しては、Nd/Ce 、Dy/Hf が指標となる可能性があることがわかった。ここで得られた結果は、同じ資料に対してこれまで行なってきた実験室レベルの蛍光X線分析、機器中性子放射化分析法による成果とよく一致した。すなわち、高エネルギー放射光による蛍光X線分析が、陶磁器の産地推定を行なう手法として機能しえることを確認することができた。今後は、地域性やタイプの異なる陶磁器に対しても、高エネルギー放射光による蛍光X線分析法によって得られる元素情報が産地推定に使えるのか、また他の分析手法と相互補完的に用いることが可能であるのか、などの諸点を押えていく必要があると考えている。

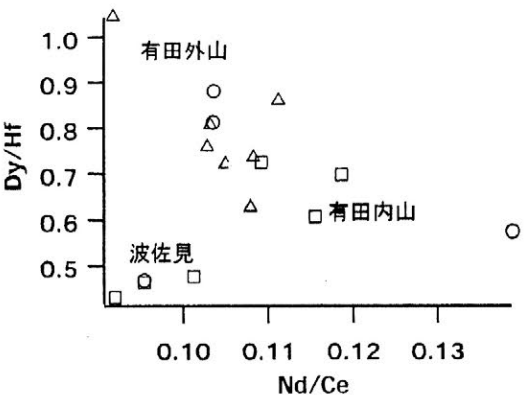


図2. SPring-8 を用いた高エネルギーX線蛍光X線分析によって得られた肥前産見込荒磯文碗胎土の分布

1) 中井 泉他:「文化財の新しい非破壊高感度分析法—高エネルギー放射光蛍光X線分析法の開発」日本文化財科学会17回大会研究発表要旨集(2000)
2) 沢田正昭他:「肥前産磁器の流通に関する自然科学的研究」日本文化財科学会17回大会研究発表要旨集 (2000)
3) 二宮修治他:「肥前産磁器の流通に関する分析科学的調査(1) —国内外に出土する見込荒磯文・日字鳳凰文磁器の生産地推定—」日本文化財科学会18回大会研究発表要旨集 (2001)

P 53

SPring-8を用いた高エネルギー放射光蛍光X線分析による人形焼分析の検討

佐藤　泰[1)]、堀内秀樹[2)]、安芸毬子[2)]、村上　隆[3)]、櫻井吉晴[1)]、伊藤真義[1)]
1)高輝度光科学研究センター、2)東京大学、3)奈良文化財研究所

1.序言

京都は日本文化の中心地であり、近世の焼き物の一大生産地であった。京焼は地方への文化の伝播とともに日本中に広まった。また同時に、京焼の模造品が全国各地で作られるようになった。これらの京焼とその模造品、さらには時代による京焼の形態の変化が、生産地の推定を困難にしている。京焼の人形もその一つである。京焼の人形の模造品は、現在の東京都台東区およびその周辺で生産されていた今戸焼の中に見出せる。そこで、近世において生産された京焼と今戸焼の人形に着目し、これらの資料に対して高エネルギー放射光蛍光X線分析を行い、生産地による分類が可能であるか検討した。今回は京焼、今戸焼という２つのカテゴリーに分類できるか検討した。

2.試料

東大構内から発掘された人形焼46点を分析した。出土した遺構の年代は17世紀から１９世紀である。このうち形態的特徴から京焼と推定されるのが11点、今戸焼と推定されるのが１９点である。さらに、判別が難しい資料が１６点ある。この１６点のうち京焼に近いと推測されるものが9点、今戸焼に近いと推測されるのが5点、どちらともいえないものが1点ある。

3.実験方法

蛍光X線分析法は非破壊元素分析法の一つであり、土器や陶磁器の産地推定が試みられている[1),2)]。SPring-8では100keV以上の放射光を発生させることが可能であるため、Uまでの元素を指標として用いることができ、新しい知見が得られると期待される[3)]。実験方法を以下に示す。Si(400)のモノクロメーターにより単色化された115.6keVの直線偏光の放射光を試料に照射する。ビームサイズは0.5×0.5mm^{2}である。試料から放出される蛍光X線をGe半導体検出器で計測する。散乱角度は90°である。蛍光X線スペクトルはマルチチャンネルアナライザーにより取得される。測定時間は1試料25分である。

4.実験結果

図１は形態から京焼と推定される人形に対して得られた蛍光Ｘ線スペクトルである。Cs、Ba、La、Ce、Pr、Nd、Dy、Er、Yb、Hf、Ta、Wが明確に検出されている。これらの元素のピーク面積の比を用いることで生産地による遺物の分類を試みる。形態から京焼と推定された資料と今戸焼と推定された資料それぞれの元素のピーク面積比の平均値を求め、産地間の差が産地内での分散と比較して、より大きい元素ピーク面積比を指標にとることとし、次の式を用いた（式１）。

$$L_{ij} = |\overline{x_i} - \overline{x_j}| / \sqrt{S^2{}_i / N_i + S^2{}_j / N_j} \qquad \text{（式１）}$$

ここで、L は産地間の差の指標、$\overline{x}$はある産地のあるピーク面積比の平均値、S^2はある産地のあるピーク面積比の標本分散、Nはある産地の試料の個数である。添字は産地を示す。この式から京焼と今戸焼についてLを求めると、La/Baは6.14、Er/Ceは8.23であ

り、他の元素の組み合わせと比べ高い値をとり、産地の推定に適している可能性があることがわかる。図２は、Er/Ceを横軸、La/Baを縦軸にとった分布図である。この図では形態的特徴から京焼と推定されたものと今戸焼と推定されたものをプロットしてある。図中の（□印）が形態から京焼と分類されるもの、（○印）が形態から今戸焼と分類されるものである。判別困難であるが、形態から京焼に近いと見えるものは（+印）、今戸焼に近いと見えるものは（×印）としている。どちらとも言えないものは（米印）としている。この図から京焼と今戸焼は元素分析により分類ができる可能性があると言える。また、形態から判別困難な資料も、元素分析により京焼、今戸焼に分類できる可能性がある。特に、今戸焼に近いと見られた資料は全て今戸焼に分類されたにもかかわらず、京焼に近いと形態から推測された資料9点のうち6点までが今戸焼に分類されたことは、今戸で京焼に似せて人形焼を生産していたことの裏づけとなる可能性がある。残りの3点は京焼に分類されると考えられる。また、京焼、今戸焼のいずれとも判別できない試料１点は、京焼の方に分類された。

5.結語

高エネルギー放射光を用いて京焼と今戸焼の人形の蛍光X線分析を行った。La/Ba、Er/Ceがこれらの人形の分類の指標となる可能性があることがわかった。今戸では京焼によく似せた人形を生産していたことを裏付ける結果が得られた可能性があることがわかった。今後、京焼を生産している窯間での分類、今戸焼を生産している窯間での分類、時代ごとの分類など、さらに細分化された分類が可能であるか検討が必要である。

6.謝辞

高輝度光科学研究センターの川島祥孝博士、佐伯宏博士、原雅弘博士に実験を進めるにあたり大変お世話になりました。深く感謝致します。

参考文献

1)三辻利一、「窯跡出土須恵器からみたK, Ca, Rb, Sr」、第36回X線分析討論会要旨集(2000)
2)沢田正昭　他、「肥前産磁器の流通に関する自然科学的研究」、日本文化財科学会17大会研究発表要旨集(2000)
3)中井　泉　他、「高エネルギー放射光蛍光X線分析による九谷古陶磁の産地推定」、第14回放射光学会要旨集(2001)

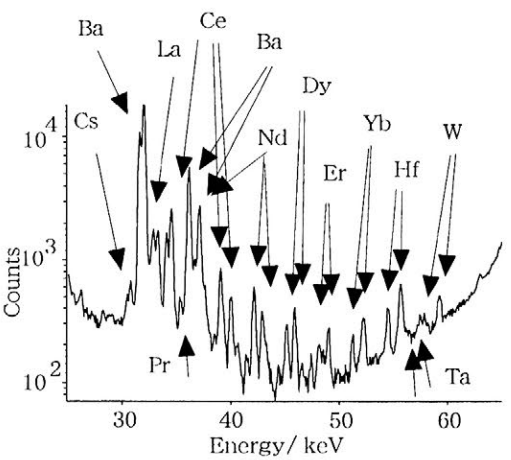


図１　京焼と推定される人形の蛍光X線スペクトル

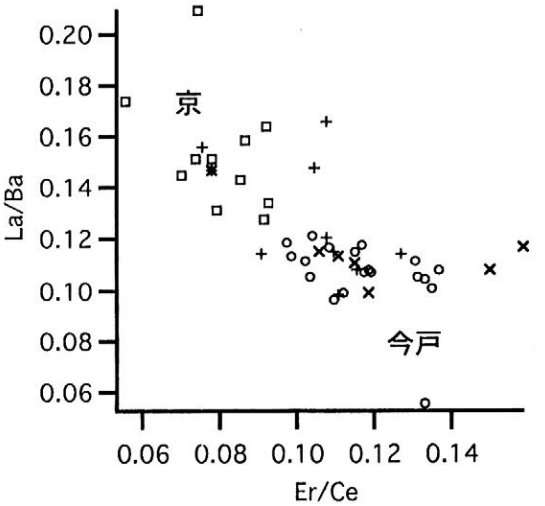


図２　京焼と今戸焼の人形の分布図

高エネルギー放射光蛍光 X 線分析による古陶磁の産地推定

○三浦裕・寺田靖子・中井泉(東京理科大学理学部)
山名一男(石川県工業試験場)

【はじめに】

古陶磁の産地推定に対して科学的な手法を用いる際には元素分析が有効であることがこれまでの研究からわかっている。また粘土鉱物の主成分に関してはその元素組成に産地推定が可能なほどの違いが見られない為、ここで行なう元素分析とは微量元素分析であることが望ましい。その為これまで古陶磁をはじめとする考古遺物中の微量重元素分析にはしばしば感度の良い中性子放射化分析が用いられてきた。しかし貴重な考古資料にとって破壊分析である中性子放射化分析は必ずしも望ましい方法とは言えなかった。一方、最近我々が開発した放射光高エネルギー蛍光 X 線分析法は中性子放射化分析に匹敵する感度をもち、その上で非破壊分析が可能な研究手法である。昨年の本会でその方法の紹介を行ない[1]、古陶磁の産地推定に有用であることを示した。本研究ではさらに測定試料数を増やし、データ解析に多変量解析、クラスター分析を導入した。また、放射光施設における実験ステーションの改良を行なう事で、測定の再現性の向上、各試料に対する測定条件の均一化を図り、産地推定に対するより正確な分析手法の確立を試みた。さらに原料陶石の産地推定を行なう事で、原料と製品の関係からみた産地推定の検討を行なった。

【実験】

測定は兵庫県西播磨にある放射光施設 SPring-8 で行なった。モノクロメータで単色化した 116keV の X 線を 4 象限スリットで任意の大きさに整形し、パソコン制御 XZ ステージ上の試料に照射した。発生した蛍光 X 線スペクトルを Ge 半導体検出器で計測した。その為、試料としては加賀(九谷、若杉)古窯跡、消費地出土の磁器片を用い、それらとの対照試料として、九谷と同様、色絵磁器を生産した肥前(有田、伊万里、嬉野、波佐見)古窯跡出土の磁器片、古九谷開窯とほぼ同時期のものであるとされる姫谷焼の古窯出土の磁器片を各々121,57,10 点を測定した。また、現在入手できる九谷、有田をはじめとする磁器の原料陶石も合せて 48 点を測定した。

【結果と考察】

図 1 に九谷一号窯の蛍光 X 線スペクトルを示す。La をはじめとする希土類元素の他、Ba,Hf,W などの重元素のピークを各々明確に検出することが出来た。この様なスペクトルから磁器片に含まれる微量重元素のピークの積分強度を読み取り、多変量解析、クラスター分析を行なった。多変量解析により資料の分散に寄与する元素を特定し、それらの元素に着目してクラスター分析を行なうことで地域特性を示す元素として Ba,Ce,Nd を見出した。

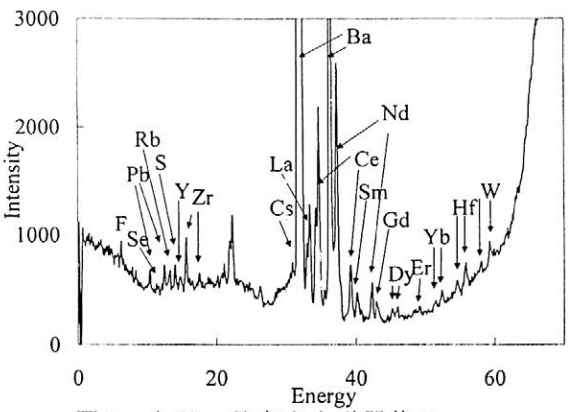


図 1　九谷一号窯出土磁器片の
高エネルギー蛍光 X 線スペクトル

その結果、九谷では 20%、有田では 10%の資料が産地推定の境界領域に入ったが、各々ユニークなクラスターを形成した。図 2 は Ba,Ce,Nd を用いてクラスタリングを行なった結果である。これにより本法を用いる事で、九谷と他地域の磁器の産地推定が非破壊で出来る事を実証できた。古陶磁は陶石や粘土、長石など地域特有の原料をある程度特定された比率で含有している。その為プロットが産地毎にある平均と分散をもって分布し、この様な産地推定を可能としているものと考えられる。さらに測定条件について検討したところ、試料と検出器との角度、距離など、測定条件を厳密に一定とする事で、資料の産地による平均、分散をより明確に表わせる事が明らかとなった。

また、原材料である陶石についても同様の解析を行なった。その結果、陶石において分類に有用と考えられる元素には Ba,Nd,Gd,Dy があるという事がわかった。クラスター分析の結果を図 3 に示す。磁器片のように比較的広い地域ではなく、より狭い地域による特性を示している。以上の結果から陶石は磁器片と同様の元素を指標として産地推定を行なった場合、そのプロットが磁器片によって形成されるクラスター内に必ずしも入ってはこない事が明らかとなった。これは磁器が陶石以外にも粘土や長石などの原材料を含んでおり、それらが全て同様の母岩起源という訳ではない為に、製品である磁器と原材料の一つである陶石との間に違いが現れてくるものと考えられる。

以上の様に本法を用いることにより、物質に蓄積されたその起源と履歴に関する様々な物質史情報が全くの非破壊にて利用でき、博物館や美術館に眠っている貴重な伝世品や発掘品の分析に光を当てることが可能となった。現在、高エネルギー放射光蛍光 X 線分析法は著者らによってまだ開発段階にあるが、今後、測定条件のさらなる最適化により、考古資料の産地推定に有用な研究手法として本法を確立してゆきたい。

本研究にあたり、貴重な発掘資料を貸与してくださった加賀市教育委員会、佐賀県立九州陶磁文化館、有田町教育委員会の関係者の方々、河島達郎先生、北出不二雄先生に厚く御礼申し上げます。また、試料貸与の便宜を図ってくださった山崎一雄先生、愛知県陶磁資料館の田村哲氏に深く感謝いたします。

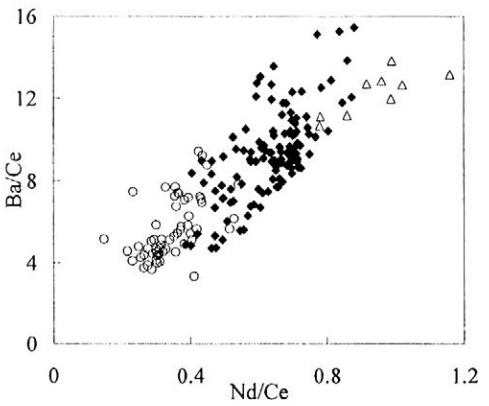
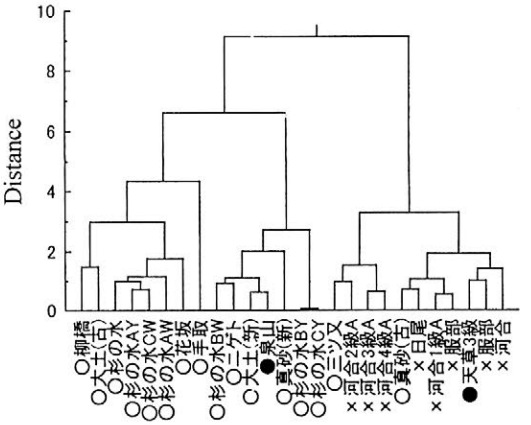


図 2　磁器片の Ba/Ce-Nd/Ce プロット



○：九谷系　●：有田系　×：その他

図 3　陶石のクラスター分析

1) 中井泉ほか「文化財の新しい非破壊分析法－高エネルギー放射光蛍光 X 線分析法の開発」『日本文化財科学会第 17 回大会研究発表要旨集』(2000) 38-39

東大医学部付属病院地点出土の磁器片の釉の鉛同位体比

山崎一雄（名大理）　白幡浩志（室蘭工大）

1　東大医学部付属病院地点出土の磁器片

1984年10月から1986年 1月までの間に行われた東京大学医学部付属病院中央診療棟地点の調査で出土した磁器片のうち28片について東京大学遺跡調査室と協力して化学分析が行われた(1)。胎土の機器中性子放射化分析の結果28片の産地は有田が22、九谷1,2 号窯が2,再興九谷が2,中国産が1,不明 1である。これらのうち試料が採取できた色絵 12 片の釉中の鉛同位体比を測定した。試料は有田 9片(T1-6,8,10,11)，九谷 1,2号窯 1片(T14),再興九谷2 片(T12,T13) で、試料 T14は色絵皿で見込みに水葵と菫のような植物が青、赤、緑、黒の絵具で上絵付けされ、九谷1,2 号窯で焼成されたことが確実となった試料である。また1996年九谷 A遺跡発掘の緑色磁器片 KA11(九谷1,2 号窯) の釉も測定した。

2　測定結果

室蘭工大の質量分析計 (Finnigan Mat 262) で測定した結果を表１と図１に示した。

表１　釉の鉛同位体比

試料	釉	産地	Pb-206/Pb-204	Pb-208/Pb-206	Pb-207/Pb-206
T1	黄	有田	18.348	2.0972	0.8501
T2	黄	有田	18.351	2.1005	0.8511
T3	黄	有田	18.333	2.0972	0.8504
T4	緑	有田	18.435	2.0905	0.8485
T5	黄	有田	18.340	2.0942	0.8496
T6	黄	有田	18.398	2.0948	0.8494
T8	黄	有田	18.370	2.1018	0.8514
T10	緑	有田	18.414	2.0923	0.8481
T11	緑	有田	18.436	2.0883	0.8471
T12	黄	再興九谷	18.435	2.0923	0.8455
T13	黄	再興九谷	18.472	2.0904	0.8448
T14	緑	九谷	18.354	2.1038	0.8531
KA11	緑	九谷	18.469	2.0888	0.8467

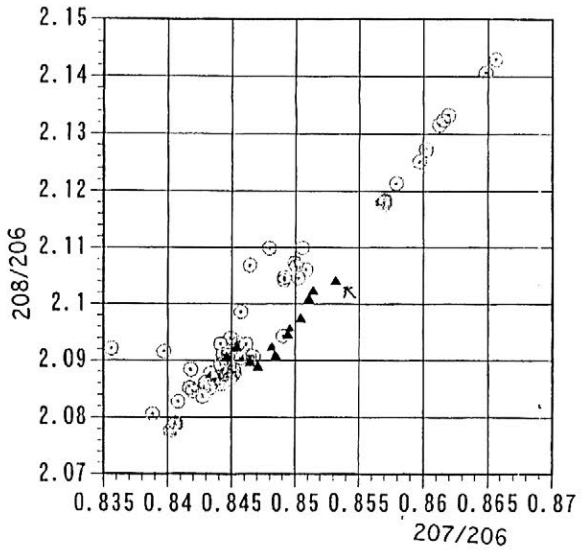


図 1　日本産鉛鉱（⊙）と磁器片の釉（▲）の鉛同位体比

3　考察

色絵の釉はすべて鉛釉で、黄色は鉄、緑色は銅が主な着色剤である。原料としては鉄は酸化鉄であるが、銅は銅鉱石ではなく、銅器のさび（へゲ）などが使われたことが多いらしい。したがってこれらが鉛鉱石以外に鉛の混入源となることが考えられる。

表 1の鉛同位体比を図示した図 2を見ると12個の試料の大部分は日本産の鉛の領域（馬淵等(2)）（二、三の鉱山と神岡鉱山関係を除く）に入るが T14（矢印）のみはややその領域から外れるかのようである。

陶磁器の産地を考える場合、適当な土のあるところに窯がつくられるが、釉の原料は土に比べて少量であり、別の場所からの運搬も容易である。また窯ごとに釉を調製するのでなく、まとめて製造した場合もあったようである。したがって釉の分析により窯、すなわち産地を同定することは困難と予想されたが、結果はその通りになった。九谷(1,2号窯)の操業時期は 17 世紀後半の短い期間とされ、再興九谷（春日山窯、若杉窯など）は19世紀始めからとされている。有田の色絵はそれより早く1640年ごろから始まったとされているが、分析した有田の磁器片の窯は特定されていない。最近の調査によると九谷で上絵付の窯が発見されたから、九谷1,2 号窯の釉は窯のそばで調製されたのであろう。磁器片 T14 の釉の鉛はやはり日本産と考えられるが、数値の差の原因はまだ不明である。

(1) 山崎一雄ほか10名、考古学雑誌, 79,87-123(1994)
(2) 馬淵久夫、平尾良光、考古学雑誌, 73,71-82(1987)

ベリリウム同位体による中国出土土器・原始瓷器のグルーピング

○坂本 稔・今村 峯雄（国立歴史民俗博物館），松崎 浩之（東京大学）
LI Yanxiang（北京科技大学），CHEN Tiemei（北京大学）

1. はじめに

考古遺物の産地を推定し，その移動を明らかにすることは，当時の人々の交流の様子，あるいは支配層の勢力圏を推定する上で重要な情報を引き出す。本研究では，中国大陸において商代から周代（17c BC－221 BC）に現れた土器および原始瓷器（protoporcelain）について，胎土の材料となる粘土層の堆積環境を反映すると考えられるベリリウム同位体（^{10}Be）を加速器質量分析計（AMS）で測定し，グルーピングの可能性について検討を行った。

原始瓷器は，表面に釉薬状の光沢をもち，かたく焼きしまった胎土を特徴とする。材料となる粘土の選択，高温での焼成が必要なことから，製作にあたっては高度な技術が必要と考えられ，限られた生産拠点の存在が推察されている。原始瓷器は商代の遺跡から発掘され，安陽，鄭州といった商の中心地と考えられる地域を含む比較的広範な遺跡に見られるものの，出土例は多くはない。原始瓷器は周代でもその形質は大きく変わらなかったと考えられているが，続く漢代に登場する陶器（porcelain）との関連は明らかではない。

2. 試料と実験

試料片をめのう乳ばちやタングステンカーバイト製乳ばちで粉砕した。あるいはタングステンカーバイト製ドリルを用いて数100mgの粉末試料を得た。ベリリウム分析用に，本試料を500℃で2時間焼成して有機物を除き，約50mgを分取，フッ酸に溶解後過塩素酸処理を経て硝酸溶液とした。タングステンに由来する沈澱を生じた試料については，遠心分離でこれを除いた。

溶液を分取し，ICP-MSによるベリリウムの濃度分析を(株)日鐵テクノリサーチに依頼した。残りの溶液にキャリアとしてベリリウム標準溶液を添加し，四塩化炭素による溶媒抽出を経て水酸化ベリリウムの沈澱を得た。これを950℃で30分焼成して酸化ベリリウムとし，東京大学原子力研究総合センターのタンデム加速器質量分析計による^{10}Be測定に供した。

胎土の成分分析は，中性子放射化分析によって行い，主成分に基づいた多変量解析を適用した。

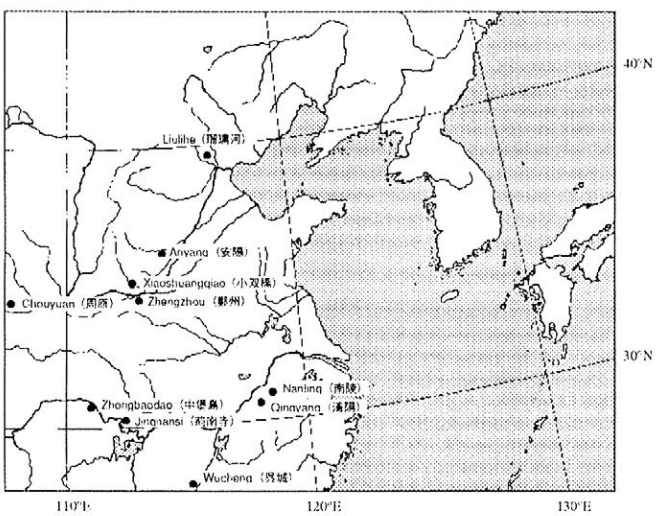


図1：土器・原始瓷器出土地

3. 結果と考察

分析に供した試料の出土地を図1に示し，Be同位体の測定結果を図2以降に示す。測定誤差はエラーバーで示したが，Be濃度については一律10%の誤差を付してある。

1) 異なる遺跡から出土した様式の共通する土器（図2）

湖北省荊南寺遺跡と，その西方に位置する中堡島遺跡からは，荊南寺の在地的な特徴を有するものと，西方にあった蜀文化の影響が見られる土器とが出土している。Be同位体によるグルーピングでは，荊南寺出土の試料について^{10}Beが卓越していることが確認でき，しかも在地形のものがより高い^{10}Be濃度を示してい

る。その他の試料もそれぞれグルーピングが可能である。この結果は，材料となる粘土が様式によって異なり，グルーピングの可能性を示唆するものである。

2) 近接する遺跡から出土した原始瓷器（図3）

安徽省に位置する南陵遺跡（西周末）と清陽遺跡（商～周）から出土した原始瓷器について，放射化分析に基づく解析，およびBe同位体によるグルーピングの傾向は一致する。すなわち両遺跡の試料は2つのグループに明瞭に分けられ，南陵遺跡出土の試料についてグループから外れる2試料は共通している（A，B）。Be同位体によるグルーピングでグループから外れ南陵遺跡に属するように見える清陽遺跡出土の1試料（C）は，放射化分析に基づく解析ではグループから外れないものの南陵遺跡のグループに最も近い。それぞれの試料の材料となる粘土が異なる，あるいは共通する可能性を，2つの分析結果が示唆したものと考えられる。

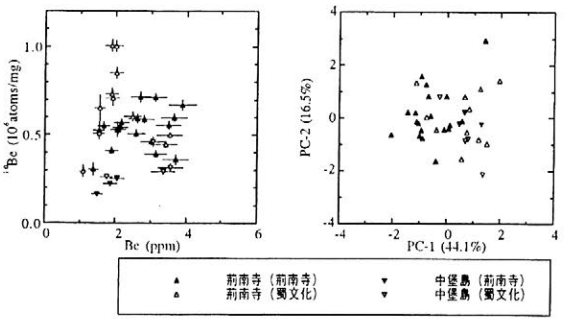


図2：湖北省前南寺・中堡島出土土器

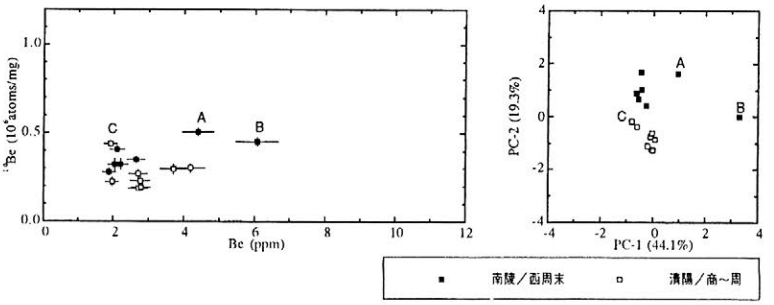


図3：安徽省出土の原始瓷器

3) 商から西周にかけての遺跡から出土した原始瓷器（図4）

商代から西周代にかけての遺跡から出土した原始瓷器の分析結果は，いくつかのグループに分けられる。商代の試料のほとんどは1つのグループを形成するが，このグループには殷墟のある河南省安陽出土のものが含まれる。ところが同じ安陽出土の試料でも，殷墟晩期のものはこのグループから離れる。西周代の試料はさらに別のグループを形成する。このことは，時代と共に原始瓷器の供給地が移動し，材料となる粘土が変わったことを示唆するものである。放射化分析に基づく解析の結果はより明瞭であるが，Be同位体によるグルーピングでも同様な傾向が見られる。

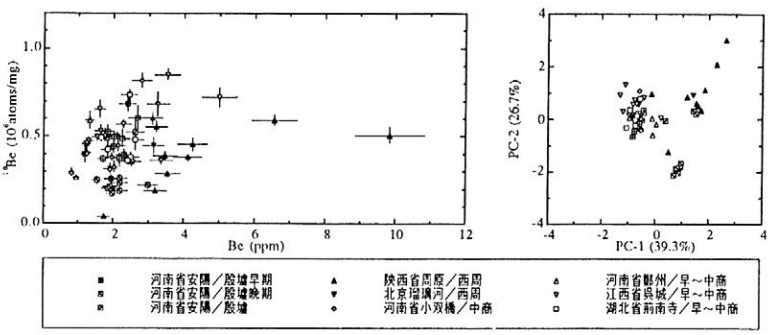


図4：商代から西周代にかけての原始瓷器

4. まとめ

中国大陸で出土した土器および原始瓷器の胎土分析を行い，グルーピングを試みた。材料となる粘土が採取された地層の堆積過程を反映するBe同位体と，胎土の化学組成の放射化分析に基づく多変量解析の結果，いくつかの試料をグループに分けることができた。異なる方法で類似するグルーピングが行えたことは，胎土の特徴付けを相互に補強するものとして意義のあることである。今後分析数を増やしてより明瞭なグルーピングを行うことで，土器・原始瓷器の産地推定，流通過程の解明に結び付けられるものと期待される。

P 57

カマン・カレホユック遺跡出土土器の鉱物化学的研究

官野　理・中井　泉（東理大・理）

【序】　彩文土器はカマン・カレホユック遺跡（トルコ共和国）の層位を決定するための重要な指標となっているが、彩文土器は非常に多種多様であることから、いまだ考古学的には十分な分類がなされていない。当研究室ではこれまでに第 II 層から出土した褐色系顔料を中心に蛍光X線による分析を行ってきた。その結果、褐色系顔料には Fe, Mn, Ni の 3 元素との対応から 4 種類のパターンがあることが明らかとなっている。また、これらのパターンの違いは、褐色を出す技法の違いを反映していると考えられ、各時代におけるこれら 4 パターンの割合を調べたところ、使われている元素パターンの時代による変遷が認められている。[1]そこで本研究では、第Ⅳ層から出土したアリシャル第Ⅲ様式の土器と比較のためのアリシャル出土彩文土器の褐色系顔料を対象に蛍光 X 線イメージングによる研究を行った。さらに、彩文の顔料は鉱物を原料にして作られていると考えられることから、顔料に含まれる鉱物を明らかにした。そして、これらの結果から彩文土器の組成や含まれている鉱物種の点から土器の分類を行う可能性についても検討した。また、ここで得られた顔料分析の結果を踏まえて、彩文土器の褐色顔料の再現実験も行った。

【実験】 イメージングによる分析を行った土器資料は合計 142 点であり、各資料の内訳はアリシャル第三様式彩文土器（アリシャル出土：前期 58 点、中期 9 点、後期 58 点）、カマン・カレホユック遺跡出土アリシャル第三様式彩文土器（21 点）である。蛍光 X 線イメージングでは、顔料の分類に有用と考えられる Fe,Mn,Ni,Ca の 4 元素について測定を行った。測定には、励起 X 線源には Mo 回転対陰極（40kV, 180～200mA）からの X 線をモノクロメーターで単色化したものを使用した。φ 0.3mm のビームサイズで、1～9cm^2 の範囲を 1 点あたり 10 秒で測定した。

【結果と考察】 彩文土器に褐色系の顔料で描かれている文様について蛍光 X 線イメージングによる Fe,Mn,Ni の 3 元素との対応から、彩文土器の文様と Fe の分布が対応している Fe 型、Mn が対応している Mn 型、Fe と Mn が対応している Fe+Mn 型、Fe と Ni が対応している Fe+Ni 型、Mn と Ni が対応している Mn+Ni 型、Fe と Mn と Ni すべての元素が対応している Fe+Mn+Ni 型の 6 種類のパターンが存在することが明らかとなった（図 1）。これらのパターンの違いは、時代の変化に伴う流通の変化や顔料の製造技術・彩色技術等の変化を反映していると考えられる。また、図 2 に各彩文土器におけるそれぞれの出現頻度を示す。この図から、アリシャル第三様式において前期、中期、後期で各パターンに特徴があることがわかる。また、カマン・カレホユック遺跡出土の土器とアリシャル土器で着色剤の類似性が見られた。一方、粉末 X 線回折の結果からは、同一のパターンを持つ顔料でありながら、含まれている着色成分と考えられる鉱物にも 3 種類（磁鉄鉱、赤鉄鉱、ヤコブス鉱）あることがわかり、これらの差異からも褐色を出す技法の違いが認められた。黒の原料として鉄の代わりにマンガンを使う技法がアナトリアに出現したとの報告も見られる。これらの知見をもとに今回 Fe_2O_3 と MnO を混ぜることにより顔料を褐色に焼成することが出来た。また、原料の Fe_2O_3/MnO 比と焼成温度を変化させることで微妙な色合いの褐色を表すことが出来た。

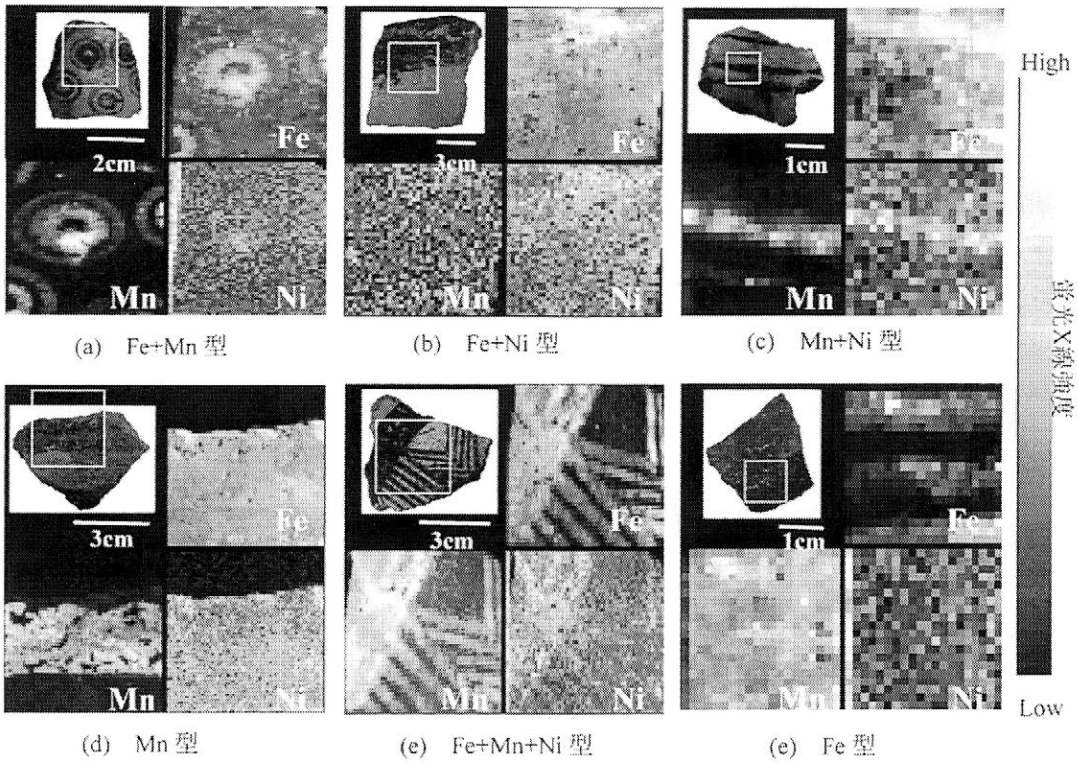


図 1　蛍光 X 線イメージングで明らかになった 6 種の褐色顔料タイプ

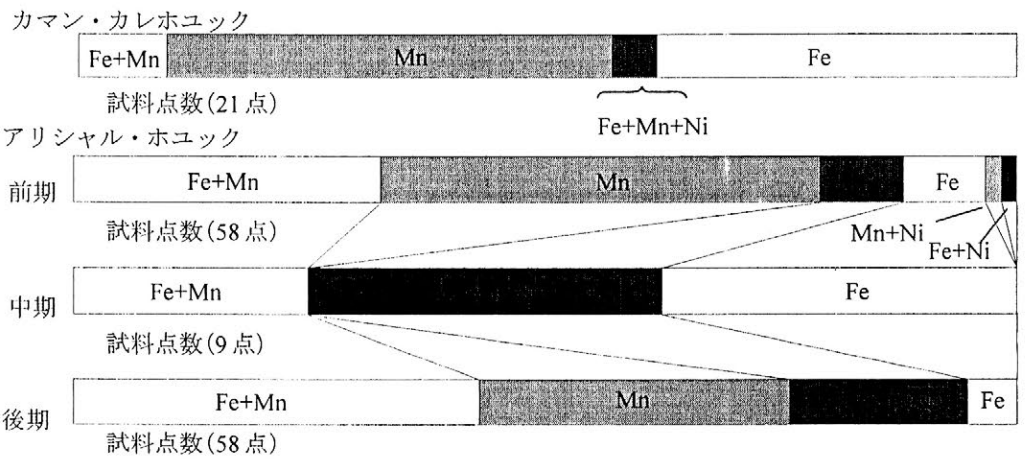


図 2　彩文土器における各パターンの存在

1) 泉山優樹、松永将弥、中井泉「カマン・カレホユック遺跡出土土器の文様の蛍光 X 線イメージングと分類への応用」『日本文化財科学会第 16 回大会研究発表要旨集』(1999) 26

遺跡から出土した天然アスファルトの産地推定

－環境変化による影響と原油成分との関係－

○荒川 竜二 ・ 宮尾 晃（北海道大学　大学院工学研究科）
小笠原 正明（　同　高等教育機能開発総合センター）

1．緒言

縄文遺跡から発掘される天然アスファルトの定量的分析法として、近年我々はオイル分のパラフィン成分についてのZ数解析法を確立した（小笠原1999a）。しかし、縄文人に採掘された天然アスファルトは紫外線や熱にさらされて変質した可能性がある。その影響が分析結果にどの程度あらわれているかについての具体的データがこれまで不足していたため、光や熱に対する暴露実験を行って影響を調べた。また、原油に対して天然アスファルトと同じ分析法を試みて、有意義なデータが得られるかを調べた。

その結果、熱や光に暴露したことによるデータの変化は少なく、この分析法では影響はないと結論した。また、原油の分析結果から天然アスファルトの産地を推定することは難しいことがわかった。

2．実験方法

天然アスファルトを溶媒に溶かし、HPLCにより、パラフィン成分のみを分取してFI-MSスペクトルを測定した。そこから得たR値により、産地推定を行った。詳細は、別の文献に示されている（小笠原1999a,b）。

3．結果と考察

北海道千歳市キウス4B出土の天然アスファルトの光・熱に対する暴露実験の結果を表１に示した。実験によって得られた各試料のR値を、二大産出地である新潟県大入地区及び秋田県二ツ井地区のR値を基準として比較、検討した。二大産出地からの標準偏差が３以上ならば、その試料はその産出地ものではないとした。

キウス4Bの試料は、何も手を加えなければR値が0.614となり、二ツ井地区に分類される試料である。光にさらしたり、熱を加えたりした試料のR値は、0.627～0.668となりこれらも、ほぼ二ツ井地区に分類された。両者のR値に大きな違いは見られなかったことから、環境への暴露の影響は少ないと結論した。

新潟県元屋敷遺跡の天然アスファルトと同遺跡近くの黒川油田から採取した原油を分析した結果を表１に示した。原油は、天然アスファルトの起源であることから、同じ地区の天然アスファルトとR値が同じになることを期待したが、原油のR値は0.680で元屋敷遺跡のR値とは違う値になった。そこで、Z数ごとのMSスペクトルを比較してみた（表２）。

天然アスファルトではZ= 0、-2のスペクトルがフラットであるのに対し、原油ではm/z=400周辺に強いピークがあり、天然アスファルトとの大きな違いとなっている。天然アスファルトでは、Z= -6 及び -8 に対応したスペクトルが主なスペクトルを構成しているためR値という概念を使用することができた。しかし原油では、主要なスペクトルがZ= -6 及び

-8 だけではないために単純にR値のみで天然アスファルトとの比較をすることは、出来ないことがわかった。

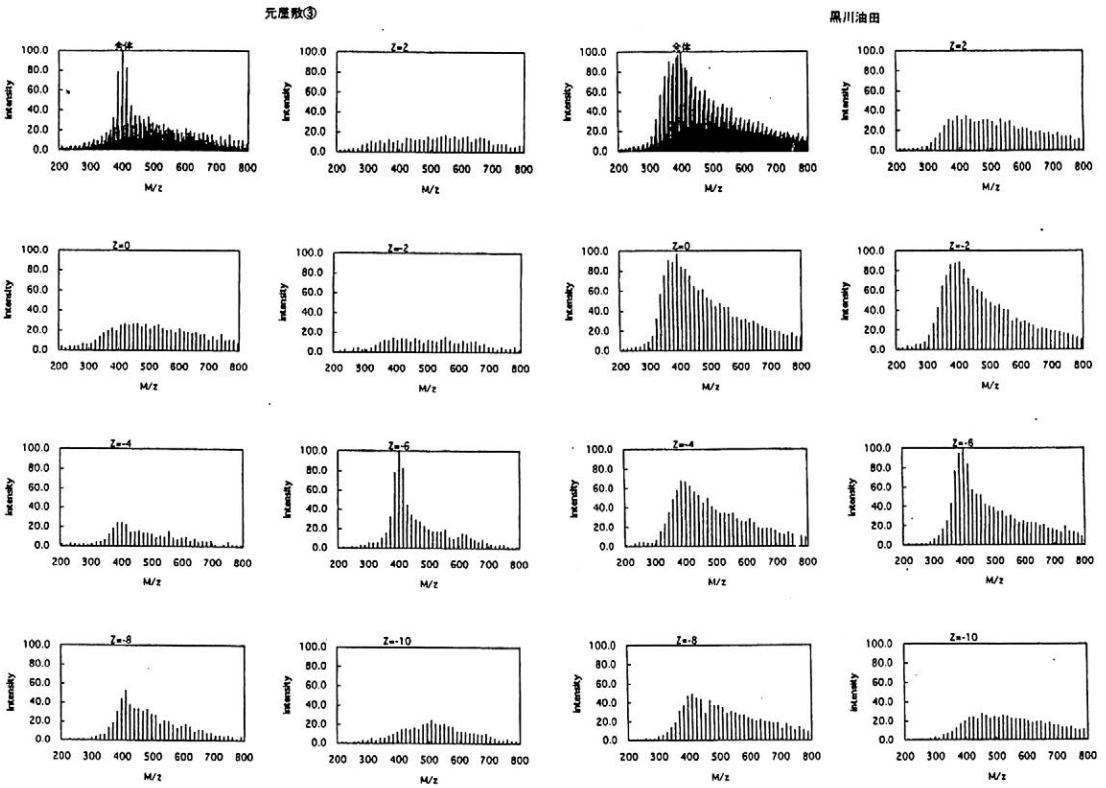
表1　各試料のR値と産出地との相対偏差

遺跡名及び地名	R値	大入との相対偏差	ニツ井との相対偏差
秋田県ニツ井地区	0.632±0.036	-3.417	-
新潟県大入地区	0.837±0.060	-	5.694
通常手順(キウス4B)	0.614	-3.715	-0.497
紫外線(キウス4B)	0.632	-3.417	-0.001
紫外線Fr-P(キウス4B)	0.627	-3.503	-0.144
加熱(キウス4B)	0.668	-2.822	0.991
元屋敷①（新潟）	0.729	-1.802	2.692
元屋敷②（新潟）	0.764	-1.216	3.668
元屋敷③（新潟）	0.814	-0.379	5.063
元屋敷④（新潟）	0.779	-0.969	4.079
黒川原油（新潟）	0.680	-2.618	1.331

キウス4B、元屋敷は遺跡名　その他は地名
下線のあるものは相対偏差3以上　3を超えるとその産地である可能性はほとんど無い

これは、原油から天然アスファルトが形成される過程で、何らかの理由で成分が抜け落ちてしまうためか、あるいは、環数の小さい化合物（Z= 2、0、-2 など）の環が化学反応によって増え、4、5 環の化合物（Z= -6、-8）で安定してしまうためではないかと推察される。6環以上の化合物は、固体化してアスファルテンと呼ばれる不溶分になるためZ= -10 にピークが集中しないと推察される。

表2　一般的天然アスファルトと原油のZ数ごとのMSスペクトル



参考文献

小笠原正明（1999a）「縄文時代の交易－アスファルトがたどった道」『化学』9月号：pp. 28-30

小笠原正明（1999b）「アスファルトの化学分析と原産地」『考古学ジャーナル』452号：pp. 2-5

P 59

前期古墳から出土した朱の微量元素分析

○南　武志（近畿大学豊岡短期大学）・今津節生　（奈良県立橿原考古学研究所）
榎本秀一・高橋和也（理化学研究所）・豊　遙秋（経済産業省工業技術院）

1．はじめに

朱の鉱石である辰砂（HgS）は日本国内で多く産出される鉱物の一つである。辰砂は地下のマグマから熱水と共に噴出した水銀蒸気が硫黄と化合した鉱物であるから、活断層や火山の近くから産出することが多い。中でも、中央構造線沿いには、大和水銀鉱山（奈良県）や丹生鉱山（三重県）、水井鉱山（徳島県、若杉山を含む）など、古くから採掘された水銀鉱山が知られている。

一方、これらの水銀鉱山の所在地は、瀬戸内から大和、伊勢へと広がる初期大和政権（古墳時代前期、３～４世紀）の中心地域と重なる。特に、大和盆地を中心とする初期大和政権の中核地では、巨大な前方後円墳が築造され、鏡や玉や鉄製品が大量に副葬された。朱も埋葬施設に不可欠な要素として大量に使用されている。

このように、古墳の埋葬施設に大量の朱を用いる風習は前方後円墳の全国普及と同じように、初期大和政権の勢力拡大と何らかの関係があると推定される。しかし、遺跡から発見された朱が、どこの水銀鉱山から採取された原料に基づくものなのかを推定する研究は、いままでほとんど実施されたことがなかった。そこで、大和を中心とする古墳から出土した朱について、産地推定に関する基礎的な情報を把握するために、出土状況を検討し、デジタル顕微鏡による粒状の観察、EPMA による元素分析、ICP-AES による朱に含まれる微量元素の分析などを実施した。さらに、同様の分析方法を用いて水銀鉱床から採取した朱鉱石と比較検討した。

2．朱の採取法と顕微鏡観察

遺跡から発見される朱は、よほど好条件に恵まれるか、細心の注意をはらって採取しなければ、周辺の土壌を巻き込んで発見される可能性が高い。本来、朱は木材や織物あるいは遺体などの表面に塗ったと推定される。しかし、これらの有機物は埋蔵中に朽ち果ててしまうので、朱だけが土壌の中に残存する場合が多い。したがって、様々な用途に使われた朱が、混在して発見される可能性も想定される。そこで、実体顕微鏡下で土壌を取り込んでいない純粋な朱の塊を粉砕して、デジタル顕微鏡で観察した。

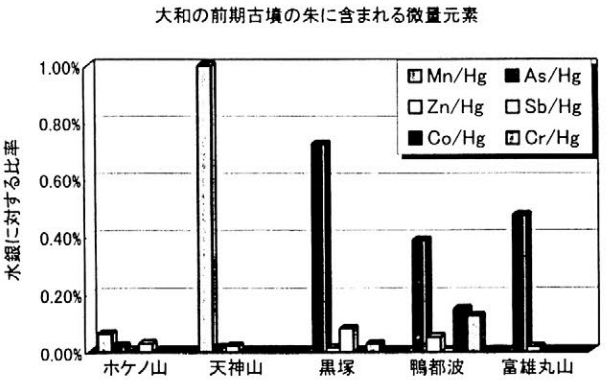
およそ 1000 倍に拡大して朱の粒子を観察した結果、粒状に大きな差があることが判明した。たとえば、盾の表面を厚く塗り固めた黒塚古墳の朱は 2～5μm であった。これに対して、木棺内に貯蔵されていた天神山古墳の朱は粒径がまちまちであるばかりでなく、30μm 以上の極めて荒い粒子も多量に存在した。

また、数十倍に拡大した実体顕微鏡では純粋に見えていた朱の塊を、1000 倍に拡大すると、朱と同じ粒径の透明や黒色の微粒子が含まれていることが判明した。この透明や黒色に見える微粒子は、朱鉱石を粉砕して精選しても除去しきれない不純物と考えられる。

3．遺跡出土朱と鉱山から採取した朱鉱石の微量元素分析

遺跡の土壌を取り込んでいない純粋な朱の固まりを粉砕して、ICP-AES（プラズマ誘導発光分析装置）を用いて定量分析を行った。分析試料は乾燥重量を測定し、王水 3ml を加えて1週間放置して充分に反応させ水銀が溶解したことを確認した後、超純水で全量を 10 ml とした。朱（HgS）の主成分である水銀(Hg)、硫黄(S)の他に、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、砒素(As)、アンチモン(Sb)、カルシウム(Ca)、コバルト(Co)、クロム(Cr)、金(Au)、鉛(Pb)、タリウム(Tl)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、カドミウム(Cd)、ビスマス(Bi)などの微量元素を測定し、水銀に対する各元素の割合を比較した。

その結果、ホケノ山古墳（3世紀中葉）の朱は、他の古墳から出土した朱と比較して、マンガン（Mn）、鉄（Fe）を特徴的に含むことが判明した。また、黒塚古墳（3世紀末葉）と鴨都波1号墳（4世紀中葉）、富雄丸山（4世紀後葉）の朱は0.4～0.7%もの砒素(As)を含み、亜鉛（Zn）アンチモン（Sb）も有意に多く含有する。



一方、これまでに、数百点に及ぶ鉱山採掘資料について、ICP-AES を使って同様の方法で分析を実施した。分析試料点数の多い、奈良県・大和水銀鉱山（43 試料）、三重県・丹生鉱山（24 試料）、北海道・イトムカ鉱山（30 試料）、徳島県・水井鉱山（12 試料）について、朱鉱石に含有する微量元素の含有量を測定した。この分析結果をもとに、一元配置法(ANOVA)による分散分析を行った後 Student-Newman-Keuls 検定を行った（Abacus Concenpts, Inc.,（CA, USA）の SuperANOVA Ver. 1.11)。この統計処理によって、4つの鉱山の間に測定元素間に有意差があるかどうかを調べた。その結果、5%の危険率で有意差がある微量元素として、大和水銀鉱山はマンガンや鉄を他の鉱山よりも有意に多く含有していた。また、丹生鉱山は砒素、亜鉛、アンチモンを他の鉱山よりも有意に多く含有することが判明した。

4．まとめ

遺跡から発見された朱の中から、土壌を取り込んでいない純粋な朱の塊を粉砕して、デジタル顕微鏡で観察したところ、朱と同じ粒径の透明や黒色の微粒子が含まれていた。この微粒子には朱鉱石の母岩を形成する鉱物が含まれている可能性が高い。また、古墳出土の朱と鉱山の朱鉱石に含まれる微量元素を比較したところ、黒塚古墳、鴨都波1号墳、富雄丸山古墳の朱は丹生鉱山の朱鉱石に近く、天神山古墳の朱は大和水銀鉱山の朱鉱石に近い特徴をそなえていると推測できる。さらに、天神山古墳の朱は粒度も荒く、不純物を多く含む傾向から、未精製の朱を貯蔵していた可能性がある。

P 60

糖アルコール含浸法の大型出土木製品への適用

○山田哲也・下野聖・大国万希子・川本耕三
（財団法人　元興寺文化財研究所）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

１．はじめに

私たちの研究所には、全国から、さまざまな状態の出土木製品に対して保存処理の依頼があり、それらの出土木製品に対して最も適切と考えられる保存処理法をそれぞれ選択して、保存処理を行っています。その中には、さまざまな制約のもと、当研究所が通常行っている保存処理法では対処し難い出土木製品も存在します。

最近、従来の保存処理法では、対応し難かった大型出土木製品（タールの付着した木製水道管・幅１メートル長さ４メートルを超える縄文時代の丸木舟・石垣の基礎に用いた胴木）に、常温及び加温による２種類の糖アルコール含浸法を適用し、保存処理を行ったので、その保存処理における一連の工程とその中で得られた成果について報告する。

２．木製水道管

熊本市水道局
大正～昭和初期？
一本木送水場建設工事に伴い平成１１年４月出土
水の科学館に展示

断面が弧状の板材８枚を円柱状に組み合わせ、表面にタールを塗布し、その外周を鉄製のバンドを螺旋状に巻いた組子管。長さ 195 cm、直径 25 cmで、使用木材は、スギである。

組子管の部材がばらばらにならないように、直接遺物に接触する部分にシリコンシートを当ててその上からステンレス製の留め具を３カ所巻き、常温の 40%糖アルコール水溶液（ラクチトール/トレハロース=8/2）に浸漬し、徐々に水分を蒸発させ、新たに糖アルコールを投入しながら 60%水溶液まで濃度を上昇させ、約４ヶ月間（平成 12 年 3 月初～7 月初）、含浸させた。最終濃度は 63%に達した。含浸処理後にラクチトール粉末をまぶし、50℃で加熱乾燥（約１ヶ月間）を行い、木材内部の水分を蒸発させた。その後、温水で表面処理を行い、再び 50℃で加熱乾燥（約１週間）を行った。また、処理終了後、ステンレス薄板のバンドを巻き直し、鉄鋼材で作製した支持台に展示した。

３．丸木舟

舞鶴市教育委員会
縄文時代前期中葉
関西電力火力発電所建設工事に伴う調査で平成９年１２月出土
舞鶴市役所のロビーに当面展示予定

出土した丸木舟は、船体の半分ほどが遺存していた。全体は明らかではないが、遺存部分は幅が広く、船首から船体の半ばにかけての部分と考えられる。残存長約 4.7m、最大幅約１m、船体の厚みは約４ｃmあり、丸木舟としては大型の部類で、内海での使用だけでなく、外海へ漕ぎ出した船と考えられる。使用木材は、スギである。表面は丁寧な調整が行われ、所々に製作痕跡とみられるくぼみに焦げ目がみられる。

ステンレス鋼材で保護枠を作製し、加温（約 70℃）した 50%糖アルコール水溶液（ラクチトールのみ）に浸漬し、徐々に水分を蒸発させ、新たに糖アルコール（ラクチトール・トレハロース）を投入しながら 70%糖アルコール水溶液（ラクチトール/トレハロース＝8/2）まで濃度を上昇させ、約２ヶ月間含浸させた。最終濃度は 76%に達した。含浸処理後にラクチトール粉末をまぶし、50℃で加熱乾燥（約１ヶ月間）を行い、木材内部の水分を蒸発させた。その後、温水で表面処理を行い、再び 50℃で加熱乾燥（約１週間）を行った。破損部はシアノアクリレート系及びエポキシ系接着剤で接着。欠損部分はエポキシ樹脂で補填した。また展示用の支持台を鉄鋼材で作製し、返却した。

４．胴木（５点）・横木（２点）

愛知県埋蔵文化財センター
１５世紀後半
五条川河川改修に伴う事前調査で平成 10 年出土

胴木を等間隔に敷き並べ、各材に施された２ヶ所の切り込みに沿って横方向に横木を組み合わせた梯子胴木と呼ばれるものである。胴木は、長さ約 2.7m、幅約 30 cm、厚み約 20 cmのもの５点。横木は、長さ約４m、幅約 30 cm、厚み約 20 cm弱のもの２点。表面は丁寧な調整が行われ、製作時の痕跡がみられる。

簡易な木枠の水槽内で 40%糖アルコール水溶液（ラクチトールのみ）に常温で浸漬し、徐々に水分を蒸発させた（約２ヶ月間）。その後、加温（約 70℃）した 60%糖アルコール水溶液（ラクチトール/トレハロース＝8/2）に浸漬し直し、糖アルコール（ラクチトール・トレハロース）を投入しながら 70%糖アルコール水溶液（ラクチトール/トレハロース＝8/2）まで濃度を上昇させ、約１ヶ月間含浸させた。最終濃度は 72%に達した。含浸処理後にラクチトール粉末をまぶし、50℃で加熱乾燥（約 1.5 ヶ月間）を行い、木材内部の水分を蒸発させた。その後、温水で表面処理を行い、再び 50℃で加熱乾燥（約１週間）を行っている（平成 13 年４月末現在）。

５．まとめ

ラクチトールにトレハロースを混合することにより、水和物の結晶阻害をもたらし、常温でより高濃度まで液状を保ち、結晶化の段階で水分を必要とする３水和物の生成を押さえることが出来るため、針葉樹の大型出土木製品に、常温及び加温による２種類の糖アルコール含浸法を適用したところ、危惧された三水和物による亀裂もなく良好に保存処理を行うことが出来た。また、遺物の状態が良好だったため、最終含浸濃度を低めに設定することにより、大型出土木製品の重量を若干軽くすることが可能であった。

しかし、大型出土木製品の場合、湿度変化を計測しながら、経験に頼って乾燥終了を判断しているのが現状である。そのため、木材内部まで完全に固化するまでの乾燥時間がどの程度かかるのか、どの程度の乾燥期間を設けて乾燥終了時点と判断すべきかを更に検討する必要がある。

P 61

糖アルコール含浸法による木製埴輪の保存処理

橋本輝彦(桜井市教育委員会)
後藤浩之(奈良大学大学院)
今津節生(奈良県立橿原考古学研究所)

1. はじめに

教育委員会や埋蔵文化財センターなどの発掘調査機関では、出土した水浸木材の保管や保存処理に苦慮することが多い。一部は専門機関や業者で保存処理されるものの、ほとんどの遺物は水漬けの状態で保管されているのが現状である。このような現状の中で、桜井市教育委員会では、発掘担当者自らが保存処理行うことを目標に、糖アルコール含浸法を実施してきた。本発表では、2000年度に発掘調査した小立古墳出土の木製埴輪の保存処理を例にあげ、発掘担当者からみた糖アルコール含浸法の利点、問題点について述べる。また、糖アルコールの常温含浸について実験を行った結果から、糖アルコール含浸法における常温含浸の可能性について述べる。

2. 木製埴輪の保存処理

保存処理の実例として、小立古墳（桜井市池之内山田）から出土した石見型盾形、靫形、太刀形などの、木製の埴輪の保存処理を紹介する。

このうち、石見型盾形の表面には直弧紋、靫形には鏃の表現と思われる紋様が見られた。処理後に木材の表面に残る文様や加工痕跡、色調などが、どの程度残るかということに注目して保存処理を行った。

保存処理はトレハロースを５％添加したラクチトール溶液を用い、３ヶ月かけて75％程度の濃度（75℃に加熱）まで含浸した。溶液から取り出した後は、表面の余分な溶液を熱湯で流し、室内で自然乾燥した。その際、通常実施されている加熱乾燥（50℃）は行わなかった。乾燥期間は４週間であった。

保存処理後の遺物表面は、表面の紋様も鮮明に残り、色調・質感ともに木材本来の自然な仕上がりとなり、良好な結果を得ることができた。

発掘担当者から見た糖アルコール含浸法の利点は、比較的簡単な設備を使って、短期間のうちに、発掘担当者自らが実施できることである。さらに、含浸期間中の木材の収縮がないため濃度管理が簡単なこと、処理後は木材の表面が自然な色調・質感を保つこと、文様や加工痕跡を忠実に残すことができること、保管が容易なことである。

一方、処理後に重量が重くなるという問題があり、木製埴輪のような大型の遺物の場合、重量の増加が顕著であるために処理前に比べて遺物を手にした時にかなりの違和感がある。

3. 糖アルコールの常温含浸

発掘担当者自らが保存処理行うことを目標にすると、加熱含浸槽などの高価な設備を必要としない方法の実用化が望まれる。そこで、常温含浸の可能性について実験を行った。

3-1. 実験方法

濃度60％のラクチトール水溶液とラクチトールとトレハロースの混合溶液（混合比８：２）を作り、４種類のサンプル(カエデ属 Umax=607%、アカガシ亜属 Umax=575%、ヒノキ Umax= 246%、トチノキ Umax= 408%)への含浸をそれぞれ、常温（20℃前後）あるいは加熱（75℃）して含浸した。その後、乾燥はすべてを常温で行った。

含浸期間、乾燥期間ともに１ヶ月とし１週間ごとに重量測定を行い、乾燥終了後にサンプルの寸法を測定し木口面収縮率（βcs）を算出した。

3-2. 結果と考察

図３～６に見られるようにラクチトールのみの溶液で含浸を行った場合、常温含浸、加熱含浸ともに木口面収縮率はヒノキ以外の３つの樹種で負の値を示し、十分な寸法安定効果を得ることはできなかった。しかし、トレハロースを添加した溶液で含浸を行った場合、加熱含浸ではトチノキ以外で十分な寸法安定効果を得ることができた。また常温含浸においても、十分とはいえないまでも高い寸法安定効果を得ており、ラクチトールのみで処理を行ったものよりも良好な結果といえる。これはトレハロースを添加したことによって三水和物の発生を抑制し、膨張を抑えることができたためであると考えられる。トレハロースを添加した場合、含浸期間を長く取れば常温でも十分な寸法安定性が得られることが期待できる。

3-3. 結論

実験の結果、含浸を１ヶ月間という限定した期間で行ったためにサンプルへの溶液の含浸が足りず十分な寸法安定性を得ることはできなかった。しかし、トレハロースを添加することによって、中程度に劣化した広葉樹（カエデ属 Umax= 607%、アカガシ亜属 Umax=575%）についても、糖アルコールの常温含浸を適用できる可能性を示すことができた。

4．まとめ

糖アルコール含浸法を用いることによって、発掘担当者でも十分に保存処理を行うことができた。また、常温でも保存処理を行える可能性を見出すことができた。なお、今後の課題としては適切な含浸濃度や含浸期間を確認することであろう。

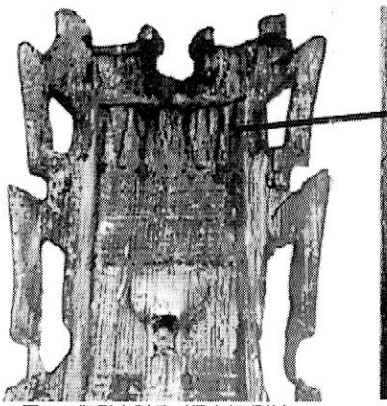


図１　籾形木製品（保存処理後）

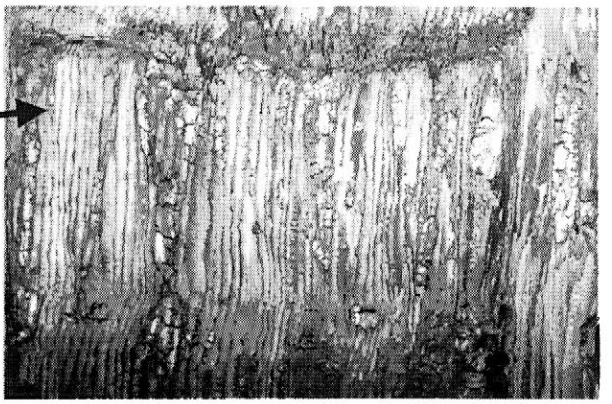


図２　表面に残る彫刻文様や加工・炭化の痕跡（保存処理後）

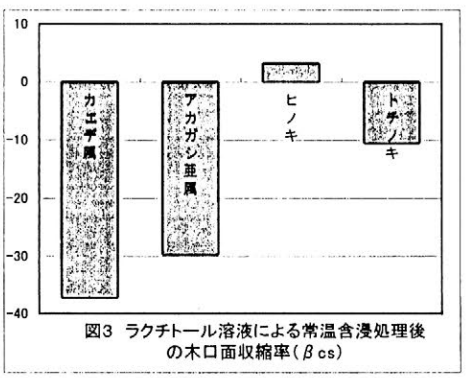


図3　ラクチトール溶液による常温含浸処理後の木口面収縮率（βcs）

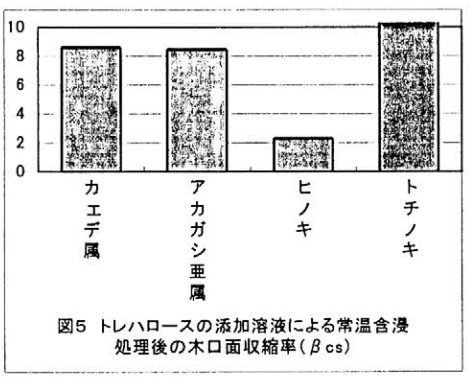


図5　トレハロースの添加溶液による常温含浸処理後の木口面収縮率（βcs）

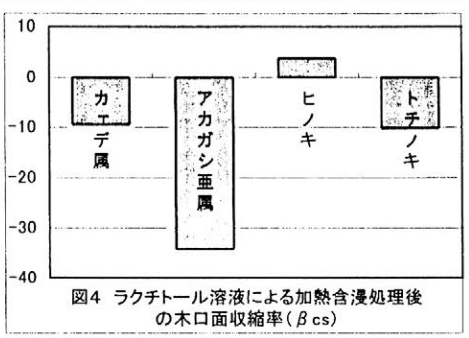


図4　ラクチトール溶液による加熱含浸処理後の木口面収縮率（βcs）

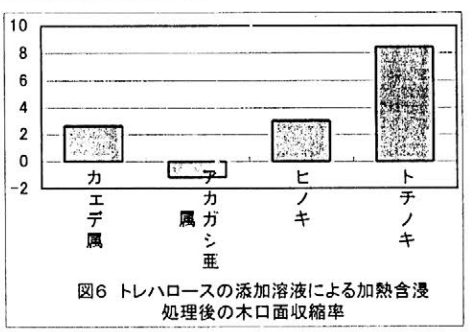


図6　トレハロースの添加溶液による加熱含浸処理後の木口面収縮率

● 参考文献 ●

今津節生：糖の混合による糖アルコール含浸法の改良、日本文化財科学会 第 17 回大会研究発表要旨集, p42-43, 2000 年

伊藤幸司・鳥井信子・今津節生・西口裕泰：糖アルコール含浸法における処理効率の向上、日本文化財科学会 第 17 回大会研究発表要旨集, p196-197, 2000 年

P 62

糖アルコール含浸法の普及と課題

○伊藤幸司（財団法人 大阪市文化財協会）
鳥居信子（ 同 上 ）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

1．はじめに

我々は過去５年に渡って、糖アルコール含浸処理を安全・確実に行う方法について研究し、発表してきた。この一連の研究のほとんどが、決定的な損傷を木製品に与える”三水和物の生成”を如何にして防ぐかに対するものであり、現在までにいくつかの方法を開発してきた。これに伴なって、劣化状況の異なる出土木材に対しても、安定して保存処理ができるようになり、処理実績も年々増加している。

また、98年度からは、糖アルコール処理の有効性・問題点をより明らかにし、安定した保存処理方法とその普及を目指すべく、糖アルコール保存法研究会(註)を３年間に渡って開催した。その結果、３年程前には糖アルコール含浸法を取り入れている機関は５～６しかなかったが、最近では40をこえる機関で保存処理が試みられている。

このように、保存処理を安全に行うための研究開発を行いながら、同時に保存処理方法の普及を進めることで、ある程度の成果を得てきた。しかし、その開発過程では、いろいろな問題が生じたので、個々の問題に対して解決策を模索してきた。

今回は、安定した保存処理を目指しながら克服してきたこれまでの研究成果と、糖アルコール保存法研究会での普及の試みについて紹介する。

2．問題点と解決方法

糖アルコール含浸処理での失敗は、処理そのものにかかわる技術的な問題と、処理方法の誤解によるものとがある。

a．三水和物の生成

割れや収縮などの変形を生じるトラブルの原因となっているのは、ほとんどの場合、三水和物の生成である。

三水和物はラクチトール溶液が低濃度で結晶した場合に生成されるため、ラクチトール溶液が三水和物の結晶を生成する温度・濃度領域にあるときに結晶をつくらせないようにする事で解決できる。具体的には次のような３つの方法がある。

① 最終の含浸濃度を確実に85％まで上げる。
② 含浸濃度が十分に上げられない場合、含浸後、50℃の環境下で乾燥、固化させる。
③ 他の糖類を添加し、ラクチトールに結晶阻害を起こさせる。

b．無水和物の生成

無水和物の結晶は粉状で非常にもろく、木製品中で結晶したラクチトールがこの状態になると、パサパサになって割れ、崩壊する。強制乾燥を行わない場合はこの問題は生じない。

保存処理の作業上で起こりやすいのは、固化乾燥工程で気密性の高い乾燥器（金属製品の処理などで使用）で必要以上の乾燥を行なった場合である。また、処理後、収蔵段階で湿気を避けるためにシリカゲルなどと共にパックすると、同様な現象が起こる可能性が高い。

c．処理方法の誤解

糖アルコール含浸法には基本となる処理方法があるが、木製品の条件によって、より安全

に処理を行うために幾つかの方法を開発、学会等で発表してきた。しかし、それぞれの方法が断片的に、または他の方法と間違って組合わされるなど誤解されている事が多い。最も多いのは「糖アルコール含浸処理は必ず50℃で乾燥」という誤解である。

様々な木製品に対処すべく、処理方法に幾つかの選択肢ができたのだが、それが誤解を生む原因となっているようである。

3．糖アルコール保存法研究会の開催

糖アルコール保存法に対してより多角的にアプローチし、正確な情報を共有するため、木製品の保存処理に直面している埋蔵文化財関係者を対象に開催した。

初年度は橿原考古学研究所において、2件の基調報告と4件の事例報告、次年度は大阪市立博物館において展示中の処理遺物を実見し、1件の特別講演と3件の基調報告、2件の事例報告を行った。3年目となる昨年度は2日間に渡り、1日目に実習・実演（大阪市文化財協会）と施設見学（橿原考古学研究所・櫻井市埋蔵文化財センター・田原本町教委）、2日目に2件の基調報告と3件の事例報告を行なった。

4．まとめ

我々は糖アルコール含浸法に関する5年間の研究の中で、どのような劣化状態の遺物に対しても適用できるような安定性の高い保存処理法を目指して研究を進めてきた。さらに、糖アルコール含浸法の有効性を最も実感しているものとして、大量の出土木製品を保管し、処理しなければならない責務を担っている人々への普及を図ってきた。しかし、処理方法の選択肢が増えた事などにより少なからず誤解を生じてきたのも事実で、普及の難しさにも直面する事となった。

このようななかで糖アルコール保存法研究会は3年間で延べ150名以上の参加があり、一定の成果を得た。特に、昨年度行なった実習・実演や施設見学により処理方法に関する誤解の多くは払拭されたと思われる。今後は糖アルコール含浸法を採用する各機関において、重大なトラブルが起こらないよう、より正確な情報の伝達、共有化を図るためのネットワーク作りに努めなければならないと考えている。

註）糖アルコール保存法研究会は『糖アルコールを用いた有機遺物保存法の開発と展開（科学研究費基礎研究B）』の成果の一部である。

糖アルコール保存法研究会
2000年度　実習・実演

糖アルコール含浸法で用いられる薬剤の配合比と凝固後の性質について

○甚田真友子（京都造形芸術大学）
岡田文男　（京都造形芸術大学）

1. はじめに

糖アルコール含浸法は出土木材の保存処理法として近年開発され、実用化が進められている。この処理法では、安価で安全な薬剤を使用していること、処理期間が短いこと、処理工程が簡易であること、既存の処理設備を活用できることなどの利点がある。一方、高温による高濃度含浸、乾燥工程中の3水和物や無水和物の発生による木材の亀裂・崩壊など、様々な問題が発生しているのも事実である。

今回は、糖アルコール含浸法で用いられるラクチトールに、異種の糖アルコールを様々な配合比で添加し、それらの溶液を凝固させて、その形状変化と重量変化を観察した。

さらに、上記の実験で良好な結果が得られた糖アルコールの混合溶液を用いて、凍り豆腐による含浸実験を行い、溶液から取り出した後の凝固過程について形状変化と重量変化を観察した。

これらの実験は、糖アルコール含浸法において想定される問題点を再確認し、さらにはその改善を目指すために行った。

2. 実験方法

2－1　薬剤の凝固実験

ラクチトールと異種の糖アルコールとの混合溶液の80%水溶液を作製し、湯せんにした。薬剤が完全に溶解した後、紙コップ容器に溶液を流し込み、それらの溶液を常温で凝固させ、3日ごとに電子ばかりで重量測定を行い、凝固過程を観察した。この結果を表1に記す。

表1. 糖アルコール混合溶液の種類と凝固実験結果

薬品名	配合比	結果	配合比	結果
ﾗｸﾁﾄｰﾙ	―――	B	―――	―――
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋ｸﾞﾙｺｰｽ	9:1	D	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋ﾏﾝﾆﾄｰﾙ	9:1	B	7:3	B
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋PO－20	9:1	D	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋ｿﾙﾋﾞﾄｰﾙ	9:1	D	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋ｽｸﾛｰｽ	9:1	A	7:3	※
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋ﾄﾚﾊﾛｰｽ	9:1	A	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋ｷｼﾘﾄｰﾙ	9:1	D	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋PEG#4000	9:1	C	7:3	C
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋PEG#1000	9:1	D	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋PEG#400	9:1	D	7:3	D
ﾗｸﾁﾄｰﾙ＋PEG#200	9:1	D	7:3	D

A：4週間以内に完全に凝固し、3水和物及びカビの発生が見られなかった。

B：4週間以内に完全に凝固したが、3水和物及びカビが発生した。

C：4週間以上かかって完全に凝固したが、3水和物及びカビが発生した。

D：いつまでも完全に凝固しない。

※：再度実験中である。

2－2　凍り豆腐を用いた糖アルコール含浸実験

2-1で良好な結果が得られたラクチトール、ラクチトール：スクロース=9:1、ラクチトール：トレハロース=9：1の80%水溶液を用いて凍り豆腐で含浸実験を行い、凝固過程を観察した。試料は市販の凍り豆腐(3.0×2.5×2.0cm、含水率700%程度)を水に漬けて完全に戻したもの37点(うち1点は含水率測定用)を使用した。含浸実験工程を表2、薬剤の種類と溶液含浸工程及び結果を表3に記す。

表2．含浸実験方法

含浸実験工程
1.各溶液に含浸<50℃>
↓
2.取り出し
↓
3. ﾗｸﾁﾄｰﾙ微粉末にまぶす
↓
4.乾燥(試料が恒量になるまで)※1
↓
5.試料表面の微粉末除去
↓
6.再乾燥(試料が恒量になるまで)
↓
7.常温保管(3週間)
↓
8.強制乾燥(4週間)<70℃>

表3．薬剤の種類と溶液含浸工程及び結果

溶液の種類	No	溶液含浸工程 各濃度含浸期間=1日 設定温度=50℃	結果 自然乾燥試料 4.乾燥後	結果 自然乾燥試料 8.強制乾燥後	結果 加熱乾燥試料 4.乾燥後	結果 加熱乾燥試料 8.強制乾燥後
ﾗｸﾁﾄｰﾙ (各濃度につき3点)※2	1	50%	D	D	C	—
	2	50→60%	D	D	C	—
	3	50→60→70%	D	D	A	—
	4	50→60→70→80%	D	D	A	—
ﾗｸﾁﾄｰﾙ:ｽｸﾛｰｽ=9:1 (各濃度につき3点)	5	50%	D	D	C	—
	6	50→60%	D	D	C	—
	7	50→60→70%	A	A	A	—
	8	50→60→70→80%	A	A	A	—
ﾗｸﾁﾄｰﾙ:ﾄﾚﾊﾛｰｽ=9:1 (各濃度につき3点)	9	50%	D	D	C	—
	10	50→60%	D	D	C	—
	11	50→60→70%	A	A	A	—
	12	50→60→70→80%	B	B	A	—

A:形状良好。3水和物、カビの発生なし。B: 形状良好。3水和物の発生あり。

C: 形状変化が著しい。3水和物、カビの発生なし。D:形状変化が著しい。3水和物、カビが発生。

備考　※1. 3、5の乾燥工程では、自然乾燥試料は常温で、加熱乾燥試料は50℃設定の恒温乾燥機で乾燥した。

※2. 試料は自然乾燥、加熱乾燥、着色溶液含浸の3種類。着色溶液含浸試料は含浸終了後2分割し、それぞれ自然乾燥、加熱乾燥した。

3．結果

2-2の実験では表3の通り、自然乾燥試料は、どの溶液においても50～60%濃度で含浸を終了したものは、微粉末をまぶした後の乾燥工程で既に3水和物やカビが発生し、著しい収縮・変形が認められた。また、70～80%の高濃度溶液に含浸したものは、各溶液含浸試料においてカビの発生や著しい形状変化はなく、概ね良好な仕上がりであったが、ラクチトール、ラクチトール：トレハロース試料については3水和物が発生しているものもあった。強制乾燥終了後は試料の著しい形状変化などはなかったが、試料自体が乳白色から黄褐色へ変化していた。

一方、加熱乾燥試料では、微粉末をまぶした後の乾燥工程終了時点で全試料に3水和物、カビの発生は認められなかったが、50～60%の低濃度含浸試料は著しい収縮・変形が起こっていた。70～80%の高濃度含浸試料については著しい形状変化もなく、良好な仕上がりであった。しかし、加熱乾燥試料は微粉末除去後の乾燥中に試料内部の結晶が1水和物から無水和物に変化し、全試料に亀裂や粉化などが見られ、以後の観察が不可能な状態になった。

以上のことから、ラクチトールに異種の糖を添加することにより、3水和物の発生をある程度抑制することはできる。しかし、どの溶液においても、低濃度含浸では3水和物やカビが発生し、形状変化も著しいため、低濃度含浸は木材にダメージを与える危険性が高い。

乾燥工程においては、加熱乾燥を行うことによりカビや3水和物の発生が抑えられるが、過乾燥状態では、試料が損傷または崩壊する恐れがあることが判明した。これは千葉直美氏の研究とほぼ同様の結果となった(注1)。

注1．千葉直美(2000):「糖アルコール含浸法における予備実験」(糖アルコール保存法研究会発表要旨)

復元部の彩色上に発生した白色粉体について

－保存処理した出土木製品の場合－

○植田直見　大国万希子　井上美知子　伊藤健司　((財)元興寺文化財研究所)

1．はじめに

昨年度、文部省科学研究費の補助を受け、保存処理後の出土木製品・出土金属製品の経年変化を調査した。そのなかで、出土木製品について、一部の遺物に白い粉状の物質が析出しているのが観察された。いずれも復元補填部および接着補填部に使用したエポキシ樹脂上の彩色部に発生し、特に空気の流通の少ない状態に置かれているものについて多く見られた。

そこで、遺物に対する影響を調査するため、この析出物の成分を分析し、発生する機構を検討した。さらに、その結果に基づいて、白色粉体の発生を防ぐ方法の検討を行ったので報告する。

2．白色粉体の発生状況

復元補填部および接着補填部に使用したエポキシ樹脂上の彩色部に析出した白色粉体はポリエチレングリコール(PEG)含浸法で処理した遺物に見られた。特に気密性の高いケースおよび袋の中で保管されている、あるいは、薄葉紙などに包まれている場合に多く発生していた。また、同一遺物でも部分的に発生している場合や、彩色部全面に発生している場合などその発生の状態にはばらつきがあった。

これらの白色粉体は水に容易に溶解し、除去することができた。

3．白色粉体の成分分析

3－1．方法

① 試料採取

粘着テープで彩色上の白色粉体を採取したが樹脂や絵具など他の成分が混在したため、白色粉体の析出した部分の表面をカミソリで薄く切り取ったものを分析に用いた。一方、白色粉体のみをメスやピンセットで採取したものも同様に分析試料とした。

② 成分分析

X線マイクロアナライザー(EMAX－2000　(株)堀場製作所製)を用いて含まれる元素を分析した。

次に、フーリエ変換型赤外分光光度計(FT－IR)(JIR－600ɔ　日本電子(株)製)を用いて含まれる化合物を同定した。

分析は薄く切り取った白色粉体の発生した樹脂および絵具表面、さらに発生した白色粉体のみを採取したものについてそれぞれの元素分析を行った。また、白色粉体についてはFT－IRによる化合物の官能基の特徴を調べた。

3－2．結果

X線マイクロアナライザーによる分析では樹脂表面に発生した白色粉体からはカルシウム(Ca)、チタン(Ti)、鉄(Fe)、マンガン(Mn)などが検出された。これらは当初、絵具

に由来すると考えた。さらに、数点の遺物から白色粉体のみを採取し、分析した結果、いずれも、主成分としてカルシウムを検出した(図1)。これらの結果よりカルシウムがこの白色粉体の主成分であることがわかった。次に、FT－IRによる分析では、2800～3000cm^{-1}付近の吸収より有機物である、さらに、1600cm^{-1}付近の吸収より有機酸の塩であると推定した(図2)。これらの結果を合わせると、この白色粉体は有機酸のカルシウム塩である可能性が高いと考えた。

4. 考察

白色粉体が有機酸のカルシウム塩であることがわかった。そこで、原因となる物質を特定し、その発生機構を検討した。カルシウムは彩色に使用する絵具(アクリル絵具)および絵具を薄める水に含まれ、有機酸についてはポリエチレングリコールの分解物が考えられた。そこで、有機酸を特定するため、ギ酸カルシウムおよび酢酸カルシウムのFT－IRのスペクトルと比較した。その結果、白色粉体は標準品のギ酸カルシウムの吸収と一致した。これらのことより、PEG含浸法で処理した遺物中のPEGに含まれるギ酸と絵具あるいは水の中に含まれるカルシウムが結合し析出したものであると推定した。

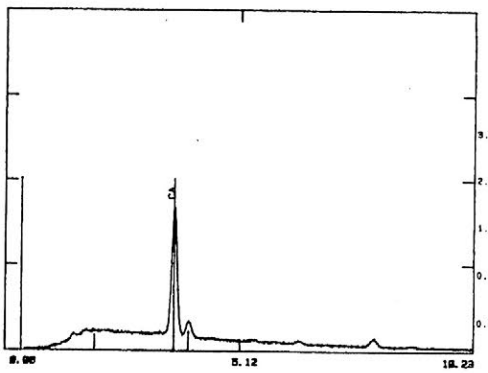


図1. 白色粉体のX線マイクロアナライザーによる分析

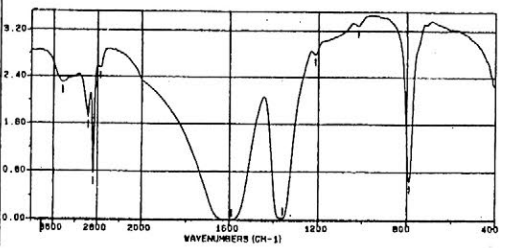


図2. 白色粉体の赤外吸収スペクトル

5. さいごに

保存処理した出土木製品の経年変化を調査した結果、接着部および復元部彩色上に発生した白色粉体がPEGから発生する有機酸と復元に使用する絵具および水道水に含まれるカルシウムとが化合したものであることがわかった。一方、調査の結果、遺物の上には発生が認められず、それによる遺物への影響は観察されなかった。しかし、補填部の本来の色調が失われるため、これらの発生を防ぐには有機酸かカルシウムかの何れか、あるいは両方を取り除くことが必要であると考えた。そこで、有機酸を取り除くには処理中のPEGの分解を防ぎ、あるいは遺物の周辺の有機酸濃度が高くならないようにし、また、カルシウムを除くには、それを含まない絵具および、イオン交換水を使用することを検討した。そのため、使用する絵具すべてを元素分析し、カルシウムを含まない絵具を選択した。さらに遺物を適切な環境で保管することが必要であると考える。

P 65

保存処理後遺物の経年調査（１）

○ 伊藤健司(財・元興寺文化財研究所)、植田直見(同)、
大国万希子（同)、米村祥央（同)、藤田浩明（同）

はじめに

保存処理の歴史は約35年であるが、この間に処理方法の開発・改良や技術の向上は著しく実践例が次々に報告されている。しかし文化財にとって重要な保存処理後遺物の経年変化の把握がほとんどなされず、長期安定性は明らかとなっていない。

調査の目的

このため、何らかの変化が生じている可能性があると考えられる遺物については、変化が生じていない遺物と比較してその原因を詳細に検討することにより、保存科学上の研究課題として明確にし、安全で精度の高い保存処理の方向性を探る。

さらに、得られた調査結果は保存処理前の情報とともにデータベース化を計ることにより、保存科学研究の開発、改良や保管環境、条件の検討だけにとどめず、今後予想される再処理の基礎的資料とすると同時に、長期安定性の確認を行うものである。

調査の方法

主に1987年以降の保存処理後遺物の現状を把握するために、全国の公共機関などを中心に聞き取りまたは調査票を送付し実態を確認し、変化が生じているまたはその可能性があると判断した場合は、緊急に現地調査を行い変化の有無を調査する。

調査の結果、変化が認められた遺物には、処理履歴などとあわせて状況を細部まで記録し、サンプリングが可能であれば分析し、さらに展示・保管環境などの検討を行い、可能な限りその原因を追求する。

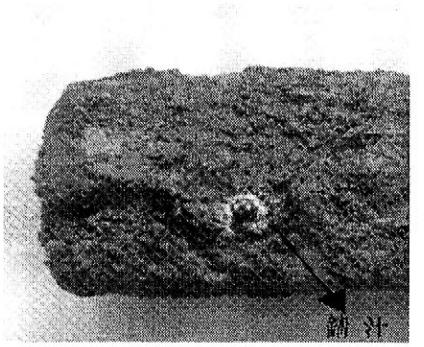
調査の中間報告

2000年度は2,000点程度の保存処理後遺物を現地調査で実見してまとめたデータを、詳細に検討している段階であるが、何らかの変化があった遺物は現在のところ120点程度確認できている。そのうち変化の要因としては、明らかに展示や移動時の取扱いに不備があったため破損や折損している場合、高温高湿下や通気のない梱包の状態で保管されていたため薬品や樹脂の染み出し、接合部のはずれや補填部における彩色の色落ちや白色紛体が析出している場合などが見られた。また、即断は出来ないものの処理方法や処理過程に何らかの問題があり、その結果として保存処理後に変化が生じたと考えられる遺物もある。

このような変化が生じた遺物は、単独の要因の場合もあるが、いくつかの要因が複合した場合もかなり認められる。(次ページに一部の事例を報告する)。

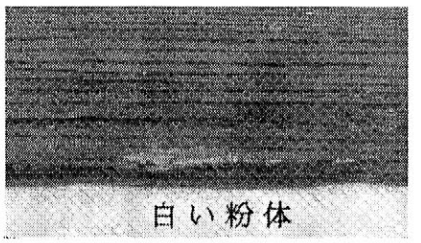
調査を実施していく中で、保存処理に携わるものとして非常に残念なことであるが、補填部だけでなく遺物自体にも彩色した例や処理過程で接着ミスのため接合部がズレたことにより遺物の形状に違和感が生じている例などが確認できた。

調査事例①
遺物名：鉄剣　　時代：古墳
保管場所：木造展示室・空調なし
保管状況：アクリルケース保管
　　調湿剤などの収納なし
処理法：脱塩・樹脂含浸
処理年度：1998 年～1999 年
変化の状況：茎に水玉様の錆汁が発生している。



調査事例②
遺物名：鳥形木製品　　時代：弥生～古墳
保管場所：コンクリート製展示室・空調あり
　　（ただし、入室者のある時のみ）
保管状況：アクリルケース保管・乾燥剤収納
処理方法：ＰＥＧ含浸法
処理年度：1991 年～1992 年
変化の状況：ＰＥＧが染み出し、遺物表面が黒ずみ、一部白く凝固している。

調査事例③
遺物名：木製鞘　　時代：中世？
保管場所：コンクリート製展示室・空調なし
保管状況：展示ケース・調湿剤なし
処理方法：脂肪酸エステル法
処理年度：1998 年～1999 年
変化の状況：遺物表面に白い粉体が付着している。



まとめにかえて

調査を実施していく中で保存処理担当者や資料管理担当者が専任で配属されている機関は、処理後遺物の管理だけでなく、処理記録を含めた情報が厳密に管理されている。しかし、担当者が兼任ないし不在の機関は、処理後遺物の保管場所が不明な場合があるうえ、処理履歴や処理記録などの大切な情報が不明確であることがあり、保管環境や取扱いなどの遺物的な管理とあわせて保存処理後遺物における記録的な管理が求められる。

この調査は 2000 年度から 2004 年度までの継続して行うものであり、今回の報告は初年度で緊急に調査を実施した遺物が多かった。今後調査を計画的に進め、データを増加していく中で、新しい方法で処理された遺物の長期安定性とあわせて詳細な検討を加えたい。

なお、本研究は平成 12～15 年度科学研究費補助金　基盤研究(A)(2)「保存処理処理後遺物の経年調査」（研究代表者　伊藤健司　課題番号 12308005）の成果の一部である。

P 66

金属製遺物の腐食に影響を及ぼす埋蔵環境因子の解明　～その１～

○松井敏也（東北芸術工科大学），手塚均，及川規（東北歴史博物館）
鈴木孝行（多賀城市埋蔵文化財調査センター），有田彩子（奈良大学大学院）

【はじめに】

本研究は出土金属製遺物の保存のために，その腐食に影響を及ぼす埋蔵環境因子の解明を材料科学および土質工学の立場からアプローチすることを試みている．これまで金属製遺物の腐食状態の解明手段として，腐食生成物の分析があったが，埋蔵環境因子が与える影響については深く議論されてはこなかった．本研究は埋蔵環境因子が金属製遺物に与える影響を調べ，腐食との相互関係を見出すことを目的としている．それにより遺跡から出土する金属製遺物の腐食・劣化を的確に抑制・防止できるものと考えている．本発表では宮城県多賀城市市川橋遺跡出土した腐食状態の異なる鉄製遺物について，埋蔵環境との関係を探る調査を行なった結果を報告する．

【調査項目】

土中腐食に影響する土の性質として，多孔性，含水量，電気伝導度，含有塩濃度，pH などがある[1]．調査は鉄製遺物と遺物包含層土壌，遺構土壌を対象に行なった．調査した項目は以下のとおりである．

鉄製遺物･･･表面の付着土壌と腐食生成物における溶解塩類，化合物の同定
遺物包含層土壌および遺構土壌･･･通気性(有孔度)，水分含有量，含有塩濃度，pH，溶存酸素濃度
地下水･･･溶存酸素量，pH，含有塩濃度

【試料と腐食状態の分類】

試料は宮城県多賀城市に所在する特別史跡多賀城跡の都市部分を形成する市川橋遺跡から出土した８世紀後半頃から９世紀後半頃とされる鉄製遺物である．この遺跡の主な位置は多賀城外の幹線道路の南北大路と東西大路が交差する場所に相当する．試料は腐食の進んだ遺物とほとんど進んでいない遺物に大別され，肉眼観察により以下の４レベルに分類された．その結果，遺跡の北地区から出土した鉄製遺物はレベル４に相当し健全な状態で出土していることに対し，南地区から出土した鉄製遺物は出土した層位により腐食状態のレベルが異なる可能性が示唆された．

遺物の腐食状態の分類
レベル１・・・遺物の形状がわかりにくい．亀裂，破損が認められる．
レベル２・・・表面に土やさびが付着するが遺物のおおよその形状が把握できる．一部の欠損がある．
レベル３・・・遺物の形状が現れている．土やさびなどの付着量は少ない
レベル４・・・土やさびの付着がほとんど無く，遺物の形状が非常によく確認できる．

【結果と考察】

表１に遺物出土層土壌とその上下層の土壌の各地区における物理特性を示す．ほとんどさびていない状態の遺物が出土した北地区と各レベルの腐食状態を持つ遺物が出土した南地区の土壌の物理性（通気性，水分含有量，pH）については有意な差が見られなかった．含有塩濃度については塩化物イオン，硫酸イオンともに南地区の土壌に多く含まれていることがわかった．塩化物イオンの濃度分布は南地区では分散が大きく 8ppm/g から 57ppm/g の値を示し，硫酸イオンの濃度分布の分散値は両地区において差が見られなかった．また，湧水する地下水の塩化物イオン，硫酸イオンの濃度については出土層による違いが認められなかった．更に，北地区の状態の良い遺物が出土した層から湧き出る地下水の pH は 6.7-6.8，溶存酸素量は約 0.86mg/l であり，酸素が非常に少ない水質であることがわかった．このことが健全な状態で遺物が出土した要因であるものと考えられる．

次に出土した遺物包含層土壌(遺物の周囲の土壌)について，腐食レベル２～４の含有塩濃度(塩化物イオン，硫酸イオン，リン酸イオン)測定結果を表２に示す．その結果，各陰イオン量は腐食のレベルとの相関が見出され，各陰イオン量が多い場合は腐食の状態が悪いことがわかった．レベル２については表１との比較から，土壌から抽出された陰イオン量よりも遺物包含層には多量に塩類が含まれることがわかった．硫酸イオンやリン酸イオンは８倍近く大きい濃度を示し，腐食が進行するにつれて遺物に各種の陰イオンが濃縮していることが考えられる．

表３に鉄製遺物表面の付着物のＸ線回折分析結果を示す．表中には各遺物の出土した周囲の土壌から検出された各陰イオン濃度を併せて記した．土壌よりリン酸イオンが検出された遺物からは藍鉄鉱[$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ Vivianite]が検出された．藍鉄鉱が検出された試料からは菱鉄鉱[$FeCO_3$ Siderite]も検出されている．藍鉄鉱と菱鉄鉱の混在は鉄製遺物の腐食の進行を抑制する作用があるとされている[2]．一部の試料からは黄鉄鉱が検出された．黄鉄鉱は硫黄化合物[FeS_2 Pyrite]であり，

土中の環境，すなわち埋蔵環境が還元状態であったことを示している．大量の硫酸イオンを含む層位の土壌から出土した遺物の表面からは硫黄化合物が検出されなかった．これは，発掘による急激な酸化反応が起きたために，硫酸イオンへ変化したものと考えられる．また，化合物の同定による遺物の腐食状態調査結果の検討には慎重さが要求されることがわかった．

表 1 各地区における遺物出土層とその上下層土壌の物理性の比較

	有孔度	水分含有量	pH値の分布範囲	含有塩濃度（ppm/g，平均±2σ）		
				塩化物イオン	硫酸イオン	リン酸イオン
北地区	0.45-0.70	60-80%	5.6－6.8	8.6±9.9	163±246	—
南地区	0.42-0.60	30-50%	5.8－7.1	23.4±29.8	224±259	4.8±8.5

表 2 腐食レベル 2～4 の遺物が出土した土壌に含有される塩化物イオン，硫酸イオン，リン酸イオン濃度（ppm/g）の平均値と標準偏差

		塩化物イオン	硫酸イオン	リン酸イオン
レベル2	平均値	34	1724	38
[遺物数：南地区 8]	標準偏差	31	1344	40
レベル3	平均値	29	892	9
[南地区 8]	標準偏差	24	496	11
レベル4	平均値	20	1003	3
[南地区 2，北地区 1]	標準偏差	7	271	5

表 3 各腐食レベルにおける鉄製遺物表面の付着物のＸ線回折分析結果と土壌中の各陰イオン濃度（ppm/g）

腐食レベル	No.	遺物名	黄鉄鉱	菱鉄鉱	磁鉄鉱	藍鉄鉱	石英	長石	塩化物イオン	硫酸イオン	リン酸イオン
1	19	刀 子	—	○	○	—	○	—	未測定	未測定	未測定
	31	釘	—	—	—	○	○	○	未測定	未測定	未測定
2	26	鉄 鏃	—	—	—	○	○	○	10	4,496	0
	24	鎌	○	○	—	○	○	○	105	2,737	10
	8	刀 子	○	○	—	○	○	○	39	2,033	89
	4	刀 子	—	○	○	○	○	—	26	1,530	8
3	12	刀 子	—	—	—	—	○	○	22	985	5
	1	鉄鏃	○	—	—	—	○	○	25	458	24
	29	紡錘車	—	○	—	○	○	○	25	352	0
4	2	鉄 鏃	—	○	—	—	○	○	14	1,316	0
	23	鉄 鉗	—	○	—	○	○	—	28	844	9

（－は未検出）

【まとめ】

- 今回調査した遺跡における土壌の物理性（通気性，水分含有量，pH）は鉄製遺物の腐食性に大きな影響を与えるものではないと考えられた．
- 肉眼観察によってもその各陰イオン量の推定の可能性が見出せた．
- 鉄製遺物の表面には周辺の土壌中の陰イオン類が濃縮して存在することが示唆された．
- 硫酸イオンの存在量はＸ線回折分析結果のみでなく，溶出塩の調査も必要である．

今後は，遺跡の遺物包含層に試験片を埋設し，短期間に生成するさびや埋設環境のモニタリングを計画している．これにより，埋蔵環境が与える鉄製遺物への腐食の影響を把握することができるものと考えられ，出土後の保存に重要な知見が得られるものと考えている．

[1] 伊藤伍郎，「腐食科学と防食技術」，コロナ社，p306-310（1979）
[2] 江本義理，「埋蔵文化財の保存環境」『保存科学研究集会』，奈良国立文化財研究所，p74-87（1986）

出土鉄器の脱塩処理に及ぼすベタイン型含フッ素オリゴマーの添加効果

○河越幹男(奈良高専)・山口清美(同)・澤田英夫(同)
川本耕三(元興寺文化財研究所)

諸　言

我々は，含塩鉄器からの脱塩処理[1]に及ぼす含フッ素オリゴマーの添加効果について調べ，ベタイン型が優れていることを見い出した[2,3]。本研究では，ベタイン型オリゴマーの種類の影響について調べた。その結果，脱塩促進に関しては親水基のみを持つオリゴマーが優れており，脱塩処理後の防錆効果に関しては親水基と疎水基の両方を有するオリゴマーが効果的であることを見い出した。この特性を生かした新規脱塩処理法について検討した。

実験および方法

試料は，鉄粉とNaClの混合物を100MPaで圧縮成型した直径20mm、厚さ10mmの円盤状圧縮成型品(含塩率0.32 wt.%、空隙率約40%)であり，湿度100%の空気中に１週間放置して錆びさせた。脱塩液はKOH水溶液(0.01N)とセスキカーボネイト水溶液(0.5 wt.%)である。

図１に用いた３種類のベタイン型オリゴマーを示した。SK-15 は親水基と疎水基の両方を有しているが，SK-2 と SK-6は親水基のみを有する。SK-2とSK-6の相違点は，含有フッ素鎖長が異なることであり，SK-6の方が鎖長が長い。含フッ素オリゴマーの濃度は0.3g/Lとした。実験温度は25℃である。

脱塩速度を求めるため，脱塩液中のNaCL濃度の経時変化を測定した。次いで，処理済み鉄器に対するオリゴマーの防錆効果を知るために，保存環境の空気湿度を変化させて試料重量の経

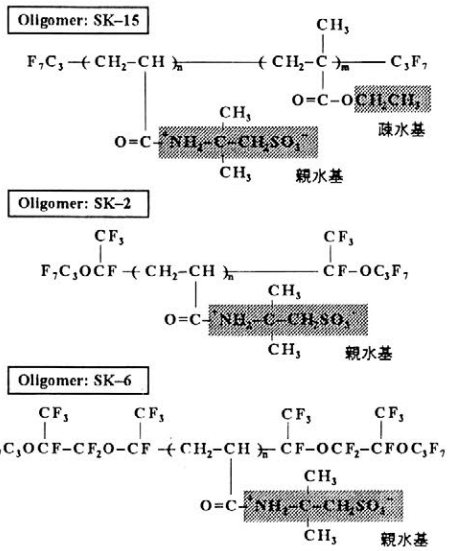


図１　ベタイン型オリゴマー

表１　実験に用いた試料及び実験結果

試料番号	実験条件 脱塩溶液	オリゴマー	錆化度[%]	含水率 [-]	脱塩量 [mg]	有効拡散係数 [cm²/d]
a 1	KOH	無添加	0	—	49.1	0.428
a 2	KOH	SK-15	0	—	48.7	0.340
a 3	KOH	SK-2	0	—	49.0	0.420
a 4	KOH	SK-6	0	—	48.8	0.415
b 1	KOH	無添加	10.75	0.0206	28.0	0.025
b 2	KOH	SK-15	12.71	0.0151	20.5	0.012
b 3	KOH	SK-2	10.74	0.0280	27.1	0.032
b 4	KOH	SK-6	9.16	0.0322	38.0	0.035
b 5	SQ*	無添加	12.11	0.0266	8.5	0.015

＊ SQ＝セスキカーボネイト

時変化を測定した。前者から拡散モデルに準拠して有効拡散係数を算出した。

実験結果および検討

(1) 脱塩速度　表１から，無錆試料の場合，疎水基を有するSK-15 の有効拡散係数D_Eはそれ以外の脱塩液の D_Eよりも20%程度小さく，疎水基がD_Eを減少させる傾向が認められた。発錆試料の場合にも，同様の傾向が認められる。

(1) オリゴマーの特性　図２に，各脱塩系における発錆試料の含水率，脱塩率，脱塩処理後の錆化率(以下，再錆化率)を示す。含水率は，親水基のみを有するSK-2とSK-6の場合が大きく，疎水基を有するSK-15の場合に最小になった。SK-2とSK-6では，オリゴマーの両端に結合している含フッ素鎖の鎖長が長いSK-6の方が含水率が高い。オリゴマー無添加の場合，含水率は両オリゴマー類の中間にある。

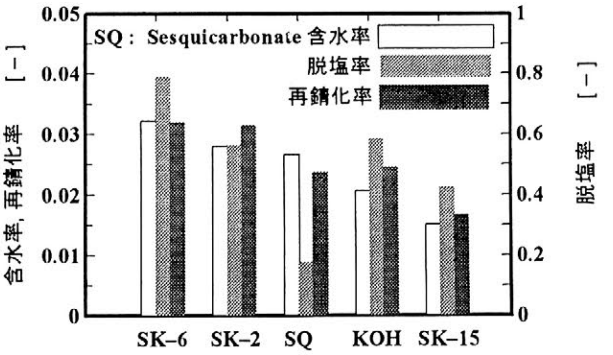
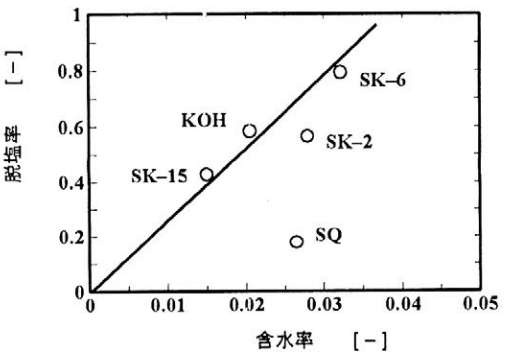


図２　各脱塩溶液系の含水率，脱塩率，再錆化率

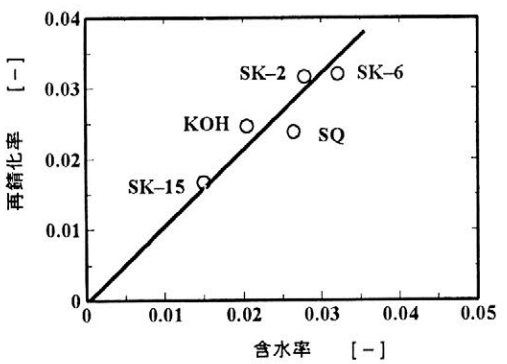
(3) 再錆化率・脱塩率と含水率の関係　図２に示したように，各脱塩溶液系の脱塩率と再錆化率は概ね含水率と比例関係にあり，含水率が脱塩処理に関する基本因子であることを示唆している。そこで，図３に示すように，発錆試料の場合の脱塩率と再錆化率を含水率に対してプロットした。脱塩率の場合，セスキカーボネイト溶液は特異な挙動を示すが，それ以外の脱塩系では，脱塩率と含水率の間に比例関係が認められる。

再錆化率の場合，再錆化率と含水率との間には良好な比例関係が認められた。

(4) ２段階処理法　脱塩促進にはSK-6が有効であり，再錆化防止にはSK-15が効果的であった。従って，SK-6を添加したKOH水溶液で脱塩処理を行った後に，SK-15による防錆処理を行う２段階処理法が有望と考えられる。



(a) 脱塩率対含水率



(b) 再錆化率対含水率

図３　脱塩率，再錆化率と含水率の関係

結　言

ベタイン型含フッ素オリゴマーの脱塩処理と錆化に及ぼす影響を調べた。親水基は脱塩促進効果，疎水基は防錆効果を持つことを見い出し，２段階脱塩処理法を提案した。

文　献

1) 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」，第36号，29～41（1998）
2) 吉原・河越・澤田・川本：日本文化財科学会第16回大会要旨集，p. 170～171（1999）
3) 河越・山口・澤田・川本：日本文化財科学会第17回大会要旨集，p. 188～189（2000）

前期難波宮遺構の保存処理

－大阪歴史博物館・ＮＨＫ大阪放送会館地下での遺構保存－

○伊藤幸司（(財)大阪市文化財協会）
鳥居信子（　同　上　）
池之上晃敏（(株)アクト）

1. はじめに

難波宮大極殿の北西にあたる大阪市中央区大手前４丁目では、大阪歴史博物館（地上13階、地下３階、本年11月３日開館予定）およびこれに隣接するＮＨＫ大阪放送会館（本年５月７日開館）の建設が進んでいる。大阪歴史博物館は現大阪市立博物館を継承すると共に、大阪を代表する遺跡である難波宮跡、大坂城跡の一角にあることから”サイトミュージアム”としての機能を強く持つものである。

両館建設地では工事に先立って行われた発掘調査により、前期難波宮にかかわる倉庫群と西側を区画する塀（以下、「倉庫群」）、管理棟（同、「管理棟」）、石組み溝と水溜め（同、「石組み」）などの遺構が見つかった。これらの遺構は原位置を保ったままで保存されている。特に倉庫群、管理棟については、南側で地球につながった状態、つまり遺構がテラス状に突き出した状態で支持されるという特殊な工法が採用された。

このようにして地下に保存されている貴重な遺構を博物館を訪れる多くの人々に見ていただけるようにと一般公開の方針が打ち出され、必要な保存処理を行うことになった。

今回は遺構を取り巻く環境の調査、保存処理の方法、施工とその後の経過など、現在に至る一連の工程を紹介する。

2. 前提条件

保存処理の対象は倉庫群（1146.0㎡）、管理棟（98.9㎡）、石組み（108.3㎡）である。前述のように倉庫群・管理棟は地球とつながっているが、石組みは完全に切り離され、位置が保たれた状態である。

このようなことから「如何にして乾かすか」ということに焦点を絞り、①乾燥に伴う遺構崩壊の防止、②カビの発生の抑止、という２点を検討した。このふたつは、乾燥しないように保湿すればカビが発生しやすく、カビを抑えるために乾燥を図れば遺構の割れが生ずる、という関係にある。

また、前提となっている条件により制約も多く受け、なかでも最大の問題点は、倉庫群・管理棟は接地している南面からの水の浸入が絶たれておらず、遺構中を南から北に向って地下水のごとく流れているということである。

3. 環境調査の方法

①温湿度

2000年11月から倉庫群５箇所、管理棟と石組み各２箇所と外気１箇所の計10箇所で測定した。使用した機器はHA3631（シンテック社製）で、各箇所とも結露水滴や工事に伴う粉塵の影響が考えられたため、覆いをつけて天井から吊るすなどした。

②土壌含水率

建築JVが1998年４月～2000年12月まで測定した。

4. 結果

①温湿度

機械換気されていない期間は、外気からの影響は少ないが相対湿度90%を超えるような環境で、特に倉庫群については天井一面に結露するような状態であった。機械換気すると外気の影響を受けつつ、相対湿度40～90%あたりを日々推移するようになるが、機械が止まれば高湿度で安定した状態に復する。

②土壌含水率

遺構面から110cmの深さまで5ポイント測定した。これによると、時間の経過に伴う変動は少なく、特に70cmより深いの2点は体積含水率40～50%の範囲で安定している。本年4月末に行った追加測定でも同様の結果であった。

5. 処理方法

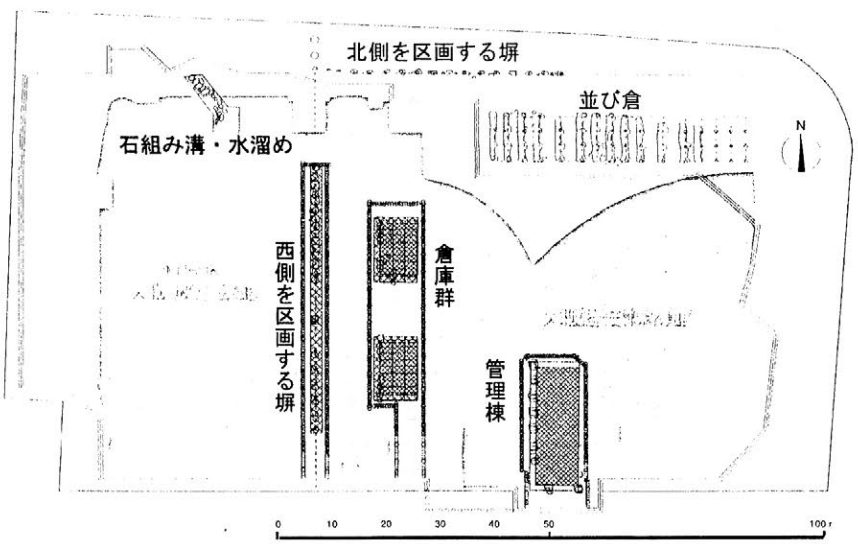
前記の結果から、割れとカビの発生を完全に止めることは困難であると判断し、継続した維持管理により大きな損傷を防いで保存することを目的とした。今回はその初年度として、今後の基礎となる処理方法を検討した。結果、OH100（ワッカー社製）に防カビ剤マルカサイト（大阪化成（株）社製）を添加して散布、2週間後にOM15（ワッカー社製）を散布するという方法を採用した。

この方法は①乾燥によって遺構が極表面的に細かく割れる事を防ぐ、②内部からの水分の蒸発を遮断しない、③表面的なカビの発生を抑える、ということを期待したものである。

6. まとめ－経過と課題

施工の後、カビの発生や割れの進行、局部的な乾燥に伴う色の不均一化など、予想していたこと、していなかったこと、進行が早かったことなど様々な問題が生じてきた。現在、発生したカビの培養を行い、さらに有効で環境に与える影響の少ない防カビ剤を検討する（大阪化成による）など、調査や処理・施工を継続して行っている。

今回の遺構保存は、規模や条件などその特殊性はこれまでに例のないもので、大きな試みといえる。どの時点で、どのような経過、結果が導き出されるか予想できない。今後も継続して状態を観察して必要な処置を施すことが、貴重な遺構を残し、より多くの人々に観ていただくための唯一の方法であろう。



文化財保存を目的とした煉瓦の樹脂処理効果に関する研究

—重要文化財旧下野煉化製造会社煉瓦窯における試み—

○早川典子、朽津信明（東京文化財研究所）

1. 目的

近年、保存や修復のための研究の必要性が生じている近代の文化遺産は、従来の日本における伝統的文化財では含まれなかった材料によって構成されている場合が多く、保存対策のための研究が急がれているが、その一例として煉瓦造建造物がある。

煉瓦が多用されている欧米においては、煉瓦造建造物はその構造を中心とした保存についての研究が多く、煉瓦そのもの自体は保存対象ではなく、構造物における交換可能な部品の一つであり、いわば消耗品と捉えられることが多い。従って、煉瓦自体の保存に関してはあまり注意を払われてきていない。

しかし日本において、煉瓦は使用された時代が極めて短いため、その時期に使用された煉瓦自体が歴史的意義を持つようになっている。煉瓦は、明治の文明開化の過程で日本に導入され、関東大震災によるその集中的な倒壊によって使用が実質上中止されている。このように、日本においては一つの時代を象徴する構造部材の煉瓦であるため、建造物としての保存のみならず材料史の一資料としても、その保存は重要であると思われる。

そこで本研究では、文化財としての煉瓦造建造物の保存を目的としながら、その材料としての煉瓦の保存に関して、煉瓦を合成樹脂で処理することの有効性について評価を試みる。今回はその一例として、重要文化財旧下野煉化製造会社煉瓦窯における樹脂処理による煉瓦保存の試みについて報告する。

2. 従来の石材樹脂処理における問題点

材料としての煉瓦の劣化という問題に限定すれば、その劣化要因としては塩類風化が極めて重要な問題として取り上げられる。塩類風化とは、塩類の析出に伴って物質が物理的に破壊される現象であり、煉瓦ばかりでなく石造文化財全般において観察され、これは材料内における水の挙動に密接に関係した問題であることが指摘されている。

煉瓦自体の保存には樹脂処理が一般的であるが、煉瓦以外にも石材全般に、これまでにも樹脂処理に伴う材質変化に関する研究も行われてきている。

この場合、樹脂に要求される主たる効果は強化と撥水である。この目的に沿って、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等が使われてきた歴史があるが、近年ではシラン系の樹脂による撥水処理が多い。これは、表面からの水の侵入を防げば塩類風化を防止できる場合には効果があるが、地下水の吸い上げなど、内部からの水の移動が原因になっている場合（磨崖仏や建造物下部など）には、樹脂層の内側界面付近で塩類が析出するため、かえって石材表面の破壊を促進してしまう場合もある。[注1]

本研究では石材の水分制御に注目し、撥水効果をもつ樹脂だけでなく、親水基を側鎖に持つシラン系樹脂も含めて試験した。親水基を所有する樹脂は、水の進入を妨げるのではなく、親水基

[注1] 西浦忠輝（1999）、石の樹脂処理と塩類風化-シラン処理石材からの水の蒸発と塩結晶による破壊挙動、東京国立文化財研究所「石造文化財の保存と修復」35-47

部分で水を結合保有することで自由水を減少させ、煉瓦内の空隙を殆ど塞ぐことなく水の移動のみを妨げる効果を期待した。この樹脂の使用は、撥水樹脂層の下界面での塩類結晶層形成により石材表面の破壊を促進する、という従来の問題点解決への試みでもある。

3. 重要文化財旧下野煉化製造会社煉瓦窯

重要文化財旧下野煉化製造会社煉瓦窯は、栃木県下都賀郡野木町、渡良瀬遊水池の近くに所在する。現存する煉瓦窯は明治23年に2号窯として建築され、昭和46年まで稼動していた。輪窯が使用されていた頃は、傷んだ部分はその都度積み替えられていたらしい形跡があり、現在に残る輪窯全体が、均一な煉瓦で構成されているわけではない。また、焼成された煉瓦の材料は渡良瀬遊水池から採取された粘土と川砂であり、当時の渡良瀬遊水池内の塩類が、煉瓦内の成分として残留している可能性がある。

4. 現地における煉瓦の樹脂処理試験

4-1. 試験片を用いた現地試験

樹脂処理を施した煉瓦試料が、実際の文化財においてどのような挙動を示すかを明らかにする目的で、試験片を用いた現地試験を行った。窯内に残されている建物に使用されなかった煉瓦片を用いて、それに各種の樹脂処理をしてから建物の各部位に設置し、その後の経過を観察した。設置箇所は、水分移動の状況が異なると思われる代表的な部位を選択した。

4-2. 煉瓦壁における試験施工

実際の煉瓦造文化財に対する樹脂処理の有効性を検討する目的で、塩類風化により著しいが壁面崩落が観察される煉瓦壁に樹脂を試験施行し、その後の経過を観察した。この際に用いた樹脂は4-1に用いた樹脂の中から、良好な結果が得られた親水性基を有する樹脂である。

5. 結果及び考察

4-1の試験において、撥水性樹脂と親水基を有する樹脂とで、異なる傾向が見られた。

撥水性樹脂は一時的には塩類析出を防止する効果はあるものの、その後に、逆に塩類析出を促進させてしまう場合が生じている。これは、今までにも指摘されてきた撥水樹脂の問題点でもある。しかし、この傾向は、親水性基を有する樹脂では見られず、水そのものの移動を制御する物性が、塩類風化防止に対して効果を発現している可能性が示唆された。

4-2の試験においてはコントロール部に対して壁面崩落量が1/5程度になることが確認された。樹脂が存在することにより、煉瓦内の空隙を殆ど塞ぐことなく、石材内部からの塩類の析出や水の移動が妨げられる可能性が示唆された。

これらの結果から、撥水や強化という石材自体への物性の付与である従来の樹脂処理とは異なり、石材内部の水分移動の制御という新たな視点での樹脂利用を提言することができた。しかし、環境条件によって、同じ樹脂でも有効であったり逆効果であったりする場合があり、一概に特定の樹脂の有効性を議論することは危険であり、実際の煉瓦造建造物保存を考える際には、環境制御まで含めた総合的な対策の検討が必要不可欠である。

ポリエステルフィルムを用いた染織文化財保存法に関する基礎研究

○佐渡恵美子，野中誉子（京都工芸繊維大学大学院）
藤井美弥子（(有)プロテック）
前川善一郎（京都工芸繊維大学大学院）

1. 緒言

染織文化財の劣化防止についての問題は，緊急で重要なものである．他の文化財と異なり織物独特の柔らかさを残しておくため，樹脂の含浸といった保存処理方法を適応させることができない．しかしその構造上非常に劣化が進みやすく，そのままでは最終的に崩壊してしまう場合もある．

こうした染織文化財の劣化にはさまざまな要因があるが，第一に挙げられるのが日光や電球といった光による影響である．特に紫外線には染料の変退色を促進させる働きがあり，色彩や模様が注目される染織文化財にとっては重要な問題となっている．

本報告では染織文化財の保存方法のひとつとして，ポリエステルフィルムを用いた紫外線による変退色防止効果について検討する．

2. 試験

紫外線による影響のみを観察するため，カーボンアーク燈染色堅牢度試験（フィードメーター）を実施した．試験布にはブルースケール（JIS-L-0841 準拠）を適用し，フィルムの有無に従いそれぞれ 10 時間単位で 80 時間まで露光，その後色の変化を分光測色計（COLOR-EYE 3000, Macbeth）で測定した．

調査の対象には，二軸延伸ポリエステルフィルム(東レ㈱)を用いた．比較対象としてセラミック蒸着ポリビニルアルコールフィルム（三菱ガス化学㈱）を使用し，フィルムの有無による効果の違いを調査した．

表 1.　フィルム仕様

	ポリエステル	PVA
厚み（μ）	50	112
引張強度 (kg/mm^2)	21.3	8.7
酸素透過度 ($g/m^2 \cdot day \cdot atm$)	19	0.5
透湿度 ($g/m^2 \cdot day$)	6.9	0.01

3. 表色系

色の表現にはさまざまな方法があるが，ここでは最も一般的である CIE の規格に基づいた L*a*b*表色系を用いる．この方法では L*で明度を，a*と b*で色度を表す．それぞれ a*は赤，-a*は緑，b*は黄色そして-b*は青方向を示す．

4. 計算方法

分光測色計では，等色関数に基づく三刺激値 XYZ が得られる．そこから L*a*b*表色系への変換を行い，紫外線による色の変化を明確にする．変換には一般に広く信頼されている CIE の方式を用いた．その式は以下の通りである．

$$L^* = 116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - 16,\quad a^* = 500\left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3}\right],\quad b^* = 200\left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3}\right] \quad \cdots①$$

ただし，X_n, Y_n, Z_nは完全拡散反射面の三刺激値

さらに，L*a*b*値から色差⊿Eを求めるために以下の式を用いた．

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right] \quad \cdots ②$$

ただし，ΔL*Δa*Δb*は座標L，a，bの差

5. 結果

各等級ともポリエステルフィルムで試験布を覆うことによって，変色曲線に著しい変化が見られた．フィルムの無いものとPVAフィルムで覆ったものは，ほとんど差が見られないのに対し，ポリエステルフィルムでは試験布の変色がかなり低く抑えられることが判明した．試験布の中でも耐光堅牢度の低い3級においても，80時間の露光後色差はフィルム無しの6割程度に留まっている．

また，人間の目でみた場合，L*が上がった分白っぽく見えるため退色したと感じられるが，フィルム無しと比較するとその値も低く抑えられていることが分かる．

以下に，紫外線による変色の結果を示す．

*表2. L*a*b*値（3級）*

	L*	a*	b*
基準布	31.39	24.91	-54.43
フィルム有（80h）	35.71	12.63	-39.96
フィルム無（80h）	40.11	6.55	-30.14

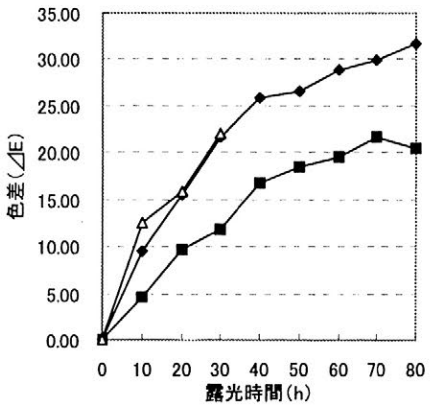


図1. 変色曲線（3級）

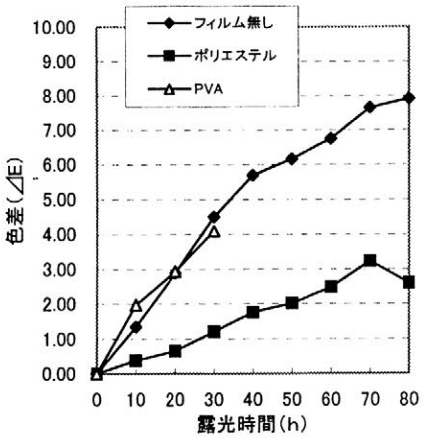


図2. 変色曲線（4級）

6. 今後の課題

染織文化財はすでに経年による変色をしているものが多く，また残存する染料も堅牢度が低下している．そのため普通の織物とは違い光線に対して非常に敏感である．今回使用したポリエステルフィルムで挟み込むことによって，こうしたものの劣化を防止し経年退色を抑えるために有効であると考えられる．

このフィルムは無色透明なため，染織文化財を覆ったままの状態でも表面の観察が可能となる．これまでの両面観察が可能なガラス装とは異なり組織にかかる圧力も小さくすむため，組織の付着や粉砕が起こりにくい．また，収納や移動が簡単となる点も注目される．

しかし，実用には未だ不確定な要素も多い．現状ではフィルムの酸素透過度が大きい点が課題である．解決策として酸素透過度の低いフィルムを用いた二重構造を検討中である．

今回の結果で，ブルースケールに対する退色防止効果は確認された．今後は実際に天然染料による試験布に対する効果を調査する予定である．

タンニン鉄インクの変色と紙の劣化に関する一考察

○佐野　千絵（東京国立文化財研究所）
渡辺　優子（東京理科大学）

1. はじめに

筆記用インキとして12世紀頃に生まれたとされるタンニン鉄インク（ブループラックインク、irongallink、五倍子鉄インクとも呼ばれる）は、かつては水（寝かした雨水が質的に良いと言われている）、ワイン、ビネガー、五倍子、vitriol（坑道内で鉱物から流れ出た水溶液、主成分は硫酸鉄(II)、銅・マグネシウムを不純物として含む）、アラビアゴムを原料に各家庭レベルで作っていたもので、材料や保管などの影響で微妙に色が変わり、画家、作曲家、文筆家に好んで用いられた材料である。経年劣化としては、色が茶色く薄く読みにくくなる現象、また書いた文字の線に沿って紙の酸加水分解が進行し紙が抜け落ちる現象（＝インクコロージョン）が知られており、これらの劣化は、インクに流動性を持たせるために加えた酸の直接の作用よりも、インクに含まれる鉄の酸化還元反応の影響が大きいことが明らかになってきている。

被害の程度を決める要因としてインキの組成や使われた量、紙質（組成・サイジング・厚み）、温度や湿度、光の有無などの保管状況が関係するが、今回は特に周辺環境の相対湿度の差違によって、劣化の進行がどのように変化するかを検討するため、劣化促進試験を行ったので、ここに報告する。

2. 実験

酸化インキは原材料をよく混合し、十分に反応させてからインク瓶に詰めたもので、沈殿物があるのが普通である。一方、未酸化インキは沈殿しにくいようにpHを下げたものであり、書いた直後の色は染料の色で、書いた後、時間が経つにつれて色が変わる。今回は1981年頃、ドイツ国内で市販されていた81種の酸化インキを研究して得た、SchluttigandNeumannの処方による標準インキ1）の製法に基づき、試験用のインクを作成した。表1に、原材料組成を示す。アラビアゴムは粘ちょう剤、塩酸はインキの酸化黒変作用の防止、フェノールは防腐剤として加えられている。

表1　標準インキ組成/1 l 中

タンニン酸	23.4 g
没食子酸	7.7 g
硫酸第一鉄	30.0 g
アラビアゴム	10.0 g
塩酸	2.5 g
フェノール	1.0 g

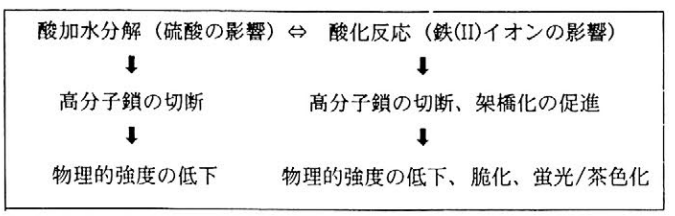
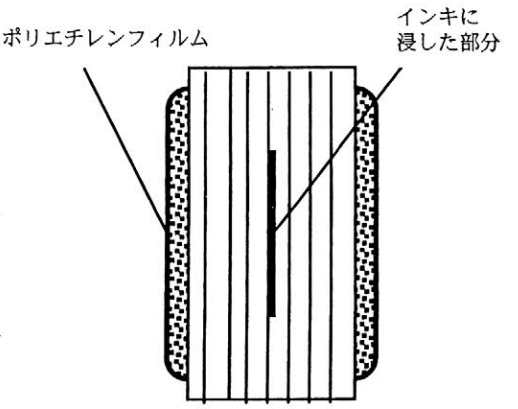


図　タンニン鉄インク　劣化の原理

作成した筆記用インキ0.2mlをスポイトでろ紙に添加し、そのまま環境大気中で1週間発色させた。この発色後の試料を、インキを添加していない各4枚のろ紙で上下に挟み、等分して全く同一の試料を対にした。それぞれ、上下のみを開放して透水性のないポリエチレンフィルムでくるみ、一方をNaCl飽和水溶液（72%RH）の入った容器の、また残りの一方を空の容器の宙空に吊し、80℃の恒温器の中で劣化促進した。1週間後、恒温器から取り出し、室温に放置後、試料を取り出して検討した。



3. 結果と考察

高湿度下で劣化促進した試料は、インキで浸された部分は一様に黄褐色化し、明らかに変色という形で劣化していた。また、周辺に黄色化したリング状のものが現れ、その内部の酸性度は高い状況であった。一方、低湿度下で劣化促進した場合にはこのようなリング状のものはできず、また変色も局部的にインキで浸された内部でのみ起こり、周辺に波及していなかったが、逆に局部的に脆くなっていることが分かった。

現在、各試験片をいくつかの部位に分けて、pH測定、TG-DTAによる検討、セルロース繊維の劣化の指標となる有機酸量の把握を行っている。

4. まとめ

本実験により、周辺の相対湿度が高い状態では被害が全体に進行し、支持体の紙の劣化を引き起こすが、この劣化はインキの酸性度によって起こる酸加水分解が中心で、緩やかに物理的強度が落ちていくことが分かった。これに対して、相対湿度の低い環境で進行する劣化は酸化反応が中心となり、局部的に脆化が起こり、文字抜けするという現象を示すことが分かった。このように保管環境が異なると、主たる劣化機構が異なることが明らかとなった。

日本では、明治初期のお雇い外国人の書簡、明治期文豪の原稿や旧財閥系の台帳、外交文書など、筆記用インキで書かれた重要な史料群が存在するが、その被害状況の把握すら行われていないのが現状である。一刻も早く、どのような種類のインキが使われているか、どのような種類の劣化がどのような環境下で進行しているのか、モデル実験ではなく実際の状況の検証が必要である。

＜参考文献＞

1）インキと科学　復刻版、渡部　旭著、パイロット筆記具資料館編、（株）パイロット、1992年

化学発光を用いた紙の劣化評価

渡辺　優子（東京理科大学）
○佐野　千絵（東京国立文化財研究所）

1．はじめに

歴史史料など紙を基質材料とする文化財は、数百年もの寿命を持つ資料がある反面、数十年で劣化し崩れてしまう資料もある。この差違を産む原因として紙の原料や製法、保存状態などさまざまな要因があり、この点に着目して多大な成果を挙げている研究も多数報告されているが、保存・修復措置にあたってまず始めに必要なことは、資料の劣化度を調べることである。しかし、文化財実物からのサンプリングには制限が多く、また、現在確立されている劣化度の調査法はいずれも破壊を伴い、また試料量が多く必要な点で、現状では実施は難しいことが多い。その意味で、非破壊計測による劣化度の評価法の確立は大変重要であり、また急務でもある。

著者らはこれまでケミルミネッセンス（以下、ＣＬと省略）を用いて非破壊・非接触で紙の発光量を計測し、劣化度評価への応用可能性について検討してきた。歴史史料を直接サンプルとして計測した結果、常温常圧下での計測では紙質による発光量の差違の方が劣化による差違よりも大きく、あらゆる紙質文化財の劣化度の評価に応用するのは困難と分かった。そのため、本研究では紙質や仕上げの相違で発光量がどの程度変化するのか、実験試料を用いて詳細に検討した。

2．実験

2-1．紙質の差違による発光量の検討　原料、添加物、製法のわかる市販の材料として、ろ紙、コピー用紙、新聞紙（2000年7月分）、またろ紙を実際の展示室環境に40日間放置して得た環境暴露ろ紙を測定用試料とした。　直径5cmの各試料を試料室に遮光下で置き、窒素フローの下で試料室の温度を所定の温度まで上昇させた。試料室の温度は30℃、40℃と10℃刻みで120℃まで10ステップに設定した。試料室の温度の安定を待ってから、各温度での発光量を10秒間隔で3分間計測し、総計数値を得た。計測前および1試料に対する全ての温度での計測を終えた後にﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞを計数し、装置の安定度の目安とした。　各試料のpH測定（JIS-P8133　冷水抽出法、試料2ｇ/100ml水で抽出）を行い、また試料中に生じている蟻酸・酢酸を純水に超音波抽出（試料0.2ｇ/5ml水で抽出、ろ紙1枚分に相当、試料数各3）し、イオンクロマトグラフ（有機酸分析システム、島津製作所）で定量した。

2-2．和紙の強制劣化による発光量の検討　高知県紙業試験場で原料や製法を指定して製作した和紙（楮100％）を試料とし、80℃65％RHで強制的に劣化促進したものを試料とした。劣化促進は8週間まで行い、ＣＬ計測およびpH測定（簡易測定法、pH電極の上に試料を置き、水で湿らせて測定）をおこなった。

3．結果

3-1．紙質の差違による発光量の検討　各試料中の有機酸量とpH値を表1にまとめる。同一種のろ紙（東洋ろ紙、定量用No.1）の購入時期の異なる（約1年）ものを試料として有機酸量を測定したところ、開封していない新しいろ紙からは蟻酸が、経年試料からは酢酸が検出された。

ギ酸は酢酸にくらべて酸として強いため、新しいろ紙の方がpH値は小さい。また蒸気圧もギ酸の方が高く、そのため開封前に蓄えられていたギ酸はすばやく放散し、その後、セルロースの経年劣化の過程で酢酸が生じているものと推定している。セルロースの劣化が早いと言われている新聞紙では多量の有機酸が検出され、またpHも低い。コピー用紙は表面サイジングの影響でpHはアルカリ性側に偏っているが、有機酸量も多く、製法の影響で内部繊維は劣化していることが分かる。

各試料の窒素雰囲気下でのCL計数結果と発光種の活性化エネルギーを求めるためのアレニウスプロットを図1に示す。また、得られた近似直線の傾きを表2にまとめる。傾きの数値はいずれも窒素雰囲気よりも通常大気下の方が大きく、この手法で酸化反応を有効に検出できることが分かる。また窒素雰囲気での傾きは、新聞紙を除きいずれもほぼ同じであり、同じ反応であること、しかし通常大気下ではいくらか数値が異なり、酸化反応にあずかる物質が異なる可能性があると推定している。

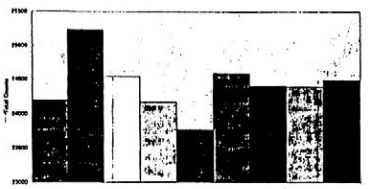
3-2. 和紙の強制劣化による発光量の検討　和紙を80℃65%RHで強制的に劣化促進すると、初期約7日間では化学発光量が増大し、その後減衰した（図2）。これはセルロースの劣化初期に生成する励起カルボニル基や励起一重項酸素からの発光と推定され、機械的な強度低下が生じる以前の初期ステージでの化学反応をとらえたものとして重要な知見である。

4. まとめ

本研究で新たに、化学発光計測では反応経路の相違を検出できる可能性があることが分かった。また他の手法では検出困難な初期の劣化をとらえることができると考えられる。実物試料への応用可能性について、今後も検討する予定である。

表1　各試料中の有機酸量とｐH
単位　mg/0.2ｇ試料

	ギ酸	酢酸	ｐH
ろ紙	-	2.59	6.5
新しいろ紙	1.37	-	6.2
コピー用紙	6.21	4.83	8.5
新聞紙	8.94	6.53	4.5



横軸：劣化促進処理期間/週

図3　劣化促進一和紙試料のCL発光量

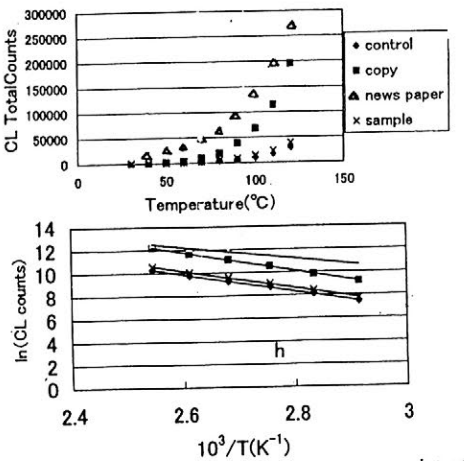


図1　CL計測り(上)，アレニウスプロット(下)
<いずれも窒素雰囲気下>

表2　各試料中のアレニウスプロットの傾き

	窒素雰囲気	通常大気
ろ紙	-7.6	-8.4
環境暴露ろ紙	-7.5	-7.9
コピー用紙	-8.1	-9.4
新聞紙	-5.1	-6.4

P 73

合成樹脂の利用による劣化した近代洋紙資料の保存修復の試み

○汀奈津子（SSI ヘリテイジ 京都保存修復研究所）
谷内　暐（㈱吉田生物研究所）
岡田文男（京都造形芸術大学）

1．はじめに

全国の図書館や文書館などに収蔵されている近代資料は膨大な量にのぼる。中でも洋紙が占める割合は圧倒的に高く、現在それらのほとんどは経年による酸化が進行し、本紙全体が脆弱になりつつある。それに対して近代洋紙資料の保存修復技術は確立途上にあり、古文書類の修復の延長線上で和紙による裏打ちやリーフキャスティング（漉き嵌め）による修復が行われている。しかしながら、それらの方法では両面に情報のある新聞紙や書籍の修復に適していると言い難く、膨大な資料が中性保存箱や合紙により環境を整えるのみにとどめられているのが現状である。そこで今回、劣化した洋紙についてオリジナルの形態を変化させることなく、処理後も資料としての使用閲覧に耐え、しかも低コストで修復可能な方法として合成樹脂の利用を試みた。その結果、樹脂の選択や濃度の適用範囲について試行段階ではあるが、今回用いた樹脂を含浸することにより、風合いや色調をあまり変化させずに現状よりも1.2～2.0倍程度の強度を保持できることが明らかになったので結果を報告する。

2．実験

（1）実験試料と樹脂の選択

試料として劣化した洋紙（大正2年刊の新聞紙）を準備した。洋紙の強化用樹脂としてブチラール化度の異なる2種類のポリビニルブチラール樹脂を主成分とし、粘性率の異なる2種類のエチルセルロースを副成分として加え、エチルアルコールに溶解させた。

（2）樹脂による強化実験

① 洋紙試料の脱酸処理

洋紙試料を水酸化カルシウム水溶液（pH13～14）に約30秒間含浸してアルカリ化後、炭酸カルシウム水溶液（pH７～８）に再度含浸し、取り出し後自然乾燥した。

② 樹脂含浸

ポリビニルブチラールとエチルセルロースの配合比を32種類作成し、それぞれ１％と３％の溶液に新聞紙を約20秒間含浸し、取り出し後自然乾燥した。

③ 強度試験

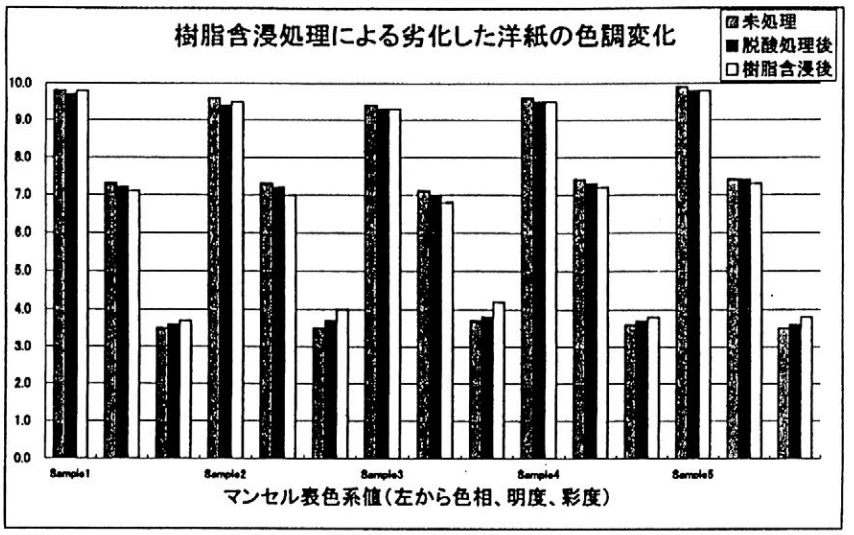
未処理を含めて41種類の試料について引張強度試験（京都市工業試験場、島津製作所製AG-50kNG、温度：22℃、湿度52％）を行った（残り24種類については学会当日掲示）。試験片は樹脂含浸後の新聞紙を巾10mm、長さ100mm（縦目）に裁断して行った。試験片は各試料につき10点とした。

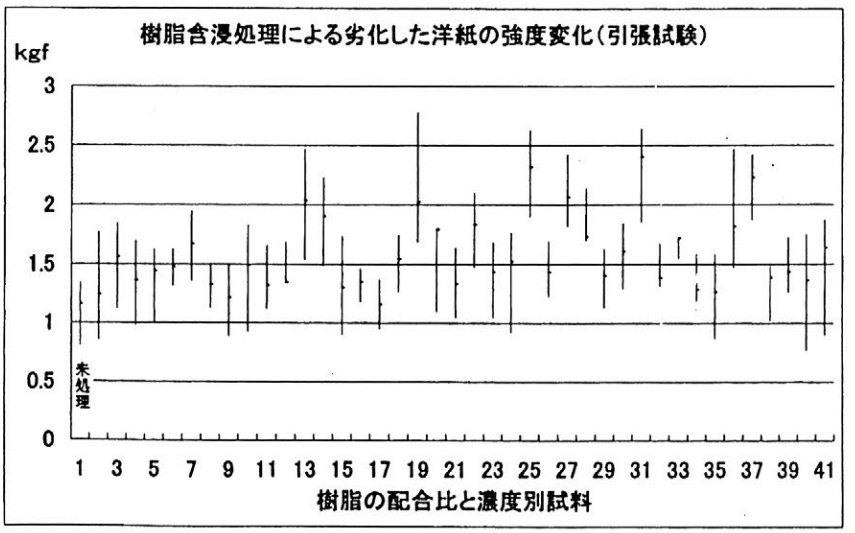
④ 色差検査

未処理、脱酸処理後、樹脂含浸後の各段階での色差を計測した（ミノルタ社製：色彩色差計ＣＲ－300、温度 20℃）

3．実験結果

脱酸処理を経た上で樹脂含浸した結果、試料の強度は 1.2 倍から 2 倍近くに上がった。色調については脱酸処理により色相、明度はわずかに落ち、彩度は上がった。樹脂含浸後、色相は処理前程度に回復し、明度はさらに落ち、彩度は処理前よりも上がる傾向が認められた。





奈良市・十輪院石仏龕の大気環境と塩類劣化

奈良大学保存科学研究室　○浦　奈穂美（奈良大学大学院文学研究科）

1　はじめに

奈良市・十輪院の石仏龕は、鎌倉時代に造られたと考えられ、十輪院の本尊として本堂奥の覆堂内に納められている。石仏龕は、花崗岩製であり、地蔵菩薩をはじめとする彩色の残る尊像によって立体的に構成されている（図1）（註1）。しかし現在、白色の析出物の発生やそれによる石材表面と顔料の剥落が石仏龕表面に認められており、このような劣化には岩石内部の水分移動・可溶性塩類・大気汚染など様々な要因が考えられる。今回、本堂内の大気環境と析出物および劣化との関係を中心に基礎的な調査を行ったのでその結果を報告する。なお、本石仏龕は重要文化財に指定されているため、析出物とpHの測定は、その前方に建つ経塔に止めた。

2　大気環境

奈良大学保存科学研究室では、奈良盆地北部の文化財所在地9ヶ所19地点で1987年以来温度・湿度・大気汚染物質を測定しており、その測定結果の一部として十輪院本堂内外の大気汚染濃度測定値を表1に示す。十輪院本堂外部の大気汚染濃度は、二酸化硫黄（SO_2）濃度が34.1μg、二酸化窒素（NO_2）濃度が96.4μg、塩素イオン（Cl^-）濃度は9.8μgである。十輪院本堂内部の二酸化硫黄濃度は2.2μg（外部の6.5%）、二酸化窒素濃度は51.9μg（外部の53.8%）、塩素イオン濃度は0.7μg（外部の7.1%）である。外気中の大気汚染物質が本堂建物によって遮られ、内部の大気汚染濃度の上昇が抑制されている。

次に、十輪院本堂内部および比較のために東大寺経庫外部の1ヶ月の温度・湿度変化の測定結果を表2・図2に示す。十輪院本堂内部の24時間の最大温度差は3.5度、最小温度差は0.5度である。湿度は、1ヶ月の最高湿度が88%、最低湿度が40%であり、最大湿度差は26%、最小湿度差は3%である。東大寺経庫外部の24時間の最大温度差は17.5度、最小温度差は2度である。湿度は、1ヶ月の最高湿度が94%、最低湿度が13%、最大湿度差は71.5%、最小湿度差は21%である。温度・湿度ともに東大寺経庫外部よりも十輪院本堂内部の方の変化が小さく、本堂建物が温度・湿度を安定させる働きをしている。

3　塩類劣化

石仏龕の石体表面および日地漆喰に白色の物質が粉状の塊となって析出しており、それは石仏龕の全体に点在している。床面（盛土）に接している石体表面は、場所により床面から数cmの高さまで白い析出物に覆われており、そのような箇所は経塔にも見られる。また、石仏龕の正面最下部の石体表面には、床面から7～8cmの高さに床面と水平に白色の析出物が発生している。経塔下に落下していた白色析出物は、蛍光エックス線分析の結果、CaとSが多く検出され$CaSO_4$と推測される。（図3）。

4　石体表面のpH

このような塩類劣化の原因を探るため、石体表面のpHを測定することにした。石仏龕と同様の傾向があると考えられる石仏龕正面にある2基の経塔表面のpHを測定した。約0.5cm×1.5cmに切断した濾紙を純水で湿らせて石材表面の測定部分に置き、その後2分間放置した濾紙を取り、純水を加えてpHメータで測定した。これを数回繰り返した。なお、非破壊測定を行うことが前提であるので、測定値は絶対値ではなく石体表面における相対値である。経塔のpH測定値を表3に示す。これによると、床面（0cm）に近いほどpH値が高く、上方ほどpH値が低くなる傾向があり、相対的にみて、経塔の上方ほど表面の酸性度が高いということが分かる。

5　考察

析出物の発生要因については幾つかありうる。まず、床面から供給された水分が石体に吸収され、蒸発とともに水分に含まれていた可溶性塩類が石体表面に析出したということが考えられる。ただし、石仏龕の正面最下部の石体表面に発生した析出物が、床面から7～8cmの高さで床面と水平に析出していること

から、そこが床面から吸収された水分が大きく影響する高さの境界である可能性がある。したがって、それ以上の高さの石体表面から発生した析出物は、周辺環境の影響を受けて析出したと考えられる。例えば、梅雨の高湿度期に石仏龕の表面が濡れ状態になることから、大気から水分供給があると予測される。その水分が蒸発する際に、含まれていた可溶性塩類が石体表面に析出すると考えられ、また、大気汚染物質を含んだ酸性の水分ならば、より析出を促進させることとなる。

観測地点		二酸化硫黄 (SO_2)		二酸化窒素 (NO_2)		塩素イオン (Cl^-)
		μg	ppb	μg	ppb	μg
十輪院本堂	内部	34.1	4.3	96.4	14.7	9.8
	外部	2.2	2.9	51.9	9.2	0.7

μg =μg /100cm²/day

ppb=ppb/day (by empirical formula:

SO_2(ppb)=0.043×μg SO_3/100cm²/day＋2.8,

NO_2(ppb)=0.118×μg NO_2/100cm²/day＋3.3)

表1　十輪院本堂内外の大気汚染測定値
(1995年1月~1996年12月の日平均値)
※現在の測定値と同程度である。

十輪院本堂内部

	最高	最低	最大差	最小差
温度 (℃)	21.0	12.5	3.5	0.5
湿度 (%)	88.0	40.0	26.0	3.0

東大寺経庫外部

	最高	最低	最大差	最小差
温度 (℃)	27.5	5.5	17.5	2.0
湿度 (%)	94.0	13.0	71.5	21.0

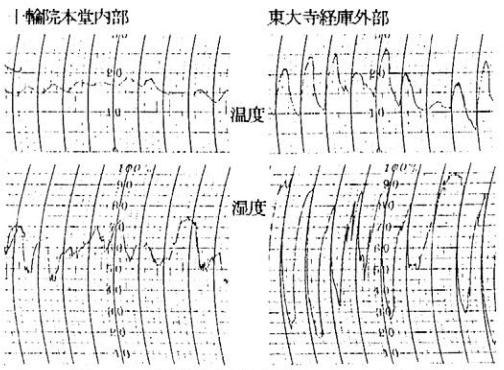


表2・図2　十輪院本堂内部および東大寺経庫外部の温度・湿度
(2001年4月12日~2001年5月11日)
※十輪院周辺の温度・湿度の変化とほぼ同様の東大寺経庫外部の値を参考とした。

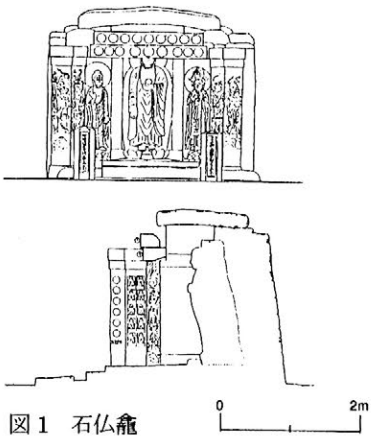


図1　石仏龕

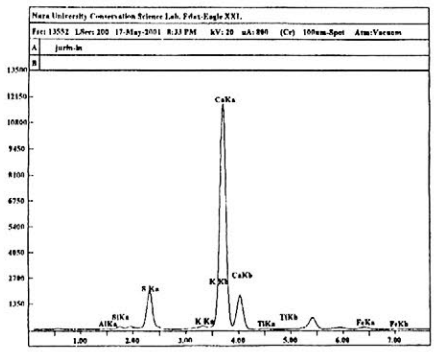


図3　析出物の蛍光エックス線スペクトル

西経塔

高さ	pH測定値
68cm	5.8
40cm	5.9
20cm	6.15
1cm	6.05
0cm	6.7

※純水＝平均6.0

東経塔

高さ	pH測定値
65cm	5.8
40cm	5.8
20cm	5.65
1cm	5.8
0cm	6.9

※純水＝平均6.3

表3　経塔表面の平均pH測定値
※0cmは経塔の床面である。

註1　『十輪院本堂及び南門修理工事報告書』　奈良県教育委員会文化財保存課（1956）

熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価

西山要一（奈良大学），○林 國郎(同)，高橋修司(同)*

1．はじめに

近年の自然環境の悪化による石造物や建造物など無機造形文化財の急速な劣化(風化)は憂慮すべき問題であり，早急に保存処理を必要とするものが世界的に多数存在することは周知の通りである．これらの文化遺産を保存処理するためには，その現況，すなわち劣化の進行程度を正確に知ることが肝要である．本研究は，これまで必ずしも的確に行われてきたとは言い難い劣化の程度の評価を，固体内部の組織や構造の変化が鋭敏に反映される物性値の一つである熱伝導率の測定値の変化を通して定量的に行うことを試み，その可能性について検討したものである．

2．実 験

実験に用いた試料は，和泉砂岩と大谷石(凝灰岩)の２種類の石材である．各石材から，50×50×50mm の立方体試料をダイヤモンドカッターで採取し，絶乾質量を測った後，次に述べる方法で熱伝導率測定用試料を調製した．1)デシケーター内に設置した水槽に各試料を浸積し，24時間減圧して開孔気孔内に水を含浸させた．得られた飽水試料を，湿度を調整したデシケーター内で減湿乾燥し，逐次質量を測定して含水率を求めた．２）250℃に保持されたオーブンで30分間加熱した試料を水中で急冷する操作を繰り返し，人為的に試料の内部組織に損傷を与えた．

熱伝導率の測定には，図１に示すような非定常熱線法熱伝導率測定装置[1)]を用いて行った．図のように，調製した２個の試料の間に温度測定用熱電対が溶接された金属抵抗線(熱線)を挟み込み，定電流電源で熱線に一定電流を印加した際に発生するジュール熱による試料上昇温度を測定し，その時間的変化を解析することにより熱伝導率を算出した．

3．結果と考察

図２に，固体材料の熱伝導率がその構成成分によって大きく変化する例として，和泉砂岩の熱伝導率の含水率依存性を示す．含水率が 1.5mass%を超えると熱伝導率は急増することがわかる．

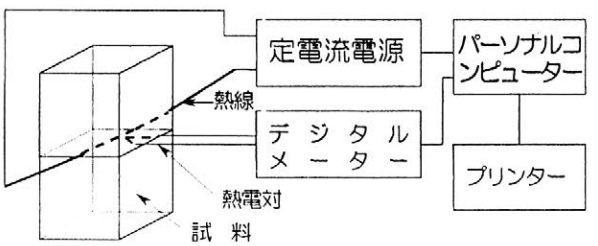


図１熱伝導率測定装置の概要図

一般に，石材などの固体材料はそれを構成する結晶や非晶質のような固相と，気孔(空隙)や亀裂などの気相から成る複合体である．このような固相－気相混合系の表面に温度差があると，熱は高温側から低温側に向かって，その流れと平行した連続する 1) 固相，2)気相，及び 3)それに垂直な固相→気相→固相→の３つの伝導経路で移動する．

---

*現，佐賀県教育委員会文化財課吉野ヶ里遺跡発掘調査事務所

含水率が低い領域(～1.5mass%)では，気孔内部に浸透した水は気相と置換して不連続に存在するが，それが 1.7mass%を超えると連続化し上述の 3)の経路を通る熱の流れを増加させることにより，全体の熱伝導率は増大する．このように，熱伝導率には構成相の変化が鋭敏に反映されるので，固体材料の構造の変化を知る上で有効な手段となり得る．

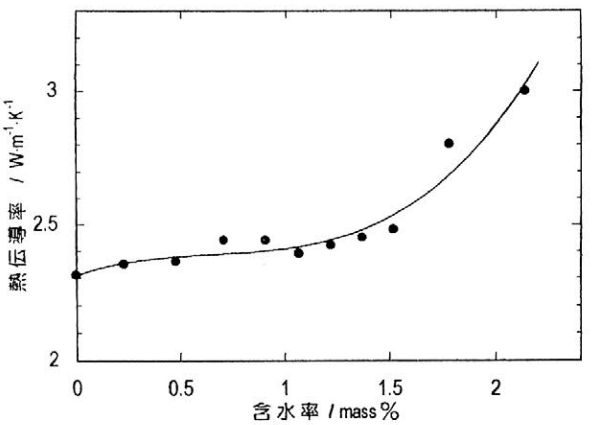


図２ 和泉砂岩の熱伝導率の含水率依存性

図３は，劣化の程度の異なる試料を調製するために急熱・急冷(熱衝撃)を繰り返し，内部組織に損傷を与えた試料の熱伝導率を熱衝撃回数に対してプロットしたものである．未処理試料と最大 20 回熱衝撃を与えた試料の見掛け気孔率には大きな変化は認められなかったが，熱伝導率には熱衝撃回数の増加に伴って大きな低下がみられた．これは，試料内部に存在する気孔から熱衝撃によって微細な亀裂が発生するが，それに伴う気相量の増加よりも，発生した亀裂が上述の 1)の経路を通る熱流を遮る要因になったものと思われる．

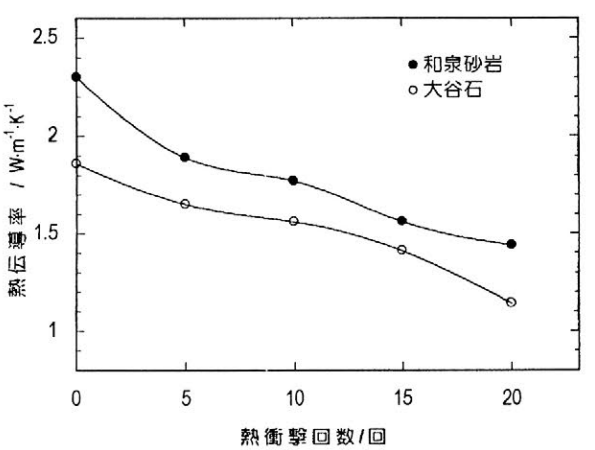


図３熱衝撃による損傷が熱伝導率に及ぼす影響

この結果から，無機造形物の表面の崩落や剥離状態からみて早急の保存･修復処理が必要な部分と，まだ劣化が認められない中心部分の熱伝導率を予め測定しておき，次に対象としている個所の熱伝導率を測ってこれと対比すれば，見掛け気孔率などの物理量に変化がなくても，保存･修復処理が必要か否かを判定するための劣化の程度を定量的に評価できることがわかった．

4．おわりに

本研究では，熱伝導率により劣化(風化)度の定量的評価の可能性を検討するために，加工可能なモデル材料を使用した．実際の無機造形文化財は魔崖仏や建築用れんがなど 非破壊，かつ *in situ* 測定が必要である．現在，このような測定を可能にするために，直径 0.8mm，長さ 100mm の金属管に熱線と熱電対を電気絶縁材と共に組み込んだプローブを試作し，熱伝導率が異なる物質を層状に重ね合わせた試料を用いて測定を行い，その有用性を検討している．

1) 林 國郎，金属，**70**，672-82 (2000).

P 76

窒素による簡易な燻蒸装置の試作とその可能性

魚島 純一（徳島県立博物館）

1　はじめに

現在，わが国の博物館施設においてもっとも多く利用されている燻蒸剤は臭化メチルと酸化エチレンの混合ガスであろう。しかし，モントリオール議定書によって，わが国を含む先進国での臭化メチルの使用が2004年いっぱいを持って禁止されることになり，この燻蒸剤も使用できなくなることはすでにご承知のとおりである。

代替の燻蒸剤の開発や，代替燻蒸法の研究が行われてはいるが，いずれも実験段階の域を出てはおらず，博物館などの現場で即実用できる段階には至っていない。

一方，博物館などの現場では，燻蒸に関するそれほど専門的な知識を持たない学芸員が，簡単に，かつ安全に実施できる燻蒸法が強く求められているのも事実である。

本発表では，すでにアメリカで実用化されている窒素による簡易な燻蒸装置「バルーン」に関しての第一人者とも言えるゲティ保存研究所（The Getty Conservation Institute）の前川信氏からご教示いただいたバルーンの製作方法に基づいて試作を行った結果の報告と，簡易な燻蒸装置としての「バルーン」のもつ可能性について紹介したい。

2　博物館における虫菌害の現状

博物館施設においては，資料の燻蒸処置はきわめて重要なものであり，特に民俗資料や自然史資料を扱う博物館においては，必要不可欠なものであると言える。特に，はじめて施設に搬入される場合に行う初期燻蒸は，搬入後の資料の保存期間に大きな影響を与え，収蔵庫内での害虫の大量発生をくい止める意味でもきわめて有効かつ必要なものであることは言うまでもない。また，ある程度設備が整った博物館施設の場合は，空調等により比較的安定した温湿度環境が維持できていることもあって，カビによる被害の例はさほど大きな問題となっていないのが現状である。

一方で，地方の博物館施設においては，独自に燻蒸施設を持っている館はきわめて少なく，そのため多くの資料は，未燻蒸の状態で保管されている場合が多い。このような場合，中には虫害によってかなりひどい状態になってしまっている資料もあり，何らかの虫害対策が必要となっている。しかし，特に小規模な博物館施設では，学芸員の数も少ない場合が多く，中には専門職の学芸員が存在しない場合も決して珍しくはない。

このような場合でも、虫害さえ防除できれば，資料の存在そのものを脅かす状態は回避できる場合が多い。

3　バルーンの試作

ゲティ保存研究所の前川信氏を訪ね，バルーンの製作法についてご教示いただいた。

前川氏はバルーンを使った方法を含む，博物館資料の窒素による脱酸素処理法に関する手引書（2002年，ゲティ財団より出版予定）の執筆を終えられたばかりであった。

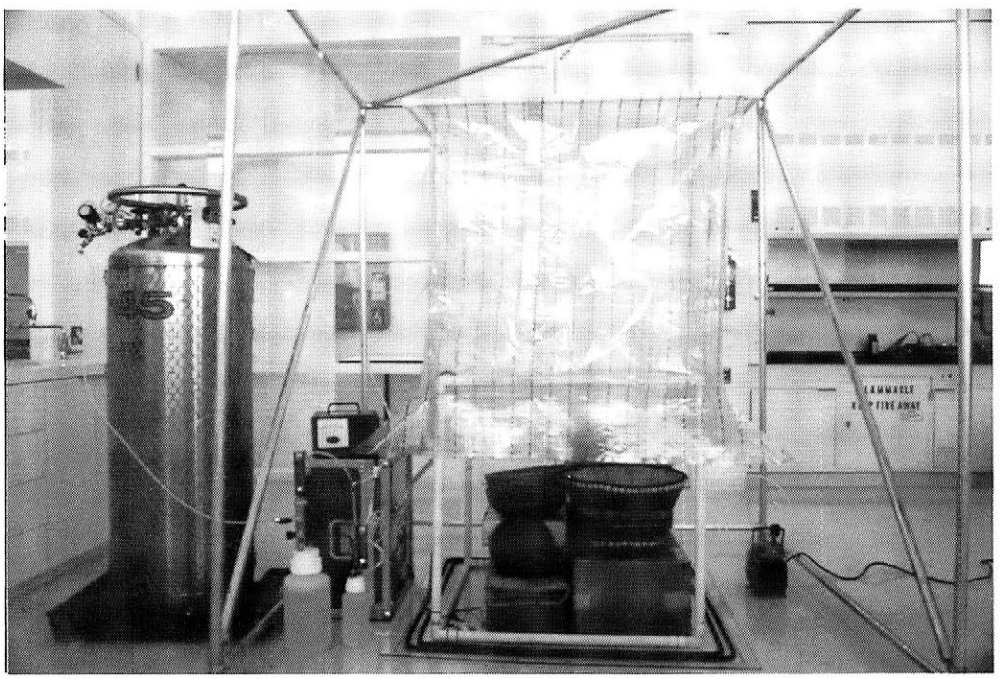
今回試作したバルーンは，この手引書に詳述される方法に基づいて製作したものであり，特別な工具や装置を必要とせず，簡単に，かつ安価に製作が可能である。

詳細については，今後出版される手引書を参考にしていただきたい。

4　バルーンのもつ可能性

窒素を使った殺虫処理法は，酸欠にさえ注意すればきわめて安全な方法であり，取り扱いそのものにも特別な知識は不要である。窒素は大気中に約８割も存在し，地球環境に与える影響も他の燻蒸剤に比べると皆無と言ってよい。しかし，殺虫効果のみしか期待できないこと，処理期間に約２週間程度が必要となることは大きな欠点とも言える。ただし，前述のとおり，多くの博物館資料は殺虫処理さえ確実に行えば，資料の存在そのものを脅かされる危険は回避できる場合が多い。臭化メチルに替わる燻蒸剤，あるいはこれまでの燻蒸に替わる燻蒸法の開発が待たれる中で，窒素を使った燻蒸法は，博物館施設などの現場ではかなり有効な方法の一つであると考える。

さらに今回試作したような「バルーン」を使えば，燻蒸装置の改造に大きな費用がかけられない施設はもちろんのこと，独自に燻蒸装置を持たないために，これまでは資料を燻蒸することができなかったような地方の小規模な施設においても，虫害の防除を目的とした燻蒸処理が可能となるものと考える。



バルーンを使った博物館資料の燻蒸例
（写真提供：GCI前川信氏）

光造形システムを活用したMeV領域工業用X線CT画像の実体化研究
－文化財資料への応用－

○建石　徹*・北田正弘*・出海　滋**・佐藤雅一***
(*東京芸術大学大学院美術研究科、**日立製作所電力・電機開発研究所、***新潟県津南町教育委員会)

1．はじめに

ここ数年の「デジタルアーカイブ」の動きをあげるまでもなく、立体文化財資料の3次元デジタル情報化から派生する諸成果は、当該資料の研究、教育・普及に多大な貢献をする可能性が期待されている。近年は、その成果が徐々に蓄積されつつある（国立歴史民俗博物館 1991、塚本他 1994、村上他 1995、塚本 1997 など）。

報告者らは昨年度より、MeV 領域工業用X線CT装置の文化財資料への応用研究を開始していた。本報告はこの一環で、MeV 領域工業用X線CT装置による立体文化財資料の高精度3次元デジタル情報をもとに、光造形システムによるマスタモデルを精密実体化する技術が、どの程度、文化財資料に応用が可能であるのか検討した。分析、レプリカ作成の対象資料は、縄文土器の中でも特に複雑で豊かな造形をもつことが知られる火焔形土器を用いた。

2．資料（試料）

新潟県津南町内遺跡出土縄文時代中期火焔形土器3点。いずれも立体的造形に富む口縁周辺の大型破片を用いた。

3．分析方法・分析条件等

X線CT装置の概要

日立製作所電力・電機開発研究所の MeV 工業用X線CT装置を用いた（図1）。

電子線線形加速器（LINAC）で加速した電子線をタングステンにあて、強力なX線（6MeV程度）を発生させる。X線は水平方向に扇状に広がるよう設定されており、ターンテーブル上の被検体（資料）を回転させながら照射し、透過X線を検出器で測定する。ターンテーブルは上下にも動く。検出器は、同所で開発された短冊形のシリコン半導体検出器を格子状に並べた高感度検出器を用いた。本資料における水平分解能は 0.34mm、垂直分解能は 0.34mm、断層数は 128 である。

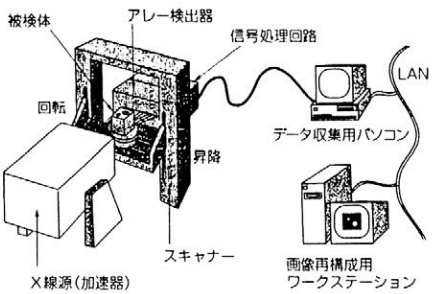


図1　X線CT装置の構成

ＣＴデータ処理フローを下に示す。

Ｘ線ＣＴ装置
　↓
ＣＴデータ
　↓　　フォーマット変換・２値化・ノイズ除去
Windows ビットマップデータ
　↓　　積層・座標系定義
ＳＭＢデータ（３次元画像）
　↓　　レンダリング・切断レンダリング
画像データ（任意の方向の２次元画像）

４．結果および考察

図２にＸ線ＣＴのデータをもとに光造形システムで作成した火焔形土器の樹脂製レプリカの実例を示す。

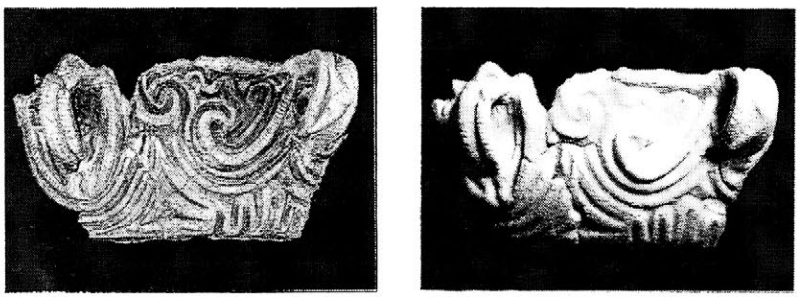


図２　実物資料（左）とその樹脂製レプリカ（右）

レプリカ資料はマスタモデルの形態的特徴をよく反映して実体化できた。Ｘ線ＣＴのデータを光造形システムによって出力する際の精度に多少、改良の余地があるが、これは近い将来、技術革新の中で改良が加えられていく部分であろう。

Ｘ線ＣＴ法、光造形システム法はいずれも文化財資料に好ましい非破壊法・非接触法であり、この点で接触法である型取り法等の従来レプリカ作成法と識別される。また、Ｘ線ＣＴ法は、内面や凹面等、肉眼では確認できない部分の情報についても外面と同レベルでの情報抽出が可能であり、この情報を高精度に得られる MeV 工業用Ｘ線ＣＴ法が文化財資料の研究、教育・普及に関する新たな知見を提供する可能性はきわめて高い。

５．まとめ

火焔形土器の樹脂製レプリカ作成を通じて、光造形システムを活用した高精度Ｘ線ＣＴ画像の実体化研究を文化財資料に応用することの有効性が確認できた。

今後は、さらに詳細にＸ線ＣＴ情報の内容を検討し、火焔形土器に関するの考古学的、美術史学的側面を明らかにしていきたい。本方法によるレプリカ作成については、今後、完形個体等を対象に研究を進め、レプリカの活用法として一般的な教育・普及目的だけではなく、当該資料群の製作・使用に関する技術等を明らかにする有力な方法としても昇華していきたい。

奈良公園・奈良まち周辺の大気汚染と文化財の保存

― NO_2 分布の推移と奈良市のアイドリング・ストップ条例の効果 ―

西山要一（奈良大学文学部文化財学科）　林國郎（同）
奈良大学保存科学研究室卒業生・在校生
奈良教育大学古文化財専修卒業生・在校生

1　はじめに

日本において大気汚染が文化財を損傷することは、既に１９５５年ごろから懸念されており、奈良・正倉院の校倉に保存されていた銀器に変化をきたしたことから、周辺道路・自動車通行との関係調査と研究が始められた。以来、東京・京都・鎌倉などで東京文化財研究所が中心となって調査が行われた。その結果、大気汚染と文化財の損傷の因果関係について、その可能性を論じつつ判断を避けているものの状況的には認めざるをえず、東大寺八角灯籠（青銅）や京都国立博物館のロダン作 "考える人" のように科学的保存処理が実施された例がある。

奈良大学保存科学研究室では、１９８７年から文化財の密集する奈良盆地北部において "大気汚染が文化財に及ぼす影響に関する調査・研究" を行ってきた。文化財、とりわけ屋外にある灯籠や釣り鐘などの金属製文化財、石塔などの石製文化財に大気汚染が原因と考えられる損傷が甚だしく、また、寺社の堂塔などの屋内にある金属製文化財・木製彩色の文化財にも、損傷が見られるようになってきたからである。

2　奈良大学による奈良公園・奈良まちの二酸化窒素調査

１９８７年から行っている奈良大学による調査・研究は、奈良盆地北部の東大寺・春日大社など文化財の所在地９地点に観測点を設けて大気汚染観測を行うとともに、文化財の代替サンプルを大気に曝露してその色彩変化や錆を分析して、大気汚染と文化財の損傷の因果関係を調査し、文化財の損傷を防止する方法を研究することを目的としている。この調査・研究の一環として、奈良公園・奈良まち周辺で、１９９２年12月・１９９３年7月・２０００年3月・２０００年5月・２００１年5月の５回にわたって８１～１２０カ所に NO_2 カプセルを１日曝露し、二酸化窒素濃度分布調査を行った。

この５回の調査によると、奈良公園・奈良まち周辺では、国道３６９号線（大宮通り）県道奈良天理桜線などの自動車通行量の多い道路沿い、駐車場において二酸化窒素濃度が高く４０ｐｐｂ以上に達する地点もあり、逆に奈良公園内でも原始林の保存されている地域では二酸化窒素濃度が６ｐｐｂ以下と低くなっていることが判明した。この二酸化窒素分布傾向は１９９２年以来今日でも変わらないが、各々の地点の濃度を比較検討してみると、二酸化窒素濃度はこの地域全体で高く嵩上げされていることがわかる。

3　奈良市アイドリング・ストップに関する条例の効果

さて、奈良市は２０００年４月に”奈良市アイドリング・ストップに関する条例”を施行した。この条例は、文化遺産及び市民の生活環境の保全に資することを目的とし、アイドリング・ストップ促進重点区域において、エンジンを停止せずに継続的に（５分以上）停車している場合、指定職員はアイドリング・ストップを命じ、違反者には１０万円以下の罰金に処することができるとするもので、文化財の保存を目的とする全国でも稀な条例として注目され、その効果が期待されている。

しかし、本発表で示したデータで判るように、”奈良市アイドリング・ストップに関する条例”の効果はまだ、見えてこない。世界文化遺産”古都奈良の文化財”をもち、日本のみならず世界に対して文化財保護の責任をもつ奈良市にとって、この状況はけっして誇れるものではない。条例の理念を実現するためには、条例を施行した奈良市行政のより積極的な啓発活動と奈良市民一人一人が大気汚染の軽減を考え、実行していくことが大切である。

姫路城三の丸向御屋敷跡における物理探査

○西村康（奈良文化財研究所）
山本博利、工藤茂博（日本城郭研究センター）

1　探査の対象と目的

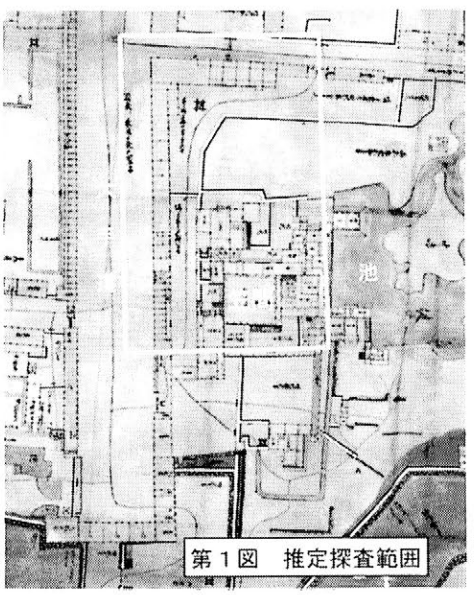
姫路城の三の丸跡は、現在は芝生の植わった公園となっているが、江戸時代には下屋敷的機能を持つ向御屋敷が存在していたことが判明している。そして、その向屋敷には笠間（かさのま）と呼ばれる特殊な構造をもつ建物があったことや、園地も配されていたことが記録や絵図によってわかっている。この範囲には明治になってからは陸軍の連隊が駐屯して兵舎などの関連施設が建設されており、その後、第二次大戦を経て現在みるような公園として整備されたという変遷も知られている。

ここにおける探査の目的は、屋形、数寄屋、築山、泉水などから構成される向屋敷のなかでも笠間という特殊な建物と園地を探ることにあった。笠間は中央に心柱をおき、屋根は傘のように広がっていたという。類例としては桃山時代に属する京都市・高台寺の傘亭などがあるが、規模はこれらよりも大きかったと推定されている。園地は向屋敷の中では東側に偏した部分にあったことが絵図から分かっている。

2　探査の方法

採用した探査の方法は地中レーダー探査、磁気探査、電気探査である。当初の探査計画では、遺構は比較的浅い部分にあるので、レーダー探査のみでも有効な情報が得られると考えていたが、実施してみると、現代の埋設管などが多く存在することが明らかとなった。そこで、それらを抽出する目的で磁気探査と電気探査を追加したものである（第１図）。

ここにおける探査では通常みられないの困難さを認めた。すなわち、探査の目的とした対象である江戸時代遺構以外にも、明治時代兵舎、現代の埋設管などが、地表面下約 30～80cm という浅い層の間にすべて存在しており、それらを何らかの方法で判別しなくてはならないという点である。磁気探査と電気探査を追加採用したのは、これらを判別する資料を得ることが目的であった。すなわち、磁気探査では金属製の埋設管と電力線の判別、電気探査は浅い位置から掘削された埋設管敷設用溝の特定である。

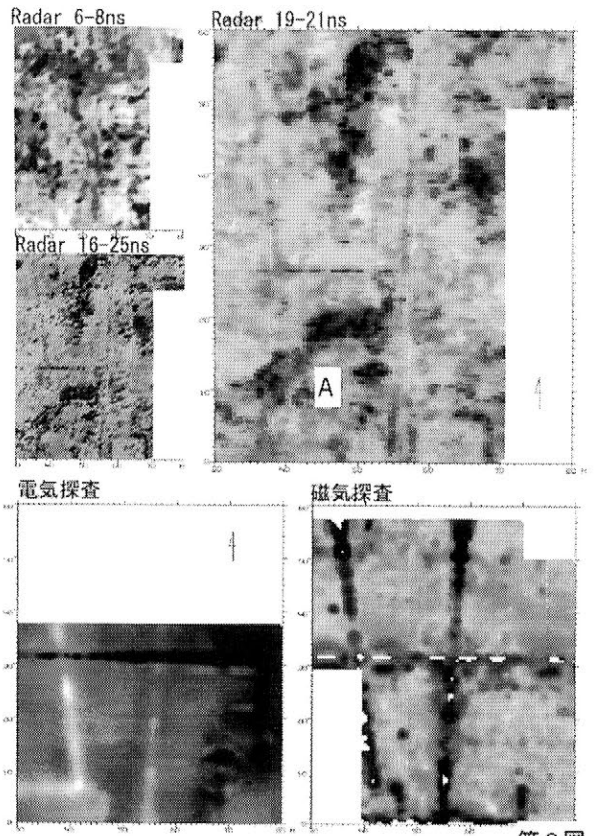


第１図　推定探査範囲

3　探査の結果

地中レーダー探査は東西 98m、南北 118.5m の範囲を、南北 0.5m 間隔で東西にアンテナを走査した。使用した装置はアメリカ G.S.S.I. 社製 SIR-2P 型で、700MHz アンテナを用いた。測定に際して設定した時間は 60ns であるが、30ns すなわち深さにすると約 90cm 程度よりも下層では、ノイズが多く有効な情報とはなっていないので、処理には使用していない。

結果の分析は「平面図」を作成しておこなったが、処理の過程で先に述べたようにここには三時代の異なる構造物が幅狭い層位の中に重なるように存在していることを認めたので、1ns というできるだけ詳細なスライスをすることを試みた。



第２図

そうすると、浅い部分では現在の公園の管理と関係するらしい埋設管などの存在することが分かった。そして、どうやらほぼ東西南北に方位とるものは陸軍の施設、斜めのものは現代の構築物というように区別できそうなことに気が付いた。そこで、磁気探査と電気探査によりそれら現代の構築物を判別することにした。

磁気探査はイギリス・Geoscan Research 社製の FM18 磁力計を用いて、東西 50m、南北 57m の範囲をタテ、ヨコともに 50cm の間隔で測定した。電気探査でも同じく Geoscan Research 社の RM15 Resistance Meter により２極法の配列で、移動電極間隔 1.5m で測定した。タテ、ヨコともに 50cm の測点間隔であることも同じである。しかし、南北方向の測定範囲は狭い部分にとどまっている。

磁気探査と電気探査では目的通り現代の埋設管を抽出することができたので、レーダー探査で最も江戸時代遺構の存在を現していると思われる 19-21ns の平面図を検討すると、測定区の東南隅に南側が開いたコ字形の構造のあることに気が付く。しかし、これは磁気探査によると測定区の南端から北へ短く延びる構造と関係しており、電気探査によればその北端にある円形と一体であることが分かる。したがって、現代の構造物と判断される。笠間はそれよりも西北に位置する反射の乱れた部分と思われる。絵図の中における測定範囲の検討も必要であるが、現段階ではこの位置と推定している（第２図A）。

ＣＲ法による小型遺物の構造に関する研究

肥塚隆保・高妻洋成・沢田正昭（奈良文化財研究所）

1.はじめに

ＣＲ（Computed Radiography）とは、ディジタルＸ線ラジオグラフィの一種で、従来のフィルムにかわり放射線エネルギーメモリ型二次元センサーとしてイメージングプレート（I.P）を検出系に利用する方法で、1981 年富士写真フィルムによって開発された。エネルギーサブトラクションが可能なこと、フィルム法に比べてダイナミックレンジが大きく、かつ感度が 100 倍程度向上したため、小線量でかつ、短時間での撮影が可能となり、遺物に与える影響がほとんど無視できる。また、感度が大きいため、Ｘ線強度が小さな超微焦点Ｘ線管を利用して、微小な遺物を拡大投影しても、変形や半陰影帯などが生じないなど多くの利点がある。いっぽう、画像データの保管・保存・活用性に優れ、現像処理の必要がないため、廃液等による環境対策を要しないことも特徴で、文化財試料の構造調査についての将来性が期待される手法である。奈良文化財研究所では 2001 年 2 月より CR 装置を導入して出土遺物を対象とした研究をおこなっている。ここでは基礎実験と小型遺物について構造調査をおこなったので、その成果について報告する。なお、本研究には文部科学省・中核的研究拠点形成プログラム「考古科学の総合的研究」の経費の一部を使用した。

２．実験の方法と資料

実験に使用した装置は、マイクロフォーカス（実効焦点：8μm）X 線拡大撮像システム（μFX-1000）、バイオ・イメージングアナライザー（BAS-5000）と解析コンピュータなどである。本装置は、被写体にＸ線を照射してI.P に蓄積したエネルギーをレーザ照射励起（He-Ne レーザ：632.8nm）によって輝尽発光（PSL）として光電管（PMT）で検出して電気信号に変換（log amp）し、A/D 変換してデジタル画像データとする（図 1）。

I.P 読み取り装置（イメージング・アナライザー）で、対数値で読み取られた画像データの入力を諧調分割した値をQL 値と言い、QL 値を元に感度・ラチチュード（ダイナミックレンジ）・諧調（bit 数）を設定して演算をおこない直線的な関係に戻した値をPSL 値と言う。ここではPSL 値を使って各種の実験と画像の構築をおこなった。

予備実験として①空間分解能を調べるため、X 線テストチャート（JIS・M-4Au30R 相当）を利用して拡大倍率 10 倍で測定し、画像の構築をおこなった。また、I. Pの特性を知るため②ガラスプレートおよび鉄製プレートを使用して被写体物質の厚さと PSL 値の関係を調べ、さらに③厚さが一定で異なる材質（アルミ・チタン・鉄・銅）の試験体を

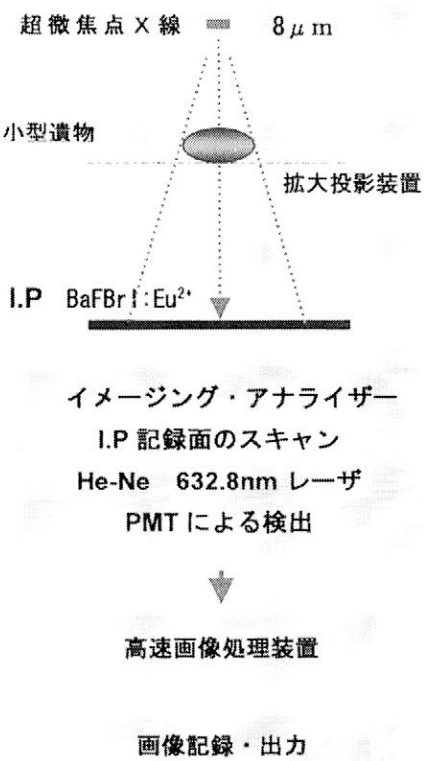


図 1. ＣＲ装置とフローチャート

使用して、物質密度とPSL値の関係を調べた。④実物資料として、ガラス微小小玉について、構造の調査をおこなった。

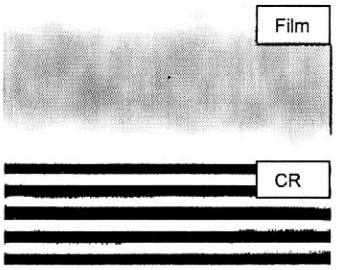


図 2. フィルム法（密着撮影後に拡大）とCR法（拡大撮影）の比較（50μm スリット）

3.結果と考察

X線テストチャートを利用して分解能を調べた結果、図2に示すようにテストピースを密着してフィルムに撮影したものを拡大した画像と、CR法（10倍拡大）によって撮影したものを比較したところ、CR法では50μm間隔のスリットを明瞭に識別できており、十分な分解能が得られることを示した。

図3は、被写体物質の厚さとPSL値に関しておこなった実験結果である。PSL値は照射線量に換算されているので、X線強度の関数として考えると I=Io EXP(-lambad·d)と考えられる（I：observed intensity, Io：incident intensity, lambda：absorption coefficient, d：thickness)。鉄製プレートを用いた測定では f(x)=87.4·EXP(-0.9·x)となった。これらの結果から同一材質であれば、標準試料校正によって厚さを求めることも可能である。図4は物質密度とPLS値の関係について調べたもので、被写体の条件にもよるが、ある特定材質部分を抽出して、その分布を画像として知ることが可能であることを示しているが、複雑な要素をもつ文化財資料に応用するには多くの問題点をかかえていることも事実である。

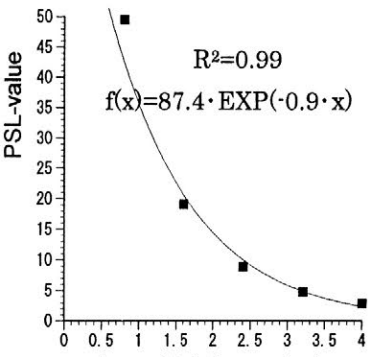


図 3. 被写体厚さとPLS値の関係

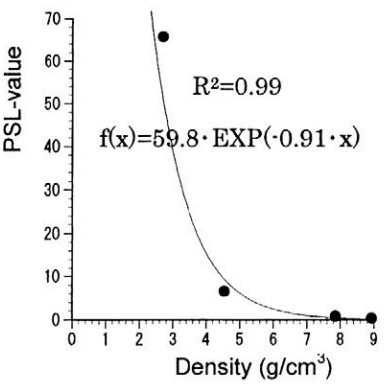


図 4. 物質密度とPSL値について

図5は各種の小型ガラス遺物を撮影した一例である。長さが1.5mm、径が1mm前後の粟玉である。引き伸ばして製作されたことが明瞭にとらえられている。気泡が丸く散在している粟玉も確認されている。

図6は複合材料で構成される金銅板装着ガラスの例で、銅・鉄・銀・ガラスなどの材料が使用されており、従来のフィルム法ではX線の透過・吸収が大きく異なるため一枚の画像に全体像が撮影できなかったが、本法ではX線照射エネルギーの異なる複数の画像から演算処理によりサブトラクション像を構築して全体像の作製をおこなった。

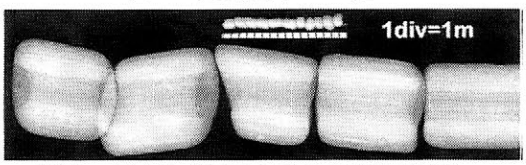
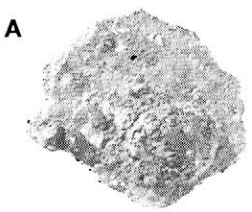


図 5. 微小なガラス小玉の DR(CR)画像



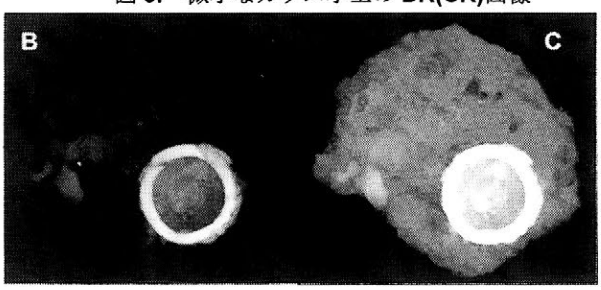


図 6. A: 実体顕微鏡写真
B: 80kV-50μA DR画像
C:サブトラクション画像

InGaAs 赤外線 CCD カメラの文化財調査への応用（2）

独立行政法人文化財研究所　東京文化財研究所　三浦定俊

1. はじめに

近赤外線カメラは絵画、漆紙文書や木簡などの調査に広く利用されているが、赤外線画像センサとしては、光電変換面に酸化鉛を蒸着し、それに硫黄をしみこませた後、熱処理して硫化鉛を形成させた PbO-PbS（酸化鉛一硫化鉛）撮像管が最もよく用いられている。近年 InGaAs 赤外線 CCD 素子が開発されて、文化財分野でも利用されるようになった[1]。ここでは絵画試料に用いた例を報告する。

2. 実験

2. 1　機器

a. 赤外線 CCD カメラ SU320-1-1.7RT-D（Sensors Unlimited.Inc.）
　検出素子：InGaAs（赤外線 CCD、素子数 320x240 個）
　波長域　：0.9～1.7μm（図 1）
　撮影用レンズ　：25mm（Electrophysics TV 用 f1.4～16）

b. 画像取込ボード　PIXCI-D（EPIX）

c. 画像取込ソフト　XCapLite（EPIX）

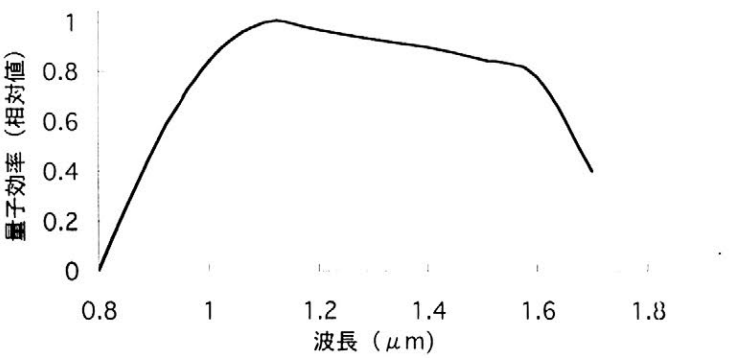


図 1. InGaAs 素子の感度

2. 2　実験試料

カンバスに木炭で絵を描き、青い油絵具を塗った油彩試料を用いた（図 2）。撮影は蛍光灯下で行い、赤外線フィルターは使用していない。

3. 実験結果

InGaAs 赤外線 CCD は感度が高いので、蛍光灯下でも撮影できたが、得られた赤外画像は全体に暗めであった（図 3)。画像のヒストグラムを見てみると明度が低い側に偏っていたので、調整し直すて明瞭な画像が得られた（図 4)。図 2 の可視光画像に対して明暗の調整をした画像（図 5）と比べれば、人物の顔の部分など赤外による下描き検出の効果が出ていることが明らかである。

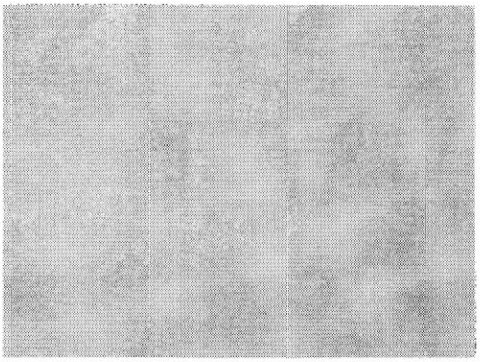


図 2. 試料の可視画像

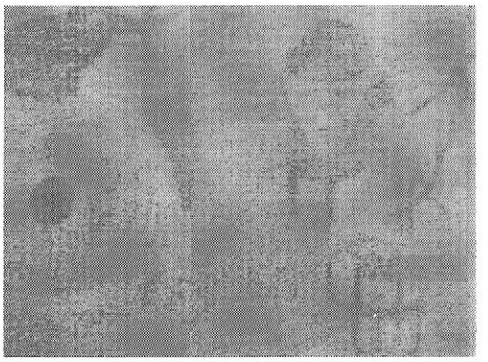


図 3. 試料の赤外画像

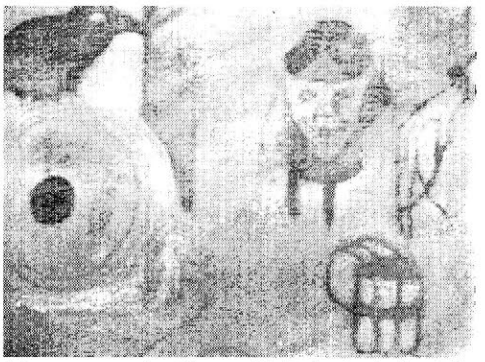


図 4. ヒストグラム処理した赤外画像

図 5. ヒストグラム処理した可視画像

4. まとめ

油彩試料を用い、InGaAs 赤外線 CCD 素子で検出した赤外画像をさらにヒストグラム処理することによって明瞭な下描きを得ることができた。

引用文献

1）三浦定俊：InGaAs 赤外線 CCD カメラの文化財調査への応用、文化財保存修復学会第 22 回大会講演要旨集、44-45（2000 年 6 月、別府大学）

P 82

自然放射能濃度比を用いた考古遺物のグルーピングの可能性について

○河野益近(京大・工)

はじめに

自然界には、地球起源のウラン(U-235：半減期 7.038×10^{8} 年, U-238：半減期 4.468×10^{9} 年)やトリウム(Th-232：半減期 1.405×10^{10} 年)を親核種とする多くの放射性同位元素（系列娘核種）が存在する。またカリウム(K-40：半減期 1.277×10^{9} 年)、ルビジウム(Rb-87：半減期 4.75×10^{10} 年)、ランタン(La-138：半減期 1.05×10^{11} 年)のように、地球起源ではあるが、系列には属さない放射性同位元素や、地球大気に含まれる窒素や酸素と宇宙線との核反応により生成されるトリチウム(H-3：半減期 12.33 年)やベリリウム(Be-7：半減期 53.29 日)などの放射性同位元素が存在している。

したがって、自然素材で作られた考古遺物、特に土を材料とした土器、石を材料とした石器等には、地球起源の系列核種や系列外核種が多く含まれている。また、これらの放射性核種は、大半が半導体検出器を用いれば比較的測定の容易なエネルギー範囲(数百 keV から 2MeV 程度)のガンマ線を放出しているので、検出器周辺の遮蔽を工夫すれば、問題なく土器や石器に含まれる核種ごとの放射能を測定することができる。

ここでは、三箇所から提供していただいた土器片を、低レベルのガンマ線測定システムを用いて非破壊で測定した結果を示し、土器片に含まれる放射能比によって土器のグルーピングが可能性があるかどうかについて述べる。

測定システム

半導体検出器を用いたガンマ線分光分析の手法は、すでに確立された放射線計測手法のひとつである。試料に含まれる自然放射線を分光分析する際に一番問題となるのは、試料以外の周辺環境からくる自然放射線（バックグラウンドという）をいかに少なくするかという点である。通常周辺のコンクリート等から検出器に入る自然放射線を少なくするために、検出器の周囲を鉛で覆っている。しかし、この遮蔽に用いる鉛には多くの系列核種が含まれているので、試料に含まれるより低いレベルの自然放射線を検出するためには限界がある。

今回使用した測定システムは、主検出器にゲルマニウム半導体検出器を用い、周辺に最大 15ｃｍの鉛を配置し、鉛から来る自然放射線を軽減するために、検出器と鉛シールドの間に、10ｃｍの銅シールドを配置してある。

測定試料

測定試料は、以下の三つの遺跡から出土した土器片と土器の修復に用いられている有機系接着剤五種類である。

1. 栃木県・神畑　(土器片 10　試料)

2. 群馬県・道訓前（土器片10　試料）
3. 淡路島・三原　（土器片8　試料）

土器片は一切の前処理なしに、ポリエチレンの袋に包んで、また接着剤についても前処理なしでアクリル製の容器に詰めて測定した。

測定結果と考察

ガンマ線分光によって得られた多くの放射線のうち、考古遺物のグルーピングの可能性を考察するにあたり、今回の報告ではU-238 系列であるＢｉ（ビスマス）-214 の 609.3keV のガンマ線、Ｔｈ-232 系列であるＴｌ(タリウム)-208 の 583.14keV のガンマ線を用いた。ビスマスとタリウムは比較的近いガンマ線エネルギーを持っているため、試料の形状、厚み等による影響（ガンマ線の試料自身による吸収・散乱）がほぼ同じ割合で起こる。このため、これらの放射能比を簡単な補正（相対効率やガンマ線の放出割合など）を加えれば形状の異なる試料間でそのまま比べることができる、という利点がある。

三箇所の土器片の放射能比（Ｂｉ-214／Ｔｌ-208）の平均値と標準偏差を見てみると、栃木県・神畑では 0.9±0.03、群馬県・道訓前では 1.0±0.10、淡路島・三原では 1.7±0.19 であった。だだし、淡路島・三原では 8 点のうち 1 点が他の 7 点と明らかに異なる放射能比 0.7(統計誤差 8.4%)を示した。ちなみにこの 1 点を除いた淡路島・三原の平均値と標準偏差は 1.8±0.14 である。また、5 種類の有機系接着剤からは、地球起源の放射能は検出されなかった。

今回の測定結果から、この分析手法は、

1. 地球起源の放射能を測定することにより土質のことなる土壌から作られた土器等を、広い地域を想定した場合に、グルーピングできる可能性がある。
2. 同一遺跡に含まれる明らかに異なる材料から作られた土器、石器等を選り分けることが可能である。
3. 物理・化学的に完全に非破壊な分析法であるため、博物館等収蔵品についても分析が可能である。
4. 修復剤から地球起源の放射能が検出されないことから、修復された遺物についても、この手法が使用可能であると思われる。

等の利点が考えられる。しかしこの手法のみですべてが解決できるとも思われない。ひとつのものをさまざまな視点から見ることにより、より本質に近い結論が導き出される。ものを見るひとつの方法として、非破壊分析であるという点は他のさまざまな手法に比して優れた点であると思う。

今後は、この手法によって測定点数をさらに増やし、「可能性がある」から「可能である」に変わるかどうかの検討を進めたいと考えている。ただ、土器片の入手等、工学系の人間には困難な分野であるので、興味のある人がいれば協力して進めていきたいと思っている。

謝辞

この研究は、濱岡きみ子氏、長谷川福次氏、伊藤博之氏、石原道知氏の協力がなければ端緒につくことさえ出来なかったと思います。ここに記して感謝の意を表します。

P 83

アイカメラを用いた眼球運動測定による土器注視パターンの研究

○時津裕子（九州大学）　中園聡（鹿児島国際大学）

1　はじめに

埋蔵文化財の調査研究活動において，遺物の同定・分類は基礎的できわめて重要な作業である．しかし意外にも，それらの判断のために観察者が対象のどのような属性に注目したかが明示されることはきわめて少ない．認知科学の知見が示すように，このような思考（認知的情報処理）は自動化されており，観察者自身には意識化されにくいことがその一因であろう．また意識化された思考パターンと実際の情報処理プロセスはしばしば異なることも知られている．われわれが対象の何をどのように見ているか，そこからどんな情報を引き出しているかということは，自明の事実でも容易に知りうる問題でもない．

眼球運動測定法は観察者が中心視するポイント（焦点を合わせて見る部位）を抽出し記録することで，注意の向けられたポイントを推定し，通常は自覚されない情報処理の実態に迫る有効な方法である．発表者らはアイカメラを用いて，土器を観察する考古学経験者および素人（非経験者）の眼球運動を測定し，注視パターンを抽出することで，上記の問題にアプローチしようと試みた．

2　方法

被験者　考古学経験者 16 人および，非経験者 4 人．経験者は事前に質問紙を用いて考古学的経験の年数や知識量を問われ，初級，中級，上級の 3 クラスに分類された．

呈示刺激　北部九州産弥生土器「板付 I 式」壺のレプリカ（粘土製）1 個，市販の園芸用植木鉢（ポリプロピレン製）1 個（図 1）．

実験装置　角膜・瞳孔反射法を利用した非拘束型アイカメラ，Eye Mark Recorder-8（ナック・イメージテクノロジー社製）（図 2）．

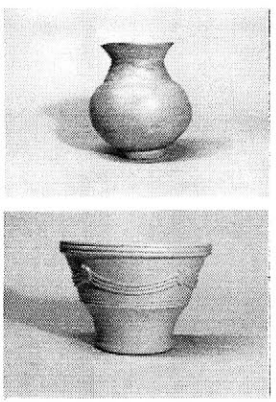


図 1　観察対象の板付 I 式壺（上）
園芸用植木鉢（下）

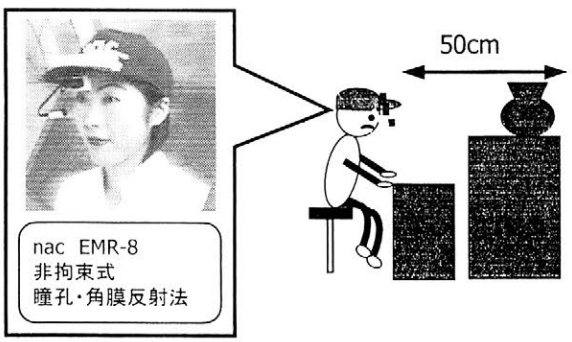


図 2　実験状況

手続き　EMR-8 を装着し着席した被験者に対し，50cm の距離で台上に刺激を呈示した．被験者には普段通り自由に観察するよう求め，観察と同時に思考内容をすべて言語報告させた．制限時間はとくに設けず，被験者が「十分に見終えた」と報告するまで観察を続けさせた．観察時の注視点および視野画像が EMR-8 を通じてビデオに記録された．

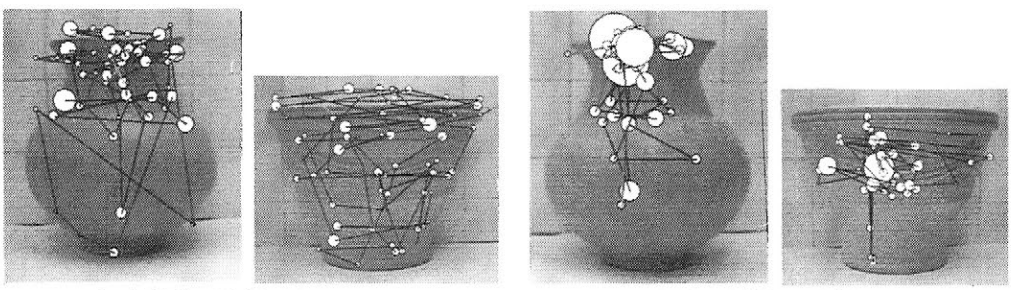
3　結果と考察

ビデオに記録された注視点情報をコンピュータに取り込み，アイマークデータファイルを作成した．ファイルの解析には付属のデータ解析システム（model SP-505）を用いた．

観察時の眼球運動　考古学経験者は非経験者と比較すると，1 回あたりの停留時間が短く，視線移動速度が早い傾向がみとめられた．つまり大きく速い眼球運動をするということができる．経験者間でも，経験のレベルが増大すると，よりその傾向は高まっていた．

注視パターン　考古学経験者が土器の輪郭，中でも形態上の特徴となる端部や屈曲部などをよく注視したのに対し，非経験者は輪郭をほとんど注視せず中央部分に集中する傾向がみられた．また明確な停留点を欠くのも非経験者の特徴であり，言語報告では色や歪みに関する記述が多くみられた．経験者間では，上級者が土器の全体をバランスよく注視するのに対し，中級レベルでは口縁端部や屈曲部など数カ所に過度に限定する傾向がみとめられた．中級レベルではまた考古遺物である土器（レプリカ）と通常の文化財の範疇を外れた対象である植木鉢では，注視パターンの異なる被験者がみとめられた．

被験者の知識や経験と対象の組み合わせに応じて，観察法に差異が認められた．同一の対象をとりあげても，万人が同じように「見る」わけではないことが実験により示された．



考古学者の注視パターン　　素人（非経験者）の注視パターン

図 3　注視パターンにみる差異

図中の円は停留点（一定時間以上観察者が注視したポイント）を示す．円の径は停留時間を表し，径が大きいほど長い間注視したことになる．考古学経験者が土器の外形をよく注視しているのに対し，素人はほとんど注視していない．考古学経験者と非経験者ではまた眼球運動の様子も異なっている．

4　おわりに

本研究の成果は考古学の専門的な研究活動に寄与するばかりではない．例えば博物館等の展示場面を想定すれば，入館者が何に注目しがちで，何を見落としやすいかという問題，つまり何が効果的な展示かという問題を考察する上でも有効な示唆を与えるはずである．発表者らは本研究が将来的に，文化財をめぐる様々な問題へ貢献するものと認識している．

考古遺物用高精細三次元デジタルアーカイブシステムの開発

○塚本敏夫、川本耕三、村田忠繁（財団法人　元興寺文化財研究所）
佐藤宏介（大阪大学）、伴　好弘（神戸大学）
藤沢典彦（大谷女子大）、小林謙一（奈良文化財研究所）
難波洋三（京都国立博物館）、古谷　毅（東京国立博物館）
糊田寿夫、今井重晃（ミノルタ高槻研究所）

1．はじめに

考古学の研究は、出土した遺物の型式学的研究が基本となっている。したがって、遺物の持っている情報を最大限に引き出し、その資料的価値を残していくことはたいへん重要である。しかし、膨大な出土量を抱え、保管、保存処理に対して迅速な対応をとることが難しく、資料的価値を失っていくものも多い。したがって、より精度の高い記録保存方法と比較研究方法の開発が望まれている。

著者らは、保存処理・修復の立場から、変形する遺物の新しい記録保存方法として、アパレル産業や医療関係ですでに実用化されている非接触式の三次元形状計測装置を用いた形状データのデジタル保存法、及び研究への応用の可能性について先行研究をかさねてきており、その結果、基本的な形状データの記録保存に有効であること、三次元データを使った新しい形状比較法も研究に応用できることが確認された。しかし、文化財へ応用するにあたって、既存（工業用）の計測装置では計測方式や対象視野を遺物の材質、形状、情報量の違い等により変えなくてはいけないことや、研究方法に応じて新しい形状データの画像処理方法を開発する必要があることが明らかになった。

そこで、先行研究の知見を基に①考古遺物全般を計測対象とした汎用性が高く②研究資料としても十分使用できる高精度なデータがとれ、③誰にでも簡単に操作できる実用性の高い考古遺物専用の高精細三次元デジタルアーカイブシステムの開発を行っている。

今回、考古遺物専用高精細三次元デジタルアーカイブシステムのハード面の開発が終了したので次のステップである応用研究前に評価の意味でその概要を発表する。

2．考古遺物用高精細三次元デジタルアーカイブシステムの設計

（1）　設計方針

考古遺物のデジタル保存の問題点は遺物が多種多様で複雑な形状であることと、遺物の種類ごとに必要とされる精度が違い、ひとつの遺物においても部位ごとに必要とされる精度が違う点である。三次元デジタルアーカイブシステムとしては高精度な形状計測を全面に渡って行うのが一般に望ましいが、データ量が極めて膨大となり、普及している汎用ＰＣ で作業できない、処理が遅いという問題が予想される。この課題に対して部分的に精度を必要とする遺物に対しては荒取り（大視野）用と細部取り（小視野）用の２ 台のセンサーを併用し、荒取りしたのち、より詳細なデータを必要とする部位、データが取れなかった部位及び固定されたセンサーでは死角となる部位などをデータを確しながら細部取り用センサーを任意の位置に移動させて分割計測する複合計測で対応する。

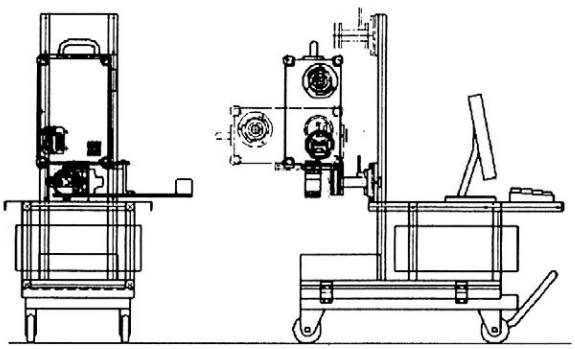
（2）　設計仕様

1）計測対象・計測範囲：計測対象は立体形遺物（例　銅鐸など）とし、乾燥変形する木製品も計測対象とする。計測範囲はミドルレンジ（5～80cm ）とする。
2）センサー仕様：計測精度は高精細（0.5mm 以下）である、視野範囲が可変である、計測時間が早い、形状だけではなく、表面カラーも同時に計測できる。
3）計測方式：非接触計測である、遺物は静止させたまま計測できる、複合計測が可能である。
4）操作・機動性：完全自動ではなく、人手はある程度介してもよいが、出張計測を想定し、操作性／移動性のよい配線と運搬性を考えた構造である。

（3）考古遺物用高精細三次元デジタルアーカイブシステムの構成

設計仕様に基づき、写真―１ に示すような考古遺物用高精細三次元デジタルアーカイブシステムの

構成を採用した。遺物設置台は固定され、そこに磁気センサを４方向に設置する。別途、油圧で上下動、チルト可能な移動台車を用意し、三次元計測装置を固定する。この三次元計測装置は、レーザー方式で形状計測するだけでなく、画素毎にＲＧＢ カラー値を得られるものである。オペレータは、移動台車を考古遺物の回りを周回させ、三次元計測装置を遺物全体や考古学的に有為な部位を狙い、非接触計測を行う。その際、技術的な課題となるのは、遺物設置台座標、磁気センサ座標と計測装置座標との間の座標合わせである。遺物設置台座標を世界座標系として固定し、磁気センサより計測装置座標を世界座標系に変換する。これにより、計測装置座標で得られる形状データが世界座標系として活用できる。磁気センサ座標ー計測装置座標間については正確な立方体等の専用較正治具を事前に計測することで用いて、あらかじめ較正しておく。



図―１　三次元計測装置のシステム構成図

写真―１　デジタルアーカイブシステムのシステム構成
（レプリカ銅鐸の計測試験風景）

３．　おわりに

考古遺物用高精細三次元デジタルアーカイブシステムの開発を行いとその評価試験を今回の計測対象とした銅鐸で行い、良好な結果と評価を得た。考古学における個々の研究方法に応じて新しい形状データの画像処理方法と活用法の開発する望まれている。今回紹介した、考古遺物専用に設計された三次形状計測装置は類例に乏しく、早期に開発を完了の上、関係諸氏に評価を受け、さらなる改良を加えたい。

今年度は実際の考古遺物の計測を行い、保存科学分野や考古学分野での３次元デジタルデータの応用研究を進める予定である。また、本デジタルアーカイブシステムは研究用途としてだけではなく、デジタルミュージアム等への新しい展示応用についてもその利用法や活用法について探っていきたい。

尚、本研究は平成１２～１３年度文部科学省科学研究費補助金　基盤研究(A)(2)の研究成果の一部である。

参考文献

塚本敏夫「コンピュータを使った文化財の記録」『保存科学の今そして未来』pp76-90, 1999
増澤文武・塚本敏夫他「三次元形状計測による文化財のデータ保存システム構築と応用－考古学分野を中心として－」『平成７－８年度文部省科学研究費補助金　基盤研究(A)(2)研究成果報告書』1997年
塚本敏夫「考古遺物の三次元デジタル化の現状とその応用」『元興寺文化財研究所３０周年記念論集』pp224～232、1997年
塚本敏夫「三次元形状計測を用いた考古遺物の形状比較」『人文学と情報処理No. 14』pp69-74, 1997

屋外用レーザーレンジファインダーによる遺跡の高速三次元デジタル計測

—島根県大社町出雲大社境内遺跡での事例—

○塚本敏夫（財団法人　元興寺文化財研究所）、佐藤宏介（大阪大学）
景山真二、石原　聡（大社町教育委員会）、松尾充晶（島根県教育庁文化財課）
松田重雄、那須　豊（リーグルジャパン株式会社）
多湖真市（株式会社守谷商会）

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、遺跡、遺物の持っている情報を最大限に引きだし、その資料的価値を残すことが重要である。特に、遺跡情報は破壊を前提とした記録保存である場合が多い、しかし、膨大な発掘量を抱え、十分な情報を記録する時間を取れないのが現状である。

特に、発掘作業において遺物の出土状況の記録を正確にしかも迅速に記録することは遺物の保存の立場からも重要である。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。

本報告では近年、目覚しく進歩した屋外用レーザーレンジファインダー（三次元形状計測装置）を用いた新しい遺跡計測システムを提案することを目的とする。その中で重要な要素であるレンジファインダの遺構計測への試みを実際の発掘現場での実施事例を中心に紹介する。

2．リアルタイム遺構計測システムの概要

（1）　適用範囲と開発目的

遺跡計測において適用する。特に、重層的に出土する遺物群を各層序毎にリアルタイムで３次元デジタル計測し、計測時にデータをチェックし、計測後直ぐに遺物を取り上げ、下層の発掘作業に進める高速発掘が可能となる。このシステムの適用により、劣化しやすい遺物の迅速な取り上げと立体的な出土状況のデータ取得ができる。また、発掘後に時系列的な発掘状況の可視化、層序的な出土状況の再現や可視化が容易に行うことができ、取得データの有効的活用がはかられる。

（2）　遺構計測システムの概要

①　遺構のフレーム点群の設定

計測する遺構に基準となる粗い基準点を設定し、トータルステーションにより基準点群を計測する。

②　遺跡の粗いデジタル計測

屋外用レーザーレンジファインダーにより基準点群を３点以上含む遺構面の計測する。

出土状況のリアルタイムデジタル計測計測視野内に基準点を３点以上設定し、出土状況の詳細なデータを高細精レンジファインダでデジタル計測を行う（遺構面積、計測精度により分割計測を行う）。その場で計測データを確認し、発掘状況に応じてリアルタイムでレイアー毎にデジタル計測を繰り返す。

③　データ合成

計測したデータをＤＸＦデータに変換し、CAD上で精度の違うデータを絶対座標系に変換し、合成する。

写真—１　遺跡の計測風景

3．屋外用レーザーレンジファインダの遺構計測への試み

リアルタイム遺構計測システムの開発に先行して屋外用レーザーレンジファインダの遺構計測への適用試験を行った。

（1） 計測対象遺構

島根県大社町出雲大社境内遺跡を計測した。

（2） レーザーレンジファインダの選定

には①計測スピード②視野範囲（2～350m）③操作性（可搬性）
④計測精度⑤カラー画像同時の取得からリーグル社製LMS-Z210を選定した。

（3） 出土状況の遺構計測試験

① 遺跡のデジタル計測

レーザーレンジファインダによる遺構の計測を行った。

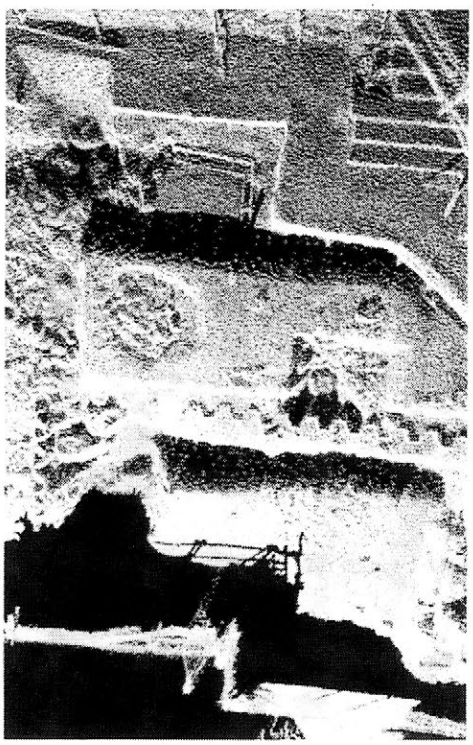
櫓上からの遺構全体の計測と4方向からの分割計測を行った。その際、視野内に基準点を3点以上設定し、トータルステーションで計測した。

② 宇豆柱出土状況の詳細計測

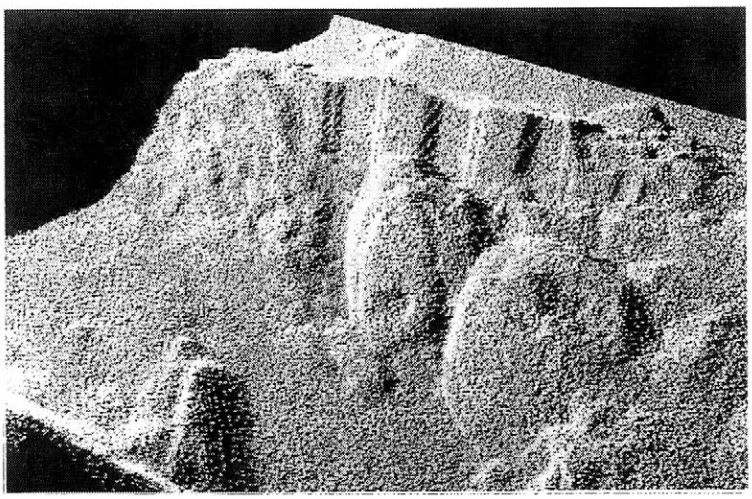
レーザーレンジファインダで計測範囲を絞って分割計測を行った。その際、視野内に基準点を3点以上設定し、トータルステーションで計測した。尚、宇豆柱はミノルタ製VIVID700での詳細計測も同時に行った。

③ 計測結果

計測試験の結果、野外での遺跡計測にもレーザレンジファインダが有効であることが確認できた。



図－1 遺構全体の距離画像



図－2 宇豆柱の出土状況の距離画像

4．おわりに

出土状況の遺跡計測へレーザーレンジファインダを用いた新しい遺構計測法が有効であることが確認できた。

現在、リアルタイム遺構計測システムの開発を行っており、その有効性が確認されている。

今年も真御柱の発掘現場での継続的な現場試験を行い、より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。

遺跡保存における3次元データ活用とCG復元

ー中米(ちゅうべい)エル・サルバドル、チャルチュアパ遺跡でのモデルケースづくりー

○加藤 つむぎ(京都造形芸術大学 歴史遺産学科)
品川 慎一郎(コンピュータ・システム株式会社)

はじめに

中米エル・サルバドル西部地域はマヤ文化圏の東南端に位置し、先スペイン期における文化の発達や南米との文化交流を考えるうえで重要な地域である。この地域にのこる遺跡は、その多くが土を建築材料としたピラミッド基壇であるため、高温多湿な季候による浸食と開発による破壊を受け、考古学調査も行われないままに失われつつある。

中米の遺跡では、異なる時期の建物が幾層も重なった形で検出される例が多い。したがって、古い時期の建物は良好な状態が保たれているケースが多いが、これらの建物を発掘調査で露出させた場合、何らかの保存処置を施すことが必須条件となる。本研究では、遺跡の修復保存について、考古学調査から得られた3次元データを活用し、CG復元を利用した遺跡保存・遺跡管理の可能性を追及してみたい。

なお,今回はエル・サルバドル、チャルチュアパ遺跡カサブランカ地区5号建造物をその対象とした。

1. 現行の遺跡保存に関する問題点

現在 5 号建造物では、発掘調査と平行して修復作業が行なわれている。検出されたオリジナル建造物に新たな土壁を補う形で復元部分を継ぎ足し、遺構のさらなる崩壊を防いでいる。しかし熱帯雨林季候下にあるがゆえに、植物やコケ類、地衣類などの発生が著しく、遺構の傷みが早い。また、オリジナル部分と修復部分との区別がつきにくい状況となっている。

2. 遺跡測量調査とCGの作成

2001 年 3 月 1 日～14 日までカサブランカ地区 5 号建造物の測量調査を行った。この調査では、発掘によって検出されたオリジナル部分と、修復によって復元された建物全体の形状を重点的に記録した。測量の方法は遺跡調査システム(SITE 外業システム)を使用し、XYZの3次元データを計測した。この測量調査から得られたデータと、デジタルカメラから得られた情報をもとに、CG 復元を試みた。

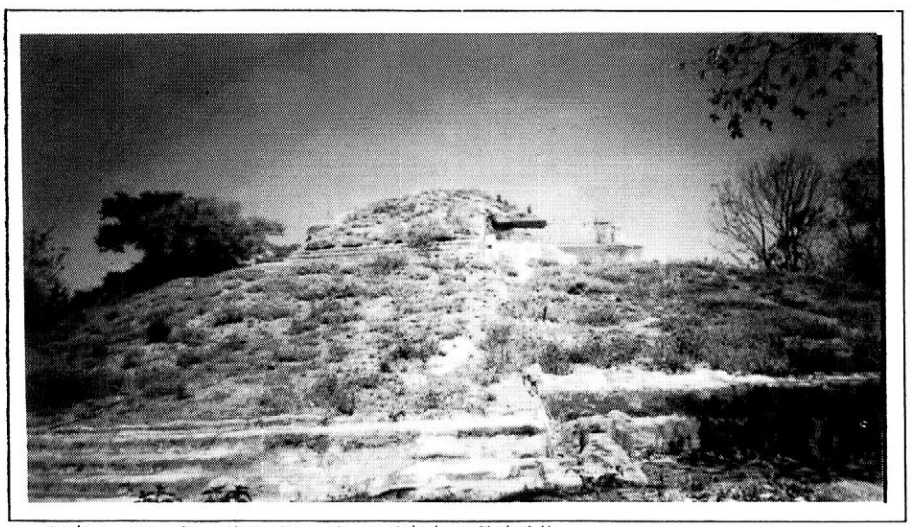
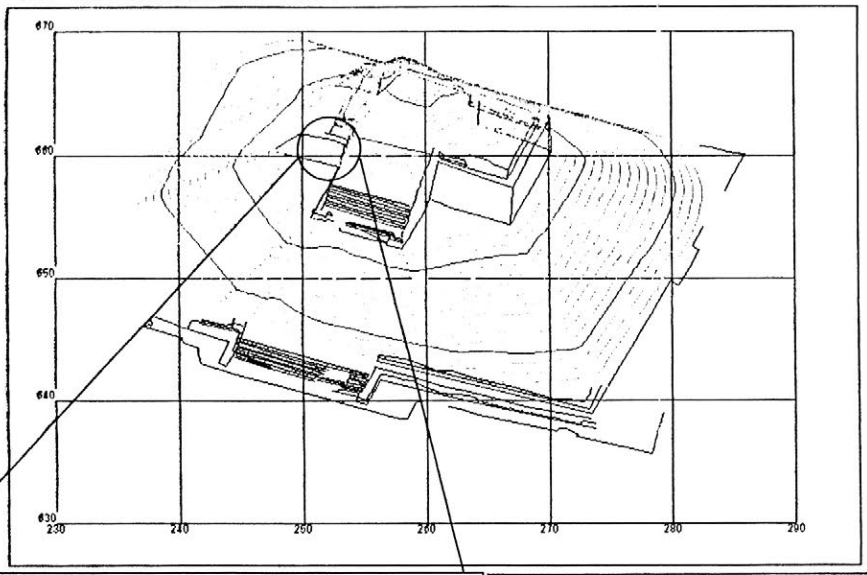


写真1 エル・サルバドルチャルチュアパ遺跡 5 号建造物

デジタルカメラで撮影した画像は、レンズ等の歪みがあるため補正する必要がある。カメラの機種ごとに補正用ファイルを作成し、SITE-3D・SITE-DG システムを使用し画像処理を行った。この復元では、実際の遺構では区別がつかなくなっているオリジナル部分と修復部分を色分けし、分かりやすく表現した(図 1)。



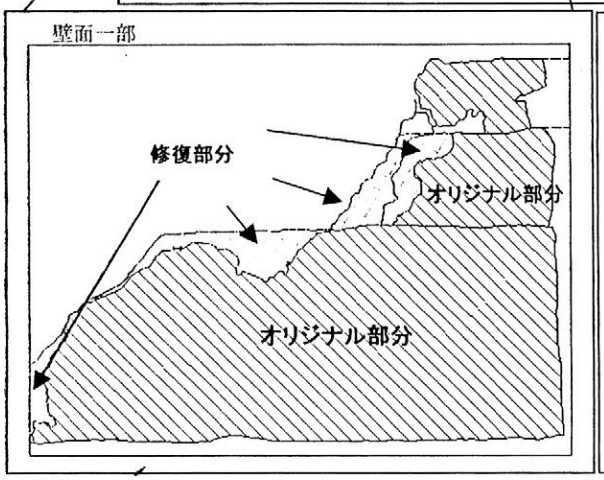
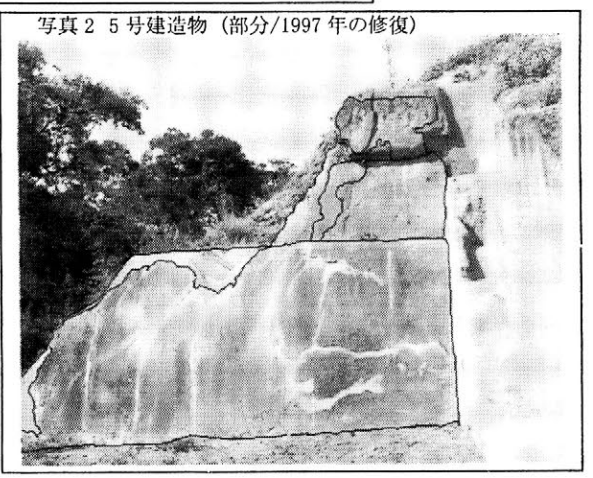


写真２ ５号建造物（部分/1997 年の修復）



3. 考察

測量調査をもとにCG復元を試みた結果、以下のような可能性を見出すことができた。

① 遺跡現地では識別しにくいオリジナル部分と修復部分を、CG画像上で識別できる。現在建設中の遺跡博物館でこのCGを公開し、遺跡を訪れる人々にも遺跡情報を正確に伝えることができる。

② 新たに加わる発掘データを加えていくことにより、遺構の重なりを表現することができる。先に延べたように、メソアメリカでは古い時期の建物を覆って新しい時期の建物が造られるため、建築様式や時期の違いを画像上で分かりやすく示すことができる。

③ CG画像を遺構実測図や現状写真など２次元のデータとリンクさせることによってインデックスとして利用し、データの管理を行なうことができる。また、将来的な修復計画や、メンテナンス計画、劣化の状況把握にも応用できると考えている。

4. 今後の展望

今回の測量調査では、CG復元に必要なすべてのデータを得られたわけではないが、今後調査を重ねるとともに、データを蓄積し、最終的には遺跡公園全体のCGを作成し、web上での遺跡の公開に発展させたいと考えている。

この試みは、エル・サルバドル共和国政府文化遺産局（CONCULTURA）局長マリア・イサウラ・アラウス女史の許可のもと、同局考古学顧問柴田潮音氏の協力を得て実施することができました。ここに記して感謝いたします。

P 87

佐藤敏也氏が収集した炭化米の特性

○柴内佐知子（静岡大学農学部）・佐藤洋一郎（同）

1. はじめに

発表者らは故佐藤敏也氏が 1960 年～1985 年頃に収集した炭化米の特性調査を行っている．資料は佐藤氏のご遺族が大阪府立弥生文化博物館に寄贈，現在同博物館に保管中で，その量は膨大であり何らかの形での整理が望まれる．現在その時代・産地・特性などについてのデータベースを作成中で，これまでの途中経過について報告する．

2. 資料について

資料の出土時期は，弥生時代から近代にわたっており，出土および採集場所については，数府県を除く日本全域にわたっている．また，数点ではあるが海外の資料もある．

残存形態は籾殻がついたもの/ついていないもの，粒が単離しているもの/癒着して固まっているもの，土塊ごと取り上げているものと様々である．炭化米以外の資料としては，イネ以外の植物遺体や現存の植物体，籾痕つき土器片，土壌サンプル等がある．

資料の概要を表 1 に示す．

3. 資料の 1 次資料化とデータベースについて

資料は佐藤氏が収集した時の状態で未整理のまま保存されており，いつの時代の遺跡から何点の資料が出たのかを引き出すだけでも大変な作業となる．そこで資料全体を見渡すためにデータベース化を図ることにした．

各資料には番号を付加，資料に添付されたメモについて記録，可能な限り種を同定し，完形（2/3 個体以上残存）と破片に分類し粒数をカウントした．また，破損が見られないものに限り，CCD カメラで撮影，長さと幅を計測中である（写真 1）．今後地域や時期を絞るなどして，一部の資料については DNA 分析を行うことを予定している．

表1 各都道府県における出土および炭化種子の内訳

都道府県名	イネ	ムギ	マメ科	雑穀	その他
北海道	○	−	−	−	−
青森県	○	−	−	−	○
岩手県	○	○	○	○	○
宮城県	○	−	−	○	−
秋田県	○	−	−	−	−
山形県	○	−	−	−	−
福島県	○	○	○	○	−
茨城県	○	−	−	−	−
栃木県	○	−	−	−	−
群馬県	○	−	−	−	−
埼玉県	○	○	−	−	−
千葉県	○	−	−	−	−
東京都	○	○	○	○	○
神奈川県	○	−	−	−	○
新潟県	○	−	−	−	−
石川県	○	−	−	−	−
長野県	○	−	−	−	−
静岡県	○	−	−	−	−
愛知県	○	−	−	−	−
滋賀県	○	−	−	−	−
大阪府	○	−	−	−	−
兵庫県	○	○	−	−	−
奈良県	○	−	−	−	−
和歌山県	○	○	−	−	−
島根県	○	−	−	−	−
岡山県	○	−	−	−	−
山口県	○	−	−	−	−
福岡県	○	−	−	−	−
佐賀県	○	−	−	−	−
長崎県	○	−	−	−	−
熊本県	○	−	−	−	−
鹿児島県	○	−	−	−	−
沖縄県	○	−	−	−	−

○：資料あり，−：現段階で未確認

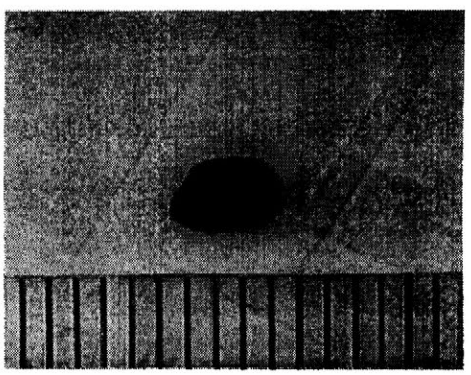


写真1 福岡県横隈山遺跡出土炭化米

P 88

土器に吸着された脂質の基礎的研究（7）

—土器深部に強く吸着された脂質は環境と時間の影響を受けにくい—

○高木彰子、堀内（楠岡）晶子（国際キリスト教大学）

1. はじめに

古代人が使用した道具から残留する脂質を分析し、古代人の生活を再現しようとする試みがなされている。しかし、有機物のなかでも比較的不安定な脂質は道具の表面に付着している場合、空気や微生物などによって分解されやすいので、現在得られる分析結果が必ずしも古代の脂質をそのまま反映しているとは限らない。そこで私たちは、土器の内部に浸透し、吸着された脂質ならば外部からの影響をまぬがれ、分解せずに残っている可能性があると考えた。この推測の妥当性を検証するため、私たちはこれまでに、モデル系を使って、既知の脂質を土器に吸着させ、異なった条件下で脂質の組成が時間と共にどのように変化するかを検討してきた。その結果、土器から直接抽出された全脂質は、動物性脂質、植物性脂質を問わず、時間と共に回収率が減少し、2 週間以降はほぼ一定になることが明らかになった。また一方では、土器から直接抽出される、表面近くに残留している脂質の主成分であるトリグリセリドと脂肪酸の組成は、脂肪酸も脂肪酸より安定とされているトリグリセリドも、時間と共に変化する事を明らかにしてきた。これらの結果から土器表面近くに吸着されている脂質は、たとえ土器内に浸透、吸着されていても、環境の影響を受けやすい事を意味している。また空気中や土壌中に保存された試料の方が、封管し空気を遮断して保存した試料より、変化が著しいことから、トリグリセリドや脂肪酸は環境により変化を受ける度合いが変わることが明らかになった。

そこで本研究では：

1. 土器から直接抽出されず、土器深部に強く吸着している脂質があるのか。
2. あるとすれば、含まれているトリグリセリドと脂肪酸の組成がどう変化しているのか。
3. これまでに用いた保存条件よりトリグリセリドや脂肪酸が安定している環境があるか。

を検討した。脂質が深部に残存しているかどうかを調べるため、既知の脂質を土器モデルに吸着させた後、一定条件で保存した試料から従来通り直接抽出した後、土器を粉砕し、再度抽出し分析した。また、保存条件として、これまでに用いてきた、空気中、土壌中、空気を遮断した封管中に加えて新たに、水中で保存した試料も分析対象とした。

2. 実験

試料： A.土器の表面近くに残留している脂質：ツバキ油（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、および水中にそれぞれ一定期間保存後回収した。土器をジクロルメタン：メタノール（2：1）30mL 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。B.土器深部に強く吸着された脂質：上記抽出後、土器モデルを粉砕器を用いて粉砕し、上記同様に脂質を回収した。

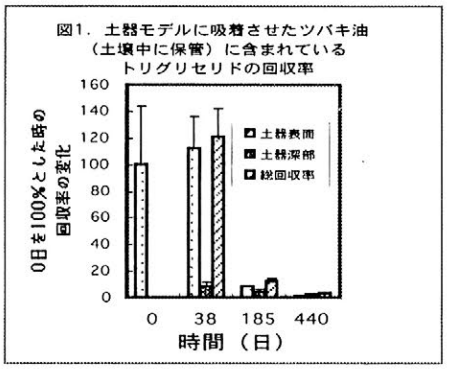
グリセリドと脂肪酸の分離：回収した脂質を 1mL トルエンに溶解し、その 100μL をシリカゲル薄層クロマトグラフィー（ヘキサン：酢酸エチル：酢酸＝80：20：1.8)で分離した。トリグリセリドと脂肪酸の各画分を単離し、グリセリドは 0.4M NaOH, 脂肪酸は BF_3 ・

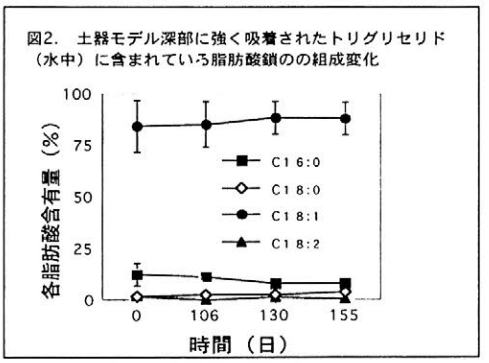
MeOH 溶液を用いてそれぞれメチルエステル化した。

分析：メチルエステル化した試料は FID 付きガスクロマトグラフ（CP-Sil-88 カラム、50 m X 0.25 mm、142°C 3 min, heat to 145°C (1°C /min), kept at 145°C 3 min, heat to 147°C (1°C /min), kept at 147°C , 15 min）で分析、定性は標準物質の Rt 値から求め、定量には、既知量のペンタデカン酸メチルエステルを内部標準物質として用いた。すべての結果は同じ条件の試料を 3 つ用意し、その平均値と標準偏差を示した。

3. 結果と考察

土器深部に吸着されている脂質：トリグリセリドの絶対量は、どの環境におかれた試料でも、時間と共に減少した。たとえば土壌中に 1 年半保存した試料から回収した脂質の絶対量は添加した量の約 5%にまで減少したが、土器深部に含まれる割合は脂質を吸着させた後、徐々に増加した（図 1）。脂肪酸はどの試料も絶対量が増えると同時に土器深部に含まれる割合が増えた。従って、時間と共にトリグリセリドから脂肪酸が遊離すること、また土器に吸着させた脂質は徐々に深部に浸透し、残留する事が明らかになった。





土器深部に吸着された脂質の組成変化：土器表面近くに吸着されたトリグリセリドと脂肪酸、及び深部に吸着され残留した脂肪酸は、時間がたつに従い組成が変化すた。しかし、深部に吸着され残留したトリグリセリドはほとんどの場合、実験を行った期間（最長 15 ヶ月間・土壌中）、誤差範囲内で安定に存在していることが明らかになった。特に水中に保存した試料は、土器表面近くのトリグリセリドも組成を保っており、水中で有機物が安定に残留する可能性を示唆している（図 2）。しかし、空気中に保管した試料に関しては、深部のグリセリドも組成変化を免れなかった。

以上の結果から、不安定とされている脂質（トリグリセリド）も、土器深部に浸透し、土器深部のマトリックス内にトラップされ、土壌中、空気を遮断した封管中、及び水中で安定に残存している可能性がある事が明らかになった。しかしその絶対量は、時間と共に減少する為、実験誤差を最小限に留める為に必要なトリグリセリドの絶対量が回収できるか否かが重要になる。一定の実験誤差がある事も常に考慮しなくてはならない。また脂質は空気中で不安定な為、遺物を分析する際には、試料の保存に留意する必要がある。

P 89

木の埴輪の劣化痕跡　～奈良県桜井市小立古墳出土木製品を中心に～

酒井温子（奈良県庁）
村上蕪史（桜井市教育委員会）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

1．はじめに

古墳の周濠で発見される木製品の中には、木製祭祀具と考えられるものが含まれている。奈良県橿原市四条古墳出土の木製品には、その劣化痕跡から、長期間屋外に設置されていたと推定されるものと、短期間の使用のものがあることが明らかになった[1)]。今回は奈良県桜井市小立古墳出土の木製品について、樹種鑑定と劣化痕跡の観察を行い、その用途について考察した。

2．材料と方法

小立古墳の墳丘上で発見された木材（図１）４点および周壕内で発見された大型の木製品６点（石見型盾形木製品２点、盾形、靫形、刀形、板状木製品各１点）については、樹種鑑定および劣化痕跡の観察を実施した。また、これら以外に、周壕内で発見された木製品２７点については、樹種の鑑定のみを実施した。

サンプルは、木製品の数カ所から、一辺が 5mm 程度の大きさで採取した。この際、破断面等を利用して、木製品を新たに傷つけないよう心がけた。次いで、カミソリ刃によりサンプルから木口面、まさ目面および板目面の切片を切り出し、光学顕微鏡で観察を行った。

3．結果と考察

3．1　木製品に観察された劣化痕跡

図２に、光学顕微鏡により観察された木材腐朽菌の菌糸と２種類の劣化痕跡を示した。バクテリアによる木材の分解は、水中や、水分を多く含み酸素の少ない土壌中で進行することが知られている。今回観察したすべての木製品の表面付近で、バクテリアによる劣化痕跡が認められた。また、軟腐朽菌や木材腐朽菌による木材の分解は、水分と酸素が共に存在する環境で進行することが知られている。盾形木製品や靫形木製品等の一部分で、これらの劣化が進行しており、その部分が長期間地面に埋め込まれていたか、あるいは地面に接していたと推定された。具体例を図３に示した。

3．2　木製品の樹種

出土した木製品には、多くの樹種が認められたが、劣化痕跡から長期間の屋外使用が推定された木製品は、いずれも、耐朽性の高いコウヤマキで作られていた。

3．3　劣化痕跡と樹種から推定される用途

四条古墳等の調査結果に、今回の結果を加えると、古墳から出土した木製祭祀具は５グループに分類することができた。ａ～ｃはコウヤマキ、ｄは様々な樹種が使用されていた。

ａ：木製品の下部が長期間土に埋め込まれて立てられていたと推定されるもの。小立古墳および四条古墳出土の石見型盾形木製品などが該当する。

ｂ：木製品の下部が長期間土に接した状態で立て掛けられていたと推定されるもの。小立古墳出土の盾形木製品および靫形木製品が該当する。

ｃ：土に接せずに長期間屋外に置かれていたと推定されるもの。四条古墳出土の傘形木製品、鳥形木製品などが該当する。これらは、たとえば支柱の上に差し込まれていたと考えられる。

ｄ：短期間だけ使用されたと推定されるもの。たとえば儀式での使用が考えられる。四条古墳出土の火切り臼や櫂形木製品、小立古墳出土の弓や高杯もこのグループに該当すると推定される。

ｅ：用途不明のもの

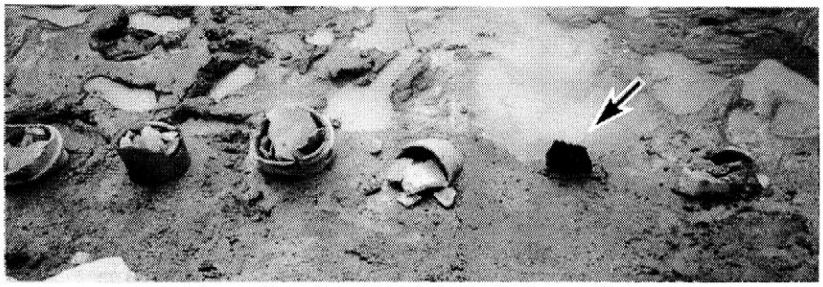
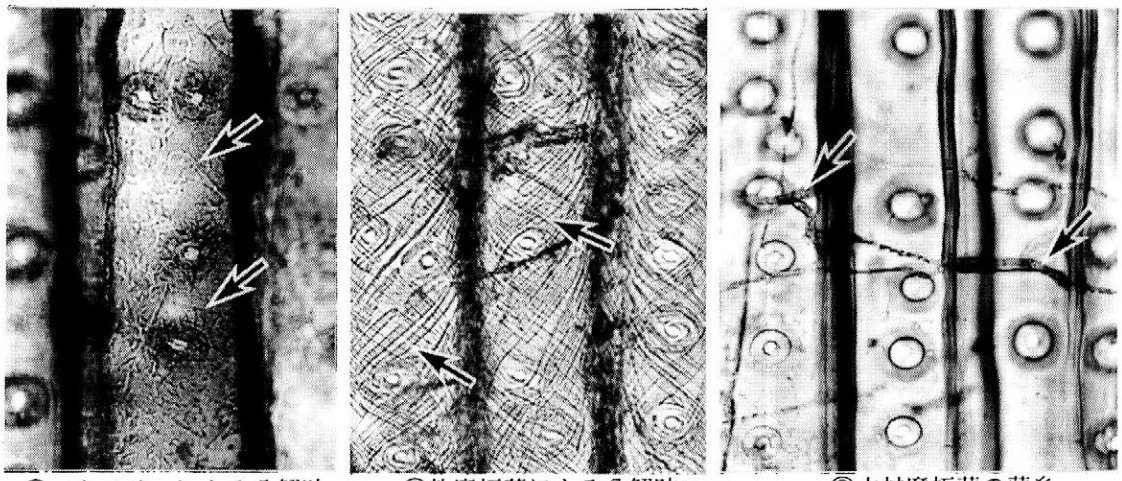


図１　墳丘上で発見された木材の一例
円筒埴輪と共に並べられていた。



①バクテリアによる分解跡　②軟腐朽菌による分解跡　③木材腐朽菌の菌糸

図２　木製品に観察された微生物と劣化痕跡

30 μm

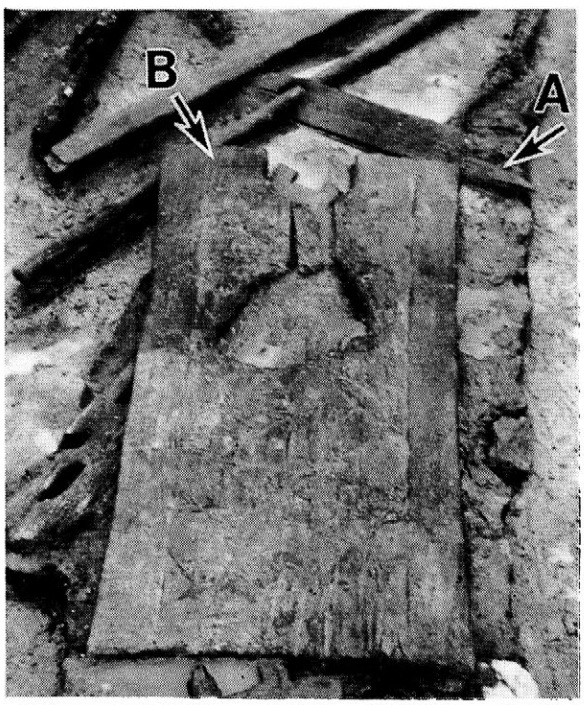


図３ 周濠内で発見された木製品の一例

Aの位置からは図２②のような軟腐朽菌による分解跡が観察された。Aの位置を地面に埋め込んで立てられていたと考えられる。丸棒が差し込まれていたことから、柵のような使用が考えられる。Bの位置からは図２③のような菌糸が多数観察された。この盾形木製品はBの位置を下に、立て掛けられていたと考えられる。

文献１）酒井温子、今津節生、西藤清秀：考古学と自然科学, 35, 55-67（1997）

遷移金属イオンの熔融による青色顔料について

○張　大石・建石 徹・北田 正弘（東京芸術大学大学院）飯島 義彦（茨城県窯業指導所）

1. 緒 言

文化財や美術工芸品等に用いられた無機顔料は色の着いた鉱物を粉砕するか、もしくは化学反応することによって得られる。化学反応によるものの一つに顔料や源鉱石を熱反応して色を得る方法が古くから知られている。熱反応による代表的な顔料として結晶質のエジプトブルーがある。これは主に古代エジプト、メソポタミア地域における青色陶器ファイアンスの着色剤に用いられていた。一方、シルクロード文化圏で広がった青花白磁においては、「回青」などと呼ばれていた青色顔料を用いた発色として知られる。両者は陶磁器の着色剤として青色顔料を用いた例であり、主に青色顔料に含まれる Cu および Co、Mn イオンの珪酸アルカリでの熱反応によって着色する。本報では、青色顔料の熱反応による着色系統から青花白磁の色の特性に関する新たな検知を導くことを主な目的とする。

2. 実験方法

遷移金属イオンによる珪酸アルカリでの着色試料の作製を行なった。着色試料の基本組成は、エジプトブルーにおける $60SiO_2-5Na_2O-35CaO$ 系（着色剤 CuO0.5 %）、回青における $60SiO_2-35K_2O-5CaO$ 系（着色剤 CoO0.5 %、CoO0.2 % + MnO0.3 %）とし、1350 ℃の酸化雰囲気で熱反応した。ただし、$60SiO_2-5Na_2O-35CaO$ 系での Cu イオンによる試料は結晶質における色変化を把握するため、CuO を 10 %にし、低温域の 1000 ℃で熱反応した。この他は、添加量は CuO0.5 %、CoO0.5 %、CoO0.2 % + MnO0.3 %熱反応によって作製した試料をX線回折（Cu Kα、40kV 100mA）にかけて結晶構造の変化を調べた（Cu Kα、40kV 100mA）。また、紫外可視分光測定器（2° 視野、測定窓10×10mm）にかけ分光反射率曲線および主波長（λd）を求めた。

3. 結果および考察

$60SiO_2-5Na_2O-35CaO$ 系、CuO0.5 %含有する 1350 ℃熱反応試料および、CuO10 %含有する 1000 ℃熱反応試料における X 線回折像を図1に示す。前者は 2θ=28° 付近に緩やかなピークをもつ非晶質のガラスを示した。これに対して、CuO を 10 %含有する 1000 ℃熱反応試料は同じく 2θ=28° 付近に顕著な X 線回折ピークをもつ結晶質を示した。両試料の色を分光反射率曲線を求めた上、色の主波長（λd）と刺激純度（ρe）を求めた。図2に Cu イオンによる着色試料の分光反射率曲線を、図3にλdとρeとの関係を示す。この結果、CuO を 0.5 %含有する 1350 ℃熱反応試料の分光反射率は 450nm 付近にピークが見られ、彩度を示す刺激純度はρe = 17.0 であり、色の主波長はλd = 485nm を示した。一方の CuO を 10 %含有する 1000 ℃熱反応試料の分光反射率ピークは 500nm 付近に見られた。刺激純度はρe = 6.9、主波長はλd = 493nm を示した。Cu イオンによるガラス質での青色は主に Cu^{2+} と、Cu^{+} の関与によって発色する。しかし、$60SiO_2-5Na_2O-35CaO$ 系の Cu イオンによる着色は CuO 含有率が高く低温のため、珪酸アルカリのなかで Cu イオンの拡散反応が進まず、刺激純度が低く主波長域の長い色を示すものと考えられる。

$60SiO_2-35K_2O-5CaO$ 系の CoO0.5 %含有する試料、および CoO0.2 % + MnO0.3 %を含有する試料の X 線回折結果（図1）では、両試料ともに 2θ=32° 付近に緩やかなピークをもつ非晶質のガラスを示した。CoO を 0.5 %含有する試料の分光反射率は 430nm 付近に青色のピークが見られ、彩度を示す刺激純度はρe = 50.1 であり、色の主波長はλd = 472nm を示した。これに対して、MnO を 0.5 %含有する試料の分光反射率の青色成分のピークは 400nm 付近に見られた。刺激純度はρe = 37.0、主波長はλd = 470nm を示した。最も典型的な青色の主波長域は 480 ～ 460nm 付近とされる。このことから $60SiO_2-35K_2O-5CaO$ 系の両試料の青色度は高く、特に CoO0.5 %試料は刺激純度も高い。一方、CoO0.2 % + MnO0.3 %の試料は刺激純度は落ちるものの、色の主波長域は短波長側に位置した。

Co イオンのガラスでの着色は Co^{2+} のみの関与とされる。CoO0.5 %含有試料は Co^{2+} に酸素が 4 つ結合する配位構造を取ることにより、CoO0.2 %＋ MnO0.3 %の試料は Mn^{3+} に酸素が 4 配位する構造を取るため、主波長域のより短い色を示したと考えられる。

4．まとめ

今回の実験では、$60SiO_2$—$35K_2O$—5CaO系の CuO10 %、1000 ℃熱反応試料が最も主波長の長い色を示し、$60SiO_2$—$35K_2O$—5CaO系の CoO0.2 %＋ MnO0.3 % 1350 ℃熱反応試料が最も主波長の短い色を示した。Cu イオンによるイスラム青色陶器を青色系着色の範疇に入れる場合、Co イオンによる青色から Mn イオンを加える着色への変化というものを、陶磁器における青色着色技法の変遷として捉えることができる。今後、青花白磁の釉層における色と化学組成データに基づき、産地と時代との関係から熱反応による青色着色技法の変遷に関する新たな知見を導いていく。

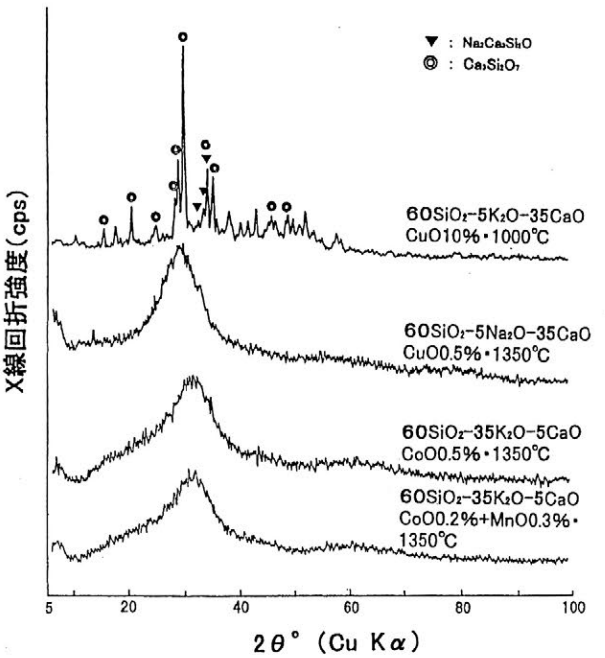


図1　Cu、Co、Mnイオンの熱反応着色試料におけるX線回折像

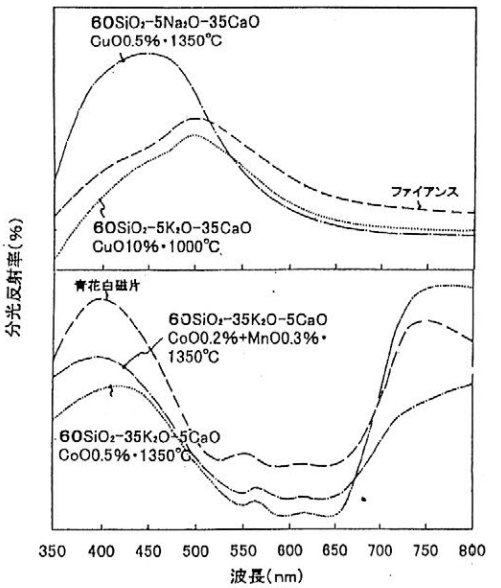


図2　Cu、Co、Mnイオンの熱反応着色試料における分光反射率曲線

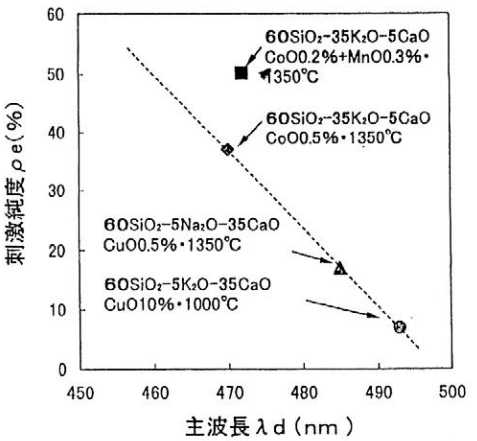


図3　Cu、Co、Mnイオンの熱反応着色試料における主波長（λd）と刺激純度（ρe）

江戸遺跡におけるごみ穴の成分組成から見たその形成過程

—東京都新宿区四谷二丁目遺跡の事例から—

○阿部常樹(國學院大學大学院・文・考古)　石神裕之(慶應義塾大学大学院・文・民族・考古)　加藤久雄(東京大学大学院・理・人類)

1．分析の目的

従来、江戸遺跡において、自然遺物は廃棄時の状況を把握する指標としてのみ扱われてきた。そこで本発表では自然遺物を通して、それに共伴する人工遺物との関係を統計学的手法によって解きほぐすことで、今後の自然遺物の分析手法を検討し、さらに、遺物廃棄のあり方を捉える新たな考古学的手法の展開を模索する。

2．遺跡及び遺構の概要

四谷二丁目遺跡はＪＲ四ッ谷駅から300mほど西の新宿通り沿いに位置する遺跡である。江戸時代には旗本の拝領屋敷が存在していたとされる場所で、近世の地下室・土坑などを多数検出した。そのうち今回分析の対象とする 22 号遺構は、調査区北側の新宿通りに近い場所に位置する。平面形はほぼ四角形を呈し、箱形の断面形をなす土坑である。長軸は1.82m、短軸 1.81m、深さ 1.4m と本遺跡の他の遺構に比べ中規模で、壁面には工具痕が顕著に見られる。層位は８層に区分したが、主体となる層は１、２、３、５、７層の５層で、４、６層は北側にやや偏る堆積傾向を示す。遺物の主体は瓦類で、陶磁器の製作年代は 18 世紀後半～19 世紀前半に比定できる。特に 19 世紀前半の遺物が顕著であることから、19 世紀前半、第１四半期以降には廃絶した可能性が高いものと考えられる。土層観察の所見では自然遺物は２層と５層において顕著に認められ、遺物の包合も多数見られたことから、本遺構では特に詳細な層位による遺物の採集を行った。

3．分析方法

遺物組成に関する分析は、出土した全遺物に対する各種遺物（人工遺物・自然遺物）の重量および破片数の比率にたいし、Arc-sin 変換を施し、正規分布に近似させる（埴原, 1992）ことで、ユークリッド距離を求め、それらの行列に群平均法クラスター分析を施した。また、相関行列による主成分分析をおこなった。これらの統計学的解析は各種遺物組成の間に存在する、なんらかの類似性や相関を明らかにすることにより、廃棄当時の遺物間におけるセット関係を顕在化しようとするものであり、それによってごみ廃棄の契機や背景を推測できる可能性が考えられる。

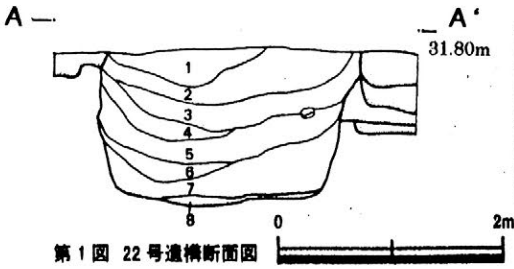
4．分析結果

クラスター分析の結果は、第２図に、主成分分析の結果は、第２表、第３図に示す。なお、主成分分析において、破片数(個体数)、重量共に上位、２つの主成分を抽出した（累積寄与率は、破片数約 90%、重量約 83%)。

分析の結果、本遺構内は、層の形成に関わる特徴として、２層から６層の貝類を中心とした食物残滓の廃棄を主体とするグループ、７・８層の瓦を中心とした建材の廃棄を主体と

するグループ、そして１層の中間的な特徴を示すグループ、さらに、遺物をほとんど含まない４層と、計４つのグループに分けることができた。従来、本遺構のように規模がそれほど大きくない場合、一般的には一括性廃棄の可能性が高い遺構として捉えられがちであった。しかしながら、今回のように層位的に捉えることによって、１つの遺構内においても、様々な廃棄の契機で堆積した層により成り立っていることを改めて認識することができた。また、自然遺物は、「食物残滓の廃棄＝日常廃棄」とする単純な指標として扱われてきたが、人工遺物、特に器物類（陶・磁・土器）や炻器とのセット関係を抽出することによって、食材としての非日常・日常時の使い分けや、また、いくつかの廃棄の契機を考える必要性も指摘された。

従来、遺構内一括として認識され、一義的な意味だけで把握されてきた１つの「ごみ穴」の廃棄の契機が、実際には多様なあり方をもっていた可能性が示された。



第１図　22号遺構断面図

第1表　22号遺構　土層観察表　南北ｓｅｃ

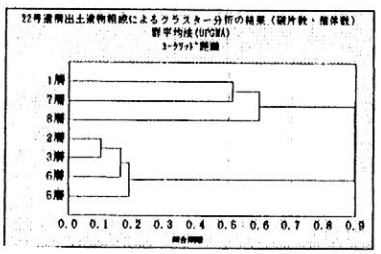
層位	土質	色調	ローム粒	ローム粒	焼土粒	炭化粒	炭化物	砂	礫	粘土	粘性	しまり	備考
1	黒ボク	茶褐色	×	e	×	b	d	×	×	×	2	2	
2	黒ボク	灰褐色	×	e	×	e	d	×	×	×	2	2	陶磁器類、瓦、貝類多い
3	ローム	茶褐色	×	e	×	e	d	×	×	×	2	2	陶磁器類、貝類多い
4	ローム	茶褐色	e	d	×	d	d	×	×	×	2	2	
5	黒ボク	褐色	×	d	×	d	d	×	×	×	2	2	陶磁器類、瓦、貝類多い
6	黒ボク	暗褐色	×	d	d	b	e	×	×	×	2	2	
7	黒ボク	暗褐色	×	d	×	d	c	×	×	×	2	2	瓦類多い
8	ローム	黄褐色	c	b	×	×	×	×	×	×	2	2	瓦混入

土質凡例

混入物：a:非常に多い　b:多量　c:標準　d:少量　e:微量　×:なし

しまり：1:良い　2:中位　3:悪い

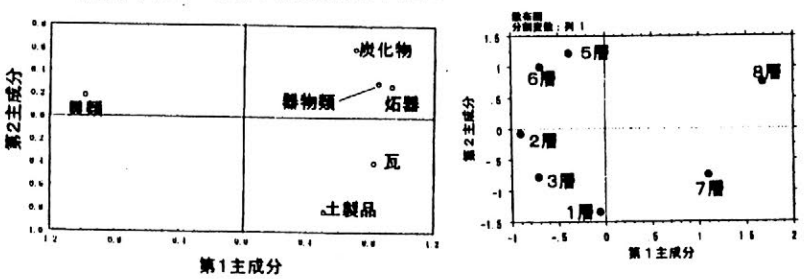
粘性：1:良い　2:中位　3:悪い



第2図　クラスター分析の結果(破片数・個体数)

第2表　22号遺構出土遺物組成主成分結果（破片数・個体数）

	因子負荷量			因子スコア	
	主成分No.1	主成分No.2		主成分No.1	主成分No.2
器物類	0.8510	0.2948	1層	−0.0582	−1.3369
炻器	0.9338	0.2676	2層	−0.9061	−0.0641
土製品	0.5042	−0.8302	3層	−0.7222	−0.7886
炭化物	0.7086	0.6966	5層	−0.3814	1.2123
瓦	0.8261	−0.4025	6層	−0.7022	0.9955
礫	−0.8795	0.1782	7層	1.0954	−0.7400
固有値	3.9944	1.3969	8層	1.6768	0.7503
寄与率	66.57%	23.28%			



第3図　主成分分析の結果(破片数・個体数)

P 92

文化財科学研究史の断面

—Klaproth と Moissan をめぐって—

大沢眞澄・藤波朋子（昭和女子大学）

文化財科学の発展の流れを振り返る時、古代の貨幣（金属・合金）や古代ガラス（ケイ酸塩）など考古資料の最初の化学分析を行った、この領域の先駆者としてドイツの化学者 M.H.Klaproth が登場する。彼は本来分析地球化学者であり、分析化学の開拓者、ウランの発見者として知られている。ウランは現在、原子力の基本物質として重要であり、その元素の歴史を追究することは興味深い課題といえよう。

また最近の旧石器発掘捏造事件に関して、ピルトダウン人問題が話題にされるが、その解決はフッ素による相対年代測定であった。フッ素は反応性の特に大きい非金属元素（気体、電気陰性度最大）であるため、その単離はきわめて困難であり、それに成功したのはフランスの化学者 F.F.H.Moissan であった（1886）。

今回は Klaproth と Moissan をめぐって主として化学的な視点から考察する。

M.H.Klaproth(1743-1817)：当時の化学研究を志す道の一つであった薬局での活動を経て、1810 年ベルリン大学の創設に伴い初代の化学教授となる(67 才)。分析化学特に重量分析の湿式法の開発に貢献した。試料分解の融解法も創始し、200 種近い鉱物の定量分析を行っている。

熟達した分析化学者としてウランをはじめ多くの元素の発見に関係している（いずれも単体の金属ではない）。当時の実験室の実態として年代の近い J.Priestley(1733-1804, 写真 1：スミソニアン科学技術博物館)、J.J.Berzelius（1779-1848, 写真 2：ベルセリウス博物館、ストックホルム）の場合を示す。また天秤はエジプトの絵に見られるようにその起源は古い（写真 3：ミイラの棺、大英博物館)。

元素の歴史の一事例としてウランについてみると、現在に連なる物質の基本的な概念に関する大きな事件と係わっていることが分かる。その概要を示す。1）1789 ピッチブレンドよりウランの発見 M.H.Klaproth 2）1841 金属ウランの単離 E.M.Peligot（1876 年、フランスの 2 世紀頃のガラスの分析） 3）1869 元素の周期表 1871 表中Ⅲ族からⅥ族へ D.I.Mendeleev 4）1896 ウラン放射能の発見 A.H.Becquerel 5）1938 ウラン核分裂の発見 O.Hahn、F.Strassmann（写真 4：中性子発生装置、ドイツ博物館） 6）1942 ウラン-黒鉛型原子炉(CP-1)の完成 E.Fermi（写真 5：H.ムーアによる記念碑、シカゴ大学） 7)1944 アクチノイドの概念、周期表上Ⅵ族からⅢ族へ G.T.Seaborg。

なお、Klaproth はフッ素を含む氷晶石も発見、隕鉄のニッケル含有も認めている。

F.F.H.Moissan(1852-1917)：正規の教育を受けていないが、薬局奉公ののちパリ博物館、薬学専門学校からパリ大学教授となる。フッ素についてみると、1771 年 C.W.Scheele(1742-1786)は蛍石(CaF_2)に硫酸を作用させ、ガラスを腐食する酸を見出した。その成分を求めて H.Davy、J.L.Gay-Lussac、A.M.Ampère など多くの科学者が研究したが成功には至らなかった。

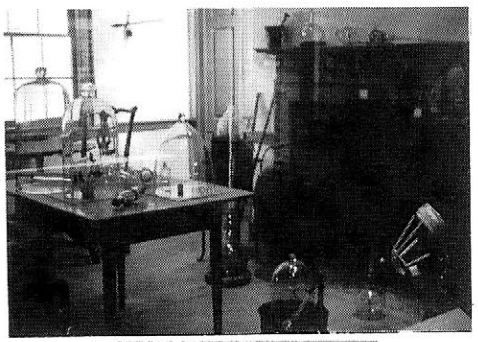
1886 年 Moissan は無水フッ化水素酸(HF)にフッ化カリウム(KF)を溶解、白金製 U 字管中にて電気分解を行い、陽極からフッ素ガスの単離に成功した（写真 6：科学博物館、ロンドン)。この実験は公開で行われ、調査委員会のメンバーは P.E.M.Berthelot（文化財科学の発展に寄与大）らであった。フッ素の単離は“現代化学の最も困難な問題の一つ”であったのである（H.E.Roscoe、明治初期わが国化学教育への影響大)。

ピルトダウン人の化石骨（1912, 写真 7：自然史博物館、ロンドン）関連資料のフッ素存在

量の研究は K.P.Oakley らにより行われ、その真贋が判明したのは周知の事実である（下顎骨＜0.03 %, 頭蓋骨 0.1 %, 1953)。下顎骨はオランウータンのものであった。わが国においては浜口博・立本光信による「人骨の弗素含量」(1950)の研究が最初であろう。のち浜口は放射化分析の領域において、立本（在米）は鉛同位体の地球化学でそれぞれ第一人者であった。

Moissan はまた電気炉（電気アーク炎、写真 8）による高温化学反応を研究し、ウランなど多くの金属をつくり出した。その金属ウランは放射能研究の初期の時代に測定の標準として用いられた。電気炉によるダイヤモンドの合成は、隕鉄中のダイヤモンドの存在に関連するが、悲劇的な結末を迎えることとなった。Moissan は 1906 年ノーベル化学賞を受賞した。

写真 1



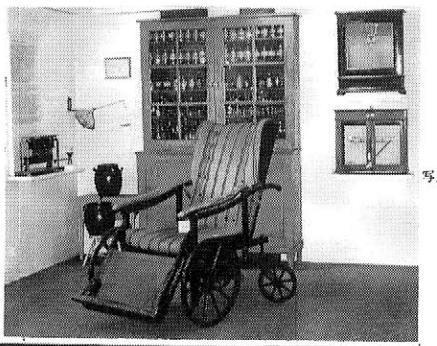
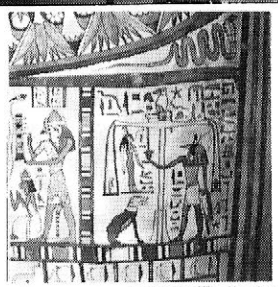


写真 2

写真 3



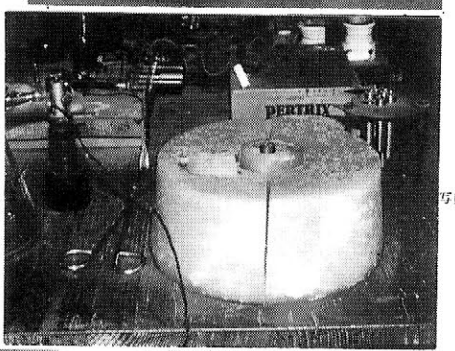
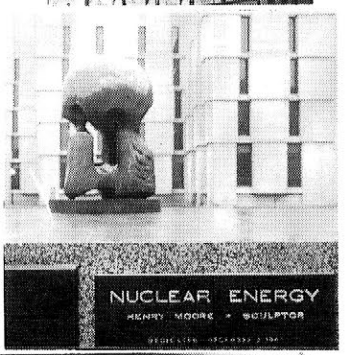


写真 4

写真 5



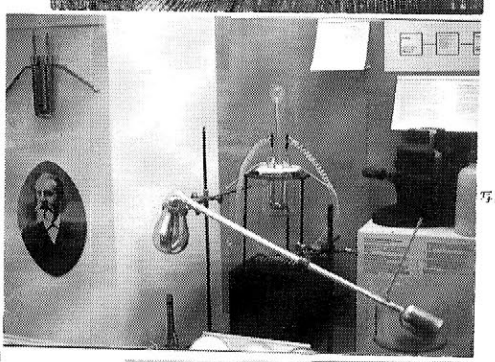


写真 6

写真 7

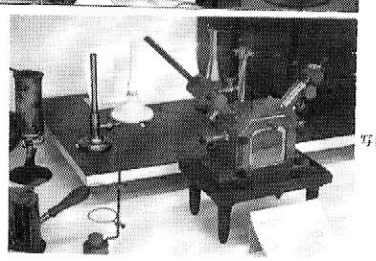
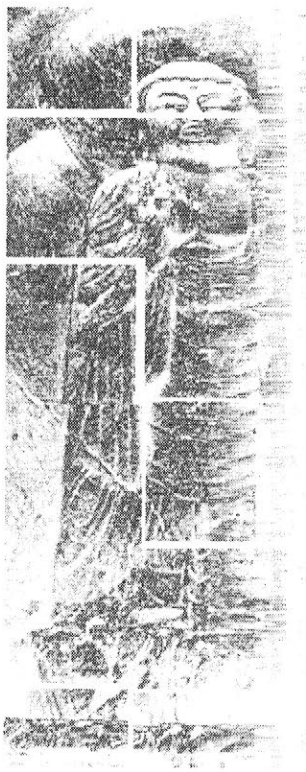


写真 8

広告

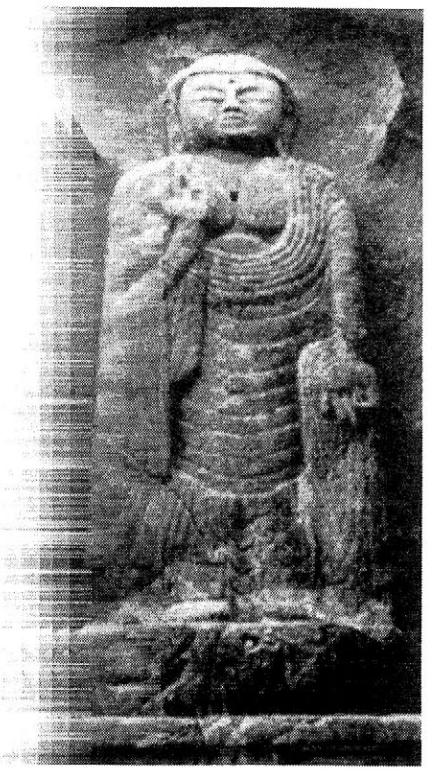


STOP the 風化

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**

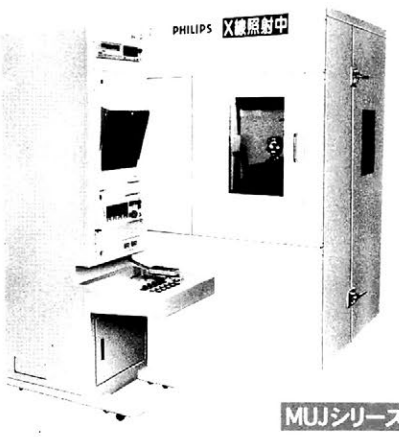
本　　店
〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1
ＴＥＬ・ＦＡＸ (0595)63―8261

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

エクスロンなら、
あらゆる製品のX線検査が、
簡単にできます。

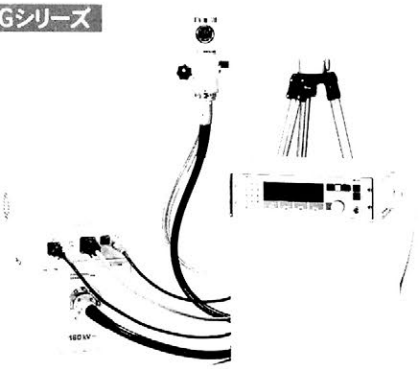
YXLON International

Successor to Andrex and Philips Industrial X-Ray



MUJシリーズ

MG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。

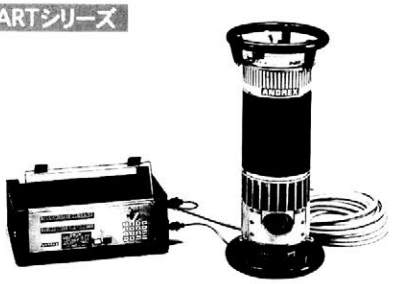
MGシリーズ

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。

SMARTシリーズ



エクスロンは、フィリップスの工業X線部門が独立、さらにアンドレックス、ルミネックスを併せて1つになった新会社です。このシナジー効果を活かし、ワールドワイドな工業X線機器専門メーカーとして、飛躍をし続けます。

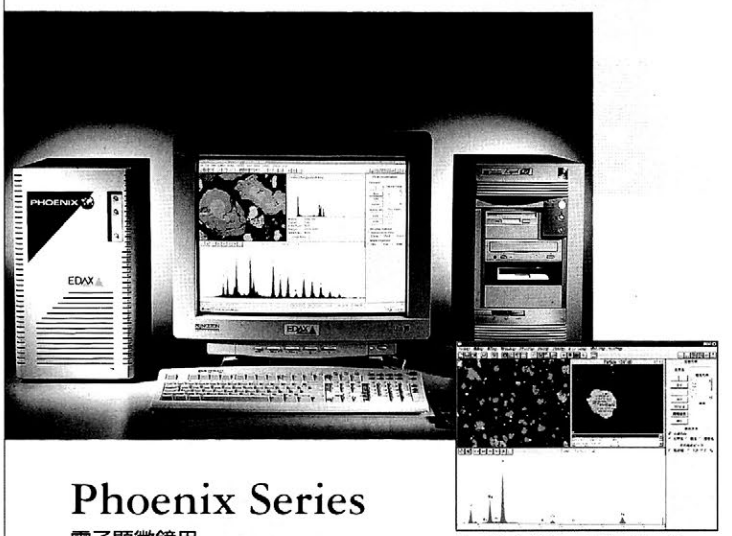
＊100kV、120kV、160kV、225kV、320kV、450kVの各種システムを用意しています。

エクスロン・インターナショナル株式会社

本　　社　〒108-8507 東京都港区港南2-13-37(フィリップスビル) TEL03-3740-5175(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) TEL06-6350-3816(直通)

EDAX®

分析時間を大幅に削減したい……



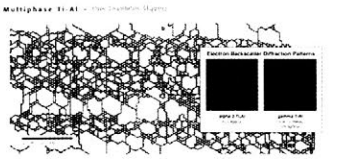
Phoenix Series

電子顕微鏡用
エネルギー分散型X線分析装置

Particle/Phase Analysis
粒子自動分析ソフトウェア

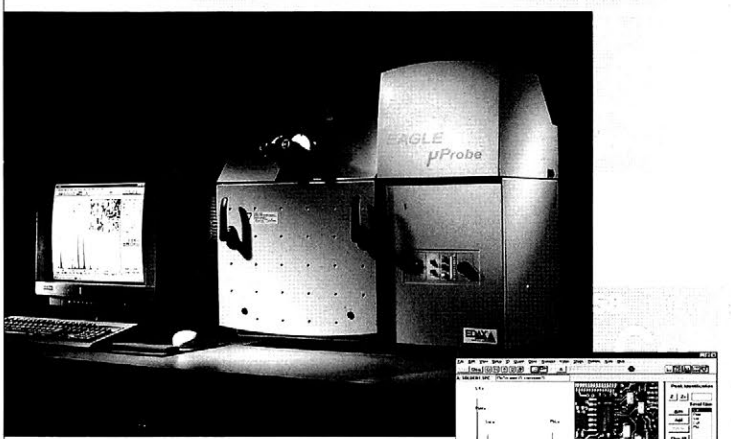
分析時間を削減するために、
***EDAX**は考えました。*

- X線シグナルプロセッサにDSPを採用。デジタル方式なのでX線のスループットが大幅に改善され、世界最速のマッピングを実現。
- PCワークステーションとEDAMⅢをPCIバスでつなぐ、新開発PCI Bridgeアーキテクチャーを採用。
- 新開発アルゴリズムの採用により、完全スタンダードレス定量を実現。
- 新開発Sapphire検出器の採用で、高いP/B比、高分解能を実現。



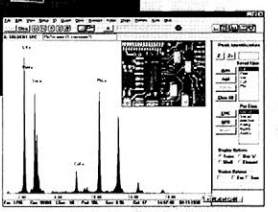
OIM/EDAXオプション
相/方位マップ 赤:Ti3Al 黄:TiAl/Boundary levels:5°

簡単に、しかも微小部分析がしたい…



EAGLE Ⅱ XPL

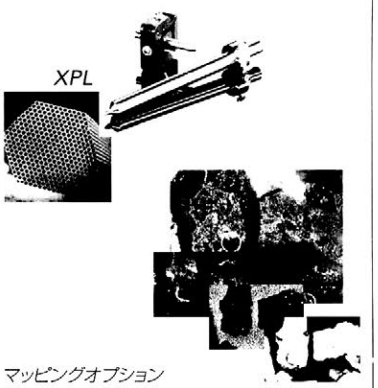
エネルギー分散型
微小部蛍光X線分析装置



EAGLE-Vision ソフトウェア

***EAGLE**で、*
簡単、高精度分析を実現します。

- 新開発・X線ポリキャピラリーレンズ（XPL）の採用により、40μmの微小部を高感度に蛍光X線分析。
- 最大試料サイズ250×200×90mm、WD 10mmで、どんな試料もそのまま装填。
- CCD像で試料観察、オートフォーカスで位置あわせも簡単。
- オートステージでマルチポイント分析。最大1,000点まで自動取り込み。
- 膜厚測定、X線マッピングなど、多彩なアプリケーション。



マッピングオプション

エダックス・ジャパン株式会社

本　　社 〒108-8507 東京都港区港南2-13-37　　TEL(03)3740-5172(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)6350-3815(直通)

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。

史跡の保存・公開を目指して
計画設計

遺跡情報の一元化と活用に
遺跡GIS

遺構の非破壊調査
遺跡探査

遺物の科学的な情報を得る
科学分析

応用地質株式会社

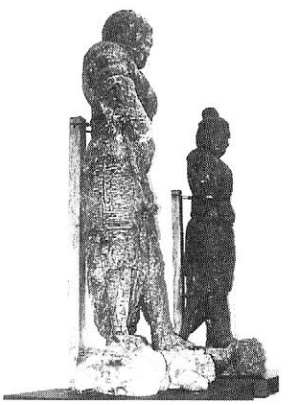
〒102-0073　東京都千代田区九段北4-2-6
TEL (03) 3234-0811　FAX (03) 3263-6854
ホームページ　：http://www.oyo.co.jp/
電子メール　：prosight@oyonet.oyo.co.jp

■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	関西支社	06-6885-6357
東京支社	03-3946-3111	中国支社	082-921-1161
関東支社	048-882-6851	四国支社	089-925-9516
北信越支社	025-274-5656	九州支社	092-591-1840

■技術についてのお問い合せは
技術本部技術センター
歴史環境グループ　048-667-9100（直通）

教王護国寺
持国天・増長天像　樹脂強化
※作業中の写真は持国天像



文化財の複製・復元・修復

株式会社 京都科学

本　　社　〒612 京都市伏見区下鳥羽渡瀬町35－1　TEL (075) 605－2530 FAX (075) 605－2559
東京支店　〒112 東京都文京区小石川5丁目20－4　TEL (03) 3817－8072 FAX (03) 3817－8075

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

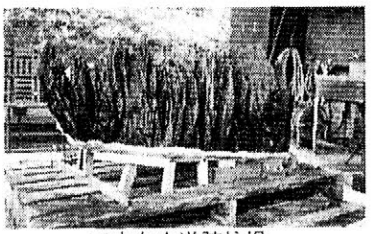
如何なる大きさ、形状の遺物でも出土状態のままで取り上げ、保存・展示のための処理、整形加工

○遺構断面等土層の転写・加工

土層断面を薄く、しかも正確に剥ぎ取り転写する

写真や実測などに代わる遺構の実物保存

三内丸山遺跡柱根取り上げ



三内丸山道跡柱根

建設業許可番号
奈良県知事許可(般-3)第6575号

株式会社近畿ウレタン工事

代表取締役 林　政行

〒630 奈良県奈良市北永井町6-1 TEL 0742(62)4841

時間旅行への招待状

◆遺跡の立地と年代を調べる

地形・地質調査，現地試料採取，テフラ(火山灰)分析
放射性炭素年代測定，熱・光ルミネッセンス年代測定
土壌理化学分析

◆古環境を復原する

植物珪酸体(プラント・オパール)分析，花粉分析
種実同定，樹種同定，植物遺体ＤＮＡ分析
寄生虫卵分析，その他各種分析

◆その他

蛍光Ｘ線分析，リン・カルシウム分析
木製品の糖アルコール含浸保存処理

Paleoenvironment Research Co., Ltd.

株式会社 古環境研究所

http://www5a.biglobe.ne.jp/~kokankyo/

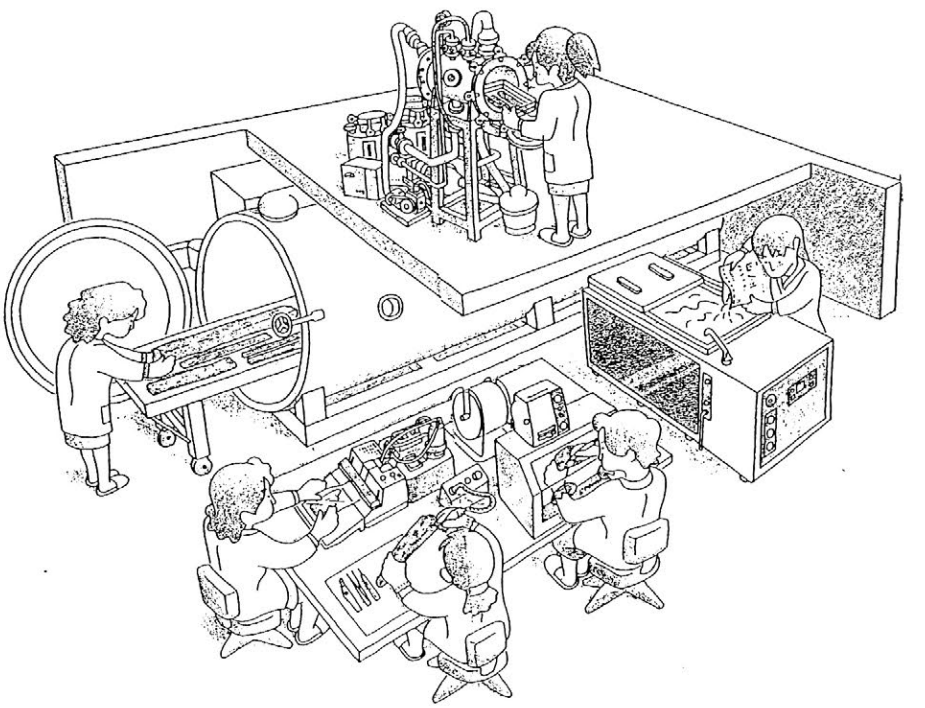
本社：さいたま市土屋1795-24，048-622-0389
前橋研究所・奈良研究所・宮崎研究所

考古遺物・遺跡の保存

を

お手伝いします

☆木製遺物用保存処理装置（PEG 処理．真空凍結処理．その他）
☆金属製遺物用保存処理装置・金属用補修装置・脱塩装置
☆上記装置に付帯する薬品類一式・RP システム
☆遺構、石器、土器、瓦保存用薬品・地層保存システム
☆各種分析・計測装置（蛍光Ｘ線、軟Ｘ線、赤外線、三次元測定、他）



三 恒 商 事 株 式 会 社

〒550-0013　大阪市西区新町１丁目１０番２号
電話：06-6538-0571　FAX：06-6535-1292
E-mail：sanko@sanko-syoji.co.jp

メモライズ磁器板

生の松原元寇防塁跡（福岡市教育委員会）

歴史に培われた有田焼の伝統技術と最新のデジタル技術の融合

『メモライズ』は、訪れる人々の感動を記憶に深く残す高級サイン磁器板。
その上質感は、ひとつひとつ焼き上げた有田焼ならではのもので、抜群の耐久性を有しています。
またデジタル技術で細かな図形・写真の再現のみならず画像処理を施すことで自然や史跡の情報を正確に美しく伝えます。
有田焼の歴史と伝統に育まれた技術と最新のデジタル写真製版技術で、郷土の自然・文化・歴史のドラマを鮮やかに演出します。
『メモライズ』は、自然や史跡のメッセージを時間を越え未来の人々にやさしく伝えます。

試験品名	最大寸法	給水率試験	耐磨耗試験	曲げ強度試験	耐酸試験
有田焼磁器板	600×800×10~15	0.05%	0.06g	601N／cm	3%HCl水溶液に8時間浸漬に対して異常なし
ニューセラミック板	598×798×5~7	0.07%	0.06g	99N／cm	

試験方法：JIS　A　5209

試験機関／佐賀県窯業技術センター

1. 細粒な鉱石が原料であり、高温焼成（1350℃）によりガラス質に近く給水率も限りなく0%に近い。（温暖による自然破損が無い。）
2. 塩害による錆及び変色が無い。
3. 油性塗料による汚れ、酸性雨他の汚れはシンナー等の溶剤にて簡単に洗浄でき、キズ・色落ちの心配が無い。
4. 写真・イラスト文字などデジタル処理で自由なデザインが可能。
5. 変形、変色、退色がなく半永久的に鮮やかさが持続する。

株式会社
ステップス
TEL 092-562-5855　FAX 092-562-5850
メールアドレス steps@lime.ocn.ne.jp
〒815-0031 福岡県福岡市南区清水3丁目21-3

亀塚古墳公園（大分市教育委員会）

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。

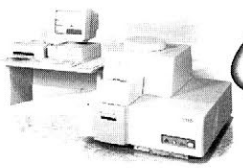
CCDカメラ内蔵によりイージーオペレーションを実現

- 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

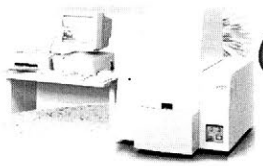
- 考古学・文化財資料の分析
- 大型試料の分析
- 建造物・固定物などの分析
- 警察・消防鑑識
- 産業廃棄物の分析
- 金属リサイクル品等の分析
- 地質・土壌の分析
- 製品等のオンライン分析　など

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)6871-8453　●名古屋☎(052)935-8595　●仙台☎(022)296-3631
●筑波☎(0298)24-2271　●横　浜☎(045)316-1716　●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

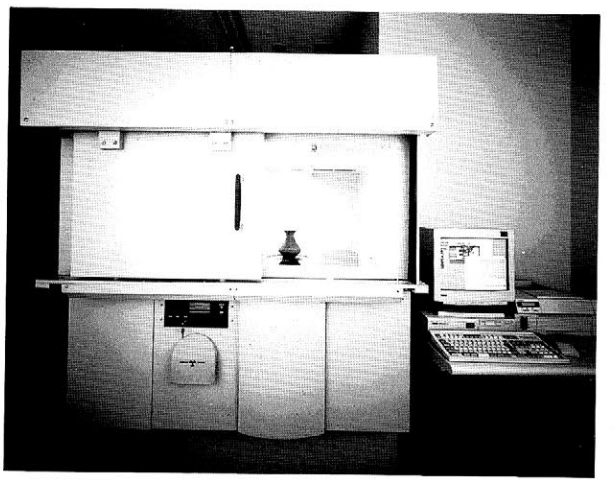
URL: http://www.sii.co.jp/kgk/

MagiX SL

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

MagiX SL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

サンプルをファイバースコープで直接観察しながら、簡単にセッティング、測定が可能

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

*希望により、試料室サイズは変更可能です。

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($Na_{(11)}$~$U_{(92)}$)

ISO 9002 SGS

日本フィリップス株式会社分析機器事業部は、東京本社の販売、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 分析機器事業部

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)282-8101(直通)
アプリケーションラボラトリー　〒228-8505　相模原市相模大野7-35-1(日本マランツ内)　TEL(042)749-2511(直通)

http://www.philips.co.jp/analytical/

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

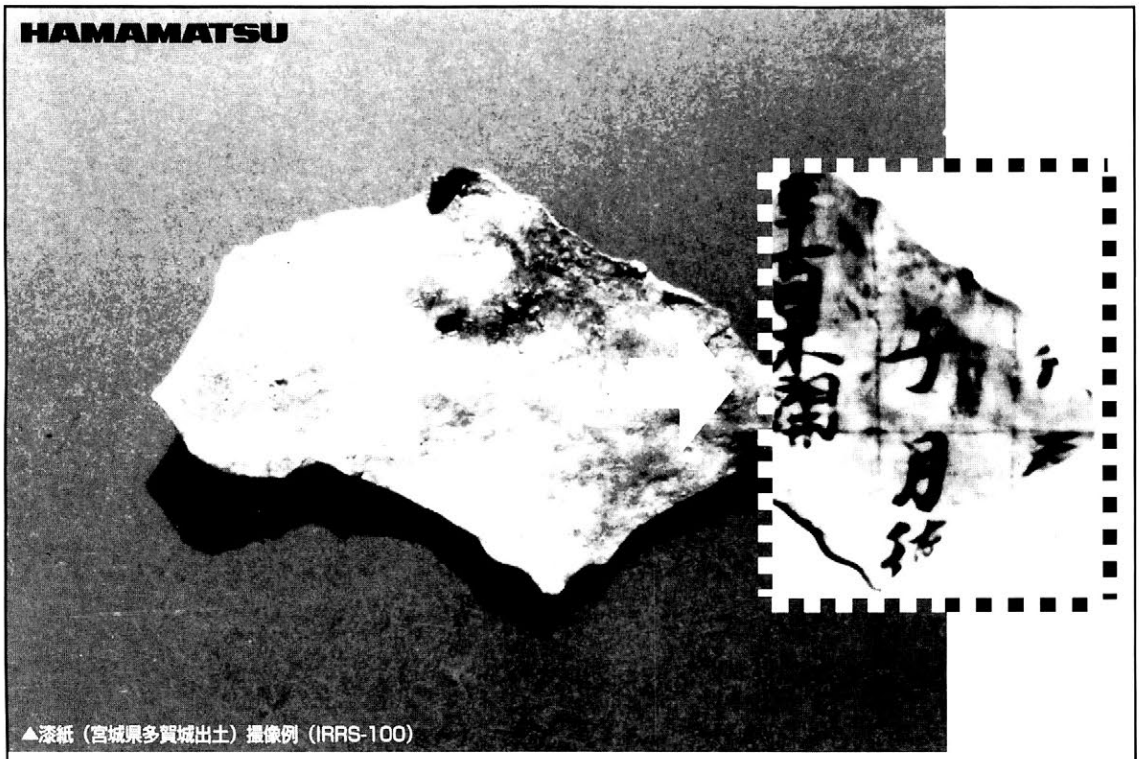
ISO 14001 KEMA CERT. NR. 75160
DUTCH COUNCIL FOR ACCREDITATION

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

HAMAMATSU



▲漆紙（宮城県多賀城出土）撮像例（IRRS-100）

赤外線／紫外線／X線を用い文化財の不可視情報を観察。

IRRS-100、200

赤外線照明を用いて、肉眼では見えないホコリやススなどに覆われた下描き等を観察します。赤外線フィルムに対し、IRRS-100は、長い波長域まで感度がありますので、表面の汚れや絵具に対する透過力が大きく、フィルムでは確認できなかった対象まで鮮明に映しだします。

●絵画の下描きの観察
●木簡、古文書の解読

UVRS-100

紫外線照明を用いて、肉眼では確認しにくい絵画表面の細かな亀裂や絵具の厚みの差、補彩状態などを観察します。
紫外線照射による蛍光の有無や蛍光の色／強度が物質により異なることを利用し、絵画の表面保護のために塗布されたニスや顔料の亀裂や補彩の状態などを調べます。

●絵画鑑定、絵画のキズ検査
●絵画の修復処置方法の検討

SERS-100

画像強調機能により、肉眼では確認しにくいキズやシミ、模様などの表面情報を観察します。また、X線フィルムによる構造観察で必要とされる明／暗部に埋もれているわずかなコントラスト差を強調し、内部構造や技法などの隠された情報を容易に引きだすこともできます。

●絵画表面のキズ検査
●縄文土器や埴輪などの調査
●X線写真フィルムの解析

文化財／美術品観察用カメラシステム

浜松ホトニクス株式会社

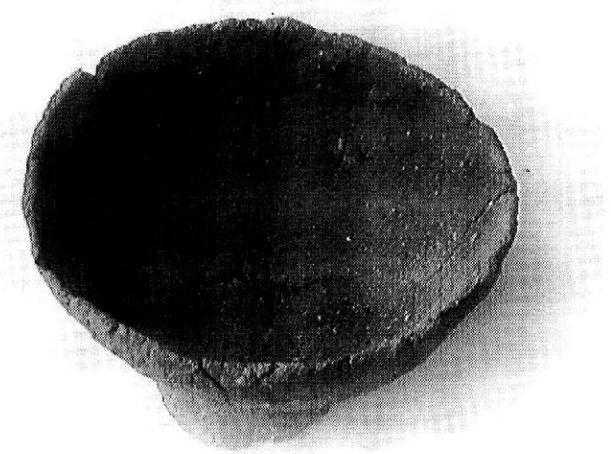
システム第二営業部　〒431-3196　浜松市常光町812　TEL（053）431-0123
E-Mail：sales2@sys.hpk.co.jp　　HomePage：http://www.hamamatsu.com
東京支店（03）3436-0491　　大阪営業所（06）6271-0441　　仙台営業所（022）267-0121

製品Webサイト

http://www.hpk.co.jp/Jpn/products/SYS/BunnkazJ.htm

株式会社パレオ・ラボ

遺跡調査に係わる年代測定・微化石分析の他
自然科学分析はお問い合わせ下さい。



－　断層ガウジ（粘土）を使って焼いた椀型焼物　－

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

URL　http://www.usiwakamaru.or.jp/~pal/index.htm

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-242□-K

販売元 三ツワ理化学工業株式会社

本社第二営業部 TEL 06(6351)9683
本社第一営業部 TEL 06(6351)9677
東京支店 TEL 03(5823)0351
宇部支店 TEL 0836(21)4146

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(中太江ビル101号)
TEL. 06-910-5842(代) FAX. 06-910-5844

日本文化財科学会刊行図書案内

日本文化財科学会研究発表要旨集

『日本文化財科学会第１７回大会研究発表要旨集』
２０００年７月に佐倉市市民音楽ホールで開催した大会の研究発表要旨集口頭発表27件・ポスターセッション87件・特別セッション「考古学と年代測定 ― 測定値の意味するところ」を収録、Ｂ５判、２４１ページ、頒価２０００円

記念シンポジウム・記念講演会の資料集

『それは何年前のこと？　遺跡・遺物の年代決定に挑む』
１９９９年に日本文化財科学会設立１５周年を記念して名古屋と福岡で行った公開講座の資料集、Ｂ５判、５９ページ、付図５枚、頒価７００円

文化財科学文献目録・データベース

『文化財科学文献目録（前・後編）』
１９１７年より１９９０年までに発表された論文１１，０００件を網羅しています、Ｂ５判、８０３ページ、・箱入・頒価５２００円、１９９３・９４年刊行

『文化財科学文献目録（補遺１）』
１９９１年より１９９９年までに発表された論文約９０００件を網羅しています、『文化財科学文献目録（前・後編）』の続編、Ｂ５判、５４８ページ、頒価３０００円、２０００年刊

『文化財科学文献目録データベース』
１９１７年より１９９９年までに発表された論文約２０，０００件を網羅しています、3．5インチフロッピーディスク（ＣＤ－Ｒ）に収録、頒価４０００円

日本文化財科学会会誌『考古学と自然科学』

『考古学と自然科学』　１号～４０・４１合併号

日本文化財科学会の刊行物の申し込み・お問い合わせは下記の事務局まで、Ｆａｘまたは郵便でお申し込み下さい
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：０７４２－４１－９５４８）

日本文化財科学会第 18 回大会研究発表要旨集

発　行　2001年6月23日
編　集　日本文化財科学会第18回大会実行委員会
事務局　奈良大学文学部文化財学科内
〒631-8502 奈良市山陵町1500
Tel & Fax: 0742-41-9548

日本文化財科学会第18回大会実行委員会
委員長　水野正好
委　員　今津節生　植田直見　植野浩三　置田雅昭
金原正明　木立雅朗　栗田美由紀　高妻洋成
酒井龍一　清水芳裕　長友恒人　成瀬正和
西山要一　光谷拓実　藁科哲夫