ポスターセッション

P1

原産地不明石器・玉類の組成分析による使用圏（３）

○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

はじめに

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。

産地不明石器原材の遺物群と使用圏

黒曜石原石群は 152 群で、原石産地不明の黒曜石製遺物群は 53 個の合計 205 個である。また、サヌカイト、ガラス質安山岩など安山岩原石群は 64 個で、安山岩製遺物群は 44 個で、合計 108 個になる。産地分析の結果は遺物１個に対して、黒曜石製は 205 個の、安山岩製では 108 個の各帰属確率が得られ、同定は帰属確率が 0.1%以上を示す原石・遺物群であると判定する。黒曜石のみであるが遺物群の中で、複数の遺跡で使用が確認された遺物群の例を表１に示す。また、安山岩では、二上山サヌカイト遺物と伴出する確率の高い、向出遺物群は広い使用圏を示している。また、松ノ木遺物群も高知、島根県と離れた地域で使用され、下山、平田遺物群は島根県木次町で多用されていることから、この遺物群の原石産地は木次町の近隣地域と推測している。

玉類原材の遺物群

縄文時代後期～晩期に特徴的に見られる玉材で、考古学者の間でヒスイと同定されるときもある、九州南部で使用されている産地不明の結晶片岩様緑色岩（かさ比重 2.7 ～ 3.0）は上加世田遺物群として確立されているが、この玉の分析例が西日本で増加するに従って、上加世田遺物群から外れる結晶片岩様碧玉製玉類がみられ、新たに遺物群を作る必要がある。弥生時代～古墳時代の玉材の碧玉・緑色凝灰岩製についても産地不明の玉材が使用されている。弥生時代の代表的な女代南（Ｂ）群は九州から北海道の日本全土で使用されていてる。また、未定Ｃ群は西北九州から瀬戸内海を中心に分布する管玉で広い使用圏を持っている。現在、碧玉・緑色凝灰岩製玉材の原石群は１３個で、遺物群は２０個作っている（表２）。碧玉は石質が緻密で比重が 2.4 ～ 2.6 を目安にし、緑色凝灰岩は表面が粗であるが、比較的硬く、比重が 2.1 ～ 2.4 を基準にしている。緑色凝灰岩製管玉の中で、牟田辺遺物群は、西北九州、四国で使用され比較的広い使用圏を持っている。

表１　　黒曜石製遺物群と使用遺跡名

原石産地不明遺物群名		原石産地不明遺物群使用遺跡名（使用個数）
北海道	ＨＳ１遺物群	北進遺跡(7)、キウス４遺跡Ｒ地区(1)
	ＨＳ２遺物群	三内丸山遺跡(1)，北進遺跡(3)，キウス４遺跡Ｂ地区(1)，白滝遺跡(1)
	ＦＲ２遺物群	東麓郷遺跡，東９線８遺跡(2)，白滝遺跡(1)
	ＦＲ４遺物群	東麓郷遺跡，東９線８遺跡(1)
	ＦＨ１遺物群	東９線８遺跡(4)，頭無川遺跡(1)
	ＫＳ１遺物群	キウス４遺跡Ａ地区(1)，白滝遺跡(1)
	ＫＳ２遺物群	キウス４遺跡Ａ地区(2)，頭無川遺跡(1)
	Ｋ１９遺物群	Ｋ３９遺跡１９次(1)，米原4遺跡(1)
秋田県	ＴＢ遺物群	戸平川遺跡(9)，松木台Ⅲ遺跡(8)
岩手県	ＡＩ１遺物群	相ノ沢遺跡(1)
	ＡＩ５遺物群	相ノ沢遺跡(2)
	ＦＳ遺物群	房ノ沢遺跡(1)
	ＳＤ遺物群	下舘銅屋遺跡(1)
長野県	ＮＫ遺物群	中ッ原遺跡
青森県	ＨＹ遺物群	三内丸山遺跡(1)，日和見山遺跡(1)，畑内遺跡(1)
	ＳＮ１遺物群	三内丸山遺跡(1)
	ＳＮ２遺物群	三内丸山遺跡(2)
鹿児島県	ＫＩ遺物群	桐木遺跡(1)
	ＵＴ遺物群	内屋敷遺跡(17)，桐木遺跡(2)，餅田･大部･年神遺跡群(8)
	ＳＧ遺物群	志風頭遺跡(1)，奥名野遺跡(1)，
北朝鮮	会寧城外遺物群	フーミ遺跡(1)，イリスタヤ１遺跡(2)，ウスチノフスカ６遺跡(6)
ロシア	ｲﾘｽﾀﾔ遺物群	ウスチノフスカ６遺跡(1)

ＨＳ２群＝置戸・置戸山群に一致、ＦＲ２群＝ケショマップ第一群に一致

表２　　各原石産地不明碧玉玉類、玉材の遺物群の元素比の平均値と標準偏差値

遺物群名	分析回数	Ｋ／Ｓｉ $X_{av}\pm\sigma$	Ｔｉ／Ｋ $X_{av}\pm\sigma$	Ｆｅ／Ｚｒ $X_{av}\pm\sigma$	Ｒｂ／Ｚｒ $X_{av}\pm\sigma$	Ｓｒ／Ｚｒ $X_{av}\pm\sigma$	比重 $X_{av}\pm\sigma$
女代南Ｂ	68	3.115±0.445	0.107±0.036	2.374±0.676	0.595±0.065	0.214±0.097	2.554±0.019
未定Ｃ	58	4.416±0.618	0.207±0.034	0.583±0.110	0.369±0.035	0.090±0.030	2.646±0.023
長塚(1)	47	3.525±0.347	0.439±0.050	2.756±0.473	0.980±0.110	0.472±0.083	2.533±0.016
長塚(2)	45	2.659±0.122	0.064±0.003	0.412±0.038	0.341±0.023	0.036±0.010	2.569±0.003
No.200-1	32	0.808±0.025	0.639±0.016	1.751±0.149	0.073±0.016	4.665±0.374	2.308
No.200-2	28	0.990±0.021	0.605±0.029	1.422±0.075	0.102±0.015	6.680±0.322	2.277
No.200-3	28	0.926±0.020	1.085±0.059	1.668±0.093	0.088±0.015	4.455±0.197	2.270
No.200-4	32	0.855±0.025	1.228±0.035	1.110±0.129	0.130±0.030	9.626±1.090	2.256
No.200-6	32	4.185±0.162	0.103±0.003	0.646±0.037	0.447±0.025	0.207±0.020	2.542
梅田１	40	1.204±0.094	0.143±0.008	12.333±0.882	2.710±0.421	0.273±0.374	2.579±0.013
梅田２	44	2.539±0.246	0.522±0.050	3.517±0.603	2.024±0.053	0.316±0.048	2.531±0.007
梅田３	40	1.911±0.062	0.518±0.010	3.262±0.209	1.401±0.057	0.338±0.028	2.511
梅田４	38	7.149±0.288	0.082±0.002	1.003±0.046	0.473±0.018	0.222±0.032	2.446
上ノ段１	42	0.413±0.046	0.395±0.040	3.772±0.448	0.833±0.068	0.077±0.037	2.636±0.001
梅田東１	51	1.974±0.317	0.529±0.061	2.366±0.474	0.512±0.069	0.072±0.024	2.541±0.016
新方１	67	1.868±0.115	0.733±0.069	1.610±0.264	0.175±0.018	8.298±0.619	2.290±0.018
新方２	30	4.152±0.162	0.313±0.010	3.847±0.314	1.137±0.057	0.649±0.095	2.546±0.011
新方３	39	0.912±0.178	0.786±0.267	1.685±0.413	0.144±0.050	7.449±1.605	2.257±0.024
新井１	51	3.875±0.879	0.234±0.004	1.874±0.168	0.476±0.020	1.994±0.080	2.482
亀井３	41	3.879±0.431	0.668±0.030	9.768±0.951	0.706±0.062	0.117±0.011	2.530±0.054

X_{av}：平均値、　σ：標準偏差値　　女代南Ｂ：女代南遺跡（豊岡市）、未定Ｃ：宇木汲田遺跡（唐津市）、長塚(1)、(2)：長塚古墳（可児市）、No.200-1～6：多摩ニュウタウン遺跡、（東京都）、梅田１～４：梅田古墳（兵庫県和田山町）、梅田東１：梅田東古墳（兵庫県和田山町）上ノ段１：上ノ段遺跡（兵庫県島町）、新方１～３：新方遺跡（神戸市）、新井１：新井三丁目遺跡（東京都中野区）、亀川３：亀川遺跡（阪南市自然田）で使用されている原石産地不明の玉類で作った群（遺物の分析場所を変えて複数回測定）。

P2

Jomon Craft Specialization: Evidence from the Chemical Analyses of Atamadai Pottery

Mark E. Hall (Niigata Prefectural Museum of History)

The goal of this study is to see whether or not Atamadai pottery was produced locally throughout the Kanto region, or if it was produced in a specific area and exchanged, traded, or redistributed in the Kanto region and elsewhere. The minor and trace element composition for 102 shards from eight sites in Chiba (Kusakari, Mizusuna, Shiraiomiyadai, and Shouninzuka sites) and Gunma (Amaderachukanchireki, Nanjaizokoji, Ohiradai, and Shiragawa sites) Prefectures was determined using energy dispersive x-ray fluorescence (EDXRF). Groups were then sought in the data set using model-based clustering. Given the varied geologic environment around each of the sites, if the pottery was locally produced, we should expect to find statistically significant differences in the chemical composition between shards from different sites. If there are no significant differences between sites, we can assume that that the given style of pottery was part of an exchange/trade/redistribution network.

Elemental analyses were performed on the cross-section of the sherds using a Philips PV9550 EDXRF machine equipped with a rhodium x-ray tube, a 0.1 mm silver filter and an EDAX DX-4 x-ray analyzer located at the National Museum of Japanese History. The x-ray tube was operated at 50 kV and 100 μamps and generated an incident x-ray beam approximately 1 cm in diameter. K_{α} and L_{α} x-ray intensity data was collected for 500 seconds livetime for barium (Ba), cerium (Ce), copper (Cu), gallium (Ga), iron (Fe), lead (Pb), manganese (Mn), nickel (Ni), niobium (Nb), rubidium (Rb), strontium (Sr), thorium (Th), titanium (Ti), yttrium (Y), zinc (Zn), and zirconium (Zr). The x-ray intensities were converted to concentration values using a Compton scatter matrix correction and the linear regression of a set of fifteen Geological Survey of Japan (GSJ) standards. Inter-element effects are accounted for by using a Lucas-Tooth and Price correction. To monitor the operation of the EDXRF unit, standards of known composition were run with the unknowns.

The parts per million (ppm) concentration values were log transformed. For elements below the detection limit, one half the detection limit was used in all calculations. The log transformed concentration data was then z-scaled and the principal component (PC) scores were calculated on the resulting matrix. The first five PC scores account for over 90% of the variance in the data. A plot of the first two PC scores is in Figure 1.

Outliers in the PC scores were sought using the box-plot method. A total of five outliers were found in the PC scores; these were removed from further analyses.

The MCLUST program was then used to fit multivariate normal groups to the first five PC scores. Multivariate normal models with the following conditions can be fit with MCLUST: 1) spherical distributions with equal volume and shape (EI); 2) spherical distributions with variable volume, but equal shape (VI); 3) ellipsoidal distributions with equal orientation, shape, and volume (EEE); 4) ellipsoidal distributions with variable volume, shape and orientation (VVV); 5) ellipsoidal distributions with equal shape and volume, but variable orientation (EEV); and 6) ellipsoidal distributions with variable volume and orientation, but fixed shape (VEV). The best fit model is assessed by the BIC values. The higher the BIC value, the stronger the evidence for the model. In comparing models, a difference of 2 to 6 is positive evidence, from 6 to 10 is strong evidence, and greater than 10 is considered very strong evidence (Kass and Raftery 1995).

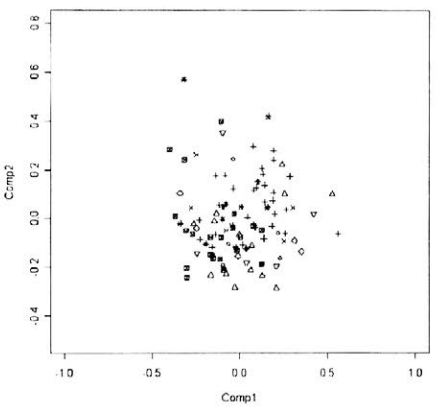
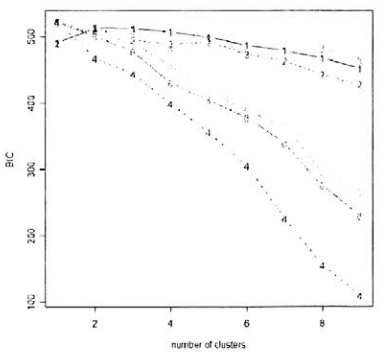


Figure 2 shows the BIC values for the various clustering models. There is very strong evidence of there being one group in the data set. The highest BIC values (522) are found for both the 1 group EEE and VVV models; the next best model (2 group EEE) has a BIC value of 509.



The statistical analyses indicate that 97 of the 102 shards belong to the same geochemical group. This implies that the 97 shards were made from clays and tempers from the same "source". Whether this source is a regional clay deposit covering several square kilometers and used by several Jomon villages, or a smaller one used by only a single village is unknown at this time. Given the dispersed location of the sites in this study, the single geochemical group can be interpreted as additional evidence for Atamadai pottery being a specialized pottery type that was produced in a limited geographic area, and then exchanged/redistributed to other sites.

P3

蛍光X線分析による九州地方の黒曜石の検討(4)

—大宰府市宝満山遺跡群第23次調査に伴い出土した黒曜石の原石産地—

○高橋　豊(沼津工業高等専門学校)、望月　明彦(同)

1 はじめに

蛍光X線スペクトル強度から計算される異なる4つの指標を用いた判別図1，2に基づく判別図法による産地同定、これに、判別分析・クラスター分析による産地同定を組み合わせて、九州地方の遺跡出土黒曜石の産地同定手法の有為性を検討したものである。太宰府市宝満山遺跡群第23次調査に伴い縄文時代の遺物包含層、特にⅡ-3区のA2・B2グリッドから縄文早期の押型文土器片とともに出土した黒曜石・サヌカイトからなる石器・石片 304 点を分析した。推定される黒曜石原石産地は腰岳に集中し，東の姫島から西に佐世保の針尾島南の上土井行までの広がりをみせた。同じ遺物包含層から出土したサヌカイトを素材とする遺物・石片の原石産地が多久、岡本、老松山に選択的に集中することが確認された。

2 分析方法

SEIKOU SEA-2001エネルギー分散蛍光X線装置: X線管ターゲット: ロジウム(Rh)、検出器: Si (Li) 半導体検出器、 測定条件: 電圧: 50kV、電流: 3μA、照射径: 10mm、測定時間: 300sec、雰囲気: 真空

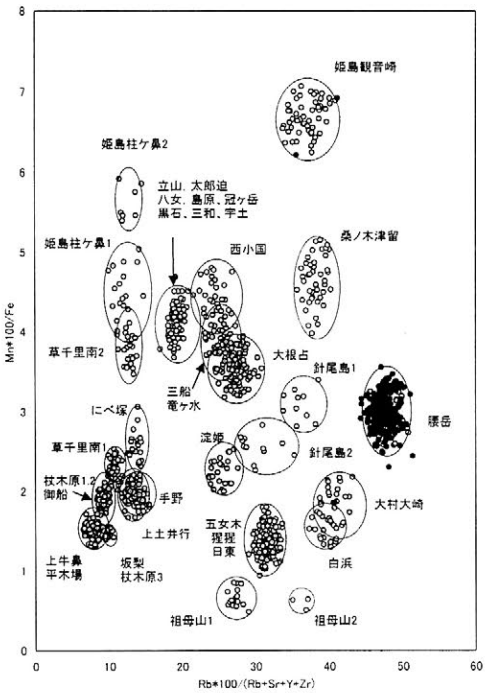
3 産地同定

黒曜石:遺跡出土黒曜石試料は 236 点である。 判別図法と判別分析による産地推定により、判別図1、判別図2の結果を得た。試料 236 点中には、姫島観音崎産の白濁した黒曜石からなる石鏃2点が特徴的に含まれる。207 点と大部分は腰岳産黒曜石であり、選択的に使われている。これには径5mm、厚さ1mm程度の極小片が64点も含まれるのが特徴的である。川棚町大崎半島産の黒曜石が1点認められた。これは黒曜石ルートが、腰岳から南に大村湾周辺に延びていた可能性を示唆する。

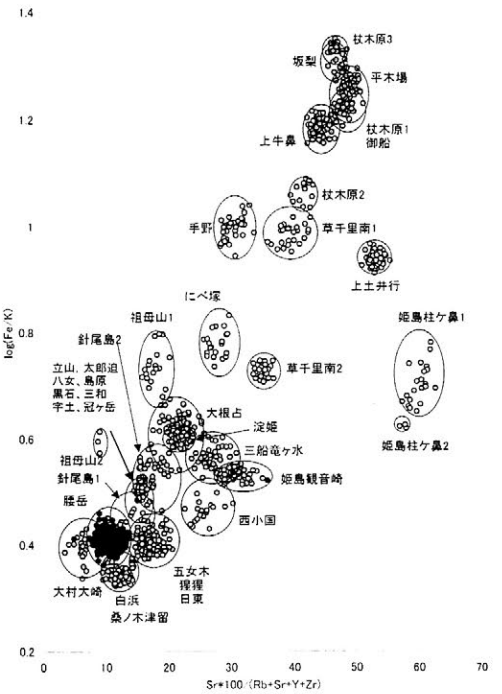
サヌカイト:遺跡出土サヌカイト遺物・石片 60 点余の試料を蛍光X線分析した。まず、九州北西部を中心としたサヌカイト・ガラス質安山岩原石について、蛍光X線分析値が基本的にどのような群を構成するかを、ユークリッド距離を用いたクラスター分析で確認し、26群から構成される分離独立した群を得た。これを用いて、遺跡出土試料がどの群に属するか確認した。原石産地では多様な群を構成する多久のサヌカイトではあるが、分析試料中には3つの群が確認された。多久1は確実に独立する群を構築するが、多久2、3はまとめて1つの群をなす可能性もある。

図3、4のサヌカイト・ガラス質安山岩の判別図は、試料表面の風化層が厚く判別ができない11点を除き、分析値が多久 1、2、3、岡本、老松山に選択的に集中する結果がみられることは、注目される。この時期、太い腰岳の黒曜石—多久地域のサヌカイトルートの存在が予想される。

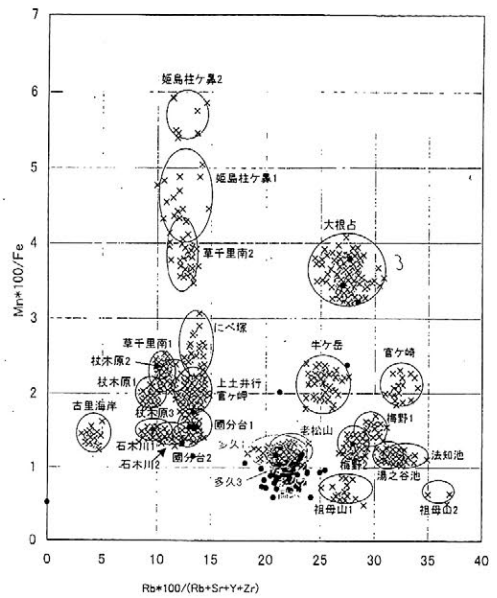
産地同定、流通ルートの推定、その時期の原石素材の使用の実態の解明には、黒曜石、サヌカイト、ガラス質安山岩等複数の素材・試料を組み合わせた検討が必要となる。



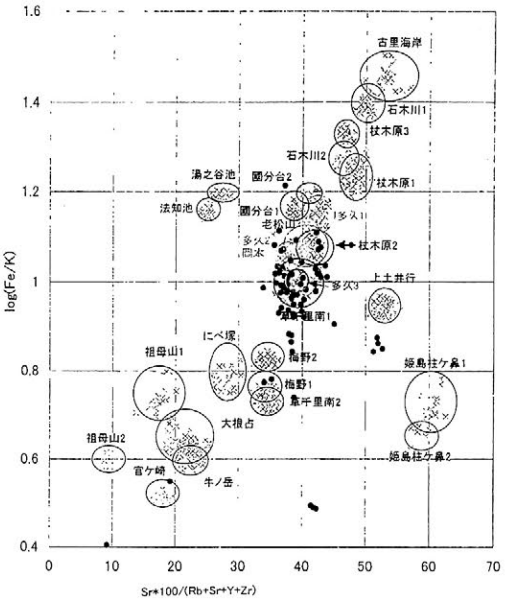
宝満山遺跡出土黒曜石の原石産地判別図1



宝満山遺跡出土黒曜石の原石産地判別図2



宝満山遺跡出土サヌカイトの原石産地判別図3



宝満山遺跡出土サヌカイトの原石産地判別図4

×：サヌカイトの原石産地試料、●：遺跡出土サヌカイト試料（共にガラス質安山岩を含む）

P4

長崎県原の辻・カラカミ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）上野　禎一（福岡教育大学）

1．はじめに

長崎県壱岐に所在する原の辻遺跡とカラカミ遺跡では，これまでの調査から中国や朝鮮半島をはじめとする各地の文物が出土し，弥生時代の活発な対外交渉を物語る多くの知見が得られている。しかしその土器生産と流通に関する問題の解明にはいまだ多くの課題が残されており，弥生土器とともに出土する朝鮮系無文土器の生産も含め，自然科学の分析手法を取り入れたより詳細な調査がなされる必要性が高まっていると考えられる。

そこで，今回壱岐における土器生産と流通のありかたと製作技術の把握，および海域を舞台とする弥生時代の交流の実態の理解を目的として，原の辻遺跡とカラカミ遺跡出土の弥生土器および朝鮮系無文土器を対象として胎土分析を行ったので，報告したい。

2．方法

弥生時代中期を中心とし，主に口縁部付近や胴部付近から試料を原の辻遺跡からは 79 点，カラカミ遺跡からは 20 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，タングステンカーバイド製乳鉢を用いて 100 メッシュ以下に粉砕し，粉末にした後に内径 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た。波長分散型蛍光 X 線分析装置を用いて，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～200 点の粒子の大きさを測定した。

3．結果と考察

蛍光 X 線分析の結果については，現在データを整理中であり，発表時に詳細を明らかにしたい。

偏光顕微鏡下では，いずれの試料も石英，長石，雲母類の粘土中に普遍的にみられる鉱物とともに，角閃石や微細な輝石粒が比較的多くみとめられる。これは，火成岩を主体とする壱岐島の地質の符合するものと想定され，多くは在地で製作されたものであることを示唆する。しかし，一部の外来系土器の試料には角閃石や輝石の量が少ないものもあり，島外からの搬入品である可能性もある。

中期後半段階の須玖式においては，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。これは，福岡市の比恵・那珂遺跡や佐賀県吉野ヶ里遺跡の分析においても共通の傾向がみられた。須玖式土

器の製作における粘土や混和材の調整過程において，大粒の砂粒が取り除かれ，また粒子の大きさをそろえるなどの作業が行われた可能性があり，原の辻遺跡においてもそうした技術が共有されていたのであろう。また丹塗りがなされた器種は，他の丹塗りがなされていない甕などの器種に比べると，粒子が細かい傾向がみられる。

一方，朝鮮系無文土器は，鉱物組成としては他の弥生土器と大きな違いはないようであるが，胎土に 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つ。粘土や混和材などの調整法が弥生土器のそれとは異なるものであったと考えられる。

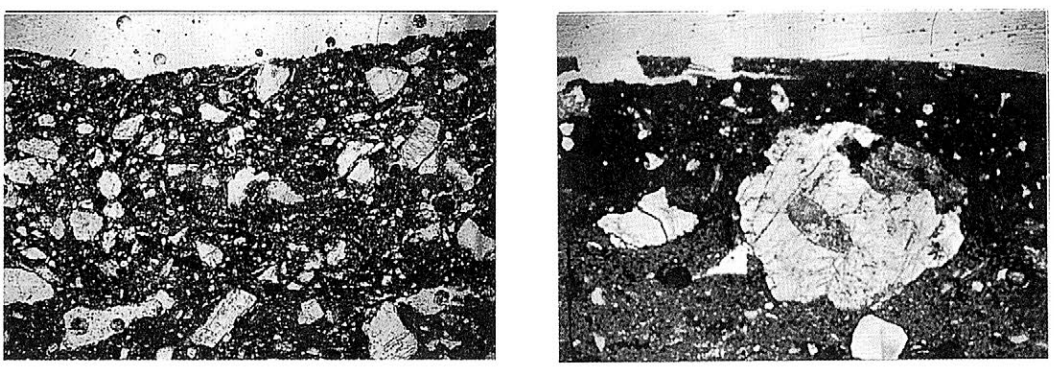
焼成温度については，およそ 800℃前後で焼成されたと考えられるが，高温のため微細な鉱物が溶けるなどガラス化したものもみられた。弥生中期土器に緻密で硬質な胎土の印象を受けるのは，粘土や混和材の調整技術とともに，高温による焼成に由来する部分が多いといえよう。ただし焼成実験等を行い比較対照する必要もあろう。

4．おわりに

原の辻遺跡およびカラカミ遺跡の今回の胎土分析では，弥生土器および朝鮮系無文土器の産地問題，および粘土や混和材の調整など技術面の把握において新たな知見が得られたと考える。今後は通時的な変化の把握とともに，周辺地域との比較により，弥生土器の製作技術の特質や技術交流，朝鮮半島を含めた各地とのネットワークの形成について具体像を明らかにしたいと考えている。

謝辞

原の辻遺跡出土土器の分析に関しては，高野晋司氏，安楽勉氏，町田利幸氏をはじめとする原の辻遺跡調査事務所の方々，および小石龍信氏，武広正純氏をはじめとする（株）埋蔵文化財サポートシステムの方々にご協力をいただいた。またカラカミ遺跡出土土器の分析には九州大学大学院人文科学研究院の西谷正先生，宮本一夫先生に分析の許可をいただいた。記して感謝いたします。



原の辻遺跡出土土器の偏光顕微鏡写真　左：中期後半　甕　右：朝鮮系無文土器
（写真長辺約 3.3m）

P5

古墳から出土した資料の鉛同位体比

○榎本淳子　早川泰弘　平尾良光（東京文化財研究所）

弥生時代青銅製品の産地推定に関してはこれまでにかなり多くの鉛同位体比分析が行なわれてきた。今回、古墳出土資料を中心に鉛同位体比を測定し、弥生時代と比較検討した。古墳時代の資料に関して測定された鉛同位体比を弥生時代資料で作成された概念図にプロットした（図１）。

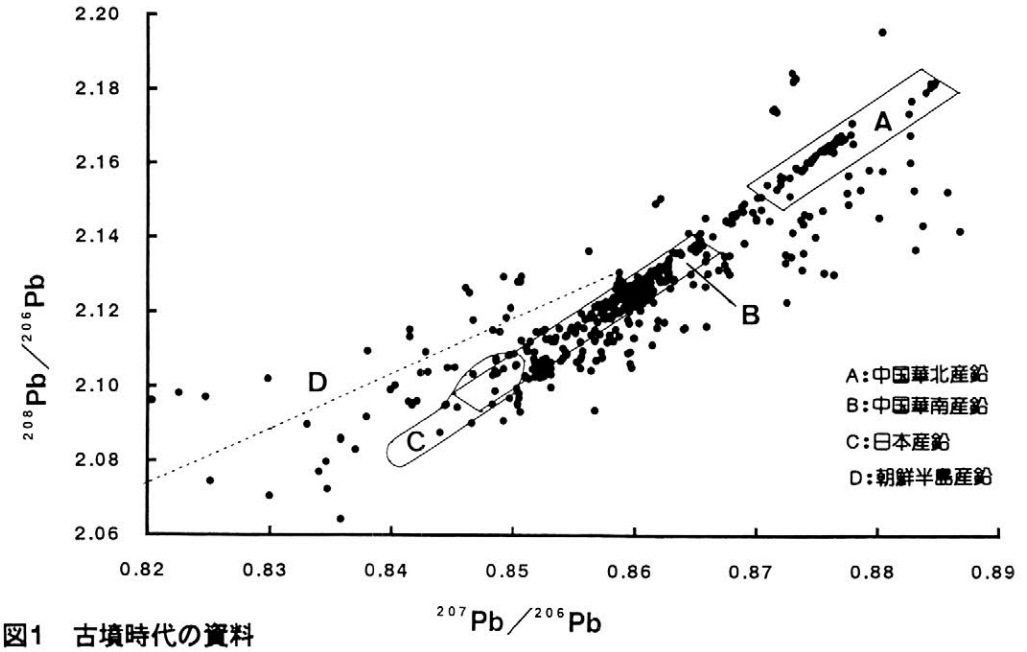


図1　古墳時代の資料

これらの結果から、古墳時代資料は弥生時代に用いられていた材料産地を含めさらに広い地域から材料がもたらされていたことが分かった。さらに製品ごとに分布の違いがみられた。

古墳出土の鏡を図２で示した。弥生時代、前漢鏡、後漢鏡および多鈕細文鏡領域とされたA,B,D 領域に分布した。すなわち鏡に関しては両時代であまり材料の差が見られない。銅鏃については（図３）、弥生時代には主としてA 領域に分布したのに対し、古墳資料ではB 領域に分布した。また馬具に関しては（図４）A,B 領域より下にやや広がりのある分布が見られた。これは日本に馬が入ったと同時に材料もこれまでと異なった地域からもたらされた可能性が高い。

図２　古墳時代の鏡

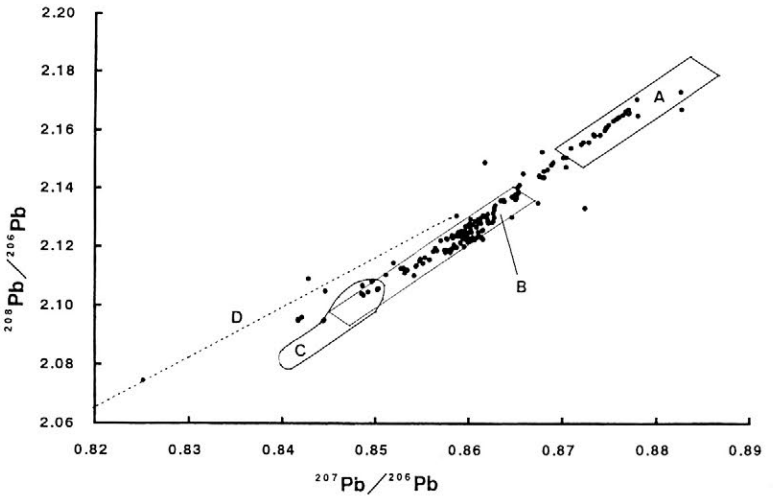


図３　古墳時代の銅鏃

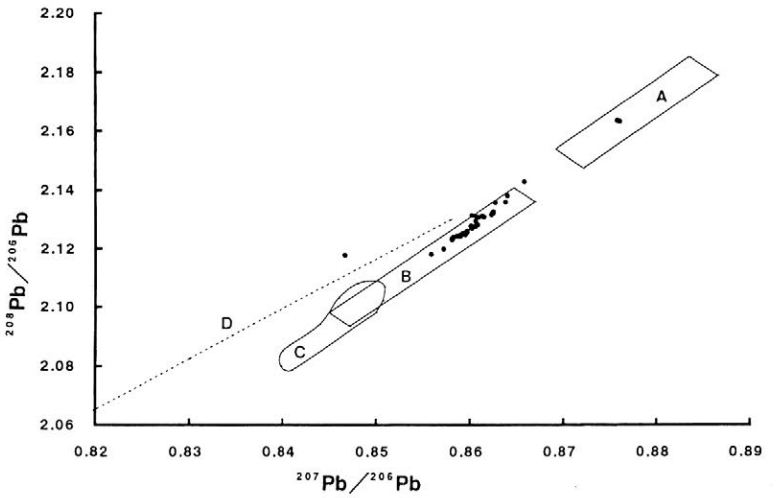
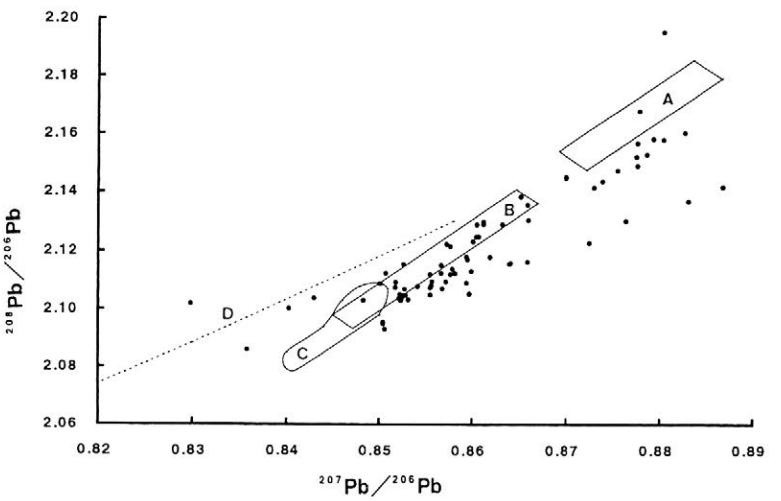


図４　古墳時代の馬具



P6

微量元素組成による石棺石材の産地推定

○ 中井弥生(立正大学地球環境科学部)　福岡孝昭(同)
高木恭二(宇土市教育委員会)

1. はじめに

石棺石材の産地推定は、当初目視観察を中心に推定された。その後、全岩試料に対してX線回折法がもちいられ、最近は顕微鏡観察等による岩石学的な検討がおこなわれている。化学組成による石材の産地推定はこれまでほとんどおこなわれていない。

岩石学的観察により石棺石材の多くが火山から噴出した熔結凝灰岩であることがわかっている。したがって、石材の産地推定に黒耀石にもちいられている化学組成（微量元素組成）の対比法が適用可能である。

本研究では、近畿地方から九州北部に分布する古墳の石棺石材の産地推定を、石材中の火山ガラスの微量元素組成を原石候補試料のものと比較しておこなった。微量元素の分析には数mgの試料でも分析可能な機器中性子放射化分析法（INAA）をもちいた。

2. 試料と分析方法

分析した石棺石材14試料、原石候補8試料の試料名と古墳所在地および原石候補試料採取地を表1に示した。

試料を粉砕し、粒径を86～214μmに揃え、水洗・乾燥後に電磁分離器により火山ガラスを95%以上に純化した。純化した試料を粉末化し、3～200 mgを高純度石英管あるいはポリエチレン容器に封入した。日本原子力研究所東海研究所のJRR-4炉で中性子照射後、青山学院大学理工学部で3回くりかえしてγ線を測定し、主成分元素から微量元素まで合計25元素を分析した。

3. 結果と考察

主成分化学組成（FeO、Na_2O、K_2O）の分析結果を表1に示した。また、微量元素組成の分析結果をC1コンドライト隕石の値で規格化し、原石候補試料について図1に、石棺試料について図2に示した。

原石候補である阿蘇-4の4試料の分析結果はきわめて類似しており（表1、図1)、阿蘇-4以外の原石候補試料の分析結果は、湖東流紋岩Aと安山岩（田尻峠）をのぞき明らかに異なっている（表1、図1)。湖東流紋岩Aと安山岩（田尻峠）の希土類元素（La～Lu）パターンは阿蘇-4と類似しているが、湖東流紋岩Aについては主成分化学組成（表1）とCs・Eu・Scの値（図1）が、安山岩（田尻峠）については主成分化学組成（表1）とRb、Cs、Zr、Hf、Th、U、Taの値（図1）が異なっている。したがって、原石候補試料は化学組成により識別可能である。

石棺14試料の分析結果は全元素についてきわめて類似しており（表1、図2)、識別することは不可能である。これらの値は原石候補試料の阿蘇-4の分析結果とよく一致する（図1、2)。当然、他の原石候補試料の分析結果とは異なる（図1、2)。これら化学組成の対比から、今回分析した石棺石材の原石は全て阿蘇-4熔結凝灰岩であると結論できる。

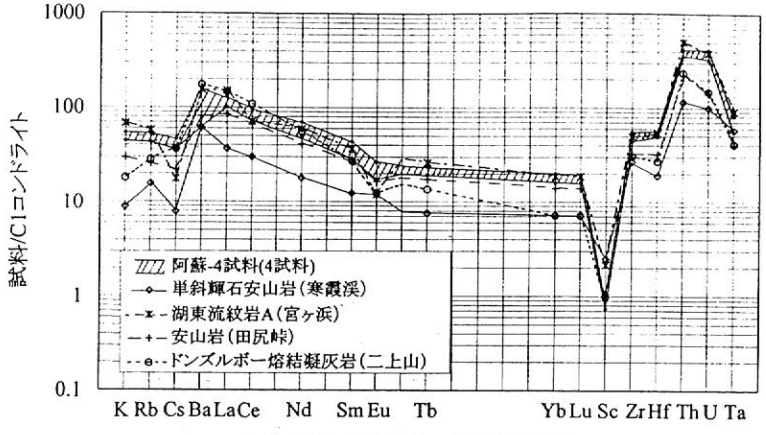


図 1 原石候補試料の微量元素パターン

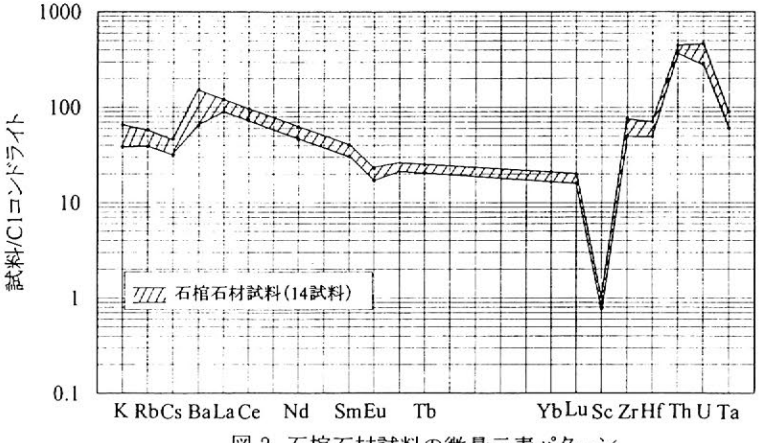


図 2 石棺石材試料の微量元素パターン

表1 試料と主成分化学組成

試料名	所在地および採取地	重量 (mg)	FeO* (%)	Na_2O (%)	K_2O (%)
石棺					
王の瀬天満宮	大分県大分市	2.97	1.87	4.16	3.93
長持山一号蓋	大阪府藤井寺市	3.51	1.58	3.98	4.29
長持山二号B-1	大阪府藤井寺市	222.0	2.01	4.72	5.04
大阪今城塚古墳石棺石材	大阪府高槻市	223.1	2.23	4.53	5.56
大阪雀ヶ塚古墳A	大阪府羽曳野市	234.1	2.17	4.38	5.31
大阪雀ヶ塚古墳B	大阪府羽曳野市	206.3	1.97	4.47	5.06
八幡茶臼山石棺	京都府八幡市	2.14	1.52	3.86	3.94
熊本ヤンボシ塚古墳石障石材	熊本県宇土市	227.0	2.29	4.32	5.79
向野田石棺蓋	熊本県宇土市	2.75	1.76	4.60	4.82
鴨籠石棺身	熊本県不知火町	2.90	2.01	4.33	4.16
宮の後石棺	熊本県玉名市	3.14	1.80	3.86	4.24
室の山2号身	熊本県宮原町	205.3	1.60	4.95	4.84
丸山石棺	佐賀県三明町	2.72	1.86	3.41	3.40
熊本山石棺	佐賀県佐賀市	3.43	1.83	4.25	4.35
原石					
阿蘇4 軽石ガラス	大分県竹田市	7.2	2.02	5.50	4.78
阿蘇4 熔結凝灰岩ガラス1	熊本県宇土市清辻	3.00	1.80	4.69	4.56
阿蘇4 熔結凝灰岩ガラス2	熊本県玉名市青木	2.92	1.50	3.69	3.93
阿蘇4 熔結凝灰岩ガラス3	福岡県八女市長野	2.64	1.61	3.79	4.04
単斜輝石安山岩	香川県小豆島寒霞渓	237.6	5.35	2.97	0.788
湖東流紋岩A	滋賀県近江八幡市宮ヶ浜	223.5	3.01	0.689	6.05
安山岩	奈良県香芝市田尻峠	224.8	1.04	2.67	2.62
ドンズルボー 熔結凝灰岩	奈良県二上山	215.7	1.14	1.69	1.60
岩石標準試料					
JB-1(3試料)			=8.11	=2.79	1.43
JR-2(3試料)			0.687	4.07	=4.48
誤差**(%)			0.3-2	0.1-0.9	2-7

＊Feの含有量は全てFeOとして計算.

＊＊誤差は計数誤差によるもののみを表記.

P7

非破壊分析による出土水銀朱の産地推定方法の可能性

○柴崎晶子（奈良大学保存科学研究室研修員）

1．はじめに

古代に使用された赤色顔料のうち水銀朱（HgS）とその原料である辰砂原石の原産地に関しての研究は数多く行なわれている。その主な理由として、水銀鉱床が特徴的な分布を示し　　、他の赤色顔料と比較して産地を把握しやすいということが考えられる。産地推定の手法としては破壊分析や非破壊分析が挙げられるが、明確な成果を示すものは破壊分析の手法で行なわれているものが大半である。すなわち、非破壊分析で行なわれた方法では産地推定は困難であるといえる。しかし、水銀朱を「文化財」として捉えるならば、破壊分析だけではなく、非破壊分析による手法も確立する必要性も考えられる。本研究では、非破壊分析方法の手段のひとつとして蛍光X線分析を用いて、非破壊分析による出土水銀朱の産地推定方法の可能性をさぐることとした。また、辰砂原石は主成分の硫化水銀のほかにも各地の鉱床によって何らかの特徴的な鉱物成分をわずかに含んでいることを想定し、出土水銀朱に含まれる夾雑物の存在と比較対照することによって、その水銀朱の原料である辰砂原石がどこの鉱床（鉱山）で採掘されたものであるかを推定することとした。

2．非破壊分析の問題点

非破壊分析のうち、蛍光X線分析はX線を照射する面が平滑、あるいはあらかじめ混和された状態でなければ正確な結果が出ないとされる。試料を加工することを避け、試料に全く手を加えない方法によって産地推定を行なうことを目的とした。したがって、X線を照射して得られた値を計算によって平均化することによってこの問題は解決しうるのではないかと推測し、ごく簡単な平均値をもとめる計算式を用いた。

> 測定値＝推定値＝平均値＝C
> とするならば、n点を測定した場合、以下の公式が成立する。
> $C=C_1+C_2+C_3+\cdots Cn/n$　……※
> nが大きければ大きいほど、上記の計算による平均値Cは一定する。

3．実験

上記の事柄を実証するために、以下のような実験を行なった。

（1）試料

中川胡粉製「岩辰砂　鳳凰」白番を固化し、表面を平滑にしたもの（A）と粒子のまま2枚のマイラーで包んだもの（B）を用意した。この岩辰砂は、他にも種類があるが、白番は最も粒子の細かい顔料であり、最も丹念に精製されているといえる。

（2）経過

EDAX社製エネルギー分散型蛍光X線分析機器（EDS）にて、試料にX線を照射し、定性・定量分析を行ない、定量分析の値（相対値）に関しては※の式で平均値を求めた。

（3）結果

定性分析では、（A）も（B）もほぼ同じ結果を示した（図　）。定量分析の値（相対値）に関しても両者で大差は見られず（グラフ）、この段階では非破壊分析でも定量分析は可能であると言える。

4．実際の試料への応用

実験の結果をふまえて、出土水銀朱と辰砂原石の比較対照を行なった。試料として出土水銀朱は4点、辰砂原石は3点を用意した。前述の方法と同じように、試料をあらかじめ平均化することなく定性・定量分析を行ない、定量分析の値（相対値）は※の計算式によって平均化した。結果は表1に示す。結論として水銀朱の出土地とほぼ同じ地域から産出された辰砂原石は似たような成分を特徴的な成分として含むことが考えられる。

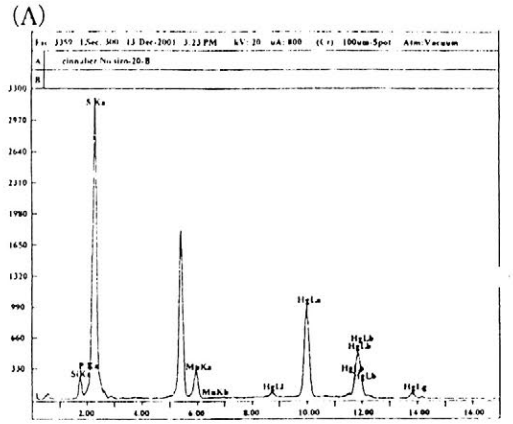
5．まとめ

このように、本研究では非破壊分析による水銀朱の産地推定を試みたが、試料の数と実例が少ないためこの方法による産地推定方法が正確かつ有効であるとはまだ未知数の段階ではあるが、非破壊分析でも産地推定は可能であるとの結論には達した。

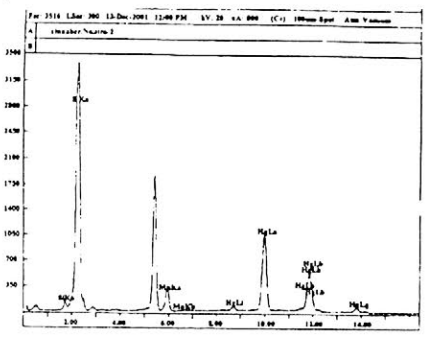
謝辞　本研究を行なうにあたり、西山要一教授には多大なる便宜を図っていただきました。また、魚島純一氏、京都府立山城郷土資料館、三重県埋蔵文化財センター、野村興産株式会社ヤマト環境センターの方々にはご指導・ご助言をいただくと同時に資料収集に関してご配慮いただきました。ここに記して深く感謝申し上げます。

図　岩辰砂白帯の蛍光X線スペクトル

(A)



(B)



グラフ　(A) と (B) の値の比較

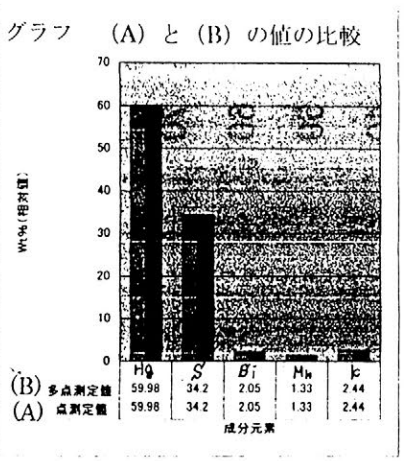


表1　出土水銀朱と辰砂原石の含有成分

	試料名	出土地	主な成分	その他の特徴的な成分
出土水銀朱	a	京都府	水銀(Hg)	鉄(Fe)
	b	大阪府	硫黄(S)	鉄(Fe)
	c	三重県		鉄(Fe)、カルシウム(Ca)
	d	徳島県		カルシウム(Ca)、マンガン(Mn)
	試料名	原産地	主な成分	その他の特徴的な成分
辰砂原石	e	奈良県	水銀(Hg)	鉄(Fe)
	f	三重県	硫黄(S)	鉄(Fe)、砒素(As)
	g	徳島県		カルシウム(Ca)、マンガン(Mn)

P8

窒素封入型展示ケースを用いた展示
－設計・活用の実例－

○ 神庭信幸（東京国立博物館）　和田 浩（同）　望月幹夫（同）　古谷 毅（同）

はじめに

東京国立博物館では、平成2年に修理を終えた、銀象嵌大刀（国宝　熊本県江田船山古墳出土）を展示するために、現在まで約12年の間、窒素封入型展示ケースを使用している。ケースは、作品の酸化を防止するために、常に窒素ガスを流入し続け、展示を行いながら安全に保管するという役割を担う、機能性の高いものである。国内ではまだ、実際に運用している施設としては、埼玉県立さきたま資料館の金錯銘鉄剣（国宝　埼玉県稲荷山古墳出土）など計3例と非常に少ない。ここでは、ケースの設計・構造と、運用・管理における実例として発表する。

構造

修理完了後から平成10年までは、当館・表慶館考古展示室において1号機の窒素封入ケースを使用し、平成11年からは、平成館考古展示室において2号機の使用を開始し、現在に至っている。

図1は現在使用中のケース全体を示す。これを大きく各パーツに分解したものが図2である。下部から、ケース本体、展示ベースパネルと作品、アクセスパネル、ガラスカバーに構造は分解される。図3はケース断面の略図である。ケース本体はガラスケースの大きさに合わせて窪んでおり、ガラスケースと本体上面とで構成される空間は、かなり厳密に密閉されたものとなる。ケース本体には、窒素ガスボンベが設置され、そこから窒素ガスが常に、密閉空間へと流入し続ける。ケース内圧が極めて低くなるように、バランスを保ちながら、余分な空気はケース各所の微細な空隙より外部に僅かずつ流出していく。象嵌部はスポット的に明るく照らし出されるように内部には照明装置が設置されている。

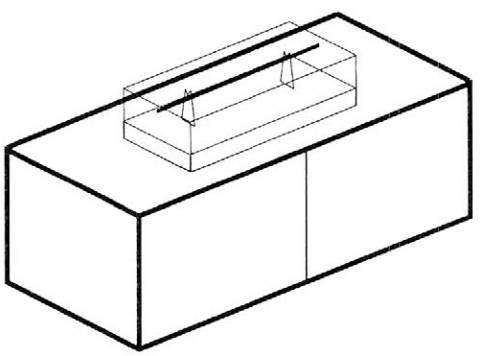


図1

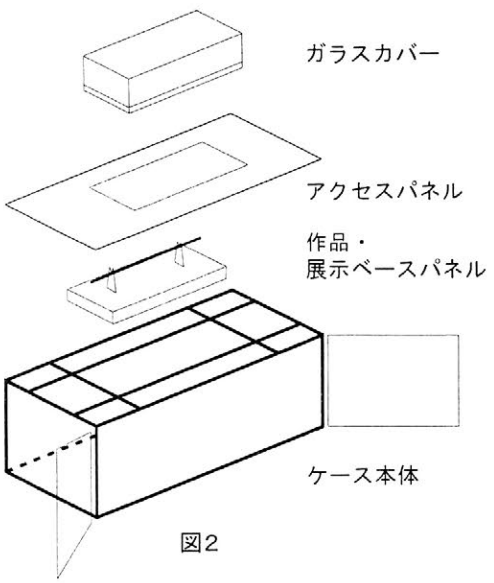


図2

2号機製作にあたっての設計方針は、以下のように立てた。

①酸素濃度 0.1%以下を維持する。

②夜間の電気停止と発生装置からの騒音を解決するため、窒素発生装置ではなく、ガスボンベによる窒素供給を行う。

③作品移動の安全性を考え、ガラス全体を取り外すことが可能とする。

④可視光透過性91%の高透過率ガラスを使用し、ガラスの接着面を45° にカットする。

⑤内部に光ファイバー装置を設置し、象嵌部を照明する。

⑥免震性能を持つ。

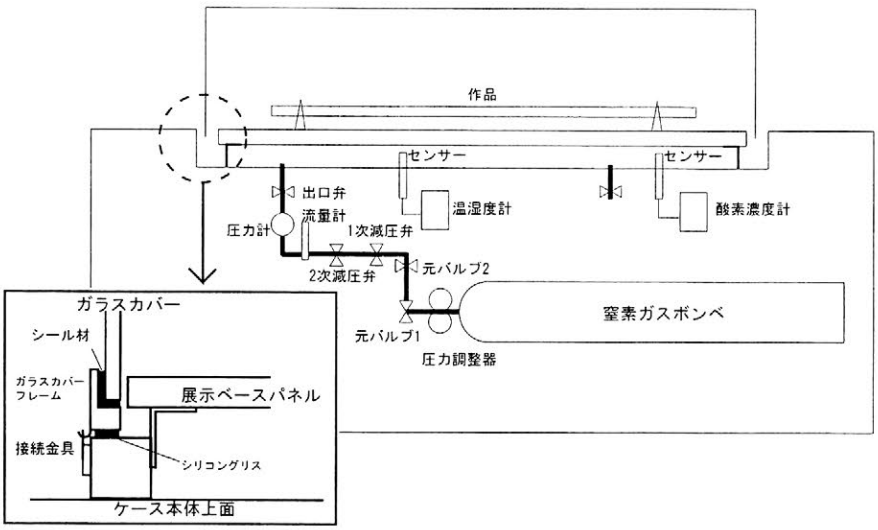


図3

運用・管理

通常、8.0ml/min の流量で窒素ガス(ドライタイプ:純度 99.99%)を流入し続けると、一週間で約 1.0Mpa の窒素ガスを消費する。この際、作品に影響を与えず、窒素を充填していくため、ケース内圧は極めて低くなるように設定する。約 14Mpa の容量を持つボンベの場合、実際は、約2ヶ月半でボンベの交換を行うのが安全性を考慮すると適切である。ケース内の温度は年間を通して極めて安定しており、25±2℃という範囲で僅かに変動する程度で、絶対湿度は高純度窒素ガスにより、ほぼ0に近いと考えられ、金属製の大刀を保管する環境として、特に問題は見られなかった。

2001 年 9 月に、熊本県立美術館へ、本作品を貸与する機会があり(貸与中はレプリカを展示)、一度、ケースを大気開放することとなった。作品が返却され、ケース内環境を開放状態から平常の低酸素状態に戻す際には、通常流量の約2倍量(16ml/min)を流入し続け、ほぼ3週間でケース内酸素濃度が 0%となった。

P9

分離合体型支持台による甲冑の復元と展示

○塚本敏夫　尾崎誠（財団法人　元興寺文化財研究所）
管野成則　増田啓（株式会社　スタジオ三十三）

1．はじめに

5 世紀は鉄の世紀と呼ばれる。そのステータスシンボルの一つとして甲冑があげられる。甲冑は何枚もの鉄板をつなぎ合せた立体的な構造物である。そこには時代の最先端技術が投入され、絶えず技術革新がなされていった。考古学の資料としてのみならず、金工技術史的にもたいへん重要な資料である。また、甲冑は人体を保護する目的の武具であり、人体に装着されて本来の位置となる立体的な構造の遺物である。したがって、甲冑の保存修理･復元に際しては形状とその内在する情報を残すことと同時に資料の活用という視点からわかりやすい展示が望まれる。

近年、甲冑の修理・復元に際して、展示を意識して型取りをした支持台での復元が増えてきており、種々改良を加えて新しい展示・復元方法を試みたので、ここに紹介する。

2．鋲留短甲

従来の修復の問題点

鋲留は鉄板を鋲でリベット結合しており、比較的堅固性があるため従来は支持台を用いず、破損している場合が多い裾板端部を復元する際、厚くすることで対応してきた。しかし、経年変化の追跡調査の結果、応力集中により裾部に亀裂が生じている事例が確認された。右開胴式や両開胴式の短甲では本来は分離している前胴部と後胴部を接着して自立できるようにした例もあった。また、復元で一体化した短甲は内面の情報が観察できない場合が多く、研究資料としての視点からは好ましくない場合があった。

写真-1　復元展示した鋲留短甲

現在の修復方針

現在裾板の意図的な復元は行っておらず、型取りをした支持台で短甲の自重を均等に分散させて応力集中をさける支持方法を採っている。また、開閉装置がある短甲は開閉する前胴と後胴は分離して組上げている。

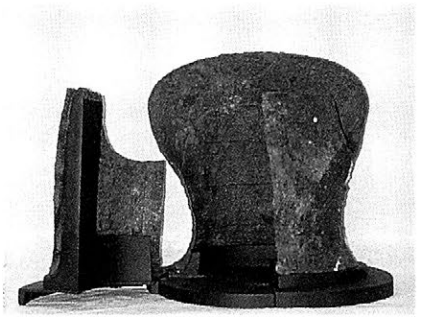


写真-2　復元展示した鋲留短甲
（右前胴を開いた状態）

更に、開閉する前胴の支持台を分離して作成し、本体の支持台とヒンジ構造で連結して、復元後支持台を介して開閉可能な構造とし、本来持っている短甲の着装という機能的側面を表現している。また、開閉可能な構造により、開閉すれば内面の情報も観察可能となった。

支持台は回転機能を付加しており、展示の視点の変更や調査の際に安全に位置を自由に変えられる構造としている。

3．革綴甲冑

従来の修復の問題点

革綴短甲の場合は部材がバラバラになって出土する例が多く、これを全部接着して組立てた場合、部分的に情報を壊すことになる。また、内面の観察ができにくくなり、短甲の製作技法の考察に支障をきたす。そのため、組上げを行わず部材の展開展示をおこなった例もあった。組上げ事例では鋲留短甲と同様に裾板端部を復元する際、厚くすることで対応してきた。

現在の修復方針

安全に展示し、尚且つ、考古資料としての情報を損なわないように、いくつかのアッセンブリーに分解できるように組み上げる復元方法を採用している。

甲冑の安定台による復元は、冑・肩甲・頸甲等の各部品をそれぞれ安置する小型の安定台を複数組み合わせることにより、甲冑を人体に装着した状態で、なおかつ安全に、そして分解可能な状態で展示しようとするものである。特に、貸し出し時の展示スペースをも考慮して、前胴、後胴を分割可能として、立体復元展示の他、背後から開いた形の展開展示や前胴、後胴を並列する分割展示が行なえるようにしたのが特徴といえる。

写真-3　復元展示した甲冑

写真-4　展開展示した革綴短甲

写真-5　前後胴を分離展示した革綴短甲

4．おわりに

今回、分離合体型安定台を用いた甲冑の立体復元の事例を紹介した。その結果、不完全ながら現時点で安全性を保ちながら甲冑の持っている情報を最大限引き出せる立体復元が行えたのではないかと思う。考古資料の保存処理は変形、崩壊から資料的価値を失わないように延命処理を行うことから、更に一歩進んだ、資料の公開・活用をはかれるように、より良い展示方法をも踏まえた新しい修復技術を開発・改良してゆくべきであろう。

P10

燻蒸剤、温度処理等、各種殺虫処理が標本資料DNAに及ぼす影響

○木川りか（独立行政法人文化財研究所　東京文化財研究所）
後出秀聡・木村広（液化炭酸株式会社）

1. はじめに

臭化メチルの2004年末全廃を控え、文化財の代替殺虫法として各種の方法が提唱されつつあるが、最近、自然誌系の標本のDNAに燻蒸剤などの薬剤が悪影響を及ぼすのではないか、との懸念が拡がっている。実際に、斉藤[1]、秋山[2]は、従来使用されてきた燻蒸ガスが、標本資料のPCRによるDNA増幅過程を阻害する場合があることを報告している。従来から、目で見える資料への影響については多くの注意が払われてきたが、目に見えない資料のダメージも同様に考慮したうえで、今後文化財への処置法を検討する必要があろう。その観点から、本研究では、各種殺虫処理が自然誌系の標本のDNAに及ぼす影響を調査したので、報告する。

2. 標本資料および処理方法

実験のための標本資料として、今回は凍結乾燥したキノコ（シイタケ、*Lentinus edodes*）および凍結乾燥した筋肉（ニワトリ、*Gallus gallus*）を用いた。また、各種処理の条件を表１に示した。殺菌効果のある燻蒸剤については、殺菌が可能な条件で処理を行ったので、一般に殺虫のみの処理条件より処理濃度は高くなっている。

表１．処理条件

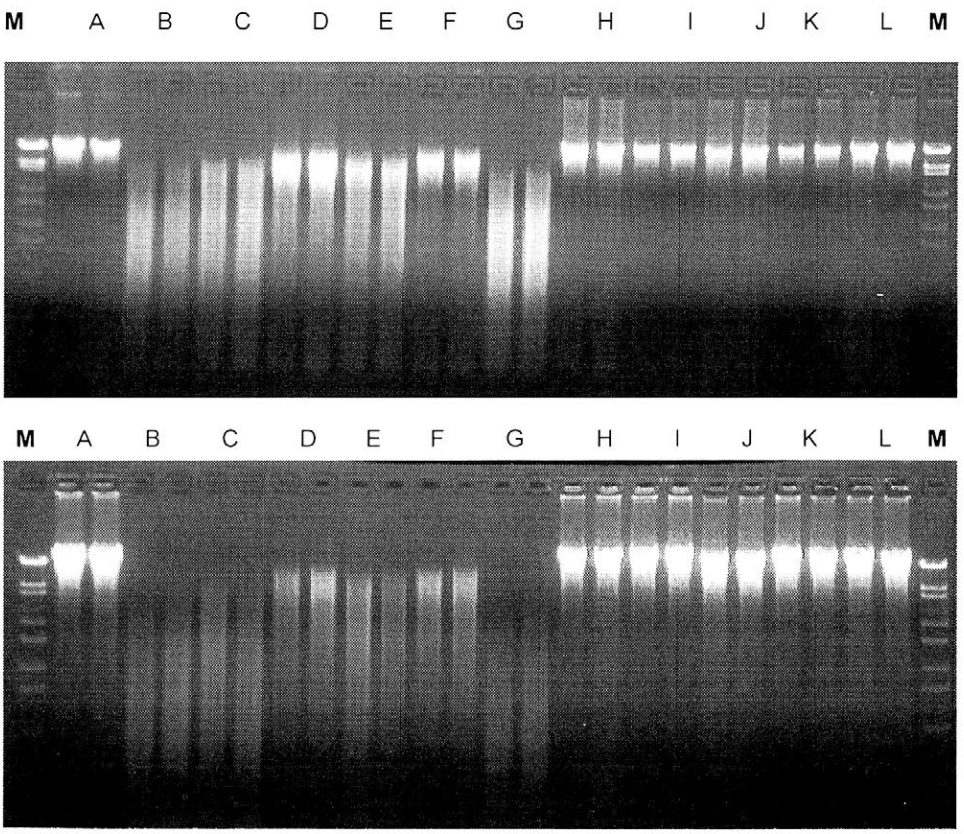
試料	処理（商標名）	処理濃度	処理期間	目的
A	無処理	−	−	−
B	臭化メチル/酸化エチレン（エキボン）	100g/m^3	48時間	殺虫・殺菌
C	臭化メチル	86g/m^3	48時間	−(注1)
D	酸化エチレン	14g/m^3	48時間	−(注1)
E	酸化エチレン（エキヒュームS）	200g/m^3	48時間	殺虫・殺菌
F	酸化プロピレン	48g/m^3	48時間	殺虫・殺菌
G	ヨウ化メチル（アイオガード）	120g/m^3	72時間	殺虫・殺菌
H	フッ化スルフリル（ヴァイケーン）	50g/m^3	48時間	殺虫
I	低温処理　-30℃	−	１週間	殺虫
J	高温処理　60℃	−	24時間	殺虫
K	二酸化炭素処理	60%volume	２週間	殺虫
L	無処理	−	−	−

B～Hまでの燻蒸処理は、23±1℃で行った。
注１）エキボン処理（B）のそれぞれの成分を分離したもの。

3. 標本資料DNAに及ぼす影響、およびPCRによるDNA増幅過程に及ぼす影響

各種処理を施した、標本（凍結乾燥したキノコ（シイタケ、*Lentinus edodes*）および凍結乾燥した筋肉（ニワトリ、*Gallus gallus*））から20mgの組織を２片ずつ切り取り、DNAを抽出した。抽出したDNAをアガロース電気泳動により調べた結果を図１に示す。このパターンから、殺虫を目的としたフッ化スルフリル以外のすべての燻蒸剤により、標本のDNAの断片化、低分子化が起きていると考えられた。低温処理、高温処理、二酸化炭素処理では、明らかなDNAの低分子化はみられなかった。

図１のDNAを鋳型として、いくつかのプライマーによりPCRを行い、DNA断片の増幅を試みた。標本自体のDNAの低分子化がみられた試料では、総じて　PCRによるDNA断片の増幅も困難になるという結果が得られた。PCRの効率の低下は、短いDNA断片より長い断片の増幅において著しく、また細胞内にマルチコピーに存在する遺伝子よりも、細胞の染色体上に１コピーしか存在しない遺伝子の増幅において著しいという結果が得られた。



M：λ/EcoT Marker (20ng/μl)　5μl

図１．各種処理を行った標本資料から抽出したDNAの泳動パターン
（上）シイタケ、*Lentinus edodes*（下）ニワトリ、*Gallus gallus* の筋肉

参考文献

１）斉藤明子．2002．昆虫標本への燻蒸ガスの影響について－PCR法によるDNA増幅の阻害－．千葉県立中央博物館自然誌研究報告，7: 37-39.

２）秋山弘之．2001．博物館資料がもつ価値とその保全手段ならびにアイオガードによって燻蒸された生物資料中のDNA情報の安定性についてのレポート，日宝化学

P11

防黴剤の紙に対する効果と影響

東京藝術大学　○ 間渕 創　稲葉政満
東京文化財研究所　木川りか　佐野千絵

1. 目的

紙を基質とした文化財の保存・修復について、保存処置の際に防黴剤を用いた処置が必要とされる場合がある。このとき防黴剤の種類と効果、人・環境への影響、本紙への影響など種々の事柄を考慮して防黴処置を行う必要がある。特に文化財を対象に使用する場合、黴の発生を抑えるだけでなく、防黴剤が本紙に与える影響も考慮しなければならない。そこで一般的に使用されているいくつかの防黴剤を選択し、これらの健康への影響をまとめ、紙への長期的な影響を知るために、防黴剤を塗布した紙を湿熱劣化により強制劣化し、防黴剤がひきおこす変色等の影響を実験した。また実際に紙に同一の条件で使用した場合の防黴剤の菌種による効果と濃度の違いを、従来から紙に使用されているいくつかの防黴剤について実験した。

2. 実験

2.1 防黴剤の紙への影響

防黴剤の長期的な紙への変色に関する影響を知るため、選択した防黴剤(ホルマリン、TBZ、ラウリル硫酸ナトリウム)を紙(パルプ含有楮紙)が完全に湿るように塗布し、80℃、65%rh で湿熱劣化させた時の変色を色差計で測定した。また劣化後の pH を測定した。

2.2 紙に使用した時の防黴剤の菌種による効果の相違

防黴剤は対象、用法、条件により効果が違うが、今回は紙上に発生するカビについてその効果を検討した。2 種の混合胞子懸濁液をそれぞれ塗布した紙に防黴剤を一定条件で噴霧した時の相対的な防黴効果を判定した。培養は 0.5%グルコース含有無機培地上、28℃で行った。

胞子懸濁液 I： *Aspergillus*、*Penicillium*(2 種)、*Althrinium*　(一般的な室内空間で採取した菌)

胞子懸濁液 II： *Rhyzopus*、*Cladosporium*　(放置した湿潤紙に発生した菌)

3. 結果と考察

3.1 防黴剤の紙への影響

ホルマリン

ホルマリン（36%ホルムアルデヒド、10%エタノール水溶液）塗布試料と標準試料の色差は認められなかった(Fig.1)。ホルマリン（ホルムアルデヒド）は顔料などへの影響が報告されているが、紙の変色には大きな影響を与えなかった。

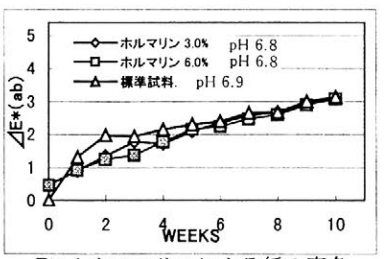


Fig.1 ホルマリンによる紙の変色

TBZ

中性懸濁タイプを使用。TBZ は紙の変色に影響する事がわかった(Fig.2)。劣化後の紙 pH は標準と変わらないことから TBZ と懸濁成分による変色と考えられる。文化財保存の現場でよく使用される薬剤であり、使用には注意が必要であると考える。

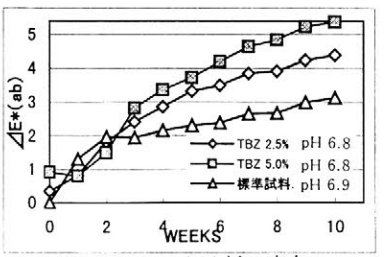


Fig.2 TBZ による紙の変色

ラウリル硫酸ナトリウム

ラウリル硫酸ナトリウムはパルプなどに使用される防黴剤であるが、標準試料より変色量が少ないことがわかった(Fig.3)。残留したラウリル硫酸ナトリウムが変色を抑制したものであると思われる。また劣化後の pH は標準より高くなった。

3.2 紙に使用した時の防黴剤の菌種による効果の相違

紙上ではラウリル硫酸ナトリウムとホルマリンが有効で、すべての菌種の発生を抑制した。これに対しTBZは*Althrinium*、*Rhyzopus*に対して効果が薄かったため、単独では今回使用したすべての菌種を抑制することができなかった(Table 1)。濃度は使用条件によって変わると考えられるが、今回の条件ではラウリル硫酸ナトリウムが比較的低濃度で効果を表した。

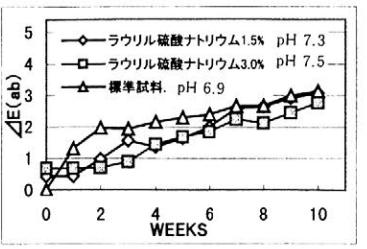


Fig.3 ラウリル硫酸ナトリウムによる紙の変色

Table 1 紙上での菌種による防黴剤の効果の違い

	ホルマリン (f)	TBZ (t)	ラウリル硫酸ナトリウム (l)	(f) + (l)	(t) + (l)
I	1.0%	—	0.25%	0.5%＋0.15% 0.75%+0.05%	0.25%＋0.15%
II	0.75%	—	0.5%	0.5%＋0.15%	—

4. まとめ

よく文化財にも使用される防黴剤のなかには紙の変色を引き起こす可能性のあるものがあり、使用には注意が必要であると考えられる。また防黴対象、条件によって効果に違いがあり防黴剤の使用濃度とそれに伴う健康への影響をよく考慮して使用する必要がある。

代表的な防黴剤の特性、人の健康に対する影響

物質名(一般名)	パラホルムアルデヒド	チアベンダゾール (TBZ)	4-クロロ-3、5-キシレノール (PCMX)	ラウリル硫酸ナトリウム	イソプロピルメタクレゾール (チモール)
OSHA PEL	0.75ppm (2ppm STEL)(ホルムアルデヒドについて)(OSHA 1997)	なし	なし	なし	なし
ACGIH TLV	0.3ppm(天井値)(ACGIH 2001)(ホルムアルデヒドについて)	なし	なし	なし	なし
健康障害	目、皮膚を刺激 不快感、頭痛、吐き気など 反復してあるいは長期にわたり吸収頭痛、目がひりひりする、吐き気、眠気、疲労感、胸痛、露出した皮膚の炎症など	ラット経口 LD_{50} 3600mg / kg 過剰の摂取によりめまい、拒食症、吐き気を生じることがある。	目を刺激	眼、皮膚、気道を刺激する。 反復または長期の皮膚への接触により、皮膚炎を起こすことがある。	吐き気、めまい、疲労感
発ガン性	A2 (ACGIH 2001)				
生殖機能への影響	ラットで変異原性が陽性	動物実験では催奇性を示す。変異原性あり。	動物実験では催奇性を示す。		
備考	CAS# 30525-89-4 Canadian Conservation Institute では、博物館資料に使用しないよう指導している。 東京都環境確保条例有害ガス規制による規制基準値 70mg/m³(ホルムアルデヒドについて)	CAS# 148-79-8 農取法 環境庁長官が基準を定めた農薬 FDA 許可 食品添加物認可	CAS# 88-04-0 廃棄物処理法	CAS# 151-21-3	CAS# 89-83-8 アクリル系樹脂の変色の報告あり

P12

「こけら経」保存処理のための予備実験と考古学的調査

西尾太加二　岩本　貴　大森信宏（(財) 静岡県埋蔵文化財調査研究所）

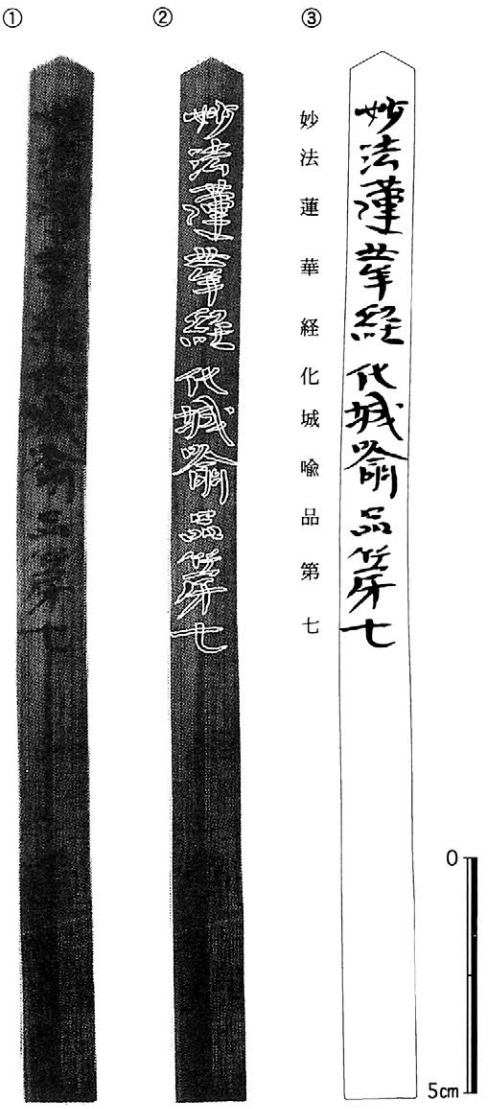
1　考古学的調査の概要

平成13年度に実施された静岡県田方郡函南町仁田館（にったやかた）遺跡の調査では、850枚以上にのぼる「こけら経」が出土した。その成果については、平成14年度中に資料整理、報告書刊行を行う計画である。仁田館遺跡は、いわゆる源頼朝の挙兵に貢献したとされる仁田氏歴代の居館跡であり、伊豆地域（静岡県東部）において注目される遺跡のひとつである。今回、館跡の北東隅を流れる旧流路から「こけら経」が一括して出土した。

「こけら経」は、薄く細長い木の板に写経を行ったもので、平安時代末から江戸時代にかけて盛行する。板の一枚に経文1行を写経することが一般的で、奈良元興寺では伝世品と出土品を合わせると3万枚以上の「こけら経」が確認されている。仏教において写経は、造塔、造仏、造旗と並んで功徳を積む上で重要な行為とされているが、「こけら経」の頭部を尖らせた形状は塔を意味し、写経と造塔の功徳を同時に積むことができる効果的な行為と考えられている。今回出土したものは、長さ22㎝、幅2㎝、厚さ0.5㎜以下（いずれも平均値）の法量を有し、圭頭状を呈する。片面に法華経を写経している。出土したものは、妙法蓮華経序品第一から妙法蓮華経授學無學人記品第九までの完形品及び欠損品であり、経文が同定できた枚数（行数）は865枚（平成14年5月現在）にのぼる。類似例や、共伴遺物から15世紀中頃以降のものと推測される。

従来の「こけら経」にかかわる報告は、典型例を図化し、それ以外の資料については一覧表（釈文）や写真によって報告されることが一般的である。考古学的手法に従えば図、写真、文章の3点による詳細な検討が可能な資料提示が理想であることは言うまでもないが、「こけら経」が経文といういわば定型文を記したものであり、内容自体を検討する余地が少ないこと、図化作業が実測者、報告者の主観を含む以上、活字による釈文報告との相違が不明確であることなどからすれば妥当な判断と言えるが、当時の写経体制の復原において「こけら経」自体の詳細な検討が不可欠であることは言うまでもない。その検討が進まない一因として遺物量が膨大であり、費用対効果の面からも現状では全点の図化が困難なことがあげられよう。今回の調査では、パソコンを活用することによって図化作業の効率化をはかり、図化することによってはじめて可能となるいくつかの検討を進めている。

図化の方法は、画像処理機器（スキャナー）により「こけら経」を画像としてパソコンに取り込み（図-1-①）、これを画像処理ソフトによって調整した後、これを描画ソフトに取り込み、トレースすることによって実測図を作成した（図-1②③）。スキャナーを用いた画像取り込みに際しては、



① 取り込み画像（明度等を調整）
② パソコン上で文字、板の輪郭をトレース（説明のため白線表示）
③ 線種、塗りを設定、画像を隠し完成

図-1　「こけら経」の図化作業工程

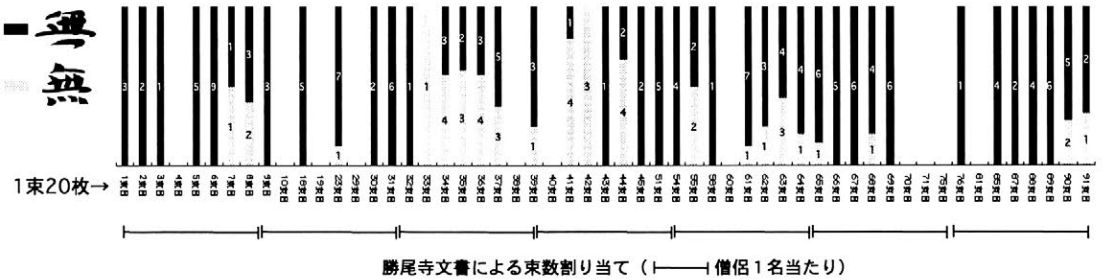


表-1 「こけら経」文字比較・「無」の「れんが」の書き方の違いによる集計（グラフ内数字は該当点数）

光、熱等による遺物へのダメージが想定されるものの、従来の写真実測用の写真撮影に比べれば、短時間で高精度な画像を得ることが可能であり、遺物へのダメージも最小限に押さえることができると判断した。近年のパソコンの普及はめざましいものがあり、市販のソフトを用いても高精度の成果を期待することが可能となっている。今回の調査では、実測図の作成にとどまらず、写経に携わった人数を筆跡からある程度推測するためのデータ集計においてもパソコンを活用する試みも行っている（表-1）。

2 予備実験

2-1 目的と試料

予備実験の目的は、「こけら経」約850枚を保存処理するための最良の処理法を明らかにすることである。材質はヒノキの柾目板で（わずかに板目板を含む）厚さは0.2～1.0㎜ほどであるが、一枚板の厚さが不均質で部分的に裏側が透けて見えるほどに薄い部位もある。含水率は600～753%であり、極めて脆弱である。「こけら経」と同様な試料を作成することは困難なため、実験では下部欠損の実物の「こけら経」を用いた。そのため、木簡等の処理に実績のある処理法を選択肢とした。

2-2 実験方法

処理法の選択肢は表－１のとおり真空凍結乾燥法・高級ｱﾙｺｰﾙ含浸法及びｱﾙｺｰﾙ・ｷｼﾚﾝ樹脂法である。薬剤含浸の期間は各濃度２～３日間であり、真空凍結乾燥は-40℃で予備凍結した後、CT温度を-45℃に保ちながら庫内温度を徐々に上げながら３日間で乾燥工程を終了した。また、Ⅱ、Ⅳ、Ⅹ系の薬剤含浸工程は常温で行う。

2-3 結果

木製品保存処理の基本理念である文化財としての形状維持、強度、処理法の可逆性等の６つの理念1）は、処理法の評価項目の基本的な条件である。各処理法の結果はそれらの条件をクリアしているが、遺物の特性から「遺物表面の痕跡や色調を維持すること」という条件を最重点項目とし表-1に示す。また、色調や質感の評価は主観的であるが、複数の視点を得ることである程度客観的になると考えている。

2-4 まとめ

処理する遺物を特定しない処理法の評価は、木製遺物の場合にはさほど有効ではない。また、実際の処理では、運用における作業性、設備、安全管理等の問題を考慮しなければならない。その上で今回の結果を総合的に判断するとⅡ系の処理法が最良と考えられる。

1）今津節生　1999「出土木製品の保存科学的研究－奈良県四条古墳出土木製品に関する共同研究」奈良県立橿原考古学研究所

処理系		処理工程	寸法変化率(%)	色調	質感
真空凍結乾燥法	Ⅰ	PEG20%➡40%➡60%	2.12	木材色、やや無彩色化	やや不自然
	Ⅱ	PEG20%➡40%＋TBA30%	1.75	木材色	自然
	Ⅲ	PEG20%➡40%➡60%＋TBA30%	1.00	木材色、濡色	やや不自然
	Ⅳ	ﾏﾝﾆﾄｰﾙ20%➡PEG40%	2.80	木材色、やや無彩色化	自然
	Ⅴ	ﾒﾁﾙｱﾙｺｰﾙ100%➡ｾﾁﾙｱﾙｺｰﾙ40%➡60%	1.88	木材色、やや無彩色化	やや不自然
	Ⅵ	ﾗｸﾁﾄｰﾙ20%➡40%➡60%	2.20	木材色、やや無彩色化	やや不自然
高級ｱﾙｺｰﾙ含浸法	Ⅶ	ﾒﾁﾙｱﾙｺｰﾙ100%➡ｾﾁﾙｱﾙｺｰﾙ40%➡60%	3.80	木材色、やや無彩色化	やや不自然
	Ⅷ	ﾒﾁﾙｱﾙｺｰﾙ100%➡ｾﾁﾙｱﾙｺｰﾙ40%➡60%➡80%	1.70	木材色、やや無彩色化	やや不自然
	Ⅸ	ﾒﾁﾙｱﾙｺｰﾙ100%➡ｾﾁﾙｱﾙｺｰﾙ40%➡60%➡80%➡100%	0.90	木材色、やや無彩色化	やや不自然
ｱﾙｺｰﾙ・ｷｼﾚﾝ樹脂法	Ⅹ	ﾒﾁﾙｱﾙｺｰﾙ100%➡ﾊﾟﾗﾛｲﾄﾞB72.10%	3.70	木材色	自然

表-2 予備実験結果

P13

水漬け出土木材の生物劣化抑止法について

－天然成分を中心に－

○吉村　佐紀恵（(財）元興寺文化財研究所)、山田哲也（同）

１．はじめに

変形の激しい埋蔵文化財の中でも特に木製品は変形が劇的に進行するため早急の保存処理が望まれる。近年、木製品の出土量は爆発的に増加しているが、財政上の問題や現在の保存処理技術や処理能力では保存処理できる遺物は一部に限られている。したがって、木製品の多くは長期にわたり、水漬けで保管され続けるケースがほとんどである。保管には細かな水の管理が必要だが、行いきれずにそのまま放置され菌や黴によって劣化し、貴重な情報が日々失われつつあるのが実情である。

我々は以前、水漬け保管中の出土木材の生物劣化を抑止するため、薬剤の添加について研究を行った。その結果、少量の陽イオン界面活性剤を添加することで、防菌防黴作用と出土木材の保存処理促進作用を得ることが確認できた。しかし、その後の実用段階において、排水設備や保護具の必要性が問題となった。そこで、一般に出土木製品を取り扱っている環境（発掘現場や整理室）で使用するため、より安全性に富んだ薬剤の選択を目指し、試験を行なった。

２．試験材料

人体や環境への安全性を重視して木材防腐剤ではなく、食品添加剤などの天然成分に着目した。試料とした薬剤の特徴を次に記す。

2-1.竹酢液

竹を炭にする過程で熱分解され煙となって出てきた成分を溜出したもの。茶褐色で燻煙臭が強い。多成分系で、主要な熱分解生成物は約４０種類、厳密には１００種類を超えると言われている。アトピー性皮膚炎に効果があるとされ、入浴剤などとして市販されている。

2-2.ヒノキチオール（ひば油）

台湾ヒノキ油、青森ヒバ油、Western Red Ceder　の中に存在する結晶性の酸性物質。化粧品や食品の鮮度保持剤として利用されている。広い抗菌スペクトルを示すが毒性は低く安全性が高い。

2-3.食酢

調味料として身近な存在だが、近年、その殺菌効果が注目されている。アルコール発酵したアルコール液に水と酢酸菌を加えて酢酸発酵させ、熟成したもの。

３．出土木材に対する抗菌評価試験

選択した各薬剤の水溶液（水道水）300ml 中に３センチ角の出土木材（アカガシ属）を入れ、外気と遮断しない状態で室内に静置して微生物の増殖状態を観察する。同時に、出土木材の状態（表面のぬめり、変色など）を確認する。

４．結果

竹酢液水溶液は開始当初から茶褐色に着色し、刺激臭があった。食酢水溶液中では微生物が活発な増殖がみられ、比較のための水道水中よりも顕著であった。ヒノキチオール水溶液

は微生物の増殖がほとんど観察されなかった。また、ヒノキチオールについては濃度の違う３種の試験を行った。濃度による差は液色でみられたが、微生物の増殖、木材表目の変化については濃度差がみられなかった。試験結果は次の表の通り。（表１）

表１　天然成分薬剤水溶液中の微生物増殖の有無

サンプル名	増殖の有無	水溶液や木材の状態
竹酢液	＋	試験当初から液は茶褐色。開始時は刺激臭があった。木材周囲にコロニー状の微生物の増殖がみられた。木材表面にぬめりが観察された。
ヒノキ１	—	徐々に液が茶変。濁度に変化はなく、木材表面も変化なし。
ヒノキ２	—	徐々に液が茶変。液色は１より濃い。濁度に変化はなく、木材表面も変化なし。
ヒノキ３	—	徐々に液が茶変。液色は２より濃い。濁度に変化はなく、木材表面も変化なし。
食酢	＋＋	コロニー状の微生物が多数みられた。木材表面をコロニー状の微生物が覆っており、ぬめりが顕著であった。
水道水	＋	徐々に液が茶変。木材周囲にコロニー状の微生物の増殖がみられた。木材表面にぬめりが観察された。

－：微生物増殖なし、＋：増殖あり、＋＋：増殖顕著
濃度の高い順にヒノキ１、ヒノキ２、ヒノキ３とした。

４．考察

食酢の結果が予想外に悪かったのは食酢中の糖分が微生物の栄養分となったためと考えられる。水溶液の濃度を変えることで効果が期待できるが、実用性を考えると水道水と等量ほどの食酢を用いるのは現実的ではない。竹酢液については多成分のため抗菌性のある成分を特定しにくいが、主に揮発性成分であると思われる。そのため、静置時間が進むにつれて抗菌性が低下して微生物の増殖がみられたのであろう。ヒノキチオールは概ね良好な結果が得られたが液の着色が実際の作業に使用できる程度か考慮する必要がある。また、ヒノキチオールは金属イオンと錯塩を形成し、光（特に紫外線）により分解する特徴を持つため、実用化にはさらなる検討が必要である。

５．まとめ

天然成分は人体や環境に安全であることが最大のメリットであるが、不安定な品質や供給量、多成分のため抗菌成分が特定されていないなどの問題点をもつものもある。今回、試験を行わなかった他の天然成分（ワサビ由来のアリルイソチオシアネート、甲殻類の殻由来のキトサンなど）や備長炭、電解水などを検討し、より安全な文化財の劣化抑止方法の実用化を目指したい。

本研究は平成１２－１３年度科学研究費補助金（奨励研究Ａ）（「水漬け出土木材の生物劣化抑止について」課題番号：12780110）の交付を受けて行った。

P14

保存処理後遺物の経年調査（２）

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

はじめに

2000 年度に、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た。

この確認した調査結果に基づき、変化が生じているまたはその可能性があると判断した機関については、現地調査を行い変化の状況などを確認しその要因の検討を行っている。

本調査は 2000 年度から 2004 年度まで継続する。このため今後さらに調査を進めデータを増加していく中で、変化が生じている遺物に対してその要因をより明確にする。

あわせて近年新しく開発や改良された保存処理方法を用いて保存処理した遺物の長期安定性を確認して行く。

なお、本研究は平成 13 年度科学研究費補助金　基盤研究(A)(2)「保存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。

調査の中間報告

2000 年度は約 2,000 点、2001 年度は木器研究会などで一度に多くの資料を実見する機会があり約 4,500 点を調査した。データを詳細に検討している段階であるが、そのうち何らかの変化があった遺物は 2000 年度で約 120 点、2001 年度で約 200 点が確認できた。

変化の要因

このように何らかの変化が生じていると考えられる遺物については、

① 保存処理方法
② 展示・保管環境
③ 取扱い
④ その他（樹脂の劣化、接着・復元の不備など）

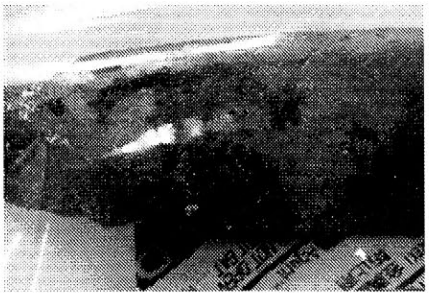
大きくこの 4 点の要因が考えられる。しかし、これらの要因が単独の場合もあるが、幾つかの要因が重複する場合も認められる。これらのうち特に顕著に認められる要因は②及び③である。

②は梱包材に包んだままで通気性がない状態で保管していたことにより、梱包材が遺物に付着したり、表面に白色粉体が析出している例がある。またビニル製クロスの上に長期展示していたことによりクロスが遺物に癒着していた例などもある。

③については、保存処理後遺物に新たな折損や破損が生じている場合もあるが、保存処理時に接合・復元した部分やその周辺部が折損や破損している場合が多く目立つ。このことは展示や移動時の不用意な取扱いを行ったためと考えられる。

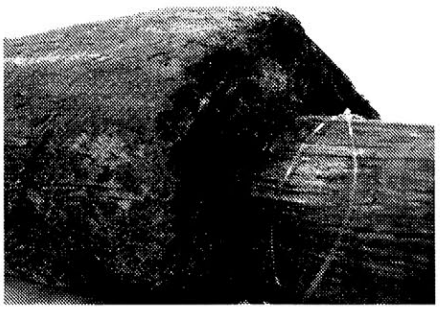
調査事例①

遺物名：短刀　　時代：古墳
保管場所：木造整理室
保管状況：空調なし
　　脱酸素剤の収納
処理法：脱塩・樹脂含浸
処理年度：1999年～2000年
変化の状況：遺物表面にビニルが付着している。



調査事例②

遺物名：砧　　時代：弥生～古墳
保管場所：木造整理室
保管状況：エアキャップで梱包して保管
処理方法：高級アルコール法
処理年度：1997年～1998年
変化の状況：遺物表面に白色粉体が析出している。



調査事例③

遺物名：鉄刀　　時代：古代～中世
保管場所：コンクリート製特別収蔵庫
保管状況：24時間空調
　　（測定時 15℃・40％ＲＨ）
処理方法：脱塩・樹脂含浸
処理年度：1996年～1997年
変化の状況：接着部が折損し、接着剤が破面に露出している。

まとめにかえて

③の要因は、文化財を取扱う者としての基本的なことであるが、事前に遺物の接着・復元部や脆弱な部位などの現況を把握しうえで、必要に応じて保護材を施して移動するなどの配慮を行うことより、ほとんどは防止できる。

②の要因は、高温高湿下を避け安定した状況のもとで、開梱して通気性がある状態であれば、白色粉体の析出や樹脂などのベトツキはかなり抑えることができる。

またビニル製クロスの上で長期に展示をする時は、樹脂などと反応して癒着する可能性があるので注意を要する。

最後に本研究のもう一つのテーマである長期安定性については、新しい処理方法で実用化された直後の木製品に何らかの変化が生じている傾向が見られるが、まだ実見したデータ量が少ないため即断は避け、今後の課題としたい。

P15

真空凍結乾燥処理におけるPEG濃度による出土木材への影響（1）

○福上明日香（東北芸術工科大学大学院）　松田泰典（　同　）
松井敏也　（東北芸術工科大学）

1.はじめに

真空凍結乾燥法は、出土木材の保存において有効であり現在多く用いられている処理法の１つである。

出土木材を真空凍結乾燥する際には強度の点から PEG の含浸が不可欠である。真空凍結乾燥処理を行う際の PEG 濃度は強度や乾燥後の色調（明度）を考慮しながら、多くの場合担当者の経験により濃度の選択がなされている。真空凍結乾燥処理についての報告例(1)(2)はあるものの PEG 濃度の違いによる木材への影響については報告等による情報量が少ない。

PEG 濃度の違いにより生じる現象を明らかにすることにより、より効果的な真空凍結乾燥処理を行えるものと考えている。各濃度の PEG を用いて行った実験により得られた結果について報告する。また、PEG はすべて PEG4000 を用いた。

2.乾燥温度と PEG の形状の変化

乾燥温度による水分の昇華量の違いを測定し乾燥後の PEG の形状の変化を観察した。60％濃度の PEG 溶液を作成し、ディスポカップに 100g ずつ入れ−50℃で 12 時間予備凍結した。その後一定圧力まで減圧し真空凍結乾燥を行った。このとき乾燥時間は 48 時間とし、乾燥温度を−40℃～0℃まで変化させた。

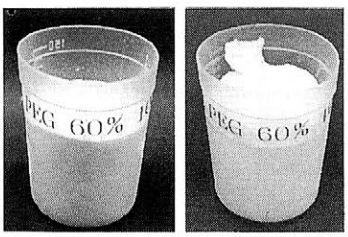


写真１　左：−20℃で乾燥した PEG
右：−10℃で乾燥した PEG

表 1 に結果を示す。乾燥温度が高い程、昇華した水分量が多いのがわかるが、−15℃以上では PEG の表面が盛り上がり変型し、内部から爆発したようになった（写真 1）。（以降この現象を「爆発」と呼ぶ。）

爆発が起きず、かつ昇華速度が速い温度として、今後の乾燥温度は 20℃で行うことにした。

表１　乾燥温度による水分の昇華量の違いと爆発や変型の有無

乾燥温度	−40℃	−30℃	−20℃	−15℃	−10℃	0℃
昇華した水分の重量（g）	6.15	10.64	13.01	16.15	30.47	39.49
爆発や変形	無し	無し	無し	有り	有り	有り

3.PEG 濃度による昇華水分量の違い

濃度の違いによる昇華速度の違いを求めるため以下の実験を行った。現在行われている処理の多くが40％～60％であることから、ここでは40％、50％、60％の PEG 濃度を試料とした。このときの乾燥条件は−50℃で 12 時間予備凍結した後減圧し−20℃で行い、6 時間ごとに取り出し重量を計測、減少した分を昇華した水の重量とした。

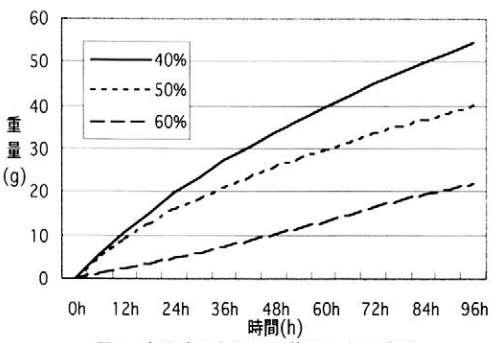


図1　各濃度における昇華した水分重量

図 1 に結果を示す。40％と 50％の昇華した水分量に比べ、同じ量の水分を昇華するのでも 60％では時間がかかっているのが確認できる。このことから他の濃度に比べ、60％は昇華速度が遅いということが言える。また、処理後の PEG 表面を観察したところ、40％、50％は粉っぽく崩れやすいのに対し、60％は硬く平滑であった。

4.表面観察

PEG 表面の形態観察を行うために PEG 溶液を 10～90％まで 10％おきに作成し、それぞれ 10g をプラスチック製のシャーレに入れ試料としたこれらを－50℃で 6 時間予備凍結後減圧し－20℃で乾燥した。乾燥が終了した PEG 表面の観察を走査型電子顕微鏡で観察した。

すべての試料を観察したところ、表面の形態の違いが 60％を境に明確に現れた。比較のために 40％（写真 2）、50％（写真 3）、60％（写真 4）、70％（写真 5）の写真を掲載した。写真 2、3 のように 60％以下では細かな放射状の空隙が多いのに対し 60％以上の表面は写真 4、5 のように平滑であった。また、写真 2、3 に見られる穴を中心とした「六角形」は 40％、50％のみに見られた特徴的なものであった。

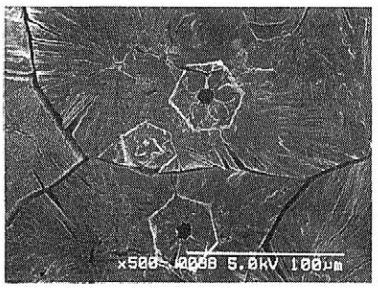


写真 2　PEG40％の表面

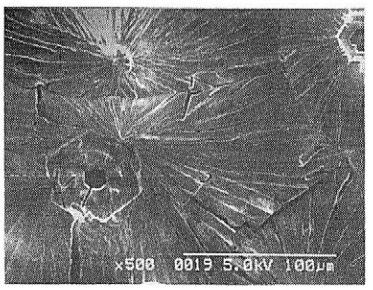


写真 2　PEG50％の表面

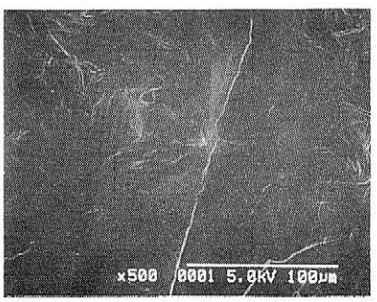


写真 4　PEG60％の表面

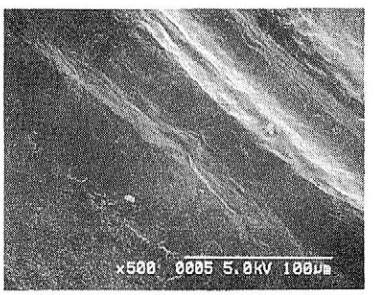


写真 5　PEG70％の表面

5.考察とまとめ

実験結果から、60％以下とそれ以上では真空凍結乾燥後の PEG 表面の形態が全く異なることが明らかとなった。表面が平滑で空隙が見当たらないということは内部で昇華した水蒸気の抜け道が少ないということである。3 において 60％の昇華速度が遅かったのはこれが原因であると推測される。また、2 で生じた爆発もこの表面の形態に依存し、昇華により生じた水蒸気の抜け道が少なく、蒸気がたまることにより内部蒸気圧が高まり爆発が起きていると考えられる。この時の圧力によって脆い出土木材が破壊されることは十分に考えられる。

真空凍結乾燥法で効果的な処理を行うためには濃度による影響を十分に知ることが重要であると考える。今後も引き続き、PEG 濃度による違いを明らかにしていくとともに、PEG 含浸出土木材を用いても検討を加えたい。

参考文献

(1)澤田正昭、「考古資料としての木簡の真空凍結乾燥法を応用した保存処理、およびその物性評価に関する科学的研究」(1995)

(2)高妻洋成、「真空凍結乾燥法について」『保存科学研究集会』、奈良国立文化財研究所、pⅢ－19～Ⅲ22(2000)

P16

出土木製品の保存処理に用いられるPEGの分子量分布の変化

○ 米村祥央（財団法人　元興寺文化財研究所）

はじめに

出土木製品の保存処理に用いられるポリエチレングリコール(PEG)は、水溶性、加熱による溶融性など、比較的取り扱いのしやすい物性から広く使われている。ところが長期にわたる加熱や木質遺物から溶出する物質などの問題からPEGの分子が低分子化している可能性が考えられるようになった。そのため（財）元興寺文化財研究所では定期的に酸価(acid value)を測定し、液体中に生じた酸性物質の量を指標としてPEG溶液の交換を行ってきた。ところが酸価だけではPEGの分子自体がどの程度低分子化しているかの判断は困難である。そのため、より直接的にPEGの分子量を明らかにする必要性から、ゲル浸透クロマトグラフィー(GPC：Gel Permeation Chromatography)による分子量分布の測定を試みた。

目的

含浸処理終了遺物の長期的な安定性を保つために、PEGの分子量分布の分析を試みる。その基礎データを得るために恒温下においたPEGと現在稼動している保存処理槽内のPEGのGPCデータを比較検討する。

方法

未使用のPEGを60℃のオーブン中で連続的に熱を加え1週間ごとに試料を採取した。当研究所で使用しているPEG含浸槽（20%、40%、60%、80%、100%）からも試料を採取し、それぞれ1wt%に希釈した。各試料をGPCで分析し、分子量分布を求めた。

結果および考察

60℃下においたPEGは1週間目から分子量分布の変化を示した（図1）。クロマトグラムのピークトップは未使用のものより遅いRetention Timeで検出された。また、ピーク後半は前半に比較してなだらかに広がっている結果となった。GPCは分子量が小さいほど遅いRetention Timeで検出されるため、PEG分子の分布が低分子側にシフトしていることを示している。2週間経ったPEGのクロマトグラムはさらに低分子側にシフトした。各試料の重量平均分子量Mwを求めると、未使用のものが約2900、1週間後には約2700、2週間後には約2500と、継続的に減少した。図2は1週、2週経ったサンプルのデータから未使用のデータを減算したものである。このデータではY軸に負の方向のピークは分子量が減少した領域で、正のピークは低分子化した分子の分布を示していると考えてよい。2週間後の差は1週間後の差に比較して大きなものとなり、低分子側に分布が広がっていることがわかる。低分子側に新たに生じた分子のMwを求めると1週間後では約1900、2週間後

では約 1600 となり、このような Mw をもつ PEG はさらに増加していくことが予想される。

当研究所の PEG 濃度固定槽も、未使用の PEG と比較して低分子側にシフトする傾向が得られた。また、どのクロマトグラフにも高分子側へのシフトは全く見られず、分解反応のみが起こっていることを示している。PEG の劣化により分子量の低下が起こっている場合、低分子側に新たなピークが生じることが考えられる。ところが分析結果ではそのようなピークは検出されなかった。これは PEG 分子の鎖がランダムな部分で切れ、より低分子の構造となったのではなく、鎖の端部から分解して徐々に低分子となったこと、その端部から生じた物質は GPC では分離検出が不可能なほど低分子であることを示していると考えられる。

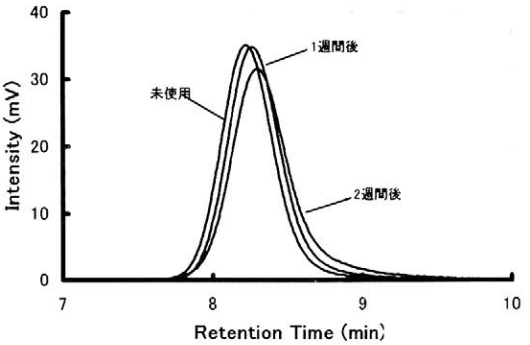


図1 加熱期間によるクロマトグラムの変化

継続的な加熱により PEG の低分子化が起こることは明らかになったが、当研究所で使用している槽では不定期な蓋の開放や濃度による温度の差、新しい PEG の添加、含浸遺物の移動等、条件が変化するため様々な判断が難しい。また、加熱温度の差、水分、期間、木材、鉄分、反応生成物などの因子が分解反応を促進していることも考えられる。今後、それぞれの因子と分解反応との関係を明らかにし、低分子化のメカニズムを解明する必要がある。それに加え、過去に行った代表的な PEG 処理、特に長期の処理期間を要した大型遺物に含浸された PEG などについても検証を行いたい。

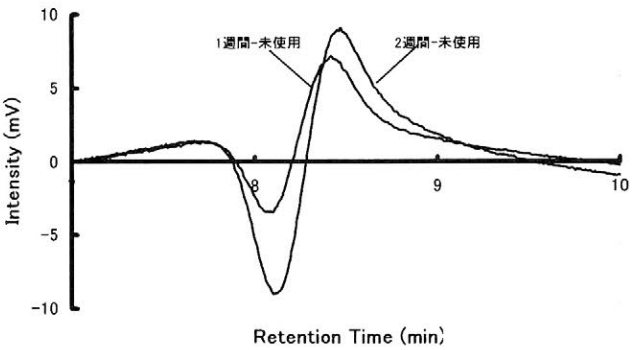


図2 クロマトグラムの減算結果

P17

力学的試験法による水浸出土木材保存処理方法の評価

○川本耕三（財団法人 元興寺文化財研究所）中村真仁（同）
中村晋也（金沢学院大学）

1. 緒言

近年、水浸出土木材の保存処理方法が数多く提案され、実用化されている。

これらの処理方法の多くは保存処理期間を従来法に較べて短くするために、充填する薬剤を低分子量化している。そのためポリエチレングリコールなど含浸する従来法に較べて遺物強度の低下が危惧される。しかし、保存処理後遺物の強度については、ほとんど報告されていない。そこで、本研究では種々の方法で保存処理した遺物や、保存処理後接着した遺物の曲げ強度を測定することにより、各種保存処理方法の比較評価を行なうことを目的とする。

本研究により保存処理した水浸出土木材の強度および接着に関する基礎的な知見を得ることができた。

2. 実験

強度測定試験は以下の3種類を行なった。

①試料片の曲げ強度試験

試料片を次のように作製した。出土流木(アカガシ亜属 含水率 100~800%・イタヤカエデ含水率 400~900%)から、繊維方向が長軸に平行になるよう断面 20mm の角正方形、長さ100mm の直方体木片を切り出した。木片を以下の6種類の保存処理方法で処理し、試料片とした。ポリエチレングリコール(PEG)法、真空凍結乾燥(FD)法、糖アルコール(SA)法、アルコール・キシレン・樹脂(AXR)法、脂肪酸エステル(HSM)法、高級アルコール(HA)法。試験装置は、島津製作所製オートグラフ AGS-H 型を使用し、最大曲げ強度（N/mm²）と変位（mm）を測定した。試験速度は 5mm/min とした。

②接着した試料片の曲げ強度試験

上記①と同じ寸法の試料片2個を、エポキシ系接着剤セメダイン（株）製「ハイスーパー5 分型」、およびシアノアクリレート系接着剤（株）アルファ技研製「アルテコ Z-106」を使用し、木口面の木目方向をそろえて突合せ接着をして試料とした。曲げ強度試験は①と同様に行なった。

③接着剤単体の打抜きせん断試験

保存処理後用いられている接着剤単体の強度測定を行なうため、エポキシ系接着剤 セメダイン（株）製「ハイスーパー30 分型」をシート状に硬化させ、1 辺 50mm、厚さ 1.2mm、中央に直径 11mm の穴をあけた試料を作製し、水浸出土木材の保存処理によって遺物内に残留すると考えられる薬剤（表 1）に 1 週間含浸し試料とした。打抜きせん断試験はプラスチックせん断試験治具を使用し、せん断強さ（N/mm²）

表1 接着剤浸漬条件

薬剤	対応する保存処方法	温度
純水	PEG法・FD法・SA法	60℃
PEG＃4000	PEG法・FD法	室温・60℃
ラクチトール	SA法	室温・60℃
トレハロース	SA法	室温・60℃
エタノール	AXR法・HA法・HSM法	室温
キシレン	AXR法	室温
12-ヒドロキシステアリン酸メチル溶融液	HSM法	60℃
ロジン・ダンマルガム・吹き込みヒマシ油（重量比 2・5・1・1）30wt%キシレン溶液	AXR法	室温
ステアリルアルコール・セチルアルコール（重量比 1・1）溶融液	HA法	60℃

を測定した。試験スピードは 1mm/min で行なった。

3．結果および考察

①試料片の曲げ強度試験

アカガシ亜属から作製した試料片は、水浸出土木材でありながら現生木材とほとんど変わらない含水率(100～200%)を示す試料片があり、同じ出土流木でありながら劣化の程度に差があることが予想された。曲げ強度試験の結果、含水率の低い試料片はどの保存処理方法を適用しても、一様に高い曲げ強度を示した。一方含水率が高い値を示した試料片では、含浸した薬剤によって、強度に差異が見られた。PEG 法、SA 法、HA 法、HSM 法では、それぞれ曲げ強度は現生木材本来の 50%~60%まで回復し、相対的に高い強度を与える保存処理であることが示された。

②接着した試料片の曲げ強度試験

破断した遺物の接着復元において、再度限度を超える力が加わった場合、新たな破断個所で遺物が破損するよりも、接着個所は破断するほうが望ましい。よって、接着した試料片の曲げ強度は①で測定した曲げ強度を超えない範囲で、できるだけ大きくなければならない。今回使用したエポキシ系接着剤、シアノアクリレート系接着剤は、ともに PEG 法と HSM 法で処理したものについて接着剤と試料片の界面で破断が起こり、FD 法、SA 法、AXR 法、で処理したものは新たな試料片箇所で破断した。FD 法と AXR 法は薬剤充填率のがそれぞれ 40%、30%であるため、試料片自体の強度は低いものの、逆に接着剤の投錨効果による充分な強度が期待できる。

PEG 法は、SA 法よりやや低い値で破断していることから、PEG#4000 またはその水溶液が接着性を低下させている可能性が示唆される。HSM 法においては試料木片の接着強度は非常に低い値を示し、PEG 法の 1/6 にとどまった。12･ヒドロキシステアリン酸メチルまたは残留エタノールが接着性の低下に影響している可能性が強い。

③接着剤単体の打抜きせん断試験

今回の実験においてすべての薬剤において、試料片の強度が低下している。特に加温およびエタノールによる強度低下が顕著に示される結果となった。高温にならない保存環境、また処理工程では、エタノールが残留しない慎重な薬剤の置換作業が必要である。

3．結論

脆弱化した水浸出土木材に薬剤を含浸することで、PEG 法、SA 法、HA 法、HSM 法では特に高い強度回復を与えることができる。しかしながら、保存処理した水浸出土木材はその保管・展示において以下の点に注意すべきであろう。

Ⅰ．水分は薬剤および接着剤に悪影響があるので、非水系の保存処理をした遺物であっても温湿度の管理は厳重にすべきである。

Ⅱ．エタノールは保存処理の現場で最も頻繁に使われる有機溶剤の一つであるが、接着剤への悪影響が著しいので慎重な取り扱いが必要である。

Ⅲ．接着に関して HSM 法は最も問題があることが明らかになった。早期に接着障害に対する対策を検討しなければならない。

P18

前期難波宮遺構の保存処理（2）

－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・鳥居信子（(財)大阪市文化財協会）
池之上晃敏（(株)アクト）・合志　修(大阪化成株式会社)

1. はじめに

昨年11月、難波宮大極殿の北西にあたる大阪市中央区大手前4丁目に大阪歴史博物館･ＮＨＫ大阪放送会館が開館した。大阪歴史博物館は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”としての性格を強く持つものである。

両館の建設工事に先立つ発掘調査により、前期難波宮にかかわる倉庫群と西側を区画する塀（以下、「倉庫群遺構」）、管理棟（同、「管理棟遺構」）、石組み溝と水溜め（同、「石組み遺構」）などの遺構が見つかった。これらの遺構を原位置を保ったままで保存し、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。

今回は昨年度の第1報以降、開館まで、そして開館後現在に至るまでの経緯を紹介する。

2. 前提条件と当初の目的

前提となった条件は、

・対象は倉庫群（1146.0㎡）、管理棟（98.9㎡）、石組み（108.3㎡）の各遺構。
・倉庫群遺構・管理棟遺構は一部が地球とつながっているため、遺構中に水が浸入する。
・各遺構とも空調器による温湿度の調整はできず、換気のみ可能である。

保存処理に先立つ環境の調査から、遺構の割れとカビの発生が生じる事は避けられず、また、双方とも保存処理によって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とした。この為、保存処理の目的を

・乾燥によって遺構が極表面的に細かく割れる事を防ぐ。
・内部からの水分の蒸発を遮断しない。
・表面的なカビの発生を抑える。

として、強化剤OH100、OM15（双方ともワッカー社製）に防カビ剤マルカサイド（大阪化成(株)社製）を添加して散布する方法を採用した。

3. その後の経過

3-1. 環境調査

①温湿度

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箇所で測定している。換気(外気の取入れ)条件が異なるので短絡的な比較は出来ないが、地球から切り離された石組み遺構が乾燥傾向にあり、他の2箇所は周年の変化内にとどまっている様に見える。(図参照)

②含水率

倉庫群の中央部で遺構面から110cmの深さまで5ポイント測定した。昨年4月からの1年間では、表面から50cmほどは時間の経過に伴い乾燥が進行している。しかし、80･110cmの2ポイントは含水率40%前後、50%前後で安定している。

3-2. 遺構の状態

①割れ

表面的な細かい割れはほとんど見られず、強化剤処理により一定の成果が得られたものと思われる。しかし、大きな割れは時間の経過とともに広がってきており、石組み遺構よりも倉庫群遺構・管理棟遺構に多く認められる。

②カビ

当初、環境性を重視した薬剤を用いたところ発生を抑えきれないカビ種が存在した。よって同定及び薬剤のスクリーニングにより現地試験を繰返し、より適正の高い抗カビ性を持つ薬剤を選択した。また、揮発性の低い溶剤を用いて遺構面への定着性を高めた。結果、カビ発生の完全な防止に至ってはいないが、従来よりも持続性の高い防カビ効果が得られ、カビ除去などメンテナンス作業の頻度が大幅に減少した。

③塩類

現在最も大きな問題は塩類の析出で、カビが効果的に抑えられるようになった開館直前から目立つようになった。当初から多少は出ていたようであるが、カビの発生とそれに伴う薬剤の散布によりほとんど確認できなかった。

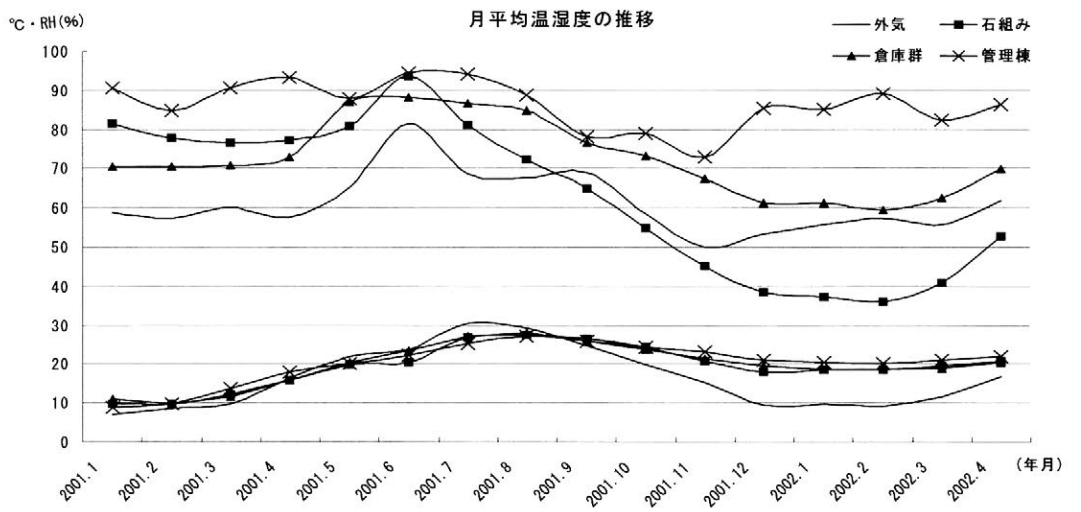
時間の経過とともに、同一の遺構空間でも塩類とカビは異なる箇所に生ずるようになった。空気の流れや遺構(土)の条件が何らかの影響を及ぼしているものと思われる。

4. まとめ－現状と課題

当初、問題となっていたカビの発生については薬剤の適正を検討した事により、飛躍的に抑制できるようになった。しかし、これに代わって塩類の析出という大きな問題が生じている。塩類の析出による遺跡の破壊は日本のみならず世界的にも大きな問題となっており、様々な対応がなされているようである。

現在、管理棟遺構は博物館1階エントランスホールで常時見る事が出来る。また、倉庫群遺構は1日に6回学芸員・ボランティアによるガイドツアー(『難波宮遺跡探訪』)を行なっている。双方とも「本物が見られる」と好評を得ている。

”展示活用”することの対極に”保存”を位置付けることは本意ではないが、現実には少なからず影響をおよぼし合っている。”展示に耐えうること”、”遺構を傷めないこと”という2つの観点から今後の対策を検討してゆかねばならない。



鎌倉のやぐら群の劣化と環境の関係について

○高東亮（中国洛陽龍門石窟研究院）
朽津信明・秋山純子・森井順之（東京文化財研究所）

1．はじめに

鎌倉市周辺に点在する「やぐら」と呼ばれる石窟群は、鎌倉時代後期から南北朝時代にかけ、主に墳墓の一形態として造られた。現在、これらのやぐらは、中に彫刻されている石塔も含めて、劣化の著しいものとあまり劣化していないものとがある。やぐらの劣化機構については、塩類風化に着目した川野・小坂の研究例[1]もある。しかし、全体的なやぐらの劣化状況と周辺環境条件の関係について調査された例は少ない。本研究では、やぐらの置かれている環境、やぐらの形態、そしてその劣化状況を調査し、それらの関係から、今後やぐらを良好に保存していく方法の策定に貢献することを目的とする。

2．調査地の概要

川野・小坂の研究によれば、今回調査対象とした百八やぐら群は、標高 110m前後に位置し、新第三紀鮮新世に堆積した海成層（上総層群浦郷層）に、上下2－4段に刻まれた約 120 の石窟群である。この地方の気候は、年平均気温が 16℃前後、年平均湿度が 70%前後で、年間降水量は 1000－2000mm程度と報告されている。

3．やぐらの劣化状況と調査項目

百八やぐら群の中でなるべく類似した形状の石塔を内部に持つ、劣化状況の違う四つのやぐら（A、B、C、D）を調査対象とした（図 1）。A窟は過去の崩落によって入口が広く開口している。壁面と天井に塩類の析出が見られ、石塔や壁面の下に粉状化した崩落物がよく観察される。特に奥壁に浮彫されている石塔は、著しく劣化している。一方、B窟は入口が半分近く埋没し、壁面と天井に塩類風化が認められない。奥及び左右壁に浮彫されている石塔も保存状態は良好である。C窟は入口がA窟よりさらに広く開口しており、石塔や壁面の下に粉状化した崩落物がよく観察される。浮彫されている石塔はA窟にある石塔より劣化している。D窟はほぼ当初の入口の形状を保っていると見られ、内部の石塔に劣化は認められるものの、わずかである。

この四つのやぐらの容積と入口の面積及びやぐら内部の石塔の風化度合い（推定される元の表面からの壁面後退量の最大値を風化度合いとして採用、図 2 に示す）をそれぞれ計測した。また、石窟の場所が隣接したA窟とB窟及びその周辺外気に関しては、温度、湿度を一時間に一回測定した。

4．調査結果

やぐらの容積と、入口の面積、及びやぐら内部の石塔の風化度合いの計測結果を表 1 に示す。やぐらの容積に対して入口の面積が狭いやぐらでは、石塔の風化度合いが小さいが、入口の面積が広いやぐらでは石塔の風化度合いが大きい。

劣化状況の異なるA窟とB窟及び外気の温度、湿度の測定結果の一部を図 3 と図 4 に示す。A窟、B窟と外気の温度変動のパターンはほぼ同じだった。外気の変動は大きく、A窟の変動はそれほどではないものの、やはり大きかった。一方、B窟の温度の変動幅はこれらに比べ、小さかった（図 3）。A窟と外気の湿度変動のパターンはほぼ同じだが、B窟の湿度変動のパターンはこれらとは異なり、上昇下降の仕方が相反する場合が多かった。また、B窟の湿度の方が外気の湿度よりも常に高かった（図 4）。

5．考察

百八やぐら群では、発掘や修復、そして近年の大規模な人為的破壊などは報告されていないため、今回観察された環境は、観察された劣化状況の形成に、少なからず関与していると考えられる。やぐらの容積に対して入口の面積が狭い石窟では、外気の影響（特に湿度の低下）が内部に及びにくいた

めに、劣化が起きにくいと考えられる。これに対し、入口の面積が広い石窟では、外気の影響が及びやすいために、劣化は起きやすいと考えられる。このことから、今後やぐらを良好な形で保存していくためには、石塔の風化度合いが比較的小さいと観察されたB窟のように、外気の影響がなるべくやぐら内に及びにくいようにすることが対策の一つとして考えられる。

参考文献

1）川野辰康・小坂和夫（2000）石造文化材の塩類風化の季節変化―鎌倉やぐらの例―、日本応用地質学会、平成12年度研究発表会講演論文集　269－272

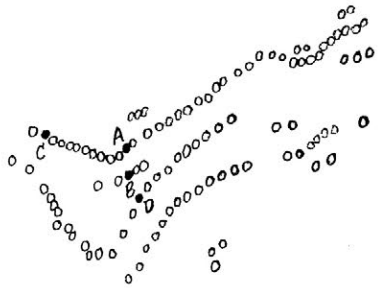
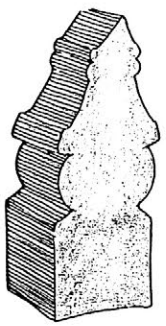


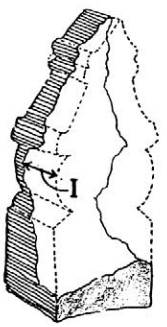
図1　百八やぐら群の分布
及び調査した石窟の位置図

表1 窟の容積／入口の面積の値（L）と風化度合いの関係表

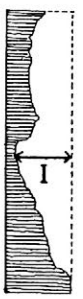
やぐら	窟の容積 V（m^3）	入口の面積 S（m^2）	L=V/S（m）	風化度合い I（cm）
A窟	2.7	2.1	1.3	13.0
B窟	8.9	0.56	15.9	0.6
C窟	2.8	3.6	0.8	21.0
D窟	4.1	1.6	2.6	5.0



石塔
（板塔婆形五輪塔）



風化した石塔
（I：風化度合い）



風化した石塔の断面図
（I：風化度合い）

図2

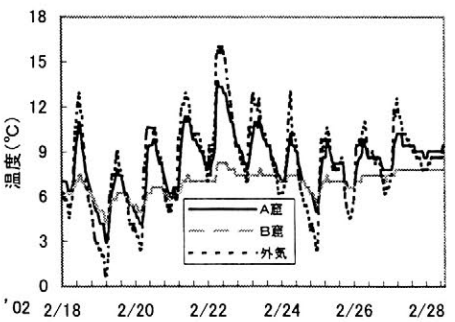


図3　A窟とB窟と外気の温度の比較

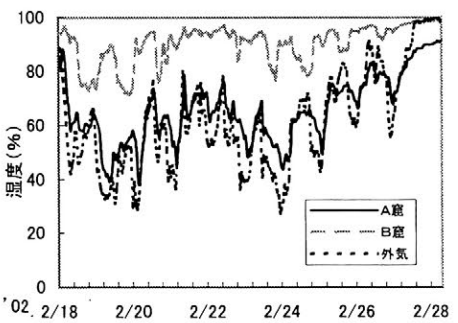


図4　A窟とB窟と外気の湿度の比較

P20

史跡志波城跡築地塀の劣化調査

○武田一夫（MTS 雪氷研究所）　石崎武志（東京文化財研究所）
登尾浩助（岩手大学）

1．はじめに

国指定史跡・志波城跡は、昭和 51～53 年岩手県盛岡市郊外の東北自動車道建設に伴う発掘調査によって、古代城柵跡の全貌が明らかとなり、史書に記載されていた「志波城」と確認された遺跡である（写真 1）。同遺跡は、外回り 840m 四方の築地塀の内，南門の両側に全長 252m(高さ 4.5m、幅 2.7m)が、三和土（粘性土、砂質土、石灰およびニガリ）を層状に締め固める古来からの技法「版築工法」によって、平成 9 年に復元された。しかし、現地が冬季氷点下 15℃にもなる積雪寒冷地であるため凍害を受けやすく、施工時から凍害を受けない維持管理方法が求められてきた。本研究は、施工に伴って実施した各種試験や調査の結果を踏まえ気象環境が築地塀の劣化に及ぼす影響を現地調査した結果をまとめたものである。

写真 1　復元した志波城築地塀と南門

2．調査概要

調査は、気象観測・築地塀の計測および劣化観察からなる。気象観測は、気温・湿度を中心に、平成 12 年以降雨量・日射量・風向・風速を加えて行った。築地塀の計測は、南向き・北向き壁面の温度、試験築地塀（本体築地塀とは別に、試験施工で造られた 1 単位分：長さ 6m）中心部の温度、凍結範囲、膨張収縮、水分分布と塩素イオン濃度分布である。また、築地塀本体の劣化観察を適時実施した。これらの調査は、平成 5 年以降一時中断をはさんで、現在も継続している。

3．調査結果

気温は、年によって多少の違いはあるが、図 1 に 1 例として平成 12 年 6 月～13 年 5 月の気温を示すように、+35～-16℃の範囲で変化した。特に、気温から算出する冬季の寒さの指標、凍結指数は、平成 12 年の冬季（12 年 11 月～13 年 3 月）の最大 224℃･days から、6 年の最小 12℃･days までの範囲にあった。12 年の寒さによる築地塀の凍結範囲は、版築部の高さ 3.9m の内，1.8m 以上が全面凍結した。その他の冬では、北向き壁面からの凍結が 1m 前後であるのに対して、南向きが凍結融解を頻繁に繰り返しながら、概ね 10～30cm であった。また、築地塀は気温や湿度の影響を受けて、夏季

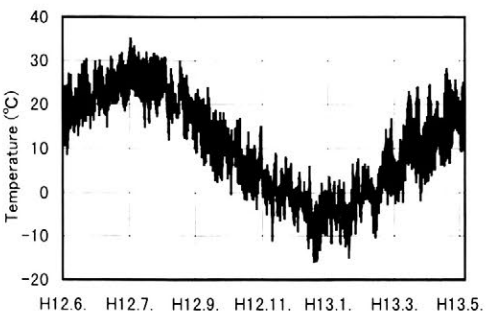


図1　志波城築地堀周囲の気温変化
H12/6～H13/5
（於：試験築地堀北壁上部）

に膨張し、冬季に収縮する結果が得られた。凍害を受けたところ受けないところの違いを、含水比と塩素イオン濃度の分布で示した結果が図2、図3である。

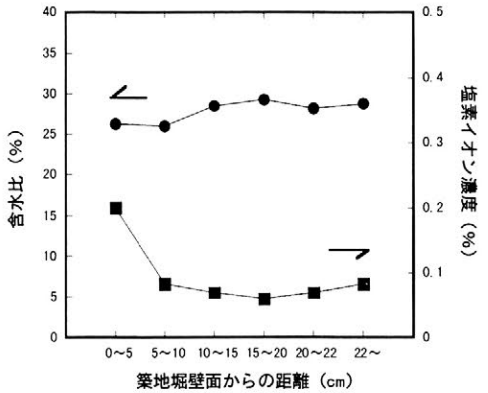


図 2　築地塀下部の凍害を受けない箇所(a)の含水比と塩素イオン濃度の分布

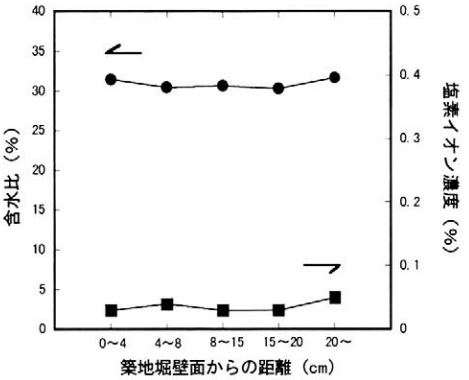


図 3　築地塀下部の凍害を受けた箇所(b)の含水比と塩素イオン濃度の分布

凍害を受けたところが、高含水比、低い塩素イオン濃度であった。一方、凍害を受けないところの表層は、高塩素イオン濃度で、塩分の集積を示した。全般に、南向き壁面は乾燥し、北向き特に下部が湿潤であった。劣化観察から、南向きより北向き下部において、表層はく離の劣化が多く見られた（写真2）。

4．考察

調査結果から、築地塀表面の乾燥によって、内部の土中水の移動が誘発される。その際に、土中水に含まれるニガリが壁表面近くに移動して、高濃度の層を形成する（図4）。この表層は、冬季に氷点下になっても凍結しにくく、劣化を防ぐ役割をする。一方、凍害発生箇所は、外部から水分の流入によって築地塀下部の高含水比をもたらし、凍結しやすく、凍害を受けたものとみられる。

なお、盛岡市教育委員会文化課の似内啓邦氏、津嶋知弘氏には調査にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

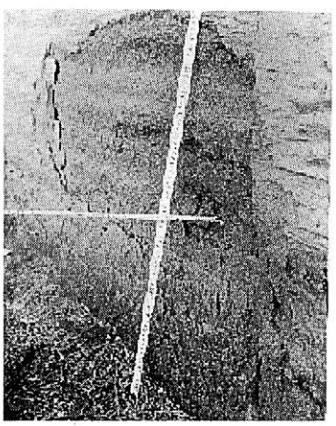


写真 2　築地塀下部の劣化

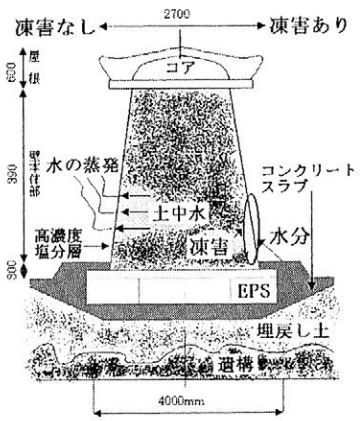


図 4　築地塀の劣化と保全機構

P21

シルクロード古銅印の三次元デジタルデータ保存と複製

河嶋壽一（龍谷大学）　○江南和幸（龍谷大学）

1　緒言

近年、コンピュータを利用して三次元デジタルモデルを作成するシステムの実用化が進み、さまざまな分野で活用されるようになってきた。しかし、文化財の複製作業に関してはまだまだ職人の技能に頼っていることが多いのが現状である。

そこで本研究では対象物として、龍谷大学が保存している、新疆ウイグル自治区のクチャ、トルファン地区で発掘された１～４世紀に作られた銅印を取り上げ、小型の測定・加工機械による三次元形状の測定、切削加工による複製品の製作、さらには鋳型を用いた複製品の製作という、一連のシステムを構築することを目的とした。

2　古銅印

図１に示す銅印の印面は陰刻である。使用方法は、木簡に字を書いた面を内側にして２枚の木札を合わせ、それを外側から見えないように紐で縛り、紐の結び目に泥もしくは粘土を塗り、その上にこの印象を押し付ける。この方法によると、印の押された泥や粘土を壊さない限り信書の秘密は守られることとなる。

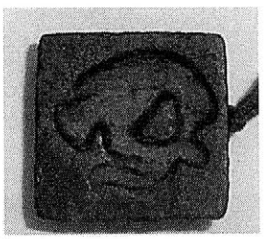


図１　銅印

3　実験方法

以下の手順で、銅印の三次元デジタルデータを測定・保存し、複製品を製作した。

(1) 測定・加工機械のスキャン機能を用いて、銅印の三次元形状を接触式センサーで測定する。

(2) (1)の形状データを用いて、測定･加工機械でケミカルウッド（木の微粉末を樹脂で固めたもの）を切削加工し、複製品①を製作する。

(3) つぎに、(1)のデータを変換して鋳型のデータを作り、ケミカルウッドを切削加工する。

(4) (3)でできた鋳型にコンパウンドを押し込んで型をとり、複製品②を製作する。

4　結果および考察

（１）三次元形状測定結果

銅印を 0.05mm のピッチで測定した三次元デジタルデータを図２に示す。鳥の形が浮き出ているように見えるが、実際はへこんでいる。

（２）複製品①の切削加工

先端半径 0.15mm のボールエンドミルを用いて、約 5 時間半の荒加工の後、約 1 時間の仕上げ加工を行った。得られた複製品①を図３に示す。

（３）複製品②の製作

切削加工した鋳型にコンパウンドを押し込んで取り外した後、オーブンレンジで 130℃、15 分間加熱して固化させた。得られたコンパウンドの複製品②を図４に示す。

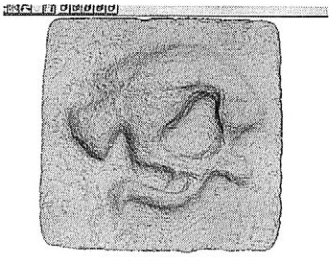


図２　銅印の測定データ

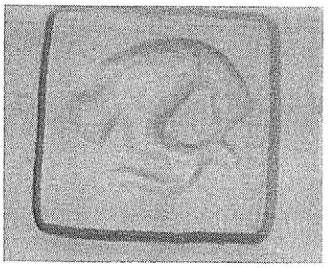


図３　複製品①

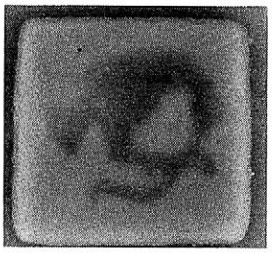


図４　複製品②

（４）現物と複製品の形状比較

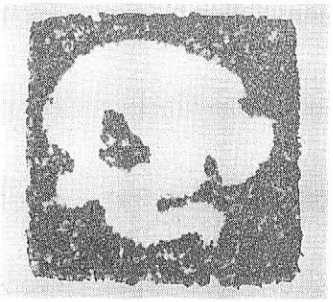
まず、ケミカルウッド複製品①を現物と比較すると、切削工具の先端半径が 0.15mm と有限であるために、細部とくに傾斜部の細かい形状などには若干の差異は見られるが、全体的にはほぼ複製できていると思われる。

次にコンパウンド複製品②を現物と比較すると、凹凸のコントラストが曖昧になっている。これは、コンパウンドでは練り具合や鋳型への押し具合によって、鋳型の形状を完全に転写することが難しいことを示している。

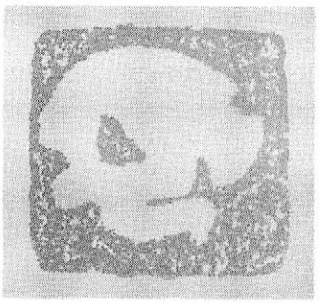
以上の結果から、コンパウンド複製品②よりケミカルウッド複製品①の方が、機械で直接加工していることもあり、精度のよい複製に向いていると考えられる。

（５）印章の比較

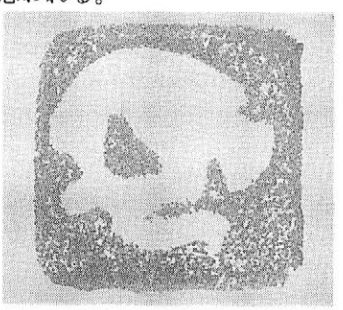
現物および複製品①、②の印章を取り、図５に示した。印の押し方によって印章が若干変化するために一概には言えないが、ケミカルウッド複製品①では全般的に精度の良いきれいな形が得られたのに対して、コンパウンド複製品②では軟らかいために押し加減が難しく、形状に若干の差異がみられた。以上の結果より、ケミカルウッド複製品①では細部には若干の差異はあるものの、全体的にはほぼ複製できていると思われる。



（１）現物



（２）複製品①



（３）複製品②

図５　印章の比較

５　結言

本研究により、職人の手では再現が難しい微妙な角度や凹凸の細部までを複製できるようになり、基本的には銅印の複製が可能であることがわかった。

本結果を適用することにより、現物の文化財が今後劣化しても、形状を三次元デジタルデータとして保存しておくことによって半永久的に残すことが可能となる。

P22

インスタントシートフィルムのX線ラジオグラフィーへの応用

○村上　隆・井上直夫・小野澤亮子・岡田　愛（奈良文化財研究所）

1. はじめに

文化財の内部構造や状態観察を行うために、埋蔵文化財センターを中心に、X線透過撮影装置を導入する文化財関連施設が増えてきた。しかし、従来のシステムでは、銀塩フィルムを用いるため、現像に伴う暗室作業が負担となっていた。今回、ポラロイド社のインスタントシートフィルムを用いることにより、暗室作業の省略化を図ることを考えた。例えば、考古遺物の保存処理作業などに伴う遺物の状態や構造などを、ポジイメージで観察できることも、これまでのフィルム撮影とは異なる利点である。また、このシステムの導入は、作業の効率化を図る上でも効果的である。本報では、フィルム特性による撮影条件を検討し、実用化の可能性を探った。

2.インスタントシートフィルムのX線領域への応用

ポラロイド社が開発したインスタントシートフィルムの現像原理は、受光フィルム層（これが従来のネガフィルムにあたる）で感知した画像を、現像の際に支持体である印画紙に直接転写することにある。従って、従来の①ネガフィルムの現像、②印画紙への焼き付け、という2段階の暗室作業が省略され、印画紙上に直接ポジイメージが得られることが最大の特徴である。ただし、このフィルムの初期の目的は、可視光領域の映像の簡便な画像化であることは言うまでもない。本報は、このフィルムの応用性をX線領域にまで拡張した初めての事例となろう。

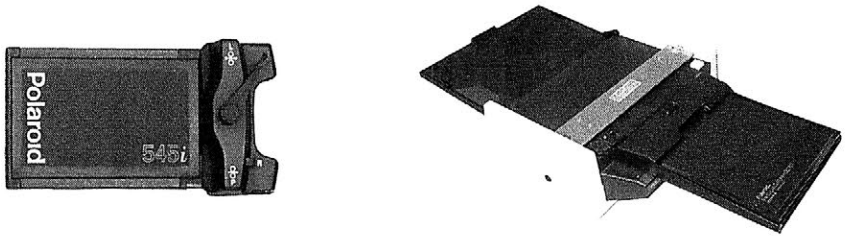
3.撮影実験に用いたインスタントシートフィルム

X線写真撮影に用意したインスタントシートフィルムを次に示す。いずれも、ポラロイド社製で現在市販されているもの、6種類である。ただし、現像にあたっては、それぞれのサイズに専用の現像器が必要となる（図1）。

【4x5inch サイズ】(a)コーティング剤が不要なタイプ
- **TYPE53**(ISO 800)
- **TYPE54**(ISO 100)
- **TYPE57**(ISO 3000)

(b)コーティング剤が必要なタイプ
- **TYPE55**(ISO 50)[ネガが残せる]
- **TYPE72**(ISO 400)

【8x10inch サイズ】 コーティング剤が不要なタイプ　**TYPE804**(ISO 100)



(a) 4×5inch 用　　(b)8×10inch 用

図1　インスタントシートフィルム現像器

4.撮影実験に用いた資料

今回の実験に用いた資料は、島根県出雲市下古志町妙蓮寺山古墳から出土した太刀の鉄地銀象嵌柄頭である（図2）。ただし、表裏の象嵌が二重に写り込むのを避けるために象嵌紋様がわかる一部分を用いて撮影した。なお、資料使用の許可をいただいた島根県立博物館に謝意を表する。

5.実験で得られた画像に対する所見

X線撮影に用いた装置は、㈱ソフテックス社製M-150Wである。実験は、㈱フジフィルム社製工業用X線フィルム IX100 で得られた最適画像と同程度と判断できる画像を各インスタントシートフィルムで得られる条件を探ることによって実施した。この遺物に対する工業用X線フィルム IX100 の最適条件は、管電圧 70kVp、管電流 2mA、照射時間 3 分であった。なお、管球と遺物の距離は、すべて 65cm である。

(ⅰ)フィルムの ISO 感度と最適画像が得られたX線管電圧の関係

フィルムの ISO 感度とX線管電圧（X線のエネルギー）には、明らかに相関があることがわかった。管電流 2mA、照射時間 3 分と固定した時、ISO3000 の **TYPE57** では、管電圧 70kVp とX線フィルムと同じ電圧で画像は得られたが、資料周辺がフレーアを起こして、不鮮明となった。ISO800 の **TYPE53** では 85kVp、ISO400 の **TYPE72** では 90kVp と ISO 感度が低くなるに伴い高い管電圧が必要となる。ISO100 になると、**TYPE54** と **TYPE804** はそれぞれ、135、145kVp とかなり高い管電圧を要する。また、ISO50 の **TYPE55** は、120kVp となったが、このあたりの違いは現像条件やシートサイズも考慮する必要もあるだろう。このようにインスタントシートフィルムでも条件さえ整えば、X線ラジオグラフィーに応用が可能であることは明らかになった。

(ⅱ)調査に最適なインスタントシートフィルムは？

（ⅰ）で述べたように、ISO3000 の **TYPE53** は、X線ラジオグラフィーには不向きである。4x5 タイプでは、ISO100 の **TYPE54** と ISO50 の **TYPE55** が使いやすい。**TYPE54** で得た画像をスキャナで取り込みコントラストを少し上げ、プリントアウトしたものが図３である。X線フィルム IX100 で得たネガからプリントした画像（図４）と比較してもほとんど遜色ないことがわかる。これはコーティング剤を塗布する必要もないので使い勝手がよい。**TYPE55** は、唯一ネガフィルムを残せるタイプである。このネガを用いると、これもX線フィルムとほぼ等しい画像を得ることができた。ただ、このタイプは、最終的にコーティング剤の塗布が必要である。感度が高い4x5サイズの他のタイプは、低い管電圧で撮影が可能という利点はあるが、鮮明度にやや欠ける。8x10 サイズの **TYPE804** は、ISO100 で少々大きな対象物でも鮮明な画像が得られるが、図１に示した特別な現像器が必要になる。いずれにしろ、画像保存のためのディジタル化は不可欠である。

6.まとめ

あまり大きくない遺物の状態や構造を、X線ラジオグラフィーによって調査するときに、インスタントシートフィルムを用いる簡便な方法を提案した。ただし、しっかりした画像を残そうとするならやはり従来からのX線フィルムで撮影する必要がある。しかし、インスタントシートフィルムを用いた即時的な対応は、X線ラジオグラフィーの利用頻度を上げ、遺物への理解を高めることに貢献するものと考える。

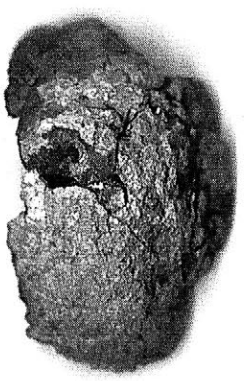


図２ 妙蓮寺山古墳出土の銀象嵌柄頭(一部)（島根県立博物館蔵）

図３ ポラロイド写真（TYPE54）

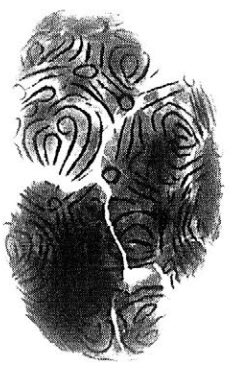


図４ X線フィルムより得られたポジ画像

P23

Contribution of Geophysics to Outline the foundation Structure of The historical Islamic Museum, Cairo, Egypt

Helal[1] A., Abbas[2&3] A. M., Atya[2&3] M. A. and Kamei[3] H.

[1] Ain Shams University, Abbassia, Cairo, Egypt

[2] National Research Institute of Astronomy and Geophysics, 11421 Helwan, Cairo, Egypt.

[3] Tokyo Institute of Technology, Tokyo.

ABSTRACT

The Historical Islamic Museum (1896) is a meaningful artifact representing with others the architectural characters of the Islamic Cairo. Recently, a general weakness of the building's constituents appeared as a direct effect of the underground water invasions. A restoration process, proposed the replacement of the wooden roofs into concrete, required a feedback about the base foundation of the building. The consulting engineers have assumed that the bearing walls might lay step-wisely into the ground, as the original design charts were missed. The accuracy of the geophysical reading for the bearing-walls design is a sensitive factor in planning restoration regime for enforcing those walls to bear the concrete roof and resist the groundwater destructive effects.

An integrated geophysical survey, including ground penetrating radar and dipole-dipole resistivity imaging, has been applied. The Ramac of Mala ground penetrating radar system attached to 500 MHz antennas and the Terrameter SAS-1000 of ABEM resistivity meter have been used for the survey. The survey was distributed over the possible places for measuring inside and around the building. The geophysical study was designed to find out the extension and shape of the bearing walls, the foundation and their surrounding petrophysical nature and also to study the hydrogeologic situation.

The study concluded that, the bearing walls of the building are of about 2m thickness and straightly rooted into the ground to over 2.5m (Figs. 1 & 2). The step-wise form of the foundation has not been recognized. The wall materials were proven as massive limestone blocks. Also, limestone blocks were prospected around the walls roots; it might be added by the constructor to enforce the ground or due to the general geologic condition of the area. A water-level was detected at a depth ranging between 1 and 2 meters; it might due to the water seeped from the sanitary and/or from the Nile River. The results of this study formed the base of the technical restoration regime and recommendation for future preservation of the museum from the under ground water.

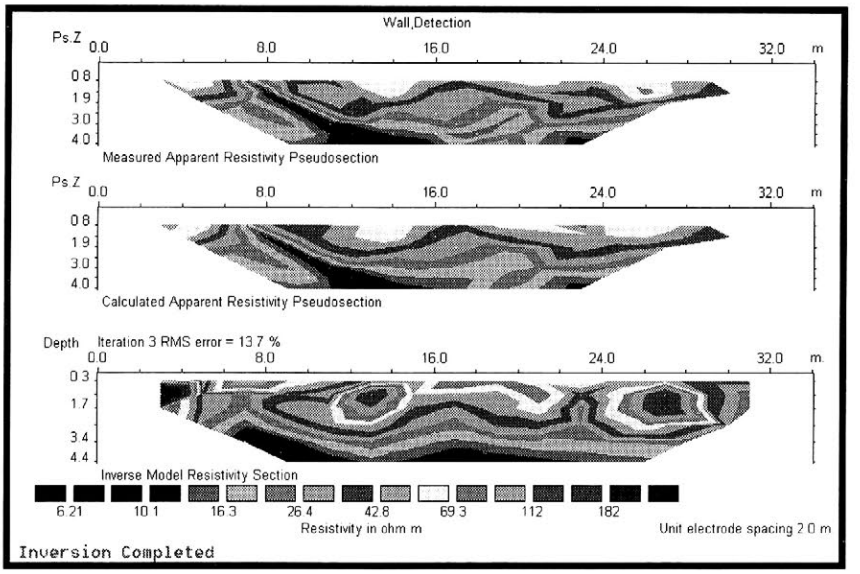


Fig. 1: 2D resistivity imaging section.

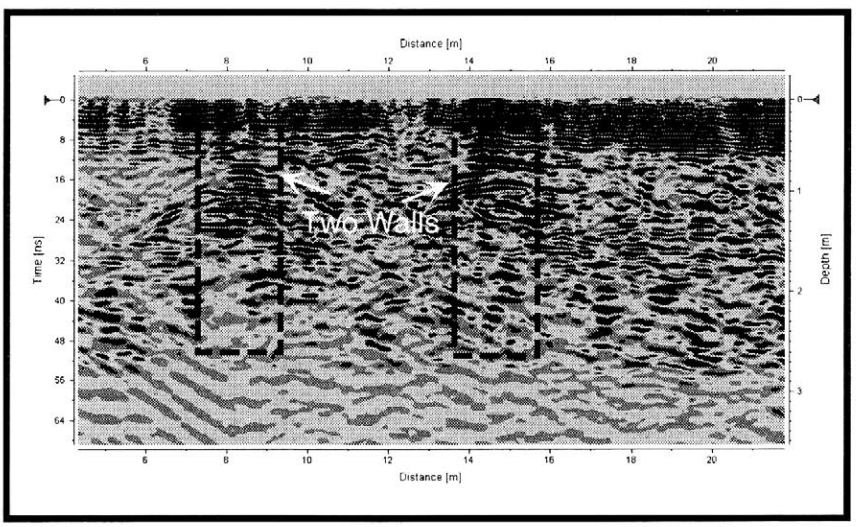


Fig. 2: GPR profile showing two walls.

P24　市販データを用いた簡易立体地形モデルの作成
―地形と遺跡立地の関係を探る―

木村寛之　○生方美菜子　兼康保明（株式会社イビソク）

１：はじめに

ＩＴ産業の躍進がめざましい近年、データの共有化とコンピュータの性能向上により、３次現表示が普及してきた。また国土空間基盤データ整備による地理情報の共有化により、一般に対して数値地理情報の３次元利用を可能にした。

本研究では、考古学や歴史地理学の研究に対して、(財)日本地図センターで購入できる国土地理院発行の数値地図及び空中写真を利用した手法を提示する。

２：地形の復原方法とその考察

２－１　旧地形の変化

高度経済成長期頃から、大規模な国土開発によって地形は大きく変貌をとげている。そのため考古学や歴史地理学の研究では、開発以前の旧地形の復原が求められている。その際、様々な資料を手掛かりにすることによりさらに詳細な地形環境を復原することができる。それらの直接的資料としては、遺構・遺物・ボーリング資料・古文書・古絵図・古地名、間接的資料としては空中写真・地形図・地籍図・地質資料等がある。それらの資料をディジタル化しコンピュータ上でデータの重ねあわせをし、検証することが可能である。本研究においてはそれらを３次元表示することで検討する手法を試みた。

２－２　メッシュ標高データ利用の問題点とその対策

現在、全国の標高データは「数値地図50ｍメッシュ」「数値地図250ｍメッシュ」として購入できる。これは50ｍ、250ｍのメッシュ上に標高データが付加された（ｘ,ｙ,ｚ）の３次元データが収容されている。このデータを立体として表現するイメージ手法として、等高線表示とポリゴンによる立体モデルがある。しかしメッシュデータを利用する場合に問題点がある。例えば図１のような河川や谷を表現する場合、メッシュデータでは河川を示す標高が存在するのは○の位置のみである(図２)。それを解消する為に図３の△ように河川の地形を付加する(ブレークライン)。他にメッシュを細かくする手法が考えられるが、労力を考えるとこの手法は実用的ではない。

また別の手法として、３次元データに地図や写真の画像を利用する方法がある。広域をみる場合には、50ｍ・250ｍメッシュデータのみでも比較的地形の形状を捉えることができるが、狭小地域をみる場合には困難である。その場合、図２の段階で画像データを３次元データに貼りつけると、臨場感のある地形表現が可能となる。

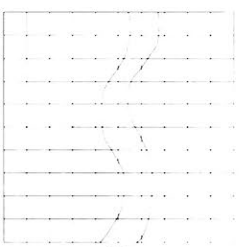


図１

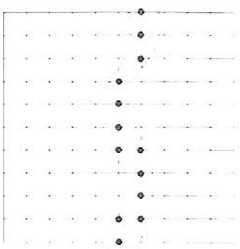


図２

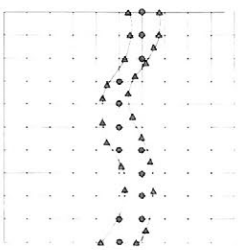


図３

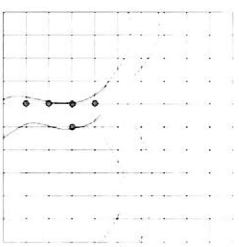


図４

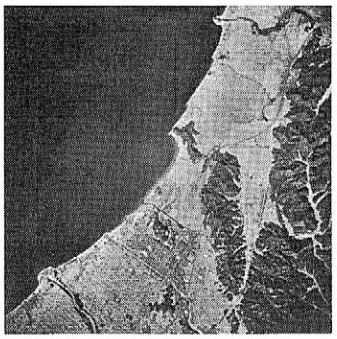
２－３　旧地形を復原する手法

図１の地形で旧河川の位置及び標高が、発掘調査やボーリング・地形図等の資料で判明した場合、○の位置の標高を変更したり、形状を付加すれば容易にできる(図４)。

また図化データを利用する方法もある。例えば、戦前後米軍の撮影した写真から解析図化機を用いてより詳細なデータを作成し、メッシュデータに付加し、合成する方法である。

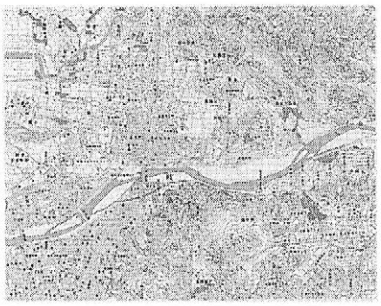
2－4　事例

□空中写真-国土地理院発行-

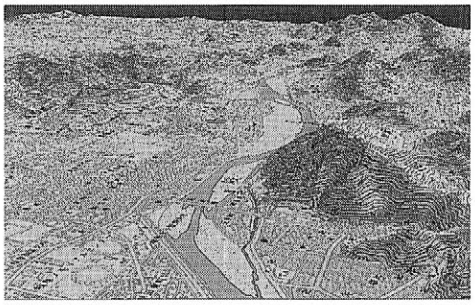


・数値地図50mメッシュ
・空中写真（米軍撮影）
-国土地理院発行-

□数値地図25000-国土地理院発行-



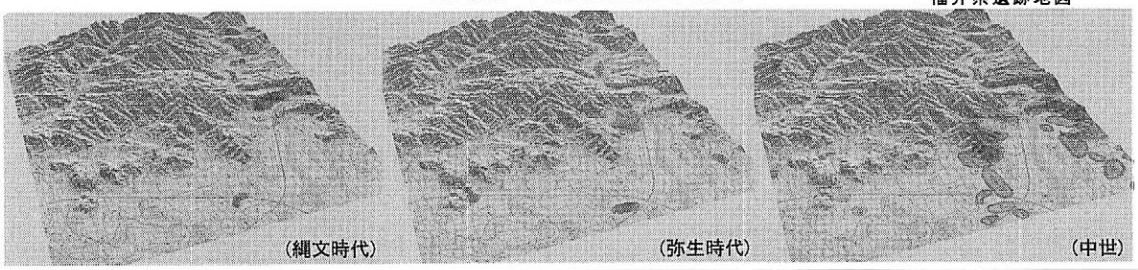
・数値地図50mメッシュ
・数値地図25000
-国土地理院発行-



□遺跡地図

－時代別にみる包蔵地範囲の分布－

・数値地図50mメッシュ
-国土地理院発行-
・福井県遺跡地図



空中写真判読の歴史は長いが、３次元上で俯瞰することで多くの情報を判読することを可能にする。様々な地形図、例えば明治期の仮製図や数値地図25000や都市計画図等を貼りこむことにより、より精細な地形をよむことができる。また図の歪みを検証することにより、地図作成時の測量精度を知る手段にもなる。さらに地形と遺跡立地の関係性を知り得る手段になると考える。

３：まとめと今後の展望

地形と遺跡立地との関係を判読する可能性を持つ立体地形モデルを、市販データで簡易的に多くの時間をかけずに作成することは意義がある。それは、立体地形モデルを簡易的に作成できることにより、調査研究の過程の検討段階でも大いに利用できるからである。

また、今回の３次元データを含めた地域データの集積および分析検討をすすめる上で、地質学・考古学・歴史学など関連分野の資料をコンピュータ上に取り入れ利用することで、共同研究の繋ぎ目の一手段とし、学際的研究を促進する可能性をもつと考える。

更には、それらのデータからＧＩＳを構築して利用するのも有効な手段である。

本研究において、国土地理院によるデータ基盤整備の進行、コンピュータやソフトウェアの高機能化により、簡易的に２次元から３次元世界を表現した。さらに時間的要素を付加したいわゆる４次元的表現も可能であり、今後時系列分析による検討をしていきたいと考える。

P25

屋外用レーザーレンジファインダーによる遺跡のリアルタイム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を中心として—

○塚本敏夫（財団法人　元興寺文化財研究所）、佐藤宏介、多井賢一郎（大阪大学）
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（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。

本報告では昨年度の報告に引き続き、島根県大社町に所在する出雲大社境内遺跡の心御柱の発掘現場で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）を用いたリアルタイム三次元デジタル計測の実施事例を中心に紹介する。

2．リアルタイム遺構計測試験

2-1．計測スケジュール

計測は●調査開始直後（裏込め石最上面）●調査中（裏込め石の撤去途中）、●心御柱抜き取り時の計三回を時系列的に行なった。

2-2．調査開始直後（裏込め石最上面）の詳細計測

詳細計測用 LPM-25HA で計測範囲を絞って分割計測を行った。（今回は調査区内の矢板の転倒防止のためＨ鋼の梁による補強が行なわれたため、北側からは計測できなかった。）

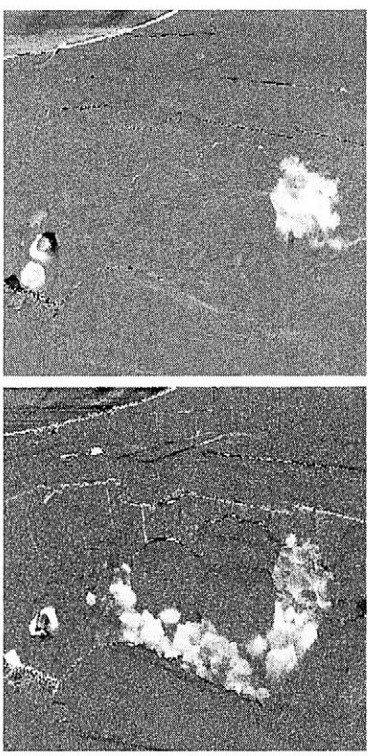
その際、視野内に基準点を３点以上設定し、トータルステーションで計測した。

2-3. 調査中（裏込め石の撤去途中）のリアルタイム遺構計測

裏込め石の撤去途中の取り外し作業をリアルタイムでデジタル計測を行った。

今回は計測スピードを重視してリアルタイム計測には LMS-Z210HA を使用した。

計測は取り上げ前と調査区の石を１／３取り上げた段階、全て取り上げた段階の３回連続的に行なった。



図—1　距離画像の差分表示
（上：石を１／３取り上げた段階
下：石を全て取り上げた段階）

〔効果〕通常の発掘作業では石を１面取り除く毎に、下の石の図面を作成する。リアルタイム遺構計測が導入された場合、この作業が飛躍的に短縮化できる。また、取り上げ途中の段階的な図面も作成可能であり、差分を測ることにより、石のＺ方向の深さ（埋め込まれていた深さ）が読み取れる。

2-4. 心御柱抜き取り時のリアルタイム遺構計測

心御柱の取り上げ作業をリアルタイムでデジタル計測を行った。

今回は精度を重視してリアルタイム計測にはLPM-25HA を使用した。

計測は取り上げ前と柱を１本取り上げる毎に３回連続的に行なった。

〔効果〕通常の発掘作業では柱を１面取り除く毎に、図面を作成する。リアルタイム遺構計測が導入された場合、この作業が飛躍的に短縮化できる。

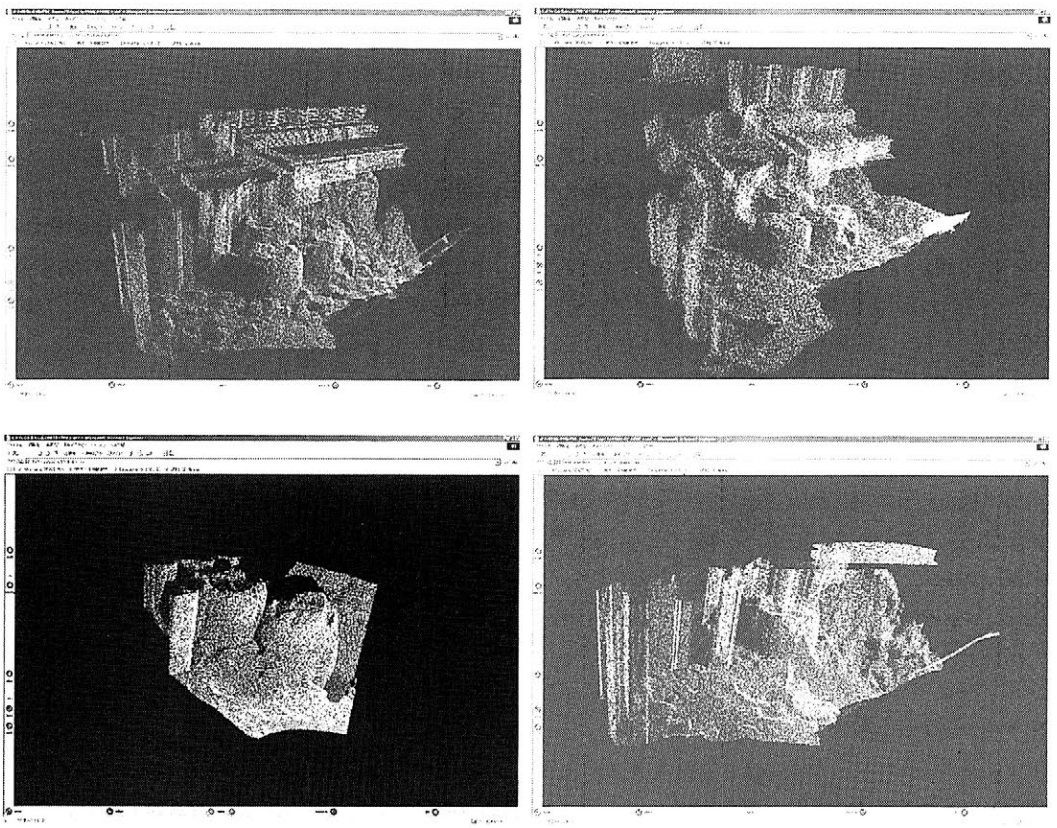


図-2　心御柱のリアルタイム計測結果

左上より、①礫撤去前　②礫撤去後　左下より③１本取上げ後　④２本取上げ後

3. おわりに

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。今年も他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ための基礎データ得ることや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。また、今後は考古学に特化した計測システムを早期に開発して普及化を目指していきたい。

P26

活断層に起因する国宝文化財の地震危険度評価

－国宝文化財所在地データベースの構築と活断層データベースとの連携－

二神葉子（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）
隈元　崇（岡山大学理学部地球科学科）

はじめに

文化財が短時間で大規模に破壊される要因として台風や地震などの自然災害を挙げることができる。地震のような低頻度大規模自然災害の発生を個別に予知するのは現在の科学水準では困難で，文化財保護のための対策も，危険度を確率論的に評価したものに頼らざるをえない。こうした評価をより実際的なものとするためには，文化財データベースと自然災害を予測するためのデータベースの融合をはかり，保護対策の指針となるようなモデルを導出することが必要で，最近進展の著しい地理情報システム（GIS）を利用することが考えられる。

日本を網羅する地震に関するデータベースは，公的機関や研究者によって整備が進められGISで扱える形式で提供されているが，遺跡を除く文化財の位置情報を含むデータベースはほとんどない。そこで，国宝建造物および美術工芸品の位置データベースを作成した。これに内陸直下型地震を引き起こす活断層データベースを連携させ，文化財への内陸直下型地震による災害について，現在までの知見で可能な評価の事例を挙げた。

活断層から生じる日本列島の内陸直下型地震の規模と頻度の推定手順

M7を超えるような大地震では，活断層に沿って地表地震断層が現れることから，「日本の活断層」などのカタログに記載された活断層の位置が将来発生する内陸直下型地震の震源域であるといえる（活断層研究会：1991）。これらの断層線を，地震を起こす単位である起震断層帯にまとめたデータベースと松田（1975）によるマグニチュードと起震断層帯の長さの経験的な関係および地震モーメントについての経験式（Wesnousky et al.: 1984）を用い，起震断層帯から発生する大地震の平均活動間隔を求めた。

国宝文化財所在地データベースの構築

本稿で扱うのは国宝に指定された有形文化財（建造物および美術工芸品）である。これには，平成14年1月1日現在，建造物209件，美術工芸品850件が含まれる。これらについてMicrosoft AccessとESRI社製ArcView3.2（日本語版）を用いて所在地情報データベースを作成した。

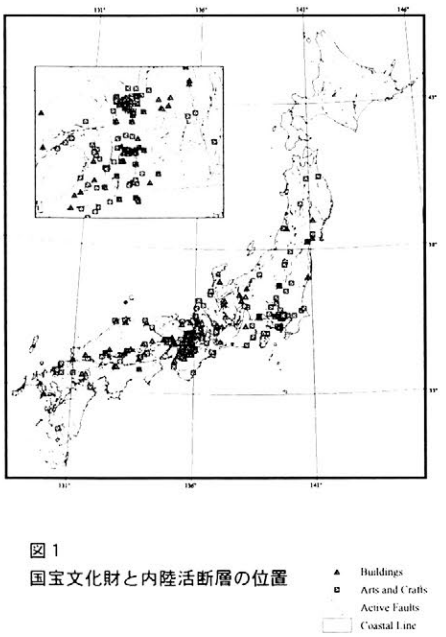


図1
国宝文化財と内陸活断層の位置

国宝文化財の地震危険度

国宝文化財所在地データベースと起震断層帯データベースを連携させ，個々の国宝文化財が被ると予想される地震動をまとめ，国宝文化財の地震危険度を評価した（図1）。

まず，GIS上で国宝文化財の個々の所在地から，起震断層帯データベース上の全ての起震断層帯までの距離を求めた。次に，個々の起震断層帯から発生が予想される地震のマグニチュードを計算し，さらに，地震動の距離減衰に関して経験的に求められた式（Fukushima and Tanaka: 1991）にこれらの値を与えることで，起震断層帯が地震を発生させたとき国宝所在地で予想される地表面の最大水平加速度を計算した。さらに，個々の国宝文化財の所在地を国土地理院発行国土数値情報の1kmメッシュの表層地質図と重ね合わせることで地震動増幅率を求め，表層地質を考慮した最大水平加速度を求めた。また，最大水平加速度は，防災科学技術研究所WWW（2001）を参考に気象庁震度階（震度）に読み替えている。

図2
今後50年間に10%の確率で被ると予想される地震動（最大加速度）マップ

実用的な危険度評価には，地震を起こさない期間を考慮して地震発生の確率を求めることが必要である。ここでは，地震の発生をポワソン過程と考え，ある地点である期間に特定の活断層から生じる地震の影響を被る確率を計算した。注目する地点が複数の活断層による複数の地震の影響する場所であった場合も考慮した（図2）。こうして，個々の国宝所在地で今後50年間に震度5強を被る確率を計算した。

その結果，確率が20%以上となる国宝建造物は11件であった。期待される最大加速度の値が最大なのは松本城（長野県）で，これは，糸魚川－静岡構造線系松本盆地東縁断層が約2kmのところに位置しているためである。糸魚川－静岡構造線の最後の地震からの経過時間は約1200年で平均活動間隔（1000年）を既に超えており，地震発生確率も最大約22%と高くなる。また，この断層が引き起こすと考えられる地震の規模はＭ８程度と推定され，我が国の主な活断層の中では高いグループに属する（地震調査研究推進本部：2002）。さきに挙げたその他の国宝建造物も，その周辺に長い活断層が近接しているため，内陸直下型地震の地震危険度は相対的に高くなる。

一方，国宝美術工芸品を収蔵する機関のうち，確率が20%以上のものは32件であった。最も確率が高いのは鉄舟寺（静岡県）および久遠寺（山梨県）である。これらの施設には平均変位速度は日本の活断層の中では最大級である富士川河口断層帯が近接している。また，活動間隔は千数百年で，最新の活動から1000年以上経過しており「現在を含む今後数百年の間にＭ８クラスの地震が起きる可能性がある」とされている（地震調査研究推進本部：2002）。また32件の施設のうち29件は京都府・奈良県・兵庫県に位置する。この地域は活断層の密度が特に高く，2040年頃発生が予想される南海トラフの地震に向けて，内陸直下型地震の発生頻度も高くなると言われている（尾池：1999）。この地域の国宝あるいは国宝を所蔵する建造物では，内陸直下型地震への十分な対策をとる必要があると考えられる。

最大加速度の値が0を示し，近くに大きな地震を起こした活断層がない文化財もある。これらの場所では，地表地震断層が生じる規模の地震は起こらないと考えられる。しかし，顕著な活断層がなくてもＭ７代前半の地震が起こることもある。これらは，文部科学省が作成を試みている確率論的地震動予測地図でも研究が進められており，こうした調査結果を参照しながら文化財の地震対策を十分に進めていくことを考える必要がある。

まとめと今後の課題

すべての文化財に対して最良の地震対策が施されるに越したことはない。しかし，国指定の文化財建造物だけでも1万2千件以上存在するので，限られた予算の効率的な使用も考える必要がある。今回は，国宝（建造物，美術工芸品）の所在地データベースを構築し，GISソフトウェアを用いて活断層の情報と組み合わせて解析することにより，個々の文化財が被ると予想される地震動や被害を被る大きさの地震動が起こる確率を定量的に評価した。この結果を用いることで，地震対策の優先順位設定など具体的な地震対策を提案することが可能になると考えられる。

一方，この結果を地震学の観点で見ると，ある文化財建造物が地震により倒壊せずにきたという事実は，その地点の地震動や完成後の地震発生確率の検証に役立つデータを提供すると考えることもできる。地震の危険度評価のためのデータやモデルは十分な精度で完成されたものではない。個々の活断層の地震活動再来期間が1000年を超えることを考えると，地震の歴史資料に加えて，文化財そのものを理学的・工学的に評価し過去の地震動を評価することも重要な情報を与えると考えられる。

P27

弥生時代前期の畑の土壌微細形態学的解析
－福岡県三沢蓬ヶ浦遺跡の例－

○宮路淳子（奈良文化財研究所）　平山良治（国立科学博物館筑波実験植物園）

1．はじめに

福岡県三沢蓬ヶ浦遺跡は、弥生時代前期の集落跡である。3C 地点において住居跡に隣接して畑が検出された。畑は斜面に直行するかたちで設置された縦畝をもつ。これらの畝および畝間の溝から耕作土と考えられる土壌試料を採取し、土壌の微細形態を解析した。解析には、実体顕微鏡・岩石顕微鏡での観察およびコンピューターによる画像解析を用いた。画像解析によるデータは数値化し、畑土壌のデータベースを構築しつつある。

2．分析の方法

土壌の微細形態学的分析とは、土壌構造を崩すことなく、現地のままの状態で顕微鏡観察を行うことができる分析法である。方法としては、専用の金枠を用いて遺跡から不撹乱の土壌を切り取り、樹脂によって固化し大型の薄片試料（8×15 あるいは 8×20ｃｍ）を用いて形態的に分析する。観察には実体顕微鏡・岩石顕微鏡を用い、画像をコンピューターに取り込んで画像解析を行う。この分析方法を用いることによって、古畑耕作土に特有のいくつかの特徴および内包される有機物・無機物の観察・同定が可能となった。火山性噴出物によって良好に保存されていた畑耕土壌（宮路・坂口・平山 2001）、および現世の耕作地の耕作土壌試料との比較分析を行った。

3．畑耕作土壌の微細形態

写真１は、三沢蓬ヶ浦遺跡 3C 地点の畝状遺構から採取した土壌断面である。ファブリックは、褐色～茶褐色（PPL）で中砂と鉱物粒などからなる。表層に小、中の炭化物粒子が散見される。粒径は小さく全体にほぼ揃っている。長石などの鉱物が非常に細かく砕かれた状態で含まれている。球状、直線状などの形状を呈する孔隙が多い。孔隙の最大径は１mm 以下であり、線状の孔隙の長さは２～３mm から 10mm 前後である。ここに見られる孔隙は植物根や土壌中に棲息する生物に由来するものと考えられ、活発に活動していた様子が考えられる（土壌化が活発＝肥沃な土壌）。

それに対して写真２は、畝状遺構の間の溝から採取した土壌断面である。ファブリックは、黒褐色（PPL）で中砂と鉱物粒からなる。小さな炭化物粒子が散見される。粒径は小さく全体にほぼ揃っている。また中には長石などの鉱物が非常に細かく砕かれた状態で含まれている。球状、直線状などの形状を呈する孔隙が非常に多い。孔隙の最大径は 3mm 前後であり、線状の孔隙の長さは２～３mm から 10mm 前後である。ここに見られる孔隙もまた、根や土壌中に棲息する生物に由来するものと考えられ、活発に活動していた様子が考えられる。写真３は、畝から地山にかけての変化を観察するために採取した土壌断面である。

写真１・２の微細形態は、火山性噴出物直下の畑および現世の畑土壌と比較して間隙率、粒土構成、マトリックスに共通性が多く見られる。２は畝間の溝から採取した土壌であるが、耕作土の特徴をよく示しており、畝間に落ち込んだ耕作土である可能性が高いといえる。弥生時代前期の畑遺構はこれまで発見されたことがなく、当該時期の農耕技術・生産を知る上で重要な事例である。

＊用語は土壌薄片記載ハンドブック（Bullock, P. et al. 著、平山良治ほか訳　1989）による。

宮路淳子・坂口一・平山良治 2001「はたけ古土壌の微細形態学的分析－群馬県下で検出された火山性噴出物直下のはたけ－」『日本文化財科学会第 18 回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会、pp.52-52

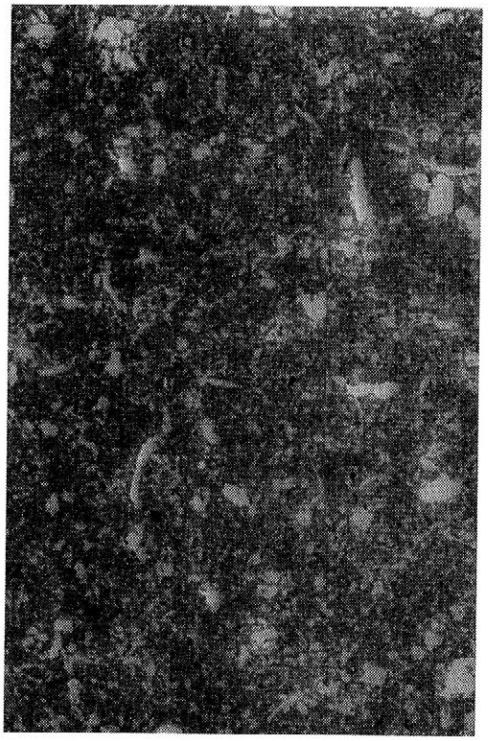


写真１（試料１）　畝状遺構から採取

写真２（試料２）　畝間の溝から採取

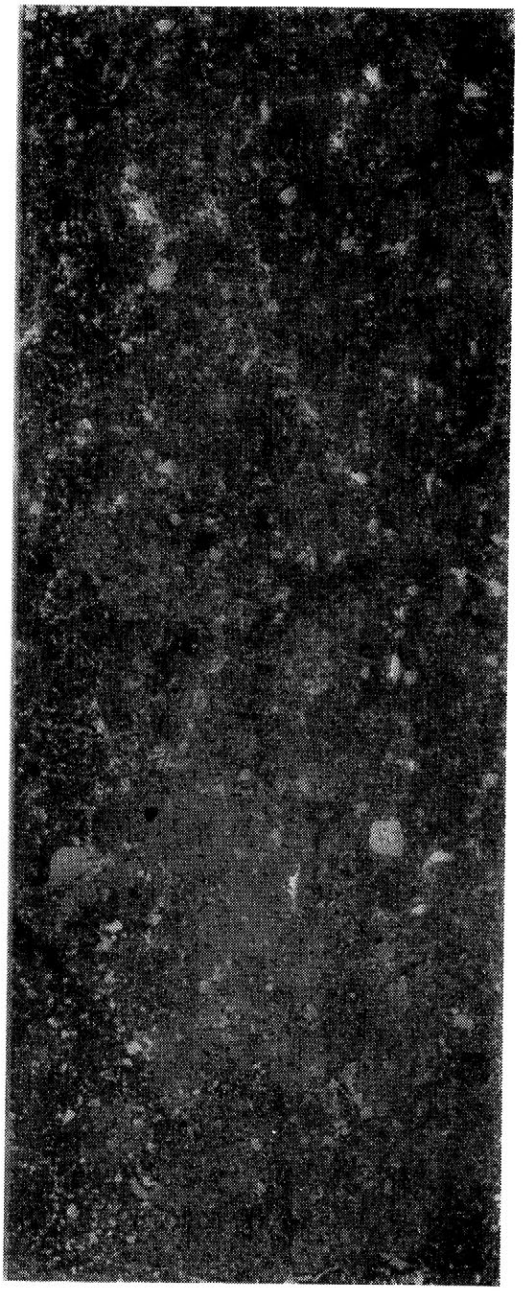


写真３（試料３）畝状遺構～地山

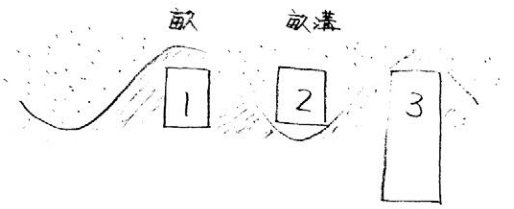


図１　遺構断面および試料採取地点

P28

上ノ平遺跡の土壌ブロックのＣＴ-スキャン分析と出土した炭化米のDNA分析

○花森功仁子（静岡大学農学部・株式会社ジェネテック）
松井文孝（(財) 静岡県埋蔵文化財調査研究所）西尾太加二（同）
錦野光浩（錦野クリニック）　佐藤洋一郎（静岡大学農学部）

緒言

静岡県上ノ平遺跡（掛川市）の1住居址床面の一部に多数の炭化米が密集した個所が見つかった．埋蔵の状態を推定するために炭化米が密集する部分を含む土塊を取り上げてCT-スキャンし，炭化米および他の遺物の立体的な広がりを検討した．その後炭化米を洗い出しDNA分析を行った．

材料と方法

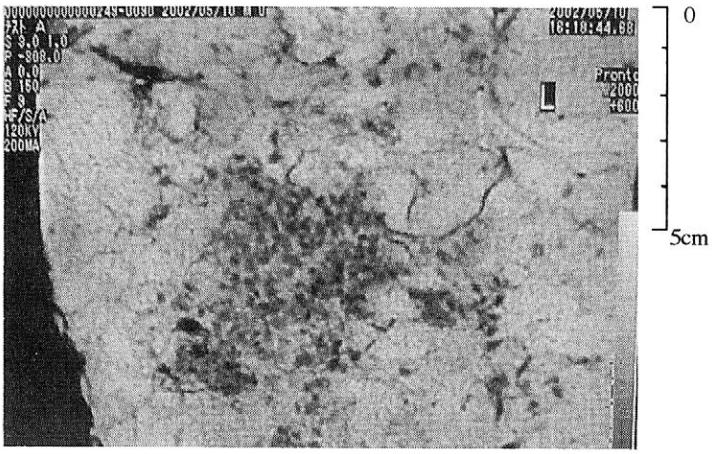
上ノ平遺跡は掛川市原野谷川右岸の丘陵地上に広がった弥生時代末期から古墳時代初頭の集落遺跡である．炭化米が密集する部分は多数の竪穴住居址が複雑に切り合った遺構B区に複数見出されたが，今回はその1つを含むように取り上げた土塊（40×60×23cm）について行った分析結果を述べる．この土塊は取り上げ後4分割し，ウレタンで包んだのち3mm間隔でスキャンし，炭化米の広がりを立体的に把握した．その後土塊を切断し，炭化米ほかの遺物を回収した．

結果と考察

炭化米は表層から2.5cmのところまでは比較的まばらに分布し，それより下部には認められなかったが，表面から5～10cmの深さのところに炭化米と思われる黒色の粒が密集する部分が1箇所みとめられた（図1）．この部分の大きさは鉛直方向に約5.0cm，水平方向（画面に対して）約5.5cmで，SCAN画像の解析から奥行きは約3cmと推定された．土塊を，SCAN画面の位置で切断したところ（図2），黒い粒子は籾殻を伴わない炭化米であった．また穂軸，芒などの構造はみとめられなかった．なお炭化米の塊のほぼ中央に，0.8×1.3×2cm程度の，白色の実質で占められた空間があったが，この実体は不明である．

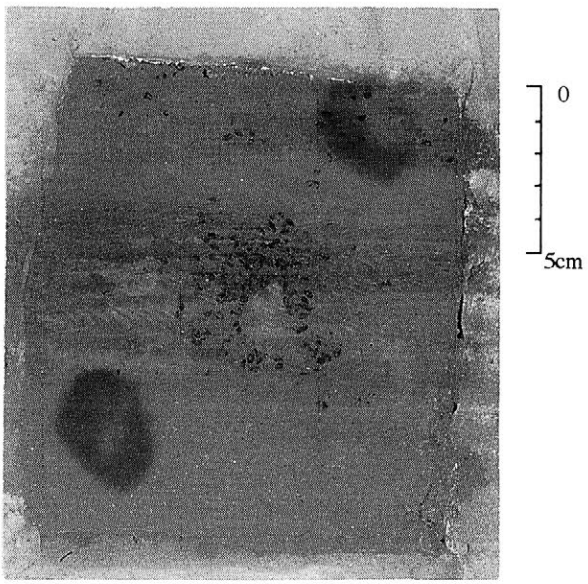
取り出した炭化米のうち18粒について，その1粒づつからDNAを抽出したところ，図3のとおり熱帯ジャポニカを示すバンドAは増幅せず温帯ジャポニカを示すバンドBを持つサンプルが6粒あった．弥生時代後期の全国の遺跡では熱帯ジャポニカが平均35%検出されていることから温帯ジャポニカのみ出土していることは注目に値する．また，今後はラセン状に解析するヘリカルＣＴスキャンを利用して土壌中のおにぎり状の炭化米などを洗浄前に検出し、植物遺体の形状を立体的に再現する．

図１



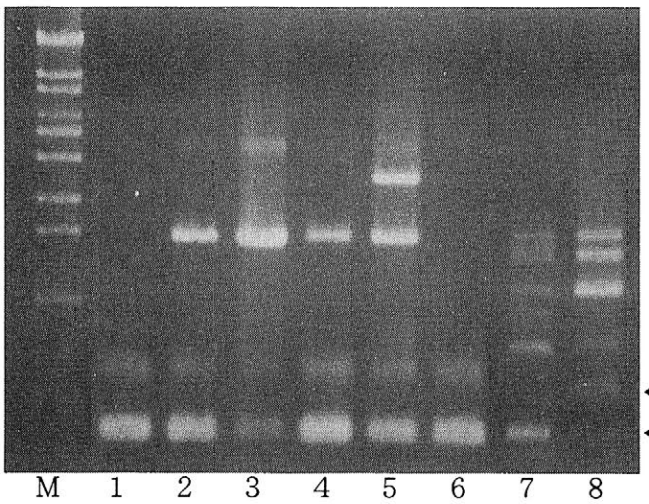
CT-SCAN画像.
土塊を垂直にSCAN

図２



土塊の垂直断面の写真.
図１のSCAN画像の位置で，ウレタンのまま切断

図３



炭化米６粒から得られたDNAのPCR産物（CMN-B22で増幅）の泳動写真

M：マーカ
１～６：炭化米サンプル
７：温帯ジャポニカ
８：熱帯ジャポニカ

P29

墳墓出土赤色顔料の分析方法に関する基礎的研究　その２

－古墳の石室、石棺からのサンプリングと分析事例－

○本田光子（別府大学文学部文化財学科）　志賀智史
大澤元裕（行橋市歴史資料館）朴智鈴（別府大学大学院）

１．はじめに

近年、墳墓出土赤色顔料は発掘調査時点でサンプリングを行う機会が多くなり、葬送儀礼についてより多くの情報を得ることができるようになってきた。前報（第 16 回大会 1999）はそのような発掘調査時点でのサンプリングの有効性について報告を行った。今回は、過去の発掘調査において採集・保管されてきた赤色顔料とその付着遺物等について、再度のサンプリングにより分析を行った２遺跡の事例について報告する。

２．大分県佐賀関町築山古墳出土赤色顔料の調査

当古墳は神崎八幡神社に位置し、昭和 7 年の発掘調査で出土した大量の鉄器で知られているが、棺内からは 33Kg 余の赤色顔料も一括して採集保管され、他の遺物同様に神社のご神体として継承されてきている（PL1）。この赤色顔料からは、顕微鏡観察により大量のベンガラ（PL2）の他に微量の朱及び多量の繊物やクズ繭（PL3）かと思われる微細片が混在していることがわかった。また、用途不明の漆製品の破片も検出されたが、表面には漆とは異なるような固着材により朱が施されており、葬送儀礼における赤色顔料の多様な使用状況が窺われる。調査を行った赤色顔料は全体量の 10 分の 1 にも満たないが、赤色顔料及び混在する有機質遺物の微細片について詳細な観察を行うことが、埋葬時に使われていた有機物の材質や状態などを推定するために有効であることがわかった。過去の発掘調査において採集され長年月保管されてきた赤色顔料からは、今回のような試料の観察、調整や分析方法によってさらに大きな情報量の増加が期待できよう。

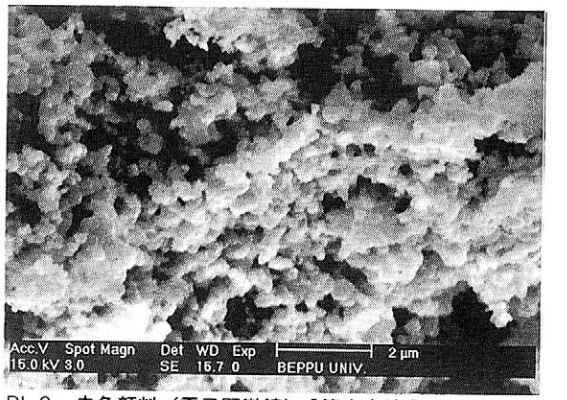
３．神戸市西求女塚古墳出土赤色顔料の調査

当古墳は、1985 年より継続的に調査され、慶長の大地震（1596 年）で主体部が大きく崩壊していることがわかった。調査終了後、竪穴式石室の石材すべてが神戸市埋蔵文化財センターに保管されており、石材全面の直接観察とサンプリングができた。壁体石材に付着残存する赤色顔料は、各小口積み石材 250 余個の各々3～4 面について試料採取を行い、実体顕微鏡による観察後、その部位をメンディングテープにより剥ぎ取り、蛍光 X 線分析を行った（PL4）。壁体には基本的にパイプ状ベンガラが認められ、部分的には朱も付着残存していた。仕切石、置石、天井石については、赤色顔料付着残存面全面をくまなく実体顕微鏡で観察した所、表面に朱が観察される部位と朱とベンガラの両者が観察される部位があった。数カ所から数 mm 角のブロックで、赤色顔料付着部分を石材ごと採取し、樹脂包埋後薄片を作製し断面を観察した（PL5, 6、①は石材）。これらには２枚の赤色顔料層が確認でき、下層はパイプ状ベンガラ（PL5, 6②、PL7, 8）、上層は朱（PL5, 6③）であった。石材をベンガラで塗布した後にその上から朱を塗布した可能性が考えられる。全体の状況を見極めた上での適切な部位のブロック試料断面観察は赤色顔料使用方法調査に有効であることを示すが、さらなる検討を続けたい。

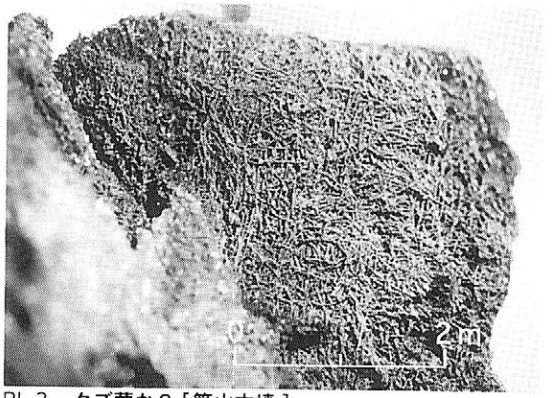
４．おわりに

築山古墳出土赤色顔料の調査は、神崎八幡神社、築山古墳保存会、佐賀関町教育委員会のご厚意により行われたものである。神戸市西求女塚古墳出土赤色顔料の調査は神戸市教育委員会、同埋蔵文化財センターのご厚意によるものである。また、築山古墳出土赤色顔料に混在している布帛およびクズ繭については東京国立博物館沢田むつよ氏にご教示戴いた。㈱SBC テクノ九州、同三隅秀幸氏には酸化鉄の分析方法についてご教示戴いた。なお、築山古墳出土赤色顔料の詳細観察分類調査の基本作業は別府大学文学部文化財学科・同大学院文化財学専攻の実習授業で行い、延べ 200 名以上の学生達の成果である。以上の機関・方々に記して感謝申し上げたい。

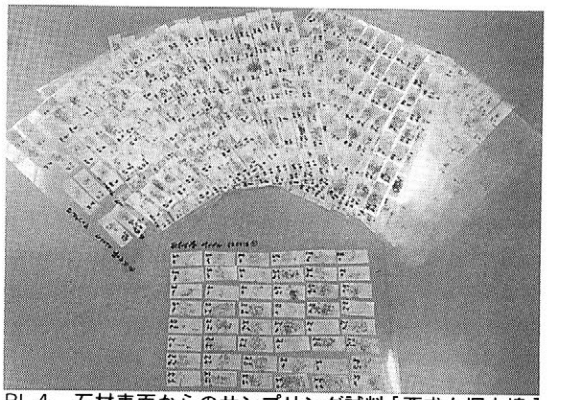
PL.1　赤色顔料入り大甕［築山古墳］



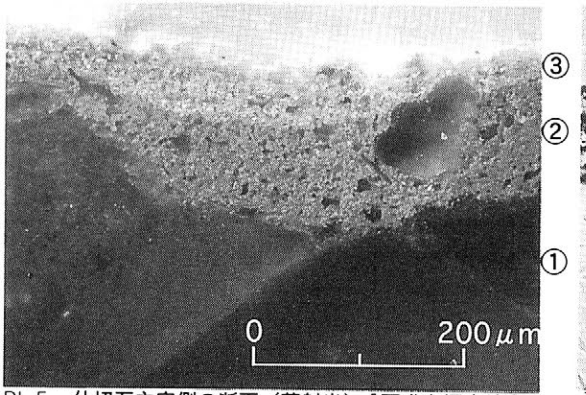
PL.2　赤色顔料（電子顕微鏡）［築山古墳］



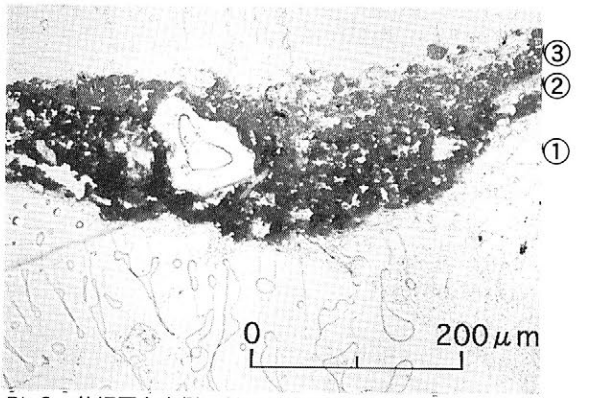
PL.3　クズ繭か？［築山古墳］



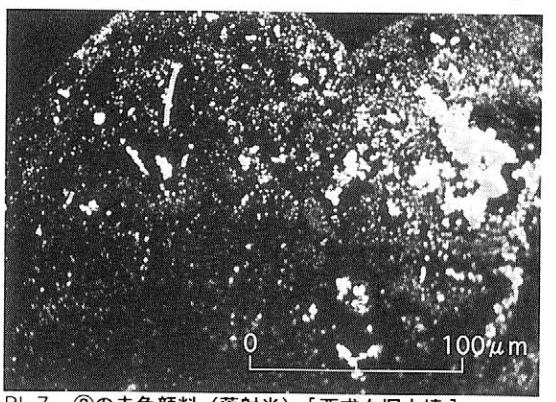
PL.4　石材表面からのサンプリング試料［西求女塚古墳］



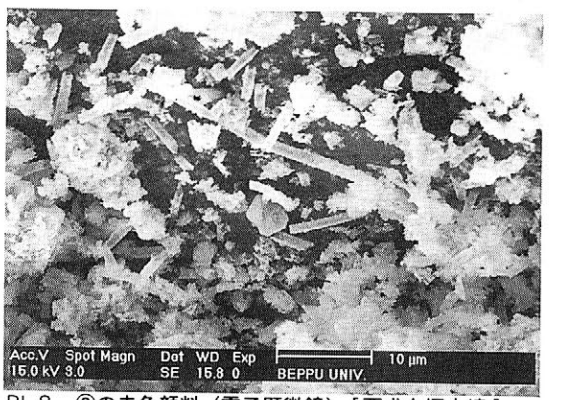
PL.5　仕切石主室側の断面（落射光）［西求女塚古墳］



PL.6　仕切石主室側の断面（透過光）［西求女塚古墳］



PL.7　②の赤色顔料（落射光）［西求女塚古墳］



PL.8　②の赤色顔料（電子顕微鏡）［西求女塚古墳］

P30

脊椎動物遺存体画像と切創に関するデータベース構築

○富岡直人、上岡真帆、藤田芙美、水野尊之、塩谷勇一郎、太田謙、宮本葵、辻貴之（岡山理科大学）

要旨

岡山理科大学富岡研究室では 1998 年より出土動物遺存体と対照標本の画像（実測図・写真）を中心としたデータベース構築に取り組んで来た。本発表ではその蓄積内容に触れるとともに、レーザー変位計を利用した非接触二次元形状計測装置による切創(cut mark)断面形状の分析（線画・デジタルデータ）について紹介し、これらを統合的に扱うデータベースの構築に関する試論を提示する。

1 画像データベースの構造と登録

画像は実測図と写真類とグラフがある。

実測図は、土器・石器等人工遺物実測方法を参考に製作し、一部でマイブンスコープ(スカイサーベイ社製)も用いた。トレースした図をスキャナーでコンピュータへ取り込んだ。

スチール画像は全てデジタル化しパーソナル・コンピュータに取り込んだ。登録プロセスは、35mm スチールカメラによる写真を現像（白黒の場合はプリント）してフラットベッド・スキャナーやフィルムスキャナーで取り込むか、200 ～ 500 万画素のデジタルスチールカメラ（Nikon 社製 Coolpix885・5000）のデータを直接コンピュータに取り込むかの二通りの手法を用いた。

これらの画像データとそれらの属性データ（テキスト形式）は MS 社の Access と Excel を利用して管理し、html に出力して利用することとした。これは汎用性を確保することを念頭においたシステムであり、ホームページ上での公開を予定している。

「3 損壊データ」で触れる切創断面のグラフは三谷商事社製トレスバージェライトによって抽出したデータを Excel と Access で管理している。

検索は、(1)骨格名．(2)骨格や損壊の特徴をキーワード化した名称・記号．(3)骨格ごとに実測図の縮小図版の一覧図．から検索できるように工夫した。

2 脊椎動物遺存体データ

登録された脊椎動物遺存体データは(1)対象標本となるべき骨格．(2)出土骨格資料．の両方を同一ファイルに格納した。出土資料か否かの参照は、テキストデータ上で行なうこととした。テキストデータを大別すると、(1)所属データ（登録番号、遺跡・採集地、帰属地点・帰属遺構・層位・時代・時期・季節、）(2)分類名（綱・種名<標準和名>）．(3)雌雄・年齢階梯．(4)部位・部分名称．(5)計測値．(6)損壊．に分けられる。これらの属性により、全ての資料を総覧・検索し、比較することが容易となった。

3 損壊データ

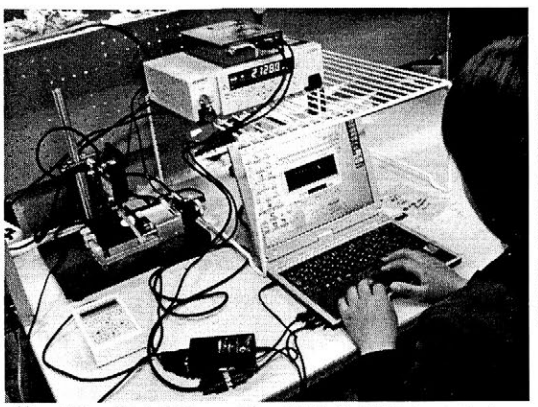
骨格に残される損壊の痕跡は、人間や他の動物によるものが複数認められる。これらのデータを抽出するにあたっては第 1 表の基準を用いて分類を行なうとともに、レーザー変

位計を用いて断面の状況を客観的に提示する方法の二通りを併用しデータ化を図った。

動物考古学者にとって、主観的になりがちな切創データを客観的に提示することは悩みの種であった。第1表のような分類基準では、画一的な属性のみが抽出され、各切創の微妙な状況の記載は困難か、あるいは非常に多量の解説が必要であった。

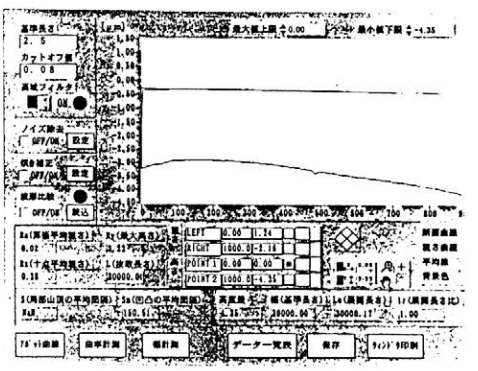
また、一方で遺跡出土骨格は脆弱であることが多く、微細な痕跡を記録するために用いるマーコ（真弧）やデバイダーのような脆弱な骨格よりも高い硬度の測定具（竹製・木製・金属製品）をあてると破損のおそれがある。富岡研究室ではキーエンス社製レーザー変位計（第1図）を利用し、非接触・非破壊・低コストでデータ抽出を実施し、第2図のような切創の断面形状の客観的データを抽出し、分析に利用している。利用されるレーザーは短時間の使用であれば、このような脆弱資料にダメージを与えることはない。

本論は、平成 8 ～ 10 年度文部省科学研究費基盤研究(C)(2)研究課題「遺存体データベースからみた縄文・弥生時代生業構造の変化」、平成 13 ～ 15 年度文部科学省科学研究費基盤(C)(2)研究課題「日本近世食文化の実証的研究－食料残滓解体痕跡と食具使用痕跡の分析を中心として－」の成果を含んでいる。データ登録にあたっては岡山理科大学学生谷村彩さんの献身的な御助力を頂いた。記して深謝致します。



第1図　微小部レーザー変位計測定システム

（左が測定部、右側が制御部・データ管理部）



第2図 切創断面形状データ

第1表　破損分類基準（アンダーラインが付された部分が分類名）

規則性の高い創傷：ヒトによる加工の可能性		
Aタイプ：　切断（対象を完全に切断している切創：cut mark）		a　溝面が平滑 切創切削痕跡： cut or scrape mark
Bタイプ：　切創（5mm 以上の深さ） Cタイプ：　切創（1 ～ 5mm の深さ） Dタイプ：　切創（1mm 未満の深さ）	1　線状に伸びた痕跡 2　刺突状に止まった痕跡 3　水平様に削いだ痕跡	b　溝片面が破断 打撃叩切痕跡： chop or huck mark c　断面に多数の平行線状痕跡 鋸引痕跡：　saw mark
規則性の低い創傷：動物による損壊の可能性		
Yタイプ：　局部的かつ連続的に孔を生じる　→　イヌ等食肉目の噛痕　→　イヌ噛痕 （日本の多くの遺跡の場合はイヌの可能性が高いと考えられるが、場合によってはオオカミやクマ等の、食肉目の可能性がある。）		1　垂直の孔のみ 2　溝条をともなう
Zタイプ：　二条の溝が一対になり、局部的に損壊される　→　ゲッ歯目の噛痕　→　ネズミ噛痕 （日本の多くの遺跡では大きさからみてネズミ類と考えられる）		

このデータにあわせ、破損のみられる部分・破損箇所数・範囲（長さ×幅(単位 mm)）を提示する。

P31

東アジア産青花白磁（せいかはくじ）における釉と着色成分による時代分類について

○ 張 大石・北田 正弘・建石 徹・桐野 文良（東京芸術大学大学院）

Ⅰ. 緒 言

青花白磁の釉層における紋様はコバルト顔料を着色剤として用いる。着色成分を示すコバルト顔料はシルクロード文化圏における国際的流通を、釉成分は産地における焼成および着色技術を示す。本研究では日本と朝鮮における青花白磁の代表的な産地として知られる有田と広州の窯址から出土した試料片を用い、釉成分および着色成分の特性から時代分類に関する知見を得ることを主な目的とした。

Ⅱ. 実験方法

分析に用いた青花白磁試料は朝鮮の御用窯が設置された広州の15世紀（樊川里窯址）と、18世紀（分院里窯址）に生産された20点である。一方、日本の試料片は有田の17世紀（天狗谷窯址）と、19世紀（小樽窯址）に生産された20点とした。測定には蛍光X線法を用いた。青花白磁片を胎土層から切削・研磨し、残った釉の着色層のみをガラスビードに分散・希釈した。試料に対するマトリックス相（$Li_2B_4O_7$）との希釈率は100：1とした。ガラスビード試料を波長分散型蛍光X線分析装置により定性・定量した。測定条件は線源：40kV・95mA、2000秒、真空（25.0 Pa）、照射径30mmとした。ただし、検出元素はX線吸収特性によりNa以下は除く。

Ⅲ. 結果と考察

3．1 釉成分による時代分類 ： 蛍光X線分析結果、主な釉成分としてAl、Si、K、Ca、Pなどが検出された（以下、検出元素は融液に入る酸化物の形で表記する）。釉成分の定量値は一部の元素を除いて時代による差が少ない。このため、定量値を直接プロットする方法による分類は難しい。ここでは中間酸化物であるAl_2O_3を基準に酸性成分のSiO_2、P_2O_5と、塩基性成分のCaO、K_2Oの含有比により表示を行った。Al_2O_3に対する酸性成分の含有比を図1に示す。Al_2O_3に対するSiO_2比において、朝鮮産はSiO_2/Al_2O_3＝4～5、有田産はSiO_2/Al_2O_3＝4.5～5.5の範囲に分布する。また、両地域の前期から後期になるにつれAl_2O_3に対するSiO_2含有比が低くなる傾向を示す。この傾向は釉成分に含まれるAl_2O_3の増加と関係する。P_2O_5/Al_2O_3比においては両地域の差が大きく、朝鮮産より有田産の方が含有比が高い。CaOを釉成分に取り組む際に用いる木灰などの植物灰はリンを含み、釉層の乳濁を生じる。このP_2O_5の含有比から有田産の青花白磁は木灰の使用が確認された上、後期になるにつれP_2O_5の量は減少する。一方、Al_2O_3に対する塩基性成分の含有比を図2に示す。Al_2O_3に対するCaO比において朝鮮産はCaO/Al_2O_3＝0.2～0.8を示し、分布範囲が広い。これに対して有田産は CaO/Al_2O_3＝0.4～0.8のまとまった分布を示す。また、両地域の前期から後期になるにつれCaO比はやや低い。釉層においてCaOの増加は硬度を高める一方で微細結晶を生じる。このことからCaO比の高い前期試料ほど釉表面がマット状になり易い。一方、Al_2O_3に対するK_2O比において、有田産のK_2O/Al_2O_3＝0.3～0.4は、朝鮮産のK_2O/Al_2O_3＝0.1～0.3より高い。K_2Oは融液の屈折率を高くし、着色顔料の発色を促進するなど釉の発色団としての働きを示す。したがって、K_2O比の高い有田産試料の方が朝鮮産試料より着色効果の高い釉成分を示す。

3．2 着色成分による時代分類 ： 青花白磁に見られる着色は遷移元素によるガラス着色を示す。蛍光X線分析結果、Mn、Fe、Co、Ni、Cuなどの遷移元素が検出された。青花白磁の釉層は同じ3d電子をもつ遷移元素のなかでも電子遷移による分岐エネルギー差が最も大きいCoイオンが組成における主要着色因子となる。この他、着色剤に用いるコバルト顔料にはMn、Fe、Cu、Niイオンなどが共存する（以下、融液に入る酸化物の形で表記する）。このため、CoOに対するこれらの成分の割合が発色に影響を与える。ここでは、CoOを基準に各遷移元素の含有比を求め、着色剤の特性および時代分類を行った。CoOに対するMnO、Fe_2O_3の含有比を図3に示す。MnO／CoO比において、朝鮮産はCoO／MnO＝0～3、有田産はCoO／MnO＝3～7の範囲を示し、有田産のMnO比傾向が高い。ただし、両地域の時代による差は少ないものの、後期試料ほどMnO比がやや高い傾向を示す。

また、Fe_2O_3／CoO比は両地域の差は殆ど少ないが、時代による含有比の差は大きい。即ち、前期試料より後期試料ほどFe203比が減少する傾向がみられる。これらの傾向は、後期試料においてCoO含有量の増加が見られたことに起因する。一方、青花白磁の着色剤に用いられるコバルト顔料は、西域伝来のCoAsS、(Co、Ni)As、Co(AsO4)2・8H20などのコバルト鉱石や中国産のコバルトを含むマンガン土などからなる。この際、西域産を

「回青」、中国産を「呉須」と称する。朝鮮産はMnO比が低く、特に15世紀試料はMnOを含まない試料が多い。このことから、朝鮮産のMnOを含まない試料における着色剤は「回青」の使用が、MnO比の高い有田産においては「呉須」の使用が考えられる。CoOに対するNiO、CuOの含有比を図４に示す。NiO／CoOにおいて、両地域の差は殆ど見られない。ただし、後期試料ほどNiO比が低い。一方、CoOに対するCuO比においては、朝鮮産の試料の方が有田産より高い。また、後期試料ほどCuO比が低い。即ち、NiO／CoOとCuO／CoO比は地域に関係なく後期になるほど減少し、Coイオンによる着色への影響が小さくなると考えられる。

Ⅳ. 結　論

以上、釉成分においては中間酸化物であるAl_2O_3を基準に酸性成分と塩基性成分の含有比を検討した。一方、着色成分は主着色成分であるCoOを基準に共存する遷移元素の含有比を検討した。　この結果、朝鮮と日本産青花白磁における釉の特性に関する知見が得られた上、時代分類が可能となった。

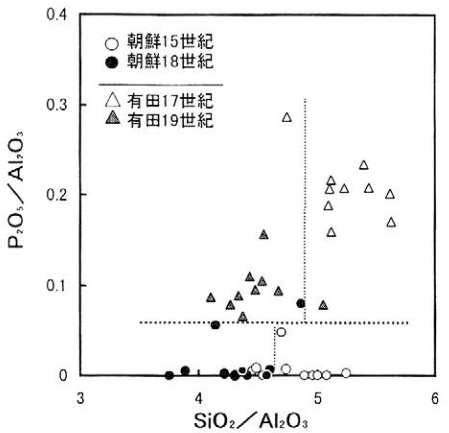


図1. 青花白磁の釉層におけるAl_2O_3 に対するSiO_2、P_2O_5の含有比

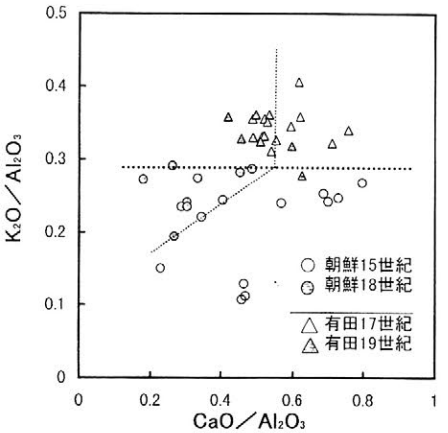


図2. 青花白磁の釉層におけるAl_2O_3に対するCaO、K_2Oの含有比

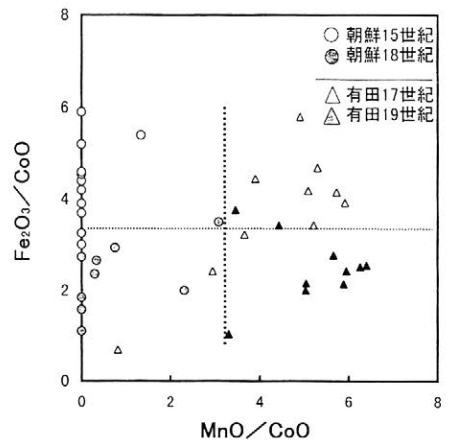


図3. 青花白磁の釉層におけるCoOに対するMnO、Fe_2O_3の含有比

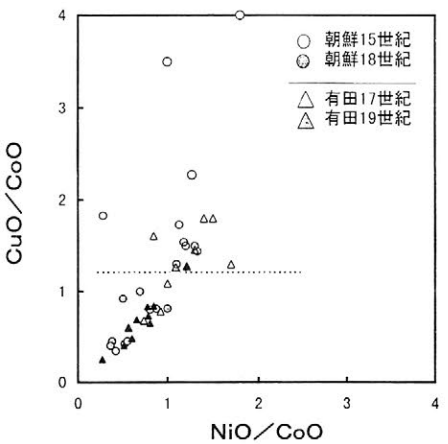


図4. 青花白磁の釉層におけるCoOに対するNiO、CuOの含有比

[参考文献]

1） 素木　洋一：釉とその顔料、（技報堂出版、東京、1968）pp. 47－130

2） J. C. Y. Watt：Ars orientalis, 11(1979)63－85

P32

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評価とデータ活用法

○ 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）伴　好弘（神戸大学）
藤沢典彦（大谷女子大）小林謙一（(独)奈良文化財研究所）難波洋三（(独)京都国立博物館）
古谷　毅（(独）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た。

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でさまざまな複雑系考古遺物の計測を行ったのでその評価の意味でコンテンツを発表する。

2．複雑系考古遺物の計測結果

考古遺物用三次元デジタルアーカイブシステムで計測したコンテンツの一部を紹介する。従来の計測装置では計測が難しかった複雑系の考古遺物での計測例を示す。ここでは銅鐸、形象埴輪、瓦、鉄製甲冑での計測例を示す。

2－1．銅鐸

図―1, 2 に東京国立博物館所蔵の気比 4 号銅鐸の計測結果を示す。テレレンズで片側 12 ショットで計 24 ショットの計測データを張り合わせた。細部の紋様までわかる良好なデータが得られた。

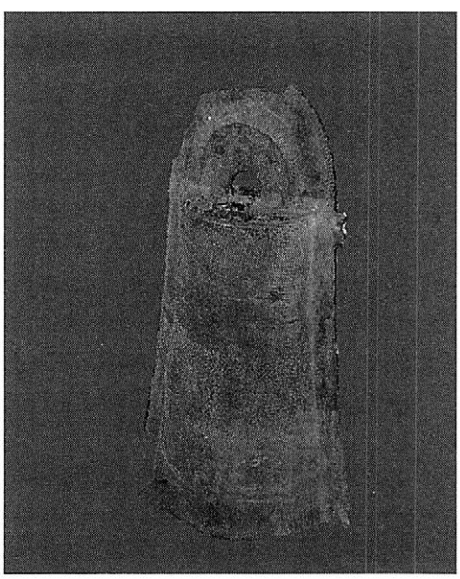


図-1　銅鐸のテクスチャマッピング

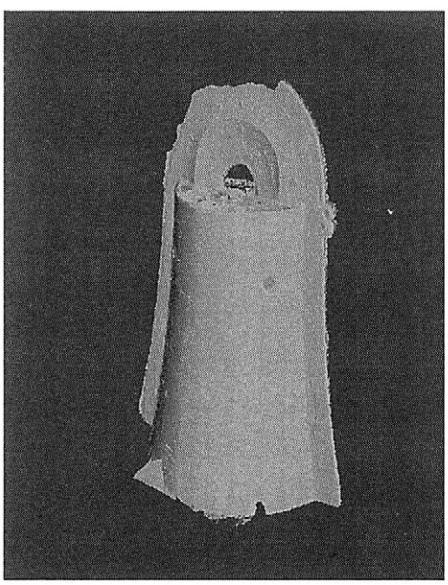


図-2　銅鐸のシェーディング

２－２．形象埴輪

（１）　形象埴輪（船）

図―３に高廻り２号墳出土の舟形埴輪の計測結果を示す。ミドルレンズで36ショットのデータを貼り合わせた。部分的に死角の部分のデータが抜けているが良好なデータが得られた。

（２）　形象象埴輪（人物）

図―４に大谷大学所有の人物埴輪の計測結果を示す。ミドルレンズで２４ショットのデータを張り合わせた。手の一部分のデータは取れていないがほぼ全体の形状データが良好に取れている。

２－３　瓦

図―５に奈良文化財研究所所有の鬼瓦の計測結果を示す。テレレンズで10ショットのデータを張り合わせた。

部分的に死角となる部分のデータが抜けているが良好なデータが得られた。

２－４　鉄製短甲

図―６に小野大塚古墳出土の鋲留短甲の計測結果を示す。ミドルレンズで１８ショットのデータを張り合わせた。

内面については部分的に死角の部分のデータが抜けているが良好なデータが得られた。

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、今まで計測が困難だった立体的で複雑な考古遺物を簡易に計測することが可能となった。また、取得した３次元データを利用して立体形状の比較が簡易に行なえることが確認できた。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。

今後は多く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で得られた３次元データを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

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

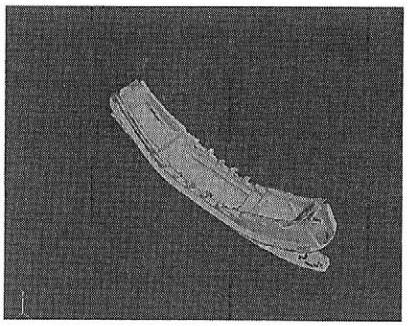


図-３　舟形埴輪のシェーディング

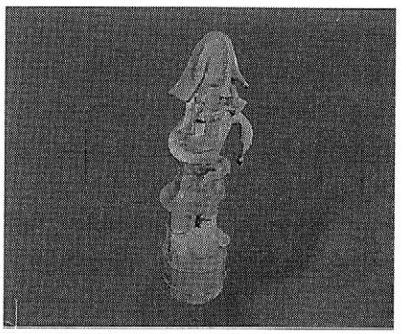


図-４人物埴輪のテクスチャマッピング

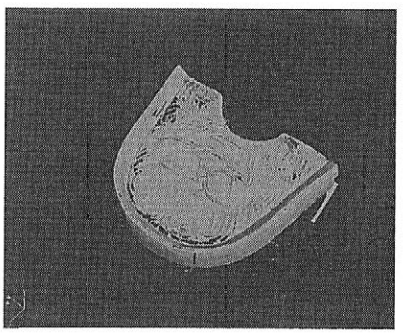


図-５　鬼瓦のシェーディング

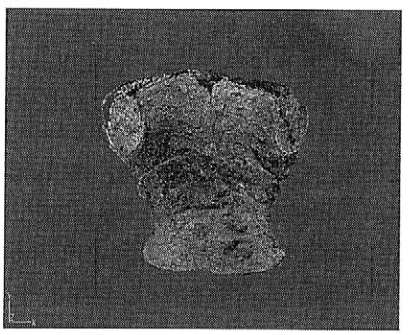


図-６鋲留短甲のテクスチャマッピング

P33

美術品輸送における基礎的研究

—出土金属製品をモデルケースとして—（1）

雨森久晃・○塚本敏夫（(財) 元興寺文化財研究所）

1．はじめに

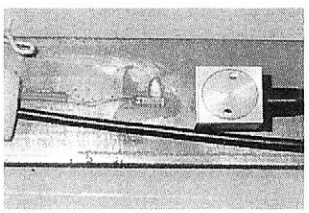
ここ数年美術品輸送は全国で開催される企画展などのために拡大の一途をたどり、その中で美術品輸送のモラルが問われてきている。文化財の公開は、社会教育という点からも避けては通れないものであり、そのためには輸送が不可欠である。しかしながら、書画・彫刻・工芸等の美術品に比べ考古資料・民俗資料は研究資料としての役割は重視されても美術品的価値は一部の指定品を除きなおざりにされてきた。このことは輸送や取り扱いにおいても反映されており、特にこれらの輸送については十分に注意が払われず、粗雑な扱いを受けることにより破損・欠損などの事態に陥ることも稀ではない。現在の傾向として博物館等での予算の削減や入札の導入により、美術品輸送専門業者でないものが輸送を担当することも増えてきている。特に考古遺物の中で太刀などの長尺遺物は、資料自体が脆弱化しており輸送時の振動等によって破損することも多い。

尚且つ考古遺物・民俗資料等は、保存処理以前と後では、その強度にも違いが出る。しかし現状では保存処理後の強度の設定が的確になされる判断基準を持ち合わせていないのも現実である。

2．研究の目的

美術品輸送の中でも考古遺物（金属製品の長尺遺物）を対象とし、これらの輸送について輸送時における衝撃等の負荷が遺物や資料にどのように影響をおよぼすか。また、輸送手段の相違（美術品専用車による輸送・一般車両による輸送）により資料に与える負荷の相違、またそれにより資料に及ぼす影響を明確にデータ化することにより、より良い美術梱包・輸送を考慮し検証する事を目的としている。

今回の発表では、その1として輸送手段の相違を検証し・データ化するために行った走行実験の内容と、そこで得られた走行時の車体の振動等が試験供試体に与える負荷を測定し得られた基礎データの報告を行う。



センサー取り付け部分

3．走行実験計画

A. 試験供試体の作製

対象モデルは輸送時の事故事例より、最も事故率の高い刀剣類（金属製品の長尺遺物）を考慮し、鉄鋼材（SS材）により作製した。

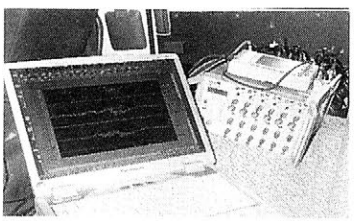
法量　長さ　1，000㎜×幅　38㎜×厚さ　6㎜　とした。

B. 使用計測機器・センサー

上記の振動測定比較試験を行うにあたって使用した機器は以下の通りである。

動ひずみ測定器　　マルチエース6G01＋ACストレン

アンプユニット4126（NEC三栄製）



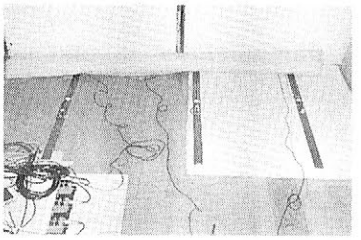
計測機器類

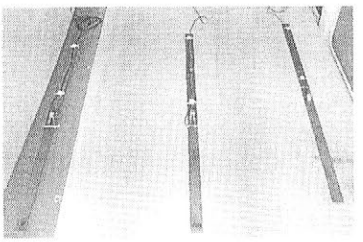
一軸加速度計　　SAH－100MS(昭和測器製)
ひずみゲージ　　N11-FA-5-120-11-VSE3
(昭和測器製)
データ収集システム　NR－2000(キーエンス製)

C. 輸送時の振動測定比較試験

輸送手段の相違・走行経路・試験供試体設置位置などを検討した。

a. 輸送手段　　美術品専用車 (トラックエアサスペンション仕様)
キャラバン　　(ワンボックス商用車)
ステップワゴン (ワンボックス乗用車)


試験供試体設置状況 (美術品専用車)


試験供試体設置状況 (ｷｬﾗﾊﾞﾝ)

b. 走行経路

輸送時の状況をよりリアルに再現するために、市街地・山道・高速走行が可能な経路を選出した。

c. 試験供試体設置位置

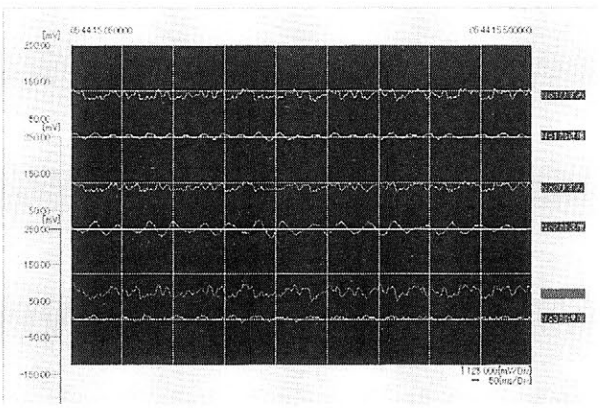
自動車のスペースの問題から美術品専用車は、荷室部の前部・真中部・後部の三箇所により測定、キャラバンは後輪車軸より前と車軸上、ステップワゴンについては後部車軸より前部に設置するようにした。左側1サンプルについては車体の状況を確認するため荷室に直に設置した。その場合サンプルの端部は固定し、そのほかのサンプルについては開放で試験した。以上の条件により進行方向に平行に設置するサンプルと垂直に設置するサンプルを設け検証した。

d. 緩衝材による比較

通常車載されている緩衝材によって振動の変化を測定するために右側の2サンプルは緩衝材を用い計測を行った。現在美術品梱包を施したサンプルについても計測しておりデータの解析中である。

4. 測定結果

上記の計画に沿って走行実験を行った結果、美術品専用車とワンボックス商用車では明らかにサンプルにかかる重力加速度の違いが明確になった。また、右図で確認できるように美術品専用車では荷室中央(上から3番目ひずみ・4番目重力加速度)に設置されたサンプルと右側(上から1番目ひずみ・2番目重力加速度)に設置されたサンプルとでは重力加速度・ひずみ応力共に荷室中央のサンプルがストレスを多く受けていることが判明した。


美術品専用車での走行実験波形

5. おわりに

以上のように走行実験について報告してきたが、現在進行している梱包の相違による輸送時の負荷のデータ収集・解析を行い、来年度の発表では錆化し脆弱化させたサンプルを使用し上記の条件下における輸送時のストレス状態などを明確にしていきたいと考えている。

謝辞　走行実験に際し㈱日本通運奈良支店駒井利定氏にご協力いただきました深く感謝いたします。

P34 文化財科学研究史の断面— Schliemann の場合—

大沢眞澄（昭和女子大学）

文化財科学の研究史について今迄主として人物を中心に検討・考察を行ってきた〔H.Davy と F.F.Jewett，第 13 回大会（1996）；Ph.F.von Siebold と W.Gowland，第 16 回大会（1999）；考古科学の周辺，第 17 回大会（2000）；M.H.Klaproth と H.Moissan，第 18 回大会（2001）〕。今回は Heinrich Schliemann（1882.1.6-1890.12.26）の科学的関心について考えてみたい。

シュリーマン（図１，文献(６)，図２(７)）はトロイ、ミケーネ、ティリンスなどの遺跡の発掘により、ミケーネ文化の探究者として考古学史上その位置は不動であり、また周知の通りである。しかしその人物像は近年多くの訂正がなされつつある。一方、彼の著作には自然科学的アプローチが多くみられ、金属器の化学分析データなど（専門家による）かなり記されており、考古学への自然科学利用の有効性についてきわめて高い関心を有していたことが推測される。

古代貨幣やガラスなど考古資料の化学分析はクラプロートに始まるが（1795）、考古学との直接的な接点はなかった。それ以降化学者による考古資料の分析は散見されるが、考古学の立場から自然科学の利用を積極的に求めたのはシュリーマンが最初といえるのではなかろうか。

彼の発掘に対する方法はかなりの批判を被っているが、中途からの Wilhelm Dörpfeld（1853-1940，図３，(６)）、Rudolf Virchow（1821-1902，図４）との共同研究・関係は多彩な考古学の成果に色濃く反映されている。

参考にした主な書目を記す。(１)～(５)はシュリーマン。

(１)「MYCENÆ;A NARRATIVE OF RESEARCHES AND DISCOVERIES AT MYCENÆ AND TIRYNS」A NEW EDITION,WITH IMPORTANT ADDITIONS AND NEW PLATES NY,1880.

(２)「ILIOS the city and country of the TROJANS The results of researches and discoveries on the site of Troy and throughout the Troad in the years 1871,72,73,78,79 Including an autobiography of the author」1881(1976).

(３)「TROJA Results of the latest researches and discoveries on the site of Homer's Troy,1882」1884 (1976).

(４)「TIRYNS The Prehistoric Palace of the King of Tiryns」1885(1976).

(５)Carl Schuchhardt「Schliemann's Discoveries of the Ancient World」tr.E.Sellers,1891(1971).

(６)Hartmut Döhl「Heinrich Schliemann Mythos und Ärgernis」1981.

(７)George Styl.Korres「HEINRICH SCHLIEMANN Ein Leben für die Wissenschaft」1990.

シュリーマンの新しい科学的考古学に対する思いは(３)の献辞「…… AND TO ALL WHO ARE SEARCHING FOR THE LIGHT THROWN ON HISTORY BY THE SCIENSE OF ARCHAEOLOGY」に見ることができよう。また彼の新しい視野に対する評価はトロイに関する(２)に記されたフィルヒョウの序文に見ることができる。「…… This excavation has opened for the studies of the archaeologist a completely new theatre-like a world by itself.Here begins an entirely new science.」。

シュリーマンの自然科学への関心は多くの面に及んでいる。その前に彼のトロヤ発掘の状況を見ると用具類がよく分かる（図５(２)）。各地遺跡の出土品についての化学分析は多岐にわたる。コハク酸含有量によるコハクの産地・流通経路の解明、金、銀、銅、青銅製品の組成と製作技法、土器類の胎土の分析とその製作など。また石器など石製品の岩石・鉱物種の同定など。気象観測も実施しており、1882 年 Hissarlik における７月初旬のデータを示す（表１，(４)）。

分析の具体例としてミケーネ第Ⅳ墓出土銀容器の場合(１)を示す。全重量は 44.36 グレイン、腐食部あり。供試量 15.786 グレイン、アンモニア水で腐食部の処理。処理後 11.823 グレイン。顕微鏡も併用、定性分析も一部実施。分析者はロンドン、王立鉱山学校冶金学講師 J.Percy 博士。

COMPOSITION PER CENT.

(*a*) *Metal.*	Silver	71·60	
	Gold	0·22	
	Copper	2·42	
	Lead	0·33	
	Iron	0·09	
	Chlorine	traces	
			74·66
(*b*) *Crust.* Portion soluble in ammonia-water.	Chloride of Silver	19·98	
	Protoxide of Copper (Black Oxide)	0·56	
	Chlorine	0·15	
	Copper	0·13	
	Sulphuric Acid	traces	
	Carbonic Acid, Water	1·15	
			21·97

(*c*) *Crust.*

Portion insoluble in ammonia-water.

Gold	0·05	
Silver	1·36	
Protoxide of Copper (Black Oxide)	0·09	
Carbonate of Lime	1·36	
Silica, Peroxide of Iron, Alumina	0·30	
	3·16	
	99·79	

COMPOSITION PER CENT.

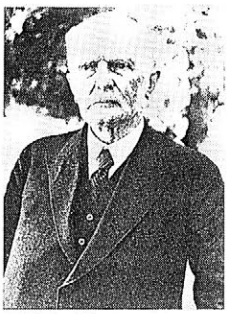
Silver	95·59
Gold	0·30
Copper	3·23
Lead	0·44
Iron	0·12
	99·68

図 1

Schliemann-Büste im Deutschen Archäologischen Institut in Athen

Sophia Schliemann mit Diadem aus dem großen trojanischen Schatzfund (Büste von G. Castriotis)

図 2



Doepfeld. Altersbildnis

図 3

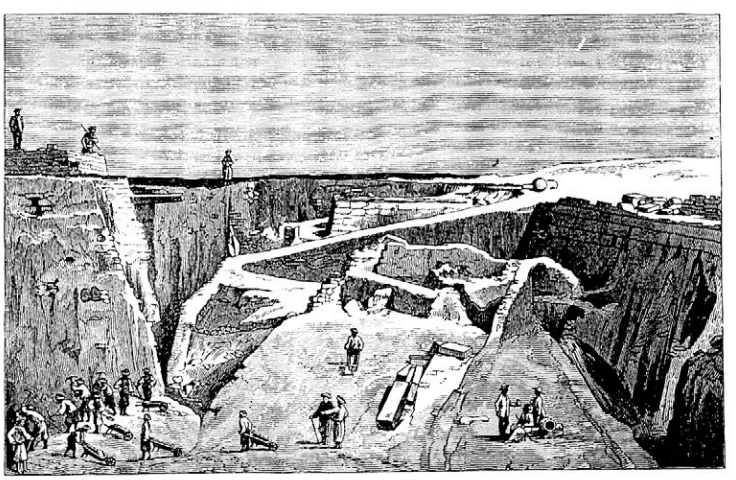
図 4

表 1

1882.] WEATHER AT HISSARLIK 385

	Barometer.	Thermometer, Celsius.
July 4.		
lower city of Cebrenè.		
4 a.m. light north wind . .	718½	25
at Turkmanli Kioi.		
6.30 a.m. calm	753	23
halting-place near Iné.		
3 p.m. calm	760	38
At Hissarlik.		
July 5.		
12.45 noon, strong west wind .	758½	30
9.8 p.m. strong north wind .	759	20
July 6.		
4.30 a.m. strong north wind .	760½	16
1.35 p.m. strong north wind .	762	30
9.48 p.m. light north wind .	761½	21
July 7.		
3.45 a.m. calm	760½	16
2.40 p.m. north storm . .	763	30
9.40 p.m. light north wind .	762½	23
July 8.		
3.55 a.m. calm	762	20
1 p.m. light north wind . .	761	38
9.30 p.m. calm	762½	25
July 9.		
3.47 a.m. light north wind .	761	22
11.35 a.m. violent north storm	762	31
9.30 p.m. light north-east wind	760	26
July 10.		
4.15 a.m. light north-east wind	758	22
1.30 p.m. strong north wind .	758	34
9 p.m. calm	756	27
July 11.		
3.20 a.m. calm	752½	22
12.30 noon, north-east storm .	755½	34
9 p.m. north-east storm . .	756	27
July 12.		
3.30 a.m. north-east storm .	757½	22
2 p.m. most violent north-east storm	757	30
9.30 p.m. north-east wind .	755½	22½
July 13.		
3.50 a.m. strong north wind .	753	18
12.35 noon, strong south wind	753½	30
9 p.m. calm	752½	24
July 14.		
4 a.m. calm	753	21
3.30 p.m. north storm . . .	755½	26
9 p.m. light north wind . .	750	22
July 15.		
4 a.m. calm	755½	16
12 noon, light north wind .	757	27
9.30 p.m. calm	757½	20½
July 16.		
4.30 a.m. calm	757½	19
1 p.m. west wind	760½	30
8.45 p.m. calm	759½	24
July 17.		
4.17 a.m. calm	759	22
11.30 a.m. west wind . . .	761½	30½
9.30 p.m. calm	759	24
July 18.		
3.30 a.m. calm	757½	20
12.50 noon, strong north wind	758½	33
8.10 p.m. strong north wind .	758½	26
July 19.		
6.20 a.m. north-east storm .	759	23
12.20 noon, north-east storm .	760	29
8.45 p.m. north-east storm .	759½	24
July 20.		
4.20 a.m. strong north-east wind	758	28
12 noon, north storm . . .	758	28
8 p.m. north wind . . .	758	26
July 21.		
6.30 a.m. north storm . .	757½	25
12 noon, north storm . . .	758	30
9 p.m. light north wind . .	758	26

As will be seen by these tables, we had rain only twice in three months at Hissarlik.



No. 1. Trojan Buildings discovered in the depths of the Temple of Athenè, as they appeared in June 1873.

図 5

P35

可搬型蛍光X線分析装置を用いた古陶磁伝世品に関する研究

○三浦裕·中井泉（東理大・理）・田村哲・仲野泰裕（愛知県陶磁資料館）

1　はじめに

これまで古陶磁の顔料や釉に関する科学的な研究は、主に発掘された伝世品と類似の陶片を分析することによって行われ、実際の伝世品に対する化学分析は殆ど行われていないのが現状であった。これは伝世品を保管場所から持ち出すことの困難さや、様々な形状の貴重な伝世品を分析することに対する問題のためである。これらの問題を解決するために、我々は大型の伝世品も高感度に分析できる可搬型蛍光X線分析装置の開発を装置メーカーと共同で行った[1]。本研究ではこの装置を実際に愛知県陶磁資料館に持ち込んで分析を行ったところ、ケース内に展示されている資料に装置を近づけることで、伝世品を殆ど動かさずに測定を行なう事ができた。この様な可搬型の装置を用いて博物館や美術館内で化学分析が行われた報告は、早川ら[2]による源氏物語絵巻の研究がよく知られているが、古陶磁伝世品のその場分析が行われた事例は初めてのことであろう。本研究は古陶磁伝世品のその場分析法について基礎的検討を行なうとともに、産地による材質や技法に関する化学的情報を得ることを目的とした。

2　実験

測定は愛知県陶磁資料館の館蔵品に対して行った。用いた装置は可搬型蛍光X線分析装置 OURSTEX140 である。本装置の光学系を図1に示した。本装置の特徴はPd管球からのX線をトロイダルモノクロメータによって分光、集光し、高輝度の単色光を用いる事により、高感度分析を可能とした事にある。測定の目的に応じて励起源（K線、L線、白色X線、1次フィルタ）を選択することが出来、本研究ではPdのK線、L線を励起源としてそれぞれ測定を行ない、発生した蛍光X線をSDDで計測した。また、三脚や特製の装置台を用いることで、資料を定位置に据えたままの測定を可能とした。試料として有田、柿右衛門様式の色絵菊文壺などをはじめ、伊万里、瀬戸、犬山、九谷などの古陶磁伝世品を計29点分析した。

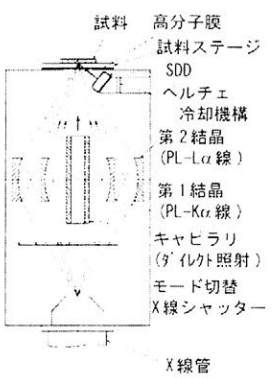


図1　装置の光学系

3　結果と考察

図2に柿右衛門様式の色絵菊文壺の蛍光X線スペクトル示す。白色釉と上絵の赤色部分との違いがよくあらわれている。この様なスペクトルから含有元素についてピークの積分強度を読み取り、その値を用いて多変量解析などの解析を行なった。それぞれの生産地ごとに素地、白色釉の成分を比較した結果を図3に示す。Ti, Fe (Factor1), Rb, Sr (Factor2) 等の含有比に違いが見られ、また同一産地内では白色釉と素地の原料が近い組成をもっていることが明らかとなった。すなわち素地に用いられた陶石に他の原料を加え、白色釉として用いていたと推測される。

また絵付け技法の違いを検討した結果、図4を得た。これに示したように絵付けの釉(青色部分)について、生産地によるCo/(Fe×Mn)比に大きな差があることが明らかとなった。したがって生産地により釉に用いた原料が異なっていたであろう。また、どの地域の資料に関しても上絵に用いられた釉の方がFe, Mnに対するCo比が大きかったことは、下絵よりも上絵を鮮やかに見せるための工夫とも考えられる。この傾向は素地の白色度が高い肥前産の資料よりも低い他の資料に顕著に現れていた。以上の結果から、生産地ごとにその地域の素地の色にあった釉をそれぞれ調合して用いていたと考えられる。

以上の様に、古陶磁の成分を分析することで産地や技法に関する裏付けの情報、あるいは再現を試みるための基礎情報も得ることができる。本法は、博物館や美術館で収蔵されている貴重な伝世品や発掘品に対して非破壊に測定できるものであり、資料を外部施設に持ち出すこともなく分析の光を当てることが可能である。今後、本法が文化財の化学分析法の一つとして広く用いられることが大いに期待される。

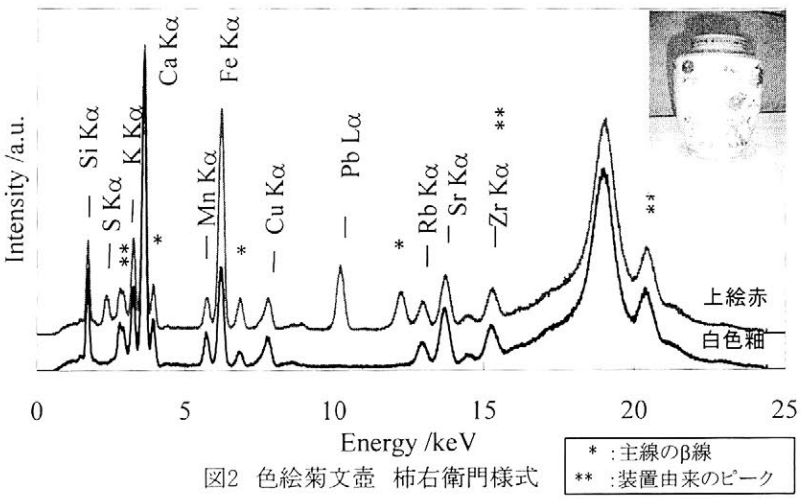


図2 色絵菊文壺 柿右衛門様式

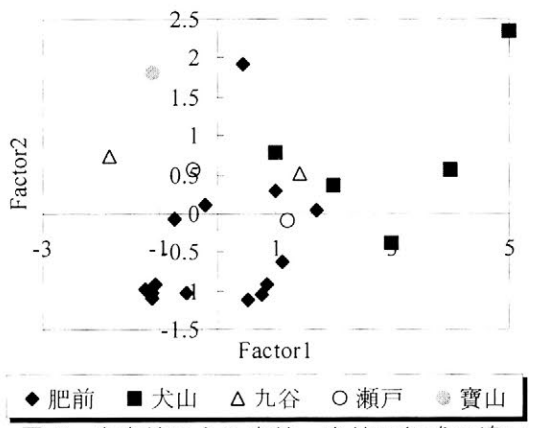


図3 生産地による素地、白地の組成の違い

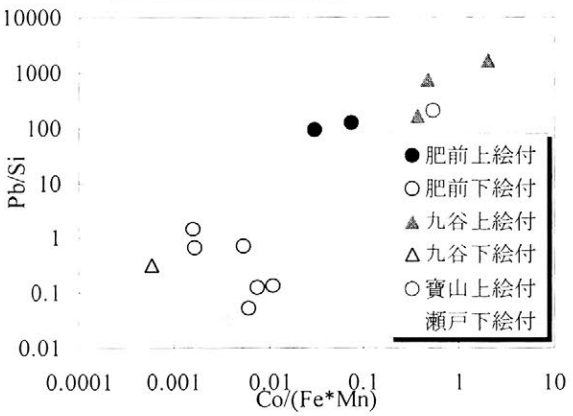


図4 生産地と技法による青色顔料組成の違い

1) 中井泉ほか「新開発の3ビーム励起源とシリコンドリフト検出器を備えた可搬型蛍光X線分析装置によるシナイ半島出土遺物のその場分析の試み」『X線分析の進歩』33(2002) 331-344

2) 早川泰弘、平尾良光、三浦定俊、四辻秀紀、徳川義崇「ポータブル蛍光X線分析装置による国宝源氏物語絵巻の顔料分析」『保存科学』39, 1 (2000)

P36

長野県，鷹山遺跡群における黒耀石の生成過程と噴出年代について

杉原重夫（明治大学）・福岡孝昭（立正大学）・中村利廣（明治大学）・
安蒜政雄（明治大学）・島田和高（明治大学）

長野県長門町では星糞峠（標高1,480m前後）から虫倉山西斜面にかけて，「黒耀石鉱山」と称される旧石器時代から縄文時代にかけての約195基の黒耀石採掘址群が発見され，ここでは採掘址を埋積する灰白色～明褐色土層中に黒耀石の原石や黒耀石製石器が包含されている（鷹山遺跡群調査団編，1999）．また虫倉山南麓に広がる鷹山盆地内を流れる鷹山川では約500mにわたって河床に灰白色の粘土層が露出し，ここには直径十数cm以下の黒耀石原石が多数認められる．

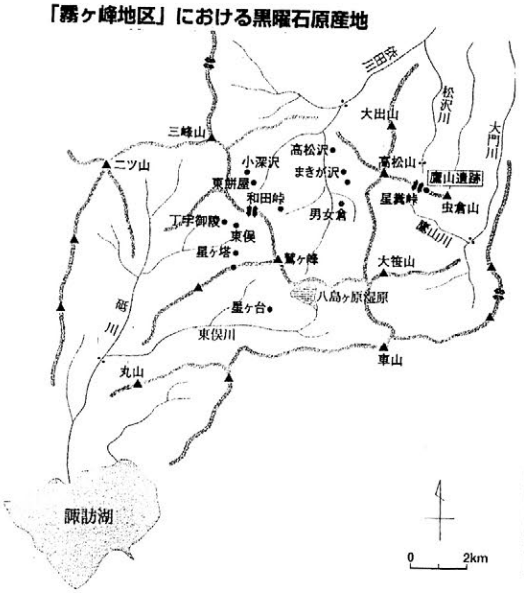
今回は，鷹山遺跡群における黒耀石の生成過程と噴出年代を明らかにするために，鷹山遺跡周辺の地形・地質調査と盆地内における機械ボーリング調査（深度30m）を行った．鷹山盆地では深度2～3m以下に黒耀石原石を含む火山灰質粘土層が広く分布し，ボーリング地点における火山灰質粘土層の厚さは6.25mに達する．この黒耀石を含む堆積物は軽石粒や火山灰が不淘汰に混在する火砕流起源の噴出物（「鷹山火砕流堆積物」と命名）で，鉱物組成上では軽石型火山ガラスや輝石類で構成されている（したがって黒耀石の風化物質ではない）．鷹山遺跡群で発掘された黒耀石の波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製，RIX1000）とエネルギー分散型蛍光X線装置（日本電子製，JSX3201）を使用した非破壊の元素分析では，Rb分率，Sr分率（望月，1980）が，鷹山火砕流堆積物中の黒耀石とよく似た傾向を示す．

この火砕流堆積物の約2.1m下位には厚さ約2.2mの黄色降下軽石層が認められ，鉱物組成上の特徴がbi>gr-ho，opxで，qtが多量に含まれていること，屈折率がopx:1.732-1.736，ho:1.668-1.694であることなどから，北アルプス樅沢岳火山を噴出源とする大町Apmテフラ群（鈴木・早川，1990）に確実に対比できる（ただしA1，A2，A3等の判別はできない）．Apmの噴出年代は0.30-0.35Maの間にあることから，鷹山火砕流堆積物の噴出年代は0.2-0.3Ma頃と考えられる．

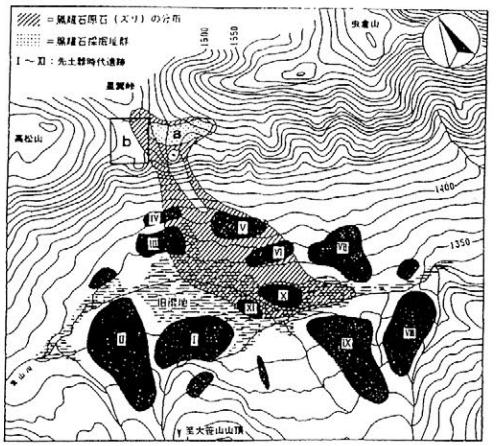
鷹山盆地周辺には複輝石安山岩やガラス質安山岩から構成される虫倉山溶岩（山岸，1991）などの火山岩類が認められるが，黒耀石や流紋岩の岩脈は露出しない．したがって鷹山火砕流堆積物の噴出源を確定することはできないが，ここでは虫倉山西斜面の鷹山遺跡群の採掘址付近に火道があった可能性を指摘する．

これまで，黒耀石は岩脈や溶岩流，溶結凝灰岩または降下テフラ中に産出することが知られていたが，鷹山遺跡と同様に火砕流として噴出したものも多く，例えば隠岐島の久見，箱根の畑宿などの産出地がある．火砕流中の黒耀石は適度に破砕されているため採掘しやすく比較的手軽に利用できたと考えられる．

「霧ヶ峰地区」における黒曜石原産地

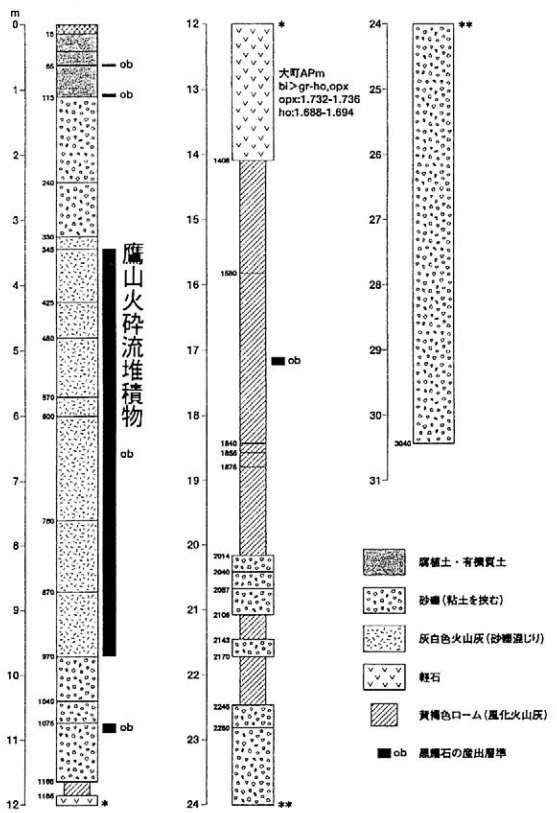


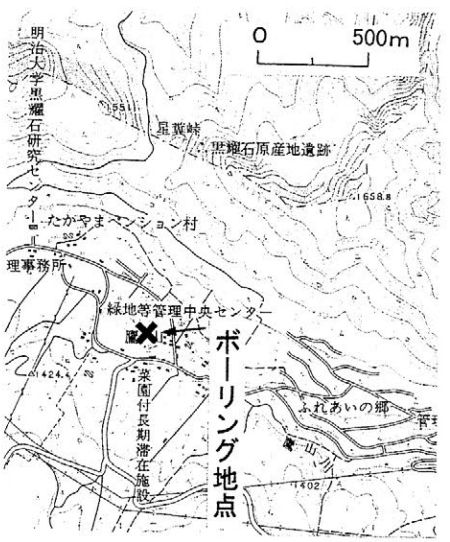
黒耀石の産出状況



（鷹山遺跡群調査団　1994より）

長野県，鷹山盆地ボーリング柱状図





P37

風化層分析による石器の新旧判定

○長友恒人（奈良教大）、宮崎利靖（奈良教大）、西村誠治（奈良教大）、
柳田俊雄（東北大総合学術博物館）

1, はじめに

石器の剥離面の風化層の厚さが石器の新旧判定に適用できる可能性について、昨年の本大会で光学顕微鏡観察の結果を発表し、風化層の厚さが石器の古さに応じて厚くなる傾向が見られることを示した。今回は、光学顕微鏡による観察の他、電子顕微鏡による観察、EDXおよび微小部蛍光X線分析による元素分析を行った。また、福島県原セ笠張「遺跡」第2文化層で出土した玉髄製石器の風化層観察の結果も併せて報告する。

2, 試料と分析方法

今回、試料として前回と同様に後期旧石器時代のサヌカイト（奈良県桜ヶ丘遺跡）、縄文早期末～前期初頭の流紋岩と頁岩（山形県森岡北遺跡）、縄文中期の頁岩（山形県巾遺跡）、弥生時代のサヌカイト（奈良県田尻峠遺跡）を使用したほかに、縄文時代早期の遺跡と考えられる山形県富山遺跡の頁岩製石器を観察した。

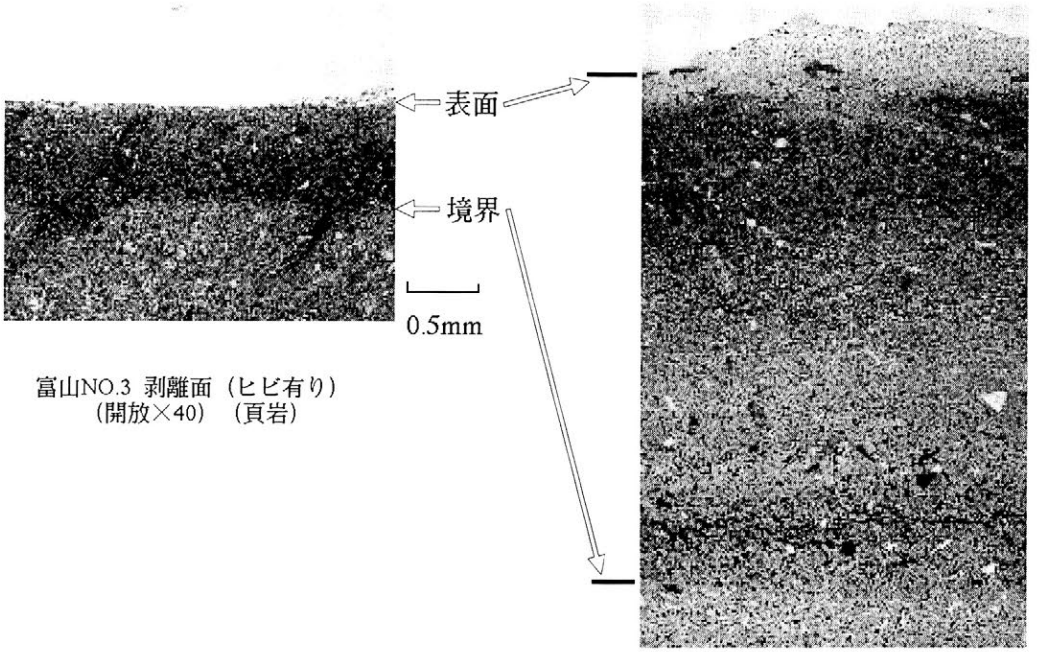
光学顕微鏡観察用のプレパラート作成方法は、一般的な岩石プレパラートの作成と同様である。風化層の写真は、それぞれ風化層の厚さに応じて、40倍から1000倍で撮影した。電子顕微鏡観察とEDX測定用には研磨した薄片にカーボンを蒸着し、電子顕微鏡は100倍から4000倍で観察した。

3, 結果

例として富山遺跡（縄文時代早期）の頁岩と桜ヶ丘遺跡のサヌカイトの剥離面の風化層をそれぞれの自然面の風化層と対比して図1に示す。頁岩の風化は2段階で進行し、サヌカイトでは一様に進行するように読みとれる。いずれの石材も剥離面の風化層厚は自然面のそれと比較して明らかに薄い。電子顕微鏡写真では光学顕微鏡で得られる程度の情報は得られなかった。また、EDXおよび微小部蛍光X線分析では、FeまたはCa濃度が風化層の境界で異なるものがある場合もあるが、明瞭ではなく、現時点では元素組成が有効な指標となるかどうかは判断できない。現在までに得られた知見で、簡便性も考慮すれば、石器の新旧判定法としては光学顕微鏡による観察が確実な方法であり、同一石材の前期旧石器と縄文時代の石器の判別は可能であろうと思われる。

石器が埋め込まれたことが確実視されている福島県原セ笠張「遺跡」の玉髄製石器3点を光学顕微鏡で観察したが、3点とも剥離面付近に風化層と判断できるものは見られなかった（図2参照）。玉髄は珪酸の緻密な集合体であることから風化層が形成されにくい可能性もあり、自然風化面や時代が明確な玉髄製石器と比較することが必要とされるが、現在までの観察では旧石器時代の石器である可能性は小さいと判断される。

試料を提供された大類誠（尾花沢市教委）、佐藤良二（二上山博物館）、松藤和人（同志社大学）、渋谷孝雄（山形県教委）の各氏、および顕微鏡、EDX観察に便宜を図っていただいた西田史朗、和田穣両氏（奈良教育大）に感謝する。



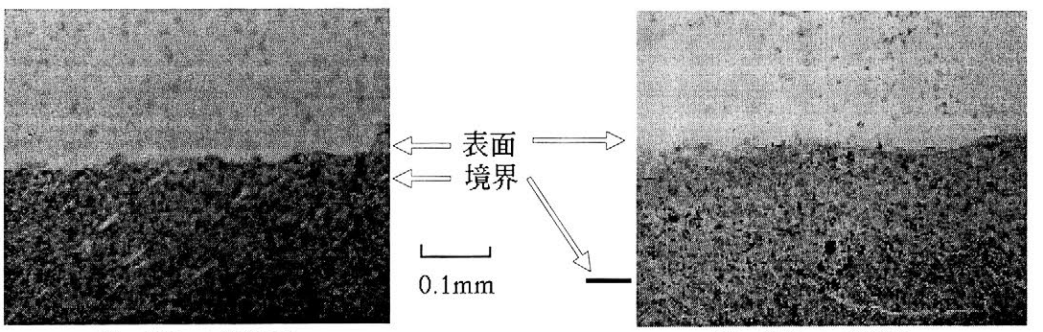


図１、富山遺跡頁岩と桜ヶ丘遺跡サヌカイト

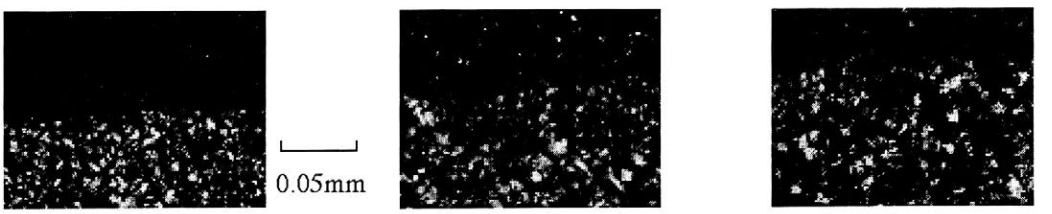


図２、原セ笠張「遺跡」出土玉髄製「石器」の剥離面

P38

^{14}C 年代測定の国際比較研究

○中村俊夫（名古屋大学年代セ）・小田寛貴（同）・丹生越子（同）・池田晃子（同）・
南　雅代（名古屋大学院理学）・高橋　浩（産総研）・太田友子（名古屋大学年代セ）

1．^{14}C 年代測定国際比較 FIRI の概要

Forth International Radiocarbon Intercomparison (FIRI)は，国際原子力機関 IAEA の援助を得て，英国スコットランドのグラスゴー大学 Marian Scott 教授がとりまとめた ^{14}C 年代測定の国際比較研究に関する事業である．FIRI で配布された 10 個の試料は，木片，炭酸塩，フミン酸，すり潰した大麦の種，セルロースである．木片は，^{14}C 年代測定の測定可能な限界に近い古い樹木片（Kauri wood;表 1 の試料 A,B），年輪年代学的研究により年輪年代が決定されている樹木片（Belfast Scots pine; D,F 及び Hohenheim oak; H）である．また，3 組の試料対（A,B（Kauri wood），D,F(Belfast pine)，G,J(barley mash)）は同じ物質を単に分割したものであり，これは，年代測定実験室での一致度のテストに使用される．FIRI に参加した測定施設は全世界で 92 施設（37 カ国から，AMS 施設が 25 箇所，ガス比例計数装置（GPC）施設が 18 箇所，また液体シンチレーション装置（LSC）施設が 49 箇所）であり，日本国内からの参加は 6 施設である．

測定結果の予察的な報告会が，2001 年 3 月にスコットランドのエディンバラで開催された．その報告が Radiocarbon のホームページ（www.radiocarbon.org）に掲載されている．ここでは，その報告を概観しつつ，名古屋大学の測定結果を議論したい．FIRI の結果に興味のある方は，上記のホームページを参照されたい．

2．AMS 実験室の測定結果の平均値と名古屋大学の結果との比較

AMS 実験室の測定結果の平均値を名古屋大学のタンデトロン加速器質量分析計による結果を比較して表 1 に示す．試料調製に関しては，名古屋大学では，特別の指示がないかぎり，樹木片については酸－アルカリ－酸処理のあと酸化銅と共に Vycor 管に真空封管，加熱燃焼して CO_2 に変えた．$CaCO_3$ はリン酸分解で CO_2 を得た．名古屋大学で行っている通常の試料調製に関しては，中村（1999）を参照されたい．タンデトロン加速器質量分析計による結果では，FIRI-A, -B にみられるように，^{14}C 計数のバックグラウンドが，AMS 施設の世界平均に比べてやや高い．ただし，タンデトロン加速器質量分析計による結果では，市販のグラファイトの ^{14}C 計数を分析計のバックグラウンドとして，試料の ^{14}C 計数から差し引いている．本来は，試料調製における ^{14}C 汚染と分析計のバックグラウンドの複合物として，十分に古くて ^{14}C を完全に含まない樹木片について測定された ^{14}C 計数を，試料の ^{14}C 計数から差し引く必要がある．このために，見かけ上 FIRI-A, -B の ^{14}C 濃度が他よりも高いと考えられる．また，全世界の実験室の平均値の標準誤差として示されている値は±4 yr などとあまりにも小さすぎるように思うが，FIRI-D, -F, -H では名古屋大学の結果と AMS 平均値とでズレがやや大きい．AMS の場合には試料の量が微量ですむため，

配布された試料から測定する試料を選別する過程で，バイアスがかかるかもしれないが，このズレは，今後の検討課題の一つである．

表1　FIRI に用いられた炭素含有物質の種類，および AMS 実験室の測定結果の平均値と名古屋大学のタンデトロン加速器質量分析計による結果の比較

試料番号	試料物質	^{14}C 濃度測定平均値（AMS 実験室）(pMC, yr BP)	^{14}C 濃度測定値（名古屋大学）(pMC, yr BP)	名古屋大学の結果の AMS 平均値からのずれ	$\delta^{13}C$ 値測定値（名古屋大学）(‰)
FIRI-A	樹木片	0.17±0.007	<0.271±0.030	+0.101	-23.8±0.1
FIRI-B	樹木片	0.17±0.007	<0.261±0.032	+0.091	-23.6±0.1
FIRI-C	炭酸塩 ($CaCO_3$)	18183±13	18106±46	-77	1.1±0.1
FIRI-D	樹木片	4519±4	4464±26 4496±18* (*セルロース)	-55 -23	-25.0±0.1 -22.8±0.1
FIRI-E	フミン酸	11805±9	11823±58 11830±53* (*測定可能最少量: 0.2mg)	+18 +25	-28.9±0.1 -29.0±0.1
FIRI-F	樹木片	4519±4	4463±45	-56	-24.7±0.1
FIRI-G	すりつぶした大麦	110.52±0.05	110.75±0.46	+0.23	-28.7±0.1
FIRI-H	セルロース	2238±6	2174±23	-64	-24.8±0.1
FIRI-I	セルロース	4483±7	4468±40	-15	-23.5±0.1
FIRI-J	すりつぶした大麦	110.52±0.05	110.51±0.55	-0.01	-28.9±0.1

3．　おわりに

FIRI の国際比較では，同一の試料がグラムオーダーの重量で 100 施設に近い ^{14}C 実験室に配布されている．測定結果の統計処理によると，結果はほぼ一致しており，試料の分割，配布には，問題はなかったように思われる．しかし，AMS では，数ミリグラムの炭素で測定できるため，カマボコ板程度の木片に年輪数が 20 個程度計数できるような試料が配布されたとき，これをどのように処理したらよいか，一瞬ためらってしまった．最終的には，年輪を横断するように薄く削り，それをよく混ぜ合わせて分析に用いた．このように，実験室比較を行う際には，分配する試料の均一性がきわめて重要であり，この問題にうまく対処された主催者側の注意や努力に敬意を表するものである．今後も，このような国際比較が継続して行われることを期待したい．

P39

焼成考古遺物研究のためのルミネッセンス（OSL/TL）自動測定システムの開発と性能

中川貴博（ナカガワタカヒロ）、薄田隼人（ススキハヤト）、八幡崇（ヤワタタカシ）、橋本哲夫（ハシモトテツオ）

新潟大学理学部（ニイガタダイガクリガクブ）

はじめに

火山起源の石英粒子から世界で最初に赤色熱ルミネッセンス（red thermoluminescence, RTL）特性を発見し、火山灰地層の年代測定にはRTL測定が不可欠であることを報告してきた。焼成考古遺物である土器、陶磁器、瓦類、窯跡、焼け石等から抽出分離した石英粒子からも、RTL特性を有する事を見出しており、石英中の不純物と加熱・急冷効果がRTL特性をもたらすことが分かってきている。従って、火山灰地層や焼成考古遺物からの抽出石英粒子にはRTL測定が不可欠となる。しかしながら、現在輸入可能なルミネッセンス測定器は青色熱ルミネッセンス（BTL）に感度を有するもののみである。更に近年、TL測定以外に光照射による光励起ルミネッセンス(optically stimulated luminescence, OSL）が過去に太陽光光曝を受けてきた堆積地層や焼成考古遺物類の年代測定に有望視されてきている。また、年代測定をするには、人工的に試料に放射線を照射する装置が必須であるが、輸入品では放射性同位元素 ^{90}Sr-^{90}Y 線源が装備されており、放射性物質の取り扱いが法規上厳しい我が国では、線源を外して購入しているのが大半である。そこで、簡便に使用可能なRTLを含むTLとOSLの両測定を再現性の良い同一試料分画を同一条件で測定を繰り返す単分画再現（single-aliquot regenerative-dose method, SAR）法にて測定が可能な小型X線源を搭載したルミネッセンス（OSL/TL）自動測定システム[1)-2)]を開発したので、その性能について報告する。

2. ルミネッセンス（OSL/TL）自動測定システム

本システムを図1に示す。システムは大きく分けて加熱又は光照射を行う捕捉電子励起部、ルミネッセンスの検出を行う検出部、人工放射線を照射するX線照射部からなる。TLでは加熱体として4枚のセラミックスヒータを用い、OSLでは励起光として石英には16個の青色LED（(株) 日亜化学）を用い、長石には赤外光LED（浜松ホトニクス）を用いた。ルミネッセンス検出にはルミネッセンスの波長に適した光電子増倍管と光学フィルタを選択した。特に、RTL測定における赤色領域に感度を有する光電子増倍管R649S（浜松ホトニクス）の使用は、室温でも比較的高ノイズとなる為、冷却槽を用いて-20℃に冷やし、低バックグラウンドを試みた。しかし、冷却槽を用いると発光源から光電子増倍管までに距離ができ、感度減少が避けられなかった。そこで、コア・ロッド型ガラス製ライトガイドを挿入することにより、感度向上及び断熱作用を図り、ライトガイド無しの時と比べ約40倍の感度向上になった。また、年代測定に必須である放射線照射線源としての小型X線発生装置は検出部から180度の位置に設置した。小型X線発生装置を図2に示す。小型X線発生装置は最大50 Wであり、X線の線量は（i）X線の照射時間、（ii）取り付け位置の高さ、（iii）適応出力（電圧及び電流値）、（iv）低エネルギー領域側を削減させる為のアルミニウム吸収体の厚さの4点から任意の線量を照射することが可能である。線量率の変化を図3に示す。

3. 実験

本システムを用いて縄文時代（3000-6000 年前）の新潟県奥三面遺跡郡アチヤ平の炉跡から採取した焼き石の蓄積線量を見積もった。焼き石を粉砕、水洗後、50℃、超音波洗浄下にて 6M HCl 及び NaOH で 1 時間、46% HF で 1 時間処理を行い、重液分離により石英と長石成分に分離した。石英には RTL 測定、長石には赤外光を用いた IRSL 測定を適応し、SAR 法にて蓄積線量を求めた。

4. 結果・考察

焼き石の RTL 及び IRSL の測定結果を表 1 に示す。RTL からの蓄積線量は予想値に近い値を示したが、IRSL では低い値となった。この原因として測定前の加熱の温度条件（プレヒート）が適しておらず過小評価となってしまったことが考えられる。また、試料調製時における光曝の影響も考えられる。今後はこれらの条件を求めることで長石の IRSL での年代測定が期待できる。また、石英試料を用いた測定において抽出した石英に対し IRSL 測定を測定することで長石の混入の程度を調べることにも利用できる。

小型 X 線発生装置は低線量から高線量まで照射することが可能であり、照射線源に小型 X 線発生装置を装備した本システムは TL、OSL での数十万年までの年代測定を始め、ルミネッセンス研究において非常に有効であることを確認できた。

1) Hashimoto, T., Nakagawa, T., et al., (2002) J. Nucl. Scie. Tech., 39, 108-109.
2) 橋本、中川ら、分析化学、印刷中

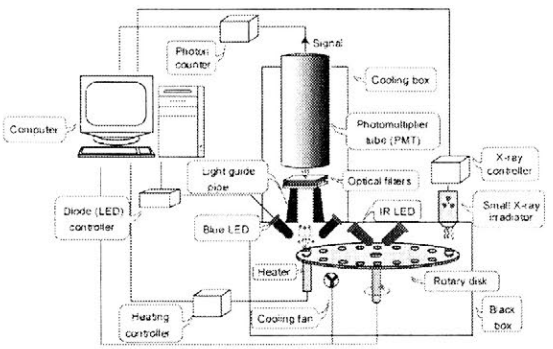


図 1　ルミネッセンス（OSL/TL）自動測定システム概念図

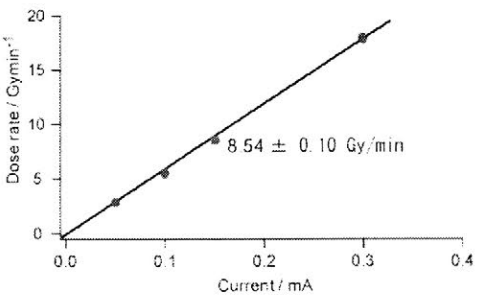


図 3　線量率の変化（管電圧 50kV、取り付け位置 5cm）

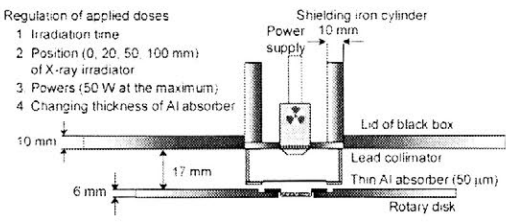


図 2　小型 X 線発生装置概念図

表 1　焼き石（アチヤ平炉跡）の SAR 法での測定結果

	蓄積線量 / Gy	年代値 / 年
RTL	11.6 ± 3.9	2850 ± 960
IRSL	4.46 ± 1.29	1096 ± 318

年間線量: 4.07 ± 0.08 mGy/y

P40

第４回^{14}Ｃ年代測定国際比較研究（ＦＩＲＩ）に参加して

○柴田せつ子、川野瑛子、
大阪府立大学、先端科学研究所、放射線総合研究センター

１．はじめに

^{14}Ｃ年代測定は考古学、歴史学において重要な役割を果たして来たが、僅かであるが、測定データに研究所間較差が生じるのは避けられない問題である。

２．ＦＩＲＩについて*

2000年、世界レベルで研究所間較差の実体を知ることを目的に、グラスゴー大学教授、Marian Scott はFIRI（第４回^{14}Ｃ年代測定国際比較研究）を企画した。全世界９２カ所の事業所が参加、その約半数はLSC法であった。日本からは６事業所が参加し、我々も初めて参加した。参加者全員に年代を伏せてＡからＪまでの10個の試料（木片5、フミン酸１、炭酸塩１、セルロース１、大麦種２）が配布された。プロジェクト終了後、結果は2001年3月のwork-shopで検討され、全参加者には詳細な報告がなされた。参加者の一人として、測定結果を報告する。

３．実験方法

我々の測定法、メタノール-ＬＳＣ法では、試料は炭化、または炭酸カルシュウム塩とした後、$LiAlH_4$還元反応によりメチルアルコールに変換して、ＬＳＣにより^{14}Ｃ測定を行う。試料の測定時間は5000分、測定誤差（１σ）は平均0.5%(40年)であった。ただし、年代の古いA,B試料では10000分測定を行った。

４．結果と考察

図１にＡからＪの各試料の推定値を示す。「OR」は我々の推定値、「LSC」「ALL」はそれぞれＬＳＣ法を用いた事業所、全参加事業所のデータの平均値であり、異常に外れたデータは予め除いて計算されている。これらの平均値は予備的な値であるが、詳細なデータ解析後に提出された合意値と大差はない。各データに付随する縦棒はデータの標準偏差（1σ）で、各事業所から提出された測定値のバラツキを示す。これらのグラフから我々のデータの多くは、LSC法平均値、全測定法平均値、いずれからも大きく外れていないことが判る。試料Ｃでは試料調整に問題があり、この様な結果となった。

表１に我々の推定値および最終的に提出された各試料の合意値、consensus values、（全事業、およびLSC法を用いた事業所について）を示す。

* www.radiocarbon.org

図 1．LSC-Lab および ALL-Lab の平均値と我々の測定値(OR)　(1σ)

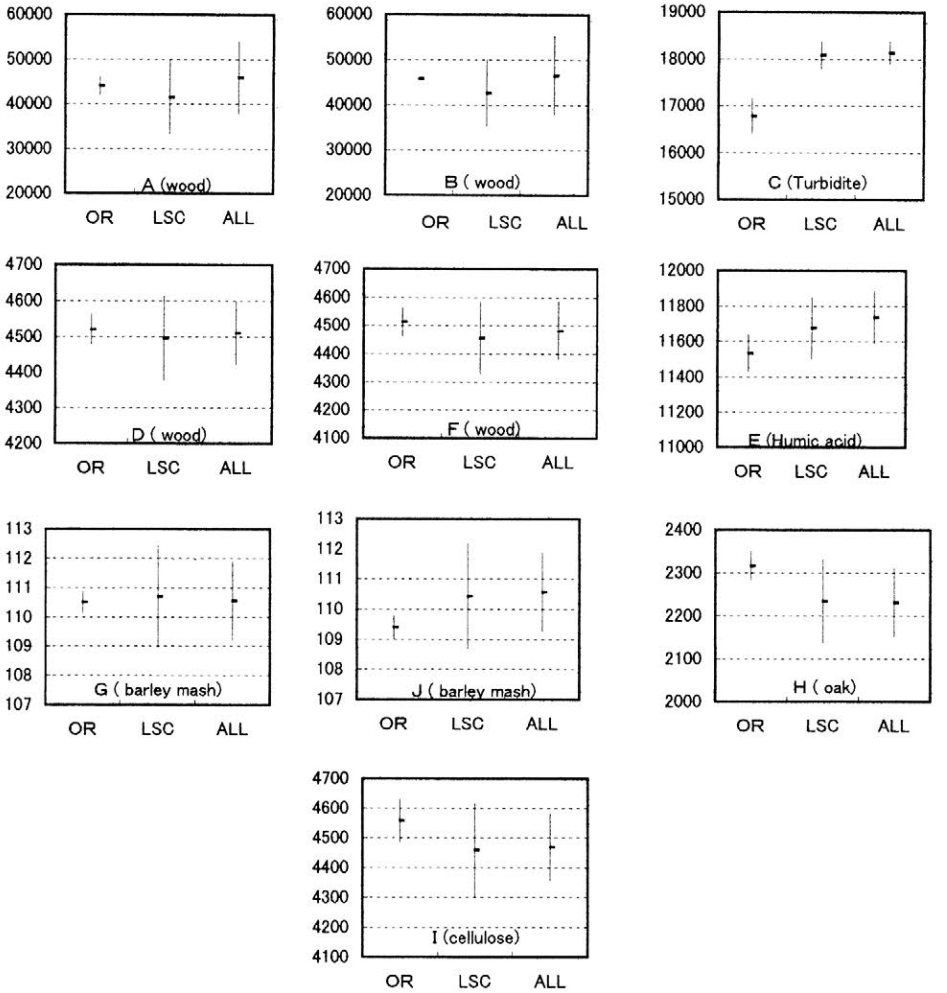


表 1．全事業所およびLSC事業所合意値と府大先端研推定値（1σ標準誤差）

	提供試料	合意値(ALL) cal BP/pmC	合意値(LSC) cal BP/pmC	府大先端研(OR) cal BP/pmC	
A & B	樹木片	0.33 ± 0.01	0.55 ± 0.012	0.415 ± 0.109	*
	(pmC)			0.232 ± 0.109	
C	タービダイト	18713 ± 11	18140 ± 25	16778 ± 379	
D & F	樹木片	4508 ± 3	4507 ± 6	4520 ± 43	*
				4513 ± 52	
E	フミン酸	11778 ± 7	11707 ± 17	11534 ± 106	
G & J	すりつぶした	110.69 ± 0.09	110.82 ± 0.08	110.5 ± 0.4	*
	大麦(pmC)			109.4 ± 0.4	
H	樹木片	2232 ± 5	2233 ± 8	2316 ± 35	*
I	セルロース	4485 ± 5	4499 ± 11	4558 ± 73	

*; δ13C実測値

P41

先史時代集落立地の環境的背景の検討

—人類の「生息域」評価と時系列動態の抽出—

○津村宏臣（総合研究大学院大学文化科学研究科）
西本豊弘（国立歴史民俗博物館考古研究部）
樋泉岳二（早稲田大学人間科学部）

1　はじめに

これまで、GIS をもちいた環境アセスメントに関する多くの研究が、環境生態的な視座からなされてきた。人類の環境変化に対する反応と、結果としての環境影響・生態環作用を明らかにする方向性である。この動向をふまえ、本研究は過去の人類の環境への働きかけを居住地選択性（集落立地：生息域）から評価し、環境生態史として人類史を叙述する方法論を試行した。

2　対象と方法　—知床半島周辺域の遺跡立地の空間属性評価—

古地理変遷や遺跡動態が把握され、環境生態学的なデータの拡充が望める知床半島周辺地域を対象に選択した。遺跡情報は、斜里町埋蔵文化財センター発行の斜里町埋蔵文化財包蔵地分布図、羅臼町教育委員会発行の羅臼町内遺跡分布図をデジタイズし、地質図は通産省地質調査所発行の 50 万分の 1 地質図［網走］をデジタイズした。

自然環境と人類との相互作用環を探るため、遺跡立地の空間属性評価を実施した。空間属性については、GIS の画像解析機能を利用し、“標高”などの 9 属性を検討対象とし（Fig. 1～9）、その時系列動態については、“縄文”“続縄文”“オホーツク”“トビニタイ”“擦文”“アイヌ”の 6 時期別に傾向を比較した。

3　各属性の傾向と時系列動態（Fig. 1～9：薄線は地域全体）

① **標高**—低標高域への強い指向性。50m までで 70%を占める。縄文期では相対的に 3 つのパターン（低・中・高）が認められ、以後低標高域に傾向。

② **地形傾斜**—2～3° にピーク。弱傾斜域へ集中するが 0～1° は少ない。

③ **傾斜方向**—南向斜面への強い指向性。

④ **地質**—完新世の礫・砂・泥層地へ集中（地形発達と連動）。

⑤ **集・排水状況**—低集水値域へ傾向。離水の便への指向性が強い。

⑥ **日射量**—高日射量域へ集中。日照条件の良好な空間を指向。縄文期以降漸減的に日照条件が悪化。

⑦ **地形**—HILLSIDE（緩斜面地）への強い指向性。RAVINE など狭窄域を嫌忌。

⑧ **河川からの距離**—近距離域を指向するが、3 つのパターンが存在。オホーツク期以降河川に近づく。

⑨ **海岸線からの距離**—近距離域へ集中。縄文期では相対的に 3 つのパターン（近・中・遠）があるが、続縄文期には海岸付近に集中、その後漸増的に遠ざかる。

4　結論と展望

以上の生態的特性をモデル化すると、Fig.10 のような動態モデルが帰納的に描出できる。この動態には自然・社会環境の変化が関わっており、その解釈については、遺跡の性格や出土資料などとの関係から総合的に評価する必要がある。

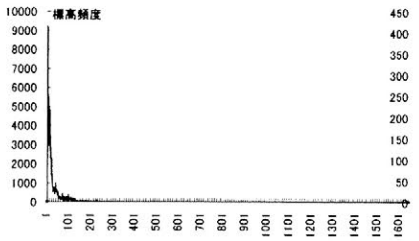


Fig.1 標高値の出現頻度

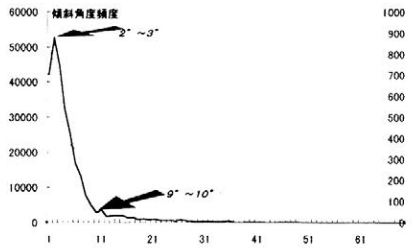


Fig.2 傾斜角度の出現頻度

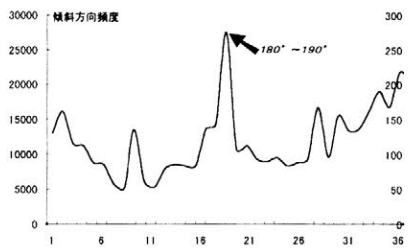


Fig.3 傾斜方向の出現頻度

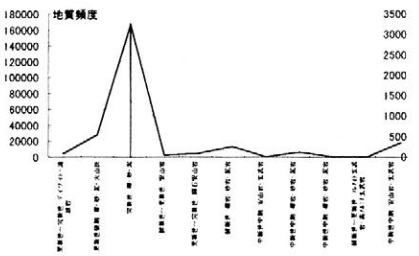


Fig.4 地質条件の出現頻度

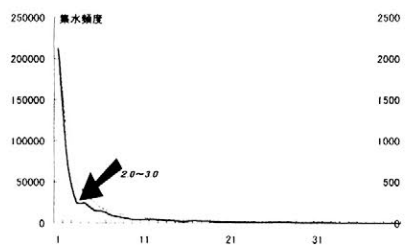


Fig.5 集水値の出現頻度

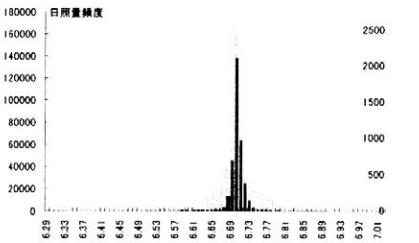


Fig.6 日射量の出現頻度

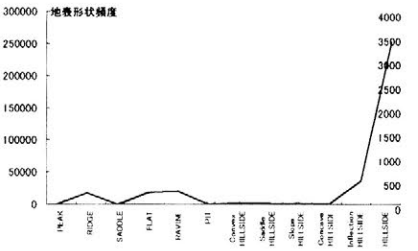


Fig.7 地形の出現頻度

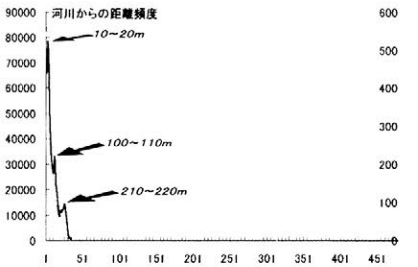


Fig.8 河川からの距離の出現頻度

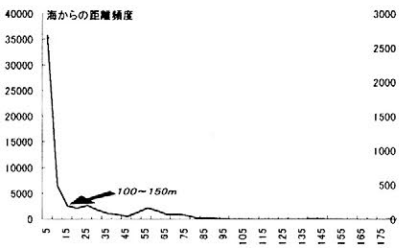


Fig.9 海岸線からの距離の出現頻度

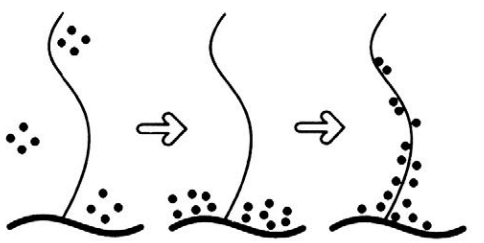


Fig.10 遺跡立地の時系列動態モデル

P42

縄文時代クリ収穫量復元のための愛知県小原村における野生クリ調査

新美倫子（名古屋大学博物館）
坂平文博（名古屋大学大学院人間情報学研究科博士前期課程）

はじめに

縄文時代の食料の中で大きな役割を担ったのは堅果類であり、特にクリが食料としてきわめて重要であったことは、青森県三内丸山遺跡で多量のクリの花粉が検出されたことからも明らかである。しかし、当時の食生活を復元するために必要な野生クリに関する定量的データは、これまでほとんど公表されていなかった。そこで、本研究では 1999～2001 年の３年間にわたり、愛知県小原村において野生クリ（*Castanea crenata*）の収穫量・収穫期間等の調査を行った。

１、調査方法

(1) 愛知県小原村で調査地点８ヶ所（A～H 地点）を選び、野生と思われるクリを中心に観察対象樹を選定した（1999 年：21 本、2000 年：25 本、2001 年：24 本）。

(2) 対象樹の最初の落果日（1999 年：9 月 6 日、2000 年：9 月 7 日、2001 年：9 月 6 日）～最終の落果日（1999 年：10 月 20 日、2000 年：10 月 28 日、2001 年：10 月 26 日）の期間、個体ごとに毎日落果した全てのクリの実を採集（落果数が少なくなったら１日おきに採集）する。

(3) 各対象樹の各日ごとの落果数を数え、全てのクリの実について（生の状態で）「長さ」「幅」「高さ」を計測し、80℃で 48 時間乾燥後に「重さ」を計測し、記録する。

2、結果と考察

(1) 落果数について（図 1）

それぞれの木の落果数は個体差が大きく、また同一の木においても調査年によって変動が見られる。けれども、本調査の条件下で野生クリ１本あたり１年間の落果数が 1000 個をこえることはまれである。年ごとの合計落果数では、最も多かった 1999 年と比べると最も少ない 2001 年には 4 割以上の減少が見られる。

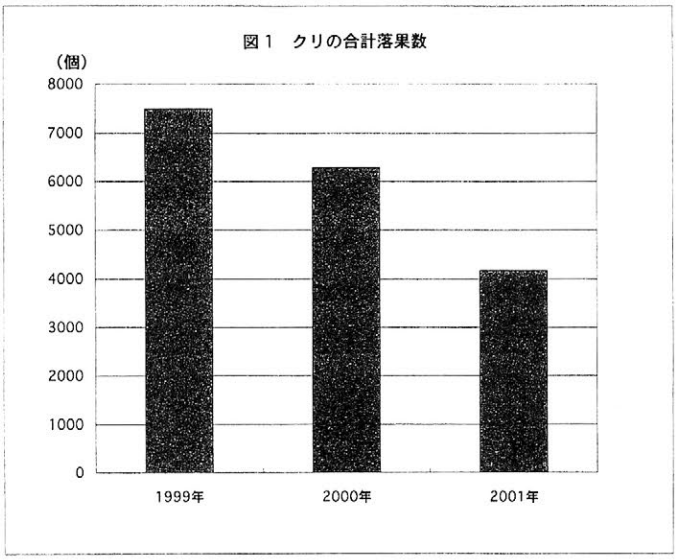
(2) 実１個あたりの平均重量について

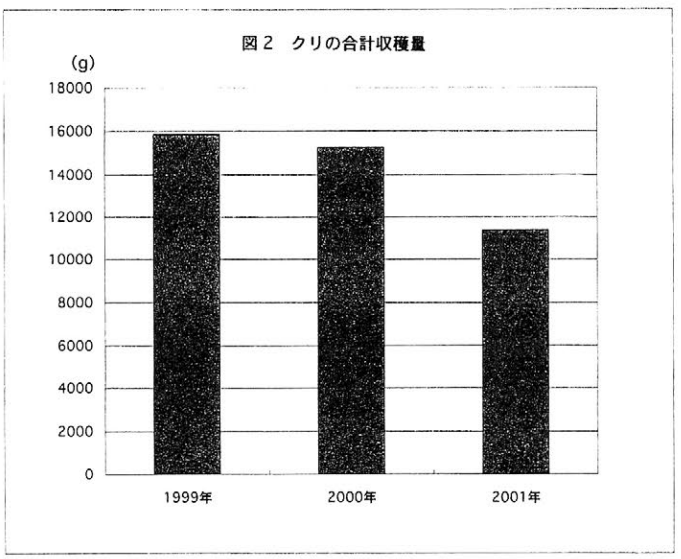
実１個あたりの平均重量も個体により、また調査年により異なっているが、50

個以上落果した個体・調査年を選んでデータを比較すると、実1個あたりの重量は個体によってある程度決まっていると考えられる。

(3) 総収穫重量について（図2）

全体の合計収穫量が多い調査年には各個体の収穫量も多い傾向があるが、全ての個体の収穫量が年によって同調して増減しているわけではない。最も多い1999年と比べて最も少ない2001年には合計収穫量が3割ほど減少しており、この程度の年による変動はあると思われる。





P43

走査電子顕微鏡による土壌中のウルシ属花粉の形態と保存

関口千穂（明治大学大学院）・叶内敦子（明治大学）
・杉原重夫（明治大学）

1．はじめに

日本列島にはツタウルシ，ヌルデ，ヤマウルシ，ハゼノキ，ヤマハゼ，ウルシの落葉性の高木と藤本の6種のウルシ属植物が分布する．漆（漆液）を採取するウルシ（*Rhus verniciflua* Stockes）は，古くから日本に栽培されるが，日本各地の考古遺跡から漆を利用した遺物が出土し，中国原産の史前帰化植物であると考えられている．ハゼノキ（*R. succedanea* L.）は，琉球列島原産ではぜ蝋を採取するために栽培したものが野性化したと考えられている．ウルシ属植物は日本では暖温帯から冷温帯まで広く分布し，湿原堆積物に含まれるウルシ属花粉を同定することによって，より詳細な古植生復元が行なえる．ウルシ属6種の花粉形態と土壌中での保存について検討した．

2．現生花粉の形態

現生のウルシ属6種の花粉について，光学顕微鏡および走査電子顕微鏡による観察を行なった．ウルシ属花粉は極長約30 μm，赤道長約25 μm類球形～長球形を呈する．光学顕微鏡による観察ではウルシ属花粉は3溝孔型で，形態および表面模様に差異が認められる．

ヌルデ（*R. javanica* var. *roxburghii*）　細い線状紋が卓越する．
ウルシ（*R. verniciflua*）　類球形で表面模様は特徴的な小網状紋を示す．
ヤマウルシ（*R. trichocarpa*）　類球形および長球形で表面模様はウルシに類似する．
ハゼノキ（*R. succedanea*）　長球形で表面はウルシに比較して線状紋が卓越する．
ヤマハゼ（*R. sylvestris*）　長球形で極部分の網状紋が他のウルシ属花粉よりやや大きく明瞭．
ツタウルシ(*R. ambigua*)　溝が長く網状部が他のウルシ属より太い．

これらの表面形態の差は走査電子顕微鏡像ではウルシは全体が小網状，ハゼノキは赤道部が線状，ヤマハゼは極で網状，赤道部と溝では網状部が極端に小さくなることなどが観察できる．

3．土壌中のウルシ属花粉

現生のウルシ属樹木のウルシとハゼノキ周辺土壌の花粉分析を行ない，得られたウルシ属花粉の光学顕微鏡および走査電子顕微鏡で形態観察をおこなった．その結果，土壌中の花粉は変形・破損した花粉粒が多いが，状態の良い花粉ではウルシおよびハゼノキ花粉の特徴が認められた．

表1　日本列島のウルシ属植物の分布

ツタウルシ　*Rhus ambigua* Lavall. ex Dipp　北海道～九州．温帯林内

ヌルデ　*Rhus javanica* L. var. *roxburghii* (DC.) Rehder et Wils.
北海道～九州・琉球の平地の二次林

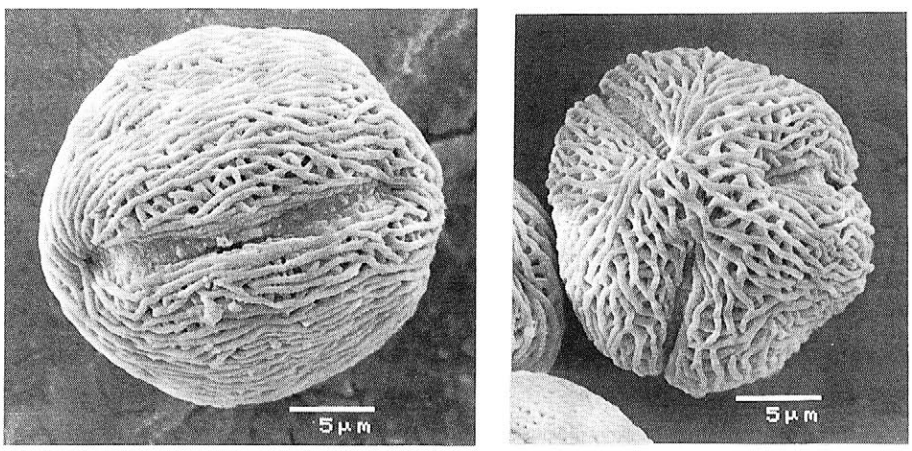
ヤマウルシ　*Rhus trichocarpa* Miq.　北海道～九州．山地の林内．

ハゼノキ　*Rhus succedanea* L.　四国・九州・小笠原・琉球の常緑林内．

ヤマハゼ　*Rhus sylvestris* Sieb. et Zucc.　本州（関東以西）・四国・九州．

ウルシ　*Rhus verniciflua* Stockes

「日本の野性植物 II」　佐竹義輔ほか編（1989）平凡社



ウルシ（*Rhus verniciflua*）花粉の走査電子顕微鏡写真

採取地：高尾森林科学園　試料提供：明治大学理工学部宮腰研究室

P44

弥生時代の開析谷底域における
イネと水田雑草の植物珪酸体化石の分布要因

江口誠一（千葉県立中央博物館）

各地で大規模な遺跡の発掘調査が行われる中，調査区が広域にわたることでより詳細な生活空間の復元も試みられてきた．そのひとつである神奈川県池子遺跡群は，池子川が流れる小規模な開析谷のほぼ全域を占める低地遺跡で，その集水域は 1km 四方をこえる広さである．物質の流れが理解し易い広域な集水域に位置することで特徴的なこの遺跡において，過去の空間的に配置された多様な機能とその相互システムを明らかにするための基礎研究を行った．

本発表では，遺跡群の開析谷底域に分散する各地点から産出した，弥生時代中期の植物珪酸体化石群を取り上げた．特に稲作農耕を意識し，従来のイネ（機動細胞）のみでなく，イネ（短細胞）および水田雑草のヒエ属，コブナグサ，スゲ属の 4 分類群を加えて平面的な分布傾向を明らかにし，遺構や遺物，地形，堆積物などの状況を踏まえながらの化石生成論的検討から，その産出要因を考察した．

神奈川県逗子市池子地区は，新第三系三浦層群逗子層と池子層で構成される三浦半島北部の標高約 150m 以下の丘陵地に位置する．遺跡群は，半島西側の逗子湾に注ぐ田越川の支流，池子川によって開析された標高 13〜5m の小規模な開析谷の全域にひろがる．池子地区は，縄文海進期において入江や干潟が谷奥まで延びていた．その時に堆積した海成層を削る河道が谷筋に沿って形成され，そこへ弥生時代中期後半・宮ノ台式期の遺物を含んだ河成層が埋積した．

試料採取地点は，発掘調査時のトレンチで，河道断面などの地質構造が分かりやすい大型の露頭を中心に設定した．それらは 8 地点で，池子川本流に沿った約 1.2km の間に約 80〜300m の間隔で，丘陵寄りの低地部に位置する．それらの地点の地層で，出土遺物や層序によって弥生時代中期と判断される層位のイネ植物珪酸体化石に焦点をあてた．

遺跡群におけるイネ植物珪酸体化石の生産場所である，水田状遺構の区域，及び水田址の可能性区域からは，何れもイネ（機動細胞）が産出した．中でも，地形的な障害物も少ない下流側の平坦地からは多産した．それは，溝状遺構と河道の水を堰き止めたしがらみ状遺構をあわせもつ取水施設も隣接しているなど，比較的周辺から物質が流入し易い状況であったことに起因する．またその付近は，多くの遺物や竪穴住居址，掘立柱建物が集中し，遺跡群内において当時の生活域の中心であった．河道からは，横槌，横鍬，ワラ状遺物などが出土し，植物珪酸体が豊富に含まれるイネの葉身が，人為によって水田域から搬出された可能性も示された．運搬先のひとつは，他では唯一竪穴住居址が検出された，1km ほど上流側が考えられる．そこで産出したイネ（機動細胞）は，それが堆積したものからの可能性がある．

堆積物となった植物珪酸体化石群は，様々な続成作用を受けて現在の状態となる．遺跡から産出されるものについては，弱アルカリ物質による溶解が，運搬・堆積時を含めて大きな作用のひとつである．それは，水田状遺構にもかかわらずイネの産出が少なく風化が著しいことの原因のひとつと捉えられ，傍にある貝塚に含まれるアルカリ性成分による溶解と推察される．

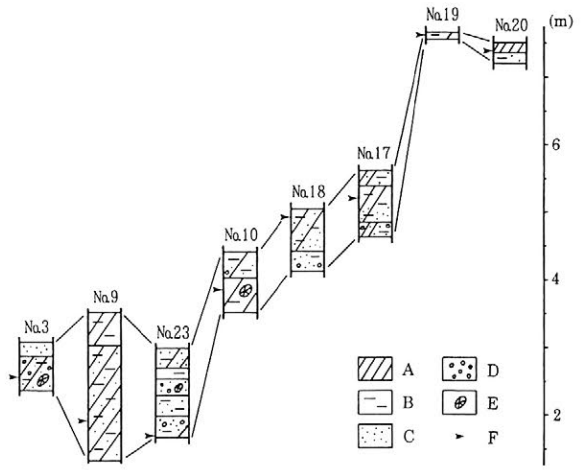


図2　試料採取地点における弥生時代中期の地質柱状図．
A:泥炭，B:シルト，C:砂，D:礫，E:木片，F:試料採取層準．

図1　池子遺跡群における試料採取地点(迅速測図原図復刻版(1 班 10 号 4 測板)を使用)．

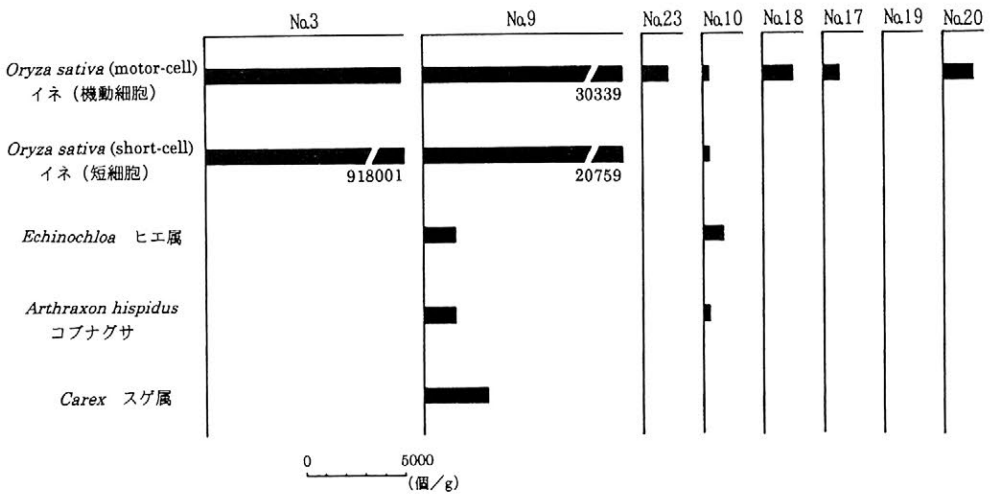


図3　イネ・水田雑草の植物珪酸体化石群の産状．

P45

地形環境と土地利用の関係からみた平城京の立地特性

○河角龍典（立命館大学大学院）

Ⅰ．目的

本研究の目的は、平城京域の地形環境を100年オーダーで復原し、その復原成果と平城京内部の土地利用との関係から、平城京の立地特性を解明することにある。

本研究ではジオアーケオロジー（geoarchaeology）の概念と方法を適用し、考古学や歴史学の研究成果に対応する精度の地形環境復原を行った。そこでは、地形変化に加えて、洪水の規模や頻度、地下水位の変化について検討した。他方、土地利用特性の復原については既存の発掘調査報告および研究成果を利用し、各種施設の立地を復原した上で、地形環境との関係性について考察した。

Ⅱ．佐保川流域左京三条二坊における歴史時代の地形環境変化

現地調査および既存の発掘調査報告から佐保川流域平野左京三条二坊における歴史時代の地形環境変化について検討した（奈良市教育委員会：第187・231・247・262・445次）。その結果、奈良時代以降に4つの地形環境ステージを設定することができた。

ステージⅠ　奈良時代から平安時代　古土壌が発達し、洪水堆積物も検出されない。この段階は、洪水氾濫の少ない環境であった。

ステージⅡ　平安時代9世紀中頃から鎌倉時代　流路の下刻と側方侵食が佐保川において生じた。こうした河床低下は、洪水の発生範囲を限定し、流路外の地形面は前段階よりさらに洪水氾濫の影響を受けにくい環境となった。

ステージⅢ　鎌倉時代から15世紀頃　下刻された流路が徐々に埋積され、流路外では溢流氾濫に伴う堆積が開始する。この段階は、前段階に比べ、洪水氾濫の影響を受けやすい環境へと変化した。

ステージⅣ　16世紀頃以降　洪水氾濫の頻度が増加し、さらに洪水氾濫の規模も大きくなった。この段階には、自然堤防の形成と天井川化が進行した。こうした佐保川の河床上昇は周辺の地下水位を上昇させ、土地環境の湿潤化をもたらした。

Ⅲ．井戸遺構の掘削深度からみた奈良時代の地下水位変動

左京二条二坊長屋王邸跡で発掘された井戸遺構の深さと掘削時期との関係について検討した結果、長屋王邸跡では750年頃（天平勝宝年間）以降に井戸の掘削深度が1mほど深くなることが判明した。この他、左京八条三坊や右京二条三坊の発掘調査成果からも同様な結果が得られ、奈良時代の後半から平安時代初頭にかけて、深い井戸が掘削されるようになる。こうした変化は、地下水位の変動パターンの指標になると考えられ、平城京では奈

良時代の後半から平安時代初頭にかけて、地下水位の低下が生じていたことを示す。ただし、奈良時代後半において掘削深度が1.5m以下の浅い井戸も多数掘削されていることから、地下水位が常に低い状態にあったわけではない。

Ⅳ．奈良時代の平城京の地形環境

佐保川流域平野左京三条二坊の地形環境復原の成果が示す通り、平城京の奈良時代は、洪水氾濫の少ない環境であった。これ以外の平城京域における表層地質の観察結果も同様であった。秋篠川・岩井川・能登川流域においても奈良時代の洪水堆積物は認められず、洪水の少ない環境であったことがわかる。史料からみても奈良時代の水害は、728（神亀5）年の1回にとどまっている。一方、このように地形は安定していたが、地下水位には変動があった。特に奈良時代後半から平安時代初頭にかけて、地化水位の低下がたびたび生じ、水不足を招いていた可能性が高い。史料からみても奈良時代の旱魃は、10回を超えている。

Ⅴ．平城京の地形環境と土地利用

平城宮の立地　平城宮域は、更新世段丘面とその開析谷を取り込む。大極殿は第一次、第二次とも更新世段丘面に立地する。宮域の立地特性は、大規模な構造物の建築が必要なため、安定した地盤を選択している点にある。

寺院の立地　東大寺及び興福寺は春日山山麓の更新世段丘面に立地する。大安寺や西大寺もまた、更新世段丘面に立地する。薬師寺および唐招提寺は、西ノ京丘陵の末端とその開析谷を寺域に取り込む。こうした大規模寺院の立地特性は、地盤が安定した土地を取り込み計画されている点にある。

邸宅の立地　邸宅は、埋没旧河道や開析谷を敷地内に取り込み立地する。むしろ地下水位が高く、かつ軟弱な地盤である現在の価値観では宅地としては不適当な地形に、奈良時代の邸宅は立地する。これは水を得やすい土地を選択した結果であり、井戸による地下水の取水が容易であったためである。平城京の発掘された庭園跡もこうした邸宅と類似した立地特性を示す。

Ⅵ．平城京の立地特性

平城京は洪水に対しての安全性は高いが、水不足に陥りやすい立地特性を示す。こうしたなかで、平城京内部の土地利用は洪水発生区域には左右されず、むしろ生活用水の取水条件や地盤条件が、土地利用を規定する要因となった。平城京内部の土地利用は、決して無秩序ではなく、環境復原の成果からみても、土地条件を考慮した上で、計画的に配置されたものであると理解できる。

P46

古代水田稲作における収穫様式の変遷に関する研究

○松田隆二（古環境研究所）・河西克造（長野県埋蔵文化財センター）

1．はじめに

古代水田稲作において収穫様式（穂刈り・株刈り）を解明することは、当時の農耕技術や稲藁の利用状況、さらには栽培品種を研究するうえにおいても重要である。しかし、遺跡の発掘調査では、水田遺構はこれまでに数多く検出されているものの、収穫方法を検討できる遺構あるいは遺物の出土例はまだ少ないのが現状である。

ところで、水田土壌よりイネの植物珪酸体（プラント・オパール）が多量に検出されることは周知のとおりである。このうち、機動細胞珪酸体は葉身にのみ形成されることから、イネが株ごと刈り取られた場合、その時点で生育中の葉身は水田外に持ち出されてしまう。そのため、土中に堆積する植物珪酸体量はその分少なくなる。一方、生育初期の葉身に形成される機動細胞珪酸体は、大きさや形態の特徴から生育中・後期のものと識別できるものが多い（杉山，1998）。これらは出穂前にはすべて枯れ落ちてしまうため、ここで形成された植物珪酸体はほぼすべてが耕作土中に堆積する。したがって、耕作土に残留するイネのプラント・オパールのうち、生育初期段階のものの占める比率は、株刈りで収穫された場合は穂刈りの場合に比べ高い値となることが推定される。

ここでは、弥生時代から近世に至る各時期の水田跡が検出された長野県川田条里遺跡を対象として、耕作土中のプラント・オパール密度ならびに生育初期段階のプラント・オパールの含有率の比較から、収穫様式の変遷について検討した結果を報告する。

2．試料と方法

分析試料は、弥生時代中期、同後期、古墳時代前期、同中期、奈良時代、平安時代および近世の水田耕作土である。

プラント・オパールの抽出および定量は、プラント・オパール定量分析法（藤原，1976）にしたがい、イネの葉身に形成される機動細胞起源のプラント・オパールについて行った。また、プラント・オパールの各部形状（縦長、横長、側長）の測定は、偏光顕微鏡下400倍の倍率において行った。

3．結果と考察

イネのプラント・オパール密度ならびに生育初期段階のプラント・オパール含有率を図1に示す。弥生時代中期から近世までの各水田耕作土について分析、形状測定を行った。その結果、イネのプラント・オパールはすべての試料から検出された。プラント・オパール密度は4,100 ～ 7,300 個/g であり、稲作跡の判断基準値とされている5,000 個/g 以上（藤原，1984）に匹敵する値である。したがって、これらすべての水田層において稲作が営まれていたことが、分析の上からも確認された。

なお、プラント・オパール密度の変遷をみると、古墳時代の前期と中期で若干減少する傾向が認められる。一方、生育初期段階のプラント・オパール含有率は、弥生時代中期～古墳時代前期でおよそ６％以下、古墳時代中期以降では８％超となっている。これらのことは、古墳時代の中期以降には、稲藁の一部が水田外に持ち出されていた可能性を意味しており、言いかえれば株刈りで収穫されていたことを強く示唆する。

以上のことから、川田条里遺跡では古墳時代の中期頃には、収穫様式が穂刈りから株刈りに移行した可能性が高いと考えられる。

参考文献

藤原宏志（1976）プラント・オパール分析法の基礎的研究(1)－数種イネ科栽培植物の珪酸体標本と定量分析法－．考古学と自然科学，9，p.15-29.

藤原宏志・杉山真二（1984）プラント・オパール分析法の基礎的研究(5)－プラント・オパール分析による水田址の探査－．考古学と自然科学，17，p.73-85.

杉山真二（1998）イネ苗の植物珪酸体とその応用－水田埋没の季節推定－．日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集，p.92-93.

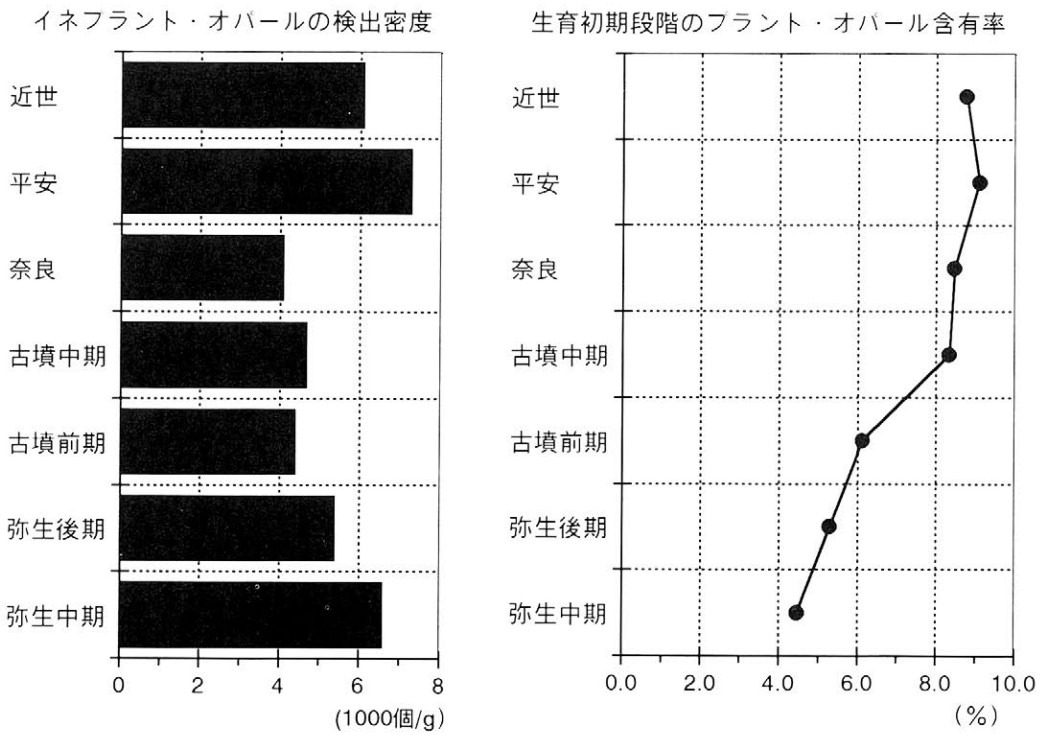


図１　イネフラント・オパールの検出密度と生育初期段階のイネフラント・オパール含有率

P47

宮崎県・坂元A遺跡における稲作の変遷について

－プラント・オパール形状解析による検討－

○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）

1．はじめに

宮崎県都城市に所在する坂元A遺跡では、南九州最古（縄文晩期）の水田跡が検出されている。また、当該遺跡は、縄文晩期だけでなく、弥生、中世にかけての水田跡も検出されており、九州、特に南九州の古代稲作とその変遷を研究する上で、極めて重要な遺跡であるといえる。

ここでは、筆者らが、当該遺跡の各時代の土壌について行ったプラント・オパール分析（定量分析・形状解析）の結果および当該遺跡における稲作の変遷についての検討結果について報告する。

2．材料と方法

1）分析試料

分析試料の採取は、調査区内の３つの地点（I5グリッド西壁、H8グリッド北壁、J6グリッド東壁）について行った。採取した土壌試料は、それぞれ、I5グリッド西壁：13試料、H8グリッド北壁：13試料、J6グリッド東壁：2試料の合計28試料である。

2）分析方法

・プラント・オパール定性および定量分析

調整処理を施した試料について定性および定量分析を行った。今回、同定と定量を行ったイネ科植物は、イネ（*Oryza sativa* L.）、ヨシ（*Phragmites communis*）、タケ（*Bambusaceae*）、ススキ（*Miscanthus sinensis*）、キビ族（*Paniceae*）である。

・プラント・オパール形状解析（Morphological analysis of plant opal）

イネのプラント・オパールが検出された試料については、さらに形状解析を行った。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。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、栽培されていたイネ亜種（インディカ、ジャポニカ）の判別を行った。

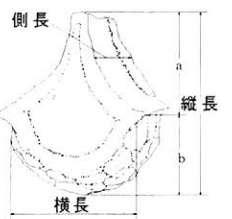


図１　形状の測定部位

＜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（indica）、判別値＞０：ジャポニカ(japonica)）

3．分析結果

1）定性および定量分析の結果

検出密度には、差があるものの、9C 層の時代（縄文晩期後半）から近世に至るまで、イネのプラント・オパールが検出されており、当該遺跡で継続的に稲作が行われていたと推定された。

2）形状解析の結果

図 2 は、坂元Ａ遺跡から検出されたイネプラント・オパールの判別得点をアジアおよび沖縄・南九州の在来品種の機動細胞珪酸体（プラント・オパールの前身）の判別得点のとともに表したものである。

これを見ると、検出されたイネプラント・オパールはすべてジャポニカであった。

さらに、判別得点の分布をみると、沖縄・南九州の在来品種と重なる部分があるが、より高い得点に分布している。このことは、検出されたイネプラント・オパールがより典型的なジャポニカのプラント・オパールの特徴（断面が大きく、側長が厚い）を有していることを示している。

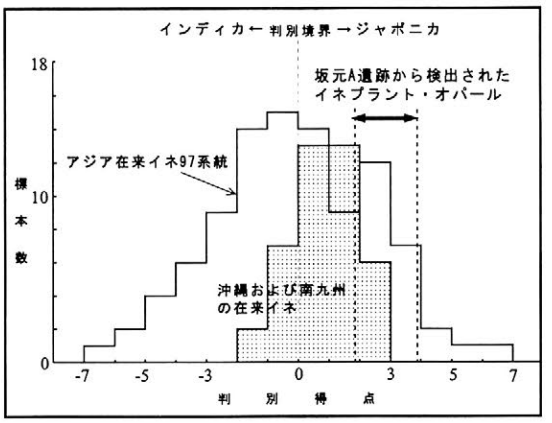


図２　坂元Ａ遺跡から検出された
イネプラントオパールの判別得点の分布

4．考　察

図３は、判別得点を時間軸方向に整理したものである（2層が近世、3層～5b層が中世、6b層が弥生時代後期末、8a層が弥生時代前期後半、9c層が縄文時代晩期後半）。

判別得点の変化をみると、9c 層から 5 層の時代にかけては、いくつかの大きな変動が見られるが、その後は、緩やかに減少し、3 層から 2 層の時代には 2.0 よりも小さな値に推移している。

これまで、日本や中国、アジアの在来イネを調べたところ、判別得点が 2.0 を超えるものには、温帯ジャポニカよりも熱帯ジャポニカが多い傾向が認められている。

ここで、判別得点 2.0 を温帯ジャポニカと熱帯ジャポニカを分ける目安と仮定すると、坂元Ａ遺跡では、縄文晩期から中世くらいまでは、温帯ジャポニカも栽培されていたが、熱帯ジャポニカ（ジャポニカの中でも多様な栽培環境に適応する能力が高い）も栽培されていた可能性が高いと考えられる。また、当該遺跡において、今日のように温帯ジャポニカが水田稲作の中心となったのは、中世から近世にかけての時期であったと推定される。

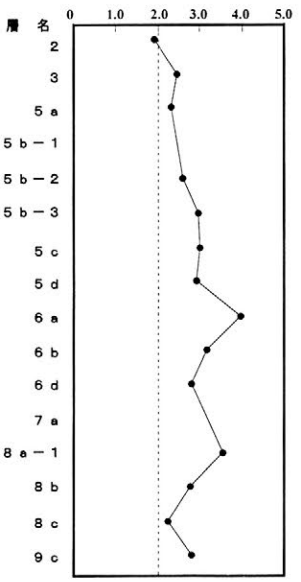


図３　判別得点の変化

P48

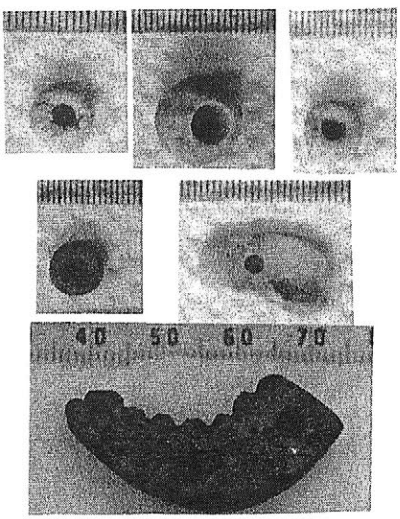
縄文遺跡から出土した石製品の非破壊同定

○加藤晃一（北海道大学大学院工学研究科
故渡邉暉夫（北海道大学大学院理学研究科）
小笠原正明（北海道大学高等教育機能開発総合センター）

1. はじめに

非破壊分析の対象としてきた、遺跡から出土した玉類には、いわゆる硬玉（翡翠輝石）と軟玉（ネフライト）が多い。硬玉は低温高圧鉱物で新潟県青海の結晶片岩中の蛇紋岩およびこれに由来する礫中に主として産する。軟玉も蛇紋岩化地帯に産し、硬玉よりも易加工性であるが、いずれも微細結晶の集合体で強靭である。また、蛇紋岩化地帯周辺には、硬玉、軟玉とよく似た各種の交代性岩も産し、その分布域は各地の変成帯に点在する。こうした石材、石製品の流通もふくめて、この種の石材加工品の存在は縄文社会の文化的反映の一部とみなすことができる。したがって、石製品の岩質の同定は、基礎的に重要な意味を持つ。硬玉、軟玉ともに産地は限られ、希少価値を伴うので、非破壊的な分析が必要である。

北海道南西部に位置し、津軽海峡に面する木古内町の大釜谷（おおかまや）3遺跡（縄文後期）から管玉様石製品5点、蛇内（へびない）遺跡（縄文後期）から勾玉様石製品が1点出土した（写真）。管玉様試料についてはXRDによって容易に非破壊同定が可能であったので、主として勾玉様試料に対するEDX、EPMA、XRDによる非破壊分析について記述する。



写真

2. 実験方法

管玉様試料に対してはXRDによる定性分析、勾玉様試料に対してはEDXによる22ヶ所、EPMAによる6ヵ所の定量分析とXRDによる定性分析をそれぞれ行った。

3. 結果と考察

i）勾玉様試料に対するEDXによる分析

試料表面を約10μm間隔で線分析した結果、硫黄を含む部分と金属であるニッケルを含む部分とが、数10μm以内に存在していることがわかった。これは、異種鉱物の複合的部分が存在することを示している。このうち、ニッケルを含む部分ではニッケルに対する鉄の比（Fe/Ni）の値が4.08（8ヵ所の平均）であることから、これらの複合的部分は硫鉄ニッケル鉱（ペントランド鉱　$(Fe,Ni)_9S_8$　：Fe/Ni≒5/1～6/7）である可能性が高い。この鉱物は苦鉄質岩である蛇紋岩地帯に分布する交代性鉱物の一種である。さらに、ニッケルを含む部分では、

シリカが卓越することから、ニッケルが部分的にある石英質成分も複合含有している。石英は、本来シリカが 100%であるが、これも交代性を示唆している。他の部分では、マグネシウム、鉄それぞれの含有率（それぞれ 14~17%,4~6%）が高く、緑泥石もしくはフェンジャイトの組成を示して、雲母などの苦鉄質鉱物が熱水による変質を受けたことを物語っている。また、別の部分では、白雲母の組成も示している。

ii）勾玉様試料に対する EPMA による分析

試料の主化学組成は、シリカ（SiO_2）が 47～48%、酸化カリウム（K_2O）が 9～10%、アルミナ（Al_2O_3）が 25～30%であり、苦鉄質岩であることを示している。試料は、これらの成分からなる鉱物が混合して組織を形成している。測定点 6 ヵ所のうち、2 ヵ所は白雲母またはフェンジャイト質白雲母、1 ヵ所は緑泥石、他の 1 ヵ所は緑泥石と少量の石英との混合の化学組成をそれぞれ示している。残る 2 ヵ所は他の測定点と比較してアルミナ（Al_2O_3）に富んで酸化カリウム（K_2O）が少なく、セリサイトの組成を示している。このことは激しい熱水作用をうかがわせるが、XRD による分析ではセリサイトを含む長石類は検出されなかった。

iii）管玉様、勾玉様試料に対する XRD による分析

管玉様試料については、5 点のうち 4 点は翡翠輝石のピークを示したが、1 点は腐食がはげしく明瞭なピークは認められなかった。

勾玉様試料については、回折線強度はやや弱いが、各ピークから確実に白雲母、緑泥石を同定できる。輝石類、長石類、角閃石類は検出されなかった。X 線回折図から得られた回折線のうち、比較的強度の大きい回折線の回折角（2θ）、格子面間隔 d、格子面を表に示した。

表　勾玉様試料の白雲母を示す回折角（2θ）、格子面間隔 d、格子面

2θ°	d 値（Å）	格子面
26.2	3.40	003
34.5	2.59	−130
36.5	2.45	131
45.0	2.01	005

4. 結論

本実験では、翡翠に似た変質岩の非破壊同定に成功した。

管玉様試料は、4 点が翡翠輝石、1 点は同定困難である。勾玉様試料は、白雲母を主鉱物、緑泥石、石英およびクローム（Cr）、ニッケル（Ni）を含む鉱物を随伴鉱物とする蛇紋岩周辺の含白雲母交代変質岩である。

P49

土器残存塗膜の自然科学的研究

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

1 はじめに

東北地方に立地する縄文時代の遺跡からは、赤色系または黒色系樹脂を使って塗彩された土器、石器、および木胎漆器などが出土する。縄文時代中期から後期に比定される遺構から検出された土器をはじめとする資料に残存する塗膜および樹脂を自然科学的方法で調査した結果以下の3点が明らかになった。①縄文時代中期には赤鉄鉱を含むチャートが再結晶したと推定される物質（以下、赤色チャートという）およびパイプ状ベンガラを粉末にしたものが赤色剤として使用されていた。縄文時代後期には硫化水銀も用いられるようになった。②縄文時代中期から後期では、土器と木器の塗彩方法に差異がみられ、塗彩を施す資料の表面調整および下地調整が意識的に行われていた可能性が高い。③縄文時代後期には、発色剤の種類も増え、塗彩技術が多様化してきた。以下に土器残存塗膜の自然科学的研究結果を報告する。

2 調査資料ならびに調査方法

調査資料は縄文時代中期から後期の遺構から検出された、塗膜残存土器、塗彩石器、土器内部に残存する赤褐色系樹脂、および赤色剤として使用されたと推定される赤色物質塊である（表1）。

土器残存塗膜および土器内部に残存する赤褐色系樹脂から摘出した試料片については、エレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー（EPMA）で塗膜断面構造を調べ、含有元素を分析した。さらに、製作時の断面構造が良く残っていると判断された試料片については薄片を作成し、光学顕微鏡で断面構造を解析した。石器および赤色物質塊から摘出した試料片については2分し、一方はEPMAによる組織観察に、他方は粉末X線構造解析に供した。赤色物質塊については、ICP-OES法（誘導結合プラズマ発光分光分析法）による化学成分分析も実施した。

3 調査結果

No.1内面から摘出した試料断面のEPMAによる組成像には、2つの塗膜層が観察される。土器表面の塗膜層は10～75μm厚で、ところどころに直径約10μmの空隙がある。鉱物の混在はみられない。その上は主として直径4μm以下の酸化鉄粒子を含む25～100μm厚の塗膜層で、ところどころに酸化ケイ素粒子も混在することがEPMAによる含有元素濃度分布測定によって確認された。No.2内面には土器の上に10～15μm厚の鉱物を含まない塗膜層があり、その上にFe、Si、Oを主成分とするパイプ状物質が混在した35～45μm厚の塗膜層がある。EPMAによる状態分析によって、パイプ状物質に含有されるFeは酸化

表1 調査資料

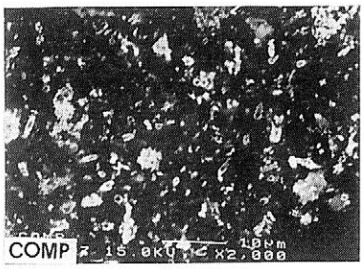
No.	資料名	出土地	検出遺構	層位	推定年代	赤色剤
1	内面塗膜残存土器	三内丸山	南盛土	III	縄文中期	赤色チャート
2	両面塗彩土器破片		北の谷	III	縄文中期	パイプ状ベンガラ
3	赤褐色樹脂残存土器		南盛土	III	縄文中期	パイプ状ベンガラ
4	赤色物質塊		南盛土	III	縄文中期	赤色チャート
5	彩漆土器破片	小山崎	TT9 北2区	V層	縄文後期	赤色チャート
6	石刀	上杉沢遺跡	東包含層	V層	縄文晩期	硫化水銀

第二鉄とほぼ同じ結合状態にあることが確かめられた。No.1およびNo.2は土器表面にまず樹脂(漆と推定される)を塗布し、その上にそれぞれ酸化鉄粒子、パイプ状ベンガラを混和した樹脂を塗彩して制作されたとみることができる。

No.3から摘出した試料片は樹脂の中に灰色領域が点在する組織によって構成され、灰色領域にはパイプ状ベンガラが濃密に分布する。パイプ状ベンガラが混和された樹脂容器として使用された可能性が高い。

No.4から摘出した試料片は、鉄、酸素を主成分とする直径2μm以下の粒子が濃密に分布し、ところどころに酸化ケイ素も混在する組織からなる。41.7%のSi、10.78%のFeを含有し、その粉末X線回折パターンは、酸化第二鉄および石英の回折パターンとほぼ合致する。赤鉄鉱を含むチャートが再結晶した物質(以下、赤色チャートという)と推定される。No.5の土器に接する塗膜層は約20μm厚、その上の層は20～30μm厚で、前者は樹脂層、後者には酸化鉄が含有される。

No.6の棟部には三叉文状文様が掘り込まれ、その中に赤色塗彩が施されている。塗彩材料にはHg、Sを主成分とする粒子が濃密に分布し、酸化ケイ素粒子も混在する。粉末X線回折パターンは硫化水銀と石英の回折パターンとほぼ合致し、赤色剤として硫化水銀が使用されたことが確かめられた。



No.2塗膜断面のEPMAによる組成像

4 考察

No.1・No.2の土器内面にはそれぞれ10～75μm厚、10～15μm厚の黒褐色を呈する層があり、その上に赤色塗膜層がそれぞれ25～100μm、35～45μmの厚さで塗り重ねられている。No.1の赤色塗膜層には酸化鉄粒子が濃密に分布する。No.2の赤色塗膜層にはパイプ状ベンガラの混在が確認された。No.4にみられるように、三内丸山遺跡縄文時代中期の遺構からは赤鉄鉱を含有する赤色チャートが見出されていて、ほぼ同じ組成の資料が縄文時代前期の遺構からも検出されている。赤色チャートを粉砕し、赤色剤として使用されたと推定される。粉砕に不可欠な石皿や磨石が検出され、それらに赤色チャートの固着が確認されれば、その点を明確にすることができる。No.3は、樹脂にパイプ状ベンガラを混和した樹脂容器として用いられた可能性が高い。なお、土器内面塗彩の目的については、土器の用途という観点を加味し検討する必要がある。

これまでに行われた調査によって、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和した樹脂を塗彩した木製品の台付皿破片が、縄文時代前期および中期の遺構からは赤色チャート粒子を混和したと推定される樹脂を塗彩した櫛および容器の把手破片が確認されている。遺跡周辺に分布するパイプ状ベンガラや赤色チャートを遺跡内に運び込み、粉状にした後樹脂に混和する。このようにして作成した塗彩材料を土器や木器に使用したとみることができる。

No.6にみるように、縄文時代後期には東北地方においても赤色剤として硫化水銀を使用した資料が見いだされるようになる。時代経過とともに発色剤の種類が増し、下地調整をはじめとする塗彩技術が多様化した可能性があることを示している。縄文時代出土塗彩資料の調査を積み重ね、その結果に資料の形態および用途に関する研究結果を加味し、塗彩材料の入手方法と塗彩技術の変遷を明らかにしていきたいと考える。

P50

秋田県戸平川遺跡出土縄文漆器の塗装技法について

○片桐清恵（京都造形芸術大学大学院）・高橋忠彦（秋田県埋蔵文化財センター）
成瀬正和（宮内庁正倉院事務局）・岡田文男（京都造形芸術大学）

１．はじめに

戸平川遺跡は秋田県秋田市添川に所在する縄文晩期大洞ＣＩ式期を中心とする時期の遺跡である。低湿地より漆塗り堅櫛、籃胎漆器、漆塗り土器が多数出土しており、その一部は塗装技法や赤色顔料の調査が行われ、報告がなされている[i]。今回は漆塗り土器に注目し、今までに報告されていない赤色漆塗り土器 29 点、黒色漆塗り土器 3 点の分析を行うと共に、これまでに分析された試料も合わせ、胎土中の砂粒の量や粒径の違いと塗装技法について検討した。

２．調査方法

遺物から約数㎜角程度の微小片を採取して試料とし、それをエポキシ樹脂に包埋し、研磨して薄片とした。その塗膜構造を光学顕微鏡で観察し、土器の胎土については偏光顕微鏡で観察した。

３．結果

① 胎土

漆塗り土器の胎土のあり方は一様ではないが、砂粒の量が少ない土器（図１）の粒径は小さく、量が多いものほど粒径の大きい砂粒が含まれる傾向にあった。また、外面に比べて内面の器表近くには砂粒が少ない傾向があり、内面を丁寧にミガキ調整した結果と考えられる。

② 塗装技法

赤色漆塗り土器はこれまでの報告にあるように、土器表面に透明漆を一層塗り、その上に赤色漆を１層塗る単純な構造のものがほとんどであった。中には透明漆が見られず、赤色漆層 1 層しか確認できないものも 4 点存在した。また透明漆層や赤色漆層の厚さでは、現在塗膜の残りが良いものは赤色漆層が厚く、残りの悪いものは薄い傾向にある。

黒色漆塗り土器は土器表面に透明漆を一層塗っただけの単純なものであり、黒色顔料の存在は認められなかった。

４．まとめ

分析結果を踏まえ、胎土中の砂粒の量や粒径の違いと表面調整、塗膜の状態について観察した。観察の中で、粘土が圧し展ばされ、空隙を挟み不規則な層状をなす圧展構造[ii]をもつ土器（図２）が一定量見られたため、圧展構造についても検討を行った。

これまでに赤色漆塗り土器の胎土は白く、黒く見える漆塗り土器の胎土は黒い傾向が見られることから、最終的に表面を何色に仕上げるか想定した土器の焼成が行なわれていた可能性が指摘されている[iii]。今回の観察の結果（表１）では、白い胎土の土器は粒径の大きな砂粒を多く含み、圧展構造をなす傾向があることが分かった。そうした白い胎土の土器の中には、下塗りとしての透明漆層がみられない、赤色漆１層のみの土器（図３）が存在している。

また、赤色漆塗り土器に比べ、黒く見える漆塗り土器は胎土中の砂粒の量が多く、小さな砂粒を多量に含む胎土(図４)が特徴的であることがわかり、両者の違いが認められた。

表１　戸平川遺跡出土漆塗り土器の観察表

	土器	総数	胎土*			圧展構造		表面調整		塗膜の状態	
			精	粗	多	有	無	平滑	起伏	良好	劣化
赤漆塗り土器	燻し	21	11	10	0	4	17	19	2	16	5
	白い胎土	12	1	11	0	6	6	8	4	10	2
	その他	15	7	8	0	1	14	12	3	13	2
黒漆塗り土器	燻し	9	1	3	5	6	3	6	3	9	0
	白い胎土	3	0	3	0	3	0	1	2	3	0
	その他	5	0	2	3	4	1	4	1	5	0

＊胎土に混ぜられる砂粒の粒径が小さく量が少ないものを「精」、粒径が大きく量が多いものを「粗」とした。また、黒色漆塗土器に多く見られた粒径が小さく量が多い胎土を「多」とした。

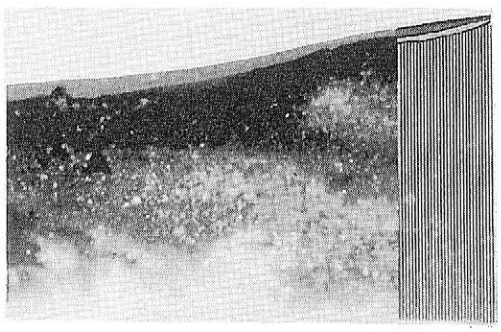


図１　赤色漆塗り土器　(No.18)

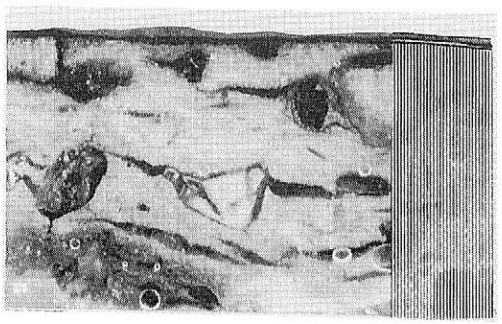


図２　赤色漆塗り土器　(No.46)

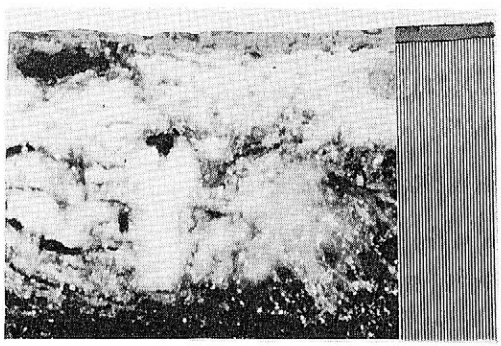


図３　赤色漆塗り土器　(No.20)

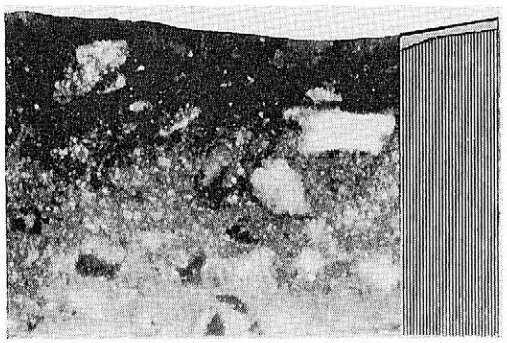


図４　黒く見える漆塗り土器　(No.5)

漆塗り土器顕微鏡写真

ベンガラ漆層　　透明漆層　　胎土　　50μm　スケール同

i,iii　岡田文男・成瀬正和・高橋忠彦・藤沢昌「秋田県戸平川遺跡出土縄文漆器の研究」『日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会（1998）

岡田文男・成瀬正和「戸平川遺跡出土漆器の塗膜構造調査」『秋田県文化財調査報告書第294集戸平川遺跡』秋田県埋蔵文化財センター（2000）

ii　圧展構造については高橋護「弥生土器の製作に関する基礎的考察」『鎌木義昌先生古希記念論集　考古学と関連科学』（1988）を参考にした。

P51

漆状塗膜の経年変化に関する一考察

-鎌倉やぐら群における黒色物質を例に-

○早川典子　朽津信明（東京文化財研究所）

1. はじめに

漆は塗料や接着剤として、日本で古くから使われていたと言われている材料である。

漆は、ウルシの木から分泌された樹液であり、樹液はウルシオール、水分、水溶性多糖類、糖タンパクによって構成されている。この樹液の主成分ウルシオールが、糖タンパクの中に含まれるラッカーゼにより重合したものが、いわゆる漆塗膜である。ウルシオールはカテコールのオルト位に炭素数15のアルケニル直鎖が付加したもので、重合の初期反応はラッカーゼによるカテコールの-OHのキノン化し2量体となる酵素触媒反応である。この2量体の側鎖が自動酸化反応していき、重合が行われる。重合後に形成された漆塗膜は分岐の多い立体構造をとり、有機溶媒に不溶な物質となる。したがって漆の分析にはFT-IRや熱分解GC-MSが用いられることが多い。

漆に関連する歴史的遺物についての研究としては、付着した塗膜が漆であるかどうかの可能性が問題となる。

しかし、一般に有機物質は経年により、酸化や紫外線の影響などで化学構造が変化することが多い。そのため、歴史的遺物に使われている有機材質の分析同定は慎重に行わねばならない。得られた分析結果が、予想された物質の既知データと異なる場合、現在の既知物質が変化したからなのか、あるいは本来使用された時点ですでに予想された物質とは異なる材料だったのかは様々な角度から検討される必要がある。

本研究では、鎌倉多宝寺やぐらの中に残された五輪塔の梵字内に存在する黒色物質に関して、同時期の遺物と関連させつつ考察を行い、歴史遺物における漆状塗膜の分析可能性を検討した。

2. 鎌倉市多宝寺遺跡

神奈川県鎌倉市の多宝寺遺跡は、鎌倉市扇ヶ谷の泉ヶ谷に存在する鎌倉時代の律宗寺院の遺跡である。多宝寺は忍性を開祖とし、弘長二年（1262）ごろ建立されたものであり、極楽寺に入る以前の忍性が五年間住持を務めるなど、鎌倉期の興律寺院の拠点であった。しかし、そののち多宝寺は廃絶され、実態は不明となっている。

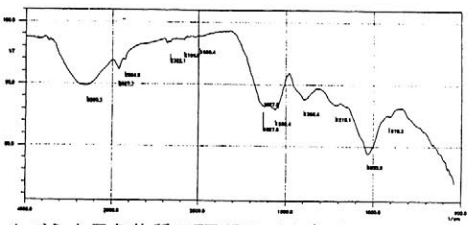
昭和34年からこの遺跡の発掘調査がはじまり、その過程で複数のやぐらや石造遺構が確認されており、その中から多数の五輪塔や遺物が発見されている。

確認されたやぐらには発見順に1号から10号までふられているが、中でも、3号、9号やぐらにおいて発掘された五輪塔の、梵字の刻まれた部分には金箔が認められている。これら3号、9号やぐらは多宝寺内のやぐらとしては年代的に最も古く、弘長二年（1262）から嘉元四年（1306）の間に造られたと推定されている。このやぐら群と同年代に造られたと推定されている10号やぐら内の五輪塔梵字内には、黒色物質が認められ、これが漆あるいは何らかの金箔接着剤であるとすれば、この五輪塔梵字にも金箔が施されていたと考えられる。金箔を施された五輪塔は、それ以降造られた多宝寺内のやぐらには発見されておらず、10号やぐらでも金箔が施されていたとすれば、年代的特徴のある技法と推定される。そこで、本研究ではこの黒色物質についてFT-IRを用いて塗膜同定の試みた。

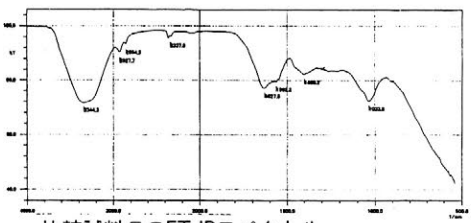
3. 試料及び比較試料の測定

試料および以下の比較試料をFT-IR（（株）島津製作所SHIMADZU FTIR-8700）ATR測定により分析した。

	比較試料作成年代	状態
A	作成後　7日	木地呂漆塗膜　作成後室内静置
B	作成後　1年	木地呂漆塗膜　作成後室内静置
C	作成後　15年	木地呂漆塗膜　作成後室内静置
D	12世紀末～13世紀初頭	赤色で彩色の施された黒色塗膜　木製品に付着 鎌倉市大倉幕府周辺遺跡群出土
E	12世紀末～13世紀初頭	赤色で彩色の施された黒色塗膜　木製品に付着 鎌倉市大倉幕府周辺遺跡群出土
F	13世紀前半	赤色で彩色の施された黒色塗膜　木製品に付着 鎌倉市大倉幕府周辺遺跡群出土
G	13世紀中頃～後半	黒色塗膜　木製品に付着 鎌倉市大倉幕府周辺遺跡群出土
H	13世紀第三四半期	赤色で彩色の施された溜色塗膜　木製品に付着 鎌倉市佐助ヶ谷遺跡群出土
I	13世紀～14世紀前半	赤色で彩色の施された溜色塗膜　木製品に付着 鎌倉市名越ヶ谷遺跡群出土



やぐら内黒色物質のFT-IRスペクトル



比較試料ＦのFT-IRスペクトル

4. 結果および考察

比較試料A～Cの結果から漆塗膜について経年的に以下の傾向が確認された。フェノール由来の1200～1280cm^{-1}に検出される吸収の減少や、1000～1100cm^{-1}に検出されるRC-O-R'の吸収と1400～1440cm^{-1}に検出される-CH2-の吸収の増加などが見られる。さらに、CからはAやBよりもむしろFやIなどの鎌倉期の塗膜によく似たスペクトルが得られた。もちろん、鎌倉期の塗膜に関しては作成当時の材料は不明であり、現在では未知のなんらかの他の材料がCと同様のスペクトルをとる可能性は否定できないが、材料歴史学的な背景から推定するに、これらの比較試料が漆である可能性は相当に高いと思われる。このことは、漆が塗膜形成後ゆるやかに反応し続け、その反応の終息にはかなりの時間を要するものの、最終的には構造がCのようなものである塗膜を形成することを示唆しており、紫外線や酸化などの諸条件さえ満たされれば、この塗膜の安定性が高いことも推定される。

鎌倉期の塗膜であるD～Iの中からは、G以外はよく似たスペクトルが得られており、漆塗りと言われている出土遺物の塗料が、いずれも同一あるいは同一に近い似たような塗料であった可能性は高い。Gが彩色のないいわゆる雑器であることから、これには他の遺物に使われていた塗料に何かを混合、あるいは化学構造が多少異なる別の塗料を用いていたと考えられる。この結果は、出土塗膜の差異がIR分析において確認可能であるという一例であろう。

多宝寺10号やぐら五輪塔梵字内の黒色物質は、Cや鎌倉期の出土遺物塗料とよく似たスペクトルをとる。墨や、黒色顔料を多く含む有機物は、FT-IRによる測定では光波が吸収されてしまい、スペクトル検出できない。このことを考えあわせると、この黒色物質は漆か漆によく似た有機物の可能性が高く、黒い着色を目的とした彩色ではなく黒色は物質本来の色であり、その物性を利用して接着のために塗られていたと考えるほうが妥当であり、梵字には金箔が施されていたと推定される。

P52

鎌倉市の「やぐら」に用いられた装飾材料について

○朽津信明（東京文化財研究所）

【はじめに】 鎌倉市周辺には、鎌倉時代後半から南北朝時代にかけて、山腹の岩をくり抜いて築かれた、「やぐら」と呼ばれる横穴の存在が多数知られている[1]。「やぐら」内には人骨や供養碑などが見られることが多く、墓の一種と捉えられる一方、内部に五輪塔や石仏などがある、宗教施設としての様相を呈するものもある。こうした「やぐら」内の装飾には、稀に彩色顔料が見られる場合があり、また表面に白色塗装が施されているものも見られる。これらの装飾材料については、見かけに基づいて、「白色塗装は漆喰である」とか、「赤色顔料はベンガラである」などと推定されていた[1]が、これまで科学的に分析が行われたことはなかった。そこで本研究では、「やぐら」に用いられている装飾材料を科学的に分析し、それを明らかにするとともに、石仏などの同時代の他の屋外石造文化財の場合と比較して、考察を行う。

【調査対象】 鎌倉市内だけでも 40 を超える数の「やぐら」群が知られており、そのそれぞれの群内には通常数窟から百窟程度の「やぐら」が存在するため、現在知られているだけでも「やぐら」の総数は千を下らないものと見られるが、その中で顔料などの装飾材料が現在でも認められる「やぐら」はそれ程多くはない。今回の調査で彩色が認められたのは、朱だるきやぐら群、瓜ヶ谷やぐら群、多宝寺跡やぐら群の三箇所だけであり、まずはその彩色顔料を調査対象とした。その他に、多宝寺跡やぐら群、寿福寺やぐら群、そして百八やぐら群では五輪塔や梵字周辺などの表面には、1mm 以上の厚みを持って白色塗装が認められたため、これも調査対象とした。特に寿福寺やぐら群の中には、俗に「唐草やぐら」と呼ばれる、壁面が白色物質によって文様状に盛り上げられて装飾されたものがあるため、その白色物質を調査した。なお、これら以外に、やぐら内の梵字などが黒く認められる場合もあったが、目視から有機物と判断されたことから本研究の調査対象からは除外した。

【方法】 まず彩色顔料については、ファイバー型分光光度計により可視光反射スペクトルを測定し、その波形から色を分類した。そして各群で分類された代表的な色について鎌倉市教委より極微量試料（径 1mm 未満）の提供を受け、それをＸ線分析顕微鏡で元素分析した。また白色物質についても、各群それぞれの極微量試料で同様に元素分析を行うとともに、寿福寺やぐら群の試料はＸ線回折により鉱物分析

を行い、さらに樹脂で硬化した後に薄片製作し、偏光顕微鏡により組織を観察した。

【結果】 朱だるきやぐら群、多宝寺跡やぐら群、瓜ヶ谷やぐら群で見られた赤色顔料からは鉄が検出された。その他、朱だるきやぐら群では黄色および白色顔料が、そして瓜が谷やぐら群では白色顔料が認められ、黄色顔料では鉄と珪素が、白色顔料では珪素がそれぞれ検出された。これに対して寿福寺やぐら群、多宝寺跡やぐら群、そして百八やぐら群でそれぞれ厚みを持って存在していた漆喰状の白色物質からはカルシウムが顕著に検出され、寿福寺やぐら群の試料からはX線回折により方解石が検出された。さらに顕微鏡下の観察では方解石結晶は破片状ではなく、溶液からの沈殿により結晶した組織を示した。なお、寿福寺やぐら群の唐草様の造形表面には、厚さ 1mm 未満の表面層が見られ、この部分からは顕著に珪素が検出された。

【考察】 今回認められた顔料のうち、赤色顔料はいずれも鉄を発色の主要因とする「広義のベンガラ」、そして黄色顔料は黄土と考えられる。白色物質については二種類存在し、ある程度の厚さを持って壁面や五輪塔などを覆う漆喰（組織から貝殻胡粉ではない）と、表面層や白色顔料としての白土とが用途によって使い分けられていたものと考えられる。これを近接した時代の屋外の石仏や、屋内壁画における顔料と比較すると、表１のようになる。まずいずれにおいてもベンガラ、白土、黄土が使われていることは共通する。しかし、赤における朱、黄色における密陀僧、そして青色（群青）が現時点では認められない点などは、屋内壁画の傾向とは異なり、屋外の石仏の状況と近いと言える。この点については、製作背景などの文化財としての性格とともに、環境や材質などの事情も関係している可能性が考えられる。

謝辞 調査にご協力いただき、試料をご提供いただいた鎌倉市教育委員会の玉林美男氏に感謝します。

引用文献 1)鎌倉市史編纂委員会（1959）鎌倉市史　考古編, 2)朽津・山田（2000）保存科学, 40, 52-63, 3)山崎一雄（1987）古文化財の科学, 思文閣出版

	鎌倉のやぐら	大分県下の石仏	屋内の壁画
赤	ベンガラ	ベンガラ	朱、ベンガラ、鉛丹
黄色	黄土	黄土	黄土、密陀僧
白	白土、(漆喰)	白土	白土
黒	不明	不明	不明
緑	確認されない	緑土	緑青
青	確認されない	確認されない	群青

表１．やぐらの装飾材料と、鎌倉～南北朝頃の石仏・屋内壁画の顔料との比較
やぐらは本研究、石仏は大分県下の石仏[2)]のうちで鎌倉～南北朝時代のものを抜粋。屋内壁画は、山崎[3)]の分析結果の中から鎌倉～南北朝時代のもののみを抜粋。

P53

中国の古代塑像・壁画材質の顕微ＦＴ－ＩＲによる迅速同定

○ 劉　阿妮（京都大学大学院人間・環境学研究科）
佐藤 昌憲、高妻 洋成、肥塚 隆保、沢田 正昭（奈良文化財研究所）

遺物の材質同定は保存科学の重要な課題の一つである。顕微 FT-IR 法は極めて微量の試料を採取し、無機、有機物質の材質を短時間内に同定できるので、さらに各種の分析機器を用いて詳細な研究を進めるのに有効である。

1　測定試料

中国の北魏時代の涅槃塑像（甘粛省炳霊寺石窟）、明代壁画（四川省報恩寺）、唐代壁画（陝西省毛孟安墓）を対象として顕微 FT-IR 測定を行った。

2　測定方法

装置:　（株）HORIBA　FT-520

試料の測定には、まず、低倍率の光学顕微鏡で試料表面を観察し、有機物である可能性の高い部分から約 1mm 以下の微小な試料片を採取する。試料を金属台に載せ、上から金属棒で圧縮して薄層試料を作成した。試料を載せた金属台を顕微赤外分光計の試料台に設置して可視光下で測定したい部分を選定し、光源を赤外光に切り替えて赤外吸収スペクトル測定を行った。得られた赤外吸収スペクトルを各種の既知標準物質のものと比較し、試料物質の同定を行う。赤外線領域の電磁波は、分子を構成する原子間結合の振動準位に吸収される。

3　測定結果

まず、炳霊寺涅槃塑像の塑土より、麻類の繊維(写真１、２、図１)、獣毛(写真 3、図 2)などの繊維が含まれることが確認できた。塑像に対してかつて表面に布を貼り付け移設保管を行ったことがあり、布に用いた接着剤は桃膠であることを確認した。無機顔料としては、マラカイト(緑青)が検出できた。

写真１　繊維１

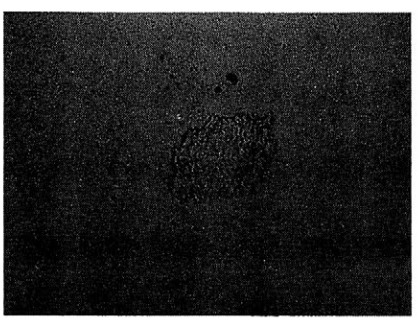


写真２　繊維１薄層試料

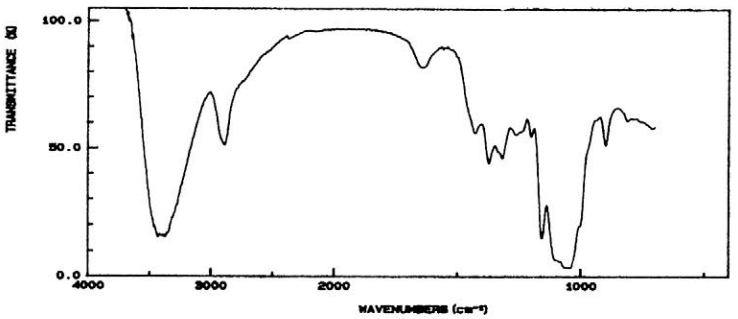


図１　繊維１の赤外スペクトル

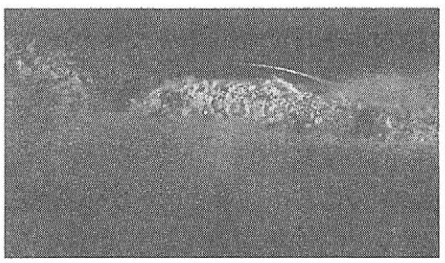


写真３　繊維２

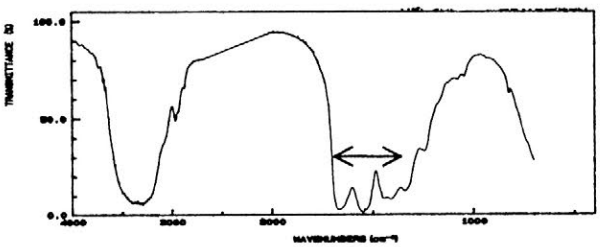


図２　繊維２の赤外スペクトル

報恩寺の壁画試料から麻類の繊維とその他の植物性繊維が確認できた。

唐代壁画試料について、赤色顔料から植物性固着剤が確認でき、緑色顔料（写真４）からはマラカイトの赤外吸収（図３）が確認できた。

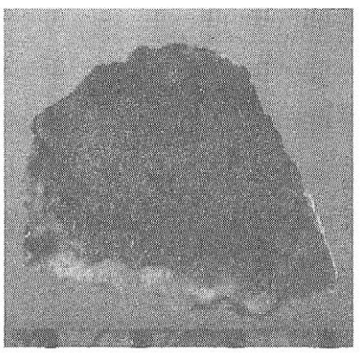


写真４　緑色試料

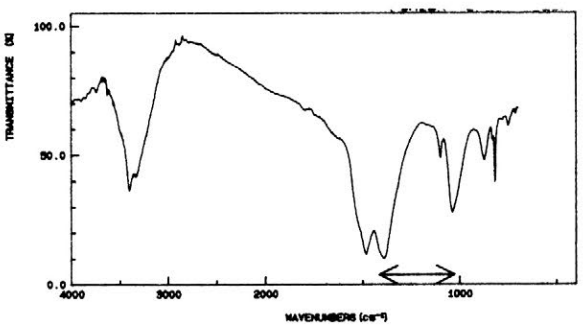


図３　緑色試料の赤外スペクトル

P54

フレスコ画制作に関する材料学的考察(I)

－ 手作りの石灰焼成窯による石灰焼成 －

大野　彩（東京芸術大学美術学部）
○佐野　千絵（東京芸術大学大学院システム保存学）

1　はじめに

フレスコに携わる材料として、石灰は制作の原点となる最も重要な素材である。それは、作られるモルタルの水退き及び保水性が、作業性と描画時間の長短とに関わり、さらに硬化後の絵画の強度に関わると考えられるからである。現在我々がフレスコを描く時に使う石灰は、通常、白色の粉状のものであるが、それは現在日本で入手できる石灰が、一般にその形態で販売されているという理由にすぎない。生石灰を消化する時に、日本では空気中の水分を利用したり霧状の水を用いたりして、消化に必要な最小限の水を作用させている（乾式消化）のに対して、イタリアやルーマニアでは、地面にプールを作りプール内の大量の水に生石灰を投じて消化(湿式消化)させ余剰の水をプール周辺の土に吸収させて1年から3年かけて固いペースト状の消石灰とする。これがフレスコに最もふさわしい石灰とされている。石灰の焼成にもいくつかの方法があり、燃料としてはコークス・重油・薪の中では薪が良いとされる。それはコークスや重油で焼いた時に硫化物が発生する欠点があるのに対して薪はそれが無く又焼成温度についても低温で長時間焼く方がフレスコに向いた石灰ができるという条件を満たすからである。日本では石灰生産量の90%以上は工業用で、フレスコに使う左官用の石灰は全体のわずか数%で、通常約半日ほどで焼成し乾式消化法で製造される。そこで、消石灰が焼成・消化の方法によってその性質を変えるかどうか実際にやってみるべきであると考えた。

2　手作りの石灰焼成窯の形態および石組みについて

手作りの石灰焼成窯と現代窯との主たる相違点は、燃料とその性質による焼成時間と燃焼帯の温度にある。現代の石灰窯の代表的な窯のひとつのロータリーキルンと呼ばれる窯は、電気制御の元に、石灰は長い横型の回転窯の中を移動しながら焼成される連続窯で、焼成時間はわずか約180分、非常に急激な焼成を行っている。左官用の石灰を生産している栃木県葛生町では、徳利窯あるいは土中窯と呼ばれる10メートルほどの立窯で、半日焼成、2日の徐冷で生産する連続窯を使用している。燃料はコークスである。

われわれが最初に参考にしたのは、泥レンガを使って窯を作る方法と、イタリアの伝統的な形の石灰窯で、石組みの間欠窯である。1997年にイタリア北部のドロミテで復元されたの古代ローマ時代の石灰窯はほぼこれと同じ形態で、窯の背面に盛り土をしている。さらに燃焼室については、沖縄県で、昭和8年に珊瑚を取ることが禁止されるまで行われていた、珊瑚灰の生産のために土で作られていたという石灰窯をいくつも制作し窯を詳しく知っている人に聞き取り調査をし、それを参考に最終的な窯の形態を決定した。この形を組むためにわれわれは取手校おいて日乾レンガを制作した。取手校の校庭の土は良質の粘土で、木型を作って、中に土を詰めて型を抜く作業を繰り返し、340個の土の固まりを作った。2日間、延べ約10人かかった。

イタリアの伝統的な窯は全体を石灰石でドーム型に形作るが非常に技術がいるため、沖縄の珊

瑚灰を焼く時に使っていた煙道方式を採り、燃焼室を作った。

3　手作りの石灰焼成窯による石灰焼成手順

今回は日乾レンガで作った窯自体を焼成しなければならないので、点火後急激な温度上昇をさせずにゆっくりと石灰の温度を上昇させる必要があった。100℃を越えた辺りで水蒸気が立ちのぼり始めたので、窯に含まれる水分が急激に蒸発して窯が壊れることのないように、水蒸気の発生がある程度治まるまで、しばらくの間、火をゆっくりと焚いた。その後また温度を上昇させると、200℃を越えた辺りで石灰石表面が濡れ始め、石灰石内部に閉じこめられていた水の放散が確認できた。しばらくそのあたりの温度に保っていると、その水も飛び去り乾いていった。5時間後には600℃を越えた。火入れ後のクラックについても沖縄の窯に指針を得て、たたきながらレンガ粉の混ざった土で補正した。窯の上から炎が出るようになったので、一斗缶の蓋部分と底部分を取り除き窯の上部に取り付けて煙突とした。煙突を取り付けると、窯の温度は800℃まで上がった。　窯の温度は 800～900℃の間を推移し、何度か石灰石の採取を行いながら消化実験で焼成状況を判断した。61 時間後、焚き口に耐火レンガを積み、窯の煙突部を半分壊して土で塞いだ。除冷は約 66 時間おこなった。焼成中、温度は常に、窯の後部の方が前部よりも 100℃以上高い値を示していた。

4　消化実験結果

最上部は蓋部として取り、次を1層目として一斗缶が一杯になるまで入れた。次の石は2層目とし、窯の焚き口側と背面側に分けて缶に詰めた。3層目も同様にした。4層目は最下層の一層を残すように取ったため、缶の5分の3の量であった。最下層の5層目も窯の焚き口側・背面側に分けて缶にとり、合計9缶を得た。それぞれの缶から3つのピースをサンプリングして、各々をビニール袋に入れて、アルキメデスの原理を利用して体積を量り、その体積の約3倍量の水で消化実験を行った。消化後、未消化の部分の体積を同様の手法で量った。結果は表1の通りである。全体では約 65%が焼成されたと推定した。焼成実験に用いた石灰石の大きさはほぼ同じであったため、消化率の違いは層ごとの焼成率の違いと理解できる。表1の左側を窯の焚き口と見立て、90%以上の消化率の良い部分に斜線をつけると、明らかに窯の背面側の方が消化率が良く、すなわち、火の流れは焚き口から窯の背面側上部へと大きく流れて、この道筋上にある石灰が良く焼成できていた。

表1　　第1回焼成実験　消化率結果(単位　%)

	試料番号1	試料番号2	試料番号3	平均		試料番号1	試料番号2	試料番号3	平均
1層目焚き口側（1前と省略）	44	20	3	22	1層目背面側（1後と省略）	69	90	90	83
2前	39	3	12	18	2後	90	29	100	73
3前	18	90	29	46	3後	49	90	100	80
4前	90	100	100	97	4後	90	90	100	93
5前	90	90	90	90	5後	41	25	90	52
焚き口側平均	54				背面側平均	76			

<参考文献>

大野彩：武蔵野美術大学研究紀要 No.24(1993)フレスコ作画法の研究
大野彩：武蔵野美術大学研究紀要 No.27(1996)下地にみるフレスコ技法の東西

P55

フレスコ画制作に関する材料学的考察(II)

－ 手作りの石灰焼成窯で得られた石灰の特質 －

大野　　彩（東京芸術大学美術学部）
○佐野　千絵（東京芸術大学大学院システム保存学）

1　はじめに

手作りの石灰焼成窯で得られた生石灰、および市販材料を乾式および湿式で消化して、焼成・消化方法によって消石灰の性質がどのように変わるか検討した。乾式消化では、瞬時に結晶が形成されるために結晶は小さいが、結晶同士の凝集によって見た目の粒子径は大きくなると言われている。これに対して湿式消化では、結晶は大きいが結晶同士の凝集は起こらないため、見た目の粒子径は小さく、保水性も強度もあるが、収縮クラックが入りやすいと言われている。また、フレスコを描くものが望む石灰の特質とは、作業性がよい、描画時間が永くとれる、砂の混入量に幅がある、顔料の定着が良い、壁としての耐久性に優れるなどであり、今回はパネル及び壁に仕立てて、水退きや定着性について検討した。

2　焼成試料の密度測定結果

得られた焼成試料を各層毎、1 ブロック毎にビニール袋に詰め、その重量を上皿秤（精度±5ｇ）で秤量した。また消化率測定の際と同様に、アルキメデスの原理を応用してその体積を測定した。

表2　焼成試料の密度(上段　密度平均値g/cm3;　下段　ばらつき%)

	1層	3層	4層	5層
焚き口側	2.6 30	2.4 29	2 21	2.1 21
背面側	2.1 22	1.8 21	1.7 19	1.8 19

焼成して得られた試料の各層ごとの密度とその誤差％を表 2 に示す。焼け残りの多い 1 層焚き口側の試料の密度はほぼ炭酸カルシウムと同じで、ほとんど焼成されていないことが分かる。また各ブロックがさまざまな熱分解ステージにある為か、その密度の数値の分散も大きかった。しかし 3 層から 5 層へ窯内での高さが下がるに連れ密度は減少し、また分散も小さくなる傾向が認められた。同様に、同じ窯内高さで焚き口からの位置関係（近傍、背面）で比較すると、焚き口側の試料よりも背面側の試料の方が密度が小さく、また分散も小さかった。

3　熱重量分析結果

焼成後約 4 ヶ月間、室温でビニール袋に封入されて放置された焼成試料を採取して、熱重量分析を行った（使用機種　DTG-60、島津製作所（株）製）。窒素ガス流量 20ml/分、室温～1000℃、10℃/分で昇温した。試料量はいずれも約 10mg、基準物質としてほぼ試料量と同量のα-アルミナ粉末/DTA 基準用を使用した。温度校正は亜鉛（粒状）、インジウム（粒状）特級試薬を用いた。また工業製品等と比較するため石灰石（原材料）、生石灰（葛生）、乾式消石灰（葛生）、湿式消石灰ゼッキ、湿式消石灰カルチェ・スペチャーレ、湿式消石灰 CAISE についても同様に測定した。

表 3 に結果をまとめる。今回焼成した試料では消化率の悪い部分（40％部分）の外層には Ca(OH)2 に由来するピークが生じており、また焼け残りの CaCO3 のピークも見られる。消化率の

良い部分（97%部分）では、外層および外層に近い部分ではCaCO3の脱CO2ピークが認められるもののその終点分解温度は粉体の市販品と同程度に低温側に移行し、焼き上がりの見た目は石のような形をしていても、密度がとても低くなっていて脱CO2が容易に起こる状態になっていることが分かった。内部はCa(OH)2に由来するピークのみが見られ、空気中の水との反応は外層から進行していく様子が明らかであった。

表3　熱分析結果（上段 ピーク温度℃；下段 減量率%）

	ピーク1 Mg化合物からの脱水	ピーク2 CaOに由来するピーク	ピーク3 Ca(OH)2からの脱水	ピーク4 CaCO3からの脱CO2
石灰石（葛生）				812 44
生石灰（葛生）		454 18		
乾式消石灰（葛生）		442 14	696 16	
食品添加物用消石灰（高知）		444 10	720 23	
ドロマイトプラスター1（葛生）	382 8	445 11	703 12	
ドロマイトプラスター2（葛生）	349 4	425 9	709 17	
湿式消石灰ゼッキ		447 8	735 29	
湿式消石灰カルチェ・スペチャーレ（ミラノ）		447 9	734 26	
湿式消石灰（ミラノ購入）		458 4	748 37	
焼成実験試料（消化率40%部分） 外層		458 6	780 32	
焼成実験試料（消化率40%部分） 内部				850 44
焼成実験試料（消化率97%部分） 内部		451 11		
焼成実験試料（消化率97%部分） 外層に近い内部		424 2	689 6	
焼成実験試料（消化率97%部分） 外層			696 7	

4　描画性の評価

手焼きで得られた試料及び、石灰メーカーで作られる生石灰を湿式消化したもの、市販の消石灰等を対象に同量強の砕石砂を混入して、石灰モルタルを作り、壁とパネルに塗りつけ、着色をし、その様子を記録した。描画時間を把握するため、約1時間ずつ間隔をあけながら、壁とパネルに順次、顔料を塗り重ね、前回載せた顔料が動くかどうかに注目した。その際の水の退き具合、その他を記録した。又、顔料を塗るたびにpH試験紙でチェックし、下層から水酸化カルシウムを含んだ水があがってきているかどうか確認した。クラックについては塗り重ね実験終了後に、その長さと数を測定した。

石灰モルタルについて乾式と湿式を比べると、常に湿式の方が滑らかで作業性がよく、保水性が良かった。左官用として作られた乾式のものはこてでの押さえが利き、平らにぬる作業が比較的しやすい。逆に湿式のものは鏝跡が残りやすく、比較すると平面を作りにくいと言える。この材料としての性質の違いは、日本の壁作りにおいて木舞いを芯として土をつけ砂漆喰をつけ上塗り漆喰が最後の仕上げ部分に使われる工程との関連、すなわち漆喰は薄く平らに塗れる白いものである必要があったために、このような形で、石灰材料の性質を改良してきたと考えられる。

また湿式よりも乾式の方が一様に締まり、乾燥が速い、逆につまり保水性が悪いといえる。このことは石灰結晶の粒子径と関連していると考えた。すなわち既述したように、乾式消化の方が石灰結晶の粒子が小さく、湿式のものに比べて表面積が大きいために起こったと考えられる。

左官用の乾式消石灰は特に上記の傾向が強く見られるが、乾式消石灰のうちでは、食品添加物用消石灰は純度が高いとされ、粉体の粒子径は他の乾式のものに比べて小さく、感触は滑らかであった。乾式の中では作業性が最も湿式消石灰に近い状態であった。

P56

白描図像の書写技法と料紙加工技術に関する研究

和田　浩（東京国立博物館）
○沖松健次郎（東京国立博物館）

●はじめに

本発表は，美術史の作品研究の立場から，作品に備わる時代様式がどのようにして発現されるのか，作品を成り立たせている素材や技法との関連の中において，その仕組みを明らかにすることを目指した研究の一環として行うものである。現状では，素材を分析するための方法を模索する段階である。

●問題の所在

本発表の具体的な問題点は，１３世紀の白描図像の一例である「十天形像」（建暦３年（１２３２）書写　醍醐寺所蔵）の描線に観察される，墨が線の輪郭の内側に向かって凝集し，斑状になって見える現象の原因を明らかにする点にある。

この現象の原因を白描図像の一般的理解に随って考えれば，図像の透写の便を図って紙の表面に油を塗ったため，墨がはじかれていると解釈できるようである。しかし，油を塗った紙は肉眼観察でもはっきりそれとわかるほど独特な質感をもっているのに対し，実作品を見る限り紙そのものが持つ元の風合いがかなり保たれ，また雲母引きのようなものも観察されず，一見ほとんど何も加工されていないように見受けられる。

それでは一体何が原因となっているのか。原因を明らかにすることは「十天形像」を「作品」として理解するための基本的作業といえるだろう。またそれは，平安後期から鎌倉時代にかけて現れる，闊達な線描を主体とした作品の生み出される土壌としてしばしば言及される白描図像の理解にも必要なものと思われる。しかし，管見の限りにおいて，この点についての分析や研究は現在のところ行われていないようである。

そこで，本発表では観察に基づいて「十天形像」に用いられた紙は油紙ではない，という仮定のもと，以下のような方法によりその素材と加工方法について考察を行った。

●方　法

「十天形像」は種々の状況から試料片採取が困難であり，現行の分析測定ができないという制限があるので，そのために間接的な方法を用いて考察を行った。つまり「十天形像」の画面に見られる墨線の状態の再現を目指してサンプルを作成し，そこから実作品に用いられた素材や技法等を考察する方法である。加えて，実作品を分析できるようにするために，作成したサンプルを用いて紙の原料の種類や表面加工材の種類及び加工状態等を，非破壊・非接触で測定分析できる方法の模索も行っている。

なお，サンプルの作成と考察にあたっては総じて次のような条件が存在していることを付記する。１紙及び表面加工材は現在入手できる市販品を用いている。作品の地合に近いものも含めているが，参考のため同じ素材でも地合の違うものを含めるなど，必ずしも作品の完全な復元ではない。２現在の歴史的理解からして，１３世紀頃には存在したと考え

られる素材を中心としたが，明らかに時代が下ってから使用され始めた素材も比較参考のため敢えて用いている。

●実験内容

a.使用材料（市販名で表記）

紙　原料植物・産地・漉き方の違い等いくつか条件を違えたものを用意した。

（楮）　越前楮 2.3 判　本美濃並口　本美濃薄口　土佐美須紙中　土佐薄美濃　土佐楮１号　土佐大判宇田紙中肉　備中提灯紙　備中楮　韓国楮

（雁皮）成子雁皮１８ｇ　備中雁皮

（三椏）黒谷三椏三匁　成子三椏

（竹）　黒谷竹紙

（楮・雁皮）備中楮雁皮混合

油　　荏油　桐油　椿油　亜麻仁油

蝋（固形）蜜蝋（無漂白）イボタ蝋　木蝋（無漂白）

ドーサ液（①　三千本膠 18 ｇ，生明礬10.8ｇ，水900ml

②　①のドーサ液100mlを水400mlで稀釈）

b.加工工程及び作業上の特徴

油はドーサ引きした紙としない紙にそれぞれ刷毛で塗布。乾燥は常温の室内で吊り下げて行った。日数は塗布量にもよるが４～５日かかった。蝋は，枠に張った紙を熱したフライパンの底に当て，その上に固形蝋を置いて溶かし，塗り延ばした。固化は瞬時に行われすぐに墨書に移ることが可能。紙の地合によっては表面が荒れるものもあった。ドーサは縦横１回，合計２回塗りとした。

それぞれの加工が終わった時点で墨線を引き，その状態を観察した。

c.観察結果

油は紙表面で溜まったまま固まるくらいに厚く塗らない限り，墨をはじかず，却って滲みのない線が引けた。紙の透明度は高まり，一見して加工してあることがすぐわかる。蝋は３種類ともかなり墨がはじかれた（但し，線は引ける）。油よりも透明度が高いが，イボタ蝋は柔軟性が低下し折れ目に白く筋ができるようになる。木蝋・蜜蝋は柔らかい反面べとつきがでた。ドーサは，基本濃度のものははじきはない。また参考までに紙表面に明礬の結晶と思われるものがキラキラと観察されるほど濃くしたものを塗布した場合でもほとんどはじかなかった。

●まとめ―分析方法の模索と今後の課題―

上述の実験結果と実作品の風合い等の比較からは，「十天形像」の墨線が斑状になる原因は，油や蝋またドーサによるものとは違うもといえるのではないだろうか。ただ，素材の種類や調製の仕方等検討すべき問題はあり，まだ確定することはできない。

また，最終的には実作品の分析が必要になるので，有機物とくに紙とその加工材の分析判別を微量でも試料採取を伴わず，作品を鑑賞する状態のまま分析が出来る方法の模索を行っている。現状では，FT-IR 及びラマン分光分析法による試験を行った。しかしスペクトルにほとんど違いが出ず判別は困難であった。今後は判別上，素材内のどこの違いに着目すべきか素材の物性をよく検討し，より有効な方法を策定していければと考えている。

P57

X線分析顕微鏡によるネパール写本挿絵の分析

○加藤雅人(龍谷大学AFC)、江南和幸(龍谷大学 理工学部)
佐久間恵子(堀場製作所 分析センター)

[緒言] 文化財の保護・保存・修復・復元、デジタルミュージアムの構築、年代の推定・真贋の判定などを行うためのデータベース作成などの目的で、文化財に使用されたベース材料はもちろん着色材料なども含めた材料の、性質や組成と言った基礎的な情報を収集することは重要である。 近年、文献学的情報に加えて情報を得る手法として、科学分析が着目されている。 本研究では、X線プローブを走査して元素分析を行うX線分析顕微鏡を用いて、紙中あるいは紙表面に保持された無機物質、特に絵画などに使用されている顔料の分析を行うことを目的とした。

[実験] 龍谷大学が所蔵しているネパール写本のうち、仏画が描かれている試料(梵本無量壽経:光壽会本C 1-b、縦9.9cm×横26.5cm、図 1)に関して、X線プローブを走査しながら照射して励起した特性X線を検出するX線分析顕微鏡(XGT-2700、㈱堀場製作所)を用いて、顔料などの無機物質の分析を行った。微小部における定性は7個所(図 1)で以下の条件に従って行った;加速電圧30 kV、電流1mA、測定時間100s、プローブ径100μm。また、検出された元素の仏画全体における分布を二次元で測定した。

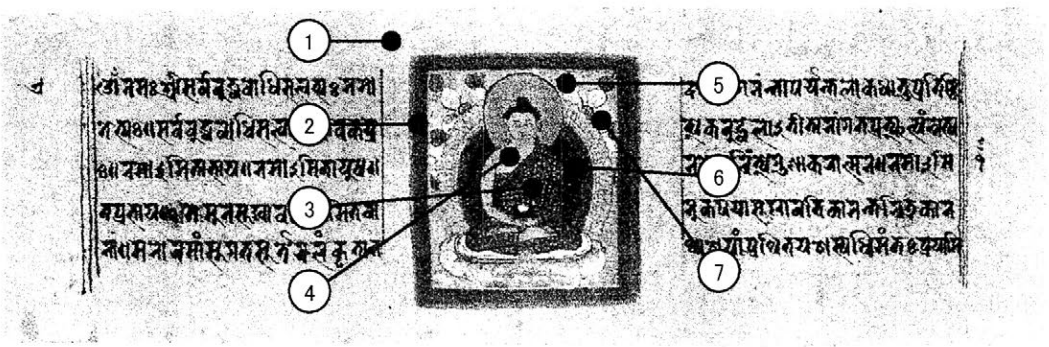


図 1. 分析試料および元素分析個所。 (1) 紙全体: 黄色、 (2) 枠: 朱色、 (3) 袈裟: 橙色、 (4) 肩(肌): 金色、 (5) 葉: 緑色、 (6) 後背: 青色、 (7) 花弁: 白から薄い桃色

[結果および考察] この試料は全体が黄色に着色されているが、分析個所 (1) で鉛およびクロムが検出されたことから、着色材料は黄色顔料である黄鉛($PbCrO_4$)であると考えられる。その他に分析個所 (1) で検出されたカルシウム、ケイ素、マグネシウムは厳密な定量は行っていないが、その量が比較的多いことから水などに含まれていた物質が製紙工程において保持されたのではなく、不透明度、表面平滑性、白色度などの紙質向上の目的でパルプの懸濁液に添加されるてん料、あるいは同様の目的で紙の表面に塗布される塗工剤のように、意図的に紙に使用された物質であると考えられる。このように、本研究で用いた装置ではX線が試料を完全に透過しているために、最表面の顔料のみでなく下塗りや紙中の元素の特性X線も検出される。そのため、他の分析個所でも (1) と同様の元素が検出された。ただし、一般に同じ元素であれば表面に近い部分に存在するほどX線は強く検出されるため、下に塗ってある場合には同じ顔料であっても各元素の特性X線強度は弱くなる。

朱色の枠の部分（分析個所（2））では水銀が検出されたことから、使用された顔料は朱砂（HgS）であると考えられる。袈裟の部分（分析個所（3））は橙色であり、鉛が検出されたことから、紅黄色の顔料である鉛丹（Pb_3O_4）が使用されたと考えられる。分析個所（5）および（6）では銅が検出されたことから、どちらも塩基性炭酸銅を主成分とする顔料であり、青色は藍銅鉱（$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）である群青、緑色は孔雀石から採取される緑青（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）であると考えられる。花弁（分析個所（7））は白に薄くピンクのグラデーションがかかっているが、カルシウム、マグネシウム、ケイ素、鉛、クロムが検出されたことから白色顔料である白亜（CaO、$CaCO_3$）およびタルク（$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$）と、赤色の黄鉛を混色させて桃色を表現したと思われる。

肌の部分（分析個所（4））では金が検出された。顕微観察を行ったところ、金色の荒い粒子が観察されたことから、肌の部分は顔料のような微粒子を塗ったのではなくて、金粉を貼付した可能性がある。

また肌（分析個所（4））、花弁（分析個所（7））では、銅が検出されたことから、先に青色顔料を塗り、その上にそれぞれ仏や花を描いたと考えられる。

図 2に各元素の分布を二次元で分析した結果および透過X線像を示す。二次元で分布状態を表示することにより、各顔料の使用された部分が明示された。また、透過X線像では、下に異なる絵が描かれていなかったことを確認できた。

[まとめ] X線分析をすることにより、用いられた製紙材料、彩色用顔料の種類が推定できた。また、塗り重ねられた順序、混色による調色といった、試料が作製された際に用いられた手法が確認できた。

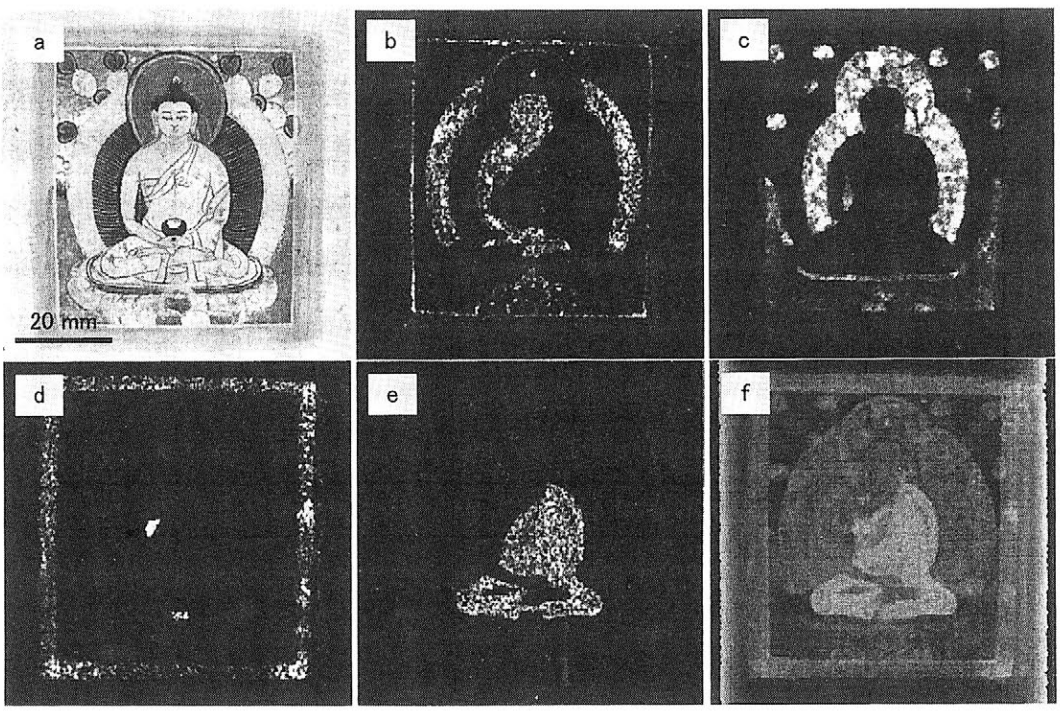


図 2. 挿絵(a)に使用された顔料に由来する各元素の分布分析(b: 金(Au Lα1)、c: 銅(Cu Kα)、d: 水銀(Hg Lα1)、e: 鉛(Pb Lα1)) および透過X線像(f)

P58

媒染剤による布上の付着成分と染色布の色について

○ 上原　瑞穂（共立女子大学）
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する際、染料を繊維に結合させるために媒染剤が使われ、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。本研究では、媒染剤の成分による違いが染色布の色にどの程度影響を及ぼすかを知る第一段階として、前報[1)2)]で明礬，植物灰，泥土の成分を明らかにした。今回はこれら媒染剤の溶液の成分およびこの溶液で媒染した媒染布上の付着成分を明らかにし、さらにこの媒染布を用いて紫根とコチニールで染色した布上の成分と色との関係を調べた。

2、試　料

媒染剤：前報で報告した成分の明らかな媒染剤 18 種（表 1）を用いた。

表1 Components of the selected mordants

Sample			Alum	Component (%) CaO	K_2O	Al_2O_3	SiO_2	MgO	P_2O_5	SO_3	Fe_2O_3	Na_2O
Alum	reagent alum	M-C-2	$KAl(SO_4)_2$ 99.8				0.1					
	India (Jaipur)	M-I-1	$NaAl(SO_4)_2$ 96.9			0.5	0.4	0.7		1.5	0.3	
			99.0			0.2	0.2	0.2		0.5	0.1	
	India purple	M-I-2-1	$NH_4Al(SO_4)_2$ 99.7								0.1	
	India brown	M-I-2-2	$NH_4Al(SO_4)_2$ 99.9	0.1								
	China (Urumchi)	M-U-1	A $NH_4Al(SO_4)_2$ 99.0		0.8						0.1	
			B $NH_4Al(SO_4)_2$ 91.6									
			B $KAl(SO_4)_2$ 8.3									
	Turkey	M－Tur	$KAl(SO_4)_2$ 99.8								0.1	0.1
Ash	Camelia (Theaceae)	A-1-3-1-B	(raw leaf , black ash)	45	22	9	5	6		5	1	1
		A-1-3-1-W	(raw leaf, white ash)	49	24	9	3	2		4	1	1
		A-1-3-2	(dry leaf)	41	23	13	3	8	4	4	1	
		A-1-3-3	(dry branch)	40	27	4	3	6	3	3	2	
	Cheary tree (Roseceae	A-4-2-2	(dry leaf)	44	25	1	4	17	5	2		
		A-4-2-3	(dry branch)	68	14	1	2	6	5	1		
	Oak (Fagaceae)	A-7-1		68	12	2	4	5	2	2	1	2
		A-7-2	(Japanese oak)	53	10	7	8	6	2	2	3	2
	rice plant (poaceae)	A-9-1		3	6	1	84	1	1	1	1	
		A-9-6	(Ehime)	7	24	1	56	3	2	1		1
mud	Amamioshima	D-1	(for dyeing)		4	20	63				10	
	Fukui	D-2	(for rice plant)		4	20	65				5	

試料布：絹布（生布）　11×12cm（1.1g）を 1 種の媒染剤につき 3 枚使用した。

3、実験方法

表 1 の媒染剤を用いて溶液を作成し、試料布を媒染した。媒染溶液と媒染布上の成分を蛍光 X 線を用いて分析した。さらにこの媒染布を紫根とコチニールで染色した布を測色し、布上の成分と色との関係を調べた。

4、結果と考察

表 2 に媒染後の布上の成分を示す。

表2 X-ray Intensity of the elements on silk fabrics

Sample	CaO	K_2O	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Fe_2O_3	Na_2O
non treated	72.6	2.8	0.2	0.8	2.3	39.7	0.8	0.6
M-C-2 reagent alum			45.2	0.9	2.3	68.9		
M-I-1 India (Jaipur)			0.3	1.1			0.8	1.0
M-I-2-purple India			50.3	1.3	2.6	78.4	0.8	
M-I-2-brown India			49.6	1.1	2.3	82.2	0.8	
M-U-1 China (Urumchi)			64.2	1.1	2.4	78.0	0.8	
M－Tur Turkey			51.2	1.0	2.4	79.1		
A-1-3-1-B Camelia, leaf (raw), black ash								
A-1-3-1-W Camelia, leaf (raw), white ash		32.7	8.3	1.4				
A-1-3-2 Camelia, leaf (dry)		9.1	1.9	1.4				
A-1-3-3 Camelia, branch (dry)		13.8	0.7	0.8				
A-4-2-2 Cherry tree, leaf (dry)		23.7		0.9				
A-4-2-3 Cherry tree, branch (dry)		5.1						
A-7-1 Oak		12.5	0.3					
A-7-2 Oak＋Japanese oak		12.2	0.6					
A-9-1 rice plant		3.1						
A-9-6 rice plant (Ehime)		23.5						
D-1 mud for dyeing, Amami oshima		30.6	82.9	139.6	2.8		60.1	
D-2 mud for rice plantation (Fukui)	77.7	28.8	58.6	112.3	3.5		24.1	

明礬媒染では Al_2O_3 と SO_3 が（ただしﾅﾄﾘｳﾑﾐｮｳﾊﾞﾝでは Na_2O が）、植物灰媒染では K_2O と Al_2O_3 が、泥媒染では SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 が多く布上に付着していることがわかった。

紫根ではいずれの媒染剤を用いても色に変化がなかったが、コチニールでは（図 1）媒染布に Al が多く付着しているほど染色布が赤くなり、Fe が多いほど黒くなることがわかった。しかし、K の付着量と色相には相関性はみられなかった。

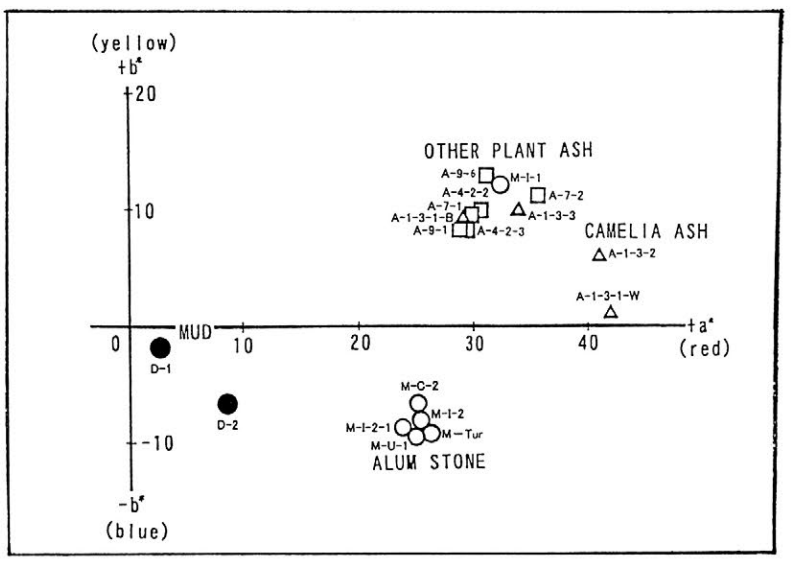


図 1 color of the silk fabrics dyed with Cochineal with different mordants

1)上原、齊藤 日本文化財科学会第 17 回大会研究発表要旨集 2000,佐倉

2)上原、齊藤 日本文化財科学会第 18 回大会研究発表要旨集 P96,2001,奈良大学

P59

中世の甲冑に用いられた組紐の染料分析

○佐々木　良子・佐藤　昌憲・沢田　正昭／奈良文化財研究所
小村　真理・植田　直見・井上　美知子・木沢　直子／（財）
元興寺文化財研究所　　佐々木　健／京都工芸繊維大学

1. はじめに

筆者らは以前より、文化財染織品について、種々の分析化学的手法を用いて、染料の同定を試みている。文化財を扱う場合、分析はできるだけ非破壊法で行うことが望まれ、保存状態が良好であれば、繊維表面の反射スペクトルより染料の同定が可能な場合がある。しかし、経年変化で色調が変化している場合が多く、また製作時に媒染剤による色調の調整を行っている場合には、繊維表面に残存する染料分子の同定を反射スペクトルのみで行うことが困難な場合が多い。採取する試料量が非常に少なく、剥離した部分や染織品裏面の一部等、文化財としての価値を損なうことなく試料の採取が可能な場合には破壊的手法も採用できる場合があると思われる。

今回、中世の甲冑に用いられた組紐について、経年変化で既に脱落していた紐で甲冑と一緒に保存してあったものの一部を分析用に提供を受けた。紐が用いられたときに表に出ていなかった部分（紐を通す穴の中にあった紐など）では、劣化が少なく色の残り具合が良好であり、染料分析に適していた。組み組織の良好に残っている、複数の色糸を用いて組まれた紐については、その組をほどいて色毎に糸を分けることなしに、非破壊的に反射分光分析を行い、用いられた染料の一部については良好なスペクトルを得ることができた。組み組織の崩壊した単色の糸で組まれた紐の中で、許可が得られた分については試料採取を行い、さらに詳細な分析を試みた。以上の結果を報告する。

2　調査対象資料

櫛引八幡宮	赤糸威鎧　兜・大袖付、白糸威腰取鎧　兜・大袖付、白糸威肩赤胴丸　兜・大袖付、紫糸威肩白浅黄鎧兜・大袖付
春日大社	赤糸威大鎧（梅鷲金物）、赤糸威大鎧（竹虎雀金物）
長谷寺	赤糸威鎧
金剛寺	藍韋裏腹巻六号、藍韋威腹巻七号、黒韋威肩白腹巻十二号・大袖付、藍韋威肩紫紅白腹巻十三号

3　実験

組紐に用いられている染料を非破壊的に反射可視スペクトルを測定した。その後、出来るだけ少量の試料からの染料を抽出し、質量分析を行った。

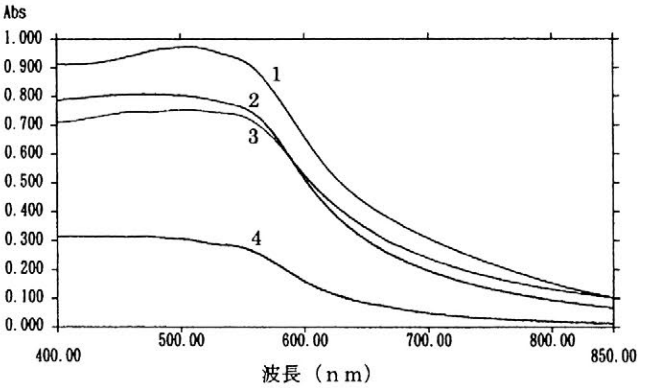


図１　甲冑の威糸に用いられた赤糸の反射可視スペクトル

１　標品（日本茜染）　　２　赤糸威大鎧（竹虎雀金物）（春日大社）

３　赤糸威鎧　兜・大袖付（櫛引八幡宮）　４　藍韋裏腹巻六号（金剛寺）

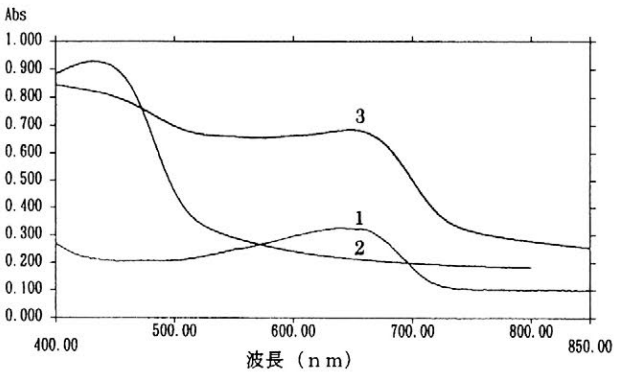


図２　赤糸威鎧（長谷寺）に用いられた緑色糸の反射可視スペクトル

１　標品（藍染）　　２　標品（キハダ染）　３　赤糸威鎧耳糸（長谷寺）

4　結果と考察

得られた反射スペクトルは、表面の劣化によって吸収ピークがブロードニングを起こし、シフトも観察された。図１では用いられた染料は茜類であることは明らかだが、品種の精密な同定のためにも破壊的な質量分析が必要とされる例である。緑色は青色成分と黄色成分の重ね染めであるので、図２では、藍のピークとキハダのピークの重なりと同定された。

謝辞　貴重な試料の提供・発表を快諾頂きました櫛引八幡宮・春日大社・長谷寺・金剛寺の関係者に深く感謝する。

この研究は科学研究費補助金（研究課題番号11610366）による調査結果を含む。

P60

出土繊維鑑別のための基礎的研究

ー釧路市北斗遺跡出土炭化繊維と北海道自生植物繊維の比較ー

○伊藤美香（昭和女子大学），小原奈津子（同），松田 猛（釧路市埋蔵文化財センター）

1. はじめに

出土した布、紐、糸などの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しばしば重要な情報を提供するが、金属などの無機物に比べ、劣化分解しやすい。このため、繊維製品は形態変化したあるいは炭化した状態で出土することが多く、標準物質となる繊維と直接形態を比較しても、正確な鑑別が困難な場合がある。先の研究では出土繊維鑑別のための基礎的研究として、形態による鑑別の確度を上げるため、植物繊維の炭化後の形態変化を電子顕微鏡観察によって追究した。今回、実際に釧路市北斗遺跡で出土した一連の炭化繊維と人工的に炭化させた数種の北海道自生植物繊維を走査型電子顕微鏡で比較し、その鑑別を試みた。

2. 実験方法

2-1. 試料

釧路市北斗遺跡から出土した炭化繊維：

No. 2690（床），No. 3151，No. 3481，編物（糸入れ）

北海道自生植物の繊維：

エゾイラクサ，ツルウメモドキ，シナの木の皮，オヒョウ

2-2. 方法

・炭化　　示差走査熱量計（EXSTAR DSC6200：セイコーインスツルメンツ（株））の炉にて、窒素雰囲気下（ガス流量:50ml/min）で試料を以下の昇温条件で炭化させた。

昇温条件１：毎分 15℃で 450℃まで加熱

昇温条件２：毎分 15℃で 100℃まで昇温後、昇温速度 1℃で 450℃まで加熱

・形態観察　　出土炭化繊維および炭化後の北海道自生植物繊維試料については無蒸着で、炭化前の試料については金蒸着を施し、走査型電子顕微鏡（JSM-5310LV：日本電子（株））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部分の紙の重量を秤量し、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

釧路市北斗遺跡から出土した炭化繊維と北海道自生の植物繊維であるオヒョウ、シナの木の皮、ヤマハギ、スゲ、ガマ、フトイ、テンキグサ、エゾイラクサ、ツルウメモドキ、ヤマブドウの蔓の断面を走査型電子顕微鏡で比較した。その結果、北斗遺跡No.2690（床）はその断面構造がエゾイラクサに、No.3151 はツルウメモドキに、No.3481 はシナの木の皮に、編物（糸入れ）はオヒョウに形状が類似していた。そこで、これらの植物繊維を炭化させて、さらに形状を比較したところ、より近い形状となり、北斗遺跡出土の炭化繊維は北海道自生の植物繊維である可能性が高いと考えられた。北斗遺跡 No.2690（床）とエゾイラクサの炭化前および炭化後の断面観察像を写真 1～4 に示す。シナの木の皮やオヒョウの場合、炭化条件によって形状がかなり異なるため、より多くの植物を様々な条件下で炭化あるいは人工的に劣化させ、鑑別標本としてのデータを蓄積していくことがより確度を上げるために重要と考える。

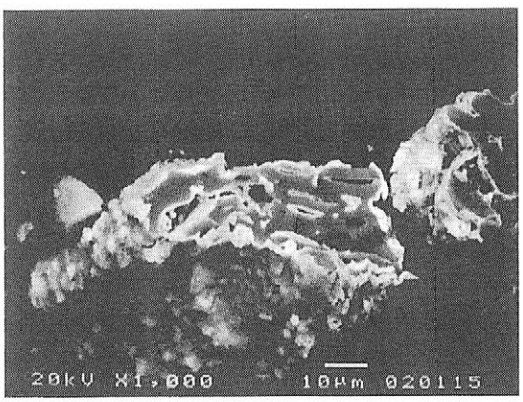


写真１　北斗遺跡 No.2690（床）

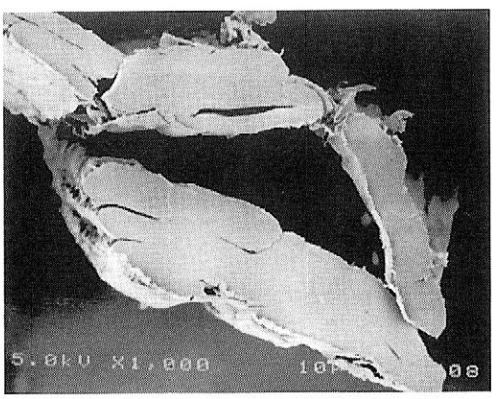


写真２　エゾイラクサ

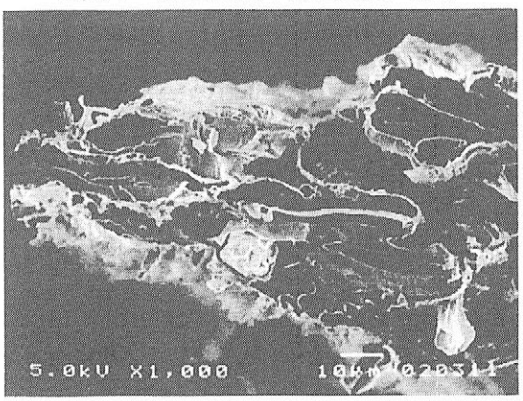


写真３　炭化エゾイラクサ*1

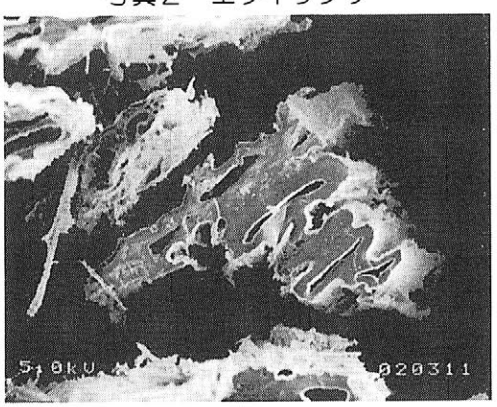


写真４　炭化エゾイラクサ*2

*1　昇温速度 15℃/分で 450℃まで加熱

*2　昇温速度 15℃/分で 100℃まで昇温後、昇温 1℃/分で 450℃まで加熱

P61

胡籙製作に用いられた平絹

(財)元興寺文化財研究所　○小村眞理、井上美知子、尼子奈美枝、菅井裕子
氷見市立博物館　大野究

1．はじめに

氷見市朝日長山古墳と長岡京市井ノ内稲荷塚古墳出土の胡籙金具はどちらも鉄地金銅装で鋲は銀を被せていた。前者の吊手金具は中円板状金具で、後者では棒状である。どちらの金具にも裏面には「筬目の平絹」が付着していた。残存状態がよく生地の使い方、絹糸を使った装飾の状態などが観察できたため、どのように用いられたのか検討を行った。

2．調査対象資料

① 氷見市朝日長山古墳出土品（図2．金具の裏面）
② 長岡京市井ノ内稲荷塚古墳出土品（図3．金具の裏面）

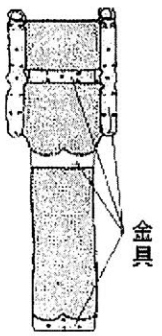


図1．胡籙復元図
坂靖「胡籙の系譜」より

図2．平絹と撚り糸

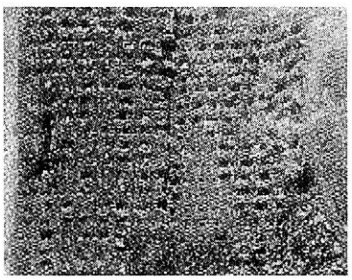
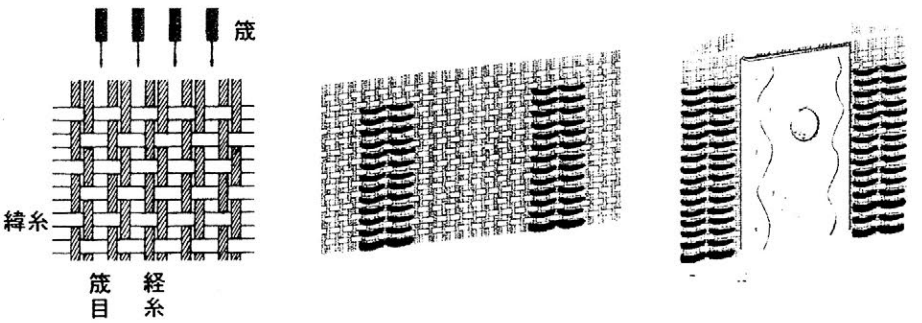


図3．平絹（折り込まれた部分）

3．調査結果

筬目の平絹とは、布を織る時に緯糸を打ち込むための道具として刀杼ではなく筬を用い、その筬の筋目が一対の経糸の間に隙間として規則的に表れる平織りの絹布をいう（模式図①）。胡籙金具に付着した筬目の平絹（図2，3）を観察したところ、筬筋がすべて金具の長さ方向に走っており、この布は胡籙全体を覆ったり、本体として用いられていたものではないと判った。

縦方向に長さを取ったテープ状の平絹に、金具を置くための幅をおいて、太目の絹糸（Z強撚）を2.5～3mm幅にらせん状に縫い刺したもの（刺繍）を2～3畝確認した。次に布端を折り込み、金具を置き鋲で留めつける際に、ちょうど金具の下になるよう胡籙本体との間に当てたものと考えられた（模式図②③）。



①「筬目の平絹」組織　　②刺繍した平絹（2畝）　　③金具を置いた平絹

図4．模式図

4．まとめ

「筬目の平絹」はこれまで藤ノ木古墳出土品などに確認されているが用途は明確でない。

胡簶に使われた筬目の平絹には、撚りの強い糸（Z撚り）で金具を縁取るように刺繍が施されていた。この平絹は表に見せる意図はなく刺繍を載せるための土台である（類似の技法に「絽刺し」「キャンバスワーク」等がある)。織り目を利用し、撚り糸を畝状に刺して量感を持たせた平絹を本体と金具の間に挟み込んで、その隙間を埋めるとともに加飾したものと思われた。

「刺繍」とは糸を用いて布や革を縫って行う加飾法と捉えることができる。皮製の草摺や盾などには、素材を重ねて縫い合わせることで強度を持たせた「刺子」のような技法が施されている。昨年の大会で報告したが、藤ノ木古墳出土襟甲に見られるひも状の部分は、布の解れ止めという実用を兼ねた縁飾りであり、撚り糸（Z撚り）を用いた立体的な刺繍と考えられた。

糸を用いた加飾は、古墳出土の靫の表面や槍、刀剣の柄にも見られるが、これらは撚り糸を巻きつけたものであり刺繍ではない。糸を張ったり、巻くだけでは用途に適う耐久性はないので、漆で糸の載った表面を固定している場合が多い。

日本で刺繍による絵画的な表現をのこす最も古い例として挙げられるのは、飛鳥時代（622年頃）の作とされる「天寿国繍帳」であり、平絹に添わせた羅地に撚りの強い糸で「返し繍」をしている。また法隆寺伝来の「飛天文様裂」は緘（しじら）地に「継ぎ針縫い」による両面刺繍だが、両者はZ撚り強撚糸を用いるという共通点がある。古代中国で主流だった「鎖繍（チェーン・ステッチ)」は見られない。

参考文献

坂靖「胡簶の系譜」『考古学と生活文化』同志社大学考古学シリーズ刊行会 1992

『長岡京市における後期古墳の調査』長岡京市教育委員会 2002

『斑鳩　藤ノ木古墳第一次調査報告書』橿原考古学研究所 1990

小笠原小枝『染と織の鑑賞基礎知識』至文堂 1998

澤田むつ代『上代裂集成』中央公論美術出版 2001

河上繁樹、藤井健三『織りと染めの歴史』昭和堂 2001

小村他「古墳出土品にみられる組紐 - 挂甲の場合 - 」本学会18回大会要旨集 2001

古墳時代の結歯式竪櫛の構造調査と製作法試案

—兵庫県和田山町梅田1号墳を例として—

○ 本吉恵理子（㈱吉田生物研究所）　岡田文男（京都造形芸術大学）
岡田章一（兵庫県教育委員会）　菱田淳子（同）　水嶋正稔（同）

1．はじめに

古墳時代の櫛の塗膜構造調査報告例はその他の漆製品と同様に、その他の時代に比べて少なく、管見ではまとまった調査例は古墳時代前期の雪野山古墳出土品のみである[1]。今回兵庫県和田山町梅田1号墳出土の結歯式竪櫛6点を調査する機会に恵まれたので、その結果を報告し、それらから古墳時代の結歯式竪櫛製作法の一試案を示す。

2．出土遺跡

資料の結歯式竪櫛6点は兵庫県朝来郡和田山町所在の約45基の古墳からなる梅田古墳群中の1号墳の木棺内から古墳時代中期初頭の遺物とともに出土した。当古墳は不整円形で大きさ約28m、木棺の長さは約5m、頭位は南である（報告書は近日発刊予定）。木棺内に遺物は4群に分けて配置され、6点の竪櫛は銅鏡1点、琴柱形石製品4点、玉類、針状鉄製品15点とともに最南群で出土した。他に鉄製武器・農耕具、土師器が出土している。

3．資料

資料の結歯式竪櫛は角状突起がついた1点とつかない5点の計6点である。

表1　調査資料

No.	縦糸部	帯部	歯の本数*	棟部幅（cm）**	棟部高（cm）
1	角状突起	糸状	24	3.4	2.8（横木の下まで）
2	最大8mm幅	紐状	38	約5.0	4.4（横木の上まで）
3	1本の糸	糸状	42	約7.0	5.8（横木の上まで）
4	2本の糸	糸状	30	4.7	4.2（横木の下まで）
5	1本の糸	糸状	44or46	約6.6	5.6（横木の下まで）
6	—	糸状	—	—	—

*：歯に用いられた棒の本数ではなく、歯の本数である。
**：「約」を付したものは復元値を示す。

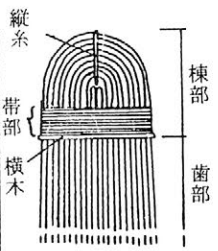


図1　各部名称
斎宮歴史博物館（1995年）「春季企画展 日本の櫛—別れの御櫛によせて—」に加筆

実体顕微鏡下で観察したところ、表1に現れたように縦糸部と帯部に違いがみられた。縦糸部を細い糸状のもので1〜2重に束ねたものには、帯部に糸状のものが密に巻きつけられている。一方縦糸部を幅広に束ねたものには、帯部に紐状のものが疎に巻きつけられている。櫛中央部の2本の歯は一連なりでない独立した2本の歯である。横木上の漆膜を内側から観察すると、横木上に巻かれた糸の痕跡が観察できる。この糸の痕跡を見ると、横木に対して糸が垂直に走る破片が認められた。

4．調査方法

資料の部位のわかる剥落片をエポキシ樹脂に包埋して研磨し、塗膜断面の薄片を作製し透過光下で検鏡した。

5．断面観察結果

塗膜断面に関しては、個体による大きな違いは認められなかった。

素地：遺存した歯部の材はタケである。棟部の漆膜の中に歯は遺存していない。棟部の歯と歯の間にしみ込んだ漆と、櫛表面を覆う漆膜とは直線的に屈曲する。棟部の歯の横断面は四角形で、歯部の横断面は隅丸長方形～楕円形を呈する。

下地：明確な下地層は認められなかった。ただし、塗膜の最下層にみられる多量に黒色顔料を混和した漆層は棟部の歯間を充填しており、下地的な役割も果たしていたと考えられる。

漆層：黒色微粒子を混和した漆層が多層重なっている。塗膜の一部分のみではなく、素地と接していた最下層から残存している試料の断面を観察すると、ほとんどの最下層には黒色微粒子が多量に混和されていて、時には黒い塊として認識される場合がある。多量に混和されない場合でも、最下層に混和される黒色微粒子の量は、上層のそれと比べて多い。同一資料でも部位によって漆層の層数は異なるが、最下層に最大量の黒色微粒子を混和した漆を塗布し、その上に微量の黒色微粒子を混和した層を多層重ねる状況は共通する。

黒色微粒子：断面観察によってその形状から、黒色顔料として使用された油煙類と判断する。歯や帯、糸などの構造材の直上には多量に、上層には微量混和されている様子が各資料で観察された。

6．製作法試案

今回調査した古墳時代中期の竪櫛6点の観察結果から、それらの製作法を推定する。

①断面四角形のひごを横一列に並べ、中程を糸で束ね全体をU字形に湾曲する。角状突起を有するタイプは、ひご列の中程に両面から角状突起を直角に添えて糸で綴じて固定し、全体をU字形に湾曲する。U字の最内部（櫛の中央部）には湾曲させないひごを2本挿入する。

②U字状を保つために、縦糸の下端からやや下の部分に1～2cmの幅で、糸やそれより幅広の有機質（材質は不明）を巻く（→帯部の形成）。

③歯の間隔を開け、中央の2本の歯を固定する目的で櫛両面の帯部の下端に1本ずつ水平に横木を添え、歯間を通して糸で留める。そして歯の長さを揃え、面取りを施す（素地の完成）。

④表面から素地の色調が見えないように、黒色顔料を多量に混和した漆を棟部と歯部の素地全体に塗布する。棟部の歯間や、帯の間にも十分に沁みこませる。乾燥させてから棟部には微量の黒色顔料を混和した漆を塗布しては乾燥するという作業を数回繰り返す。

⑤最後に透明漆を上塗りとして塗布する。歯部の漆塗布の状況は不明である。

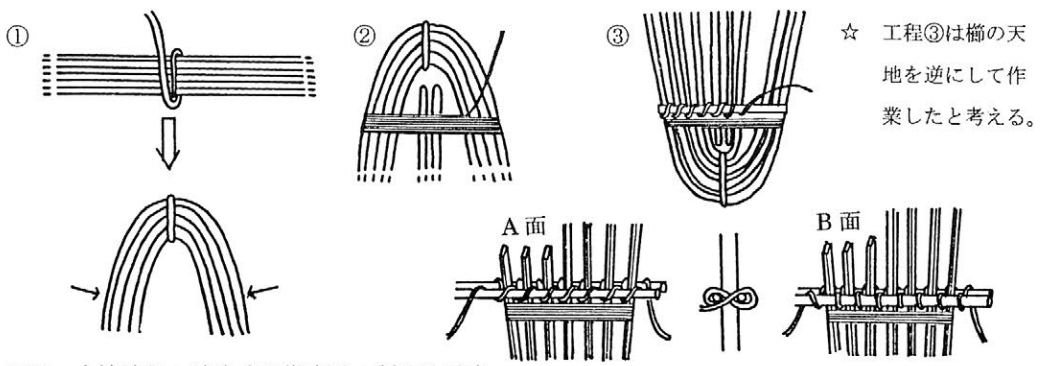


図2　古墳時代の結歯式竪櫛素地の製作法試案

---

[1] 中川正人（1996年）「雪野山古墳出土漆製品の材質と技法」『雪野山古墳の研究』考察篇

出土木製品における樹種選択とその変遷
—大阪府下の遺跡を中心として—

(財)元興寺文化財研究所　井上美知子　木沢直子　佐藤亜聖

1　はじめに

昭和52年以来、(財)元興寺文化財研究所で実施した樹種鑑定ﾃﾞｰﾀは7000点以上に及んでいる。今回、その内の大阪府下の遺跡から出土し、発掘調査報告書から出土遺溝と年代が明らかになった約1100点の中から23遺跡の建築材・土木材と農具を対象として、ﾃﾞｰﾀの整理を行った。

2　器種による使用樹種

大阪府内の遺跡から出土した木製品の内の約20%（広葉樹の約40%）がブナ科の樹種で占められていた。そこで、今回は分類の基準として針葉樹と広葉樹を分け、広葉樹はブナ科とその他を分ける方法を採用した。(樹種の分類は原色日本植物図鑑木本編㈱保育社に準じた)

①　建築材

建築材の内、柱材と柱根、土木材として杭の樹種を抽出した。
その結果、弥生時代には様々な広葉樹が多く用いられているのに対し、古墳時代以降針葉樹へと変化していた。

杭では弥生中期以前はブナ科のアカガシ亜属やシイ類が多いが樹種にばらつきがみられた。弥生後期から針葉樹、中でもモミは古墳中期以降多用されていた。

表1　柱類の用材　　(　) 内は点数（総数79点）

種類	時代			針葉樹	広葉樹			
					ブナ科			その他の科
					コナラ亜属	アカガシ亜属	その他の属	
柱類	弥生	前	鬼虎川19次					クスノキ(1)
			山賀((YMG-3)	カヤ(2)				散孔材(1)
								タブノキ(1)
								カツラ(1)
								ヤマグワ(1
			新家(B)	ヒノキ(2～3)			シイ属(1)	
				スギ(2)				
		中	鬼虎川33次	カヤ(1)				ケヤキ(1)
				スギ(1)				ヤブツバキ(1)
			若江北	マツ(2)	コナラ節(15)	アカガシ亜属(1)	クリ(1)	タブノキ(2)
				スギ(1)	クヌギ節(1)			ヤマグワ(2)
				カヤ(1)				ケヤキ(1)
								ヤブツバキ(1)
								サクラ(1)
		後	高柳					ヤマグワ(1)
								カツラ(1)
			西岩田		コナラ節(1)		シイ属(3)	カキノキ(1)
								ヤマグワ(1)
	古墳	中	鬼虎川33次	モミ(2)		アカガシ亜属(1)		環孔材(1)
			芝ヶ岡					ケヤキ(2)
		後	鬼虎川57-6次	ヒノキ(3)				
	平安		高柳	スギ(4)				
				ヒノキ科(1)				
			総持寺	カヤ(2)				
	鎌倉～室町		玉櫛	モミ(1)				
				ヒノキ科(1)				
			西の辻22次	マツ(1)				
			大和川今池	ヒノキ(2)				
				ヒノキ科(1)				
				スギ(1)				
				コウヤマキ(1)				
				マツ(1)				

②農具（鋤・鍬）

鋤・鍬類では、弥生から平安時代までアカガシ亜属の樹種が多用されていた。弥生前期にクスノキ等、中期にヤマグワが検出されたが、強靭で入手しやすいアカガシ亜属が選択して利用されていたと考えられる。

表2　鋤・鍬類の用材　　（　）内は点数（総数67点）

種類	時代			針葉樹	広葉樹			
					ブナ科			その他の科
					コナラ亜属	アカガシ亜属	その他の属	
鋤・鍬類	弥生	前	山賀(YMG-3)			アカガシ亜属（9）		クスノキ(2)
			水走3次・鬼虎川21次					クスノキ(1)
			若江北			アカガシ亜属(1)		
		中	水走3次・鬼虎川21次			アカガシ亜属(1)		
			鬼虎川33次			アカガシ亜属(15)		ヤマグワ(2)
			亀井(その2)			アカガシ亜属(8)		
			山賀(YMG-3)			アカガシ亜属(1)		
			西の辻17次			アカガシ亜属(1)		
			若江北			アカガシ亜属(2)		
			水走3次・鬼虎川21次		コナラ節(1)	アカガシ亜属(8)		ヤマグワ(1)
		後	若江北			アカガシ亜属(1)		
			新家(B)			アカガシ亜属(1)		
			新家(A)			アカガシ亜属(1)		
	古墳	前	若江北			アカガシ亜属(1)		
			西岩田			アカガシ亜属(8)		
	平安		西大井			アカガシ亜属(1)		
			西の辻57-4区			アカガシ亜属(1)		

③自然木

当時の植生を知る意味で重要な自然木の樹種は、

弥生前期では48点中、針葉樹が7点、広葉樹が41点であった。

針葉樹：マツ(5)、ヒノキ(1)、モミ(1)

広葉樹：アカガシ亜属（17～20)、エノキ(4)、ヤナギ属(4)、ムクノキ(3)、クスノキ(2)、ヤマグワ(2)、サカキ(1)、ユズリハ？(1)

奈良～中世では16点中針葉樹が6点、広葉樹10点であった。

針葉樹：マツ(2)、ヒノキ(1)、カヤ(1)、イヌガヤ(1)、モミまたはスギ(1)

広葉樹：ケヤキ(4)、クスノキ(1)、ヤマグワ(1)、ノグルミ(1)、トチノキ(1)、ヒイラギ(1)、ツバキ科(1)。

3　考察

今回の調査では自然木で当時の植生の一端を窺うことができた。また、建築材（柱類）では従来の調査等で既に指摘されているように古墳時代以降、広葉樹から針葉樹への変化がみられた。

一方農具（鋤・鍬）では弥生時代以来、一貫してアカガシ亜属の樹種が用いられることが確認できた。

掲載した遺跡数は23と限られており、変遷を論じるにはさらに資料を増やすことが必要である。

今後、他地域との比較を通し、各器種における流通の変遷や地域的な特徴を検討したい。

4　おわりに

書面の都合上参考文献は割愛しましたが表中の資料については各調査報告書によりました。

樹種の鑑定は、松田隆嗣（現福島県立博物館)、酒井温子（現奈良県庁)、井上美知子が行いました。

樹種鑑定に必要な数多くの切片作製には、補佐員の中村真知子氏、吉田規代氏が協力して下さいました。

謝辞

なお、調査に快く協力頂きました(財)大阪府文化財ｾﾝﾀｰ、大阪府教育委員会、(財)東大阪市埋蔵文化財協会の皆様に感謝いたします。

P64

山形市石田遺跡出土木質遺物の樹種同定

○小林啓（東北芸術工科大学大学院）　松井敏也（東北芸術工科大学）
北野博司（同大学大学院）　松田泰典（同大学大学院）

1.はじめに

本研究では樹種同定という手法を用いて，遺跡内から出土した全ての木質遺物に対し網羅的にこれを行うことで，建築物の建替えや時期の違いと樹種選択の関係を明らかにする．また，建築工法と樹種選択との関係についても併せて考察を行った．

2.石田遺跡の概要

山形県山形市谷柏にある石田遺跡は，山形市の南西部本沢川の扇状地上に位置する．同遺跡はこれまで3次にわたる発掘調査が行われてきた．その結果，8世紀末から9世紀中頃にかけての集落跡が検出された．

主な遺構は，掘立柱建物跡と方形に区画された木柵跡であり，これ以外に河川跡が確認されている．塀または柱によって囲まれた方形の区画を中心として，倉庫と考えられる20棟あまりの建物跡が向きを同じくして立ち並び，それらすべてがほぼ北を向いており強い計画性が伺える．建物や柵には少なくとも2回の建替えがあったと考えられている．掘立柱建物には，中央に柱が立つ総柱建物と，回りにだけ柱がある側柱建物の2種類があり，その多くは柱根が残っていた．柱を受ける礎板も若干ではあるが柱穴の深いところに残っていた．出土した木質遺物は柱根・礎板・木柵と自然木と思われる数点の木片が確認された．

3.同定結果

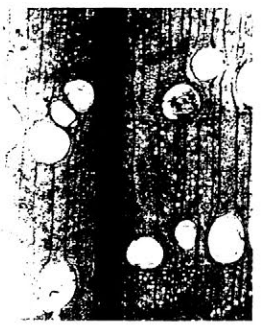
Identification results

Species	Number
Quercus Subgen. Quercus Fagaceae（コナラ亜属）	111
Castanea crenata（クリ）	49
Ulmus davidiana Planchon var. japonica（ハルニレ）	2
Fraxinus japonica Blume（トネリコ）	1
Alnus japonica Steud（ハンノキ）	1
Pinaceae（マツ科）	4
Cryptomeria japonica（スギ）	3
Not Clear	5
Total	176

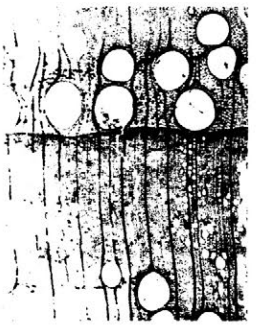
用途別出土数

用途	樹種(数)	出土数
柱根	コナラ (42) クリ (23)	67
礎板	コナラ (2) クリ (12)	14
木柵	コナラ (62) クリ (8)	73
自然木	コナラ (5)　クリ (6) ハルニレ (1)　ハンノキ (1) トネリコ (1)　マツ (2) スギ (1)	17
不明		5
計		176

発掘調査により出土した木質遺物 176 点の樹種を同定した．これらの試料はカミソリを用い木口・板目・柾目の各断面の切片を採取し，光学顕微鏡で観察同定した．その結果，172 点中から広葉樹 5 樹種，針葉樹 2 樹種の合計 7 樹種を同定した．Photo.1，2 にコナラとクリの木口面の顕微鏡写真を示す。



コナラ(木口)×50 (Photo.1)



クリ(木口)×50 (Photo.2)

同定された木質遺物を機能別に見ると，柱根はコナラ材やクリ材を多用する傾向にあり，全体のおよそ9割を占める．また，礎板に関してもこれと同様の傾向を示しているが，柱根に比べるとクリ材の占める割合が大きい．木柵も，柱根・礎板と同様に 2 種類の材のみが使用されている．しかし，木柵では数点のクリ材以外はすべてコナラ材で構成されており，柱根における樹種選択の傾向とは異なりを見せている．自然木にはこの 2 樹種に加え，ハルニレ・ハンノキ・トネリコ・スギ・マツがごく少数ではあるが確認された．

4.考察

同定結果から木質遺物の用途別または建築工法の違いなどによる樹種選択の傾向や特徴の一端を知る事が出来た．

樹種選択の傾向として，1) **建築材にはコナラ材およびクリ材を選択的に利用する.** 柱根や木柵などの建築材には，コナラ材とクリ材以外の樹種を持つ遺物は出土点数がわずか 10 点にもみたなかった事からこの 2 種類の樹種が選択的に利用されていたことが伺える．ただし，木柵にはクリ材の使用がほとんど見られないことから，建物と柵では樹種が使い分けられていたことが分かった．2) **掘立柱建物や柵において，建替えや時期の違いによる樹種選択に変化がない.** 考古学的調査の結果，掘立柱建物や柵には少なくとも 2 回の建替えがあったと考えられている．遺跡内の全ての木質遺物を網羅的に同定したところ，コナラ材とクリ材以外の樹種はほとんど確認されなかった．3) **異なる形態・機能の建物であっても樹種選択に変化はない.** 建物跡には大きく分けて，総柱と側柱の 2 種類があった．本遺跡では，そのような建築上の違いが樹種の選択には直接影響を与えていないことが分かった．しかし，建築上の違いや柱根の加工方法により樹種を使い分けている例が，山形県内の遺跡から報告されている．遺跡の性格（農村集落や官衙など）による樹種利用の変化が今後の課題となる．

5.まとめ

遺跡内から出土した全ての木質遺物の同定により，詳細な樹種利用の傾向を知ることが出来た．建築材以外の木質遺物では自然木のみであった．今後，本遺跡周辺にあると推測される居住区や同様の特徴を有する近隣遺跡との比較検討が課題となる．

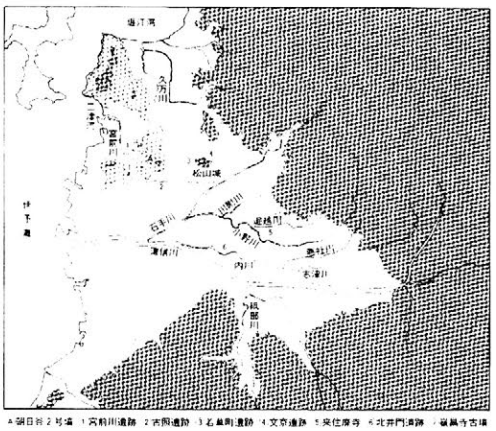
P65

松山平野における耳環の様相

○渡辺智恵美　菅井裕子（（財）元興寺文化財研究所）
梅木謙一（（財）松山市埋蔵文化財センター）
平尾良光　榎本淳子（東京文化財研究所）

1．はじめに

松山平野は四国北西部、愛媛県の中央付近に位置する東西約20㎞、南北約17㎞の扇状の沖積平野である。西側は瀬戸内海の斎灘、伊予灘を望み、北側は高縄山塊、南東部は四国山地に囲まれている。平野中央部には重信川、小野川、石手川、北部には久万川、宮前川が流れ、石手川、小野川は重信川に合流して伊予灘に注ぐ。平野部にはそれぞれ独立した弁天山、岩小山、大峰ヶ台、土亀山、天山、星ノ岡山などの丘陵が点在する。この平野には松山市を中心に東部に重信町、川内町、南部に伊予市、砥部町が広がっている。



第1図　松山平野の遺跡分布図（S＝1：200,000）

松山平野では、垂飾を持たないタイプの耳環（6世紀後半に汎日本的に分布する、いわゆる単環、以下、耳環と呼称する）が現段階で380個以上出土している。今回、（財）松山市埋蔵文化財センター、愛媛県教育委員会、愛媛県歴史文化博物館、愛媛県立歴史民俗資料館、重信町および川内町教育委会の協力を得て、259点の耳環の考古学的調査および自然科学的調査（蛍光X線分析および鉛同位体比分析）を行い、製作技法と材質との相関関係の有無を探った。

2．製作技法による分類

松山平野で出土する耳環を製作技法別に分類すると、①銅芯銀板貼鍍金環、②銅芯板貼環（金・銀板）、③銅芯金箔貼環、④中空薄板造環（金・銀板）、⑤中空銅環板貼環（金・銀板）、⑥無垢環（金・銀、銅）に大別できる。また製作技法別に出土量の割合をみると、銅芯銀板貼鍍金技法…105点（約41%）、銅芯板貼（金・銀板）技法…61点（約24%）、無垢（金、銀、銅）技法…27点（約10%　*銅無垢については表面層の剥離によるものか否か不明なものは対象外とした）、銅芯金箔貼技法…7点（約3%）となった。ほかの地域で同規模の調査を行った例がないので断定はできないが、銅芯銀板貼鍍金技法や銅芯板貼技法は全国的に多く見られる技法であり、松山平野におけるこの割合を特異な例とする必要はないであろう。

今回調査の対象とした古墳(古墳群)は、6世紀前半から7世紀中頃までに亘るが、三島神社古墳や播磨天神山古墳、上三谷原古墳など古い時期(6世紀前半代)の古墳からは無垢の耳環が出土する傾向が高い。また同一古墳、古墳群内では、出土する耳環の製作技法が1、2種に限られる場合が多かった。

3. 耳環の材質と古墳群の相関関係について

本調査では、対象となる耳環全点(合計 259 点)について蛍光X線分析および顕微鏡、マイクロウォッチャーによる微視的調査を実施した。また鉛を検出した耳環 62 点のうち、試料採取が可能な 38 点については鉛同位体比分析を実施した。分析の結果、同一材料で製作されたと推定されるものや極めて近しい値を持つグループが存在することなどが確認できた。なお、鉛同位体比分析は東京文化財研究所・平尾研究室にて実施した。

現段階での松山平野の耳環の出土状況において特徴的な事項として、砒素や鉛を含有する銅を芯材として使用する耳環を持つ古墳(あるいは古墳群、以下、便宜上古墳群とする)に偏りがあることが挙げられる。以下、それぞれの地域の状況を記す。

松山市内には 45 点の耳環が出土した東山鳶ヶ森古墳群をはじめ鶴ヶ峠古墳群、瀬戸風峠古墳群等、30 以上の古墳群が点在する。このうち砒素、鉛を含有する耳環を持つ古墳群は市北部に位置する鶴ヶ峠古墳群、塚本古墳群、福角古墳の3群と、市中央部に位置する大池東、客谷遺跡(以上、同一丘陵上)、影浦谷、瀬戸風峠古墳群、市南部に位置する東山鳶ヶ森、星ノ岡古墳群(以上、極めて隣接する)、市南東部に位置するタンチ山古墳群、平井谷古墳群、播磨天神山古墳があげられる。

砥部町内には城ノ向古墳群、長田古墳群、大下田古墳群などの古墳群があるが、砒素、鉛を検出した古墳群は城ノ向、長田古墳群および宮内大畑古墳のみである。さらにこれらは極めて隣接した地域に営まれた古墳群である。

伊予市内では上三谷古墳群、猿ヶ谷古墳群などの古墳群が点在する。このうち先述の2古墳群のみ砒素、鉛を含有する耳環を持つ。

前項でも述べたが、これらの古墳群から出土する耳環は、東山鳶ヶ森古墳群を除いて製作技法的にも限られた技法が用いられている。

4. おわりに

今回の調査で、鉛同位体比より同一材料で製作されたと推定できる耳環や特定の材料や技法を用いて製作された耳環を持つ古墳群が限定されることなど、材質および技法と出土する古墳群との間に相関関係があることが確認できた。このことは古墳の被葬者である、それらを所有する集団にも波及する。今後はそれぞれの古墳群を比較検討すること等、さらに精度の細かい調査を行ってゆきたい。また耳環の材質や製作技法だけでなく、法量にも着目し規格性の有無についても調査を進めるつもりである。

*遺跡分布図は『朝日谷2号墳』(1998 松山市教育委員会ほか)から転載した。

*本発表は、科学研究費助成(平成11～13年度 課題No.11610428)の研究成果の一部である。

P66

興福寺中金堂より出土した小金塊などの分析

肥塚隆保 (1)、井上和人 (1)、高妻洋成 (1)、川越俊一 (1)、脇谷草一郎 (2)
(1)：奈良文化財研究所　(2)：京都大学　大学院

1. はじめに

法相宗大本山興福寺（奈良市登大路町）では、平成10年度から境内整備事業に伴う発掘調査を実施している。これまでに伽藍中枢部である中門、東回廊の調査を進め、平成13年1月から10月にかけて中金堂の全面的な発掘調査をおこなった。その結果、中金堂須弥壇の下層から奈良時代の創建当初に埋納されたと判断される鎮壇具が発見された。金延金、小金塊、琥珀玉、水晶玉、ガラス玉、和銅開珎などである。本研究では、今回の発掘調査で出土した金延金、小金塊の分析調査をおこなったので報告する。なお、「興福寺金堂鎮壇具」は明治7・8年および17年に発見され、現在東京国立博物館および興福寺に保管されている。

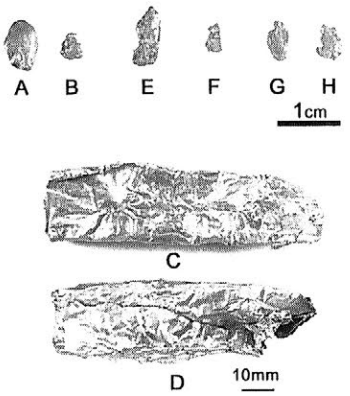


図 1. 興福寺中金堂より発見された小金塊、金延金

2．測定試料

測定試料は小金塊6点と金延金2個体である（図1）。小金塊はいずれも塊状を呈し丸みを帯びているが、溶融した痕跡や人為的に加工された痕跡は認められない。金塊中に石英が取り込まれた状態のものも存在する。金延金は、約7.6cm前後の幅で、0.1mm前後の層厚を示す金板を折りたたんだ状態になっている。各試料の重量については表1に示した。なお、小金塊は国立科学博物館・松原 聡氏らの観察により砂金であると確認された。

3. 測定方法

密度の測定は、アセトン溶液を用いた浮力による方法、および微小ピクノメータを用いてヘリウムガスを流して体積を求める方法(Archimedes's principal and Boyle's law)による見掛けの密度を求めた。

材質調査はエネルギー分散型微小領域蛍光X線分析装置（非破壊測定法）を用いて、各試料の平滑かつ汚染のない1mmφの領域部分、各試料について約10ケ所の測定をおこなった。定量値の算出には、得られた蛍光X線スペクトルに近似する標準試料を用いて校正した。なお、標準試料はGOLD ALLOY REFERENCE STANDARDS RAN REF TA1-15(ISO 9002)のTA1-TA8を使用した。参考のため標準試料の組成とX線積分強度について図2に示した。また、微量に含有するMn,Ni,Zn,Pd,Biについて比較検討したが、Auの含有量が高く、他元素のスペクトルや、エスケープピークの妨害などによって、各試料の微量元素を比較することは困難であった。

表 1. 各試料の重量

試　料	A	B	E	F	G	H	C	D
重　量(g)	1.086	0.235	0.524	0.035	0.169	0.081	35.62	34.02

4. 測定結果

密度測定の結果、各試料は 16.53-18.83 g/cm³ を示したが、分析値と一致していない試料もある。これは小金塊に混入する石英や空隙がかなり影響しているからである。

蛍光X線分析の結果、各試料から検出された Au, Ag, Fe, Cu の各元素について定量した。その結果、各試料のＡｕ濃度はいずれも高く 90(wt)%以上を示し、Ａｇは 10%以下であった。Ｆｅは同一試料内で最も大きなバラツキを示したが、いずれもほぼ 1%以下である。Ｃｕはバラツキが少なく 0.3%以下であった。Ｆｅのバラツキが大きい原因として、埋蔵中における水溶液中の鉄分が試料表面に吸着したことに原因すると考えられた。なお、Ni,Zn,Pd,Sn,Pb などの元素については含有量が少なくて定量できなかった。

砂金の分析調査に関しては、田口　勇・斎藤　努(1994)による岩手県、宮城県、福島県など東北地方産の砂金の調査がおこなわれている。この調査では Au がほぼ 90%前後、また Ag については 9.5-16.8%を示しており、興福寺から発見された小金塊の方がより Au 濃度が高く、Ag 濃度が低い結果が得られた。いっぽう、村上　隆(1999)によって調査された飛鳥寺塔心礎出土の金製品は、金の延板で大きさによって分類した「タイプ 1（大きめのもの）」の Au 含有量は 97.5-99.4%で残りは Ag と微量の Cu であると発表しており、興福寺出土の試料 B（小金塊）、D（金延金）に極めて近い値を示している。村上はこれら飛鳥寺塔心礎出土の金製品タイプ 1,2,3 について、金のインゴットとして渡来したものを荘厳具として埋納したと考えてよいのではないだろうかとしている。しかし、今回の調査で明らかになったように、小金塊の組成と類似する金延金(試料 C)が見つかっていることや、Au 濃度が極めて高い自然金（小金塊）と、やや Au 濃度の低い小金塊を混合して得られる組成に近似する金延金（試料 D）が出土していることから、少なくとも奈良時代には小金塊を素材として製品が作られていたと推定できる。なお、今回出土した小金塊がどこの産地のものかは比較検討する必要がある。

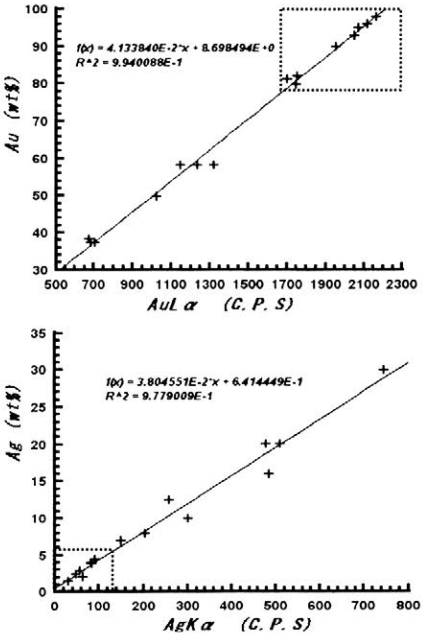


図 2.金および銀の検量線（ＦＰ法による定量計算では点線で囲まれた部分を使用した）

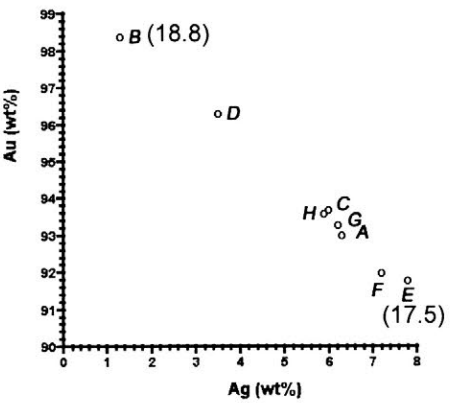


図 3.各試料の金と銀の含有量
（　）は密度 g/cm³ を示す

表 5.　興福寺中金堂より出土した小金塊および金延金の分析結果

Sample	Fe (wt%)	Cu (wt%)	Ag (wt%)	Au (wt%)
A	0.17	0.16	6.3	93.0
B	0.16	0.17	1.3	98.4
E	0.25	0.17	7.8	91.8
F	0.62	0.17	7.2	92.0
G	0.38	0.17	6.2	93.3
H	0.36	0.15	5.9	93.6
C	0.05	0.26	6.0	93.7
D	0.03	0.20	3.5	96.3

P67

9世紀前半の平安京で使用されたヒ素を含む銅材料について
－淳和院跡出土遺物を中心として－

○長谷川雅啓・(株) 和蘭画房 / 河野益近・京都大学 / 西山文隆・広島大学 / 内田俊秀・京都造形芸術大学

1. はじめに

我が国における金属製品の研究では、奈良・平安時代の銅製品にはヒ素を含む銅の使用が指摘されている。しかし、遺物を多数分析した結果報告は少なく、詳細は明らかにされていない。本研究では、平安時代前半の淳和院で操業されていた鋳造遺構から出土した金属の未製品14点と金属粒44点のPIXE分析により、当時使用されていたヒ素を含む銅の検討を目的とする。

2. 淳和院

京都市内の再開発に伴い、1992年から1993年にかけて京都市右京区西淳和院町付近に所在する淳和院跡遺跡の発掘調査が行われ、9世紀前半の銅合金鋳造関連施設の遺構と遺物が検出された。淳和院とは淳和上皇の宮で平安京右京四条二坊三保にあたり、当時の平安京において大きな敷地を占めていた。

3. 淳和院跡遺跡出土金属遺物の分析

試料とした未製品は、鋳造時のバリ等加工屑であり、金属粒は合金加工時に飛び散った銅合金の粒である。これらの断面を鏡面に調整して分析に供した。

分析には、広島大学工学部の放射線総合実験室・加速器実験室に設置されているヴァンデグラーフ型静電粒子加速器を使用した。線源はα線で、検出器はPIXEプレーナ型Ge半導体検出器である。加速電圧は2.5Mev。ビームスポットは1.4mm φ。フィルターにはCoの薄膜14.36μmの吸収板を用いた。Al、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Mo、Ag、Sn、Au、Pb、Biそれぞれ、99.9999%の高純度試料を内部標準試料とした。照射時間は約500秒、5μCがカウントされるまで行なう、深度が約1μの表面観察である。

表1 淳和院跡遺跡出土遺物のPIXE分析結果 (%)

形状	試料番号	Cu	Sn	Pb	As	Fe	Ag	Sb
金属粒	JN-01	78.41	13.47	0.57	6.03	1.22	0.18	0.11
金属粒	JN-02	82.21	8.96	3.34	4.99	0.01	0.20	0.28
金属粒	JN-03	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	97.08	0.00
金属粒	JN-04	77.33	21.85	0.02	0.08	0.01	0.61	0.10
金属粒	JN-06	81.13	9.40	0.04	9.14	0.09	0.22	0.00
金属粒	JN-07	81.13	0.22	0.00	9.14	0.09	0.04	9.40
金属粒	JN-08	93.65	0.24	0.38	5.42	0.01	0.17	0.14
金属粒	JN-09	99.48	0.00	0.00	0.20	0.10	0.21	0.00
金属粒	JN-10	82.79	13.36	0.51	3.01	0.05	0.28	0.00
金属粒	JN-12	83.45	8.39	0.85	6.72	0.15	0.31	0.13
金属粒	JN-13	89.13	4.84	0.33	5.40	0.01	0.18	0.11
金属粒	JN-14	98.62	0.00	0.00	0.98	0.01	0.39	0.00
金属粒	JN-15	86.37	5.13	0.02	8.37	0.01	0.11	0.00
金属粒	JN-16	74.68	13.38	0.13	10.91	0.46	0.29	0.16
金属粒	JN-17	91.95	3.57	0.73	3.17	0.26	0.19	0.14
金属粒	JN-18	80.34	13.56	0.64	5.00	0.02	0.25	0.19
金属粒	JN-20	80.42	15.86	0.50	2.94	0.02	0.18	0.09
金属粒	JN-21	87.03	0.07	0.18	12.49	0.03	0.20	0.00
金属粒	JN-22	75.86	20.97	0.06	2.80	0.02	0.18	0.10
金属粒	JN-24	76.48	15.30	0.14	7.86	0.04	0.19	0.00
金属粒	JN-25	91.03	0.03	1.30	7.42	0.00	0.09	0.13
金属粒	JN-26	91.00	3.85	1.11	3.57	0.01	0.29	0.17
金属粒	JN-28	86.16	8.48	0.76	3.59	0.56	0.26	0.19
金属粒	JN-29	83.85	0.23	8.33	6.95	0.02	0.38	0.23
金属粒	JN-30	96.67	0.15	0.20	2.47	0.37	0.08	0.06
金属粒	JN-31	88.58	3.18	0.75	7.11	0.02	0.25	0.10
金属粒	JN-32	77.75	18.31	0.38	2.98	0.16	0.22	0.21
金属粒	JN-33	59.00	35.90	0.61	3.81	0.11	0.28	0.30
金属粒	JN-34	85.84	10.91	0.40	2.53	0.05	0.16	0.11
金属粒	JN-35	76.23	16.45	1.45	4.76	0.45	0.36	0.30
金属粒	JN-37	80.01	12.36	0.75	6.28	0.08	0.25	0.28
金属粒	JN-38	92.13	0.29	0.38	6.60	0.36	0.16	0.09
金属粒	JN-39	80.50	12.65	1.30	5.37	0.04	0.14	0.00
金属粒	JN-40	90.06	0.16	1.50	7.84	0.03	0.23	0.17
金属粒	JN-41	81.06	7.99	0.61	7.57	2.49	0.18	0.10
金属粒	JN-42	88.85	0.09	0.16	10.38	0.41	0.12	0.00
金属粒	JN-43	94.35	0.04	0.41	4.85	0.01	0.21	0.13
金属粒	JN-44	92.90	0.00	0.00	6.89	0.00	0.20	0.00
金属粒	JN-47	87.35	0.00	2.18	10.14	0.01	0.25	0.08
金属粒	JN-48	81.87	10.27	0.92	6.29	0.31	0.15	0.19
金属粒	JN-49	85.82	8.24	0.63	4.88	0.02	0.25	0.16
金属粒	JN-50	90.06	2.75	0.77	6.02	0.02	0.16	0.23
未製品	JN-52	93.20	0.51	0.28	5.56	0.04	0.37	0.04
未製品	JN-53	86.30	7.75	0.36	5.22	0.00	0.23	0.15
未製品	JN-55	85.29	0.13	0.15	13.24	0.86	0.20	0.14
未製品	JN-60	45.77	37.68	0.61	13.98	1.37	0.36	0.23
未製品	JN-61	77.86	13.22	0.56	7.36	0.55	0.21	0.24
未製品	JN-65	83.90	0.60	4.06	10.55	0.13	0.43	0.33
未製品	JN-67	97.95	0.00	0.00	1.83	0.00	0.22	0.00
未製品	JN-68	73.57	22.38	0.11	3.37	0.11	0.29	0.17
未製品	JN-69	62.78	32.38	1.00	1.58	1.69	0.45	0.11
未製品	JN-70	0.16	99.60	0.03	0.18	0.03	0.00	0.00
未製品	JN-71	9.52	87.87	1.29	0.48	0.83	0.00	0.00
未製品	JN-72	84.66	6.76	2.46	5.55	0.01	0.31	0.26
未製品	JN-73	98.62	0.00	0.00	1.02	0.00	0.35	0.00
未製品	JN-77	73.88	15.67	0.19	9.88	0.15	0.14	0.10
金属粒	JN-90	77.14	8.33	0.13	13.94	0.12	0.27	0.06
金属粒	JN-91	0.00	0.00	1.44	0.00	98.56	0.00	0.00

4. まとめ

分析によりCu、As、Sn、Pb、Fe、Ag、Sb元素の含有を確認した。分析値を表1に提示する。

図1はヒ素の分布を示したもので、58点の分析試料中56点にヒ素が含まれている。ヒ素を検出した原因としては、材料の銅鉱石による由来や当時の製錬技術の限界、製品によって合金の組成を調整するときの添加が考えられる。しかし、図1のヒ素含有値の分布図では、ヒ素を含有している範囲が幅広く分布することから、グルーピングを明確にすることができず、9世紀前半の淳和院における製錬技術ではヒ素の分離ができていなかった。

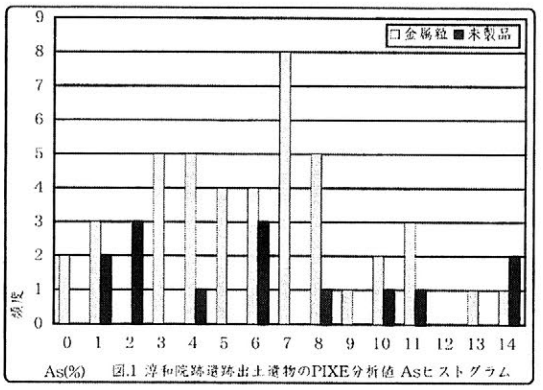


図.1 淳和院跡遺跡出土遺物のPIXE分析値 Asヒストグラム

図2は銅の分布を示したもので、含有値が70～100%、50～60%、0～10%のグループに分けることができる。銅の含有値の多いグループは70～100%（58点中52点）に集中し、90%を頂点に分布し、大半の試料が含まれている。これが当時淳和院で使用されていた材料鉱石の特徴や製錬技術を表している。おそらく最初の選鉱段階での材料鉱石による影響が強いと考えられる。それは、50～60%(58点中2点)についても同様である。0～10%(58点中4点）は、銅よりも錫、鉄、銀を多く含む金属元素で構成されている試料である。

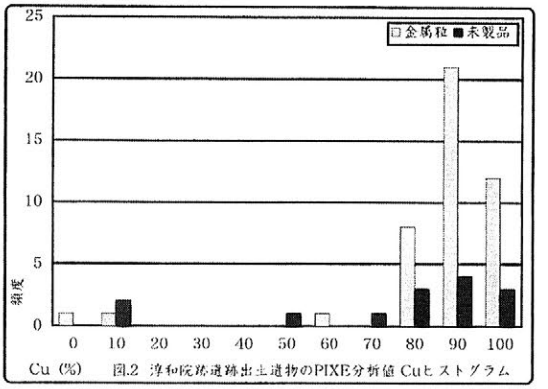


図.2 淳和院跡遺跡出土遺物のPIXE分析値 Cuヒストグラム

ヒ素と銅を比較した図3からは、ヒ素の含有についての明確なグループ分けができず、人為的な影響がみられない。したがって、ヒ素が合金調整の段階で人為的に添加された可能性は低く、ヒ素の含有は銅鉱石に由来するものである。

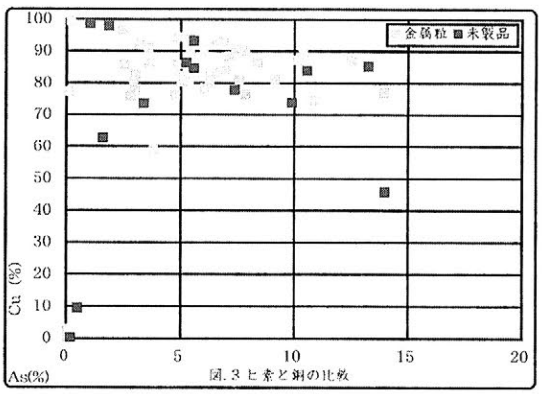


図.3 ヒ素と銅の比較

分析を通じて、9世紀前半の製錬技術では、錫、ヒ素、鉄、銀などの分離が完全ではなかったことが判明した。これらの金属元素が低い値を示している試料が、奈良時代および平安時代の技術的な限界を示している可能性がある。

これらの合金が淳和院で調整されたのか、あるいは外部から持ち込まれた物なのか、可能性としては、ヒ素を含む銅材料を母材に他の金属元素を添加していき、合金の幅を広げたと考えられる。

P68

エジプト、アコリス出土物金属精錬遺物の分析

○ 梅田　寛・中村　利廣　（明大院理工）

1　はじめに

遺跡からは遺物が数多く出土するが、外観だけでその遺物が何から構成されているかは判断できない。化学分析を行うことにより遺物が何から構成されているかが分かり、遺物を判断する一材料となりうる。今回はエジプトアコリス市において、1999～2001 年の間に発掘された金属精錬に関する遺物を蛍光 X 線法、X 線回折法および EPMA を用いて分析したので報告する。

2　実験

2－1　装置と測定条件

結晶相分析には理学 RAD-rX 型X線回折装置に銅回転対陰極とグラファイトモノクロメータを取り付けたものを用いた。元素分析には理学 RIX-3100 型蛍光X線装置にロジウムX線管球を取り付けたものを用いた。微小部の形状観察と元素マッピングには JEOL JMA－5410 LV 型走査電子顕微鏡にエネルギー分散型蛍光X線装置を取り付けたものを用いた。

2－2　試料

エジプトアコリス市コプト後期層から出土したスラグ 16 点、坩堝 1 点

2－3　実験操作

試料は金槌および打砕乳鉢にて粉砕し、さらにメノウ乳鉢を用いて精粉砕し測定に供した。電子顕微鏡による観察用試料は、試料切断後やすりを用いて湿式研磨し最終的に 6000 番のエメリー紙で磨いた。鏡面研磨後、カーボン蒸着を施した。

3　結果

3－1　スラグ片

今回分析したスラグは外観、元素情報、結晶情報の特徴から、鉄系スラグ（4 点）、ガラス質スラグ（4 点）、ケイ酸スラグ（2 点）、鉛ガラススラグ（2 点）、スズ石スラグ（6 点）に分類できた。各スラグの特徴を以下に示す。鉄系スラグはアルミニウム、ケイ素、リン、カリウム、カルシウム、鉄を主成分とし、鉄の酸化物とケイ酸鉄が晶出しており、非晶質が少ない。ガラス質スラグはアルミニウム、ケイ素、カリウム、カルシウム、鉄を主成分とし、結晶は Quartz が主で、非晶質相を多く含む。ケイ酸スラグはアルミニウム、ケイ素、カリウム、カルシウム、鉄を主成分とし、Plagioclase（$(Na, Ca)(Si, Al)_4O_8$）, Quartz（SiO_2）の結晶が大きく成長していて非晶質相が少ない。鉛ガラススラグはアルミニウム、ケイ素、カリウム、カルシウム、鉄、銅、スズ、鉛を主成分とし、鉛が含まれている非晶質中に、Copper, Lead, Leusite（$KAlSi_2O_6$）が析出している。スズ石スラグはアルミニウム、ケイ素、銅、スズ、亜鉛、鉛を主成分とし、ケイ素、鉛、カルシウムから構成される非晶質中に Cassiterite（SnO_2）と Copper が多量に析出しており、副成分としてケイ酸カルシウム・スズと、ケイ酸ナトリウム・カリウム化合物が析出しているものである。鉄系スラグ、ガラス質スラグ、ケイ酸スラグからは鉄が多く検出されたので、鉄が多く含まれた物質を製錬した際に生成し

たスラグだと考えられる。鉛ガラススラグとスズ石スラグは、銅、鉛、スズが多く検出されるもので、これらから構成される銅スラグは今まで報告されていない。ここからは金属銅が検出されたことにより銅製錬の結果できた物質であると推定でき、スラグというよりもこの物質から銅を取り出すマットのような感じがする。

3－2　坩堝片

試料 1999-1 は大きさが l. 4 cm × w. 4 cm × t. 1.3 cm の坩堝片と考えられるものである。試料はゆるやかに湾曲しており、凸状側が外側、凹状側が内側であると判断できる。外側は全体的に銅色金属光沢が見られ、還元的雰囲気で加熱されたことをうかがわせる。ところどころで金属層が剥離して黒色ガラス状物質がみえており、その黒色ガラス状物質が下地と金属層を接着しているように見える。金属が剥離している部分は発泡質の部分もあり、干渉縞が観察される。内側は全体的に下地が黒褐色でありその上を緑色の緑青が覆っており、多少凹凸をもっている。断面層を観察すると 7 層に分かれていた。外側の第 1 層は外側表面の金属銅析出部分である。2 層は金属銅と土器地をつなぐ茶褐色のガラス状物質である。3 層は灰色を呈す胎土で、白色結晶や炭素質物質が混ざっており、焼成はよくしまっている。4 層は灰白色を呈す胎土で、3 層と同様の結晶が混ざっている。3 層と較べると気孔が多く、焼成のしまりはあまいように観察される。5 層は非常に薄く、緑色を呈した緑青状物質である。6 層は黒色を呈した部分であり、金属銅が点々と析出している。内側の 7 層は緑色を呈した緑青状物質である。

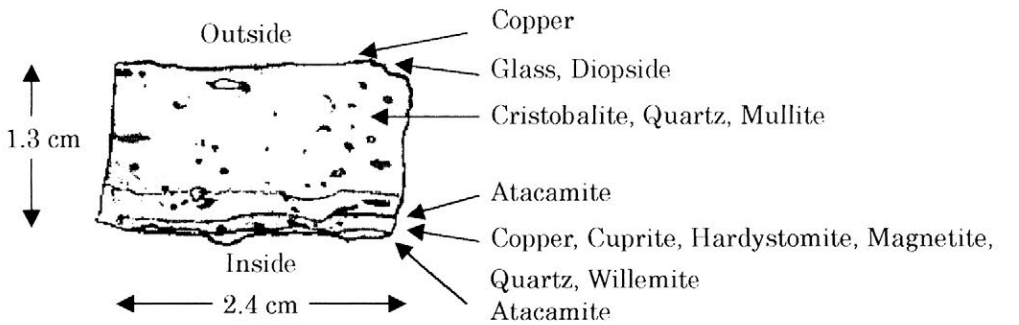


Fig. 1　Cross sectional view and crystal information of 1999-1.

試料断面図と相ごとの結晶情報を Fig. 1 に示す。表層から金属銅が同定でき、金属銅が析出していることが確認された。土器胎土からは Cristobalite (SiO_2), Mullite ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), Quartz が同定された。Mullite は高温焼成された土器胎土に特徴的に検出される結晶相で、この坩堝片が少なくとも 1000 ℃以上の熱履歴を持っていることが推定される。内側付着スラグ物質を電子顕微鏡で観察したところ、Copper と Willemite (Zn_2SiO_4) の存在が顕著であり、また、銅中には不純物が少ないことが分かった。この坩堝は金属銅を精錬する際に使用されていたものと推定できる。また、精錬の前駆物質には亜鉛が多く含まれていたものだと考えられる。

P69

百済時代の脱炭鉄斧の製作技法研究

○鄭光龍（韓国大田保建大博物館学科）·姜大一（韓国伝統文化学校保存科学科）・
韓允熙（奈良大大学院文化財学科）

1．はじめに

古代の鋼は固体状態の純鉄と鋳鉄を熱処理過程から炭素を調整する浸炭法と脱炭法で作られた。そして鋳鉄の熔湯を利用する炒鋼法、灌鋼法などに分けられる。この中で脱炭法は鋳鉄を高温に熱し、脱炭して鋼を作る方法で製作方法が簡単である。ここに試料とした鋳鉄は鋳造鉄斧や鉄釜などの遺物にもよく見え、古代鋳鉄の生産技術は三国時代に広がったものと思われる。しかし、現在まで脱炭現状は鋼を利用して加工と熱処理過程によって表面で部分的に見える鋼の脱炭痕跡だけが検出され、直接的に鋳鉄からの脱炭痕跡は検出されなかった。

2．実験方法

今回の研究は、百済時代の忠清南道大田市の大田月坪山城より出土した鋳造鉄斧２点の光学顕微鏡による微細組織分析を実施したものである。試料の採取にはマイクロハンドカッター（micro-hand cutter）を使用して、金属遺物の損傷を最小限にとどめることに留意し、遺物の機能性において選択された部分から採取した。そして脱炭鉄斧の微細組織を再現するため三国時代の白鋳鉄の破片を利用し、熱処理条件は脱炭が行われる900℃で５時間維持した後、空冷した。

3．結果及び考察

3．1 鋳造鉄斧

図１は鋳造鉄斧の全体写真であり、１（刃部分）と２（工斧部分）から試料を採取して微細組織を分析した。図２は図１の一部分から取った試料の微細組織写真である。暗い部分がパーライトであり、明るい部分にはセメンタイト像が存在するのが見える。これは典型的な白鋳鉄であり、鋳造が熔湯から固像に凝固する時、凝固速度が早い場合に現れる。

3．2 脱炭鉄斧

図３は脱炭鉄斧の全体写真であり、１（刃部分）と２（工斧部分）から試料を採取して微細組織を観察した。図４は図３刃部分の断面の微細組織写真である。中心の大部分が白鋳鉄組織であるが、表面の方のふちは脱炭が進行している。図５と図４は脱炭が進行しなかった白鋳鉄組織であり、図５は脱炭により変化した脱炭層と白鋳鉄の境界部分の拡大写真である。

3．3 再現実験

図６は脱炭処理前の微細組織で鋳造鉄斧と同じ白鋳鉄組織である。図７は図６に現れ

る白鋳鉄片を900℃で5時間脱炭した試料の微細組織である。写真中心の大部分に存在する白鋳鉄と白鋳鉄を包んでいるパーライト、そして試料の表面に存在するフェライトが見える。これは先に説明した脱炭鉄斧とほとんど同じ形態である。図8は図7表面のパーライトとフェライトの境界部分で右の方にパーライト、左の方にフェライト組織が見える。ここでフェライトが表面に存在するのは先に説明したように表面層で脱炭が明らかに起こるからである。

4．おわりに

鋳造鉄斧は刃部分と工斧部分で白鋳鉄の組織が確認される。このことから同時代の新羅や高句麗から発見される鋳造鉄斧とほとんど同じ鋳造方法によって製作されたことが明らかになった。

脱炭鉄斧の中心部は鋳造による白鋳鉄組織であるが、表面層は約1－2mmくらいの比較的均一な100%パーライト組織が存在することが分った。この表面層のパーライト部分は脱炭によることで刃部分と工斧全部に現れる。すなわち、脱炭鉄斧は鋳造で作った後、高温状態による脱炭によって製作したのである。

白鋳鉄片を利用して900℃で5時間加熱した後、空冷して脱炭微細組織を再現してみた。その結果、脱炭鉄斧と同じように中心部の大部分が白鋳鉄の組織だったことが分った。そして表面からは脱炭層微細組織が現れることを確認した。

図 1.

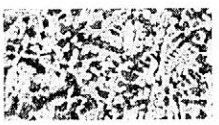


図 2.

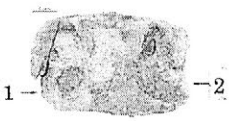


図 3.

図 4.

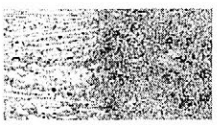


図 5.

図 6.

図 7.

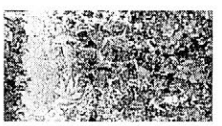


図 8.

〈参考文献〉

［1］K.Y. Chuing: Ph.D. thesis, Hong Ik University, (2001). Iron Technologies of Ancient Korea－As Observed in Metallurgical Microstructures.

［2］大澤正己，1999，東北亜細亜における古代炒鋼技術の起源展開，韓国忠南大学校急速凝固新素材研究所.

P70

古墳時代出土鉄器の形態と組成についての一考察

○関　博充（岩手県立博物館）

1.　はじめに

茨城県新治郡高崎山古墳群西支群では円墳(第１号墳)、前方後円墳(第２号墳)、古墳の周溝と推定される溝状遺構(第 3 号墳)が発見され、石室内出土遺物によって第２号墳は６世紀前半に比定された[1)]。第２号墳の石室内からは形態分類が可能な 8 本の鉄鏃が出土している。それらを金属考古学的に調査した結果、同じ形態に分類される鉄鏃の地金はほぼ同じ化学組成であること、異なった形態に分類された鉄鏃であっても、ほぼ同じ化学組成の地金を用いて製作されたものが存在することが確認された。

茨城県ひたちなか市武田西塙遺跡では５世紀後半、鹿嶋市片岡遺跡では７世紀後半から８世紀前半に比定される竪穴遺構が発見され、それぞれ４基、５基の鉄関連炉跡が検出されている。炉跡およびその周辺から出土した鉄片、鉄塊、鍛造剥片、椀形滓などの鉄生産関連遺物に関する考古学ならびに金属考古学的調査結果から、両遺跡では原料鉄を素材とする鋼の製造が行われていた可能性が高いこと、その鋼を使って製品鉄器までもが製作されていた可能性のあることが報告されている[2)3)]。上記２遺跡から出土した鉄塊の化学組成、および両遺跡周辺に賦存する製鉄原料候補である砂鉄と鉄塊の化学組成に差異がみられたことをふまえ、それぞれの遺跡において使用された原料鉄は、他地域から遺跡内にもたらされた可能性が高いと推定された。

古墳時代には、鋼製造の素材となる原料鉄の生産地が複数あり、そこから供給された原料鉄を使って鋼または製品鉄器が製作されていたものと考えられる。以下に調査結果を報告する。

2.　調査資料と調査方法

調査資料は表１に示すとおりである。調査した鉄鏃８点は玄室内部の１地点から集中して検出された。ほぼ同時期に埋納されたとみることができる。調査には肉眼観察およびＸ線透過写真を基に、他に比べ錆化が進んでいない部分から摘出された約 0.1g の試料片を用いた。摘出した試料片を二分し、大きい方を化学成分分析(高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法)に、小さい方を組織観察に供した。

3.　調査結果と考察

８点の鉄鏃は無茎鏃３点と長頸鏃５点に分類される。無茎鏃３点は三角形腸抉２点と五角形腸抉１点に、長頸鏃５点は長三角形角関２点、長三角形腸抉２点、三角形腸抉１点に細分される（表１左欄）。

無茎鏃三角形腸抉に分類された２点の試料片に残存する非金属介在物（鋼の製造過程において除去しきれずに鋼中に残存する不純物）はそれぞれ、ガラス質けい酸塩と $FeO\text{-}SiO_2$ 系化合物、ガラス質けい酸塩で、長頸鏃長三角腸抉に分類された２点の非金属介在物はいずれも Fe-O 系化合物、$FeO\text{-}SiO_2$ 系化合物、マトリックスで構成されて

いた。地金の製造過程においてチタン化合物を含む物質の使用を指摘することはできない。長頸鏃長三角形角関2点の試料片には、パーライト[αFeとセメンタイト(Fe_3C)の共析組織]中のセメンタイトとみなすことのできる結晶が観察され、その分布状況から亜共析鋼が配されていたものと推定された。

8資料は摘出された試料片に含有される銅、ニッケル、コバルト3成分比に基づき、Aグループ(Cu/Niが1以上)、Bグループ(Cu/Niが1未満、Co/Niが1程度)、Cグループ(Cu/Ni、Co/Niがともに1未満)の3つに分類された(表1最右欄)。この結果に形態に基づく分類結果を加味すると、Aには無茎鏃三角形腸抉と長頸鏃長三角形角関が、Bには長頸鏃長三角形腸抉と長頸鏃長三角形腸抉、Cには無茎鏃五角形腸抉が分類される。細分されたグループ内の鉄鏃の組成比はほぼ同じであり、異なったグループ間でもほぼ同じ組成比をとる鉄鏃が認められることがわかった。

武田西塙遺跡出土鉄塊には0.1%以上の銅が含有され、非金属介在物中にチタン化合物は見いだされなかった。一方、片岡遺跡出土鉄塊の銅は0.02%未満で、チタン化合物が残存する非金属介在物が確認された。上記2遺跡から出土した鉄塊中の銅含有量ならびに非金属介在物組成は異なっている。加えて、上述の鉄塊2点と両遺跡周辺に賦存する製鉄原料候補である砂鉄の化学組成には差異がみられる。鉄鏃にみられる形態と化学組成上の関係、および鉄関連炉跡に伴って検出された鉄塊の化学組成上の差異を考え合わせると、古墳時代から奈良時代初頭には、鋼製造の素材となる原料鉄の生産地が複数あり、そこで生産された原料鉄が他地域に供給される。鉄器製作地では、供給された原料鉄を使って鋼を造り、さらに鉄鏃をはじめとする同形態の製品鉄器、あるいは複数の形態の製品鉄器をも製作する。上記8点の鉄鏃の金属考古学的調査結果は、このような製作状況を考慮に入れ、古墳時代から奈良時代初頭における鉄器の普及を検討する必要があることを示している。

1) 『高崎山古墳群西支群第2号墳・第3号墳』山武考古学研究所・新治村教育委員会、2001。

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・武田西塙遺跡出土鉄関連遺物の形状と組成を通して-」Archaeo-Clio、第2号、pp.73-83、2001。

3) 『鹿島町内遺跡発掘調査報告XVI』茨城県鹿島町教育委員会、1995。

表1　高崎山古墳群西支群第2号墳出土鉄鏃の調査結果

No.	形態分類		n.m.i	ミクロ組織	化学組成(mass%)			3成分比による分類
					Cu	Ni	Co	
1	無茎鏃	三角形腸抉	S	no	0.041	0.019	0.015	A
2		三角形腸抉	F,S	no	0.036	0.019	0.022	A
3		五角形腸抉	no	no	0.025	0.065	0.022	C
4	長頸鏃	長三角形角関	no	亜共析鋼	0.121	0.056	0.052	A
5		長三角形角関	no	亜共析鋼	0.294	0.129	0.081	A
6		長三角形腸抉	W,F,M	no	0.010	0.016	0.015	B
7		長三角形腸抉	W,F,M	no	0.014	0.025	0.021	B
8		三角形腸抉	no	no	0.011	0.018	0.019	B

注1) n.m.iは非金属介在物組成。WはFe-O系化合物、Fは$FeO-SiO_2$系化合物、Sはガラス質けい酸塩、Mはマトリックス。
noは見いだされず。

P71

茨城県片岡遺跡にみる飛鳥時代の鉄・鉄器製作活動について
-出土鉄関連遺物の形状と組成を通して-

○関　博充*　木下正史**　風間和秀***　石橋美和子***　赤沼英男*
*岩手県立博物館　**東京学芸大学　***（財）鹿嶋市文化スポーツ振興事業団

1. はじめに

飛鳥時代以降、各地で寺院、官衙施設が建設されるようになる。建設に伴い相当量の製品鉄器が製作、使用されたと推定されるが、鉄・鉄器製作活動の状況は未解明である。茨城県鹿嶋市片岡遺跡で発見された、7 世紀後半から 8 世紀前半に比定される鉄関連遺構・遺物の調査を行った結果、他から供給された原料鉄を使用して鋼を製造し、その鋼を使って製品鉄器が製作されていた可能性の高いことが分かった。

2. 調査した鉄関連遺構・遺物の概要

鉄関連遺構と出土遺物の概要は表 1 に示すとおりである。

表1　片岡遺跡出土鉄関連遺構・遺物の概要

炉跡	検出位置			第2房北西側		第2房北東側		第2房南東側	
	名称(報告書記載名)			1号炉(2号)		2号炉(3号)		3号炉(6号)	
	付随ピット	炉跡からの位置		東側に隣接		東側に20cm		西側に3基隣接	
		平面形	寸法(cm)	楕円形	78×106×13	楕円形	118×98×20	楕円形	42×57×20
								不明	53以上×43×16
								不明	46以上×50以上×16
出土遺物	鉄滓			無		窪み底部より椀形滓		無	
	鉄床として使用された台石			無		付随ピット内より破片		付随ピット内より破片	
	剥片状資料			付随ピット内・南側		付随ピット内・北側		付随ピット内・西・東側	
	鉄片			第2房床面より板状を呈する鉄片					

3. 調査結果と考察

鉄関連炉跡が残存する竪穴遺構は、長方形を呈する床面が階段状に 3 つ連なった構造をとる。それぞれの高低差は約 10cm で、西から東に向かい高くなる。一番西側(第 1 房)の床面は長軸(南北方向) 約 5 m、短軸(東西方向) 約 3mで、その後に構築された遺構により一部破壊されている。最上層(第 3 房)の床面は発掘区域外に及んでいるため、遺構の全容は未確認である。第 2 房の床面は、長軸約 5m、短軸約 4mを測り、残存状況は良好である。第 2･3 房の床面には柱穴が認められたが、上屋構造については未解明である。

第 2 房には 3 基の炉跡(1-3 号炉)が L 字状に配置されていた。 3 基とも床面を、平面が長軸(南北方向)60-96cm、短軸(東西方向)55-66cm の楕円形で、深さが 17-22cm の深皿状に掘る。その中にチタン磁鉄鉱を含む砂状物質が混在した粘土状物質を充填し、その中心部分に平面が長軸 28-32cm、短軸 20-28cm の楕円形で、床面からの最大深が 6-14cm の窪みを造る。窪みの周縁部を竪穴床面から高さ 4-10cm、幅 10-20cm に盛り上げる。窪みの内面は、底部から床面までは青灰色、床面から上の盛り上がり内面および外面は赤褐色を呈していた。盛り上がりの上部端は丸みを帯びていて、その上部に構築物があったことを示す痕跡はみられなかった。

1･2 号炉の盛り上がりには長軸、短軸にそれぞれ 2 本(長軸方向の幅 7.5-8cm、短軸方向

の幅 10-18cm) 合計４本、３号炉には長軸方向南側に幅約 10cm、短軸方向東側に幅約 12cm、合計２本の溝跡が設けられていて、２号炉長軸方向南側の溝跡には羽口の先端部分が残存していた。羽口の吹き出し口は外径 4.9cm、気道内径 2.4cm、横断面は筒状で、外面は黒褐色を呈し、ガラス化している。床面に対する装着角度は下向き約 10 度で、羽口先から送り込まれる風が窪みの中心部に届くように設置されていた。片岡遺跡と同時代に推定される茨城県鹿嶋市春内遺跡でも、ほぼ同じ設備構造をとる炉跡が見いだされていて、長軸方向に設置された２本の溝跡にはいずれにも羽口が残存していた [1]。片岡遺跡でも長軸北側に付設された溝跡にもう一本別の羽口を装着し、操作に使用されていた可能性がある。なお、短軸方向の溝跡が羽口の装着に使用されたことを指摘することはできなかった。

２号炉の羽口先下の窪み底部には椀形滓が残存していた。椀形滓の平坦面は長軸約 15cm、短軸約 8cm の楕円形で、最大厚約 4cm を測る。凸部には、炉の構築に使用された粘土状物質に比べ全鉄量は高レベルにあるが、他はほぼ同じ組成の青灰色を呈する粘土状物質が付着している。粘土状物質の内側には、Fe-O 系化合物、FeO-MgO-SiO_2 系化合物、Fe-Ti-Al-O 系化合物が微細な結晶を内包するガラス質けい酸塩で取り囲まれた組織からなる鉄滓があり、粘土状物質と鉄滓の境界部分に Fe-Ti-Al-O 系化合物が濃密に分布している。第２房床面からは椀形滓とほぼ同じ鉱物組成をとる鉄滓とメタルが混在する資料が確認された。窪み底部において、チタン磁鉄鉱を含む粘土状物質と酸化鉄に富むスラグとが反応し生成した鉄滓とメタルが接触し、椀形滓が形成された可能性が高い。

発見された炉跡は３基とも開放系で、その上操業途中での炉外排滓が難しい構造である。遺跡周辺で採取された砂鉄と、鉄滓とメタルが混在した資料中のメタルに含有されるニッケル、コバルト比に差異が認められたことを考え合わせると、第２房床面にある炉を使って製錬操作が実施されていた可能性は低く、他から供給された原料鉄を使って鋼の製造が行われていたと推定される。この場合の原料鉄としては、鉄滓が付着し組成が不均一な鉄と銑鉄の２つを考えることができる。椀形滓表面に木炭の付着や噛み込みはみられない。熱源となる木炭と反応サイトが分離していた可能性があることを示唆している。発掘調査によって明らかにされた生産設備構造、出土遺物の形状と組成に、熱源と反応サイトとの関係を加味し、検討することによって、鋼製造の出発物質となった原料鉄の組成および鋼の具体的製造方法が明らかになるものと思われる。

第２房床面からは、剥片状資料(鍛造剥片を含む破砕された鉄滓)、亜共析鋼と過共析鋼が配された鉄片が出土し、炉に付随するピットの覆土からは、被熱し、局所的に鉄滓が付着する台石片が見いだされた。鉄滓が固着する鉄を加熱・鍛打して不純物を除去し、鋼を純化する操作が行われていたことは確実である。鉄滓とメタルが混在した資料のメタル部分、鍛造剥片、鉄片に含有される銅、ニッケル、コバルト３成分比が合致することをも加味すると、製造された鋼を使って製品鉄器の製作までもが行われていたこと、および鋼の製造過程において、亜共析鋼や過共析鋼という炭素量の異なる鋼が造り分けられていた可能性を考えることができる。片岡遺跡と同様の炉跡から検出された鉄関連遺物の組成を明らかにしていく中で、飛鳥時代における鋼製造の実態をより明確にしていきたい。

1)『春内遺跡』(財) 鹿嶋町文化スポーツ振興事業団、1995。

P72

北属期のヴエトナムの古窯址から出土した陶片の化学分析

山崎一雄（名大理）・森本朝子（福岡市教委）
肥塚隆保・降幡順子（奈良文化財研究所）

1　古窯址

紀元１－９世紀ヴエトナムは漢に支配されていた。いわゆる北属期である。　森本らが調査の対象としたのはこの時期に属するヴエトナムのハノイの南方約１４０ｋｍにあるＴａｍ　Ｔｈｏ窯址群（Ｔａｍ　Ｔｈｏ，Ｖａｎ　Ｖａｔ，Ｇｏ　Ａｎ、これらは近接している）と、ハノイ北方約３０ｋｍにあるＤｏｎ　Ｘａ古窯址である。　これらの古窯址のうちタムトー窯址群は第二次大戦前１９３４－１９４０年スウエーデンのオーロフ・ヤンセ（Ｏｌｏｖ　Ｒ．Ｔ．Ｊａｎｓｅ）により3回にわたり発掘調査された。　またドンサーの窯址は１９９５年ごろヴエトナム滞在中の日本人研究者により発見調査された。タムトーなどの古窯址は同じころヴエトナム考古学院が再調査した。　今回の分析試料はそれらの調査後の地点で表面採集されたものである。

最近九州大学の宮本と俵（２００２）はヤンセの第３次調査（１９３８－１９４０年）の発掘資料（ハーバード大学ピーボーデイー考古民俗学博物館が所蔵）について詳しい再検討を行っているが、タムトー窯址群の資料は再検討には含まれていないようである。

2　分析試料

採集された試料はタムトー（ヤンセ２号窯）１５片（試料番号２０１－２１５）、バンバ8片（２１６－２２３）、ゴーアン１４片（２２４－２３７）、ドンサー４片（２３８－２４１）合計４１片である。

タムトーの試料　２０１－２０５　無釉、胎土は赤褐色
２０６－２１３　施釉、暗一黒褐色の灰釉。胎土：赤褐色
２１４　黒緑色のガラス質で窯壁から落ちた釉か。
２１５は赤褐色、棒状で顔料らしい。分析により赤鉄鉱と判明。

バンバの試料　２１６－２１８、２２０、２２２（瓦）は無釉、胎土は赤褐色。
２１９と２２１　胎土は赤褐色。黒褐色の釉。
２２３は窯壁の破片。釉の混合物がかかる。

ゴーアンの試料　２２４　灰色の胎土。灰釉
２２５－２３１　無釉。胎土：灰色－黄褐－赤褐色
２２５、２２９は生やけ
２３２、２３３、２３４は薄手の供膳具。文様なし、釉の有無不明
２３５－２３７は瓦。

ドンサーの試料　２３８－２４０はタムトー窯址群（１－６世紀）に比べて時代がやや下がり１０世紀、特に２４１は１３世紀。すべて無釉。
胎土は暗灰色ー赤褐色

以上の試料のうち瓦などを除く大部分の破片には斜格子、菱形などの印文がある。

3　分析方法

試料の一部を粉砕して蛍光Ｘ線分析法とＸ線回折法により分析した。　装置は堀場製Ｘ線分析顕微鏡ＸＧＴ－１２００Ｗとマックサイエンス社製Ｘ線回折分析装置Ｍ１８ＸＨＦである。　蛍光分析の標準試料は胎土にはＪＧ－１ａをペレット状に成形したもの、釉にはＳＧＴ－７を用いた。

4　分析結果

４・１　胎土のＸ線回折　２１４（ガラス質）と２１５（顔料）を除き、多く試料に石英とムライトが存在する。また焼成中にクリストバライトの生成している試料も多いが、２０５、２２２、２２５、２２７、２３０、２３６、２３９、２４０、２４１は温度が低くクリストバライトは生成していない。さらに焼成温度の低い２２９、２３５、２３７ではムライト、クリストバライトともに生成していない。　ドンサー窯の２３８のクリストバライトの生成量は少なく、また２３９、２４０、２４１ではムライトのみが生成し、窯の温度が他の窯と比べて低いことを示している。

４・２　胎土の蛍光Ｘ線分析　　胎土の組成平均値

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O
タムトー破片35個	72.3	19.4	3.7	0.21	0.53	3.5	1.3%
ドンサー破片 4個	73.0	18.7	4.2	0.37	0.88	-	1.9%

タムトーのNa2Oは少なく、 0.01%を超える破片は 8個のみである。ドンサーの Na2O は 1個のみで 0.02%である。胎土の色が示すように鉄の含有量は大きい。

ドンサー窯は位置、時代ともにタムトー窯址群とは異なるため、破片の化学組成などに差があるかと期待された。成分比の図示などを検討したが、試料数が少ないためか窯による組成の著しい差は認め難い。

４・３　釉の蛍光Ｘ線分析　釉のかかっている破片はタムトー（ヤンセ２号）の８個、バンバの３個、ゴーアンの１個計１２個で、このうちタムトーの２０９、２１０、２１３は表裏ともに釉があり、釉の試料数は合計１５個となる。表面の釉は剥離すると緑色８個、黒色３個で裏面の釉３個はすべて黒色に近い（２２３は除外）。黒色は緑色に比べて鉄、チタン、カルシウム、カリウムが多く、ナトリウムが少ない。タムトー窯址群の３窯の間には釉の組成の著しい差は認め難い。ドンサーの破片はすべて無釉である。

宮本一夫・俵寛司（２００２）　ベトナム漢墓ヤンセ資料の再検討　国立歴史民俗博物館研究報告第９７集、１２３。

広　　告

脱塩処理装置

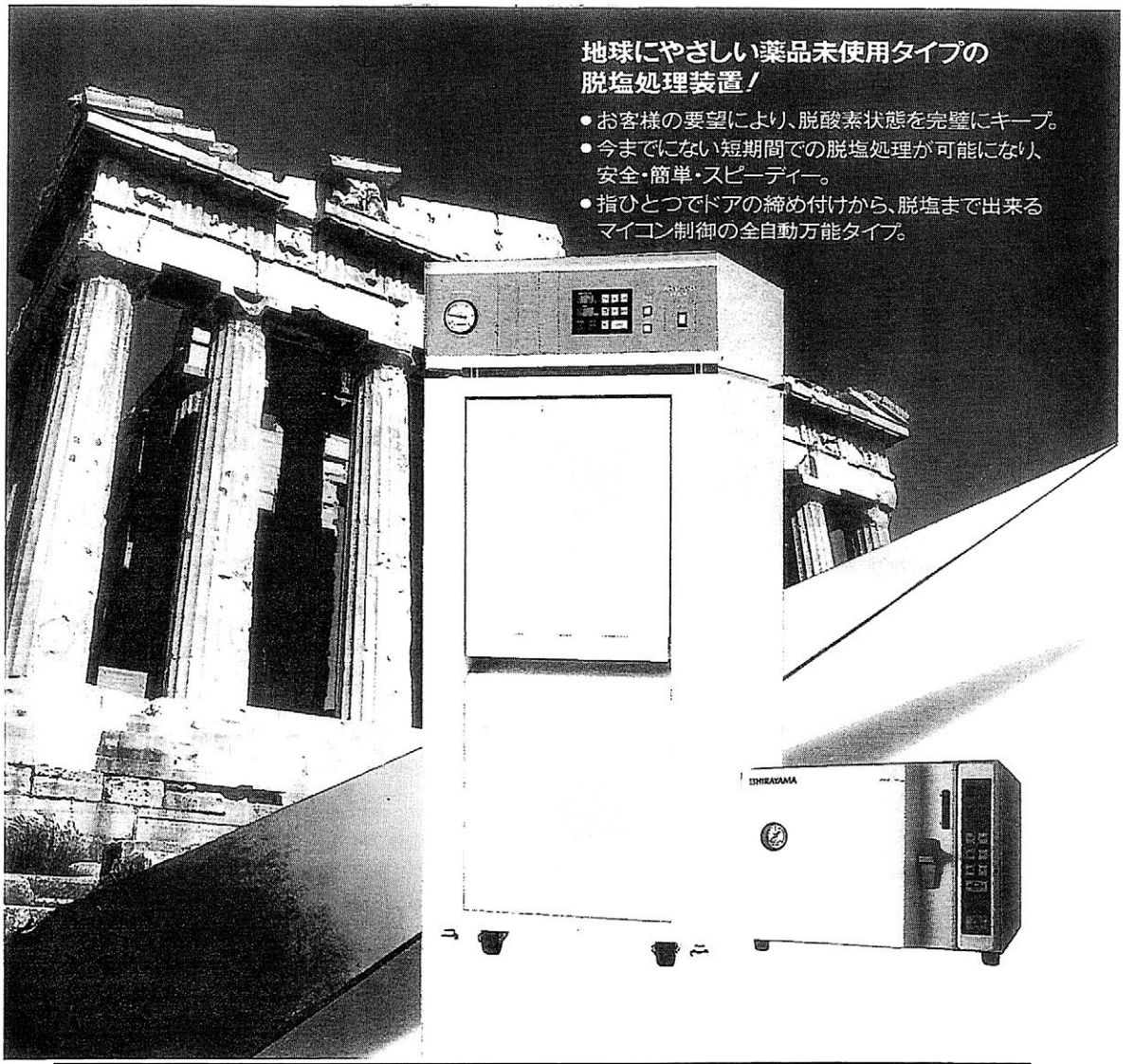
DSMシリーズ

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。



販売元 三ツワ理化学工業株式会社

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

製造元 株式会社 平山製作所

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

エクスロンなら、

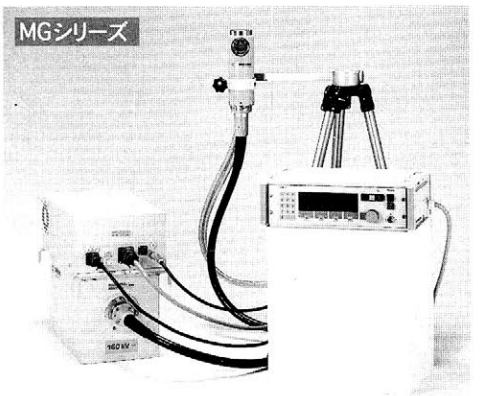
あらゆる文化財のX線検査が、

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

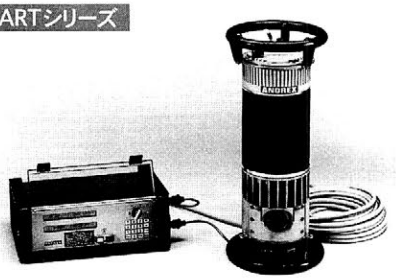
MUJシリーズ

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



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。

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)

OURSTEX 100FII

可搬型 蛍光X線分析装置

＜概　要＞

エネルギー分散型蛍光X線分析装置はX線管からの一次X線を試料に照射し、発生した蛍光X線を半導体検出器システムで計測することによって、その試料の形態（個体、粉体、液体等）に拘わらず、非破壊で元素の定性・定量分析を可能にするものです。

＜特　長＞

●大型試料や異形試料を非破壊でも分析できます。
●液体窒素や冷却水などが不要で100Vの電源だけで分析が可能です。
●タッチパネル方式の簡単操作で分析ができます。

＜応用例＞

●壁画の顔料分析・出土遺物の非破壊分析に有効
●土壌中の有害重金属の分析（市街地土壌の汚染対策新制度対応）
●廃棄物処理後の成分分析（廃棄物処理規制）
●各種工業材料の研究開発評価や品質管理分析（メッキや蒸着の膜厚測定）
●科学捜査の分析
●大学・研究機関の材料研究・分析
・・・その他、固体・粉体・液体の形態を問わず分析が可能

＜仕　様＞

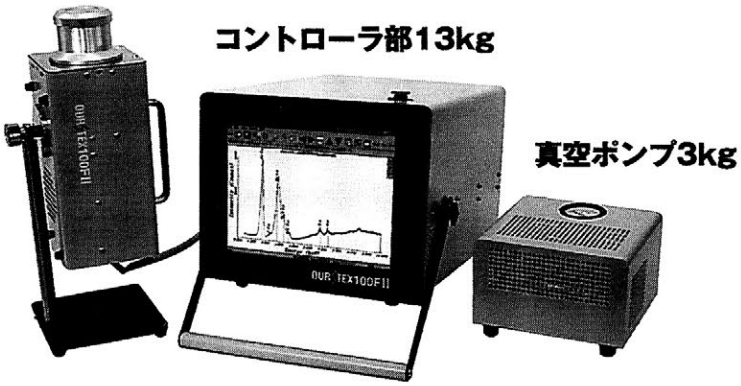
測定元素：$_{12}$Mg～$_{92}$U
X線管：Pd
試料形状：MAX50φ×40mmH（密閉使用時）※開放使用時は任意

可搬/オンサイト分析に！

測定ヘッド部5kg

コントローラ部13kg

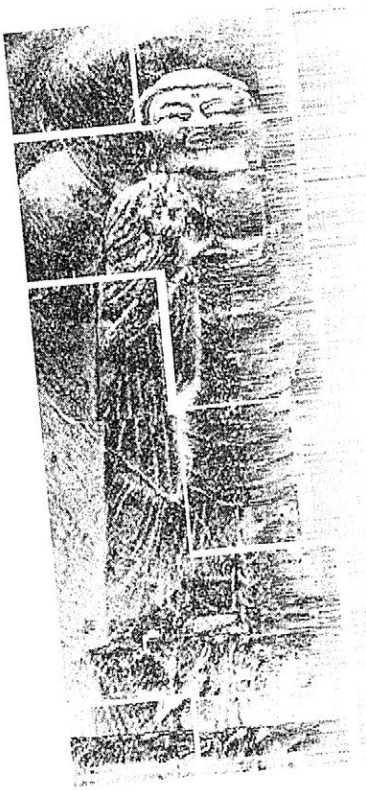
真空ポンプ3kg



＜製造元＞
アワーズテック株式会社
大阪府寝屋川市本町13-20
TEL.072-823-9361　FAX.072-823-9340
URL：http://www.ourstex.co.jp

＜販売代理店＞
応用地質株式会社　機器事業部　営業企画部
茨城県つくば市御幸が丘43番地
TEL.0298-51-6621　FAX.0298-51-7290
URL：http://www.oyo.co.jp/

OYO



STOP
the
風化

石材強化剤
OH100

石材撥水剤
280

強化剤
OM50

TRY
the
活性

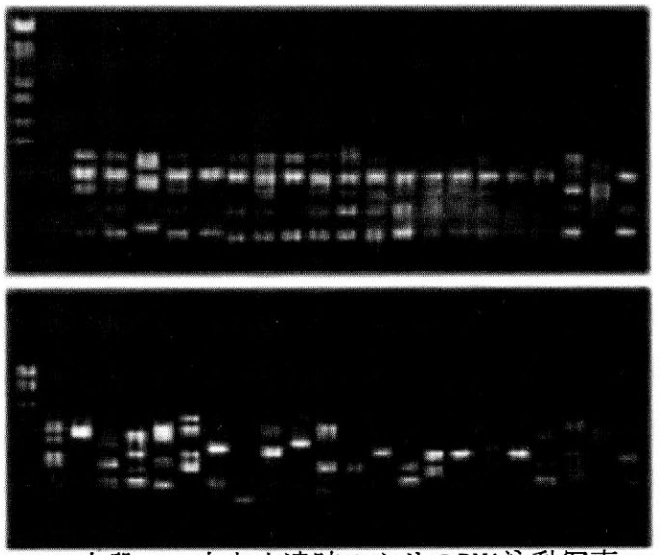
株式会社アクト

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

21世紀は生物多様性の時代
出土遺物の DNAはバイオ
テクノロジーの扉を開く鍵

出土遺物のDNA分析
花粉分析・樹種同定
地層剥離保存
遺物保存処理
CT-スキャン解析



上段：二内丸山遺跡のクリのDNA泳動写真
下段：現在の青森の野生クリのDNA泳動写真

Gene-tec
株式会社 ジェネテック

〒424-0886 静岡県清水市草薙１丁目2-18
Tel:0543-44-2727　FAX:0543-44-2728
genetec@po2.across.or.jp

http://plaza.across.or.jp/~genetec/

Paleoenvironment Research Co., Ltd.
株式会社 古環境研究所
http://www5a.biglobe.ne.jp/~kokankyo/

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など

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

残存脂肪分析による古環境復元

環境・地質・農業・補償調査／地域振興・都市計画／土木・建築設計／
測量／地図情報システム／情報処理サービス／微生物利用・精密農業技術
開発／不動産鑑定／OA機器販売・リース

ZUKOSHA

総合建設コンサルタント

株式会社 ズコーシャ

本社　〒080-0048　帯広市西18条北1丁目17番地
TEL 0155-33-4400（代表）／FAX 0155-33-7100
URL http://www.zukosha.co.jp

札幌支社／旭川・網走・留萌・函館支店／稚内・釧路出張所／総合科学研究所／情報処理センター

日本文化財科学会第19回大会研究発表要旨集

発　行　2002年7月6日
編　集　日本文化財科学会第19回大会実行委員会
事務局　〒101-8301　東京都千代田区神田駿河台1—1　明治大学考古学博物館・
学芸員養成課程　Tel:03-3296-4404　Fax:03-3296-4364
E-mail:kyajima@kisc.meiji.ac.jp

日本文化財科学会第19回大会実行委員会

委員長　小林　三郎
委　員　阿部　芳郎・安蒜　政雄・石川日出志・稲葉　政満・叶内　敦子
上條　朝宏・黒沢　浩・佐々木憲一・佐藤　純・島田　和高
杉原　重夫・鈴木　稔・辻本　崇夫・樋泉　岳二・時枝　克安
中村　利廣・二宮　修治・畑　大介・宮腰　哲雄・矢島　國雄