

ポスターセッション

特別ポスター展示

一般ポスター展示

恐れ入りますがP84と差しかえて下さい。

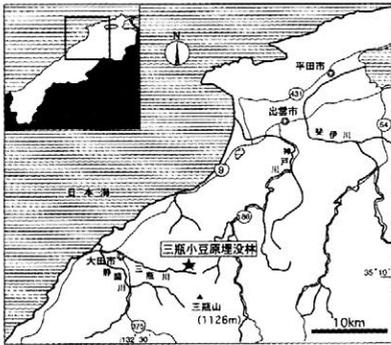
三瓶小豆原埋没林 (さんべあずきばらまいぼつりん) 島根県大田市三瓶町多根小豆原 渡邊 正巳(文化財調査コンサルタント(株))

島根県の中心部、大田市三瓶町多根小豆原で、およそ3700年前の三瓶火山の噴火の影響で立木のまま埋まっていたスギ林が発見され、新聞、テレビで報道されてから、すでに4年を超える年月が過ぎました。

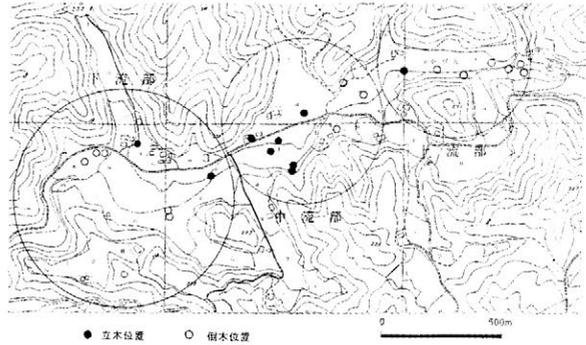
この間、平成14年4月には、「島根県立三瓶自然館サヒメル」がオープンし、発掘されたスギの保存処理展示施設が公開されました。またつい先日(平成15年5月2日)には、三瓶小豆原埋没林の発見された現地に「三瓶小豆原埋没林公園」が整備されました。

同公園の目玉施設は「縄文の森発掘保存展示棟」と、「合体木根株地下展示棟」です。古代の埋没林(あるいは埋没木)を発掘時のまま展示している同様の施設は日本中にいくつかありますが、10mにも達する数本の樹幹が立ったままで見られるのはここだけの事です。

また、島根県環境生活部景観自然課を事務局とした「三瓶埋没林調査保存検討委員会」を主体とした研究が進められており、平成12年7月と14年4月には調査報告書が刊行されています。



三瓶小豆原埋没林の位置



聞き取り調査による埋没林の位置

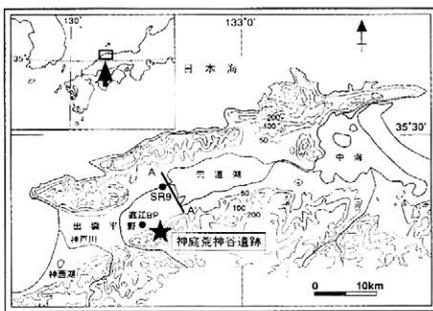
「島根県景観自然課編(2000)より引用」

荒神谷遺跡 (こうじんだにいせき) 島根県簸川郡斐川町神庭宇西谷 足立 克己(島根県教育庁文化財課)

荒神谷遺跡は、島根県簸川郡斐川町^{かんば さいだに}神庭宇西谷に所在する弥生時代の青銅器埋納遺跡である。付近一帯は「出雲国風土記」記載の神名火山に比定される仏経山山麓の出雲郡建部郷にあたる。1984~85(昭和59~60)年の2回にわたる発掘調査で、狭隘な谷間の南向き斜面で銅剣358本と銅矛16本・銅鐸6個がそれぞれ出土した。発掘調査によって青銅器の埋納状況が判明した数少ない例で、一箇所からの銅剣出土数としては全国最多である。また、銅鐸・銅矛の同時埋納例としては全国初めてである。銅剣は、二段に掘り込まれた加工段の下側の隅丸方形の埋納坑に、四列に鋒と茎を水平にして刃を立てた状態で出土した。銅矛・銅鐸の埋納



坑は、銅剣埋納坑から谷奥に七m離れたところにあり、銅鐸は埋納坑中央に鈕を向かい合わせにして3個ずつ2列に鱗を立てた状態で、銅矛はその東側に鋒を交互に向け、刃を立てて置かれていた。両埋納坑とも青銅器を置いたのち粘土で被覆、その後覆屋状の簡易な建物を建てている。銅剣はすべて中細形銅剣C類に相当し、全長48.1~53.9cmである。鑄放しの銅剣が一本(B62号銅剣)あり、2~5本を一組とした同范品43組、113本を確認している。また、344本の茎に×印の刻印がある。銅矛は中細形銅矛a類と中広形銅矛a類、同b類の三種類で、刃部に研ぎ分けを行うもの7本、水銀朱を塗るもの(6号)などがある。銅鐸はいずれも高さ22~23cmの小型品。菱環鈕1式横帯文銅鐸(5号)から外縁付鈕1式四区袈裟襷文銅鐸までと外縁付鈕2式の可能性のある四区袈裟襷文(1号)がある。各青銅器の型式から弥生時代中期末~後期初頭に埋納されたと推定される。荒神谷遺跡での青銅器発見は、青銅器の埋納時期や製作地問題など、青銅器を巡る諸問題の再考を促す契機となった。



荒神谷遺跡位置

	銅	スズ (%)	鉛
銅剣A列	82.0±7.1	6.7±5.1	9.5±4.8
銅剣B列	83.9±3.8	6.0±2.4	7.5±2.3
銅剣C列	82.2±6.0	5.9±4.7	8.0±2.4
銅剣D列	79.9±4.0	5.8±3.3	10.2±4.5
銅剣全体	82.2±5.2	6.1±3.8	8.6±3.5
銅鐸	77.9±2.8	12.6±3.5	4.3±2.1
銅矛	73.0±4.1	14.2±3.8	6.6±2.5

土値は1標準偏差値(1σ値)

荒神谷遺跡出土青銅器化学組成平均値

加茂岩倉遺跡 (かもいわくらいせき) 大原郡加茂町大字岩倉 角田 徳幸(島根県教育庁埋蔵文化財調査センター)

加茂岩倉遺跡は、丘陵斜面に営まれた銅鐸埋納遺跡で、1ヶ所で発見された銅鐸としては国内最多となる39個が出土している。

銅鐸は長さ2m・幅1mほどの埋納坑に、鱗を立てた状態で埋められており、45cm大の銅鐸の内部に、30cm大の銅鐸が入れ子になった状態で確認された。

銅鐸の型式は外縁付鈕1式から扁平鈕2式~突線鈕1式までのもので構成されている。文様は4区袈裟襷文・6区袈裟襷文・2区流水文・3区流水文があり、人面やシカ・トンボ・カメなどの絵画が鑄出されたものも見られる。

同范銅鐸は15組26個があり、1つの石製鑄型で鑄造された銅鐸は5個以上、土製鑄型でも2個以上作られたことが判明している。加茂岩倉銅鐸と同范で他地域に分布するものは14個があり、その範囲は鳥取県・岡山県・兵庫県・徳島県・大阪府・奈良県・和歌山県

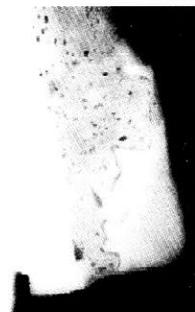
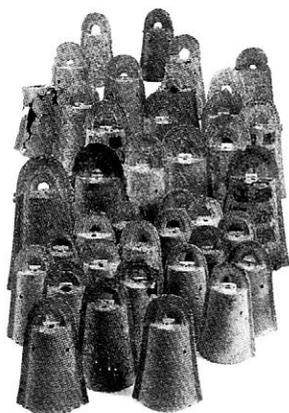


加茂岩倉遺跡位置

・福井県に及ぶ。

鑄造欠陥により生じた空隙を補修した鑄掛けが 17 個で確認されており、軟X線調査の結果、外縁付鈕 1 式段階で既に足掛りを設けたものがあることが判明している。また、蛍光X線元素分析装置・レーザーラマン分光分析装置により水銀朱が塗られた銅鐸が 2 個あることも明らかとなった。

加茂岩倉遺跡は、荒神谷遺跡とは大黒山・高瀬山を挟んで僅か 3.4 km の位置にあり、両者に鑄造後に印された「×」の刻線が見られることなどから、密接な関わりをもって営まれたものと推定される。



5号鐸ヒレ部分の鑄掛け



33号鐸B面の鑄掛け

青木遺跡 (あおきいせき)

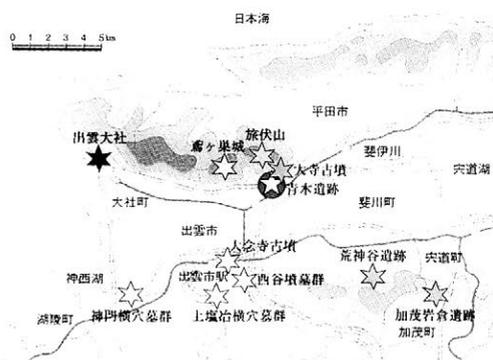
島根県出雲市東林木町

今岡 一三(島根県教育庁埋蔵文化財調査センター)

青木遺跡は出雲市東林木町の北山から流れ出る川により形成された扇状地の南側縁辺部に所在し、平成 13 年度から国道 431 号道路改築事業(東林木バイパス)に伴い発掘調査を行っている。今年度は中世の建物跡や古代の礎石建物等の他に、銅鐸片が人骨とともに墓塚から出土し、また弥生時代の墓である四隅突出型墳丘墓も確認した。

1. 銅鐸片が出土した墓塚

銅鐸片は銅鐸の紐の外縁部につく「二頭渦文飾り耳」部分の破片で大きさは幅 6.05 cm、高さ 3.55 cm、厚さは 3~4 mm を測る。破片の大きさから、銅鐸の高さは 60~70 cm 程度と推測される。銅鐸片は墓塚内から人骨 1 体とともに出土しており、この人骨は、性別は女性、年齢は 20 代後半で体格は小柄だったと考えられている。



青木遺跡位置

2. 四隅突出型墳丘墓

四隅突出型墳丘墓は、突出部の長さ約4m、幅は約2mを測り、時期は貼石の間から出土した土器（的場式）から、弥生時代後期後半と思われる。また、突出部上面に踏石状石列をもつ例は、出雲地方では初めて確認されたものである。

3. その他

調査区内には他にも人骨が出土しており、銅鐸とともに出土したものを含めて6体以上存在するものと考えられる。



銅鐸片と人骨



四隅突出型墳丘墓

出雲国府跡 (いずもこくふあと) 松江市大草

角田 徳幸(島根県教育庁埋蔵文化財調査センター)
澤田 正明(島根県教育庁埋蔵文化財調査センター)

出雲国府跡は、松江市教育委員会が昭和43(1968)～45(1970)年に行った調査により確認された遺跡で、平成11(1999)年からは島根県教育委員会がその構造・範囲などを明らかにするため発掘調査を継続的に実施している。現在確認されている主な遺構としては、政庁後殿・後方官衙・国司館・祭祀遺構・井戸・区画溝などがあり、概ね7世紀後葉から12世紀代に属するものである。

このうち、祭祀遺構は南北4.1m・東西3.4m・深さ1.1mほどの土坑底面に円礫を敷いたもので、その上に鹿頭骨・刀形代・曲物・かご・斎串・須恵器などがまとめて置かれていた。須恵器内部や遺構周辺の土を水洗選別したところ、モモ・イネ・メロン類・ヒョウタン類・ブドウ属などの種子が検出されており、鹿を含めこれらは祭祀に用いられた供物であったと考えられる。須恵器には「郡」・「井」などと墨書があり、8世紀後半代に営まれたものと推定される。



奈良時代の祭祀遺構

出土したかごは編み目が粗く不安定な形状のため、周囲の土ごと発泡ウレタンで固定して取り上げ、他の木製品と共に島根県埋蔵文化財調査センターで糖アルコール法によって保存処理を行った。手順はPEG法と同様で、発泡ウレタン開梱後に表面をクリーニングし、含浸中の型崩れを防ぐためFRPで上下面

から挟み込んで固定した。ラクチトールとトレハロース（8：2）の水溶液で15%から始め6ヶ月間含浸し84%（70℃）で終了した。結晶塗布後、数日毎に裏返ししながら片面ずつ乾燥させ（50℃）、表面洗浄には流水に加え細部には霧吹きを用いて土の流出に留意した。最終乾燥を終えた遺物は含浸中に保護材としていたFRPの下面を加工して展示用の支持台とした。

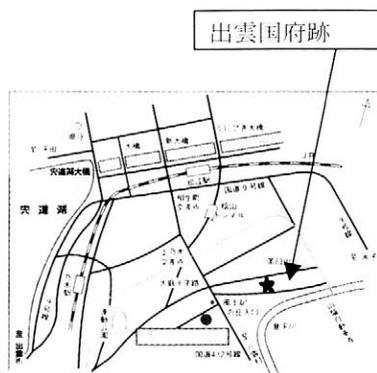
以上のように、これまでPEG法に比べ多くの利点が報告されている糖アルコール法で、土ごと取り上げた遺物の保存処理においても良好な結果が得られた。



糖アルコール含浸



処理後のかご



出雲大社境内遺跡 （いずもおおやしろけいだいせいせき） 簸川郡大社町杵築東 松尾 充晶（島根県教育庁埋蔵文化財調査センター）

平成12年4月、境内の中心部でおこなわれた発掘調査により、杉の巨木3本を抱き合わせにした極めて大型の柱材が出土した。高大であったかつての出雲大社本殿柱材として、全国的に広く注目を集めることとなった。出土遺構は最大径1.3mに及ぶ杉の大材3本を密接させ集合材とすることで、極めて太い1組の柱をなしている。高さ24mと神社建築のなかで破格の高さをもつ現在の出雲大社本殿であっても、最大の柱径は1mほどである。それと比較して出土した柱の規模は際だって太い。その規模だけではなく、地中に埋め込まれた柱基部の周囲に礫を充填して根固めする掘立柱の技法など、類を見ない構造も建築史上注目される点である。



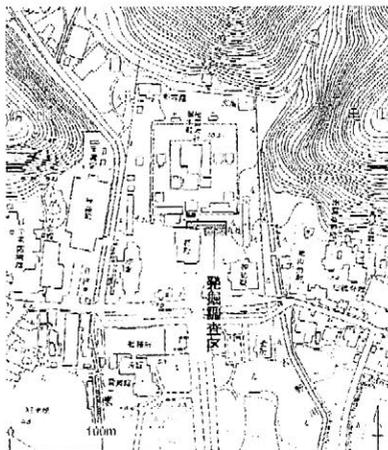
写真提供 大社町教育委員会

その後の発掘調査により同様の柱が相次いで確認され、計3か所の柱の位置、構造が明らかになった。柱間隔に対する柱の太さ（いわゆる木割）がきわめて大きく、わずかに9か所の柱でひたすらに高さを指向した出雲大社本殿建築の特質を見て取ることができる。

ウイグルマッピング法による放射性炭素同位対比年代測定や、年輪年代測定により、出土した大型

本殿遺構は鎌倉時代の宝治 2(1248)年に造営されたものにあたる可能性が高いとされる。これは幾度も転倒と造営を繰り返した古代以来の造営形態の最終期にあたり、この後規模が縮小化するという画期にあたる造営であった。

出雲大社に関しては文献史料にある造営記録や、境内景観を描いた絵図、本殿平面図である『金輪御造営差図』など豊富な関係資料が現存する。出土した遺構について関連諸科学を含めた総合的な研究をおこなえる点で、極めて稀少かつ重要な遺跡といえる。



境内周辺図

石見銀山遺跡 (いわみぎんざんいせき) 島根県大田市大森町 外 鳥谷 芳雄(島根県教育庁文化財課)

石見銀山遺跡は、島根県のほぼ中央に位置し、中世の終わり頃から近代の閉山までおよそ 400 年間の歴史を有する、日本屈指の鉱山遺跡である。16 世紀から 17 世紀初めの全盛期にあって、石見銀はアジア貿易を介して世界に広く流通し、当時の世界経済に与えた影響は大きく、また、遺構の保存状態が良好であることなどが高く評価されて、2000 年には世界遺産の暫定リスト入りが決定した。現在、史跡石見銀山遺跡は柵之内と呼ぶ山内を中心に、周囲の石見銀山に関係した中世城跡、港湾跡などを含めると総面積約 320 ㌥に及んでいる。

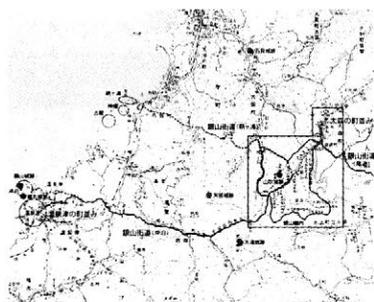
○仙ノ山山頂付近の鉱山集落跡

柵の内とも呼ぶ山内(鉱山部分)の中心は、標高 537 m の仙ノ山である。この山頂部付近や山麓部には夥しい数の平坦面や間歩と呼ぶ坑道跡が残り、かつてこの地で多くの人々が生産活動をしていた様子がうかがえる。

石銀藤田地区では、幅 2 m ほどの道路跡に面して間口 4~5 間、奥行き 10 間ほどの礎石立建物跡が連続して建ち並ぶ。建物跡は吹屋と呼ぶ精錬関係の施設とみられ、しかも陶磁器などの豊富な生活遺物が出土することから、ここでは職住一体の暮らしが展開していたと考えられている。

○方形の精錬炉跡

石見銀山遺跡で検出される炉跡には平面形が円形プランと方形プランの、大きく二つのタイプが存在する。写真は仙ノ山山頂部付近の竹田地区で検出された、切り合い関係にある 3 基の方形炉跡である。土資料の科学的分析によると、灰吹炉跡である可能性が強いと指摘されている。



石見銀山の位置



「正保二年石見国絵図」

(津和野町所蔵)

AMS 炭素年代による縄紋中期土器・集落の継続時間の検討

○小林謙一(総合研究大学院大学)・今村峯雄(国立歴史民俗博物館)・坂本稔(同)・西本豊弘(同)

昨年度(今村ほか 2002)に引き続き、東日本縄紋中期を中心に土器付着炭化物の炭素 14 年代測定及びその暦年較正年代の蓄積を重ね、これまでに 1200 点のサンプルを採取し、うち 300 点以上の測定結果を得た。前処理は、国立歴史民俗博物館において AAA 処理等を行い、一部についてはガス精製・AMS 測定用ターゲット作成まで行った。AMS 測定は、ベータアナリティック社または加速器分析研究所(株)へ委託した。図中で、炭素年代は BP で、暦年較正は INTCAL98 に基づき、95%信頼限界で評価した値を cal BC で記す。

今回は、縄紋中期の集落・住居の継続期間に係わる事例と、土器型式の変化の時間幅を検討する。

(神奈川県 SFC 遺跡の短期的集落の居住期間) 勝坂 3a 式期を中心とする SFC I 区集落は、3130-3080cal BC の 50 年間、谷を隔て位置する勝坂 3 b 式期集落の SFC II 区集落は、3010-2930cal BC の 80 年間の継続が考えられ、土器細別時期では連続する両集落では 70 年ほどの断絶がある可能性が指摘できる。

(東京都大橋遺跡の重複住居の住居改築期間) 大橋遺跡の重複住居群の居住の段階(フェイズ)別に年代測定を行った。大橋集落のフェイズ 2 から 8 にかけての居住期間は、2760-2650cal BC の間の 110 年間と推定でき、8 回の改築のサイクルの想定から、平均 13 年間ほどの改築の年代幅が推定できる。

(東日本縄紋時代中・後・晩期の大別型式の時間幅) 筆者らの測定値を較正年代に直し、土器型式別に配列すると、その年代の確率分布は、おおむね整合的に推移する。関東・中部地方の縄紋中期については、上記の集落事例も含めて、細別時期毎の暦年代を推定した(小林他 2003)。図 7 は、中期末～後期最初頭の東北大木 9-10 式と関東加曾利 E 3・4 式・称名寺 1 式の細別時期別較正年代である。おおむね時期別に整合的に並行関係もとれる。図 8 は、後期後半以降の較正年代の確率分布を示す。後期以降も、大別型式毎に複数のデータを得ることができたので、それぞれの土器大別型式毎の暦年代を、表のように推定する。

なお、後晩期については、我々の測定は 80 点ほどで不足であったため、堀之内式期について神奈川県稲荷山貝塚測定例(松田ほか 2002)や、小田寛貴・山本直人による北陸地方の後晩期土器の測定約 50 点(小田・山本 2001 他)を元に、同一の方法で較正暦年代を求めたデータを、合わせ用いた。

以上のように、集落の継続期間及び住居の改築のサイクルについて、また土器型式の変化の時間幅について、具体的な時間幅が推定できる。今後、集落について事例を増すとともに、土器型式の時間幅については、細別型式についても検討していきたい。本研究は、日本学術振興会科学研究費 平成 13・14 年度基盤研究(A・1)

(一般)「縄文時代・弥生時代の高精度年代体系の構築」(代表 今村峯雄)の成果の一部を用いている。(文責:小林)

今村峯雄・小林謙一・西本豊弘・坂本稔 2002 「AMS¹⁴C 年代を利用した東日本縄文前期～後期土器・集落の研究」『日本文化財科学会第 19 回大会研究発表要旨集』

小田寛貴・山本直人 2001 「縄文土器の AMS¹⁴C 年代と較正年代」『考古学と自然科学』第 42 号

小林謙一・今村峯雄・西本豊弘・坂本稔 2003 「AMS¹⁴C 年代による縄紋土器型式変化の時間幅」『日本考古学協会第 69 回総会研究発表要旨』

松田光太郎・山形秀樹 2002 『かながわ考古学財団調査報告 131 稲荷山貝塚』

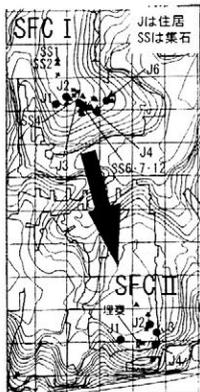


図1 SFC I・II 区集落

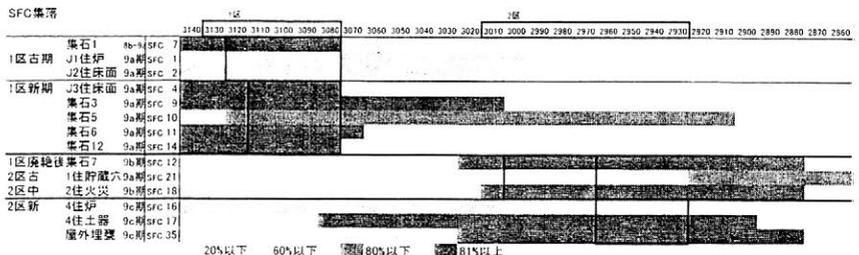


図2 SFC I・II 区集落の暦年較正年代 (cal BC)

図 2・5・6・7・8 は、測定資料ごとの暦年較正年代の確率分布。図 8 のグラフは、確率分布を面積で線グラフ状に表現。

図 2・6・7 の帯状のグラフは確率を階級値で分け色の濃さで表現。

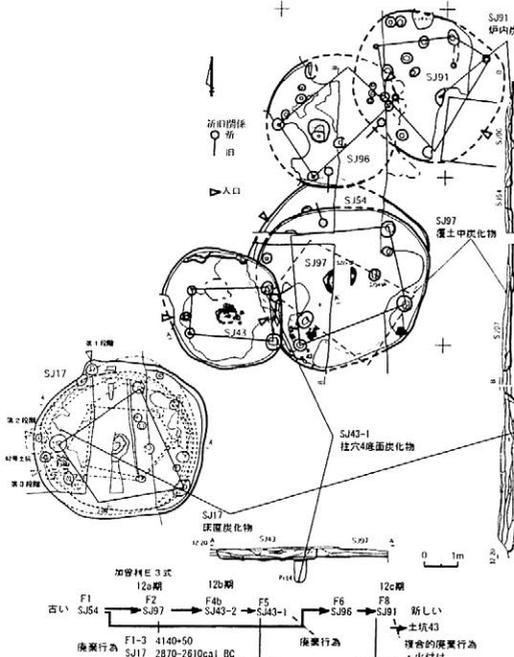


図3 大橋遺跡の住居跡重複関係その1

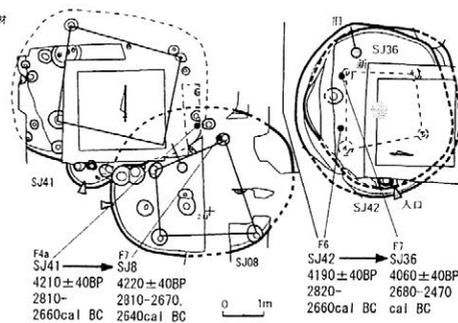


図4 大橋遺跡の住居跡重複関係その2

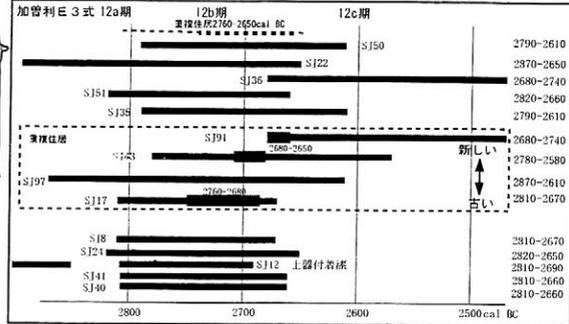


図5 大橋遺跡住居の暦年較正年代

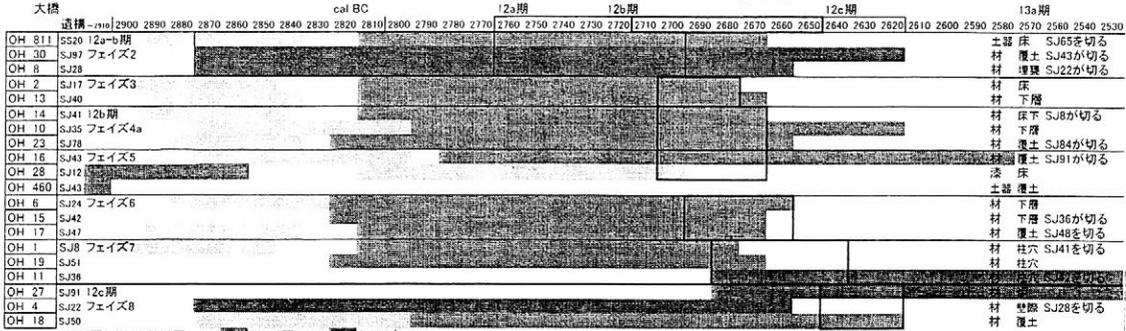


図6 大橋集落のフェイズ別暦年較正年代

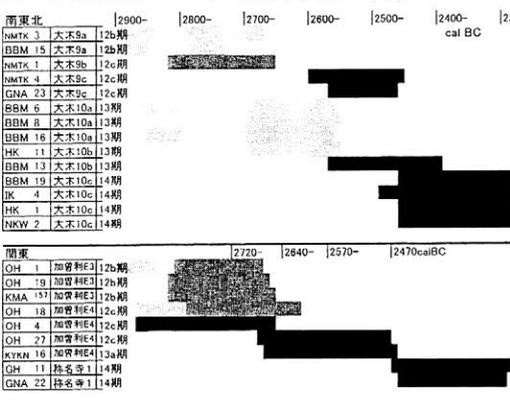


図7 中期末～後期初頭の暦年較正年代

農業年代は、BP (1950年より)。較正年代は、cal BC (西暦紀元前)。
 歳時中3期の特別時期設定1-13期は、黒尾和久・小林謙一・中山真治1995『多摩丘陵・武蔵野台地を中心とした縄文時代中期の時期設定』『シンポジウム縄文中期集落研究の新地平』
 SFC遺跡の時期区分は、小林謙一1998『縄文時代中期集落における一時的集落景観の復元』
 『国立歴史民俗博物館研究報告』第82集 国立歴史民俗博物館
 大橋遺跡のフェイズ設定は、小林謙一2000『大橋集落の一時的集落景観復元の検討』
 『セツメント研究』2

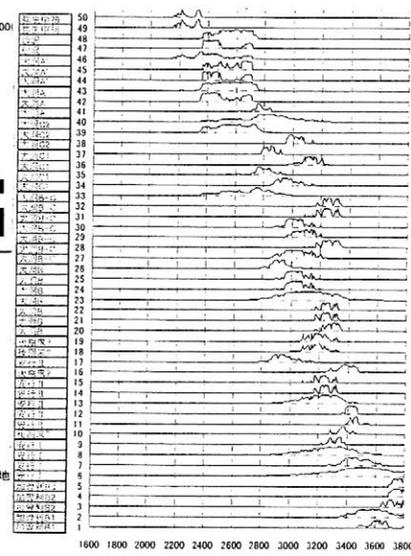


図8 後期後半加曾利B～晩期の較正年代

表 東日本中後晩期型式の較正年代

時期	型式	較正年代
中期	五領ヶ台1	3520-3490
	五領ヶ台2	3490-3430
	勝坂1a・橋沢	3430-3370
	勝坂1b・新道	3370-3330
	勝坂2・橋内	3330-3130
	勝坂3・井戸原	3130-2950
	加曾利E1	2950-2860
	加曾利E2	2860-2760
	加曾利E3	2760-2570
	加曾利E4	2570-2470
後期	狹名寺1	2470-2350
	狹名寺2	2350-2290
	坂之内1	2290-2100
	坂之内1中	2100-2100
	坂之内1新	2100-2000
	坂之内2古	2000-1860
	坂之内2中	1860-1780
	坂之内2新	1780-1740
	加曾利B1	1740-1690
	加曾利B2	1690-1550
加曾利B3	1550-1450	
寛谷・安行I	1450-1300	
安行II	1300-1170	
晩期	大洞B	1170-1030
	大洞B-C	1030-950
	大洞C1	950-850
	大洞C2	850-750
	大洞A	750-?
	大洞A'	(600?-500?)
弥生	砂沢	-350?

AMS による ^{14}C 年代測定の実験室間比較検定の計画

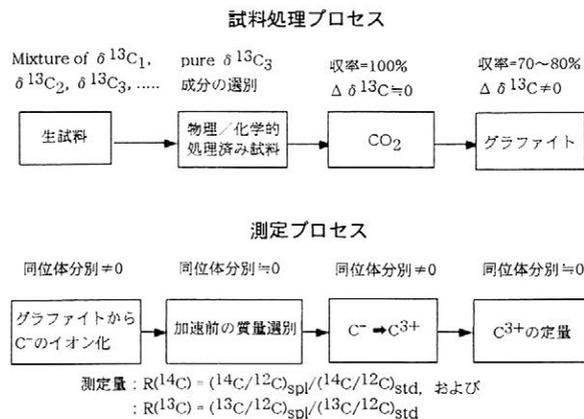
○中村俊夫（名古屋大学年代セ）・日本の AMS 研究者一同

1. はじめに

近年、加速器質量分析（AMS）法の開発・発展に伴い、放射性炭素（ ^{14}C ）、放射性ベリリウム（ ^{10}Be ）、放射性アルミニウム（ ^{26}Al ）、放射性塩素（ ^{36}Cl ）等を用いた年代測定が多くの分野で利用され、様々な研究成果が得られている。我が国では、AMS による年代測定装置が 8 台稼働中であり、 ^{14}C 、 ^{10}Be 測定を中心に年代測定の応用研究を進めており、文化財資料、考古学資料や地質学試料の年代測定において多大な成果をあげている。

AMS による天然放射性核種測定の実験室間比較については、 ^{14}C 、 ^{10}Be 、 ^{26}Al 等について国際的な比較研究が精力的に進められている。 ^{14}C では、1999-2000 年にかけて第 4 回放射性炭素国際比較（Forth International Radiocarbon Intercomparison; FIRI）が実施された。名古屋大学 AMS グループは FIRI に参加し、その結果の概要を昨年度の本大会にて報告した（中村ほか、2001）。一方、国内の AMS グループでは、実験室間の比較研究は、個々のレベルでは行われているようではあるが組織立って行われていない。そこで、この度、国内実験室間の比較研究を行うことを目的として検討を開始した。この検討作業により、国内の AMS 実験室のデータの質を高めることが出来るものと期待する。

AMSで測定される同位体比の変動の原因

図 1 AMS ^{14}C 測定において測定される炭素同位体比の変動の原因

さて、FIRI における ^{14}C 測定の比較検定の結果（Radiocarbon のホームページ www.radiocarbon.org）からもわかるように、各実験室は、年代未知の試料の提供を受けて注意深く試料処理や測定操作を行ったはずであるが、測定結果の一致度は決して良くない。測定結果の平均値から、古い方へ、また新しい方へずれている結果も報告されている。

このようなずれの原因は図 1 に示すように、（1）試料処理プロセスによるもの（試料調製過

程における炭素選別、外来炭素による汚染、最終的に測定対象となるグラファイト作成における同位体分別など)と、(2) AMS によるグラファイトの炭素同位体測定プロセスにおける同位体分別によるもの、とが考えられる。

この実験室間比較検定においては、(2)については、同じ炭素ソースから作成したグラファイトを異なる AMS 実験室で測定して炭素同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) を比較することから始める。(1)については、手始めとして、化学処理(酸-アルカリ-酸などの処理)が必要のないシュウ酸標準体を用いて、燃焼による CO_2 生成、 CO_2 の精製、グラファイト作成について比較を始める。こうして作成したグラファイトを異なる AMS 実験室で測定して比較することで測定プロセスの比較検定も合わせてできる。

2. 実験

2つの実験室間で、 ^{14}C 測定の比較検定実験を次のような手順で実施した。2つの実験室で、2種類の同一試料から、それぞれ 10 個のグラファイトを調製し、2つの実験室で互いに半数を交換する。おのおの実験室では、受け持った全てのターゲット 20 個を、一つのランで測定する。自実験室で作ったターゲットと他実験室で作ったターゲットの測定結果の差違を調べる。また、それぞれ実験室の測定結果を持ち寄って比較する。

比較検定に用いた ^{14}C 測定用試料は、NIST-NEW シュウ酸(HOxII)、NIST-OLD シュウ酸(HOxI)及び dead graphite powder である。これらの試料は名古屋大学で準備し、それを2つの実験室で配分し、それぞれのルーティンの方法で試料調製を行った。

3. 実験結果

(1) 2つの AMS 施設において、独立して、シュウ酸標準体を燃焼して生成されたガスから CO_2 を精製した。この CO_2 試料の炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ を測定して比較すると、平均値は AMS 施設間でよく一致した。しかし、一方の AMS 施設で精製された CO_2 の $\delta^{13}\text{C}$ 値に、他方に比べてやや大きいバラツキがみられた。両者の CO_2 精製方法を検討する必要がある。

(2) 2つの AMS 施設において独立して調製されたグラファイトについて、相互にグラファイトターゲットの半数を交換して AMS により炭素同位体比を測定した。その結果、 $^{14}\text{C}^{3+}$ の計数、 $^{12}\text{C}^{3+}$ および $^{13}\text{C}^{3+}$ ビーム強度は、それぞれの AMS 施設で互いによく一致し、グラファイトを調製した施設にはほとんど依存しない。

(3) 2つの AMS 施設において独立して測定された、NBS-OLD シュウ酸および NBS-NEW シュウ酸の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の比 ($R(\text{HOxII}/\text{HOxI})$) を比較したところ、グラファイトを調製した施設、さらに AMS 測定を実施した施設によらず、互いに誤差範囲内で一致する結果が得られた。AMS により測定される炭素同位体比は、絶対測定によるものではなく、ある標準体の炭素同位体比が既知であるとして、その標準体に対する相対測定により得られる。今回、2つの AMS 施設の測定で $R(\text{HOxII}/\text{HOxI})$ の測定結果がよく一致したことは、同一の標準体を用いれば、同一の試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ は測定の誤差範囲内で一致するはずであることを示している。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)(1)「加速器 C-14 年代測定の実験室間の比較検定」(研究課題番号 14608004)からの助成による。

八重垣神社板絵著色神像の年代測定

光谷拓実（独立行政法人奈良文化財研究所） ○松本岩雄（島根県古代文化センター）

1. はじめに

島根県松江市佐草町に所在する八重垣神社には、境内の一隅にある宝蔵に板壁画（重要文化財「板絵著色神像」）が収納されている。板壁画の制作年代については紀年銘がないため確定できず、美術史の観点から諸説が提示されている。そこで彩色の剥がれ落ちた箇所について年輪年代測定を実施し、板材伐採年代の確定を試みた。

2. 八重垣神社

八重垣神社は素盞鳴尊・稲田姫命・大己貴命・相殿青幡佐久佐比古命を祭神とする古社である。古くは大原郡大東町の奥にあったが、中世いつのころにか、この地にあった式内佐久佐神社（『出雲国風土記』〈733年〉にみえる佐久佐社）の相殿に迎えられ、やがてこの方を主とし、古来の佐久佐神社を相殿神として幕末に至ったとされる。

本殿は切妻造り妻入りの典型的な大社造りである。東面して建ち、桁行・梁間ともに二間で、心御柱を中心に9本の円柱よりなり、殿内の障壁は右側に位置し、その奥に内殿が横向き（南向き）に置かれている。実長は桁行14尺6寸（4.41m）、梁間12尺6寸（3.82m）である。

3. 板壁画の概要

もともと本殿の壁板に使用されていたものであるが、現在は額装衝立形式にして宝蔵に納置されている。3面あり、各面ともに幅30～40cm、厚さ約2cmのスギ板を6～7枚横使いにして山型さね矧ぎに組付け、その表面を⁽¹⁾白土で地塗りして要所に6体の像が描かれている。壁面の大きさは3面それぞれ若干異なるが、縦約182cm、横130～182cmあり、神像とされる人物像がほぼ等身大で大和絵風に描かれている。

社伝によれば、右手に冊子をとる天照大神と桂姿女神像を市杵嶋姫命（A面）、東帯姿男神像を脚摩乳命・横向きで冊子を読む桂姿女神像を手摩乳命（B面）、東帯姿男神像を素盞鳴尊・両手に冊子をとる桂姿女神像は稲田姫命（C面）を描いたものといわれ、素盞鳴尊のヤマタノオロチ退治にまつわる『古事記』以来の物語の主人公を主体としたものであるといわれる。

板壁画の制作年代については、①室町～桃山時代、②天正年間（1573-91）などの説があるが、「衣装を飾る斜格子や牡丹唐草の文様はきわめて大振りで、桃山時代頃に流行した婦人像のそれを想記させる」とし、その作風と本殿の造営・修理の記録（1585年の造営記録など）から天正の造営期におくのが最も妥当とされている。ほかに「壁画を描いた部分は古画を生かし、これを範としながらも全面的に新たな手が増えられた」とみる見解もある。

いずれにしても、神社建築の内棟の壁画としてきわめて貴重なものとされている。

4. 年輪年代測定の所見

測定対象とした資料はB面と仮称した板壁画である。スギ材7枚で構成されており、すべて良好な柃目板である。彩色の剥がれ落ちた箇所から年輪計測用に精密な写真撮影を行い、カラーポジから年輪読取り器で年輪幅を計測した。

暦年標準パターンと照合した結果、残存最外年輪の年代は1262年と確定した。したがって、板材の伐採年代は $1262年 + \alpha$ ということになる。この板には幅約2.5cmの辺材部が残存していた。樹齢300年以上の天然スギの平均的な辺材幅は約4.5cmである。仮にこの程度の辺材幅が原木にあったと仮定すると、2cmほど削除されていたことになり、この板材の伐採年は1300年を降ることは考えにくい。

5. 考察

八重垣神社本殿に使用されていたとされる壁板材が13世紀代に伐採されたものであることが明らかになった。この壁板材が13世紀代に本殿の建築材として利用されていたとすれば、神社建築としては最古級の年代を示す古材となる。現存最古級の神社本殿建築様式の建物は鳥取県三仏寺奥院(年輪年代測定結果により11~12世紀)、香川県神谷神社神社本殿(紀年銘により1219年)などがある。

絵画の制作年代は、美術史の観点から従来16世紀末とする見解が主流を占めていたが、再考を促すことになろう。可能性としては、①古い板材を使用して後世(16世紀)に絵を描いた、②もともと古い絵があったが後世に改めて描かれた、③伐採年に近い13世紀に描かれたなどの場合が考慮される。

松江藩の儒者黒澤石斎が承応2年(1653)に昇殿して壁画を実見した様子を出雲の地誌『懐橘談』に記し、「平安時代の巨勢金岡が描いたもの」という社伝を載せている。壁画が16世紀末に描かれたものとすれば、黒澤が見たのは約70年後のことであり、この段階ですでにそのような伝承を生み出すほどに風化剥落が著しかったのであろうか。また、なんでもない板材を伐採後300年の間、繰り返し大切に使うということは考えにくい。現在まで700年以上に亘って大切に保管されていたことは、単なる建築部材としてではなく、当初から絵が描かれ、特殊な扱いをなされてきた可能性を検討すべきであろう。

いずれにしても、年輪年代測定は美術作品の制作年代に信頼できる情報を与えてくれる。貴重な文化財や大形の対象物は容易に研究室へ運搬することが困難な場合が多いが、精密な写真撮影を行うことによって年輪を計測できるケースも少なくない。これまでの制作推定年代と直結しない場合もあろうが、各事例のデータを蓄積していく必要がある。美術史学と年輪年代測定は互いに手を携えて共同研究を進めていくことが真実の解明に不可欠といえよう。

- (1) 下塗りの白が白土であることは名古屋大学(当時)の山崎一雄氏が古く指摘されている。その後、それ以外の彩色顔料についても可視光反射スペクトル測定を実施した。その結果、下地は白土・顔の白は鉛系白色顔料・衣服の緑は緑土・襟元は銅系緑色顔料・唇は朱・衣服の黄色は黄土・衣服の茶色は代赭と推定された。〔朽津信明・下山進・松本岩雄「出雲地方中世~近世壁画の使用顔料に関する研究」『古代文化研究』第10号 2002年3月〕

琉球列島の稲作開始期とその変遷に関する研究（Ⅱ） －石垣島の遺跡土壌・土器のプラント・オパール分析－

○宇田津徹朗（宮崎大学）、藤原宏志（同）、橋本将幸（同）

1. はじめに

筆者らは、平成 12 年度より科学研究費の補助を受け、プラント・オパール分析を用いて、琉球列島の稲作開始期について調査を進めている。

石垣島は台湾に近い先島諸島に属している。同島では貝塚時代前期に相当する遺跡も確認されており、稲作の南方ルートを検証を含め、琉球列島の稲作開始期を検討する上で重要な地域である。

ここでは、筆者らが、石垣市教育委員会の協力を得て、石垣島に所在する貝塚前期から中世におよぶ5つの遺跡の遺跡土壌および出土土器胎土のプラント・オパール分析を行った結果を報告する。

2. 材料と方法

1) 分析試料

分析には、石垣市教育委員会より提供いただいた5つの遺跡の土壌と土器、合計 23 試料を用いた。

〈分析を行った遺跡〉

- 大田原遺跡（土壌4点、土器2点）
- ビュウツタ遺跡（土器3点）
- ピロースク遺跡（土器2点）
- 喜田盛遺跡（土壌1点、土器6点）
- フルスト原遺跡（土壌3点、土器2点）



図1 遺跡の位置

2) 分析方法

土壌および土器は、プラント・オパール定量分析用試料に調整し、イネ、ヨシ、タケ、スキ、キビ族について定量分析を行った。定量分析の結果、イネが検出された試料については、さらに形状解析を行い、栽培亜種について検討した。

・プラント・オパールの形状解析

形状解析では、1 試料につきランダムに抽出した 50 個のイネプラント・オパールについて、図 2 に示す各形状（縦長、横長、側長、 b ）を測定し、測定値の平均を各形状の代表値とする。

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

イネの亜種（インディカ、ジャポニカ）の判別には、これら 4 つの形状値を次の亜種判別式に代入して行う。

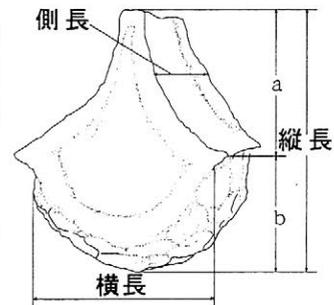


図2 形状の測定部位

<イネプラント・オパール形状による亜種判別式>

$$\text{判別値} = 0.497 \times \text{縦長} - 0.2994 \times \text{横長} + 0.1357 \times \text{側長} - 3.8154 \times (b/a) - 8.9567$$

(判別値<0:インディカ、判別値>0:ジャポニカ)

3. 結果および考察

1) 定量分析および土器胎土分析の結果

土壌の定量分析の結果、フルスト原遺跡の土壌からイネのプラント・オパールが高い密度で検出された。分析を行った土壌は、住居域から採取されたものであることから、かなりの量のイネ藁が住居域に持ち込まれていたと推定された。また、フルスト原については、全ての土器胎土からもイネのプラント・オパールが検出されており、当該遺跡周辺で稲作が営まれていたと判断される。

他の遺跡については、遺跡土壌からのイネの検出はなかったものの、ピロースク遺跡、キダモリ遺跡の土器からはイネのプラント・オパールが検出され、これらの遺跡についても、土器が製作された時代以前に稲作が行われていたと推定された。

南方ルートとの関連で期待された大田原遺跡とピュウツタ遺跡については、ススキやタケのプラント・オパールがわずかに検出されたが、イネは検出されなかった。

なお、これら貝塚時代前期に相当する時代の試料から検出されたプラント・オパールの風化の程度は小さく、琉球列島における分析で懸念されるプラント・オパールの風化が今回の分析結果に与えた影響はほとんどないと考えられる。

2) 形状解析の結果

表1は、フルスト原遺跡の土壌から検出されたイネプラント・オパールの形状解析の結果である。形状値はいずれもほぼ同じ値を示しており、判別得点からジャポニカのイネであると推定される。

また、特に、判別得点が3前後と大きく、また、側長も25ミクロン以上の値を示していることから、ジャポニカの中でも熱帯ジャポニカである可能性が考えられる。

表1 フルスト原遺跡の遺跡土壌から検出されたイネプラント・オパールの形状解析結果

試料名	縦長	横長	側長	b/a	判別得点	判別結果
試料1	42.52	32.22	28.70	0.84	3.01	<i>japonica</i>
試料2	43.29	32.90	26.18	0.84	2.83	<i>japonica</i>
試料3	42.68	32.73	29.66	0.80	3.22	<i>japonica</i>

※縦長、横長、側長の単位はミクロン(μm)

4. まとめ

今回の結果から、少なくともグスク時代には、石垣島で稲作が営まれていたことを分析的に明らかにすることができたが、南方ルートについては、貝塚時代前期に相当する大田原遺跡やピュウツタ遺跡の試料分析から、その可能性を捉えることはできなかった。

しかし、今回の分析から、懸念されたプラント・オパールの風化の程度が小さいことが確認されており、今度、さらに、遺跡土壌や土器の分析を行い、石垣島の稲作開始期と南方ルートの検証を進めてゆきたい。

千葉県多古町染井横穴墓の植物珪酸体化石群

江口 誠一（千葉県立中央博物館）

日本の横穴墓の調査において、それを取巻く古環境を復原した例はほとんど見受けられない。その様な中、2001年5月千葉県香取郡多古町染井において人骨が産出したことを契機に、当時の古環境を復原すべく多古人類化石研究会が結成された。後に、その人骨が横穴墓起源であることが明らかとなり、調査は横穴墓をめぐる内容となった。そしてその区域は、千葉県教育委員会より「染井横穴墓」として遺跡指定を受ける事となった。既に計画されていた分析項目は多岐におよび、結果的には横穴墓研究において新たな展開が期待される調査となった。ここでは、同横穴墓より産出した主要な植物珪酸体化石群を示し、そこから考察されたことについて述べる。

染井横穴墓は、下総台地北東部における、九十九里浜へ流れる栗山川の支流多古橋川に沿う幅数100mの開析谷左岸段丘崖に位置する。段丘頂部は標高約38mで、そのうち調査区域は標高15~16m付近である。横穴墓の基盤として、中部更新統下総層群の多古層の貝化石密集部が堆積する。

横穴墓堆積物は、基盤の多古層を掘り込んだ間に埋積しており、下位よりa層、b層、c層、d層、e層に区分される。a層は、横穴墓床面直上に堆積する、層厚1~3cmの軟弱な緑灰色細~中粒砂層で、上部に人骨を含む。c層は、厚さ5~20cmの暗灰色砂質シルト~シルト質砂層で、下部ほどシルト質で黒みが増す。また、小動物化石と中・下部で人骨が多産し、貝化石と礫状黒色シルトを少量含む。d層は、厚さ50~120cmの細礫混じり灰色細粒砂層で、貝化石片が多産する。e層は、横穴墓天井部の多古層と接する、厚さ5~15cmの暗褐色シルト質細粒砂層で、小動物化石が多産する。地層中の含有物の放射性炭素年代測定値は、c層の人骨と炭化物がそれぞれ1,490±40BP (Beta-160569), 1,500±260BP (IAA-97), e層の有機物2点が830±90BP (IAA-94P), 2090±280BP (IAA-93P)である。

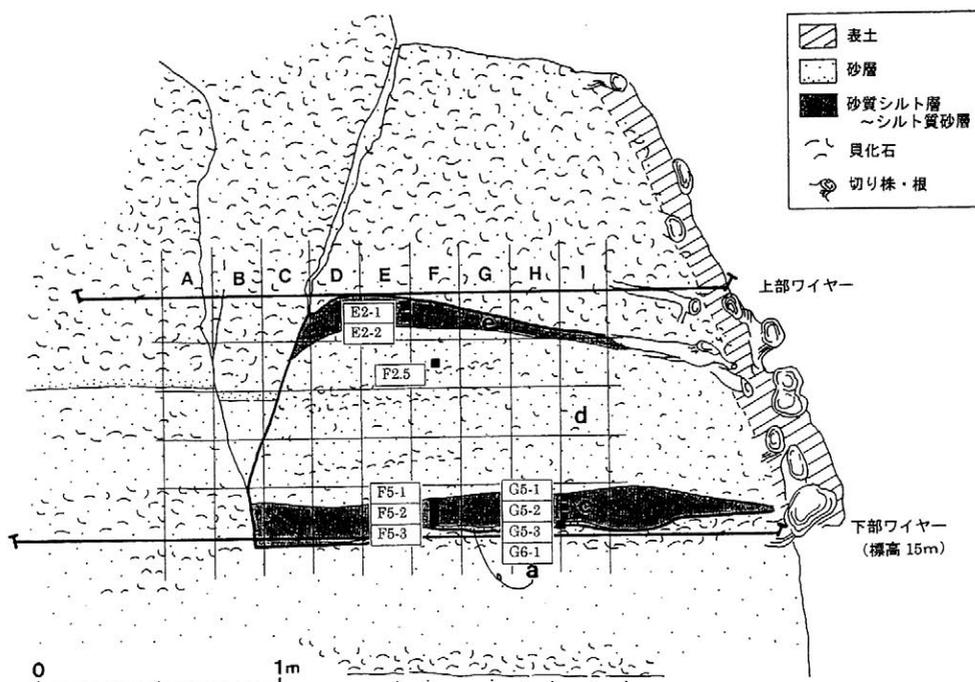
人骨が多産したc層からは、イネと水田雑草の植物珪酸体化石が産出する。特にイネとスゲ属は組織状のものが検出された。これらのことはc層が水田土壌であることを示唆している。またタケ・ササ類が多数見られたりと、その他の分類群についてある程度の多様性が認められた。このことは、多古層のような海成層を基盤とする横穴墓内へ、稲藁のような植物組織が直接に搬入された可能性を低くしている。

c層中においては、約50cmの水平間隔で西側の試料G5-3, G5-2, G5-1と、東側の試料F5-3, F5-2, F5-1の2地点それぞれ3層準分析した。イネと水田雑草の含有数は東側に偏っており、組織状のものも同様である。また層準については、西側が中部層準のG5-2, 東側が上部層準のF5-1にそれらが集中している。

横穴墓内に水田土壌が持ち込まれたことを、明確に示した報告は従来なされていない。調査地の場合、基盤が同じ未固結の下総層群のうえ貝化石密集部に相当することから、構築物を設けるには崩壊し易く凹凸が著しいと察せられる。よって、埋葬時における棺座への土壌の持ち込みについては十分考えられる。

調査地より東約4.2kmの南借当遺跡において、古墳時代以降の穂摘み具としての鎌が出土しており、その周辺での水田址が存在する可能性が高いとされている。この遺跡は栗山川支流の借当川谷底に位置し、当時の古環境に関して調査地付近と同じ範疇で捉えられるであろう。よって、水田土壌の採取先は横穴墓付近の低地域で、比較的容易に得られる場所の泥を利用したと推察される。また、c層中の各試料ごとで若干分類群の組成に違いが見られることから、土壌を数回に分けてあるいは数カ所から採取した可能性もある。

a 層上部は、試料 G6-1 中の植物珪酸体化石の分類群数と総含有数が少なく保存も悪いことから、基盤の多古層の二次堆積物と考えられる。これは層相において軟弱であることも示唆している。これらのことは、d 層の試料 F2.5 にも該当することがほとんどだが、わずかにイネが検出されたことから、更に若い年代の二次堆積物も多く含まれている。e 層は、その下位より多少植物珪酸体化石の含有数も多く保存も良いことから、ある程度の期間地表として植被もあつたであろうが、タケ・ササ類やシバ類などが見られる程度と推察される。



調査地露頭断面における試料採取層準

植物珪酸体分類群の堆積物 1g 中含有数 (個/g)

試料番号	E2-1	E2-2	F2.5	F5-1	F5-2	F5-3	G5-1	G5-2	G5-3	G6-1
イネ(機動細胞)	-	-	111.1	3,428.4	1,658.8	1,961.4	419.8	529.0	-	-
イネ(短細胞)	-	-	-	5,142.6	829.4	653.8	-	1,587.0	-	-
ヒエ属	-	-	-	2,285.6	-	-	419.8	529.0	-	-
コブナグサ	-	-	-	-	-	653.8	-	-	-	-
スゲ属	-	-	-	2,857.0	414.7	653.8	-	-	2,880.0	-
ヨシ属(機動細胞)	125.0	148.1	111.1	-	-	3,269.0	-	1,058.0	2,160.0	-
ヨシ属(短細胞)	125.0	-	-	-	1,244.1	2,615.2	-	1,058.0	-	-
シバ属	125.0	148.1	111.1	-	-	-	419.8	-	-	-
ネザサ節(機動細胞)	2,250.0	2,073.4	333.3	8,571.0	10,782.2	28,113.4	10,075.2	19,044.0	19,440.0	2,666.0
タケ亜科(短細胞)	1,000.0	888.6	999.9	20,570.4	8,294.0	15,691.2	10,495.0	16,928.0	18,000.0	533.2

植物珪酸体群の総含有数と風化度

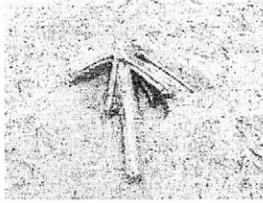
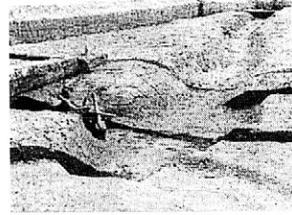
試料番号	E2-1	E2-2	F2.5	F5-1	F5-2	F5-3	G5-1	G5-2	G5-3	G6-1
総含有数(個/g)	21,875.0	18,370.4	14,444.4	225,142.9	133,963.1	219,661.0	139,801.7	173,505.3	257,040.0	13,066.7
風化度0(%)	45.7	31.5	25.4	56.3	45.2	56.3	47.1	43.9	37.8	20.4
風化度3(%)	12.0	20.2	30.0	6.3	11.1	6.0	12.6	8.8	18.2	30.6

朝日遺跡における古環境解析の一資料

伊藤厚史（名古屋市見晴台考古資料館）、辻本裕也、辻康男（パリオ・サーヴェイ株式会社）、
○伊藤雅乃、大杉規之（株式会社パスコ）

1. はじめに

東海地方を代表する弥生時代の環濠集落である朝日遺跡は、これまでの調査・研究により集落域や墓域などが発見され、弥生時代の様相を紐解く数多くの成果が挙げられている。しかし大規模集落を支える生産域、特に水田址は、その存在自体は認識されてきたが、集落との相対的な位置や規模、周辺環境などは未だ解明されていない部分といえる。



平成 14 年度、名古屋市教育委員会により行われた朝日遺跡第 12 次発掘調査において、東墓域北側の後背湿地を調査した結果、年代は古墳時代前期とやや新しくなるが、排水施設と思われる大溝が検出され、そこから木製農耕具や祭祀具などが出土し、この地域に水田が存在したと考えられる幾つかの考古学的資料を得ることができた。

自然科学分析からもこれを裏付ける良好な資料が得られるなど、朝日遺跡北側に広がる後背湿地の新たな歴史的な位置付けを示唆する成果が挙げられた。

今回は発掘調査に伴い実施された自然科学分析の成果をもとに報告する。

2. 自然科学分析による古環境変遷

これまで朝日遺跡の古環境解析は、主に弥生時代の集落域・墓域が確認されている微高地周辺で実施されており、今回のように微高地北側の後背湿地を対象とした調査例はない。また、この地域で縄文時代以降の連続した泥質堆積物の累重が確認されたことも、朝日遺跡の古環境を考える上で重要な資料といえる。今回の発掘調査にあたり、形成・埋没過程および土地利用状況について検討するため、珪藻・花粉・植物珪酸体・種実分析および軟 X 線写真撮影、放射性炭素年代測定を実施した。また出土した木製品の樹種同定も行い、これらの分析結果を含めて、朝日遺跡の古環境変遷を解明するための一資料として提示する。

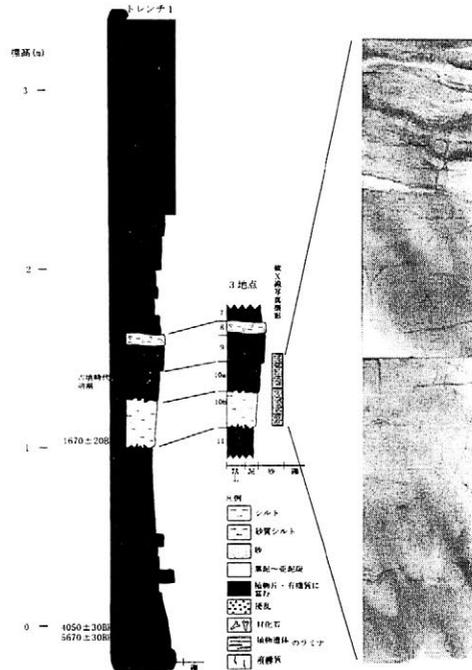


図1 試料採取地点の順序および軟X線写真

各種ダイアグラム作成支援システムの開発と提言

○渡辺正巳・渡野徳彰（文化財調査コンサルタント(株)）

はじめに

花粉ダイアグラムに限ってみれば、「Tilia」というダイアグラム作成ソフトが世界的に使われている。しかし「Tilia」の使用頻度は、日本に限ってみれば低く、各研究者、あるいは各ラボ毎に自作のソフトを使用しているのが現状である。この原因には、当然の事ながら「Tilia」が日本語に対応していないことが上げられる。

そこで「日本語対応」、「操作が容易」さらに「開発経費を少なくする」というコンセプトの基に開発を行った。

システムの内容

「開発経費を少なくする」というコンセプトのために、既存のパッケージソフトの使用をシステムの開発にあたり念頭に置いた。このため、「**入力→出力→加工**」という一連の流れの内「**出力**」部分のソフトを新たに開発し、「**入力**」、「**加工**」部分は既存のパッケージソフトを利用することにした。

「**入力**」に必要なパッケージソフトはMicrosoft社Excelであり、「**加工**」に必要なパッケージソフトはAdobe社Photoshop Elementsである（両ソフトとも、販売時にインストール済みのパソコンも多いようである。）。ただし、後述の様な機能を持つソフトであれば、全て利用可能である。ファイル変換の仕方によってはさらに多くのパッケージソフトが利用可能である。

①「入力」

Microsoft社Excelで入力ファイルを作成する。入力ファイルは入力用の「**微化石シート**」（図1）、「**柱状シート**」と、基礎データ用の5種類の「**コードシート**」から成る（各「**コードシート**」は一度設定（入力）すれば、その都度設定し直す必要は無い。）各シートは、prnファイル：テキスト（スペース区切り）として保存する。

②「出力」

新規に開発した部分であり、①で作成したデータを読み取り、ダイアグラム（図2）を画像ファイル（.psファイル）として出力する。

出力前にスケール、学名・和名の選択、表示形式など、パソコン画面内に出てくる小フォームの指示に従い設定できる。

③「加工」

②で作成した画像ファイルをAdobe社Photoshop Elementsにて加工する（図3）。

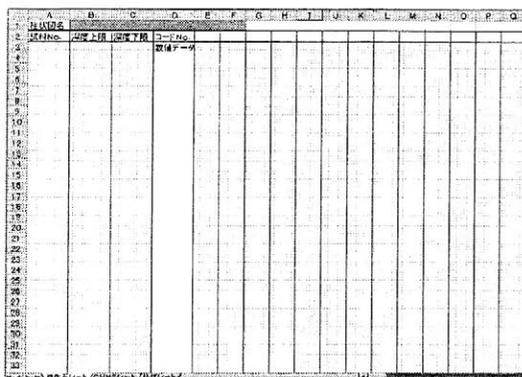


図1. 微化石シート

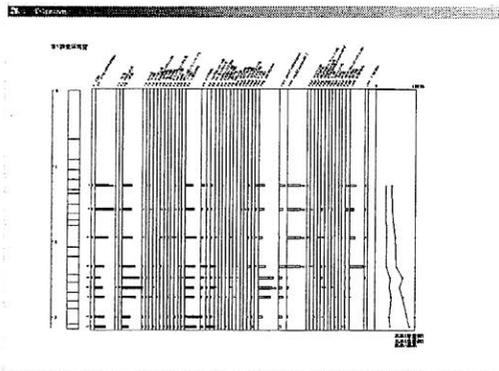


図2. 出力画像ファイル

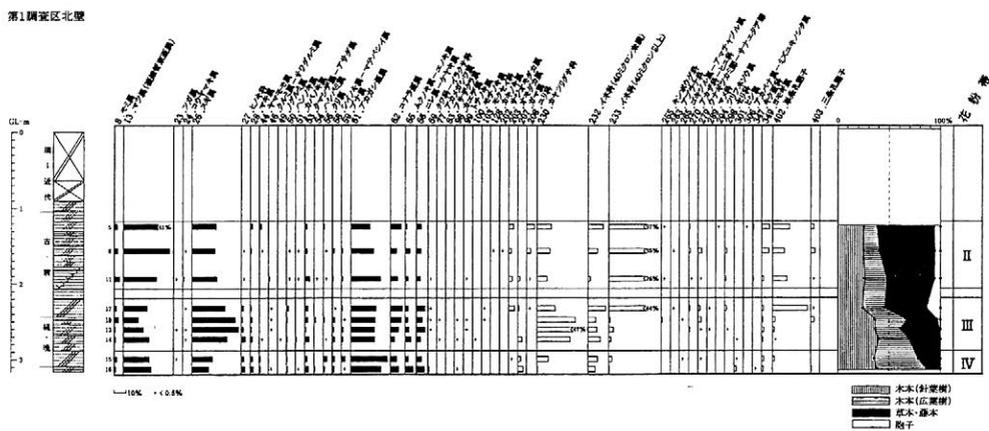


図3. 完成品

今後の展望

出力ソフトは花粉のみならず他の微化石、化学分析結果の表示にも対応している。「Tilia」の代わりとして、地質学、第四紀学などの中の「花粉分析」という狭い範疇の中にとどまらず、全国的に大量に蓄積されつつあるが書式が統一されていないためにデータベース化が不可能に近い、遺跡発掘に関わる各種分析データの「統一書式」としての役割が期待される。

アミノ酸ラセミ化法による古環境温度の推定

○安部 巖（大阪府立大学工学研究科）・中原 武利（大阪府立大学工学研究科）

1 はじめに

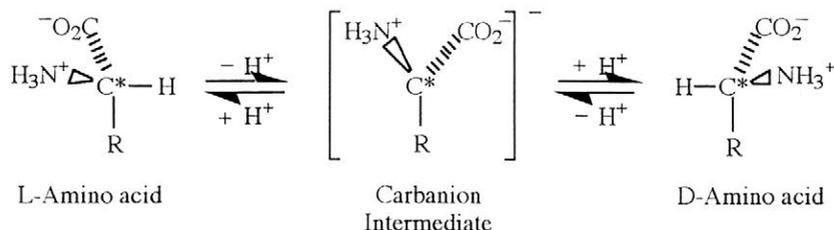
生体の構築主要成分であるタンパク質やアミノ酸は、生物が生命活動を維持する限りL型のアミノ酸で構成される。しかしながら、生物の代謝が終了すると、極めてわずかずつではあるがD型へと変化する。この現象をラセミ化と呼ぶ。骨や貝殻等の場合、埋存状況にもよるが、このラセミ化速度はきわめて小さく、D型のアミノ酸を一定の精度で測定できるに至るまでには通常数千年の年月の経過を要する。ラセミ化と年代には一定の関連性があるので、何らかの方法でD-アミノ酸が測定できれば、骨や貝殻の年代が算出できる。骨や貝殻のラセミ化年代測定に関する研究は1970年代に始まり^{1,3)}、各種基礎的研究による裏付けがなされ、問題点や信頼性などが議論されてきた。

ラセミ化は化学反応であるから本法は相対的な年代測定法の一つである。したがって、ラセミ化の度合いはアミノ酸の種類や試料の埋存状況に依存する。影響を受ける因子として最も大きなものは環境温度であり、その他pHなども影響を与える。

本研究では、ラセミ化が温度依存性であることに着目し、放射性炭素法で年代が既知の試料を用いて古環境温度の測定を試みたのでその結果を報告する。

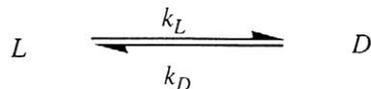
2 アミノ酸ラセミ化の理論的考察

アミノ酸ラセミ化の機構については Neuberger⁴⁾によって次のような"カルボアニオン機構"が提唱されている。



左側の L-アミノ酸の α 炭素に結合した水素イオンが OH⁻や PO₄²⁻などの攻撃で飛び出た後、カルボアニオンと呼ばれる平面中間体が生成する。この中間体は水素イオンが再付加することによってもとの四面体構造であるアミノ酸に戻るが、この際D型とL型に戻る確率は 1:1 となる。このカルボアニオン機構は、遊離状態のアミノ酸だけではなく、各種タンパク質や結合型アミノ酸のラセミ化にも適用される。

アミノ酸のラセミ化は可逆の一次反応であり、次式の如く現される。



k_L , k_D はそれぞれL型からD型への、またD型からL型への反応速度定数であって、不斉中心が1つのアミノ酸の場合は $k_L = k_D = k$ と置ける。

したがって、L型のアミノ酸の t 時間後の減少速度は、

$$-\frac{d[L]}{dt} = k[L] - k[D]$$

と書ける。ここで $[L]$, $[D]$ はそれぞれ、L型アミノ酸、D型アミノ酸の濃度である。この式を積分すると次式が得られる。

$$\ln \left\{ \frac{1+D/L}{1-D/L} \right\} - \ln \left\{ \frac{1+D/L}{1-D/L} \right\}_{t=0} = 2kt$$

左辺の第2項は化石試料などを処理する際に生じるラセミ化を補正する項である。

次に、アミノ酸のラセミ化速度は温度に依存するが、その際の関係式は次式のアレニウス式で導かれる。

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

ここで、 A は頻度因子、 Ea は活性化エネルギー、 T は絶対温度、 R はガス定数である。

3 実験

用いた試料は、名古屋市大曲輪遺跡より発掘された巻貝であり、放射性炭素法により $5,100 \pm 20BP$ の年代が求められている。

貝殻は、適度な大きさに砕いた後、0.1M 塩酸を加え、超音波洗浄を行う。この操作を5回繰り返す。水、アセトンの順で洗浄の後、放置して乾燥させ、約 100mg をネジブタ付き試験管(100mm×16mm)に秤量する。氷冷した 2M 塩酸を 2ml 加えて試料を溶かした後、エタノールを 5ml 加え、-10℃で 2 時間放置するとタンパク質が析出する。遠心分離の後、上澄み液を捨てたら 60℃で加熱しながら窒素通気して残留するエタノールを追い出す。次に加水分解のために 6M 塩酸を 2ml 加え、室温にて 20 分間の窒素通気で溶存酸素を除去し、密栓の後 110℃で 6 時間加熱する。加熱終了後、放冷しフタを取り遠心エバポレーターで塩酸を除く。残留物は陽イオンカラムを通して精製する。精製したアミノ酸は ODS カラムと蛍光検出器を備えた HPLC とキラルキャピラリーカラムを用いた GC の両法でアスパラギン酸(Asp)のラセミ化の度合い(D/L 比)を測定する。

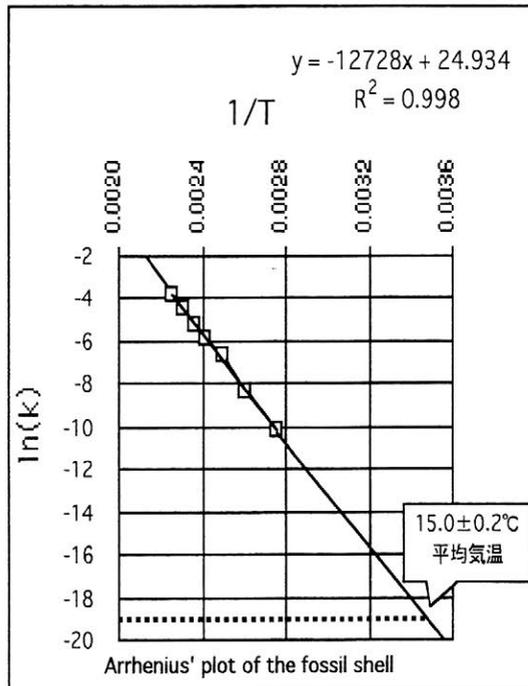
本研究では試料を人為的に加熱することによってラセミ化を進行させ、各温度でのラセミ化速度定数を求めることによりアレニウスプロットを作成した。加熱温度は 90℃、110℃、130℃、140℃、150℃、160℃、170℃の7段階である。

4 結果と考察

得られた速度定数と絶対温度の逆数をプロットすると、右図のグラフに表すアレニウスプロットが得られた。最少二乗法による近似直線を外挿すると、用いた貝殻の過去 5,150 年の埋存温度の平均値は $15.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ となった。これは 1970 年から 2000 年までの名古屋市の平均気温が 15.4°C ⁵⁾ であること、また縄文期において報告されている古環境温度などと比較しても妥当な値と考えられる。

過去の平均気温を知ることは同地域で採取された未知試料を年代測定するのにも極めて有用であり、今後は複数の年代既知の試料を用いて本法の精度や信頼性を確かめたいと考えている。

- 1) J. L. Bada, *et al*, *Science*, **170**, 730 (1970).
- 2) M.L.Bender, *Nature*, **252**, 378 (1974).
- 3) K. King, Jr, *et al*, *Nature*, **281**, 135 (1979).
- 4) Neuberger, *Advan. Protein Chem*, **4**, 298 (1948).
- 5) 理科年表(平成 15 年版), 丸善.



ITS 領域を用いた出土クリ遺体 DNA 分析のための基礎的研究

○坂平文博・新美倫子（名古屋大学）

1. はじめに

クリは縄文時代の重要な食料のひとつであったが、遺跡で利用されたクリの系統などを検討するためには、ニホングリ (*Castanea crenta*) 種内で多型を検出できる DNA マーカーによる分析が有効である。従来、出土植物遺体で分析が試みられている葉緑体 DNA には、ニホングリ種内での多型はほとんど存在しない。そこで発表者らは、葉緑体 DNA に代わる DNA マーカーとして ITS 領域を用いた。ITS (Internal Transcribed Spacers) 領域とは、核ゲノム上のリボソーム DNA (rDNA) 領域に挟まれた部分に存在し、

- 1) 進化速度が比較的速い。
- 2) 長さが 200bp ほどしかない。
- 3) 核 DNA 由来だが同一ゲノム上に反復配列が多数存在する。
- 4) またその反復配列 (リピートタイプ) 間での塩基配列は均一性が高いとされ、ダイレクトシーケンスが可能である。
- 5) 隣接する rDNA 部分の塩基配列の進化速度が非常に遅いので、近縁種の既知の rDNA 部分の配列を用いてプライマーを設計できる。

などの利点があり、出土植物遺体の DNA 分析に有効であると考えられる。

本発表では、出土クリ遺体分析の基礎的研究として、ITS1 領域を用いてニホングリ栽培品種間の多型の検出を試みた。また実際の遺跡出土クリ遺体の ITS 領域の塩基配列決定も試みた。

2. 材料と方法

ニホングリの栽培 12 品種およびシバグリ (野生グリ) 1 系統、計 13 サンプル (Table.1) の生葉から常法により DNA 抽出し、コナラ 7 種の塩基配列を基に設計したプライマーを用い PCR 増幅をした。その PCR 産物を精製後、ダイレクトシーケンスにより、塩基配列を決定した。

3. 結果と考察

ニホングリ 13 サンプルすべて ITS1 領域の塩基配列の長さは 226bp であった。ま

たアラインメントの結果、5ヶ所で混合塩基を含む形で塩基に多型がみられた (Table.1)。

本研究において、ダイレクトシーケンスによるニホングリ栽培品種間の ITS 領域の多型が検出できたことから、その基本種であるシバグリでも多型が検出できると考えられる。そして、この方法により同時期の各地の遺跡から出土したクリ遺体を比較検討したり、同一遺跡から出土した異なる時期のクリ遺体や遺跡出土クリ遺体と現代の遺跡周辺地域のシバグリ集団などのデータを比較することにより、クリの時間的・空間的変遷を追跡することが可能となるであろう。その結果、利用価値の高いクリの個体が、選択的に人間の手によって他地域から導入された可能性や、選抜・管理された可能性にも言及できると予想される。

4. 出土クリ遺体の分析

実際に新潟県青田遺跡（縄文時代晩期）出土のクリ遺体から DNA を抽出し、ITS 領域の塩基配列の決定を試みた。その結果を報告する。

Table.1 ニホングリ 13 サンプルの品種名と ITS1 領域の多型サイトを示す。一番右の列にサンプル名、一番上の行に ITS1 領域の中で最も 18S rDNA 側の塩基を 1 とおいた時の、多型サイトの番号を示す。混合塩基の表記には IUB 法を用いた (R=A+G,W=A+T,Y=C+T)。

塩基サイト	56	84	98	101	178
大峰	A	A	T	C	C
乙宗	R	W	Y	Y	C
笠原早生	R	T	T	Y	Y
神鍋	A	W	T	Y	Y
銀寄	R	T	T	T	Y
国見	A	W	T	Y	C
大正早生	A	W	T	C	C
丹沢	A	A	T	C	C
筑波	A	T	Y	T	Y
芳養玉	R	T	Y	T	Y
丹沢×筑波	A	W	T	Y	C
筑波×丹沢	A	W	T	Y	C
シバグリ (宮崎県綾町)	G	T	T	T	Y

弥生時代のイノシシ類にみられる多様性

○姉崎智子（日本学術振興会特別研究員（PD））、西本豊弘（国立歴史民俗博物館）

1. はじめに

近年、豚は農耕にともない出現する家畜として、弥生時代の生業においてその存在が認められてきている。また、その飼育の起源を求めて縄文時代のイノシシ類についても、骨形態、古 DNA、安定同位体など様々な分野による研究が活発化している。

本研究では、主に、佐賀県吉野ヶ里遺跡（弥生時代前期～中期）、佐賀県菜畑遺跡（弥生時代前期）、大分県下郡桑苗遺跡（弥生時代前期～中期）、大分県下林西田遺跡（弥生時代後期）、愛知県朝日遺跡（弥生時代前期～後期）、神奈川県池子遺跡群（弥生時代中期）のあわせて6遺跡を対象に、弥生時代のイノシシ類にみられる多様性について分析をおこない、動物資源利用の地理的相違について検討することを目的とした。

2. 種構成比と臼歯サイズの比較

(1) 種構成比

遺跡においてイノシシ類がどの程度利用されていたのかを検討するために、分析対象とした遺跡について、最小個体数（MNI : Minimum Number of Individuals）をもとに種構成比を算出した。なお、比較の際にはノウサギ、タヌキ、ネズミ類などの小動物は一括した。

(2) 臼歯サイズの比較

イノシシ類の骨や歯の大きさと形態は様々な要因によって変化するが、その要因は大きく、1) 自然環境による影響、2) 人為的影響、3) 遺伝的影響、そして 4) 加齢の4つにわけられる。とくに骨体は、環境や人為的影響など様々な要因によって変化しやすく、なかでも種の特徴を示す頭蓋骨と下顎骨の諸形態は、各成長期におけるイノシシ類の生活を反映する。咀嚼器官はである歯は、骨体よりも保存されやすく、また遺伝的に保守的であるといわれていることから、イノシシ類の大きさの変化をとらえるのに適している分析部位であるといえる。

分析では、下顎の第1後臼歯および第2後臼歯の頬舌径あわせて4項目についてミットヨのデジタルノギスをもちいて計測をおこない、小数点第2位までを記録した。得られた計測値をもとに、Log ratio technique (Simpson, 1941)を用いて臼歯サイズの相対的な群間比較をおこなった。基準値に用いたのは神奈川県産の野生イノシシ資料群である。

なお、Logarithmic ratio を式にしめせば以下ようになる。

$$\text{Logarithmic ratio} = \text{Log} (\text{value}/\text{standard value})$$

*Value は各集団の計測値、standard value は基準標本の平均値

3. 分析の結果

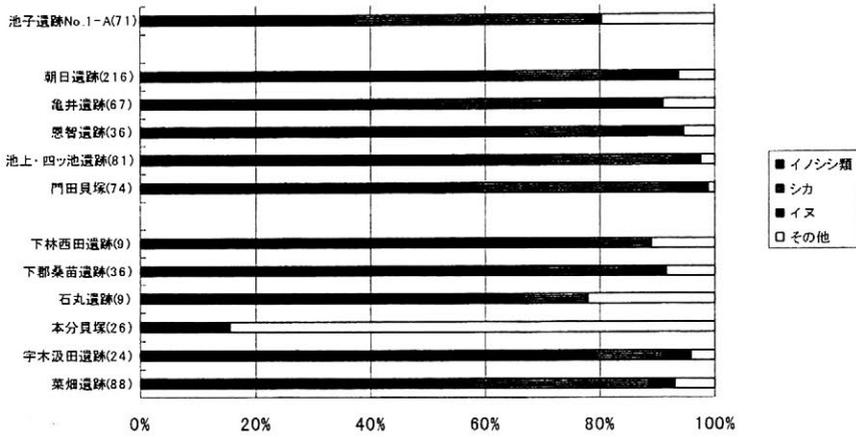


図1 哺乳類遺体の種構成比

種構成比の比較では、従来指摘されてきたとおり、西日本の遺跡群ではイノシシ類の占める割合が高く、一方で、東日本の遺跡においてはイノシシ類とシカの占める割合はほぼ同程度であり、小獣類の割合も比較的高い。

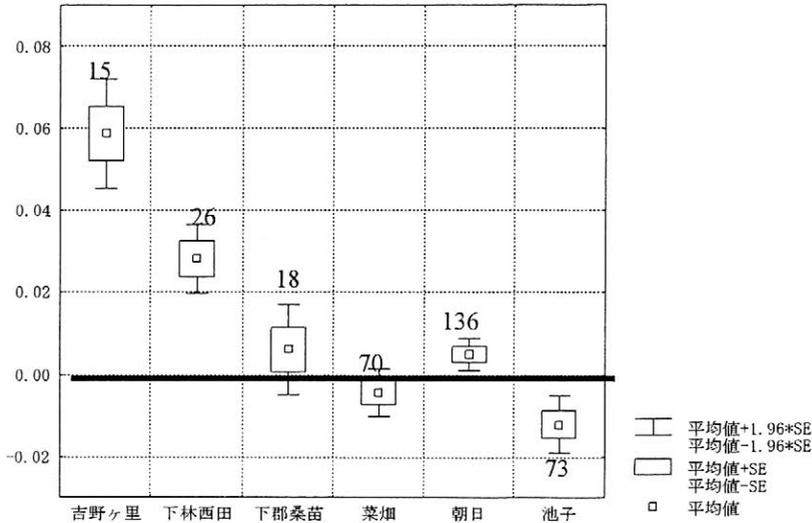


図2 臼歯サイズの比較

臼歯サイズの比較では、弥生時代のイノシシ類に大きな多様性が認められることを指摘できる。とくに、北九州地域に分布する吉野ヶ里遺跡、菜畑遺跡、下郡桑苗遺跡、下林西田遺跡の間にみられる差は顕著である。また、池子遺跡群が基準値を有意に下回ることにも注意が必要である。発表では、さらに詳しい解析を加え、弥生時代におけるイノシシ類のあり方に言及する。

縄文土器における grog の混和について

○西田泰民(新潟県立歴史博物館)、佐藤雅一(津南町教育委員会)、小熊博史(長岡市立科学博物館)

1 混和材としての土器片

シャモット(仏語)やグログ(英語)と呼ばれる破碎土器片もしくは破碎焼成粘土を利用した混和材の存在が海外においては知られており、ヨーロッパ北部新石器時代や青銅器時代、ローマ帝政期フランス、タイ、マヤなど各地で報告がある。民族例としても東南アジアやアフリカの土器づくりで実践されている。その混和材としての使用の理由については、在地に適当な混和材がないため、均一な乾燥をさせるため、素地と収縮率が近いこと、熱伝導率の平均化など理論的には説明されている。しかしそうした推測とは逆の使用例も民族例には見られることもあって、全く実利的効用とは異なり、土器に靈力を込めるために使用されたと考える研究者さえある。実利的効用のみでないらしいことは、どの地域でも使用期間が限られていたり、狭い地域のみで見られ拡散しない場合があることから推測できる。

縄文土器についてはこれまでこの混和材の積極的使用は注意されてこなかった。また、その認識については胎土分析を行っている研究者の間でもまちまちであった。たとえば清水芳裕氏は土器片とされているのはクサリ礫を誤認したものだとしている。これは土器中にしばしば見られる赤色粒をさしたものである。

2 破碎土器片と粘土質堆積岩との区別

多くの事例が知られているのにも関わらず、破碎土器片と粘土質堆積岩との厳密な識別については一定の基準が得られていない実状がある。このテーマに正面から取り組んだ研究例として Whittbread(1986)と Cumo di Caprio 他(1993)がある。ウィットブレッドはコリント・アンフォラに見られる混和材が土器片であるのか粘土質堆積岩であるのかを確認するためにモデルを作り、土壌学的見地を加えて、境界線の見え方、密度、形状、円磨度、構成物など9つの観察ポイントを設定し破碎土器片、粘土質堆積岩、粘土粒を区別しようとした。結論として、粘土粒を他2者から弁別することはできても、破碎土器片と粘土質堆積岩の厳密な区別はできないと述べている。

クーモディカプリオらは破碎土器片や粘土質堆積岩を混入させた試験片を作成して、実際の土器片との比較を行った。その上で、両者の弁別に有効な指標として、土器片内の構成物や空隙の配置が列をなすこと、土器片の場合には亀裂が長辺に平行に生じるのに対し、堆積岩類では多角形となること、土器片混和の場合には混和材がより均一に胎土中に分布することを挙げた。しかし、これらの研究で示された弁別基準は、それぞれの土器製作技法や周辺地質の特性に強く関連するものが多く、必ずしも一般化できるとはかぎらない。

3 土器片混和材とする根拠

今回取り上げる縄文時代中期の土器についても、類似する堆積岩との比較を行い、その上で土器片であることを示す必要がある。ヨーロッパで見られるグログは肉眼では視認できないほど細粒であるらしく、実体顕微鏡レベルの観察は行われていないが、これらの資料ではそれが十分可能である。今回報告するのは、新潟県内の信濃川中流域を中心に縄文時代中期前半の土器に認められることの多い白色・灰色・淡褐色などの色調を示す軟質の混入物である。大き

いものは一辺4～5mm程度の不整形の角張った形状を示し、爪やブラシで表面に傷がつくほど軟らかい。また、これとは異なり赤褐色で白色粒を多く含む混和材もあり、これらはより上流の魚沼地域に目立つ。これらについてはこれまで発掘報告書では粘土粒・凝灰岩・土器粒子などと記載されてきた。

まず、マクロな観察から混和材の特徴を挙げると、1 素地と混和材の色調・構成物が非常に似通っている、2 明色部分と暗色部分の2層になっているものがある、3 平滑面があり土器表面の調整痕に類似した擦痕や混和材の表面のみに付着物のついたものが見られることがある、4 一つの土器個体中に質が似ているが色調の異なる混和材が含まれているという4点がある。特に第2点は縄文土器断面の特徴そのものであり、第3点も土器片が素材となっていることを強く示唆する特徴といえる。文様のついた面があれば最も確実であるが、混和材自体が小さいためか縄文圧痕と見られる凹凸がある例を津南町道尻手遺跡で1点確認できたのみである。褐色を呈する場合は石英・長石・角閃石と思われる粒子を含んでいるものがあり、白色～淡黄色の場合は鉱物粒を含むことが少ない傾向がある。新潟県長岡市周辺では東山丘陵に泥岩層があり、露頭や河原で軟質の泥岩を採取することができる。硬さは土器中に見られる混和材と同じように爪で傷がつくほどであるのでモース硬度は2以下である。実体顕微鏡の観察では細粒の石英粒が目立ち、表面が比較的粗く混和材とは外見が異なっている。

長岡市の馬高遺跡及び山下遺跡出土土器片の薄片観察を行った。顕微鏡下では土器片混和材と見られるものは堆積岩によく似ているが、層状構造が認められる例はなく、凝灰岩でないことは特有な火山ガラスや火山噴出物からなる構造が見られないことから明らかである。マクロ観察と同様、素地部分と類似性が高い場合が多い。粘土の起源を示す生物化石が素地と混和材双方に含まれていれば、同一素材であることの根拠となりうるが、見いだすことはできなかった。ただし、植物珪酸体や海綿骨針が含まれているものがあり、泥岩とは異なる。またクサリ礫の場合はマトリックス部分の密度が高く素地部分と明確な差をもつという特徴があり、この混和材とは明らかに異なる。

4 まとめにかえて

これまで同種の混和材を確認できたのは津南町、川口町、十日町市、長岡市、小千谷市、柏崎市の各遺跡である。以北の新発田市、朝日村にも同種の混和材を含む土器が存在するとのことであるが、全て土器片混和材であるのか確認はできていない。これまでのところ中期前半に目立つことがわかっており、その中でも新崎一大木7b式併行期の竹管文を多用する土器に多い傾向があり、地域によっては中葉の大木8a期以降も使われている。新潟県下で北陸系と称される一群に多いのだが、富山以西の土器にはこのような混和材はないらしい。肉眼で判別できる混和材であるので、時期と使用地域が限定できる見通しが立てば、遺跡ごとの土器の搬入状況や影響範囲を比較的簡便に明らかにすることができるであろう。

また縄文土器にこのような混和材が存在することは一般的認識となっていなかったが、他の地域でも再発見される可能性があるので、研究者の注意を喚起したい。

Cuomo Di Caprio N. & S.J.Vaughan 1993 An experimental study in distinguishing grog (chamotte) from argillaceous inclusions in ceramic thin sections, *Archaeomaterials* 7-1, pp.21-40

Whittbread I. K. 1986 The characterisation of argillaceous inclusions in ceramic thin sections, *Archaeometry* 28-1, pp.79-88

韓国公州安氷里遺跡から出土した土器の産地測定

○鄭光龍(韓国大田保健大学博物館学科)・韓允熙(東京大大学院)

1. はじめに

産地測定は古代物資の分布と移動に関する空間的範囲を設定する研究である。つまり産地測定は、生産・分配・交易などに参加する人間行動の直接的証拠を探ることである。そしてその測定は人間と社会集団内の経済的・社会的必要性によって分配する相互作用を理解するのが目的である。〔1〕本研究では韓国公州安氷里遺跡と比較対象遺跡から出土した土器片と瓦片を中性子放射化分析(NAA)し、ここから分析した微量成分元素について統計処理を行い、遺物の産地を明らかにすることが目的である。〔2〕

2. 公州安氷里遺跡

忠清南道公州安氷里遺跡は(財)忠清埋蔵文化財研究所によって発掘調査した。発掘調査の結果、青銅器時代の住居址および古墳遺跡と百濟時代の住居址が一緒に確認された。〔3〕

3. 試料および分析方法

3. 1. 中性子放射化分析(NAA)

公州安氷里遺跡から 19 種類の土器試料、珍島龍蔵城・莞島法華寺此から 20 種類の瓦、清島土器窯此から 12 種類、青陽瓦窯此から 8 種類、扶餘佳塔里遺跡から 14 種類、合計 73 種類の試料について分析を行った。

約 100mg の試料の粉末をポリエチレンの容器に入れ、密封した。その後、標準試料として含量を分かっている Co 約 100mg を同じ種類の容器に入れ、密封した。準備した試料粉末は韓国原子力研究所の研究用原子炉である HANARO の中で標準試料(SRM)と一緒に 1 時間測定した。検出効率が良く、ピークの面積が広い 17 種類の原子核だけを選択して分析を行った。〔4〕

3. 2. 統計分析

中性子放射化分析(NAA)分析で受けた微量成分の元素値から、各遺物の産地を決定する方法は判別分析で行う。判別分析は一般的に二つの目的で使用する。一つは技術的判別分析として各遺物の微量成分元素値から遺跡を判別できる独立変数である元素を把握する分析である。二つは関係遺

遺跡を予測する分析である。そして判別分析の類義性検証は、算出した判別関数が統計的どのくらい意味があるかを検証するため、正準相関係数、Wilks' Lambda、固有値を用いる。

4. 結果および考察

陶・土器、瓦の原料である粘土には Si,Al,Fe,Ca,K,Na,Mg などの元素が主成分として含まれる。この実験で定量分析した Ca,K,Na,Fe 元素は、含量分布の範囲が互いに重なる場合が多い。そして変数内の分散が各定量値の分散より小さくて、遺物の産地を区別する特性元素として適合しないため、統計分析からは除外した。[5]

この中 [Co:Lu], [Ce:Sc], [La:Sm], [Lu:Yb] 元素は変数のうち Pearson correlation coefficients が 0.6 以上であり、互い高い関係があるのが分かった。

各遺跡の産地を区別するため、判別分析は遺跡が互いに独立された場所だと仮定して分析を行った。Ba,Cr,Sc,Yb,Eu,Rb の 6 種類の元素を分析した結果、Ba は 49.9% で遺跡の産地を決定する一番重要な元素であった。各遺跡と予想集団間の関係が判別関数から算出した判別値で決定した。この判別関数が各遺跡の産地を明らかにする確率は 93.2% であった。

5. まとめ

本研究では公州安氷理遺跡から出土した土器の産地と他の遺跡と考察するために行った。分析の結果、各遺跡は Ba,Cr,Sc,Yb,Eu,Rb 元素の微量成分差によって区別することができた。そして遺跡の産地が区別できる確率は 93.2% でかなり高かった。すなわち、公州安氷理遺跡から出土した土器は遺跡の構成員によって独立的生産・使用した可能性が高いと考えられる。

[1] T. K. Earle, "Prehistoric Economics and the Archaeology of Exchange", Academic Press, London, 1982.

[2] K.Y. Chung, M.J. Kim, Analytical Science and Technology, 14, 476-485, 2001.

[3] (財)忠清埋蔵文化財研究院, "公州 安永里遺蹟", 1999.

[4] KAERI/NAA, Power-NAA Operation Manual (1999); The Unified Software Program for NAA, V.2, Reg.00-01-12-2395 (2000).

[5]. A. B. Poole and L. R. Finch, Archaeometry, 14, (1972).

高句麗の鉄器遺物の製作技術についての研究

○鄭光龍（韓国大田保健大学博物館学科）姜大一（韓国伝統文化学校保存科学科）

1. はじめに

三国時代の鉄器製作に関係がある技術体系を比較や分析するために高句麗遺跡の遺物を分析した。扶餘城、寮寧城から出土した鉄器遺物について分析を行った。その遺物の中の 10 種類において金属学的微細組織の分析を行った。

2. 実験方法

高句麗時代の遺跡である扶餘城と寮寧城などから出土した鉄器 10 点を光学顕微鏡を用いて微細組織の分析を行った。サンプルの採取はマイクロハンドカッターを使用した。金属遺物の損傷を最小限にするために遺物の用途や機能性の異なる部分をいくつか選択し、その一部をサンプルとして採取した。

3. 結果および考察

3. 1. 扶餘城の鍛造鉄斧

写真 1 は鍛造鉄斧の外形写真である。写真 1 で示した 1, 2, 3 の部分からサンプルを採取し、微細組織の分析を行った。写真 2 は写真 1 の 1 の部分の微細組織写真である。これは 100% のマルテンサイト組織である。写真 3 は写真 1 の 2 の部分の微細組織で、外側は炭素含量が高い空鉛鋼であり、内側は純鉄である。写真 4 は写真 1 の 3 の部分から見た微細組織でほぼ純鉄である。写真 4 は写真 1 の 3 の部分の微細組織でほぼ純鉄である。そして写真 2, 3 を見ると鍛接線が明らかに観察した。このことから鉄斧の製作が純鉄で鉄斧の形を作った後、刃末の部分だけ空鉛造成の鋼を鍛接し、それを加熱したことが分かった。

3. 2. 寮寧城の鉄鍬

写真 5 は鉄鍬の外形写真である。写真で示した 1, 2 からサンプルを採取し、微細組織を分析した。写真 6, 7 は写真 5 の 1 の写真である。上部は炭素含量が高い、下部は低炭素であるフェライトとマルテンサイトの組織であった。鉄鍬からも鍛接線が明らかに観察した。このことから加熱したことによってパーライトが生成してなく、マルテンサイトが生成したことが分かった。写真 8 は均一的純鉄の組織である。鉄鍬は強度が必要な刃末の部分だけ鋼を付けて鍛接し、加熱したことが分かった。

4. おわりに

高句麗の遺跡から出土した鉄器遺物の製作方法には大きく二つの方法がある。一つは、純鉄を利用して形を作った後、強度が必要な場所に鋼を鍛接し、熱処理を行う方法であ

る。このような製鋼の素材技術は、百済地域でも広く使用した技術体系である。もう一つは、全体的に炭素含量が高い鋼の素材を利用した方法である。新羅地域の浸炭技術や百済地域の脱炭鋼、灌鋼の方法は見られなかった。

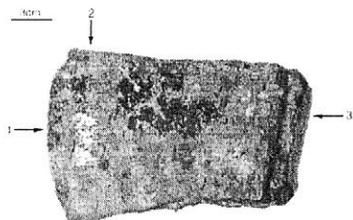


写真 1. 鉄斧の外形

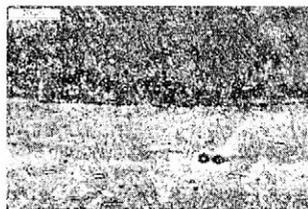


写真 2. 写真 1 の 1 の部分



写真 3. 写真 1 の 2 の部分

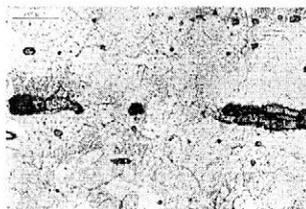


写真 4. 写真 1 の 3 の部分



写真 5. 鉄劔の外形



写真 6. 写真 5 の 1 の部分



写真 7. 写真 6 の拡大写真

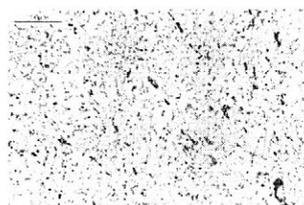


写真 8. 写真 5 の 2 の部分

<参考文献>

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

律令期の関東地域における鉄器製作活動の解明（第1報）

○関 博充* 川井 正一** 石橋 美和子*** 赤沼 英男*

*岩手県立博物館 ** (財) 茨城県教育財団 *** (財) 鹿嶋市文化スポーツ振興事業団

1. はじめに

茨城県石岡市鹿の子 C 遺跡では、8 世紀後葉～9 世紀前葉に比定される竪穴遺構から、平面形が円もしくは楕円を呈し、長軸、短軸方向にそれぞれ 1 ないし 2 つの溝跡を設けた炉跡が検出された¹⁾。竪穴遺構底面、およびピット内から鉄器、鉄塊系遺物、剥片状鉄滓、砥石、鉄床と推定される台石、羽口、鉄滓が見いだされている。遺跡内で固体鉄を加熱・鍛打し、鉄器の製作がなされていたことは確実である。鹿嶋市片岡遺跡で検出された、7 世紀後半～8 世紀前半と推定された竪穴遺構(KT72 SX1)でも、鹿の子 C 遺跡とほぼ同形状の炉跡が確認されており、出土鉄関連遺物の金属考古学的調査によって、他地域から供給された原料鉄を素材として鋼を製造し、さらに鋼製鉄器を製作していたこと、炭素量の異なる鋼を造り分けていた可能性の高いことが報告されている²⁾。鹿の子 C 遺跡でもほぼ同様の方法で鉄器が製作されていたと考えることができる。

鹿の子 C・片岡両遺跡出土竪穴遺構、ならびに鹿の子 C・鹿嶋市厨台両遺跡の竪穴住居跡から検出された鉄器、鉄塊系遺物の金属考古学的調査を行った。その結果、3 遺跡から出土した鉄器はほぼ同じ組成の鋼を素材として製作されたこと、鹿の子 C・片岡両遺跡出土鉄器には炭素量 0.1%未満の鋼と炭素量 0.7～0.8%の鋼を使って製作されたものがあること、の 2 点が明らかになった。以下では得られた結果を報告する。

2. 調査資料の選別と調査方法

鹿の子 C 遺跡では、1979～1982 年に茨城県教育財団が実施した発掘調査によって、竪穴住居跡が 169 軒、掘立柱建物跡が 31 棟、鉄関連炉跡を伴う竪穴遺構が 21 基(鉄関連炉跡と竈が共存する遺構 5 基、鉄関連炉跡のみの遺構 16 基)確認された。遺構の重複関係、出土土師器・須恵器の型式編年、鈔帯金具、漆紙文書によって 1 期(竪穴住居跡 63 軒、掘立柱建物跡 6 棟、竪穴遺構 13 基)、2 期(竪穴住居跡 46 軒、掘立柱建物跡 13 棟、竪穴遺構 8 基)、3 期(竪穴住居跡 18 基)に時期区分され、それぞれ 8 世紀後葉、9 世紀前葉、9 世紀中葉と推定された。1～3 期に帰属する 127 軒のうち 81 軒の竪穴住居跡と、2 期の掘立柱建物跡 2 棟から鉄器が検出され、1・2 期に帰属する竪穴遺構 21 基のうち 16 基から鉄器、鉄塊系遺物が見いだされている。竈を有する 4 号竪穴遺構(1 期)底面およびピット内から出土した鉄器、鉄塊系遺物と、109 号竪穴住居跡(1 期)床面出土鉄器を調査対象とした。また、前回調査した片岡遺跡の竪穴遺構(KT72 SX1)底面から出土した鉄器、鉄塊系遺物と、片岡遺跡に近接する厨台遺跡の 9 世紀前葉に比定される竪穴住居跡から検出された鉄器も同様に調査した。調査資料の概要は表 1 左欄にまとめられる。調査には、肉眼観察および X 線透過観察を行い、それらの結果に基づき残存状況の良い部分から摘出された約 0.1g の試料片を用いた。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

鹿の子 C 遺跡出土 No.4-6 鉄器、No.2・3 鉄塊系遺物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)は鉄チタン酸化物の有無という点で差異が見られる。No.1-6 に含有される銅、ニッケル、コバルト 3 成分比に基づく分類の結果、いずれもほぼ同じ組成比であることがわかった(表 1 最右欄)。同じ組成比の原料鉄を使って、遺跡内で製作された鉄器とみることができる。片岡・厨台両遺跡出土鉄器、鉄塊系遺物の 3 成分比も鹿の子 C 遺跡出土資料とほぼ同じであることをふまえると、7 世紀後半から 9 世紀前葉にかけて、ほぼ同じ組成の原料鉄が関東地域の鉄関連施設に供給され、それを素材に鋼を製造し、鋼製鉄器が製作されていた可能性がある。

No.6・7 の試料片にはフェライト (α Fe) とパーライト(α Fe とセメンタイト [Fe₃C] の共析組織)からなる組織が観察された(表 1 右欄)。2 点の鉄器は炭素量 0.1%未満の鋼と炭素量 0.7-0.8%の鋼の両方を使用して製作されたと推定される。片岡遺跡同様²⁾、鹿の子 C 遺跡においても炭素量の異なる鋼を造り分けていた可能性を考える必要がある。鹿の子 C 遺跡ならびに同形状の炉跡が検出された他地域の堅穴遺構・鉄関連遺物の金属考古学的調査を行うことで、律令期における鋼製造法と鉄器製作活動の実態が解明されるに違いない。

1) 『鹿の子 C 遺跡』茨城県教育財団、1983。

2) 関博充他『茨城県片岡遺跡にみる飛鳥時代における鉄・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-』日本文化財科学会第 19 回大会、2002。

表 1 調査資料の概要と調査結果

No	Sa	遺跡名	遺構名	出土層位	推定年代	資料名	n.m.i.	ミクロ組織	化学組成(mass%)			Cu/Co	Ni/Co		
									Cu	Ni	Co				
1	1	鹿の子 C	4 号 堅穴遺構	底面直上	8 世紀後半	鋤先	no	no	0.001	0.004	0.011	0.09	0.36		
	2			no			no	0.010	0.015	0.027	0.37	0.55			
2	-			ピット 12 内		鉄塊系遺物	S	Cm(0.8<)	0.024	0.048	0.073	0.32	0.65		
3	-			ピット 8 内		鉄塊系遺物	W,F,M	Cm(0.8<)	0.040	0.062	0.092	0.43	0.67		
4	Eg		109 号 堅穴住居跡	床面直上		8 世紀後半	鑿	W,XT,M	no	0.012	0.009	0.024	0.50	0.37	
	Rg							W,M	Pa(>0.1)	0.010	0.021	0.046	0.21	0.45	
5	-		床面直上	小札		XT,M	no	0.014	0.023	0.032	0.43	0.71			
6	1		片岡	KT72 SX1 堅穴遺構		底面直上	7 世紀後半へ 8 世紀前半	棒状	W,M	Pa(>0.1)	0.027	0.087	0.165	0.16	0.52
	2					W,XT,M			Pa(0.2-0.3)	0.022	0.055	0.111	0.19	0.49	
	3					W,XT,F,M			Pa(0.7-0.8)	0.019	0.046	0.087	0.21	0.52	
7	-	片岡	KT72 SX1 堅穴遺構	底面直上	7 世紀後半へ 8 世紀前半	棒状	XT,M	Pa(>0.1) Pa(0.7-0.8)	0.013	0.034	0.061	0.21	0.55		
8	S			no			0.022	0.056	0.090	0.24	0.62				
9	-			底面直上		鉄塊系遺物	XT,M	Cm(0.8<)	0.005	0.013	0.028	0.17	0.46		
10	-	厨台	255 号 堅穴住居跡	ピット 3 内	9 世紀前葉	刀子	no	no	0.012	0.016	0.028	0.42	0.57		

注 1) No.は調査番号。Sa はサンプル抽出位置。化学成分分析は ICP-OES 法による。

注 2) n.m.i.は非金属介在物組成。W:ウスタイト(化学理論組成 FeO)、XT:鉄チタン酸化物、F:FeO-MgO-SiO₂系化合物、S:ガラス質けい酸塩、M:マトリックス。no は見いだされず。

注 3) Pa はパーライト、Cm はセメンタイトもしくはその欠落孔。かっこ内はミクロエッチング・ミクロ組織から推定される炭素量。

材質から見た火縄銃の製作技法 - 仙台藩などの事例を中心に -

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

1.はじめに

仙台藩および一関藩で製作された火縄銃について、銃身表面から金属組織、介在物の分析を行い、これまでの結果と比較して、これらの地域における材質などの特徴をとらえた。また一関藩で幕末頃に、同一の製作者によってつくられた火縄銃と短刀の分析を行い、材質について考察を加えた。

2.分析方法

銃身底部など銃床に隠れる箇所を選び、表面の錆を落とし鏡面研磨して、大型試料室（2 m長）を取り付けたエネルギー分散型特性X線検出器付走査型電子顕微鏡（SEM・EDS）を用いて金属組織、介在物の分析を行なった。これまでの分析結果と文献史料による調査から、銃身の先端部および末端部は火薬の爆発に対する強度を高める目的で補強のための鉄板が外側に鍛接されている場合があるため、その部分を避けて、銃身尾部の、火皿よりも内側に近い部分を分析箇所とした。

3.分析結果

3.1.金属組織の観察

これまでの分析で、砲術史料に記されている銃身の二種類の製作技法（「うどん張」、「巻張」）は、介在物の延びる方向によって識別可能であることが明らかになった。今回、これまでの資料を含めて、ナイタールによるエッチングを行い、金属組織の観察を行った結果、ほとんどの銃に使用されている鉄の材質は、炭素濃度がきわめて低い（0.2%以下、大部分は0.1%以下）軟鉄であり、また、炭素濃度のわずかに異なる2種類の鉄を合わせて巻くことによって製作されている銃がいくつか検出され、その境界部分の方向からも上記2つの製作法（「うどん張」と「巻張」）の識別が可能であることがわかった。

3.2.介在物の分析

仙台藩・一関藩以外の地域で製作された火縄銃を対象としたこれまでの分析結果では、多くの資料で、銃身の介在物は、鍛接の際にフラックスとして使用された灰汁に由来すると考えられる、

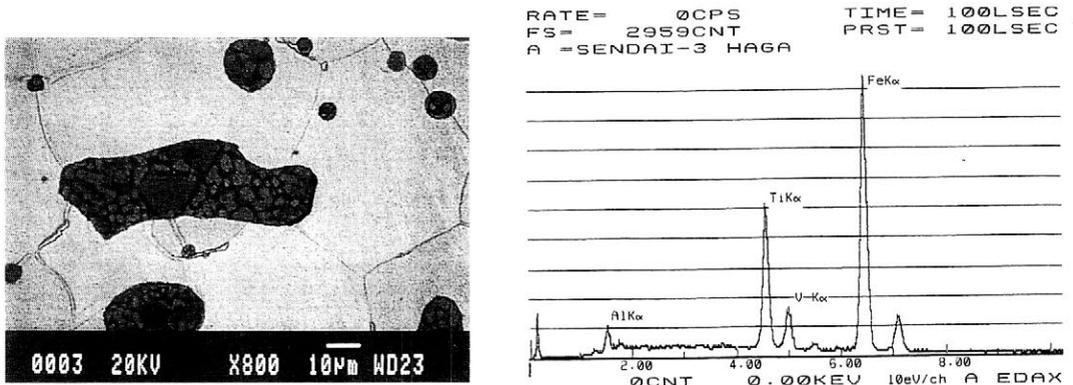


図1 「仙臺住芳賀十太夫豊成作」 銘鉄炮の分析結果

（わずかに見出されたウルボスピネル（左写真：角状結晶）とその元素分析結果（右図））

リン・カリウム・カルシウム・鉄などを多く含むケイ酸塩が大部分を占めており、チタンを含む鉱物はほとんど検出されなかった。今回分析した資料中の介在物も、これと類似した組成であったが、他地域のものとは若干異なり、濃度としてはごく低いが、ガラス状のマトリックス部分にチタンが共存していた。また分析資料の中の一つ（「仙臺住芳賀十太夫豊成作」銘）にわずかに見出されたウルボスピネルには、バナジウムが含まれていた（図1）。バナジウムの検出はこの地域で出土する製錬滓からも認められるので、特徴的な成分であると考えられる。

これまでの分析で、岡山県に伝世した、無銘ながら萩野流と考えられる鉄炮で、介在物中に、刀剣資料中ではごく一般的な、鉄-チタン酸化物を主要鉱物として含むものが見つかった。この資料は現在福山城に所蔵されている刀鍛冶銘（備前長船鍛冶の系譜をもつ「備後福山住横山祐國」）の萩野流鉄炮と形態が酷似することから、刀鍛冶によって製作されたと推定されたものである。また一方、一関藩に伝世していた、同一の製作者（久保田宗明）による短刀（「宗明」銘）と火縄銃（「久保田宗明」銘）の分析結果では、短刀の介在物で若干チタンの濃度が高いが、短刀も火縄銃も、他の火縄銃資料と同様のリン・カリウム・カルシウム・鉄などの他、マンガンを含むケイ酸塩を介在物にも鉄を素材として使用していることがわかった。短刀の介在物はいずれもガラス質で、刀剣に通常見られる鉄-チタン酸化物の鉱物は検出されなかった（図2）。久保田宗明は江戸桑名藩の刀工固山備前介宗次のもとで刀剣製作を学び、刀工免許を得たのち一関藩にもどって藩の刀工として製作を行った。ただし、祖父今野氏が登米領伊達氏に鉄炮製作をもって仕え、父良蔵も一関藩において御徒士勤務の傍ら鉄炮鍛冶を営んでおり、宗明自身も、刀剣製作に入る前から鉄炮鍛冶を行い、また刀工免許後も藩士の要望に応じて鉄炮製作を行っていたことが分かっている。すなわち、専門の刀鍛冶とは異なり、鉄炮鍛冶としての材料調達を父から引き継いで行っていた可能性がある。

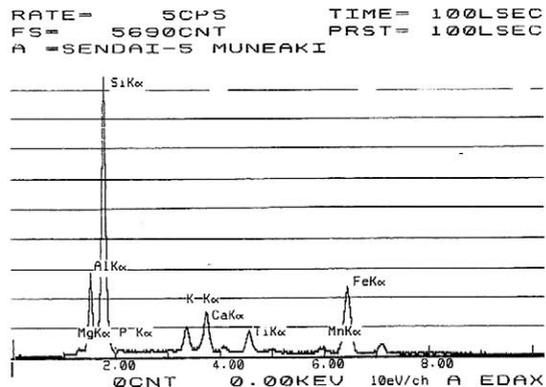
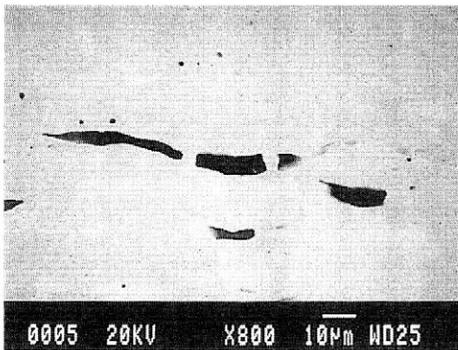


図2 「宗明」銘短刀の分析結果
（ガラス状の介在物（右写真）とその元素分析結果（左図））

これらの調査結果から、次のように考えることができる。鉄炮鍛冶と刀鍛冶では材料調達および製作技法の面で相違があり、本業以外の製品を作る際にも材料の使い分けはしていなかった可能性がある。ここで比較を行った2つの事例はいずれも幕末期のものであるが、刀鍛冶や鉄炮鍛冶が刀剣・鉄炮の両者の製作に携わったという、同様の事例は、三河の鉄炮鍛冶の野田繁慶、肥後の洞田貫派刀剣鍛冶などいくつか知られている。今後、刀鍛冶・鉄炮鍛冶の材料調達については、文献史料の調査を含め、このような個々の事例についての研究の蓄積が必要であろう。

仙台藩の資料は法華三郎信房氏・毛利伸氏、一関藩の資料は中鉢弘氏よりご提供いただいた。ご協力に御礼申し上げます。

牟田辺遺跡出土銅釧片のグルーピング - 鉛同位体比測定を応用して-

○渡辺智恵美(元興寺文化財研究所), 平尾良光(別府大学), 高塚啓介(多久市教育委員会)

1. はじめに

牟田辺遺跡から出土した青銅製品(銅剣および銅釧)の修理に伴う分析で、鉛同位体比測定が破片のグループを決定する際に有効な手段となったので、修理における自然科学的分析の応用例として報告する。

文化財とくに出土金属製品の場合、崩壊して破片の状態では修理に持ち込まれるものがほとんどである。これらの破片は通常、同一個体に属するが、別遺物の破片が混入している場合があり、個体を超えて接合されることもある。つまり、同じ種類の遺物が複数個体出土した場合、埋納中の崩壊に伴って破片がどの個体に属するのかわからなくなることが多々ある。したがってこれらの破片は、修理の際に「破片一括」という形で持ち込まれる。修理担当者は、可能な限りこれらの破片をもとの個体に戻すのであるが、すべての破片が完全に戻すことは少ない。色調、質感が酷似しているにもかかわらず、破面が一致しないために別個体として扱わなければならないこともある。今回修理を行った銅釧もこのような状況下にあった。

2. 遺跡の概要

牟田辺遺跡は、佐賀県多久市に所在する弥生時代中期～後期に比定される遺跡である。1965年、勘太郎丘と呼ばれる丘陵で甕棺が発見されて緊急調査が行われた後、1974～1977年に丘陵部(旧調査区・第Ⅰ～Ⅲ次)、1998～2000年の河川造成に伴い、旧調査区の丘陵末端部から低湿地部(新調査区・第Ⅳ次)までの本格的な発掘調査が行われた。旧調査区からは、甕棺墓約200基、住居址60戸、大溝(濠)、掘建柱建物跡5棟などが検出され、土器の他に勾玉や管玉などの装身具、磨製石剣などが出土している。新調査区からは、甕棺墓66基、箱式型石棺墓や土墓、塚などが検出され、土器や玉類、磨製石剣、田下駄などの木製品が出土している。今回分析と修理を行った銅釧は第48号甕棺墓から、また銅剣は第71号甕棺墓からそれぞれ出土している。銅釧は破片状態で出土しており、分量や出土状況から推定して5個体分と考えられていた。年代的には中期初頭～中頃(中期前半)に比定されている。

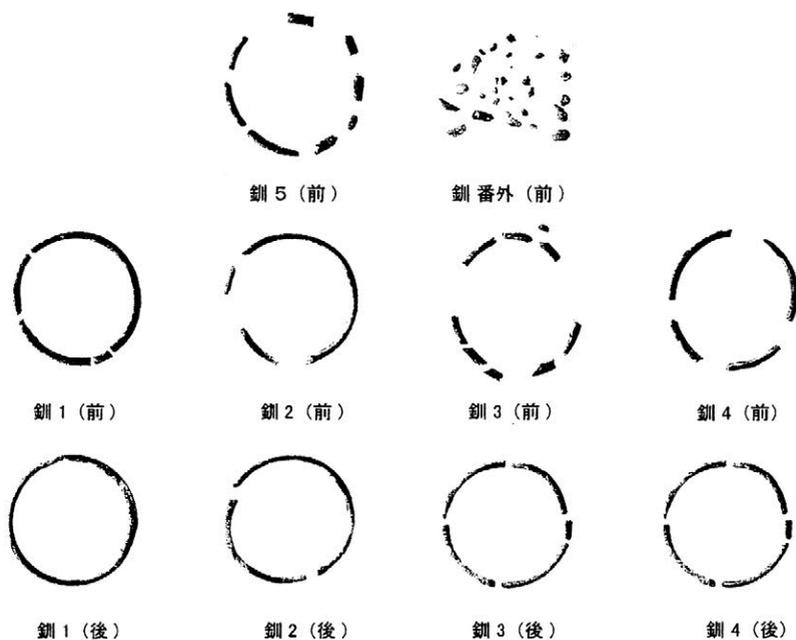
3. 銅釧の鉛同位体比測定値について

銅釧は極小破片を含むと30片以上に破損しており、5個体分として搬入された。修理前の調査として、それぞれのグループから代表的な破片(原則として一番大きな破片)を抽出し、鉛同位体比測定を実施した。破片の接合検討の結果、従来のグループを超えて接合できた破片が多数あった。また色調や質感、断面形状が酷似しているにもかかわらず、破面が一致しないため接合できない状況であった。そこで試料採取が可能な破片について再び鉛同位体比測定を実施した。その結果、No.1とNo.5-4、No.2とNo.3-1、No.3-2,3とNo.4-4と5-1,5、No.4-1,2,3とNo.5-2,3の値がそれぞれ一致し、4グループに分けることができた。以上の結果より、銅釧は4個体である可能性が高くなった。

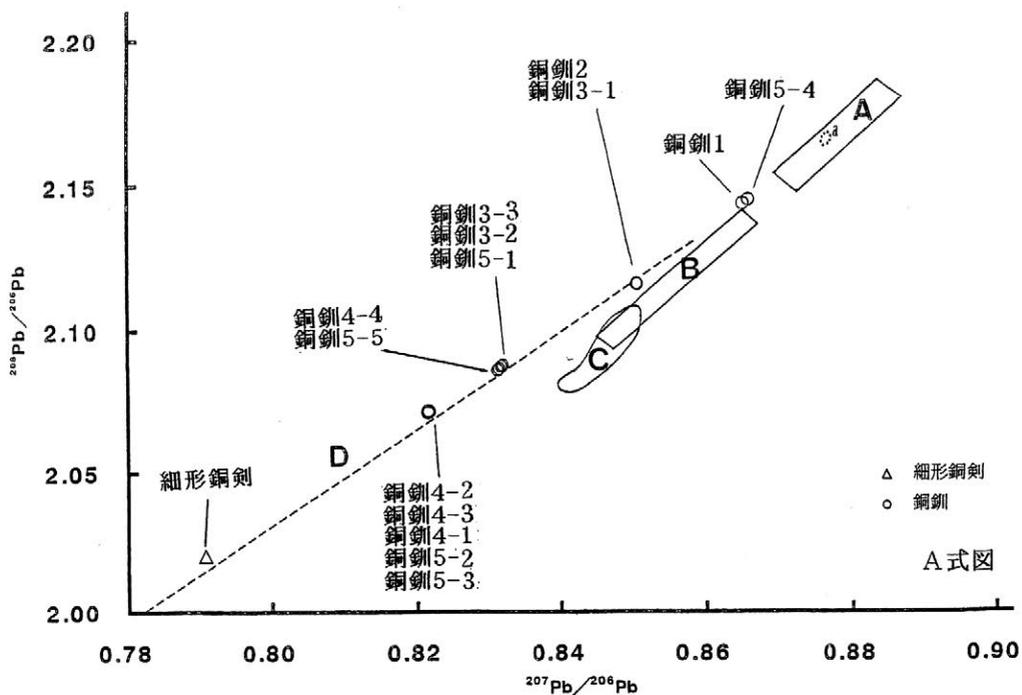
4. おわりに

鉛同位体比分析は破片で出土した遺物の個体数を同定する際に有効な手段の一つとなる。自然科学的な方法を応用することで、よりの確な修理を行うことができると考えている。遺物はあく

までも出土時の状態で個体数などを推定するため、今回の結果が絶対的な出土個数とは言えないが、遺物を考察する際の選択肢の一つとなり得る。



* (前) は修理前、(後) は修理後を表す



牟田辺遺跡から出土した青銅器の鉛同位体比

東北地方における中世の青銅製品の材質調査

○松井敏也、手代木美穂（東北芸術工科大学）

【はじめに】

従来、多くの青銅製品の材質分析が行なわれ、その冶金技術や製作技法などが明らかになるにつれ、材料技術史的観点からもその重要性が認識されつつある。材質分析による検出元素は主成分である銅、錫、鉛の他に、微量元素である鉄やヒ素、アンチモン、銀、ビスマスなどがあり、主成分のみならず微量元素の含有率についても研究考察が進められている。その中でもヒ素は融点の降下（ヒ素 1%で約 20℃）や銅との化合性¹⁾からその含有率が注目されている。既往の研究において、奈良東大寺の大仏にはヒ素 3%前後含有され²⁾、正倉院の国産と考えられている銅製品では銅 100 に対して 1~3 の割合でヒ素が含まれていることが指摘されている³⁾。また、法隆寺所蔵の金属容器の分析結果からは時代により組成率が異なることが示唆されており、中世の資料における銅 100 に対するヒ素の割合は 3.5~5.5 となり、ヒ素の含有率が高くなることがわかっている⁴⁾。中世の東北地方における青銅製品の材料科学的調査は日本国内の他の地域と比べて少ないのが現状である。そこで、本発表では中世の東北地方：宮城、福島、新潟、山形県内遺跡より出土した青銅製品の材質分析を行なった結果とそのヒ素含有率についての一考察を報告する。

【資料と分析方法】

資料は全 32 資料で、13 世紀から 16 世紀に属する遺跡・遺構から出土した金属製品である。使用した分析装置は波長分散型蛍光 X 線分析装置 SYSTEM3511(理学電機社製)、分析条件は管電圧 50kV、管電流 50mA、管球の対陰極は Cr、測定雰囲気は大気状態で行った。検出元素は Ti 以降の重元素で、各資料 2~5 回の測定を行なった。数値は検出元素をもとに 100wt%で規格化した半定量値の平均である。資料一覧および分析結果を表 1 に示す。

【結果及び考察】

資料は銅-錫-鉛を主成分とする青銅製品であることがわかり、微量元素としては鉄、ヒ素、銀などが含まれていた。各元素の含有率を検討すると下記のように 3 つに分類することが可能であった。A 類には木崎山遺跡（新潟）からの出土資料、B 類には大武遺跡（新潟）、

A 類：	銅 60~73wt%	錫 10wt%	鉛 20~30wt%	ヒ素(銅 100 に対して) ≤1
B 類：	銅 50~60wt%	錫 20wt%	鉛 20~30wt%	ヒ素(銅 100 に対して) 1~5
C 類：	銅 <50wt%	錫 20wt%	鉛 30~50wt%	ヒ素(銅 100 に対して) 5~25

郷主内遺跡（宮城）など、C 類には宮城、山形、福島からの出土資料が分類された。A 類資料は銅が比較的高くヒ素が少ない、より西日本の青銅製品と近い値であった。B・C 類資料は銅が低く鉛含有量が高くなり、ヒ素含有率もより高くなっている。ヒ素による融点降下の作用は古代における青銅製品製作には大きな利点であり、銅-ヒ素合金を考慮すると B 類では約 1000℃、C 類では 950~850℃まで融点が下がることが推定され、錫、鉛の含有量も多いことからさらに融点が下がることがわかる。本分析資料のヒ素含有率は、中世の法隆寺青銅製品と比べると最大 5 倍となる製品が存在した。また、資料 32 の海獣葡萄鏡（9~10C）は官営工房製作銅鏡の分析結果⁵⁾と比較して特に高い（銅 100 に対してヒ素 23.9）結果を得た。以上のことから、東北地方における青銅製品中のヒ素含有率は他地方に比べて高く、その特徴は古代から継続していることが推察された。C 類に分けられたヒ素が高い青銅製品においてはヒ素を故意に入れたものか否かについての考察も必要である。ヒ素を銅鉱石の不純物として捉えるならば、このヒ素含有率の違いは原料となる銅鉱石のヒ素含有率とその製錬具合の差違と考えられる。逆に、ヒ素を添加物として意図的に加えたとするならば、自然ヒ素鉱石の利用や江戸時代になって確立された「南蛮吹き」の溶炉床から採取される副産物「白目」⁶⁾（ヒ素・アンチモンを多く含む）と同等のヒ素製錬方法が必要となる。現時点においては江戸時代以前のヒ素製錬については未だ解明されておらず、どちらの可能性も否定できないが、東北地方には銅鉱石の原料の中でもヒ素含有率の高い硫砒銅鉱を産出した青森県安部城銅山や南蛮吹きを採用した秋田県阿仁銅山⁷⁾が知られており、今後更に青銅製品の材質分析を進めるとともに、東北地方における銅鉱石採掘とその精錬についても調査が必要であると考えられる。

表1 東北地方中世期金属製品の分析資料一覧と化学組成 (分析値はすべてwt%)

番号	出土県	遺跡名	資料	銅	錫	鉛	ヒ素	銀	アンチモン	鉄	ニッケル	亜鉛	ビスマス	水銀
1	新潟	木崎山	五銚鈴	64.0	8.6	25.7	0.67	0.11	0.07	0.82	0.05	0.03	n.d.	n.d.
2	新潟	木崎山	五銚鈴舌	65.5	10.4	23.0	0.60	0.11	0.04	0.97	0.06	0.04	0.10	n.d.
3	新潟	木崎山	花瓶	55.8	9.5	33.0	0.66	0.10	0.06	0.67	0.05	n.d.	0.14	n.d.
4	新潟	木崎山	飲食器19	50.8	6.8	40.8	0.47	0.10	0.05	0.82	0.06	0.18	0.18	n.d.
5	新潟	木崎山	飲食器20	58.0	9.5	30.3	0.74	0.11	0.06	0.76	0.06	0.05	0.11	n.d.
6	新潟	木崎山	飲食器21	48.7	8.0	41.7	0.59	0.08	0.04	0.81	0.05	0.18	0.12	n.d.
7	新潟	木崎山	六器鏡	64.0	8.4	25.7	0.81	0.09	0.06	0.55	0.06	0.04	0.11	n.d.
8	新潟	木崎山	六器台皿23	69.0	7.5	22.0	0.41	0.08	0.04	0.92	0.04	0.03	0.08	n.d.
9	新潟	木崎山	六器台皿24	69.5	6.9	22.0	0.52	0.09	0.04	0.75	0.06	0.03	n.d.	n.d.
10	新潟	木崎山	六器台皿25	65.5	6.9	26.5	0.27	0.07	0.05	0.70	0.05	0.04	0.03	n.d.
11	新潟	木崎山	六器台皿26	60.0	7.9	30.5	0.39	0.11	0.07	1.19	0.06	0.06	n.d.	n.d.
12	新潟	木崎山	六器台皿27	72.3	6.4	20.3	0.38	0.07	0.06	0.26	0.07	0.18	n.d.	n.d.
13	新潟	大武	花瓶21	63.2	14.4	18.9	0.70	0.23	n.d.	2.69	n.d.	0.05	0.61	n.d.
14	新潟	大武	花瓶22	67.3	14.3	15.6	0.82	0.24	n.d.	1.98	n.d.	n.d.	0.37	n.d.
15	宮城	郷主内 ^{a)}	飯食器A	55.0	15.0	28.0	0.84	0.31	0.15	0.73	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
16	宮城	郷主内	六器1	50.0	19.0	28.0	1.55	0.32	0.14	0.68	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17	宮城	郷主内	華瓶1	37.7	18.3	41.3	1.37	0.27	n.d.	0.55	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18	宮城	郷主内	華瓶2	35.0	18.0	39.5	1.12	0.22	0.11	0.90	0.06	n.d.	n.d.	n.d.
19	宮城	郷主内	独銚杵1	39.0	15.6	41.3	3.00	0.29	n.d.	0.55	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20	宮城	郷主内	五銚鈴1	52.5	9.8	30.5	4.15	0.40	0.13	1.90	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21	宮城	一本柳	素文鏡	36.3	20.3	40.3	1.50	0.40	0.46	0.54	0.24	n.d.	n.d.	n.d.
22	宮城	一本柳	懸鏡	62.7	4.7	11.6	0.62	0.19	0.06	20.14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23	山形	三条	洪武通宝	24.0	23.0	48.0	2.00	0.21	n.d.	4.10	0.15	0.06	0.21	n.d.
24	山形	三条	永楽通宝	29.0	18.0	48.0	2.4	0.33	n.d.	1.80	0.17	0.08	0.16	n.d.
25	山形	双葉町	鏡	48.5	25.0	20.5	4.15	0.55	0.06	0.49	0.12	0.07	0.17	0.41
26	山形	藤島城跡 ^{c)}	関枷桶	36.5	11.5	42.0	0.51	0.78	n.d.	8.50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
27	山形	藤島城跡	火舎脚部	39.0	16.0	35.0	5.60	1.90	n.d.	1.50	0.15	n.d.	n.d.	n.d.
28	山形	中山町経塚	経筒	52.8	6.4	36.0	1.28	0.21	0.08	3.30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
29	福島	小塙城跡	鏡片	52.0	11.5	32.0	0.59	0.10	n.d.	1.29	0.08	n.d.	0.25	n.d.
30	福島	小塙城跡	仏具蓋片	34.5	39.5	16.0	7.55	0.82	n.d.	0.81	0.09	n.d.	0.36	n.d.
31	福島	小塙城跡	火舎脚部	52.5	8.5	20.5	9.10	0.50	0.17	7.90	0.19	0.12	0.73	n.d.
32	宮城	市川橋 ^{b)}	海獣葡萄鏡	33.0	13.5	43.0	7.90	0.52	0.41	2.30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

【出典文献】 a) 松井敏也『郷主内遺跡出土密教法具の蛍光X線分析法による材質分析』宮城県文化財調査報告書第187集「名生館遺跡ほか」2001

b) 多賀城市文化財調査報告書第55集「市川橋遺跡-第23-24次調査報告書-」1999

c) 水戸弘美『山形市藤島町藤島城出土の金属製品』山形考古」第8巻第3号 1999

【まとめ】

東北地方における中世の青銅製品の材質調査の結果、主成分（銅、錫、鉛）およびヒ素含有率から3分類が可能であり、東北地方では中世以前古代から通じて、国内他地方に比べてヒ素含有量が高い青銅製品の存在が確認された。今後はさらに材質調査を進めると共に、東北地方における銅鉱石の採掘やその製錬方法についても調査をする予定である。

【謝辞】

資料提供などにご協力いただきました関係機関に対し、末筆ながら記して感謝申し上げます。

(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団、東北歴史博物館、宮城県教育委員会、山形県埋蔵文化財センター、山形市教育委員会、中山町教育委員会、福島県文化振興事業団、多賀城市埋蔵文化財調査センター

参考文献

- 1) 葉賀七三男：古代金属とヒ素、金属博物館紀要 13 (1988)
- 2) 内田俊秀：日本における7世紀から10世紀の銅合金の特徴について、金属博物館紀要、21 (1994)
- 3) 成瀬正和：正倉院の銅製品-化学的調査から-、金属博物館紀要 14号 (1989)
- 4) 村上隆：法隆寺所蔵金属製容器の調査(2)、奈良国立文化財研究所年報 (1994)
- 5) 成瀬正和：正倉院銅・青銅製品の化学的調査と青銅器研究の課題、考古学ジャーナル 470 (2001)
- 6) ウィリアム・ゴランド：白目附論日本銅ノ純良ト白目ノ関係並日本唐銅中ノ砒素の存在、日本鉱業会誌 128、129号 (1893)
- 7) 安田正之：銅熔鉱炉の炉底に生成した高品位の砒素を含む銅塊、季刊考古学第 68号 (1998)

Scientific Study on Iron Smelting Site at Wangchenggang, Lushan County, Henan Province

○ Jianli Chen¹, Tsutomu Saito¹, Minoru Sakamoto¹, Mineo Imamura¹, Rubin Han², Haiwang Liu³

¹ Department of Museum Science, National Museum of Japanese History, Japan

² Institute of Historical Metallurgy and Materials, University of Science and Technology Beijing, China

³ The Henan Provincial Institute of Cultures Relics and Archaeology, China

1. Introduction

Lushan County (魯山縣) locates southwest part of Henan province (河南省), about 200 kilometers to the provincial capital, Zhengzhou (鄭州). It was called Luyang Country (魯陽縣) and belonged to Nanyang Prefecture (南陽郡) in Han Dynasty (漢代). The Wangchenggang (望城岡) iron smelting site located south part of the Lushan city, about one million square meters. Many fragments of iron slag, pottery moulds and blast pipes of Han Dynasty were found in the site since 1950s. So it could be one of the most important iron smelting works were administered and managed by the government of Nanyang Prefecture and the Imperial Government. At the end of 2000, the remains of an oval-shaped blast furnace with clear structure whose volume is estimated to be the biggest one in ancient China was excavated at the site (Fig. 1). Due to its significant importance for the research of the iron and steel making techniques of ancient China, 9 samples, including fragments of iron and steel samples, slag and iron ores from the site were analyzed by using optical metallographic and SEM-EDS methods.

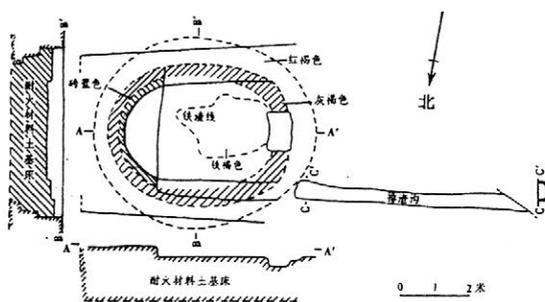


Fig.1 The bed of oval-hearth furnace and ditch to discharging slag

2. Analysis methods and results

After rubbing, polishing and soaking samples with nitric acid ethanol, optical metallographic and SEM-EDS was used to observe the microstructures and compositions of samples. The component analysis made use of a scanning electron microscope with energy disperse spectrum (SEM-EDS) to carry out the non-sampling quantitative analysis. This research was undertaken with the use of Japan Electron JEO-850 scanning electron microscope and the Philip PV9550 energy spectrum apparatus. The excitation voltage was 20kv. Although only 9 samples were examined, several significant phenomena were found that is could be used to infer the iron and steel making techniques. The analysis results show these iron objects were made by white cast iron, gray cast iron and decarburized steel making from cast iron in solid state. Hematite with high phosphorus content and limestone was

used for iron smelting in the site.

3. Discussions

3-1. The remains of the furnace

The excavation indicated that to build the furnace, first, a basic pit (17.6m long, 11.7m wide and 1.8m deep) was dug. Then it was filled with rammed earth about 15 layers that had been given fine working. In the bottom of the pit, a 3-5 cm layer of charcoal and two layers of 2-5 cm thick lime were paved with damp-proof purpose. For building the bed of the furnace, a rectangular groove with about $7 \times 5 \times 1.8 \text{ m}^3$ was dug in the center of the rammed earth base. It was filled with materials that composed of reddish brown refractory clay and grains of charcoal, quartz and grit and was rammed layer by layer which is 5-10cm thick. After the bed had been finished, the hearth was built on it. The inner diameter of the furnace is about 4.0m of the long axis and 2.8m of the short axis, and it had been ever reconstructed with a smaller oval shape hearth (long axis: 2.0m, short axis: 1.18m) for avoid freezing like the former ones. Several big salamanders in oval shape, one of them is about 30 tons weight, nearby the furnace were the evidence that the furnace had been failed for one time. It was the direct evidence that these kinds of big scale furnace was abandoned for difficult to control the operation.

3-2. Iron and steel making techniques

From microstructures of metal matrix and compositions of slag inclusions, two objects were identified as the steel making from cast iron by decarburization in solid state. One disadvantage of white cast iron was its brittleness and hardness which is not suit able for general use that involves impact, especially for farming implements, tools and weapons. This was overcome in the early 5th c. BC by the invention of annealing process which made a good use of white cast iron in ancient China. The process is iron objects were deposited in an annealing furnace and then reheated to 800-900°C in air for a long time. The furnace can very easily get the temperature of 900-1000°C and control the atmosphere. The atmosphere in annealing furnace was oxidizing or reducing. It was a decisive factor for producing decarburized iron, malleable cast iron or steel from cast iron by decarburization in solid state. One gray cast iron object was found also in this time.

Slag and ore unearthed the site were examined, the results show that high phosphorus content hematite was used to producing iron. The slag is fully glassy with low basicity. From the materials balance of the smelting process, lime stone must have been added as flux for high Ca content in slag. The compositions of iron particles included within slag to be determined as Fe-P-S alloy. From the analysis results, sulfur contents among these samples are very high. The reason probably relates to the high S content ore or the using of coal as fuel, but we do not deny other reasons. The radiocarbon dating by AMS was recommended for the further research. If the age of the object is the same as the site, it will be the earliest evidence that the Chinese began to using coal as fuel in iron smelting process during the Han dynasty.

4. Conclusion

The iron smelting technology of Wangchenggang site was studied in the paper. The excavation and analysis results of the iron making site indicated it is the most important archaeological find on the iron smelting site of Han Dynasty after the No.1 blast furnace at Guxing (古荥) had been unearthed since 1970's. The research provide with very precious information for the study of the Chinese metallurgy history.

SPring-8 を利用した高エネルギー蛍光X線分析による 銀製錬工程の検証

○村上 隆(奈良文化財研究所)
鳥越俊行・横山精士・高田 潤(岡山大学)

1.はじめに

石見銀山遺跡において平成8年から始まった総合調査の一つとして位置づけられた科学調査の成果の一つとして、鉱滓(カラミ)などの科学分析の結果に基づく「近世期における銀製錬工程のフローチャート」作成¹⁾を挙げることができる。これまでに提案されてきた近世の鉱山遺跡における製錬工程は、主に伝承されている絵図や絵巻、さらには文書資料によって考えられてきたが、実際の発掘調査によって出土した遺物の分析などによる考察から銀の製錬工程が想定された初めての事例であった。しかし、実際には、細かい点において再検討を加えなくてはならない余地が残されているのも現状であった。今回改めて、石見銀山の鉱石、石見銀山遺跡から出土した鉱滓(カラミ)などの資料に対して、SPring-8 を利用した高エネルギー蛍光X線分析を実施し、微量に含まれる重元素や希土類元素の分析を行うことによって、地球化学的な視野を踏まえた銀製錬工程の検証を行うことを試みた。

2.分析に供した資料

SPring-8 において今回分析に供した資料は、石見銀山における2つの鉱床で採取した鉱石、銀鉱石〔福石鉱床から採取〕と含銀銅鉱石〔永久鉱床から採取〕と、石見銀山遺跡で出土した銀塊や鉱滓である。鉱滓については、石見銀山遺跡における科学調査の成果として提案した2つの銀製錬工程、【銀製錬工程Ⅰ】(福石鉱床の銀鉱石に対する製錬工程)と、【銀製錬工程Ⅱ】(永久鉱床の含銀銅鉱石に対する製錬工程)を作成するにあたって基準資料として使用したものを選んだ。詳細を以下に示す。

【銀製錬工程Ⅰ】における鉱滓として、鉱滓Ⅰa(ガラス質)、鉱滓Ⅰb(流動状)、鉱滓Ⅰc(板状)の3点、【銀製錬工程Ⅱ】における鉱滓として、鉱滓Ⅱa(流動状)、鉱滓Ⅱb(流動状)、鉱滓Ⅱc(板状)、鉱滓Ⅱd(板状)の4点である。なお、銀塊は、【銀製錬工程Ⅱ】の最終段階で得られたと考えられる灰吹銀である。

3.実験方法

SPring-8 におけるビームライン BL08W を使用した。Si(400)のモノクロメーターにより単色化された高エネルギー(115.6keV)のX線を資料に照射し、二次的に発生した蛍光X線をGe半導体検出器で検出した。蛍光X線の取り出し角度は90°、ビームサイズは、0.5x0.5mm²。蛍光X線スペクトルは、マルチチャンネルアナライザーにより取得した。測定時間は、約50分を標準とした。資料は、半切後測定面を研磨し、測定箇所を光学顕微鏡下で選択した。

4.結果と考察

石見銀山に代表される金属生産遺跡では、発掘調査に伴う出土資料のほとんどは、作業工程で捨てられた廃棄物である。石見銀山遺跡において出土した製錬関係資料の科学調査を行うにあたり、まず資料を①熱変成を受けていないもの、②熱変成を受けたもの、という2つの大きなカテゴリーに分類することから始めた。これらのカテゴリーに、銀山で想定される作業工程をあてはめると、①〔採鉱→選鉱〕、②〔製錬→精錬〕とすることができる。そして、鉱石、ズリ、ユリカスが①にあたり、各種の鉱滓や炉跡が②に対応することになる。いずれも各工程で廃棄された「捨てられたモノ」である。これらの「捨てられたモノ」の中に、どんな元素がどんな状態で存在しているかを探ることで、近世期の銀製錬技術の流れとその技術水準を追求することを目標の一つとして科学調査を行ってきた。その成果の一端として、元の鉱石の地質的な特徴から、【銀製錬工程Ⅰ】と【銀製錬工程Ⅱ】と2通りの製錬工程を想定したフローチャートを作成した。しかし、地球化学的な視野を持った考察を行うために必要である重元素や希土類元素などは、含まれる量が微量であることと、分析手法にも限りがあったため、検討の対象とはなり得なかった。

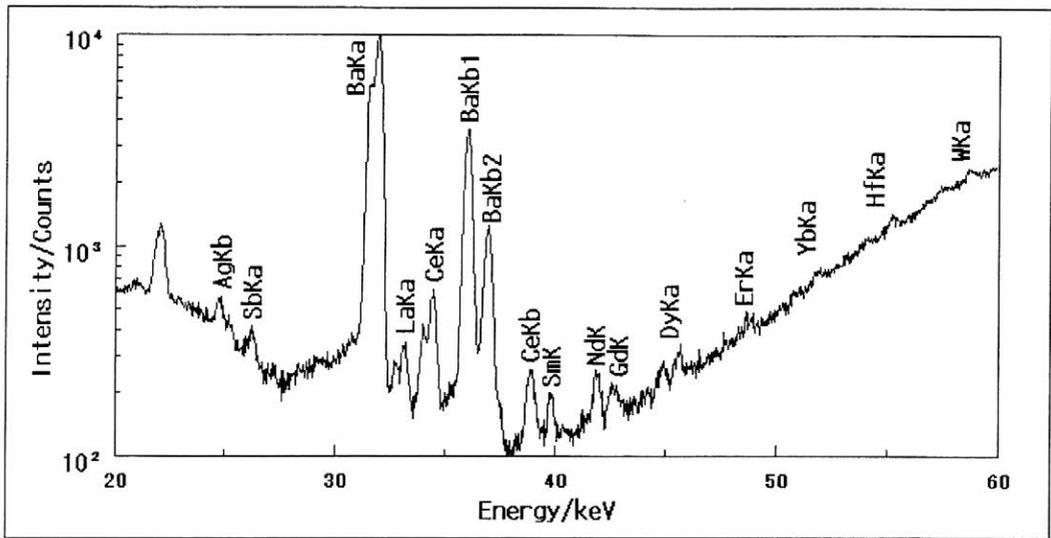


図1 石見銀山遺跡出土の鉍滓 Ia に対する分析結果

図1に、【銀製錬工程 I】におけるガラス質の鉍滓 Ia に対する分析結果を示す。微量の Ag、Sb などと共に、Ba や、La、Ce、Sm、Dy などの希土類元素の検出をみる。これは、選鉱後の鉍石に熱を加えて熔融化した状態で、比重が軽く表面に浮いた岩石質の滓に、鉍石中のこれらの元素が移行したことを示す。一方、流動状の鉍滓 Ib と板状の鉍滓 Ic では、これらの元素のうち、希土類元素を中心にそのほとんどが認められなくなった。これは、初期に熔融した滓である鉍滓 Ia に移行して除去されたことを意味する。すなわち、製錬工程において、鉍滓 Ia の方が鉍滓 Ib、Ic より早い段階であることがわかる。アルカリ土類元素や希土類元素の多くは V. M. Goldschmidt によって定義された「親土元素」^{2,3)}に相当し、主成分がケイ酸塩鉍物である鉍滓に移行したのは地球化学的な考察からみても納得がいく。最初に鉍滓 Ia が、次いで鉍滓 Ib、Ic が除去されるという工程を明らかにした意義は大きい。以上、SPring-8 を用いた微量元素分析による地球化学的な視点から、福石鉍床の銀鉍石に対する【銀製錬工程 I】の妥当性は検証されたといえよう。

次に、永久鉍床の硫化銅鉍石に対する【銀製錬工程 II】における鉍滓 IIa~II d に対しても同様の分析を行ったが、【銀製錬工程 I】におけるような明瞭な結果が得られず、いずれにも少量の希土類元素を検出した。これは、鉍石が銅の硫化物を主体とするため、製錬工程が【銀製錬工程 I】ほど単純ではなく、工程の途中で石英や銀山から得られるマンガン鉍（「三石錬」という）などの造滓剤が使われるなど、攪乱因子が増えることによると考えられる。しかし、希土類元素が比較的多く認められる鉍滓 IIa を第一段階、希土類元素がまったく認められない銀塊（灰吹銀）が最終段階とすることには異論をささむ余地はない。今後課題を残すものの、【銀製錬工程 II】に対しても SPring-8 を用いた微量元素分析により地球化学的な検証を試みる事ができた。

5. まとめ

石見銀山遺跡から出土した鉍滓を、SPring-8 を利用した高エネルギー蛍光 X 線分析によって分析し、特に各工程において排出される鉍滓に残存する希土類元素に注目した。鉍滓中の希土類元素の挙動に対して、V. M. Goldschmidt が提唱した地球化学の基本原則である「元素の地球化学的分類」を応用することで、筆者らがこれまで提案してきた銀製錬工程の妥当性の検証が行えることを新しい分析手法で改めて実証することができた意義は大きい。

- 1) 村上 隆・鳥越俊行・高田 潤編：「石見銀山遺跡科学調査報告書 第1冊」（2002）
- 2) Brian Mason: "Principles of Geochemistry, 3rded.", John Wiley & Sons (1966)
- 3) 松井義人・一国雅巳訳：「一般地球化学」, 岩波書店 (1974)

石見銀山遺跡より出土した灰吹銀に関する材料科学的研究

○鳥越俊行¹⁾・村上隆²⁾・高田潤¹⁾

1)岡山大学, 2)奈良文化財研究所

1.はじめに

石見銀山遺跡では、2000 年秋に灰吹銀(はいふきぎん)と考えられる銀塊が出土した。生産遺跡で初めての出土である。灰吹銀とは、製錬作業で得られた鉛-銀合金に対して、灰吹法と呼ばれる精錬方法(灰の上で加熱・熔融し、含まれている鉛を酸化させ灰に染み込ませ銀を分離する方法)を用いて得た銀に対する名称である。

今回我々は、出土状況が分かっている本資料に対して、科学組成や製作技術の解明を目的として、非破壊的手法を用いた材料科学的な調査を実施した。

2.対象資料

石見銀山遺跡の出土谷地区(硫化銅を多く含む銀鉱床の分布域)で出土した銀塊¹⁾。江戸時代末の遺構面より出土。長辺 18mm、短辺 12mm、高さ 5mm の扁平な碗型で、やや楕円形の形状を示す(図 1)。

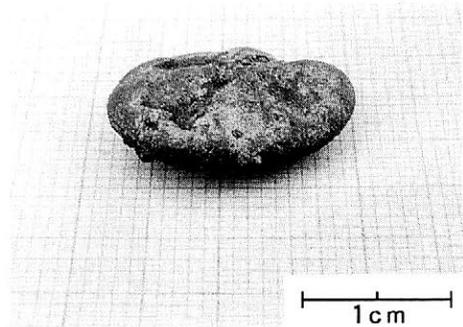


図 1 出土した銀塊

3.調査方法

実体顕微鏡による表面観察をふまえ、非破壊的手法を用いた分析を実施した。用いた装置は、蛍光 X 線分析装置(XRF)と電子顕微鏡に付帯するエネルギー分散型 X 線分析装置(EDX)である。

4.結果

- ①表面の特徴：中央付近に、茶色の金属光沢をもつ 1mm 程度の結晶を数個確認。窪んだ部分には緑色の炭酸銅や木炭片が付着する。裏面には黒色の付着物が一面に見られる。
- ②標準試料を用いた半定量分析：Ag 約 70%、Bi 約 20%、Pb と Cu を約 5% ずつ含む。
- ③微小部分の分析：表面の金属光沢をもつ茶色の結晶は Bi よりなる。裏面の黒色付着物からは、Pb,P,Ca,O などの元素を多く検出した。

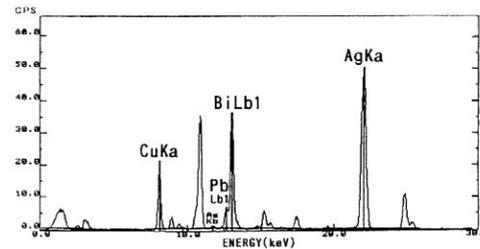


図 2 XRF による表面の分析結果

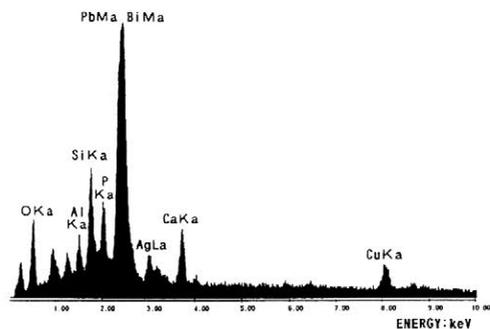


図 3 EDX による裏面の分析結果

5.考察

今回の調査により、石見銀山出土の銀塊にビスマスが濃集するという結果を得た。銀塊の出土した地域には、ビスマスを主成分とする硫化物(マチルダイト:AgBiS₂,アイキナイト:CuPbBiS₃など)を多く含む永久鉱床が分布している。ビスマスは、地球化学的な元素の分類では、銅や銀とともに硫化物を作りやすい元素(親銅元素²³⁾)に分類されるため、製錬までの工程で除去される元素の一つである。表面に生成したビスマスの結晶は、ビスマスを含む鉛-銀合金を加熱して鉛を除去する際に、固溶できなくなったビスマスが晶出したものと考えられるため、原料である鉱石には多量のビスマスを含むことが推定できる。

灰吹法では、砕いた骨灰の上で鉛-銀合金を加熱し、鉛を酸化させ灰に染み込ませて銀を得ることから、銀の底面には酸化鉛と灰の混合物が付着する。出土した銀塊の裏面からは、多量のカルシウムやリンを検出したことから骨灰を用いたことが明らかである。鉛の検出は、酸化鉛を意味すると考えてよからう。以上のことから、今回調査を実施した銀塊は、永久鉱床の鉱石を製錬し灰吹法で得られた銀、つまり【銀製錬工程II】で製錬した灰吹銀と判断できる。

石見銀山遺跡で出土した【銀製錬工程II】の灰吹銀に多量のビスマスを含むという今回の調査結果から、銀をさらに精製する灰吹工程を推定してよいのではなかろうか。また、銀製品に含まれるビスマスが石見の銀を判別する指標元素となる可能性もあり、石見銀山の銀の流通を考える上で、ビスマスの確認は重要な意味を持つだろう。しかし、同じ石見銀山にある福石鉱床の鉱石にはビスマスが含まれないため、【銀製錬工程I】の灰吹銀にはビスマスを含まない。さらに、同時代の銀山である兵庫の生野銀山など、他の銀山にもビスマスを含む銀鉱石が存在するので、これらの鉱山で製錬された銀にもビスマスを含む可能性がある。ビスマスを石見銀山産の銀を特徴づける元素として位置づけられる可能性を今後も検討する必要がある。

6.まとめ

石見銀山遺跡から出土した銀塊を、非破壊的手法を用いたXRFやEDXで分析した。得られた結果と原料の鉱石に含まれる元素を比較し、鉱床学、金属学、冶金学や地球化学の知見に基づき検討することにより、当時の製錬技術の解明をめざした。その結果、骨灰の上で鉛-銀合金を加熱したあとの生成物、つまり灰吹銀と考えられる資料であることが明らかとなった。また、非破壊的な調査ではあるが、ビスマスを多く含むという特徴が判明したことも大きな成果と言える。

最後に、本資料の調査を許可して下さった島根県教育委員会・大田市教育委員会に感謝します。

文献

- 1)村上 隆・鳥越俊行・高田 潤編:『石見銀山遺跡科学調査報告書 第1冊』, 2002.
- 2)Brian Mason: "Principles of Geochemistry, 3rd ed.", John Wiley & Sons, 1966.
- 3)松井義人・一國雅巳訳:『一般地球化学』, 岩波書店, 1974.

広島県加計町寺尾遺跡における金属製錬の材料科学的調査

○鳥越俊行¹⁾・村上 隆²⁾・高田 潤¹⁾・恵谷泰典³⁾

1)岡山大学, 2)奈良文化財研究所,

3)東広島市教育文化振興事業団文化財センター

1.はじめに

寺尾遺跡は、広島県山県郡加計町加計の標高約 550m の山中に位置する。本遺跡では、16 世紀末から 17 世紀初頭の金属生産に関する遺構や遺物が検出された¹⁾。出土資料の一部を科学的に調査した結果、銅も製錬されていたことを解明した²⁾。さらに踏み込んだ調査を継続したところ、新たな知見を得たのでここに報告する。

2.寺尾遺跡と調査の経緯

本遺跡では、林道工事に伴う発掘調査が 2000 年秋に実施された。鉱石の焙焼から製錬に至る作業工程を窺える遺構や遺物がまともって出土し、これらに対する科学的な調査を実施した¹⁾。さらに、鉱石、鉱滓や中間生成物など、複雑な様相を呈する資料についての詳細な調査を継続してきた。

3.対象資料

発掘調査で出土した製錬に関する遺物として、鉱石、鉱滓や製錬の中間生成物、焙焼炉[硫黄を除去するための炉(鉱石を熔融するまで加熱しない)]や製錬炉[鉱石を熔融した炉]に伴う土などを調査対象資料に選んだ。

4.調査方法

蛍光 X 線分析装置(XRF)を用いた定性分析を基本に、高周波誘導結合発光分光分析装置(ICP)による定量分析を必要に応じて実施した。鉱石や鉱滓など、資料内部が不均質なものについては、樹脂に包埋し表面を研磨後、反射顕微鏡観察や、電子顕微鏡に付帯するエネルギー分散型 X 線分析装置(EDX)を用いて微小領域分析を行った。

5.結果と考察

- ①**鉱石**：被熱した形跡の見られる鉱石の中には、高品位なものも存在する。大きさは拳大で、方鉛鉱(PbS)、閃亜鉛鉱(ZnS)、黄銅鉱(CuFeS₂)、硫砒鉄鉱(FeAsS₄)、黄錫鉱(Cu₂FeSnS₄)などの鉱石鉱物からなる。硫砒鉄鉱の濃集する部分に認められる変質部は、焙焼炉において加熱され、脱硫と砒素の除去が同時に行われた証左であろう。
- ②**鉱滓**：形状から、(a)流動状滓と(b)板状滓に大きく区分できる。(a)流動状滓は、直径 30 cm 程度の円錐形。重量約 3 ~ 5 kg の塊をなす。(b)板状滓は、厚さが 5 mm 前後、縁を持つものもある。(a),(b)共に、カンラン石(Fe₂SiO₄)や複数の硫化物よりなる金属粒を多く含むが、内部の微細組織や科学組成が異なる。(a)は、白榴石(KAlSi₃O₈)を多く含み、(b)は、金属元素の含有量が多い傾向が見られる。どちらのタイプも、石見銀山遺跡の【銀製錬工程Ⅱ】(硫化銅を多く含む鉱石に対する製錬工程)の滓と類似点が認められる。

- ③中間生成物A：銅鍍に覆われた長辺6×短辺4×高さ1.5cmの塊(重量約105g)。鉛と銅を多く含み、微量の銀も含む。酸化鉛、酸化銅、硫化銅、鉛合金など多様な鉱物よりなる。鉄の酸化鉱物や珪酸塩鉱物はほとんど含まれない。
- ④中間生成物B：扁平な碗型で、直径5cm×高さ1cmの塊(重量約70g)。鉛を主体として、錫や銅を多く含む。銀も微量に含まれる。銅-錫合金、硫化銅、炭酸鉛、塩化鉛や銅など多様な鉱物よりなる。鉄の酸化鉱物や珪酸塩鉱物はほとんど含まれない。
- ⑤炉に伴う資料：焙焼炉内の土からは、鉛、硫黄、亜鉛、砒素、錫などの元素を有意に検出。いくつかの焙焼炉の炉底からは、非常に多くの硫黄と砒素を含む黒色の塊を採取した。これは、鉱石中の硫砒鉄鉱が加熱により分解したときの生成物と考えられる。製錬炉の土からは、銅を少量検出。

今回の調査により、製錬工程で得られた中間生成物Aには、多量の銅、鉛と銀を確認し、中間生成物Bからは、多量の鉛と銅、錫、銀を検出したことは、大きな収穫であった。これは、鉛、錫や銀を含む銅鉱石を製錬する際に得られたものと考えてよい。出土した中間生成物に含まれる銀を回収する工程の遺構や遺物は確認されていないが、かつては寺尾銀山と呼ばれていたことから、銅だけでなく銀も生産されていた可能性を考えてもよいのではなかろうか。

6.まとめ

16世紀末から17世紀初頭の非鉄金属生産遺跡である寺尾遺跡では、以下のような工程で金属を製錬したことを明らかにした(図1)。寺尾遺跡における製錬工程は、石見銀山遺跡における出土遺物の科学的調査で明らかにした【銀製錬工程Ⅱ】に類似しており、銅分の多い鉱石を有する鉱山における近世期の製錬作業に共通する工程と見ることができよう。しかし、石見銀山遺跡におけるこれまでの調査では確認されていない、焙焼に関する遺構や遺物、2種類の間生成物の存在などは、寺尾遺跡の独自性を裏付けるものである。

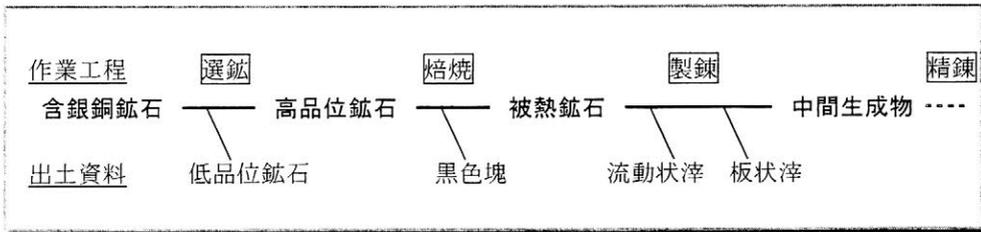


図1 寺尾遺跡における金属製錬工程

文献

- 1) 広島県埋蔵文化財調査センター編:『寺尾遺跡』, 第198集, 2002.
- 2) 村上 隆・高田 潤・鳥越俊行:「広島県加計町寺尾遺跡における科学的調査」, 『広島県埋蔵文化財調査センター調査報告書第198集 寺尾遺跡』, 41-45p, 2002.
- 3) 村上 隆・鳥越俊行・高田 潤編:『石見銀山遺跡科学調査報告書 第1冊』, 2002.

出土琥珀の熱的挙動について

○植田直見 (財)元興寺文化財研究所

1. はじめに

現在まで国内での出土琥珀の科学分析は赤外分光分析法(FT-IR)¹⁾、電子スピン共鳴法(ESR)²⁾、核磁気共鳴法(NMR)³⁾、蛍光スペクトル法⁴⁾などが実施されてきた。これらの方法を用いて産地同定や劣化状態を把握する試みが行なわれた。これらの分析手段の中で赤外分光分析は最も数多くのデータが報告されている。国内の出土琥珀の産地同定に関しては現在まで、この方法以外ではほとんど同定に至っていない。しかし、琥珀の劣化が激しいとスペクトルが変化し正確な判断ができなかった。そのため他の分析手段を検討する必要がある。近年高分子化合物の熱的性質の判断に利用されている熱分析法を有機高分子化合物である琥珀に適用することを検討した。その結果、興味ある知見が得られたので報告する。

2. 分析試料

出土琥珀は縄文時代の2遺跡(長野県岡谷市梨久保遺跡、岐阜県丹生川村丸山遺跡)から出土した合計3点について分析を行なった。そのうち1点については表面の劣化の激しい部分と内部の比較的劣化していない部分とに分け、それぞれについて分析を行ない、両者を比較した。また、標準試料として現代の主産地(久慈市、いわき市、銚子市産)から産出した琥珀を同様に分析した。

3. 分析方法および条件

熱分析とはプログラムされた温度での物質の物理的性質を測定する技法を総称したものである。その中で温度変化に伴う試料の質量変化を検出する技法である熱重量測定(TG)と試料と基準物質の温度差を測定して転移温度などを求める示差熱分析(DTA)を行なった。装置は島津製作所製熱分析装置(DTG-60)を使用した。

両技法とも様々な条件によってその曲線が変化する。影響を与える要因として試料量、試

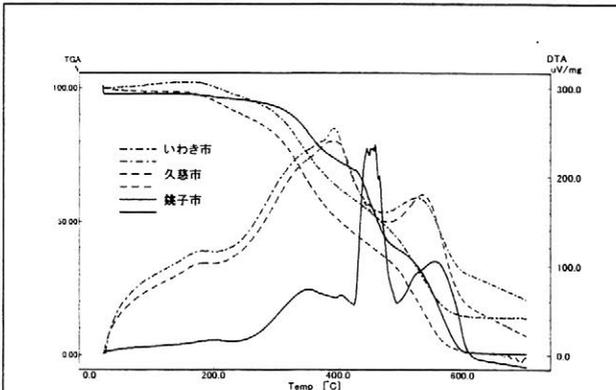


図1. 標準琥珀のTG、DTA曲線

料の粒度、資料の充填方法、試料容器の形状や材質、昇温速度、測定雰囲気などが考えられる。そこで、同一試料を用い、重量、形状、昇温速度について条件を変え、それ以外については条件を一定にして測定を行なった。

4. 結果・考察

測定条件については粒度の違いが大きく影響した。粉末と粒状の場合、最初の大き

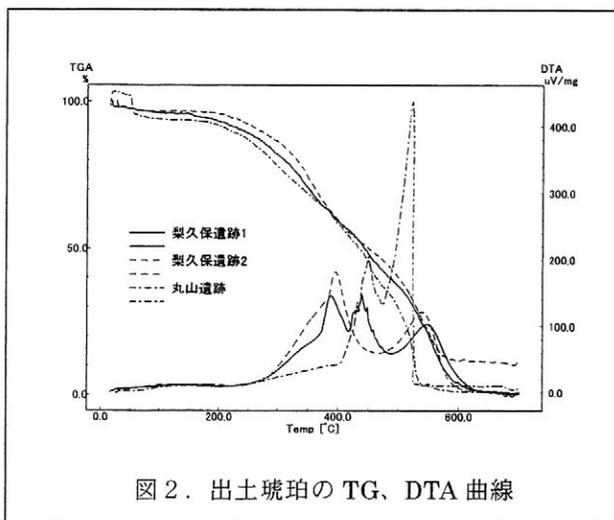


図2. 出土琥珀のTG、DTA曲線

さらに、出土琥珀についても同様に測定を行なった。まず同一琥珀で表面の劣化している部分と内部の比較的劣化していない部分の測定を行なった。その結果、DTA 曲線は高温側の2つのピークが劣化に伴い両者が接近し最終的に見かけ上は1つのピークとして検出されることがわかった。また、出土琥珀3点についても同様な条件で測定した。その結果、それぞれの曲線は異なるが大きく2グループに分けられることがわかった(図2)。すなわち、DTA 曲線では400、550°C付近にピークが見られるグループと450°C付近にピークが見られるグループで、構成成分の違いによる可能性が高いと考える。なお、520°C付近のピークは劣化の進行に伴って増加するピークであると推測した。

今回の反応はTG測定では重量減少が、DTA測定では発熱を伴いこれらの反応は燃焼(分解)反応である。また、同一試料であっても測定条件によってDTAおよびTG曲線とも大きく変化することがわかった。しかし、条件を統一すればTG測定およびDTA分析ともに再現性のある結果が得られることもわかった。

5. 最後に

有機高分子で構成された琥珀に熱分析を摘要した。その結果、熱分析は琥珀の性質および状態を把握する手段として摘要できる可能性を見出した。今後さらに最適な条件を探り、各地で出土している琥珀を分析しデータを収集した後、劣化状態の違いによるグルーピングおよび標準琥珀との比較を行なうことで産地ごとのグルーピングを進めたい。さらに、赤外分光分析の結果とも合わせて、考古学および保存科学的な研究を進める基礎データとしたい。

参考文献

- 1) 室賀照子他、考古学と自然科学、第9号、p59(1976)
- 2) 藁科哲男、日本文化財科学会第9回大会講演要旨集、p94(1992)
- 3) 中條利一郎他、日本琥珀研究会会誌、3号 p13(2001)
- 4) 佐藤昌憲、奈良国立文化財研究所保存科学研究集会(1999)

なピークが粒状のものは鋭くなり、高温側にシフトした。その他重量や昇温速度については大きな変化は観察されなかった。

次に標準琥珀の熱分析と縄文時代の2遺跡から出土した琥珀3点の測定を行なった。標準琥珀では図1に示したように久慈市産といわき市産は比較的似通った変化を示したが、銚子市産は異なった結果となった。これは赤外分光分析の結果とも一致した。

東北地方縄文時代出土塗彩資料の塗膜材料とその断面構造(1)

○武田昭子(昭和女子大学)、赤沼英男(岩手県立博物館)、佐藤昌憲(奈良文化財研究所)、
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)

1 はじめに

東北地方の縄文時代の遺跡からは赤色系色材料を使って塗彩された夥しい数の資料が見出されている。青森県青森市三内丸山遺跡縄文時代前期後半の遺構からは、直径 $1\mu\text{m}$ 以下の微細酸化鉄粒子を混和して塗彩された木器とともに、主として酸化第二鉄および酸化ケイ素からなる泥岩またはチャートの小塊(以下では赤色チャートという)、それを粉末にした資料が残存する土器底部が検出された。中期の遺構からは上記に加え、パイプ状物質が混和された樹脂が残存する土器底部とそれによって塗彩された土器が確認されている。山形県高島町押出遺跡の縄文時代前期の遺構から出土した木器および土器の赤色系塗彩部分には、パイプ状物質が使用されていた。一方、縄文時代後期に比定される山形県遊佐町小山崎遺跡からは、樹脂で下地調整した後酸化鉄粒子を混和した素材を用いて塗彩された土器、酸化鉄粒子を混和した樹脂で下地調整した後、硫化水銀粒子を混ぜ合わせ調整した樹脂を上塗りした木器が検出されている。

東北地方の縄文時代前期および中期に使用される赤色系色材料には、パイプ状物質および微細酸化鉄粒子があり、それらの使用状況に地域差がみられること、中期にはパイプ状物質による塗彩が普及すること、後期にはそれらに加え硫化水銀が用いられるようになり、また下地調整技法も変化する事が明らかとなった。以下に出土塗彩資料の自然科学的調査結果を報告する。

2 調査資料ならびに調査方法

調査資料は三内丸山遺跡縄文時代前期後半から中期後半の遺構から出土した、赤色系塗彩木器・土器、押出遺跡出土縄文時代前期の木器・土器、小山崎遺跡出土縄文時代後期から晩期の木器・土器である(表1)。調査には資料からカッターナイフを使って摘出した約 0.05g の試料を用いた。摘出した試料の塗膜断面が観察面となるようエポキシ樹脂に埋め込み研磨した。研磨面をEPMAで分析し、鉱物の分布状況および元素濃度分布を調べた後、剥片にし透過顕微鏡で塗膜構造を調査した。

3 調査結果

3-1 三内丸山遺跡出土資料

No.1の木胎の上には $5\sim 30\mu\text{m}$ 厚の樹脂膜がある。その上には直径 $1\mu\text{m}$ 以下の微細な酸化鉄粒子と酸化ケイ素粒子が混在した $5\sim 20\mu\text{m}$ 厚の塗膜がみられ、微細酸化鉄粒子と酸化ケイ素粒子が残存した $10\sim 20\mu\text{m}$ 厚の塗膜が重ねられている。赤色系色材料は微細酸化鉄粒子で、樹脂層に接する塗膜には最上層の塗膜に比べ多量の色材料が混和されている。No.2の赤色系材料も微細酸化鉄粒子で、塗膜断面構造はNo.1とほぼ同じである。No.3の断面は、土器胎部に $30\sim 80\mu\text{m}$ 厚の樹脂層とその上にパイプ状物質を含む $10\sim 30\mu\text{m}$ 厚の塗膜層からなる。赤色系色材料はパイプ状物質で、塗膜断面も2層であるという点でNo.1・2とは差異がみられる。

3-2 押出遺跡出土資料

No.4は樹脂で地固めた後、数ミクロン厚の上塗りが施され、その上に樹脂にパイプ状物質を混ぜ合わせ被覆性を高めた樹脂を $100\sim 150\mu\text{m}$ 厚で塗り、さらに多量のパイプ状物質を混和した樹脂を塗り重ねたことを示す塗膜を持つ。EPMAによる含有元素濃度分布のカラーマップによって、鉄(Fe)、酸素(O)を主成分とすることがわかった。パイプ状物質の $\text{Fe-L}\alpha$ 、 $\text{Fe-L}\beta$ の波形変化は、 Fe_2O_3 の標準物質とほぼ合致し、赤色の発色源は酸化第二鉄とみることができた。No.5は、赤色塗彩に黒色で模様を施された土器である。赤色系塗彩領域の断面は、胎部が樹脂で地固めされ、その

上にパイプ状物質を含む 40～50 ミクロン厚の上塗り樹脂層があり、最上面にはパイプ状物質が下層よりも濃密に分布した 5～10 μm 厚の塗膜が塗り重ねられた構造をとる。黒色塗彩領域を含むものは(線描文様の個所)、さらにその上に 30～50 μm の樹脂層がある。

3-3 小山崎遺跡出土資料

No.6 から抽出した試料断面は、地固めした胎部の上に数ミクロン厚の樹脂層、酸化鉄粒子が残存した 40～50 μm 厚の樹脂層、および酸化鉄粒子を含む 50～60 μm 厚の樹脂層の3層によって構成される。胎部に接する樹脂層はその上の樹脂層に比べ酸化鉄粒子が濃密に分布する。No.7 から抽出した試料断面は、地固めした木胎表面の上に接する数ミクロン厚の樹脂層、その上の酸化鉄粒子を含む 20～30 μm 厚の塗膜層、最表面の硫化水銀粒子が残存した 30～40 μm 厚の塗膜層の4層からなる。

4 考察

三内丸山遺跡の縄文時代前期後半および中期の遺構からは、酸化第二鉄と石英を主成分とする赤色チャートの小塊が検出され、その粉末の保管に使用されたと推定される土器が見出されている。津軽半島に位置する青森県今別町砂ヶ森赤根沢からは赤鉄鉱を含む赤色チャートが産出され、津軽藩政時代には顔料として採掘されていたことが知られている。既に縄文時代前期後半に、この地域から産出される赤色チャートが三内丸山遺跡に運び込まれ、赤色系色材料に調整され、木器の塗彩に使用された可能性がある。三内丸山遺跡の縄文時代中期の遺構からは、上記に加えパイプ状物質を混和した樹脂が残存した土器底部が見出され、パイプ状物質を用いて塗彩された 10 点を超える土器片が確認されている。縄文時代中期になって、パイプ状物質を使用する塗彩が普及した可能性があることを示している。なお、顕微赤外分光分析によって、No.1～No.3 の塗膜の赤外吸収パターンには明瞭な差異が観察された。塗彩に使用された樹脂の調整法に起因すると考えられ、この点については今後詳細な調査によって吟味することとしたい。

縄文時代前期に比定される押出遺跡出土木器および土器の赤色塗彩部分には、共に酸化鉄を主成分とするパイプ状物質が使用されていた。縄文時代前期には、地域によって使用する赤色系色材料が異なっており、中期になってパイプ状物質を用いた塗彩技術が普及した可能性が考えられる。

木器の場合、土器に比べ下地調整がかなり厚く施されている。胎部表面を平滑にすることが難しい資料の場合、上塗りが下地調整の役割を果たすよう入念に塗布された可能性がある。縄文時代後期に比定される小山崎遺跡出土土器赤色塗彩部分には酸化鉄粒子が、木器の赤色塗彩部分には下地に酸化鉄、表面の塗膜には硫化水銀が使用されていた。土器に残存する酸化鉄粒子は直径が 1 μm 以下のもの、2～3 μm のものがあり、大きさにばらつきがみられる。縄文時代後期から晩期に至り、赤色系色材料の素材および素地調整技法が共に変化した可能性があることを示している。時代特定および形式学的分類が可能な塗彩資料に関する自然科学的調査結果を蓄積させることにより、東北地方の縄文時代における塗彩技術の変遷を明らかにすることができると思われる。

表 1 調査資料

No.	資料名	出土地	推定時期	赤色系色材料	整理番号
1	赤色系塗彩把手付容器破片	三内丸山遺跡	縄文中期	微細酸化鉄粒子	No.3
2	赤色系塗彩鉢破片		縄文前期中葉	微細酸化鉄粒子	No.5
3	赤色系塗彩土器片		縄文中期	パイプ状物質	No.27
4	赤色系塗彩木器片	押出遺跡	縄文前期	パイプ状物質	w-44
5	赤色系塗彩土器			パイプ状物質	p-241
6	赤色系塗彩塗彩土器	小山崎遺跡	縄文後期中葉	酸化鉄粒子	Yk-10
7	赤色系塗彩木器片		縄文後期～晩期前葉	硫化水銀	Yk-6

大気サブミリPIXEカメラによる仙台城二の丸跡出土漆器の分析

○藤沢敦¹⁾、松山成男²⁾、石井慶造²⁾、山崎浩道²⁾、ツェンデタワー・アマルタイバン²⁾、小森祐嗣²⁾
加藤浩介²⁾、堀田和茂²⁾、伊豆川大士²⁾、水摩恵子²⁾、京野恵子¹⁾、高木暢亮¹⁾、千葉直美¹⁾

1) 東北大学埋蔵文化財調査研究センター 2) 東北大学大学院工学研究科

1. 大気サブミリPIXEカメラ

PIXEは、荷電粒子ビームを試料にあて、そこから出てくる特性X線を測定することで元素を分析する。この手法は、通常一様な試料を真空中において分析するため、試料に制約がある。そこで我々は、これにサブミリ径のスキャンビームと、ビームを大気中に取り出してから分析を行う大気PIXE分析法を組み合わせ、試料を非破壊のまま、元素の空間分布を画像とし、多元素を同時に分析できるシステム、大気サブミリPIXEカメラを開発した(図1)。

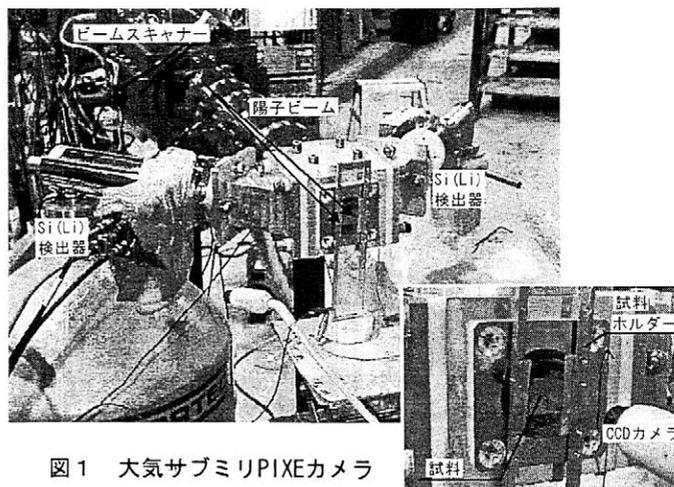


図1 大気サブミリPIXEカメラ

二連のスリットにより形成されたサブミリビームは、水平・垂直方向にスキャンされる。垂直方向は空芯電磁石、水平方向は積層電磁石を用いた。スキャン可能範囲は最大で3 cm × 3 cmである。試料からのX線は、ビーム軸に対して135度に設置したX線検出器により検出される。X線検出器がX線を検出しデジタル変換されると同時に、スキャン電磁石のコントロール信号によってビームの照射位置を取り込む。本システムは、測定中においてもデータのソーティングが可能で、指定した元素の空間分布や、領域毎のX線エネルギー分布を表示することができる。

2. 仙台城二の丸跡出土漆器の分析

本装置は、遺跡出土の水漬け状態の資料でも、表面の水分をふき取っただけで分析が可能であり、漆器の分析には極めて適している。今回は、分析の有効性を検討するため、仙台城二の丸跡出土の漆器の内、年代が明確で、加飾が施されている資料12点を選定して分析した。

①色漆の顔料成分

加飾部分と加飾のない部分を含む範囲を分析したところ、加飾部分に明確に対応する形で、色漆の顔料に由来すると考えられる元素が分布することを明らかで

表1 分析結果

試料番号	色調	分析結果	備考
NM5 W044	銀	Ag	二の丸跡第5地点
NM5 W070	赤	Hg (Zn)	17世紀末
NM9 W001	赤	Hg (Zn)	二の丸跡第9地点
NM9 W002	赤	Hg	17世紀初頭
NM9 W007	赤	Fe	
NM9 W053	赤	Fe	二の丸跡第9地点
NM9 W056	銀	Ag (Pb)	18世紀後葉
NM9 W059	赤	Fe	
NM9 W070	赤・銀白	Fe・Sn	
NM9 W071	赤	Fe	
NM9 W172	金・赤緑	Au・Fe+As	二の丸跡第9地点
NM9 W177	赤・銀	Fe・Sn	19世紀前葉～中葉

※分析結果は顔料の主要成分と考えられるもの。
()内に示したのは微量成分。

きた(図2、表1)。赤色漆には、朱(水銀朱 HgS)とベンガラ(酸化第二鉄 Fe_2O_3)の両者が認められる。金もしくは銀色(銀白色)を呈する部分には、Au(金)・Ag(銀)・Sn(錫)が認められ、錫は代用品であろう。また、Asは石黄(硫化砒素 As_2S_3)であると考えられる。

②黒漆の着色剤

今回分析した全資料で、加飾の色漆とは正反対の分布で、Caが検出された。Caは、地の黒漆の部分に由来するものと考えられる。漆膜の下地に由来する可能性もあるが、PIXE分析が深い部分まで到達しないことを考慮すると、黒漆の黒い着色剤に由来する可能性が高いと考えられる。着色剤に使われたカーボンの原料となった、植物などの有機物が取り込んでいたCaが検出された可能性が指摘できる。また1点だけは、CaとともにFeが検出された(NM5 070)。これについては、黒く着色するため鉄分が混和された可能性が考えられる。

③水銀朱の不純物

水銀朱が使われた赤色漆では、赤色漆の分布に対応して、微量のZnが検出されたものがあった。その分布より、水銀朱の不純物の可能性が考えられる。Znが検出されない資料もあるため、不純物の種類・比率によって、原料となった水銀朱を分類できる可能性がある。そこで、分析した範囲の内、赤色漆の部分だけの特性X線データを取り出すことで(図3)、HgとZnの比率を検討することが可能となった。

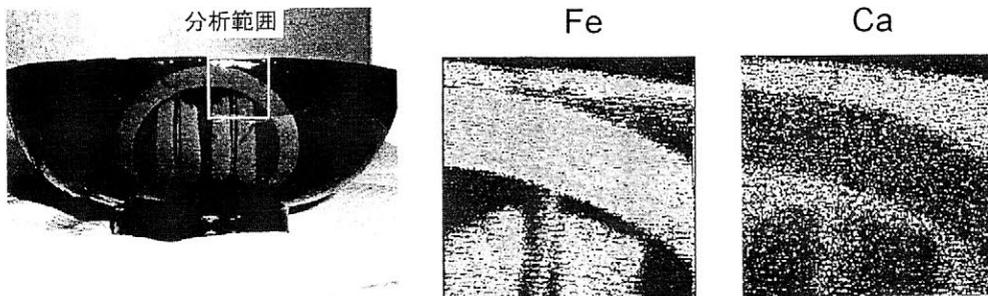


図2 NM9 W053資料の分析範囲とFe・Caの元素分布画像

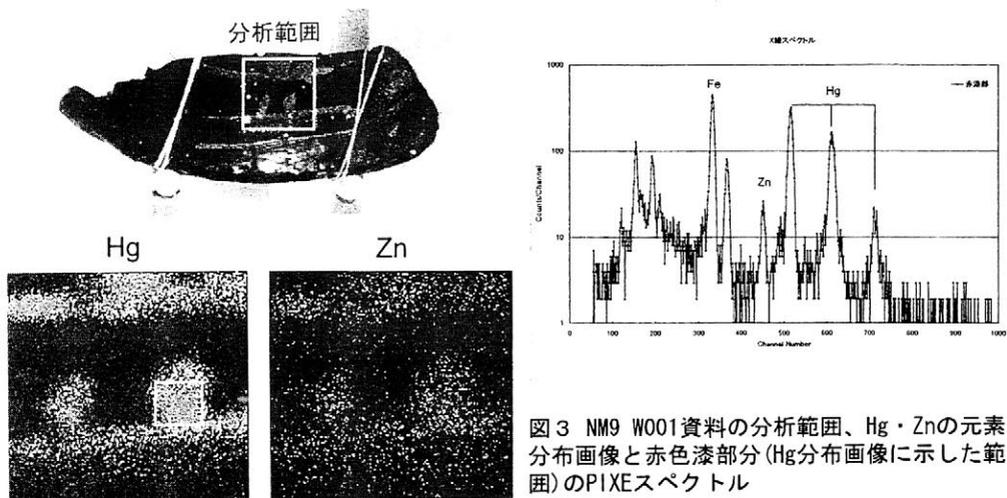


図3 NM9 W001資料の分析範囲、Hg・Znの元素分布画像と赤色漆部分(Hg分布画像に示した範囲)のPIXEスペクトル

長崎製輸出漆器における螺鈿技法の分析

○小瀬戸恵美（国立歴史民俗博物館） 日高薫（国立歴史民俗博物館）

1 はじめに

16世紀後半以降、ポルトガルやオランダとの交易を通じて、大量の漆器が日本からヨーロッパに向けて輸出された。その多くは京都で製作された蒔絵漆器であったが、19世紀に入ってから主流となる輸出漆器は、薄い貝片の下に、赤・青・黄など各種の彩色を施し、黒塗漆の器面に象嵌する特徴的な螺鈿技法を用いたものである。この伏彩色の螺鈿による輸出漆器は、「長崎漆器」、あるいは「青貝細工」などの名称で親しまれている。

近年これらの輸出漆器の新資料が相次いで紹介されたことにより、その多彩な様式が広く知られるところとなり、また文献資料に基づく研究の成果によって、製作や貿易の実態も少しずつ解明されつつある。しかしながら、現時点での当該分野への関心は、概ね美術史的観点にとどまっておろ、伏彩色螺鈿技法の詳細に関しては、いまだ不明な点が多く残されている。そこで、本調査では当該様式を示す遺品から試料を採取し、分析を行うことにより、これらの輸出漆器の材質や工程をより明らかにしようと試みた。

2 資料について

国立歴史民俗博物館収蔵の花鳥螺鈿裁縫机（H-995-3）、花鳥螺鈿ゲーム箱（H-995-4）、花鳥螺鈿蒔絵瓶入箱（H-995-5）、花鳥人物図螺鈿茶筒（H-995-6）および花鳥螺鈿箱（個人蔵：推定1840年代から1880年代）を調査対象とした。

4 分析方法

調査は、技法の解明を目的とした実体顕微鏡観察による非破壊調査（対象：花鳥螺鈿裁縫机、花鳥螺鈿ゲーム箱、花鳥蒔絵瓶入箱、花鳥人物図螺鈿茶筒）と試料採取調査（対象：花鳥螺鈿箱）と分類される。資料採取調査は、花鳥螺鈿箱の伏彩色部四箇所から採取した試料（約1mm×1mm以内）を金属光学顕微鏡（OLYMPUS VANOX）で観察後、クロスセクションとし、伏彩色断面の金属光学顕微鏡観察およびエネルギー分散型特性X線検出器付走査型電子顕微鏡（走査型電子顕微鏡部分：日本電子製JSM-820、EDS部分：フィリップス製PV-9550、加速電圧20kV、積算時間100sec(live second))をもちいて元素分析を行った。

5 結果と考察

5-1 技法について

実体顕微鏡観察による歴博収蔵4資料の調査においては、花鳥螺鈿ゲーム箱の蓋表の花弁、葉脈を表す墨書きの線が、螺鈿周縁部において途中で切断されているのが認められ、墨書きの線が引かれた後に貝の切抜きが行われていることが判明した。一方、花鳥螺鈿蒔絵瓶入箱側面尾羽部の顕微鏡写真においては、貝の剥落箇所、箔と顔料、墨書きが鮮明に残存しており、箔のうえに顔料をおき、その上に貝を貼り付けるという手法が用いられた可能性も否定できない。

実体顕微鏡観察および元素分析をおこなった花鳥螺鈿箱（個人蔵）の各彩色部においては以下のことが明らかとなった。

試料番号	分析箇所	検出元素
A1(紫)	薄貝	Ca
	彩色層粒子	Na, Al, Si, K, Ca
	彩色層微量粒子	S, Ba
A2(青)	薄貝	Ca
	彩色層粒子	Na, Al, Si, K
	彩色層微量粒子	S, Ba
A3(黄)	箔層	Ag, Cl
	薄貝部	Ca
	彩色層	Si, Ca
A4(赤)	箔層	Ag, Cl
	薄貝	Ca
	彩色層粒子	Si, P, Ca, Fe
	箔層	Ag, Cl

Table. 1 花鳥螺鈿箱（個人蔵）の元素分析箇所および検出元素

箔の素材に関しては、銀が検出されており、19世紀輸出漆器が大量輸出製品であることなどから、錫箔を使用していたと考えられることが多かったが、本調査により銀箔を使用している製品も存在することが明らかになった。また、四色（黄、赤、紫、青）の彩色層においては、黄色彩色部は染料、赤色彩色部は無機顔料（鉄由来：おそらく Fe_2O_3 ）、紫彩色部は染料と青色無機顔料の混合、青色彩色部は無機顔料により彩色されていることが明らかとなった。ここで、非常に興味深いのは、紫彩色層及び青色彩色層に含まれる青色顔料粒子の分析結果である。金属光学顕微鏡観察および元素分析の結果から、この青色顔料粒子はウルトラマリンブルー ($\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$) と推定される。19世紀輸出漆器が大量輸出品として製作されたことを考慮すると、このウルトラマリンブルーは天然のものではなく、人工ウルトラマリンブルーであると考えられる。長崎は出島を通じて独自の日蘭貿易を行っており、ヨーロッパでウルトラマリンブルーが普及した1830年代、あるいは1840年代に輸入され、伏彩色の顔料として使用された可能性も否定できない。しかし、ライデン国立民族学博物館に所蔵されるシーボルト・コレクション中の螺鈿漆器には、今回調査対象とした資料に見られるような鮮やかな青色は使用されておらず、やや緑味がかかった青色がわずかに認められるのみである。これにより、シーボルトが漆器を蒐集したと想定される1820年代頃には、伏彩色の顔料として藍あるいはペロ藍（緑味がかかった青）が使用された可能性があり、その後、ウルトラマリンブルーが伏彩色顔料として導入されたと推測される。

本調査における素材調査は限定されており、工房、産地、時代など様々な要素を考慮しなくてはならないが、個々の遺品に用いられている素材を特定することは、このように伏彩色螺鈿技法に用いられる素材の変化をたどることにつながり、今後、継続して調査を行うことにより、様式観察からだけでは困難を極めている当該分野の資料の編年に役立つ情報を提供できるものと期待される。

岡山市南方(済生会)遺跡出土木質遺物の樹種同定

○藤井裕之(京都大学大学院 人間・環境学研究科)

光谷拓実、松井章(奈良文化財研究所)

はじめに

南方遺跡(岡山市)は、現在のJR岡山駅北側付近に広がる遺跡の総称である。弥生時代中期前葉に位置づけられる南方式土器の標式遺跡として古くから知られており、弥生時代前期から中期にかけて、拠点的な集落が存在していたと考えられている。1992年から1996年まで、岡山市教育委員会によって行われた済生会病院建設に伴う発掘調査では、弥生時代中期の埋没河道から多種多様な木質遺物が良好な状態で豊富に出土した。

今回発表するのは、出土物整理の過程で考古学的に重要度の低い資料として区分された、いわゆる雑木類における樹種同定の成果である。さらにこれをふまえ、当時の木材利用全般をあきらかにしていくうえで、完成度の高い製品類だけでは把握しにくい材獲得の現地性、異地性や製材法について考察を行う。なお、今回の成果には、建築材の廃材によるとされる「木材集積遺構」(扇崎・安川 1994)を構成する木質遺物についても含まれている。

1. 試料と方法

上記の雑木類に該当する木質遺物のうち、617点の樹種を同定した。同定は、まず片刃または両刃の安全カミソリで、同定対象とした木質遺物から木口、柃目、板目の3断面の切片を採取、永久プレパラートを作成後、生物顕微鏡で切片を観察して行った。

2. 結果

埋没河道(木材集積遺構該当分を除く)における結果は表1に、木材集積遺構に関する結果は表2に示すとおりである。なお、当時の木質遺物に対する加工は、技術的にみて分断加工と除去加工の2つに要約できる。これをふまえ、樹種は雑木類を右のように分類して示した。

Aグループ

原木の形態が復元・推定可能なもの

…丸木/丸木分割材/不定形^{※該当なし}

Bグループ

原木の形態が復元・推定不可能なもの

…板/角材/丸材/不定形

3. 考察

樹種ごとに各分類をみると、全般的にAグループ、とくに丸木の出現頻度が高いが、針葉樹のカヤ、モミ属、スギ、ヒノキ属、ヒノキ科、広葉樹のクリ、クスノキではBグループの頻度のほうが高い。このうち、クリ以外の樹種には板が多い。とくにスギ、あるいはクスノキは、Aグループの属するものがまったくないか、ほとんどない。木材集積遺構を構成する樹種は、シイノキ属が目立つ以外、埋没河道における樹種の大勢と一致しており、特殊な樹種選択があったとは考えにくい。

Bグループの頻度が高い樹種は、比較的現地性の低い木材利用のあり方をしているといえる。とりわけスギやクスノキは、集落で自給自足的に入手されたと見る必要はなく、社会的に

樹種	丸木	丸木分割材	板	角材	丸材	不定形	総計
イチイ	5		1	1	1		8
カヤ	2		4	5	6	5	22
マキ属					2		2
イヌガヤ	1						1
モミ属	3		29	9	2		43
ツガ属			1	2			3
マツ属不明	3						3
ニヨウマツ類	9		1				10
スギ			8	1			9
コウヤマキ			1				1
ヒノキ属	3		1	13	8	4	33
アスナロ属			1	1		1	3
ヒノキ科	1			2	5		8
針葉樹材	14		3	1		1	19
ヤナギ属	1						1
アカガシ亜属	42	29	5	5	1	4	86
コナラ亜属コナラ節	18	7	1	3	1	7	37
コナラ亜属クヌギ節	7	4	1	3		2	17
クリ	2	2	5	2	1	1	12
シイノキ属	9	2	7	5	1		24
ニレ属		1	1	1			2
ケヤキ	1	2	3	4		4	14
エノキ属	1		1	1	1		4
ムクノキ	1	1	1	1			3
ヤマグワ	1		1	1	1		4
イチジク属	1						1
クスノキ	1		5			3	9
クスノキ科	6	3	4	4		2	19
サクラ属	3						3
モモ	2						2
ユズリハ属	3						3
ゴンズイ属	1						1
ツバキ属	14	2	1	1			17
サカキ属	8	2	1	1	1		13
ヒサカキ属	4						4
散孔材	1	2	1				4
広葉樹材	2						2
不明	5			2			7
総計	175	65	91	69	19	35	454

表1

埋没河道出土木質遺物の樹種
(木材集積除く)

表2 木材集積出土遺物の樹種

樹種	丸木	丸木分割材	板材	不定形	総計
イチイ				1	1
イヌガヤ				1	1
モミ属			3		3
スギ			1		1
ヒノキ属			5	1	6
針葉樹材				1	1
ヤナギ属	2				2
アカガシ亜属	7		2	2	11
コナラ亜属コナラ節	1			1	2
コナラ亜属クヌギ節	1				1
シイノキ属	64	4	1	4	73
ケヤキ				1	1
エノキ属	1			2	3
ムクノキ				1	1
クスノキ科	12			4	16
サクラ属	2				2
ツバキ属	1				1
サカキ属				2	2
環孔材	3		2		5
散孔材	2		1	1	4
広葉樹材	6			1	7
不明	9	1	4	3	17
総計	111	5	19	28	163

一段距離をおいた領域から、何らかの形で持ち込まれたものだろう。

木質遺物の木口断面における木理を見ると、板材では、モミ属、スギ、ヒノキは追柂目と板目が、クスノキは板目、それ以外の樹種は柂目が主体である。この様相は、樹種による特有の製材法を反映していると考えられる。

残る製品類についても現在樹種同定の作業を進めている。今後はその成果等もあわせて、改めて南方遺跡における木材利用について論じたい。

謝辞

今回の研究に際しては、岡山市埋蔵文化財センター、ならびに根木修氏、扇崎由氏、安川満氏に多大なご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

文献

扇崎由・安川満 1994「上伊福・南方(済生会)遺跡(南方蓮田調査区)Ⅱ」『岡山市埋蔵文化財調査の概要 1994(平成6年度)』岡山市教育委員会 pp.8-12

梵本無量寿経經典の材質分析

○加藤 雅人(龍谷大学 古典籍デジタルアーカイブ研究センター)
前田 武晴、江南 和幸(龍谷大学 理工学部)

[緒言]

龍谷大学はサンスクリットで書かれた無量寿経經典を4点所蔵している。これらの試料のうち楸本と呼ばれる写本は最古級のもであることが知られているが、その他の2点に関しては1900年代にネパールで入手されたこと以外はほとんど分かっておらず、さらに1点に関しては詳細な入手経緯すら分かっていない[1]。本研究では、これら3点の写本の、紙の厚さ、坪量、密度などの計測、製紙や着色、筆記に使用された無機材料の分析を行うことにより、それぞれの試料を非破壊で客観的に特徴づけることを目的とした。挿絵に使用された顔料については昨年報告済みである[2]。

[試料]

分析対象試料は、龍谷大学が所蔵しているネパールのサンスクリット無量寿経写本である光寿会本A、光寿会本B、光寿会本Cとした。それぞれ長方形の紙65枚(約 9×25 cm)、50枚(約 11×30 cm)、64枚(約 10×27 cm)で構成されている。全ての試料は、片面のみ黄色に着色されているが、経は両面に記述されている。

[測定]

試料を標準状態(23°C、50%-r.h.)で1日以上調湿した後、重量、厚さ、面積の測定を行った。厚さは1シートあたり5ヶ所を測定した。試料の形状は長方形ではあるが各辺が完全な直線ではなく、角の部分などが欠落したシートもある。そこで、不定形試料の面積を測るために、PCとイメージスキャナを使用して取り込んだ試料画像の画素数から面積を求めた。画像の取り込み条件は50dpiとした。

微小部蛍光X線分析装置(XGT-2700、(株)掘場製作所)を用いて、顔料などの無機物質の分析を行った。試料表裏の地(文字、挿絵のない部分)および文字の部分、それぞれ3ヶ所無作為に選び、測定を行った。測定条件は、管電圧30kV、管電流1mA、測定時間100s、照射X線径100 μ mとした。各元素の特性X線強度と線源であるRhの特性X線を内部標準としたその比、つまり相対的なX線強度から各元素の量を検討した。文字部分に関しては、2次元で元素の分布状態の測定(マッピング)を行った。マッピングの条件は、管電圧30kV、管電流1mA、測定時間100s、照射X線径100 μ m、測定時間1200s×12回、測定面積4.096×4.096mmとした。

[結果および考察]

Fig. 1に、光寿会本A、光寿会本B、光寿会本Cそれぞれにおける全てシートの重量、面積、厚さの平均値と標準偏差を示す。面積は、重量および厚さに比べて数値の変動が少なかった。紙の重量や厚さは、製紙時に使用する材料の量や抄紙後の2次加工(打紙、研紙など)の度合いで制御するため、当時の手工業による製紙法では各シートで数値が異なり、さらに1シート内でも場所による不均一性が大きくなったと考えられる。一方、面積は、製紙後に整形つまり大判の紙から切り出したために均一性が高くなったと考えられる。特に光寿会本Aでは均一性が高かったが、型などを使い非常に精密に切り出したと考えられる。光寿会本Bは重量、

面積、厚さともに不均一性が
高く、製紙方法の粗雑さが数
値として表れている。また、
Bのみ密度が非常に低いこ
とから、用いた繊維の種類お
よび繊維の処理方法あるい
は2次加工の度合いなどが異
なると考えられる。

元素分析の結果、全ての試
料から検出された元素はケ
イ素、リン、硫黄、カリウム、
カルシウム、鉄であった。こ
れらの元素は製紙の際に紙
に定着した物質か、表面に塗

布した物質の構成元素であると考えられる。それに対してヒ素は光寿会本A、光寿会本Bのみから、鉛とクロムは光寿会本Cのみから検出された。検出された元素の量比を検討すると、Fig. 2に示した鉛とカルシウムのように、多くの場合相関が低かった。しかし、光寿会本C中の鉛とクロムの量を検討したところ、相関係数が非常に高い値であった (Fig. 2) ことから、鉛とクロムは同じ物質の構成元素である可能性が高いと考えられる。同様に光寿会本A、光寿会本Bでは、ヒ素と硫黄の相関が高いことが明らかになった。これらの元素は、シート全面から検出されることから表面に塗布された黄色顔料であると考えられ、光寿会本A、光寿会本Bでは硫化ヒ素 (石黄)、光寿会本Cではクロム酸鉛 (黄鉛) と推定される。

また、文字の部分で各元素のマッピングを行ったところ、光寿会本A、光寿会本Bでは文字部に固有の元素は検出されなかった。光寿会本A、光寿会本Bでは、本研究で使用した蛍光X線分析装置では検出することのできない炭素を主成分とする墨などが使用された可能性が高い。一方、光寿会本Cの文字部では鉄とカリウムが多く検出されたが、鉄系の黒色顔料を使用したのか、あるいは墨に含まれる不純物なのかはさらに検討する必要がある。

[参考文献]

- [1] 井ノ口泰淳 編、「梵文無量寿経写本集成」、法蔵館 (京都)、1986年
- [2] 加藤ら、日本文化財科学会 第19回大会研究発表要旨集、225-226、2002年

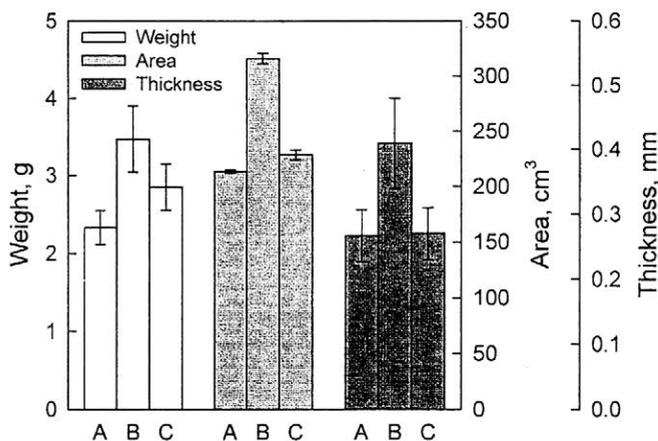


Fig. 1 Weight, area and thickness of samples. Error bar shows standard deviation.

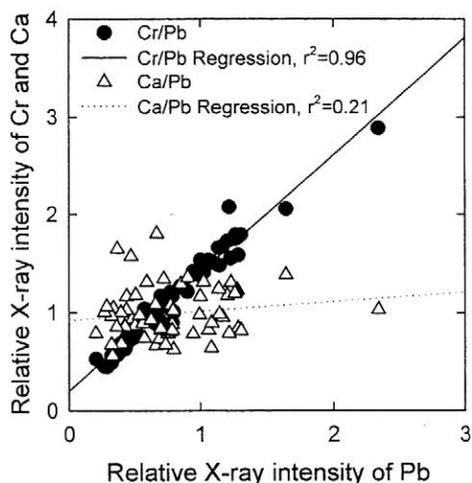


Fig. 2 Relationships between amounts of Pb and those of other elements in papersheets of "光寿会本C".

DNA 分析に基づく守山市下之郷遺跡から出土した編組製品使われた材料の種の推定

○大角信介(静岡大学・岐阜大学連合農学研究所),村上由美子(京都大学院),
川畑和弘(滋賀県守山市教育委員会),佐藤洋一郎(静岡大学)

考古遺跡からは植物繊維で編まれたさまざまな編組製品が出土している。しかし、これらを編んだ繊維の種が同定できた報告例はほとんどない。DNA 分析によってこれら繊維の種の同定ができれば、当時の遺跡周辺の植生推定、編組製品に使用された植物と編み目の関係など様々な知見が得られると考えられる。昨年、滋賀県守山市の下之郷遺跡から出土した編組製品の繊維断片の DNA 分析について発表した。今回、さらに解析が進んだので、それらの結果を含め再度報告する。

滋賀県守山市下之郷遺跡から出土した 2 点の編組製品から採取した繊維片を用いた。これらの編組製品は、2001 年度に調査を行った第 42 次 SD-3 第 4 調査区から出土したものである。1 点めの編組製品 (SA-I) からは、3 つの試料 (SA-Ia、SA-Ib および SA-Ic)、2 点めの編組製品 (SA-III) からは、2 つの試料 (SA-IIIa および SA-IIIb) の繊維片を採取した。なお SA-Ia および SA-Ib は、同一編組製品の胴部の交差する縦繊維と横繊維、また SA-Ic はその口縁部と思われる繊維である。SA-IIIa は胴部の繊維、SA-IIIb は口縁部と思われる繊維である。なお解析に用いた編組製品を図示したのが図 1 である。これら計 5 つの断片からそれぞれ 20mg をとり、それぞれから DNA 抽出を行った。

また比較の対象として、現在遺跡周辺に自生し、かつ民具の材料に使用されているアオツヅラフジ (*Cocculus trilobis*)、フジ (*Wisteria floribunda*)、ガマ (*Typha latifolia*) サネカズラ (*Kadzura japonica*) およびイグサ (*Juncus decipiens*) の 5 種の葉もしくは茎を供試した。これらの現生試料はすべて、現在滋賀県守山市もしくはその周辺に自生していたものを採取した。これらの各 2 個体からも約 20mg を採取して DNA 抽出の試料に用いた。

これらの編組製品および現生植物から抽出した DNA をテンプレートに、PCR (Polymerase Chain Reaction) を用いて葉緑体 DNA の Plastid subtype-ID (PS-ID) 領域を増幅した。遺跡から出土した植物遺体の場合、DNA 含量が現生の植物にくらべ少ないため、通常の PCR 増幅を 1 回行っても十分な量が増幅しない。そのため、1 回 PCR 増幅したものをテンプレートに 2 回目の PCR 増幅を行った。1%のアガロース電気泳動によって PCR 増幅を確認し、サイクルシーケンス法によって塩基配列を決定した。

表 1 に 4 点の編組製品断片および現生種 5 種の PS-ID 領域の塩基配列を示す。4 点の編組製品の断片から得られた PS-ID 配列はすべて違う配列を示した。また現生の植物 5 種についても、4 種間の PS-ID 配列は大きく異なったため、区別することが可能であった。

編組製品由来の 4 つの PS-ID 配列を現生の植物 4 種の PS-ID 配列と比較したところ、3 つの出土遺物由来の配列が現生の植物 2 種の配列とそれぞれ完全に一致した。編組製品 SA-I に関しては、SA-Ia の断片の PS-ID 配列は現生のガマと、SA-Ic の断片は現生のフジと完全に一致していた。SA-Ib の断片は塩基配列が得られたが、今回解析した現生種と一致するもの

はなかった。一方 SA-III に関しては、SA-IIIa の断片がイグサと完全に一致したが、SA-IIIb の断片では PCR 増幅も確認できなかった。

今回、得られた結果から編み組製品などの考古試料の種の同定に DNA レベルでの解析が有効であることが示唆された。しかし今回、解析した現生種の種数が少なく、また解析した近縁種もそれぞれ調べていく必要がある。また同定をより精密なものとするために、形態学的な同定などとも結果を合わせていく必要もあると考えられる。

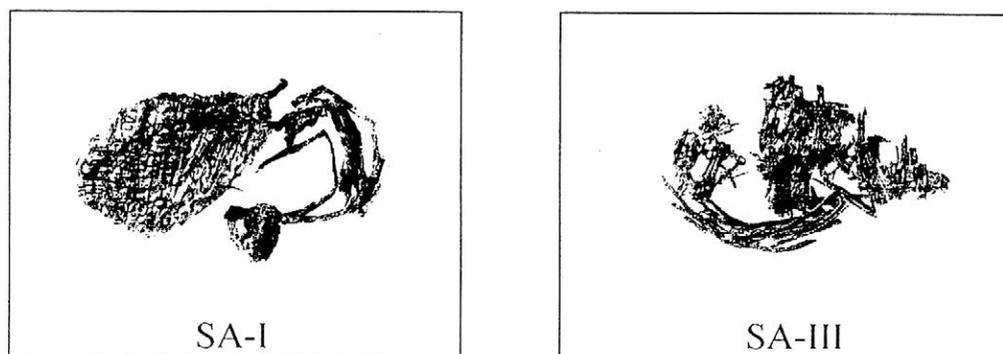


図1 解析に用いた網組製品

表1 編み物および現生の植物のPS-ID配列

サンプル	PS-ID 配列 (5'-3')*
SA-I a ガマ	TAGAGATGTAGAACTAAACAAAAAGGGGTATTGAGGATGAAAAACAACCTG TAG*****
SA-I c フジ	TAGAGACATAAAAAAGATATTCAAAATGAAAAACAACCTGCAAGTTTATT TAG*****
SA-I b	TAAAAATGGAGAATAGACTAAAAGGAAAAATAGACGAATAAGGAAAAATA
SA-III a イグサ	TAATCATTAGAACGAAAGGAAAGAGGTCTTTAGTATGAAAAAAAATTGCAA TAA*****
アオツヅラフジ サネカズラ	AAGAGGTGTGATGAAAAACAAGCAACCAACCGCAAGTTTTTGTATTCTGAAC TAGGGGTGTGCAACCAAAGGATCCTTTTGATGAAAAAAAAAAAAAAAAATTA

*: 配列中の・(ドット) はすぐ上のサンプルと同じ配列であることを示す。

文化財染織品に用いられた青色系天然染料の高感度分析の試み

○佐々木良子、佐藤昌憲、高妻洋成（奈良文化財研究所）、Irving Ziderman (Association of Research Scientists, Israel)、佐々木健（京都工芸繊維大学）

1 はじめに

発表者らは以前より文化財染織品に用いられている染料の分析について研究を行い、非破壊的に反射可視スペクトル及び反射蛍光スペクトルを測定し、また、微量の試料採取で、紫外・可視スペクトルや、蛍光スペクトルと共にマススペクトルを測定し、染料分析を試みてきた。特に共通する化学構造を有する天然染料の分析にはマススペクトルが有効と考え、試料採取量を減らすため“予め分離精製を行わず、直接的に染料抽出液を質量分析装置に導入する方法”（直接試料導入法）を提案し、検討を重ねてきた。今回、貝紫（banded dye-murex; *Phyllonotus trunculus*）に存在する染料物質の一つである 6-monoBromo-Indigo (MBI) で染められた毛糸を標準試料に加えた。この MBI 染色系は青紫色を呈するが、UV や熱処理によって藍 (Indigo) 様の濃青色に変色することが見出されている¹⁾。直接試料導入法でこの試料のマススペクトルを測定し、非破壊的分析に組み合わせて、MBI の熱処理について化学的に分析し、青色系染料で染められた繊維文化財の染料分析における試料採取微量化の一例としてここに発表する。

2 実験

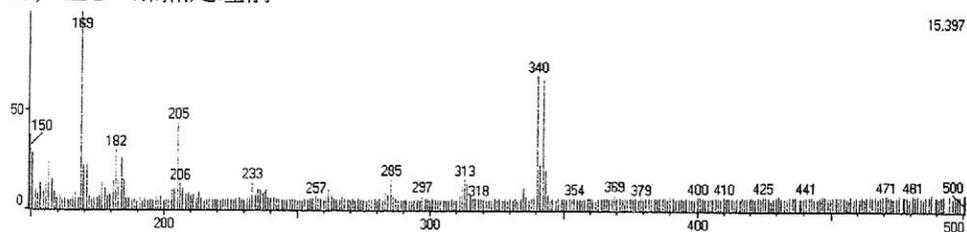
染料分析；非破壊的に反射可視スペクトル（日立製 U-3500 型紫外・可視自記分光光度計（積分球付き））を測定した。更に、極少量の毛糸より染料を DMF で溶媒抽出してガスマススペクトル分析（島津製 QP-5000 型 GC/MS、Electron Impact; 70 eV、イオン源温度 300 °C）を行った。また、堀場製 XGT2000W 型 X 線分析顕微鏡により、染色系に含まれる臭素元素の蛍光 X 線を用いた定性分析を行った。

標準試料；貝紫染め毛糸、合成 MBI 染め毛糸（イスラエルの Ziderman 博士より提供）、藍染め毛糸を用いた。

3 結果と考察

Ziderman の報告に従い MBI で染色系に熱処理を行ったところ、濃青色に変色した。そこで、熱処理前後の糸について染料分析を行った。反射可視スペクトルは色調の変化に伴い変化したが、DMF 抽出液からは両方の糸共に MBI の M/Z 340 と 342 のピークが観察され（図 1）、更に蛍光 X 線による元素分析より加熱処理後も毛糸上に臭素の存在が示された（図 2）。色調の変化が何に基づくのか、現在のところ不明だが、MBI の臭素が外れて Indigo になったのではない。青みの強い貝紫染めについて今までは Indigo の共存が考えられていたが、MBI、或いは変色した MBI の可能性について検討すべきであろう。

a) MBI 加熱処理前



b) MBI 加熱処理後

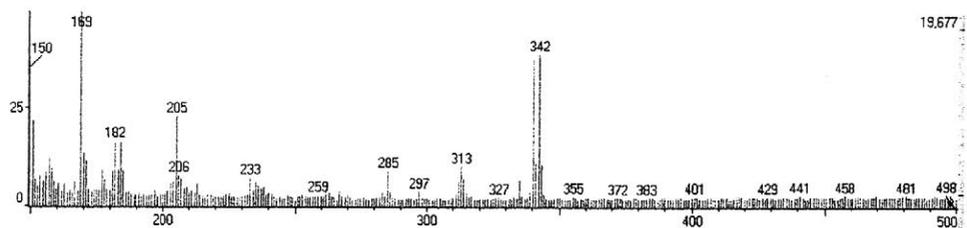


図 1 MBI 染色毛糸の DMF 抽出液のガスマススペクトル

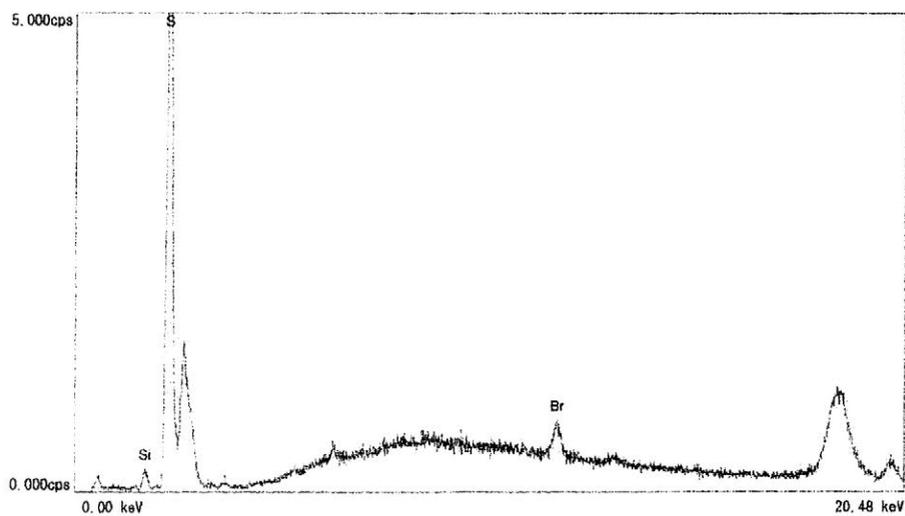


図 2 熱処理後の MBI 染色毛糸の蛍光 X 線スペクトル

4 参考文献

- 1) I. Ziderman: 21st Annual Meeting on Dyes in History and Archaeology, Preprint p17. Oct.2002 (Avignon).

遺跡出土天然アスファルト分析への GC-MS 法の応用

- Z 数解析法の検証 -

○原奈々絵 (北海道大学 大学院工学研究科)

小笠原正明 (同 高等教育機能開発総合センター)

【緒言】

縄文時代に土器の補修など様々な用途に使用された天然アスファルトの産地同定は、これまで Z 数解析によって行われ、秋田系と新潟系に大きく分けることができた。しかし、中にはどちらにも分類できない試料が存在する。本研究では、原油やロードアスファルト分析で広く用いられる GC-MS 分析法によって遺跡出土天然アスファルトの産地同定を試み、Z 数解析法で得られた結果と比較した。

【実験方法】

ベンゼン:メタノール=1:1 混合溶液と n-ヘキサンでの二回の溶媒分割により、天然アスファルトからオイル分を抽出した。その中のパラフィン成分 (Fr-P) を HPLC で分取し、クロロホルムで 170~200 倍に希釈したのち、FI-MS 及び GC-MS により分析を行った。得られた FI-MS スペクトルは Z 数 (パラフィンの一般式を C_nH_{2n+Z} とした時の Z) 毎に分割し、主成分である $Z=-6$ と、 $Z=-8$ のスペクトル強度の比を R 値とした。GC-MS 分析法では、ジテルパン類 ($Z=-4$) とホパン類 ($Z=-8$) に起因する $m/z=191$ と、ステラン類 ($Z=-6$) に起因する $m/z=217$ のフラグメントイオンの MS クロマトグラムを得た。

【結果考察】

天然アスファルトのパラフィン成分を GC-MS 法で分析し、得られたクロマトグラムを比較して、産地同定を試みた。秋田系の試料では、ステラン類を含む $m/z=217$ のクロマトグラムで $t=19\sim 22$ に 3 対の特徴的なピークが見られ、 $t=20.4$ 付近が最大となった。新潟系の試料では、 $t=16\sim 23$ のピーク群が全体的に高く、なだらかな山型となった。ジテルパン類及びホパン類を含む $m/z=191$ のクロマトグラムでは、秋田系と新潟系で大きな違いは認められなかった。このように、2 つの系統の判別においては、ステラン類のクロマトグラムが重要となる。

Z 数解析法では、産地とされる秋田県昭和町槻木及び新潟県新津市大入の試料の R 値と他の遺跡出土試料の R 値との相対偏差を求めて比較した。Z 数解析法によって秋田系又は新潟系と判定された試料の多くは GC-MS 法でも同様に分類され、2 つの分析結果には整合性が見られた。Z 数解析法で秋田系と新潟系のどちらにも分類できなかった試料の中には、GC-MS 法によって新たにいずれかに分類されたものもある。しかし、Z 数解析法では新潟系寄りだが、GC-MS 分析では秋田系を示し、結局どちらにも分類できない試料も生じた。この原因としては、実験のばらつきの他に新たな産地の存在の可能性もあり、更に検討が必要である。

GC-MS 法の利点は、①FI-MS 分析用の試料をそのまま利用できるため、ロスが少なく実験方法が簡便であること、②MS クロマトグラムの形が完全に一致すれば同一産地の試料と特定できること、③フラグメンテーションから成分の特定ができることなどである。このように、従来の Z 数解析法の結果を GC-MS 法で検証することで、より高い精度の判定を行うことができた。問題点は、現段階では形から判定するしかなく、GC-MS 法のみでは精度の高い産地同定ができないことである。

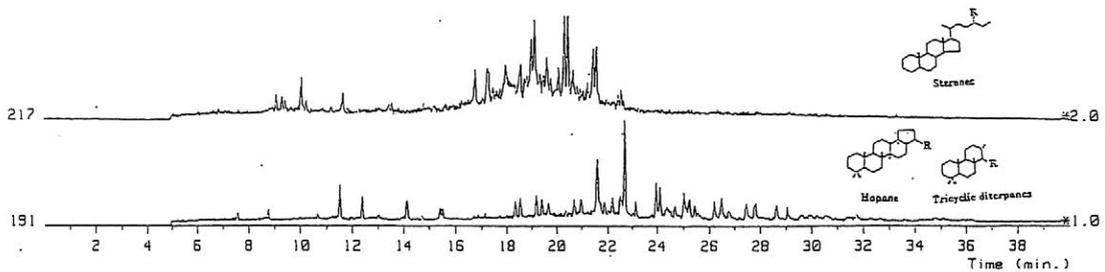


図 1 パターン A (秋田系) の GC-MS クロマトグラム ($m/z=191$ 、 217 のみ)

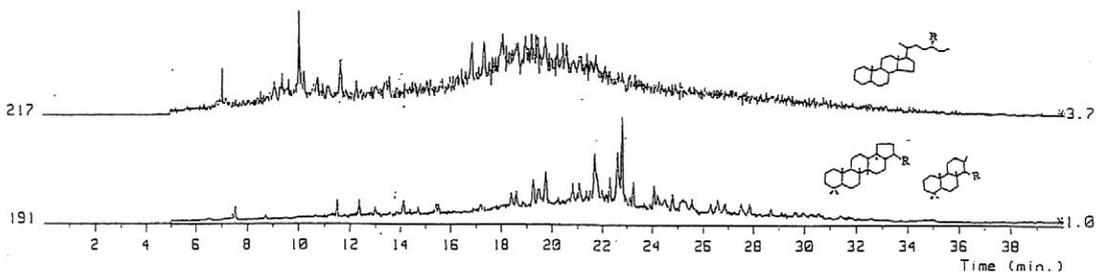


図 2 パターン B (新潟系) の GC-MS クロマトグラム ($m/z=191$ 、 217 のみ)

原産地不明石器・玉類の組成分析による使用圏（４）

○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とって、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ている場合、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165群で、原石産地不明の黒曜石製遺物群は61個の合計226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76個で、安山岩製遺物群は78個で、合計154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226個の、安山岩製では154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、徳島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

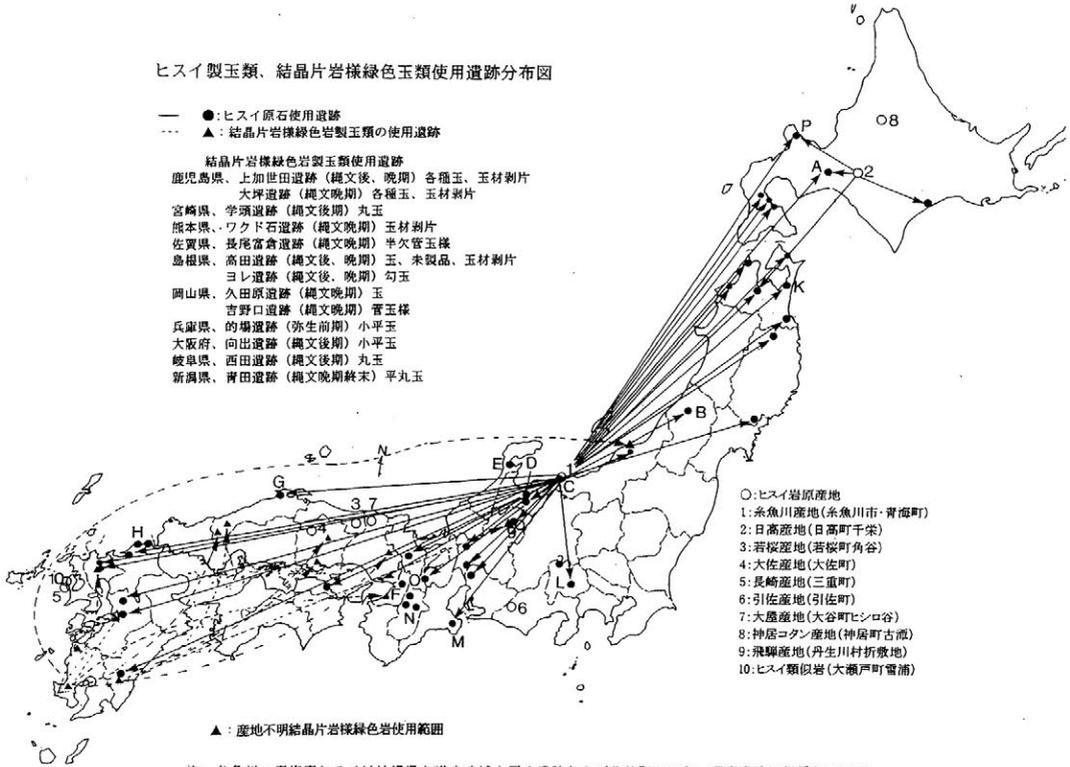
佐賀県多久市牟田辺遺跡出土の原石産地不明の緑色凝灰岩製の管玉と同じ元素比組成および、同じESR信号の常磁性種を持つ管玉が、愛媛県、和歌山県の遺跡で見つかった。また原石産地不明の縄文時代後期～晩期に特徴的に見られる玉材で、考古学者の間でヒスイと同定されるときもある、九州南部で使用されている産地不明の結晶片岩様緑色岩（かさ比重2.7～3.0）は上加世田遺物群として確立されているが、この玉の分析例が西日本で増加するに従って、上加世田遺物群から外れる結晶片岩様碧玉製玉類がみられ、新たに遺物群を作る必要がある。弥生時代の代表的な女代南B群は九州から北海道の日本全土で使用されている。また、弥生時代早期の菜畑遺物群のESR信号は独特の碧玉の中でも独特の形を示し、分類の有効な指標となっている。また、管玉で未定C群は弥生時代初期に限定され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が、古墳時代初期にも再び見られる遺跡が見つかった。現在、碧玉・緑色凝灰岩製玉材の原石群は13個で、遺物群は37個作っている。

ヒスイ製玉類、結晶片岩様緑色玉類使用遺跡分布図

- : ヒスイ原石使用遺跡
- ▲: 結晶片岩様緑色玉類の使用遺跡

結晶片岩様緑色岩製玉類使用遺跡

- 鹿児島県、上加世田遺跡（縄文後、晩期）各種玉、玉材剥片
- 大坪遺跡（縄文晩期）各種玉、玉材剥片
- 宮崎県、宇須遺跡（縄文後期）丸玉
- 熊本県、ワクド石遺跡（縄文晩期）玉材剥片
- 佐賀県、長尾富倉遺跡（縄文晩期）半穴管玉様
- 島根県、高田遺跡（縄文後、晩期）玉、未製品、玉材剥片
- ヨレ遺跡（縄文後、晩期）勾玉
- 岡山県、久田原遺跡（縄文晩期）玉
- 吉野口遺跡（縄文晩期）管玉様
- 兵庫県、的場遺跡（弥生前期）小平玉
- 大阪府、向出遺跡（縄文後期）小平玉
- 岐阜県、西田遺跡（縄文後期）丸玉
- 新潟県、青田遺跡（縄文晩期終末）平丸玉



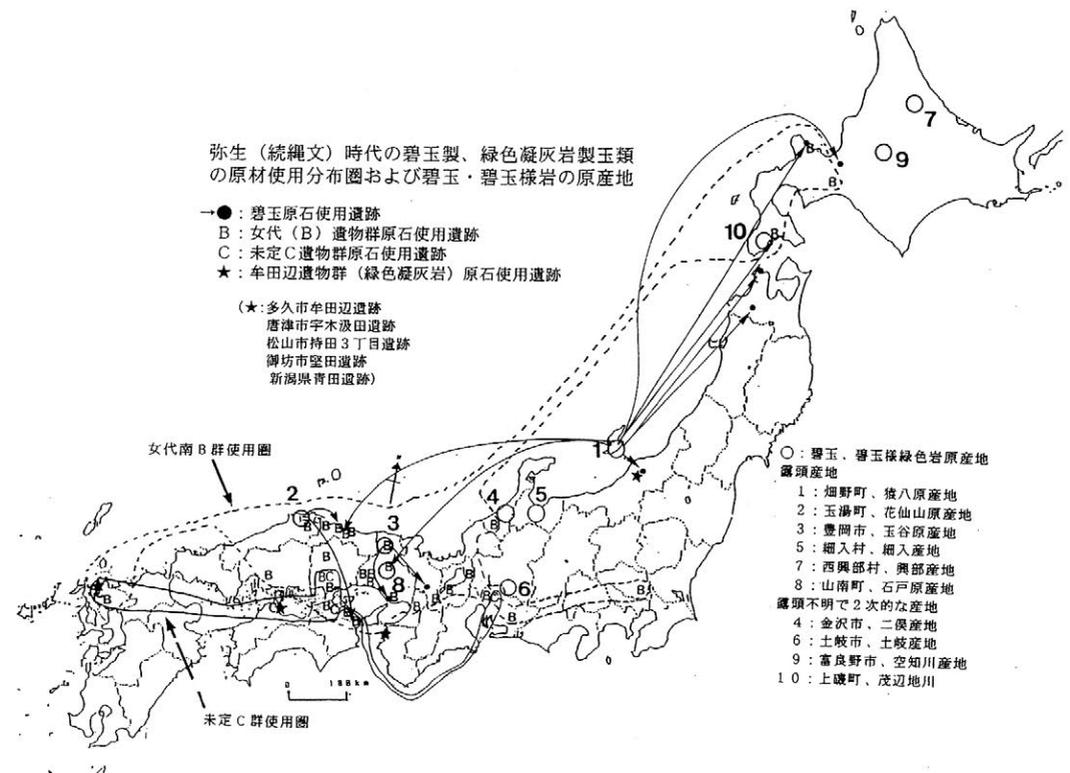
▲: 産地不明結晶片岩様緑色岩使用範囲

注: 糸魚川・青海産ヒスイは沖縄県糸満市東城上原2遺跡および北谷町クマヤ-洞窟遺跡に伝播している。

弥生（統縄文）時代の碧玉製、緑色凝灰岩製玉類の原材使用分布圏および碧玉・碧玉様岩の原産地

- : 碧玉原石使用遺跡
- B: 女代(B)遺物群原石使用遺跡
- C: 未定C遺物群原石使用遺跡
- ★: 牟田辺遺物群（緑色凝灰岩）原石使用遺跡

- (★): 多久市牟田辺遺跡
- 唐津市宇木汲田遺跡
- 松山市持田3丁目遺跡
- 堺坊市望田遺跡
- 新潟県青田遺跡



女代B群使用圏

未定C群使用圏

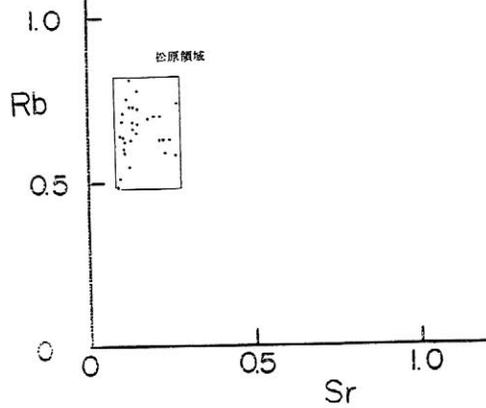
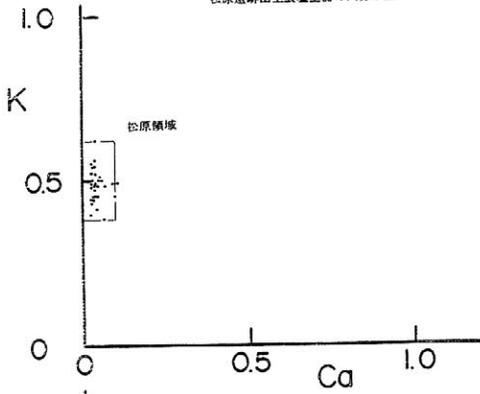
- : 碧玉、碧玉様緑色岩原産地
- 露頭産地
- 1: 畑野町、猿八原産地
- 2: 玉湯町、花仙山原産地
- 3: 豊岡市、玉谷原産地
- 5: 細入村、細入産地
- 7: 西興部村、興部産地
- 8: 山南町、石戸原産地
- 露頭不明で2次の産地
- 4: 金沢市、二俣産地
- 6: 土岐市、土岐産地
- 9: 富良野市、空知川産地
- 10: 上磯町、茂辺地川

製塩土器の産地推定の試み

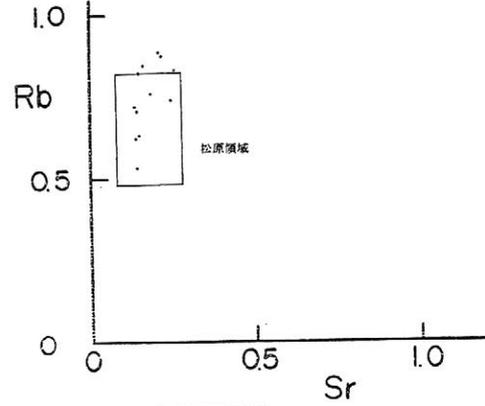
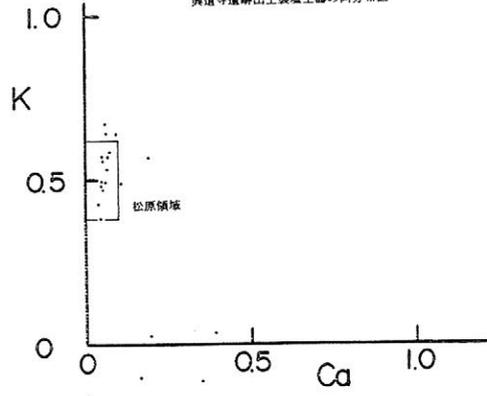
○三辻利一（大谷女子大）、網谷克彦（敦賀女子短大）、松葉竜司（美浜町教委）

製塩土器は海水を採取できる沿岸地域で製作されたものであろう。塩を含んだまま消費地へ供給される。その結果、製塩土器は内陸地域の遺跡からも出土する。ここに、製塩土器の伝播に関する研究というテーマが登場する。何処の沿岸地域で作られた塩が内陸のどの地域へ供給されたのかという問題である。このことは製塩土器がどの地域の素材粘土を使って製作された土器であるかが分かれば解決できる。もちろん、素材粘土は在地産であることが前提となる。ここで改めて、「製塩土器の産地とは」ということが問題となる。製塩土器を焼成した窯跡は残っていないので、須恵器のように窯跡を産地とする訳にはいかない。産地を拡大解釈して「製塩土器を製作した地域」が産地と考える。そのためには、塩を作った地域内で出土する製塩土器の胎土が共通した指紋をもつかどうか問題となる。実験的にこのことが証明できれば、その指紋をもとに、その地域で作られた製塩土器が何処へ供給されていたかを追跡できる。ここで、製塩土器のサンプリングということが重要な問題として浮上する。今回、塩を作っていたことで知られる若狭湾内でも、近くに須恵器の窯跡がある興道寺遺跡から出土した製塩土器をまず、取り上げることにした。次ページの図には興道寺遺跡から出土した製塩土器の両分布図を示す。Rb 量が高い領域にまで分布が広がっていることがわかる。この分布領域は興道寺窯の須恵器のもつ化学的指紋と一致する。さらに、K、Rb 量が高く、Ca、Sr 量が比較的少ないという特徴は敦賀半島から南の比良山系、西側の丹後半島へかけて延びる花崗岩類の化学的特徴とも対応する。これらのことは興道寺遺跡の製塩土器の胎土は在地型であることを示しており、興道寺遺跡でつくられた製塩土器であると考えられよう。他方、今回多数の試料を分析することができた松原遺跡は興道寺遺跡から少し東よりの、同じ若狭湾に面した遺跡である。両分布図から松原遺跡の製塩土器はまとまって分布しており、同じところで製作された製塩土器であることを示している。両遺跡の製塩土器の両分布図を比較すると、胎土は類似することがわかる。ところが、Fe 量を比較すると、明らかに異なることがわかる。K、Ca、Rb、Sr に見られる類似性と Fe 量に見られる不一致性は両遺跡の素材粘土は近くではあっても、同じ場所で採取されたものではないことを示している。松原遺跡の製塩土器は松原遺跡の近くで作られた可能性が高いと推定している。このことから、若狭湾に面した遺跡では各遺跡ごとに製塩土器を作っていた可能性がでてきた。このことは製塩土器の素材粘土には須恵器粘土のように、特別な性質は要求されず、土師器のように何処でも作ることはできることが理解できる。特定の生産地はなかった訳である。ところが、第3の遺跡、早瀬遺跡の製塩土器の両分布図と Fe、Na 量の比較図も次ページに示してある。早瀬遺跡の製塩土器の胎土は興道寺遺跡の製塩土器の胎土は全因子で一致する。早瀬遺跡からは大量の製塩土器は出土しておらず、製塩土器を製作した形跡は少ないと推定されている。そうすると、早瀬遺跡の製塩土器の胎土が興道寺遺跡の製塩土器の胎土と一致するという事は興道寺遺跡で作られた製塩土器が早瀬遺跡へ供給された可能性が十分あると考えられよう。このようにして、若狭湾に面した遺跡出土製塩土器の胎土を整理することによって、若狭湾沿岸地域の製塩土器の伝播、流通の研究の基礎データが集積できると期待される。

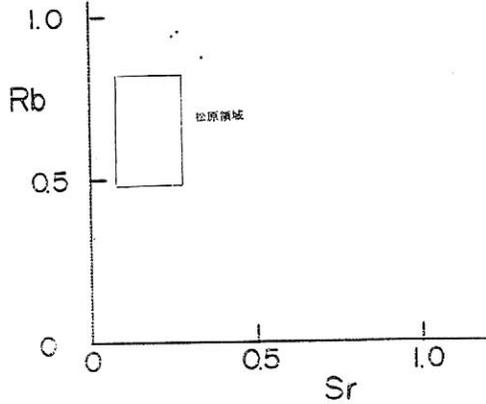
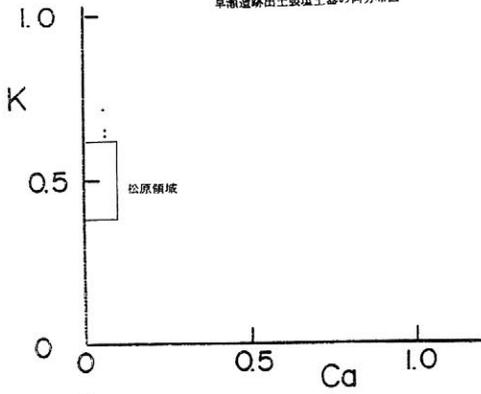
松原遺跡出土製塩土器の再分布図



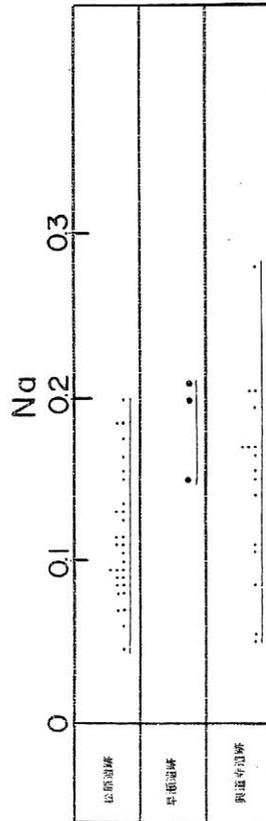
興道寺遺跡出土製塩土器の再分布図



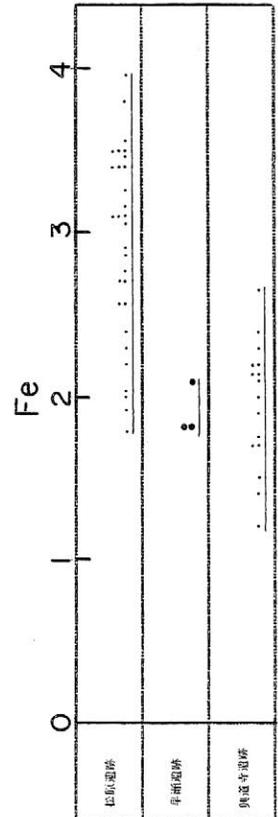
早瀬遺跡出土製塩土器の再分布図



Na 原子の比較



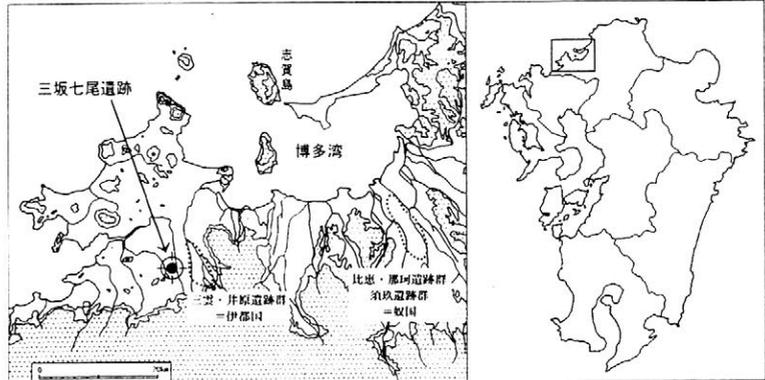
Fe 原子の比較



福岡県前原市三坂七尾遺跡における貨泉の発見

○比佐陽一郎・片多雅樹(福岡市埋蔵文化財センター)
岡部裕俊(前原市教育委員会)

福岡県前原市は、玄界灘に突出した糸島半島の根元に位置し、中国の歴史書、いわゆる「魏志倭人伝」に記載された、弥生時代のクニの一つ伊都国の所在地として知られる。これまでに三雲・井原遺跡や平原遺跡など弥生時代の重要な遺跡が数多く発見され、これを裏付けている。



三坂七尾遺跡の位置

三坂七尾遺跡は伊都国の王都、三雲・井原遺跡の2 kmほど西、前原市のほぼ中央に所在する。1999年、この地で開発計画が持ち上がったため、前原市教育委員会による発掘調査が行われた。調査区は約27m×38mのほぼ長方形で、5ヶ月に及ぶ調査の結果、弥生時代中期の墳墓群、祭祀土壇、中世(平安後期～鎌倉期)の集落、墓地を発見。弥生時代の甕棺墓からは碧玉製の管玉が出土しているものもあり、この地域周辺を治めた有力集団の墓と推定される重要な遺跡であることが明らかとなった。

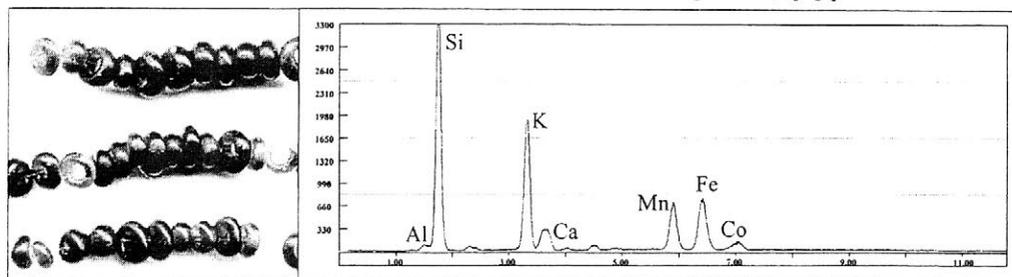
このうち調査区の北側で検出された54号土壇墓からは、ガラス製の小玉430個と、「銅銭」が出土した。この遺構からは年代を決定する手掛かりとなる土器の出土がなかったものの、周辺で中世の墓地や建物の遺構などが検出されていたこと、そして「銅銭」が出土していることなどから、この土壇墓も当初、中世のものと考えられていた。



発掘現場の状況(空撮)

その後、前原市教育委員会と福岡市埋蔵文化財センターが、共同でガラス玉の材質調査を行った。これらは青紺色を呈する、径3mm前後、厚さ1.5mm前後を計る小玉で、外見的には全て同じような特徴を示している。分析には福岡市埋蔵文化財センターの微量領域用エネルギー分散型蛍光X線分析装置(EDAX: Eagle- μ probe)を用い、430点すべてに対して実施。定量値は算出していないものの、結果は全点において主成分珪素の他、カリウムが特徴的に現れるという、同様の組成であることを示し、肥塚隆保氏の分類による「カリガラス(SiO₂-K₂O系)」であると考えられた。またコバルトが検出されることから、これが青紺色の着色要因と思われる。比較的強いピークとして認められるマンガンは、先学による研究からコバルト鉱石に含まれる不純物とされ、マンガンを多く含むコバルト鉱石は中国産の特徴を示すものと考えられている。肥塚氏によれば、カリガラスは中国やインド、東南アジアで流通し、ヨーロッパ等西方

には見られないことから、「アジアのガラス」と呼ばれ、日本では弥生時代後期以降に盛んに流通し、その後、古墳時代の後期以降には見られなくなるとされている。つまりガラスの分析結果からは、この土壙墓が弥生時代のものである可能性が出てきたのである。



ガラス玉とその分析結果

そこで改めて一緒に出土した「銅銭」を調査することになった。当初、半分近くが失われ銭文も錆や土に覆われて読むことができなかったが、透過 X 線で観察したところ、残された片側に「貨」という文字が浮かび上がった。中世の銅銭は上下左右に四文字が書かれるのが一般的であり、左右に二文字で、「貨」の字が使われるのは、中国の新（前漢と後漢の間〔紀元8～23年〕に王莽が起した国）の時代に作られた貨幣である「貨泉」しかない。

この貨幣は作られた期間が紀元14年から40年までと限られていることから、伝来や保有の時間を別にすれば出土した遺跡の年代を決定するのに非常に良い資料となる。中世の輸入銭の中にも1000年近く伝世したものが含まれる場合があるが、今回の場合はガラス玉の分析結果や周囲で弥生の土壙墓が確認されていることなどから、この時代のものとして間違いないものと思われる。その他、貨泉の保存処理に伴い実体顕微鏡による観察を行ったところ、付着土壌に赤色顔料の微細な粒子が含まれており、これについても分析を行った結果、水銀(Hg)のピークが検出され、「朱」の使用が想定された。この点も、本遺構が弥生時代に属することを傍証するものと考えられる。

貨泉は日本でこれまでに西日本を中心に40カ所程の遺跡から約70枚が発見されているが、墓の副葬品として明らかなものはほとんど無く、伊都国社会や北部九州の弥生社会を知る上で貴重な発見例となった。



今回は報告書作成の時間的な制約などから、ガラス小玉の分析→報告→銅銭の調査という流れになり、残念ながら貨泉の発見成果を報告書に反映させることができなかった。しかしガラスの材質分析が墳墓に伴う貨泉という重要資料の発見につながったこと、更にはそこで透過 X 線による保存科学的事前調査が重要な意味を持っていたことは間違いなく、改めて自然科学と考古学による連携の重要性を示す結果になったと考える。

参考文献

- 肥塚隆保 1998 「主成分からみた古代ガラスとその歴史的変遷」『保存科学研究集会1998』奈良国立文化財研究所
- 前原市教育委員会 2001 『三坂七尾遺跡 福岡県前原市大字三坂字七尾所在遺跡の調査報告』前原市文化財調査報告書第77集

植山古墳出土金銅装馬具の保存科学的研究

○村上 隆 花谷 浩 小野澤亮子 (奈良文化財研究所)
竹田正則 濱口和弘 横関明世 濱岡大輔 (橿原市教育委員会)

1. はじめに

橿原市では平成12年度より区画整理事業に伴い植山古墳の調査を実施し、金属製品が出土した。現在2ヵ年にわたり、国庫補助事業として保存処理を行うとともに、鍍金層の詳細を調査する機会を得たので、本報告ではこれら一連の調査・研究の一端を報告する。

2. 植山古墳

奈良県橿原市の南端にある五条野町に位置し、甘樫丘から西に派生する丘陵先端付近の南斜面に築かれた古墳時代終末期の古墳である。墳形は長方形を呈し、規模は、長辺・東西長約40m(墳丘裾部での計測)、短辺約30m、墳丘残存高は約6mを測る。墳丘を取り囲むように東・北・西には壕が巡り、花崗岩と結晶片岩を用いて石敷きが施されている。埋葬施設は異なった主軸を持つ2基の横穴式石室が設けられている。ここでは東側を東石室、西側を西石室と呼ぶ。このように1つの墳丘に対して2つの石室を持つ古墳は双室墳といわれ、6世紀末から7世紀前半にかぎられて作られた特徴的な古墳である。

出土した金属製遺物は、遺存状態が悪く、ほとんどが断片的ではあるものの、歩揺付飾金具33点、帯先金具8点、責金具8点、鉸具1点、鉄製のものには金銅張も含め、鋳付金具、鉄鏃などの破片を多数確認した。金銅装馬具は東石室から出土し、西石室からは鉄製品がおもに出土した。東石室には家形石棺が残っていたが、後の改葬もしくは盗掘によって石棺内の遺物は1点も残っておらず、そのほとんどが石室床面に作られた排水溝石敷の間から出土した。

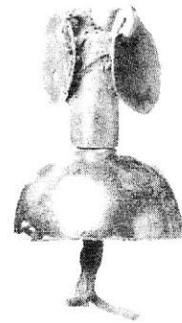


図1 植山古墳から出土した歩揺付飾金具(処理後)

3. 発掘調査から保存処理

遺物は部分的に破損し、断片として散在しており、鍍金層が剥離するなど脆弱な状態で出土した。現場では遺物本体だけを取り上げることは困難であると判断し、周囲の土ごと遺構から切り離した。遺物周辺の土もプラスチック容器に入れ、あわせて持ち帰った。

取り上げ後、奈良文化財研究所飛鳥藤原宮跡発掘調査部にて保存処理を行った。まずX線ラジオグラフィーによって、土の中で遺物がどのような状態で存在するかを確認した。遺物の有無の見極めを即座に行うため、インスタントシートフィルムを応用した手法¹⁾を用いた。これにより後のクリーニング作業を円滑に進めることができた。

鍍金層表面が傷つき易く、銅部分が欠損しているものもみられたことから、クリーニング作業は慎重を要した。また、馬具の一部には革などの有機物が用いられていたが、かなり劣化が進んでおり、細かな破片となって素材について判別できるものは僅かであった。

現在、金銅装馬具については樹脂含浸・接合復元が終了しており、引き続いて鉄製品についても処理作業を行うこととしている。

植山古墳の調査では、出土から取り上げ、そして保存処理までを一貫した処理計画に基づいて行い、遺物の状態がかなり脆弱であるにもかかわらず、多数の遺物を確認し、保存することができた。今後は展示への保存活用を課題として取り組みたい。

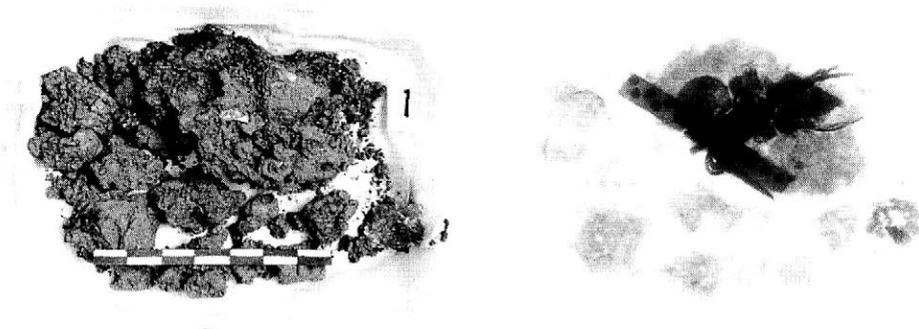


図2 取り上げ後の土に埋もれた遺物(左)とそのX線ラジオグラフ(右)

4. 鍍金層の調査から得られた知見

植山古墳から出土した金銅装馬具の遺存状態は、先にも述べたようになりに悪かった。特に、歩揺付飾金具は本体を構成する銅板自体が完全に腐食しているとともに、表面の鍍金層が薄いため、サビに覆われた鍍金層の表出には細心の注意を要した。今回行った一連の保存科学的調査の成果として、植山古墳出土の金銅装馬具、特に歩揺付飾金具の鍍金層に、(a)金色に近い発色を呈するタイプと(b)銀色に近い発色を呈するタイプがあることがわかった。ただし、明確に二つのタイプに分かれる訳ではなく、中間的なものも混在する。残念ながら、歩揺付飾金具の全数や、装着位置による色の違いがあるかなどの詳細は不明である。

(a)、(b)双方の鍍金層の構造と発色の違いの詳細を探るために、鍍金層断面に対する電子線プローブ微小部分分析 (EPMA) を行った。分析は(株)コベルコ科研による。その結果、以下の諸点が明らかになった。

- ①鍍金層の厚みはたいへん薄く、3~5 μ m程度であるとみられる。因みに、これまでに調査した古代の鍍金層は、10~20 μ mのものが多い²⁾。
- ②金の部分には水銀を伴い、基本的に金アマルガム法による鍍金とみなせる。
- ③金アマルガム法による鍍金の最終工程である「篋磨き」は、丹念に施されているが、部分的に金アマルガム粒子の残存が認められ、これも金アマルガム法が用いられた証しとみてよい。
- ④今回注目した(b)銀色に近い発色を呈するタイプでは、金鍍金層の表面に極めて薄い銀の層が形成されていることがわかった。ただし、銀の部分には水銀を伴わないため、銀アマルガムを用いた鍍銀ではない。しかも、銀色に近づけるために(金-銀)合金を使用したものでもない。例えば、鍍金層の表面に極めて薄い銀箔が用いられたともみられるが、部分的に銀の粒子(2~3 μ m程度の大きさ)が認められる箇所もあり、粒子状の銀の塗布も考慮に加える必要があろう。詳細は今後の課題である。

以上、植山古墳出土の金銅装馬具のうち、歩揺付飾金具に金銀の発色の使い分けがあり、鍍金層の作り方にも工夫があることがわかった。銀色に近い発色を呈するタイプでは、鍍金の上に銀の薄い層を形成していると考えてよい。これは、銀色の発色をよくするために、一旦鍍金を施した後に銀を薄く被せる技法ではないか、と想定できる。残念ながら鍍金層の残りが悪いため、さらなる詳細な説明は今後委ねるが、6世紀後半から7世紀前半における鍍金技術の解明に新たな知見を加えることができた意義は大きいと考える。

註 1) 村上隆・井上直夫・小野澤亮子・岡田愛 「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」『日本文化財科学会第19回大会研究発表要旨集』2002

2) 村上隆 『金工技術(日本の美術443号)』至文堂 2003

含フッ素オリゴマー添加溶液で脱塩処理した 圧縮成型含塩鉄器の長期保存

○河越幹男（奈良高専），川本耕三（元興寺文化財研究所）

緒言

我々は、遺跡出土鉄器の模擬試料として圧縮成型含塩鉄器を用い、アルカリ水溶液による脱塩処理法について検討した¹⁾。さらに、含フッ素オリゴマーの添加効果について調べた²⁾。本研究では、処理後の長期保存の影響について調べた。脱塩処理後 502日間保管した試料の重量変化を約400日間測定して錆化に及ぼす添加オリゴマーの影響を考察した。

実験

試料： 脱塩処理した円盤型試料（直径20mm，厚さ10mm）¹⁾ を，密閉した透明容器（直径60mm，深さ30mm）内に502日間保管したものを用いた。容器内はシリカゲルを入れて乾燥状態に保った。

処理液： KOH水溶液（0.01 N），およびこの溶液に3種類のベタイン型含フッ素オリゴマー（SK-2，SK-6，SK-15）²⁾ を添加した溶液を用いた：添加量は0.3 g/Lである。比較のため，現在，実用化されているセスキカーボネイト溶液（0.5 N）も用いた。

重量測定： 502日間保管した試料を密閉したガラス瓶の中に懸垂して放置し，重量変化を約400日間測定した。ガラス瓶の底には少量の水をいれ，瓶内部の湿度を飽和湿度に保った。

試料表面は凝縮水で濡れていたため，測定重量にはこの水分重量も含まれている。そこで，錆化量を測定するため，途中2回と最後に，シリカゲルを入れた密閉容器内に数日間保管し，乾燥状態の重量を計測した。また，試料を水中に浸漬した場合と飽和湿度の空气中に懸垂した場合の試料内部への水分の浸入程度の差異を調べるため，ある試料については，約5秒間水中に浸漬した後の重量変化を測定した。表1に主な測定結果を示した。

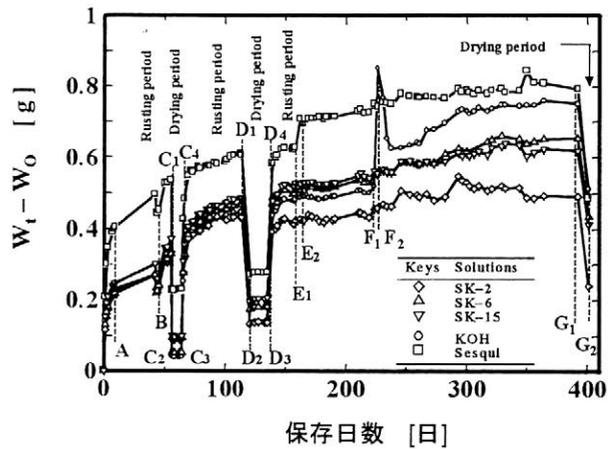


図1 処理済み鉄器試料の重量変化曲線

表1 用いた試料（保存期間；平成12年9月14日～平成14年1月28日；502日間）

試料	処理液	0, C, D, G点での試料重量 [g]				全錆化量* ² [g]	錆化率* ³	図中の 記号
		W ₀	W _C	W _D	W _G			
I	SK-2	15.770	15.859	15.908	16.010	0.240	0.0152	◇
II	SK-6	16.049	16.100	16.230	16.484	0.435	0.0271	△
III	SK-15	16.111	16.207	16.317	16.523	0.412	0.0256	▽
IV	KOH	16.150	16.189	16.289	16.661	0.511	0.0316	○
V	SQ* ¹	15.900	16.127	16.178	16.386	0.486	0.0306	□

*¹ Sesquicarbonate ; *² 全錆化量 = W_G - W₀ ; *³ 錆化率 = (全錆化量) / W₀

実験結果および考察

重量変化曲線： 図1に重量変化曲線を示した。C₁～C₃，D₁～D₃，G₁～G₂は乾燥期間，それ以外は錆化期間である。測定開始からA点までは水分の吸着と錆化が進行している領域で，重量増加が非常に激しい。

B，E点での急激な重量変化の原因は不明である。どの試料でも300日以後の重量変化は小さい。

浸漬の影響： KOH溶液(含フッ素オリゴマー無添加)で処理した試料IVを図1のF点において水に浸漬した。重量は，浸漬直後に急激に増加した後，急速に減少し，ある一定値に落ち着くが，浸漬前の重量よりは100mg程度大きい。このことは，試料内部への水分移動は，水中に浸漬した場合のほうが，飽和湿度の空气中におけるよりも深い事を示している。

錆化曲線： 錆化の進行を調べるため，図2に乾燥状態の試料重量の時間変化を示した。SK-2で処理した試料Iの錆化の進行は時間と共に鈍化し，最終錆化量は5つの試料中で最小であった。セスキカーボネイト溶液で処理した試料Vは，他の試料に比べ，初期段階において錆化の進行が著しい。試料IVの最終錆化量は最も大きかった。この試料の場合，F点での水への浸漬によって100 mg程度の重量増加が起きている。この点を考慮すると最終錆化量は，0.411 g (=0.511-0.100) となり，SK-6およびSK-15で処理した試料II，IIIと同程度になる(表1参照)。

再錆化率と含水率の関係： 図3に示したように，処理直後の試料の場合には再錆化率と含水率の間には比例関係が認められた²⁾が，今回の長期保存後の試料の場合には，含水率の変化幅が狭く，再錆化量と含水率の間に明瞭な関係を見出すことはできなかった。

処理直後の試料を用いた我々の以前の研究²⁾では，脱塩率はSK-6が最も大きく，再錆化率はSK-15が最も小さかった。本実験結果はこの結果とは異なっており，試料表面に吸着していた含フッ素オリゴマーが保存中に変質したことを示している。

結 言

本実験結果は，処理直後の試料を用いて測定した結果とは異なり，このことは，長期保存中に試料に吸着された含フッ素オリゴマーが変質していることを示している。長期保存の場合，SK-2を添加した場合が，錆化抑制効果は最も大きくなった。また，現在，実用に供されているセスキカーボネイトで処理した試料は，錆化が最も大きいことが分かった。

文 献

- 1)河越・吉原・安木・川本：考古学と自然科学，36号，29-41 (1998)
- 2)河越・山口・澤田・川本：考古学と自然科学，43号，25-39 (2002)

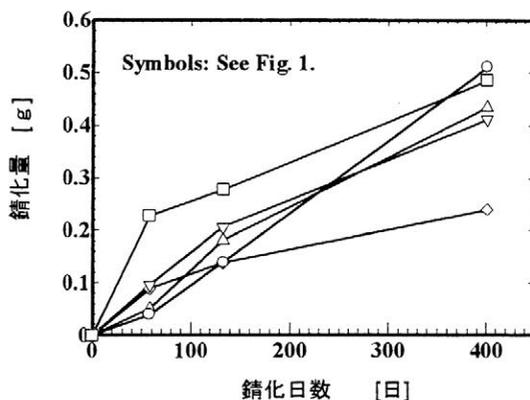


図2 錆化量の経時変化

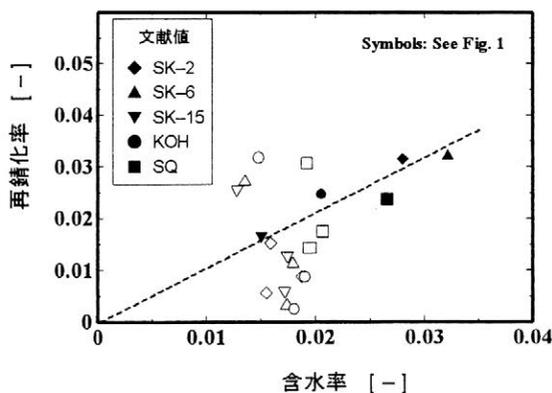


図3 再錆化率と含水率の関係

FCR を利用した各種木材試料の比較研究

○東京芸術大学 松島朝秀
東京文化財研究所 三浦定俊

1. はじめに

FCR(Fuji Computed Radiography : FCR)は、イメージングプレート(Imaging Plate : IP)を使用して撮影された X 線画像をデジタル化し、画像処理パラメーターを任意に操作した上で一律の条件下で撮影できる特徴がある。これはわずかな現像条件の違いによって画質が左右されやすい X 線フィルムに比べて大きな利点があり、文化財材料の比較と判別に利用することが可能である。今回、木彫品に用いられる木材の内から代表的なものを試料とし、黒化度の比較を行った結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

国内外の針葉樹、広葉樹の木片サンプル (150×100×10mm) 計 36 種
針葉樹・・・(秋田スギ、ツガ、姫小マツ、ヒノキ、カラマツ、米マツ : group1)、ヒバ
広葉樹・・・(クス、ホオ、チーク、キリ、トチ、キハダ : group2)、シナ、カツラ、
ミズキ、イチヨウ、マホガニー、セン、ナラ、ホワイトオーク、
レッドオーク、カバ、クリ、シオジ、クワ、ツゲ、カエデ、ケヤキ、
エンジュ、ブナアカガシ、カシ、クロガキ、オールナット、コクタン

2.2 撮影方法

X 線管球・・・MG165 (最大管電圧 160kV、PHILIPS)
感光体・・・Imaging Plate (ST-VI Type、富士フィルム)
IP 画像読取装置・・・FCR AC-5 (富士フィルム)
撮影条件・・・管電圧 30kV、管電流 3mA、照射時間 1min、照射距離 150cm

3. 木材試料の FCR 撮影

X 線は透過する物質の密度 (比重) に応じて透過する量が増減する。木材を X 線透過撮影すると、密度の大小が X 線画像上では濃淡になって表れる。これは年輪が (早材の密度と晩材の密度が異なる) 濃淡の縞模様となって見えるためである。年輪の変化パターンは樹種によって異なっているが、実際の文化財資料の撮影では、樹種までは特定できないことが多い。その理由は、木彫品に使用される木材は板目部分や正目部分が混在しており、透

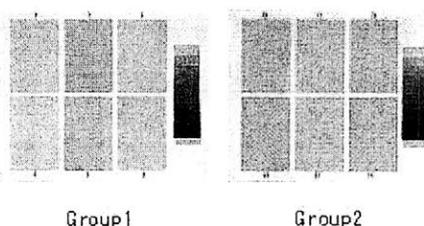


図 1. Group1、Group2 の FCR 画像

過 X 線画像では図 1 のように比較しても年輪のパターンなどに差を見つけにくく、また、文化財資料の形状が複雑である場合適切な画像が得られにくいからである。しかし、樹種によって密度が異なることに着目すると、撮影された濃度から木目のパターンと併せて樹種を特定できる可能性がある。はじめに

述べたように、フィルムを用いた場合現像条件によってフィルムの黒化度は大きく変化するが、FCR の場合は処理条件を一定にしており、より定量的な結果を得ることができる。

表1. 木材試料の気乾密度

No.	樹種	気乾密度(g/cm ³)	No.	樹種	気乾密度(g/cm ³)
1	コクタン	1.20	19	シオジ	0.64
2	ツゲ	1.05	20	ツガ	0.61
3	アカガシ	1.00	21	カヌマツ	0.60
4	カシ	0.97	22	クリ	0.59
5	ナラ	0.87	23	ヒバ	0.57
6	クロガキ	0.85	24	トチ	0.56
7	レッドオーク	0.81	25	クス	0.55
8	エンジュ	0.80	26	カツラ	0.55
9	カエデ	0.80	27	ホオ	0.55
10	カバ	0.80	28	セン	0.53
11	クワ	0.79	29	米マツ	0.52
12	オニグルミ	0.76	30	キハダ	0.49
13	ホウソク	0.74	31	姫小マツ	0.47
14	ブナ	0.74	32	シナ	0.45
15	ケヤキ	0.70	33	マホグニー	0.45
16	チーク	0.67	34	秋田スギ	0.40
17	イチボウ	0.66	35	ヒノキ	0.36
18	ミズキ	0.65	36	キリ	0.27

今回、木材試料を同一の階調処理パラメーターや周波数処理パラメーター条件に揃えて、X線透過濃度を画像ピクセル数として測定し、各木材試料の密度と比較した。密度は気乾状態として測定した(表1)。ピクセル数の測定はアクリル製クサビを基準として行った。その結果を図2に示す。密度の高い試料はピクセル値が低く、密度の低い試料はピクセル値が高くなることが分かった。

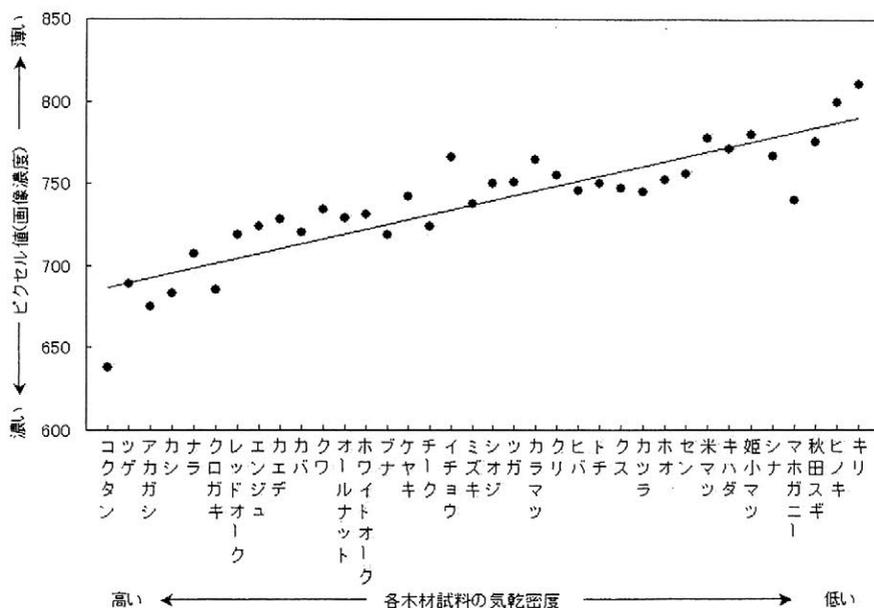


図2. FCR画像における各木材試料の気乾密度とピクセル値(X線透過濃度)の比較

4. まとめ

今回、FCRを利用して木材試料の密度とX線透過濃度の相関を見ることができ、ほぼ直線的な関係を得ることができた。しかし、木材は均一ではなく、心材や辺材、年輪にも早材部、晩材部があり、それぞれ密度に幅がある。またX線の透過濃度は木材の厚みにも左右される。今後は以上のことを考慮してより精度の高いデータを得られるように研究したい。謝辞：本研究で用いた木材試料は東京文化財研究所 加藤寛氏より提供を受けた。ここに記して感謝致します。

参考文献 1) 三浦定俊：X線イメージングプレートを用いた近世科学技術資料の調査(1), (2)

女乗物の蒔絵粉の分析について

○日高真吾（国立民族学博物館） 植田直見 菅井裕子（（財）元興寺文化財研究所）

1. はじめに

江戸時代までのわが国において、乗用具として利用されたものは車、輿、駕籠である。その中で駕籠は、江戸時代において庶民階層から上流階層までの幅広い階層の人々に利用された唯一の乗用具である。この利用者の階層の広がり、車、輿のように権威の象徴として発達を遂げた乗用具に対して、主に病人や老人を移送するといった実用面を重視する発達を遂げたことに関係していると考えられる。いくつかの種類のある駕籠のなかで、女乗物は外装を漆塗りに蒔絵等を施し、内部は装飾画で彩っており、装飾性を追及したつくりとなっている。したがって、実用性を重視した駕籠のなかではひととき異彩を放つものといえる。

発表者らは、1998年度から1999年度にかけて行った女乗物の保存処理から女乗物の製作技法に関する調査、観察を行い、2002年度からは文部科学省科学研究費補助金により、現存する女乗物について博物館を中心としてほぼ全国的に調査を行うことができた。今回は、調査項目のひとつとして行った可搬型蛍光X線分析装置による蒔絵の分析結果について報告する。

2. 可搬型蛍光X線分析装置による調査方法

女乗物に描かれる蒔絵を可搬型蛍光X線分析装置で測定を行った。調査状況を写真に示す。分析対象とした乗物の台数と測定ポイント、測定装置、測定条件を下記に示す。

調査台数：20 挺
 測定ポイント：113 ポイント
 測定装置：アワーズテック(株)100 F II
 測定条件：大気測定
 X線管球：Pd 管球
 測定方法：①モノクロ法
 ②ダイレクト法
 管電圧、管電流：①40 kV, 1mA
 ②25 kV, 1mA
 測定時間：100 秒
 X線照射径：φ3 mm



測定風景

3. 女乗物用いられる蒔絵技法

今回調査を行った女乗物に用いられていた蒔絵技法は、高蒔絵、平蒔絵を基本的に用いていた。肉眼観察から使用する蒔絵粉は金を中心として、青金、梨子地、銀、銅粉の存在が確認された。検出された元素は、Au（金）、Ag（銀）、Cu（銅）、As（砒素）、Pb（鉛）であった。なお、元素の定性は次の判断基準に依拠した。

元素	判定基準
Au(金)	L α で確認する
Ag(銀)	K α で確認する。ただし使用している蛍光X分析装置がPd(パラジウム)管球を用いているためPdの特性X線にまぎれることに注意する
Cu(銅)	K α に加えて、K β も確認できる場合
As(砒素)	① AsのK α があり、PbのL β がない場合。(またはPbのL α だけにしては10.5keVが強い場合) ② AsのK α 、K β がそろっている場合
Pb(鉛)	L α に加えて、L β も確認できる場合

4. 結果

- 1) 金について、金とともに砒素が確認される女乗物を現在7挺確認している。
- 2) 青金について、金とともに銀が観察される蒔絵箇所を青金と判断した。11挺に確認された。
- 3) 銀について4挺に確認された。使用箇所は家紋、梅の花、竹菱に用いられていた。
- 4) 銅について銅粉が確認されたのは1挺のみであった。また、銅と亜鉛が検出された女乗物が1挺あった。

5. 考察

金蒔絵に砒素が検出されることについては、通常の蒔絵で用いる弁柄の絵漆ではなく、石黄の絵漆を用いて金の発色効果を狙った可能性がある。

青金や銀の使用は金蒔絵を中心とした蒔絵の意匠に変化をもたせることを意識して使用されたものと考えられる。

銅粉が確認されたのは月丸扇紋女乗物1挺のみであり、他の女乗物には確認されなかった。また、豊岡の蒔絵から検出された銅と亜鉛が検出されたことから真鍮粉を用いている可能性がある。

梨子地を用いる女乗物が9挺確認された。これらの女乗物は特別な家格の大名に限られていたようである。本調査で確認した女乗物は徳川家より別姓で松平の姓を与えられる家もしくは徳川親藩となる家への輿入れで作られたものに限られていた。

今後の課題として、平蒔絵による標準試料を作成し、検量線法による定量分析を試みることを検討する。

なお、本研究は平成14年度文部科学省科学費補助金 特定領域研究「江戸のモノづくり」「江戸期における「乗りもの」の研究—大名駕籠を中心とした江戸のモノづくり—」(14023247)によるものである。

本調査を行うにあたり、女乗物の所蔵機関に多大な協力をいただいた。また、蛍光X線分析装置及び分析結果の解釈についてアワーズテック株式会社に協力をいただいた。ここに記して感謝いたします。

片岡太郎 (奈良大学) 高妻洋成 (奈良文化財研究所) 肥塚隆保 (奈良文化財研究所) 西山要一 (奈良大学)

1. 緒言

一般に、出土木材の劣化の初期段階では、ヘミセルロースとセルロースの非晶領域が優先的に分解され、相対的にリグニン含有率が増加する。また、劣化が進行すると、セルロース結晶領域もかなりの程度で分解され、リグニンも分解消失することが明らかになっている。^{*1}

出土木材を保存処理する際に、その特性を把握しておくことは重要なことである。しかし、変質をとまわずにリグニンを木材中から完全に分離する方法が確立されていないため、これまで出土木材におけるリグニンの定量はされてはいるものの、定性的な分析は困難でほとんどなされておらず、出土木材中のあるがままのリグニン (プロトリグニン) に関する研究は未だ十分にされていないといえる。

リグノフェノールは酸およびフェノール化合物を媒体とする相分離系変換システム^{*2}により抽出される。相分離系変換システムでは、酸水溶液によるリグニン化学構造の複雑な変質を避け、フェノール化合物をリグニンの基本構造であるフェニルプロパン単位のアルキル鎖C α 位にグラフティングした1,1-ビスアールプロパン型のポリマーとしてリグノセルロース系資源からプロトリグニンの骨格を有した状態でリグノフェノールを抽出できる。そのためこの相分離系変換システムは出土木材中のプロトリグニンの定性を期待できるものである。

本研究では、同一試料からクラーソンリグニン、酸可溶性リグニン、リグノフェノールを分離し、比較検討を行い、リグノフェノールを用いた出土木材リグニンの基礎的研究を行った。また、試料調製の乾燥工程において水分蒸発にもなうリグニン化学構造の変化が懸念されるため、異なる乾燥法を用いて試料を調製した。

2. 実験

平城宮跡より発掘されたスギ (*Cryptomeria Japonica*) の自然木を試料とした。出土木材は部位ごとに腐朽状態が異なるため、試料を辺材と心材に分け、約2cm³に切り出し、それぞれを最大含水率法により最大含水率を求め、その値ごとに分類した。本実験には心材のみを用いた。最大含水率により分類した試料をそれぞれ60℃減圧乾燥、自然乾燥、真空凍結乾燥させた。乾燥させた試料を粉碎後、木粉を60～80メッシュに調製した。その後、試料をエタノール・ベンゼン (1:2 v/v) の混合溶液で6時間ソックスレー抽出器を用いて抽出し脱脂試料を得た。

得られた脱脂試料を用いて硫酸法^{*3}によりクラーソンリグニン及び酸可溶性リグニン、相分離系変換システムによりリグノ-*p*-クレゾールを調製し分析に供した。酸可溶性リグニンの定量には紫外可視吸光度計を、クラーソンリグニン、リグノ-*p*-クレゾールの分析には赤外吸光度計を用いた。

3. 結果と考察

Fig.1, Fig.2は最大含水率に対してそれぞれクラーソンリグニン、酸可溶性リグニン含有率をプロットしたものである。これらより、これまでの種々の研究の知見と一致し、出土木材の劣化が進行するにつれ、相対的にリグニン含有率が増加しているということがみとめられた。また、真空凍結乾燥で乾燥させた試料において、その他の乾燥法で乾燥させた試料よりも、酸可溶性リグニンの含有率が低いという結果が得られた。

Fig.3は同じ最大含水率に対してそれぞれ異なる乾燥法で調製したクラーソンリグニンのIRスペクトルである。Fig.3において、異なる乾燥法を選択することによって、分離されるクラーソンリグニンのIRスペクトルの差異がみられた (図中矢印)。出土木材リグニンを分析する際の試料調製において乾燥工程も考慮しなければならないことを示唆しており、今後さらなる追求が必要である。

船岡によるリグノ-*p*-クレゾールのIRスペクトル⁴⁾は現生材中の細胞間層に由来するプロトリグニンの構造に近いとされるMWLのそれと酷似している。船岡の現生材の試料はエゾマツではあるが、同じ針葉樹の指標としてもちいと、出土木材から分離したリグノ-*p*-クレゾールのIRスペクトルは船岡によって得られたリグノ-*p*-クレゾールのIRスペクトルとほぼ一致している。すなわち、出土木材からもプロトリグニンの情報を有したままリグノ-*p*-クレゾールを分離できることが示唆された。

Fig.4は自然乾燥で調製した試料に対してそれぞれ異なる最大含水率の試料から分離させたリグノ-*p*-クレゾールのIRスペクトルである。Fig.4において、最大含水率の違いによるリグノ-*p*-クレゾールのIRスペクトルの差異がみとめられる(図中矢印)。つまり、出土木材の劣化程度の違いにより出土木材リグニンの化学構造の差異がみとめられた。

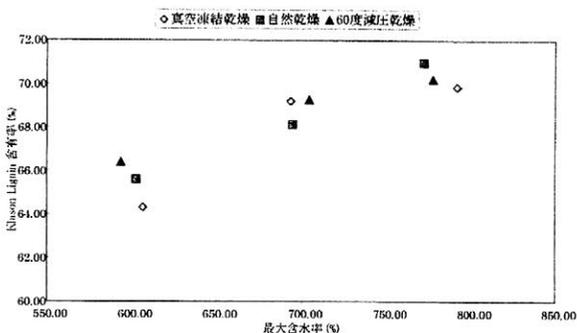


Fig.1 クラーソンリグニン含有率

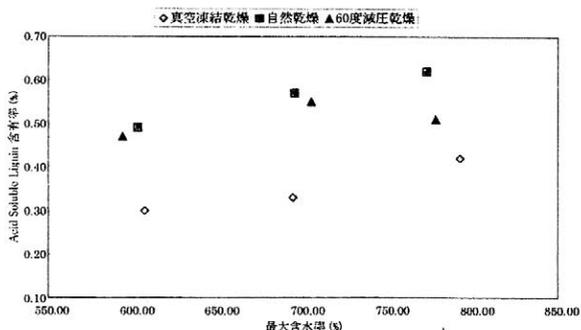


Fig.2 酸可溶性リグニン含有率

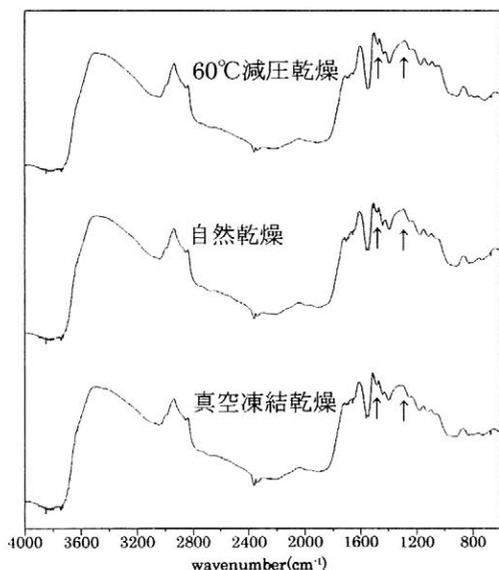


Fig.3 クラーソンリグニン (乾燥工程)

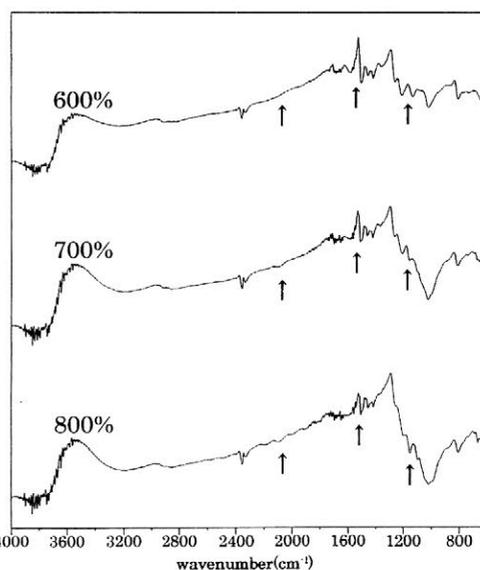


Fig.4 リグノ-*p*-クレゾール (最大含水率)

4. まとめ

相分離系変換システムにより分離されるリグノフェノールは出土木材リグニンの定性分析に有効であることが示唆された。出土木材の劣化程度の違いにより出土木材リグニンの化学構造の差異がみとめられた。また、試料調製の際に異なる乾燥法を選択することにより化学構造の違ったリグニンが分離されることがみとめられたことから、乾燥が及ぼすリグニンへの変質の影響についても検討していく必要がある。

¹⁾ 高妻洋成、湊和也、片山幸士「出土木材の種々の性質間の関係」『木材学会誌』Vol. 42, No.7 (1996)

²⁾ M. Funaoka, I. Abe「Rapid separation of wood into carbohydrate and lignin with concentrated acid-phenol system」『Tappi Journal』(1989)

³⁾ JIS P 8008 パルプ材のリグニン試験方法 (1976)

⁴⁾ M. Funaoka, I. Abe「Characteristics of Lignin Structural Conversion in a Phase-Separative Reaction System Composed of Cresol and Sulfuric Acid」『Holzforschung』Vol. 50 (1996)

力学的試験法による水浸出土木材保存処理方法の評価（2）

○川本耕三（(財)元興寺文化財研究所）、中村晋也（金沢学院大学）

1. はじめに

近年、出土木製品の保存処理法が数多く研究開発され、糖アルコール含浸法（SA法（今津1999））・高級アルコール法（HA法）・脂肪酸エステル法（HSM法）のように実際に遺物の保存処理に用いられているものもある。これら新しい処理法について、適切な処理期間や遺物の寸法安定性、質感、保管時の経時変化などの研究成果が報告されている。

一方、出土木製品の大部分は埋没中に劣化し、何らかの物理的な力によって変形や折れ、欠損している。そのため、薬剤含浸処理などによって強化後、接着や補填などの作業をして復元しなければならない。先述の新しい方法によって処理された遺物の多くは接着特性の違いを考慮せず、従来のポリエチレングリコール含浸法（PEG法）やアルコール-キシレン-樹脂法（AXR法）、真空凍結乾燥法（FD法）などによって処理された遺物と同様の材料・手法で復元されることが多い。

昨年の報告では、上記6種類の出土木製品保存処理法について含浸薬剤など処理後遺物内に残留する薬剤が接着性に与える影響を、従来から出土木製品の復元のためによく用いられるエポキシ系、シアノアクリレート系の接着剤・充填剤について検討した。さらにその接着強さが遺物にとって適切なものであるか考察した。

本研究では、油面接着剤を用いることによって、脂肪酸エステル法によって処理した出土木材の接着特性を必要十分な水準まで改善できる可能性を確認した。

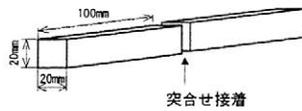


図 試料木片

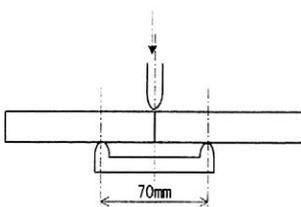
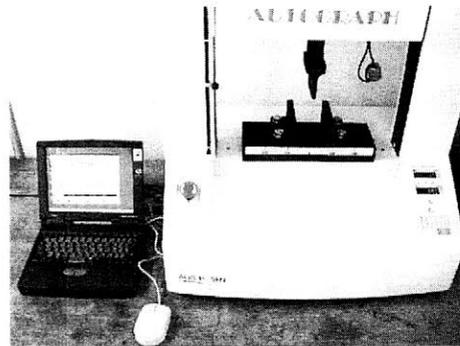


図 曲げ接着試験



2. 実験

細長い遺物の中央部を接着剤で接合し、両手で支え持った場合を想定した「曲げ接着強さ試験」を行った。

曲げ接着強さ試験

出土流木（イタヤカエデ、含水率 700～1000%）から、長手方向が繊維方向と平行になるように断面 20mm 角正方形、長さ 100mm の直方体木片を切り出し、脂肪酸エステル法で処理し、油面接着剤（モルケミカル（株）製 オイルコート ゲル）で木口面の方向を揃えて突合せ接着し試料とする。なお、脂肪酸エステルとしては 12-ヒドロキシステアリン酸メチルを用いた。

測定は JIS K 6856（接着剤の曲げ接着強さ試験方法）を参考にして、島津製作所（株）製オートグラフ AGS-H 5KN 型に 3 点曲げ試験治具を装着した試験装置を用いた 3 点曲げ試験を行った。試料片の柃目面を荷重面として、接着した試料片はその接着部に荷重部分の先端が当たるようにし、そこから左右 35mm の位置を支点（支点間距離 70mm）、荷重速度 5mm/min で行った。

3. 結果と考察

脂肪酸エステル法で処理した試料木片のハイスーパー5 分型での接着強度は非常に小さく、PEG 法のもの 1/6 であった。また、破断面の接着剤が軟化し、かつ乳白色を呈していること、接着剤に接した木材表面に 12-ヒドロキシステアリン酸メチルの白色結晶が付着していたことから、12-ヒドロキシステアリン酸メチルまたはエタノールが出土木材の接着性を低下させている可能性があった。

それに対して、脂肪酸エステル法で処理しオイルコートで接着した試料木片は、ポリエチレングリコール含浸法や糖アルコール含浸法で処理してハイスーパー5 分型で接着したと同等の接着強度を有し、なおかつ、木材と接着剤の界面で破断するため遺物に損傷を与えにくい、必要かつ十分な接着強度を得ることができた。

元来油面接着剤は、潤滑油や切削油が付着した鋼材を洗浄することなく接着するために開発された接着剤なので、切削や着色、再処理が可能かどうかなど、遺物に対して用いるためには検討すべき課題が多くある。今回の研究は非水系充填剤で含浸処理した出土木材の接着に対して、接着強度の点で油面接着剤が有効である可能性を示唆している。

本研究報告は科学研究費補助金 基盤研究(C)(2)（課題番号 12680162）により実施しました。深く感謝申し上げます。

出土木製品の真空凍結乾燥法を用いた処理について

～乾燥温度と PEG 濃度が与える影響～

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

1.はじめに

真空凍結乾燥(FD)法は、出土木製品の保存において有効な処理法の一つである。

出土木材を真空凍結乾燥するには強度の点から PEG の含浸が不可欠である。真空凍結乾燥処理を適切に行なう上で、乾燥温度と PEG 濃度の選択は重要な点となっている。しかし、乾燥温度や濃度についての報告例はあるものの乾燥温度や PEG 濃度が出土木材にどのような影響を与えるかについて、報告等による情報量は少ない。乾燥温度や PEG 濃度の違いにより生じる現象を明らかにすることで、より効果的で適切な真空凍結乾燥処理を行えるものと考えている。実験は PEG-4000 を用い、溶媒は水で行なった。

2.乾燥温度の与える影響

2-1.乾燥温度と生じる現象

これまでの報告⁽¹⁾⁽²⁾より、PEG の変形が生じず安全に処理が行え、かつ昇華速度が速い温度として、乾燥温度は -20°C が適切であるとされている。

乾燥温度が -20°C より高い場合、PEG 水溶液は内部から破裂する(Fig.1)。観察を行なううちに、飛び散り、発泡することから、PEG が液状になっている、すなわち融解しているのではと推測された。

また、処理が終了したと思われていた木材を割ると、中心部は濡れ色を呈していることがある。昇華が終了していなかったためであろうと推測し、試料の重量が変化しなくなるまで真空凍結乾燥処理を行なった。約 $30\text{mm}\times 30\text{mm}\times 30\text{mm}$ の出土木材を、40%、50%、60%各濃度まで PEG を含浸したものを試料とし、 -50°C で予備凍結後、乾燥(棚)温度 -20°C と 0°C で重量が恒量になるまで真空凍結乾燥処理を行なった。その結果、 0°C で乾燥を行なったものは恒量になっているにも関わらず、濡れ色部が確認された(Fig.2)。また、乾燥温度が高く PEG 濃度が高いほど、面の落ち込みが確認された。走査型電子顕微鏡で正常に真空凍結乾燥された既乾部と濡れ色部の木口面の観察を行なったところ、PEG の残存の形態が異なっていた(Fig.3)。昇華が行なわれていないのに乾燥している。つまり、昇華が終了するより速く木材内部において PEG が融解し、その部分の水分は蒸発により乾燥されたということが考えられる。

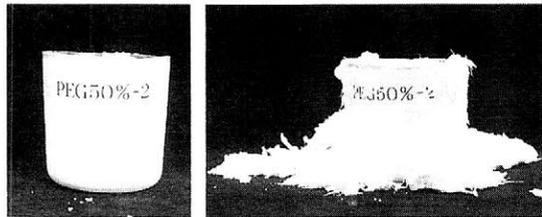


Fig.1 左：PEG 水溶液を -20°C でFDした試料
右：PEG 水溶液を 0°C でFDした試料

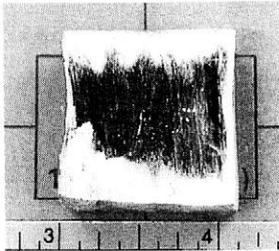


Fig.2 0°C でFDした試料の断面。

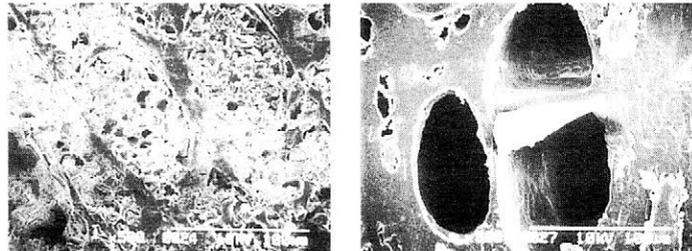


Fig.3 左：既乾部の木口面 右：濡れ色部の木口面

2-2.真空凍結乾燥中の PEG 融解

真空凍結乾燥中の PEG の融解について確認実験を行なった。

40%、50%、60%各濃度の PEG 水溶液で約 $30\text{mm}\times 30\text{mm}\times 30\text{mm}$ のブロックを作成し、 -50°C で予備凍結後、乾燥(棚)温度 -20°C と 0°C で真空凍結乾燥処理を行ない、6時間経過ごとに取出し、竹串を刺すことによって融解の確認を行なった。

実験の結果、棚温 -20°C ではどの濃度においても融解を確認できなかったが、棚温 0°C では30時間頃から60%PEG 水溶液の試料が融解し始めた。PEG 濃度の高い順に融解が起きた。いずれも品

温が $-8\sim-5^{\circ}\text{C}$ 付近を超えたあたりで内部の PEG は完全に融解しているようであった。

PEG が Fig.1 のようになる現象も、内部で PEG が融解し液体になったため、減圧下で突沸が起き、大量に発生した蒸気によって圧力が高くなり破裂したと考えられる。

また、木材内部においても同様の現象が起き、融解した部分は自然乾燥と同じように、もしくは減圧下であるため急速に液体から気体へと蒸発し乾燥する。このときの木材内部での収縮が面の落ち込みが生じる原因の一つであろう。

3.含浸する PEG 濃度の与える影響

3-1.昇華速度

含浸した PEG 濃度の違いによる昇華速度の比較を行った。各濃度の PEG 溶液 100g を -50°C で予備凍結後、乾燥時の棚温を -20°C と 0°C に設定し、各棚温で真空凍結乾燥処理を行ない、6 時間経過ごとに取り出し重量を計測した。

その結果、濃度が低い順に昇華が速いことが確認できた(Fig.4)。濃度の低いものは含有している水分量が多いが、昇華を阻害する PEG の量も少ない。そのために濃度の低い方が昇華が速く処理期間が短くなると言える。

3-2.処理後の木材の強度

含浸する PEG 水溶液の濃度を 60%と選択している場合、その理由として上げられるのが『強度の確保』という点である。そこで、含浸した PEG 濃度による真空凍結乾燥処理後の出土木材の強度を比較するため、強度試験を行った。強度試験方法には、繊維方向に荷重をかけていく縦圧縮破壊試験を選択した。

約 $30\text{mm}\times 30\text{mm}\times 30\text{mm}$ の出土木材を、40%、50%、60%各濃度まで PEG を含浸し、 -50°C で予備凍結後、乾燥(棚)温度 -20°C で重量が恒量になるまで真空凍結乾燥処理を行ない試料とした。樹種はドロノキとウルシであった。

Table.1 圧縮強度試験の平均値 (N/cm^2)

	0%FD	40%FD	50%FD	60%FD	現生材
ドロノキ	0.95	2.00	1.80	2.43	207.12
ヤナギ	0.88	2.03	2.10	2.88	81.52

結果を Table.1 に表した。今回の試験においては、出土木材の強度は、60%のものは他の濃度に比べ高い数値を得られた。しかし、現生材と比較した場合、その差は非常に小さいものである。60%にすることで高い強度が得られるとは言えない。

4.まとめ

乾燥温度が高いとき、真空凍結乾燥中に試料内部において PEG が融解することが確認できた。融解が生じない -20°C での乾燥が効果的であると確認できた。しかし、『乾燥温度』は機械に依存する点が多い。それぞれの機械の性質を把握し、例えば真空凍結乾燥中に温度を下げ凍結しなおしたりするなど融解させない温度設定をすることで、どのような機種においても効果的な処理を行なうことが可能になるだろう。

PEG 濃度の低い方が昇華速度は速い。PEG 濃度 40%を選択することで、より安全に処理が行え、処理期間の短縮が可能である。また、強度や昇華速度、含浸中の収縮を考慮すると、PEG 濃度 60%を選択するメリットは少ない。

適切な処理が行える条件を明確にしていき、悪条件を回避していくことによって、より適切な処理が行えるものとする。今後も効果的な乾燥・処理行程について検討していきたい。

参考文献

- (1) 井上美知子「凍結乾燥法による出土木材の保存処理について(乾燥条件の検討)」『日本文化財科学会第 11 回要旨集』(1994)
- (2) 富士明日香「真空凍結乾燥処理における PEG 濃度における出土木材への影響(1)」『日本文化財科学会第 19 回要旨集』(2002)

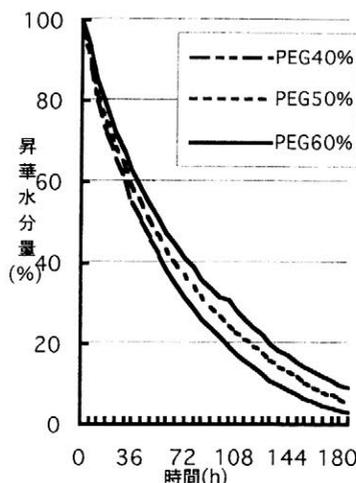


Fig.4 棚温 -20°C のときの昇華水分量の推移

水浸出土木材における PEG 含浸・除去と木材組織の観察

○小林啓（山形県埋蔵文化財センター）、松井敏也（東北芸術工科大学）
北野博司（東北芸術工科大学大学院）、松田泰典（同大学大学院）

1. はじめに

これまで出土木材の保存処理方法として、ポリエチレングリコール（以下 PEG）を使用した処理方法が数多く行なわれ、その研究例は非常に多い。反面、処理中や処理後のトラブルについても少なからず報告されている。保存処理の基本理念には、使用薬剤は必ず除去出来なければならないという項目がある。しかし、PEG 処理においては現在この点に着目して行なわれた研究例ほとんどない。そのため、処理後の木材に何らかのトラブルが生じた場合は対応に苦慮する状況にある。そこで本研究では、PEG 含浸を行なった木材からの PEG 除去を行い、具体的な除去方法の検討とそれに伴う試料の変化について研究・考察を行なう。今回は試料の重量・形状・細胞組織についての確認を行なう。

2. 試料

実験に使用した試料は、出土地域・保管環境など条件の異なる 6 種類の材を使用した。樹種はいずれも広葉樹で、クスギ（491%）・トネリコ（907%）・オニグルミ（753%）・マカンバ（703%）・ヤナギ（1020%）・ハンノキ（453%）の 6 種類である。これらを、30×30×30（接線×繊維×放射方向）（mm）の大きさに調整したものを、それぞれ 25 個ずつ使用した。試料調整の際、劣化の著しい材の両端を避け劣化状態や年輪の方向が比較的均一と思われる箇所から試料を採取した。

3. 実験方法

本研究は下記の 2 つの実験からなる。以下にその詳細を記す。

【PEG 含浸・除去】

試料に前処理を施した後、PEG 含浸を行なった。PEG 含浸は、濃度を 20% づづ上昇させ 100% まで含浸させた。各濃度の浸せき日数は 5~10 日とした。含浸終了後、試料を十分に乾燥させたのち低濃度の PEG 溶液に浸せきし、試料内部からの PEG 除去を行なった。除去方法は Fig.1 に記す。各方法とも段階的に PEG 濃度を降下させ最終的に 0%（蒸留水）に浸せきすることで除去終了とした。また、PEG 含浸・除去ともに 70℃ の高温槽を使用し、濃度変更時には重量計測と形状観察を行なった。

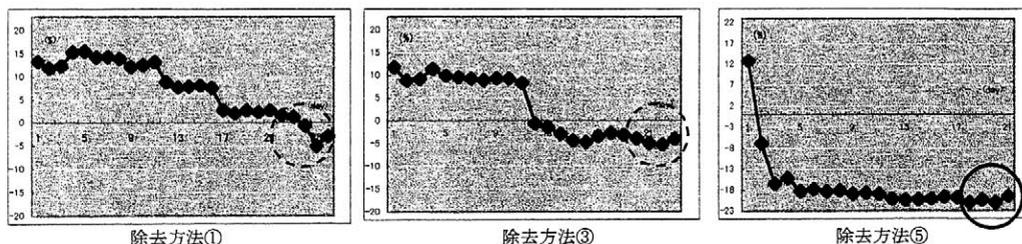
【細胞観察】

PEG 含浸・除去実験中の試料から、PEG 濃度変更時に木材切片を採取した。木材切片は基本的な 3 断面（木口・板目・柀目面）から採取した。その後、切片を光学顕微鏡にて観察し樹種の残存状況や細胞組織の変化について観察を行なった。

4. 結果

【PEG 含浸・除去】

PEG 含浸後の試料からの PEG 除去を行なうことで、含浸前と比較して試料の重量が減少傾向を示した。この傾向は、除去方法や樹種の際に関わらず一様に確認することができた。重量減少率は、除去開始の濃度が低いほど大きく減少する傾向を見せるが、試料によっては異なるものもあった。ただし、いずれの試料においても方法⑤の減少率が他と比較して特に著しい結果であり、PEG 除去による重量減少は、除去開始の PEG 濃度に大きく依存するようである。試料の形状変化についても方法①・②については、試料の亀裂や歪み等の変化がほとんど確認されていない。しかし、方法③～⑤では試料の一部剥離や放射方向の亀裂が各試料において確認された。また、方法⑤では、浸せき後数時間でこのような変化が確認できる試料もあった。



※縦軸は重量減少率，横軸は日数

【細胞観察】

木材切片の観察結果から、PEG 含浸・除去のいずれの行程においても、樹種の同定が可能な程度の細胞観察を行なうことができた。この結果から、PEG 処理後における樹種同定の可能性や資料的価値の有無が確認された。ただし、PEG 除去では、除去方法③～⑤において、細胞の微細構造に変化が生じる箇所も一部確認された。(Photo.1)

Photo.1

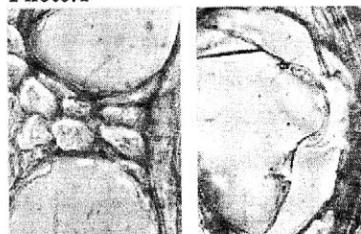
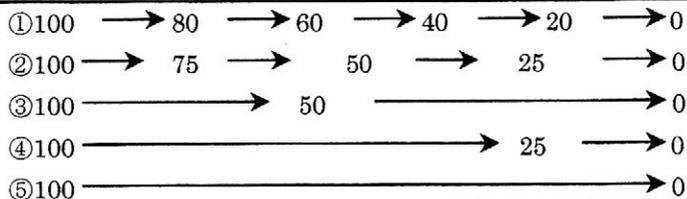


Fig.1 PEG 除去方法



※数字は PEG 濃度 (%), 0% は蒸留水

5. 課題

本研究では、PEG 含浸・除去やそれに伴う細胞組織の変化などその現象を確認するに留まる結果となった。そのため、今後これら結果に対する詳細な研究・考察を行なうことが絶対的に必要である。

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(2)

○米村 祥央 (財団法人 元興寺文化財研究所)

はじめに

出土木製品のポリエチレングリコール(PEG)含浸処理は、数ヶ月から長いものでは数年の期間を要する。その間に PEG が本来持っている物性を維持しているかについての情報は必ずしも十分ではなかった。種々の物性の中でも分子量の大きさは、常温時における状態的性質を決定することから、含浸処理終了後の遺物を保存する上で重要な意味を持っている。そのため、分子量分布を測定することによりその変動メカニズムを明らかにし、管理に利用することを目的として研究を開始した。これまでに PEG の分子量分布は比較的短期間の加熱でも変動を示すことが明らかになった。本報告では約 9 ヶ月間の加熱実験における PEG の分子量分布の変動について報告する。

方法

試料は日本油脂製の PEG#4000 を使用した。2 個の栓付ガラスビンにそれぞれ 300g の PEG を入れ、一方は栓をしない開放系に、もう一方は栓をして閉鎖系とした。ガラス瓶は 60°C の恒温オープン内に置き連続的な加熱を行った。ビン内からサンプルを採取し、1w% の水溶液を作製し、ゲル・浸透クロマトグラフィー(GPC)で分子量分布を測定した。

結果および考察

開放系における PEG の分子量分布は、加熱期間に伴って大きな変動を示した (図 1)。GPC

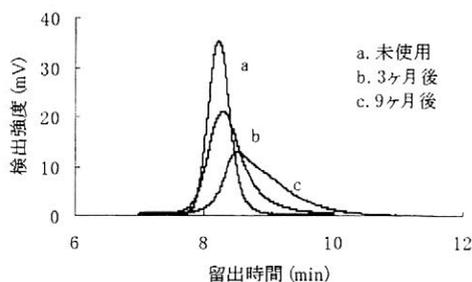


図1 PEG分子量分布の変動60°C開放系

分析では分子量が小さいものほど遅い留出時間で検出するため、分子量分布が低分子側にシフトしていることが明らかである。

また、ピーク幅は低分子側に広がっていく傾向がある。このような分子量分布の広がり分散度で表すことが可能である。図 2、3 に数平均分子量(Mn)と分散度(Mw/Mn)の変動を示した。(こ

こで Mw とは重量平均分子量を

表し、通常の分子量分布では $Mw > Mn$ の関係があり、分布がない場合 $Mw = Mn$ である。) 開放系では時間の経過に従い Mn が減少していき、Mw/Mn は増加する傾向がある。つまり平均分子量が減少しつつ、分布の幅が広がったといえる。留出時間が 9.5 分を超えると、分子量は 600

以下になる。これは常温においても液体になる領域であり、9ヶ月後のPEGの中にはこのような性質をもつPEGが共存していることを示している。9ヶ月間加熱したPEGは常温になっても固化することではなく、ペースト状であった。

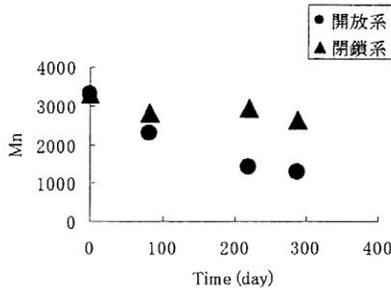


図2 数平均分子量Mnの変化

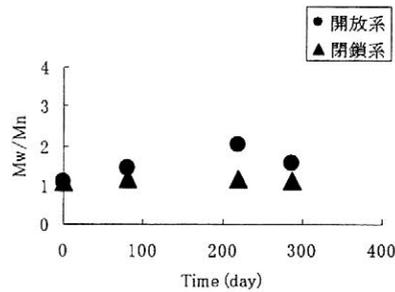


図3 分散度Mw/Mnの変化

このように低分子化したPEGの熱的性質は、図4の示差熱分析(DTA)結果で明白に示されている。負の方向に表現されるピークは吸熱反応を示しており、この領域で融解が起こっている。加熱前のPEGは57度付近で融解するが、開放系で加熱し続けたPEGは明白なピークがなく、広範囲の低温領域で融解していると考えられる。以上のことから、空気の出入りがある環境で60°Cの加熱をし続けると低分子化の反応が進み、PEGの安定性は低下することが明らかになった。

閉鎖系では1°Cほど低温度側にシフトした。閉鎖系におけるMn値の減少は開放系と比較すると小さく、Mw/Mnの増加もわずかであった。空気の出入りを抑えることで低分子化反応が抑制されることは明らかである。通常のPEG含浸処理では、熱効率を上げたり濃度を維持する目的でふたをしているが、低分子化の反応速度を小さくする役割もしているといえる。しかし、使用

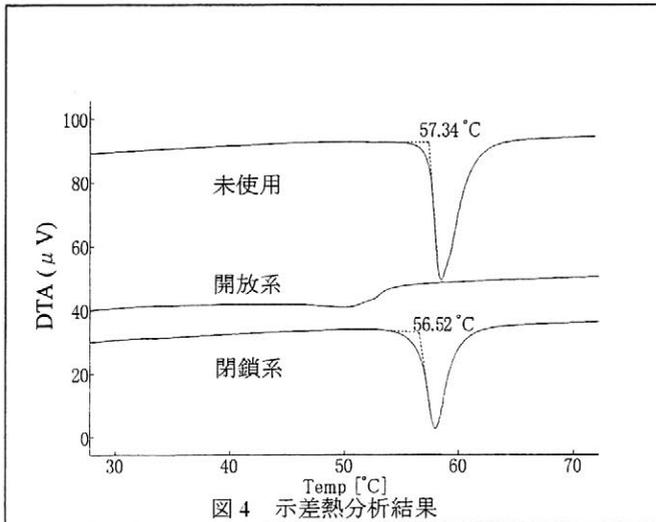


図4 示差熱分析結果

期間が長くなればそれだけ多くの熱エネルギーを受けるため、低分子化の反応は進んでいくと考えられる。安定性の高いPEGを含浸させる目的で定期的な測定を続けていくことが望ましい。また、実際の含浸環境は水分や木材からの抽出物など、非常に複雑な系となっている。現在のところでは、温度と酸素という因子のみで実験をおこなっているが、その他の因子についても検討していく必要がある。

本研究は2002年度の元興寺文化財研究所民俗文化財保存会研究助成金の成果を含むものである。

「加賀郡ぼう示札」の保存処理について

○中山由美（（財）石川県埋蔵文化財センター）

1 はじめに

「加賀郡ぼう示札」は平成 12 年に石川県津幡町加茂遺跡から出土した木簡で、その大きさは縦 23.3cm、横 61.3cm、厚さ 1.7cm である。これは、行政文書を告示するため路傍に提示する、いわゆる高札であるが、平安時代には高札という用語がなく、本資料の文書中に「国道にぼう示し」と記されていることから「ぼう示札」と呼称されている。

本資料のような平安時代の高札が発見されたのは全国ではじめてであり、貴重な資料として注目されている。そのため、今回、石川県教育委員会の受託を受けて、（財）石川県埋蔵文化財センターが保存処理を行うこととなった。

2 資料の状態

本資料の材質は目の詰まったヒノキである。木取りは柁目で横板として使用されている。本体は上・下端部を欠損しており、埋蔵時の土圧などによって生じたと思われる大きな亀裂が右端部に 3 本ほど確認できた。また、出土時は文字面を下にして出土していたが、そのため出土後しばらく現場に置かれて乾燥したために全体としてゆるく反っていた。

文字面については、木材表面の墨が流され、字画部分が 1～2 mm 程度周囲より盛り上がって残っている状態であった。これは本札が風化するのに対し、字画部分は墨の防腐作用によって風化を免れたためである。また、左側の表面には出土後、文字の判読作業中などに生じたと思われる、軸方向に直行する細かいクラックが確認された。

2 保存処理

この「加賀郡ぼう示札」を処理するにあたって懸念されたのは、処理中の収縮・変形によって、文字が失われてしまうことであった。そのため、「加賀郡ぼう示札保存処理指導委員会」を組織し、その指導のもとで各作業を慎重に行った。

資料の状態や事前調査の結果から、保存処理には前処理に第 3 ブチルアルコールを使用した真空凍結乾燥法を用いることとした。

凍結乾燥時には本体にひずみゲージを直接取り付け、乾燥庫内でのぼう示札の状態を 24 時間記録した。乾燥については、当初より本体の収縮を 1% 以下に押さえることを目標とし、本体に大きな変化を確認した場合は即時に処理を中止するようにことを前提としていた。そのため、乾燥中に表面に生じていたクラックが広がり、文字部分に達することが懸念されたことで作業を中止した。この時点で本体内部には 150 g 以上の第 3 ブチルアルコールが残留していることが予測されたので湿度 50% 温度 17 度に設定した特別収蔵庫で 1 ヶ月保管し状態を観察した。その結果、一日あたり平均 1.4 g 程度の第 3 ブチルアルコールの自然蒸発を確認したが、本体の形状はほとんど変化がなかった。しかし、示札は博物館で展示することが決まっていたため、このままでは展示中に第 3 ブチルアルコールが蒸発しつづける可能性が生じたので、再度、真空凍結乾燥機による乾燥を行った。この乾燥中には、特に心配された亀裂の拡大などは確認されず、1 ヶ月後、乾燥を終了した。乾燥後は、修復等は行わず、わずかに表面に残った PEG を取り除くのみとして保存処理の完了とした。

3 結果

「加賀郡ほう示札」の保存処理については、途中で器械が故障したり、再乾燥が必要になるなど、決して順調に行われたとは言えないが、最終的な結果として、ほう示札の乾燥中の収縮は全体の1%程度でに押さえることが出来、また、文字面がはっきりと浮かびあがるなど仕上がりも良好なものとなった。したがって、今回の例は前処理に第3ブチルアルコールを使用した真空凍結乾燥の場合、一度乾燥を停止し再度乾燥を行っても、寸法等に問題無く処理できる可能性があることを示す例であると考えられる。

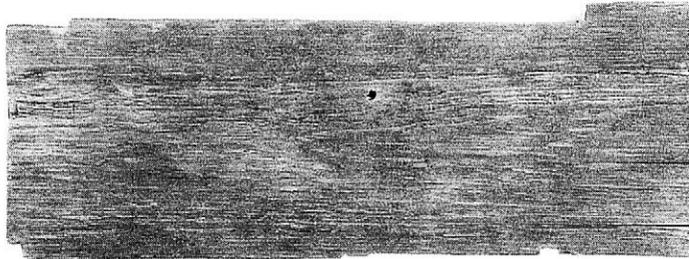


写真 加賀郡ほう示札

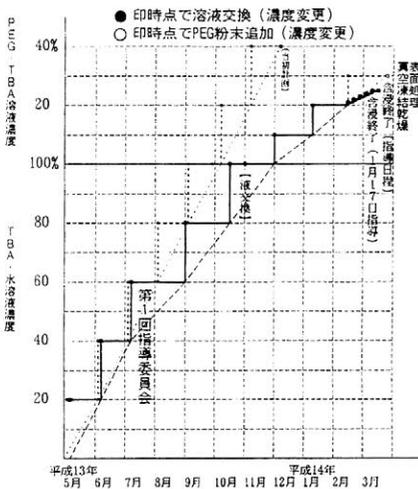


図1 保存処理工程

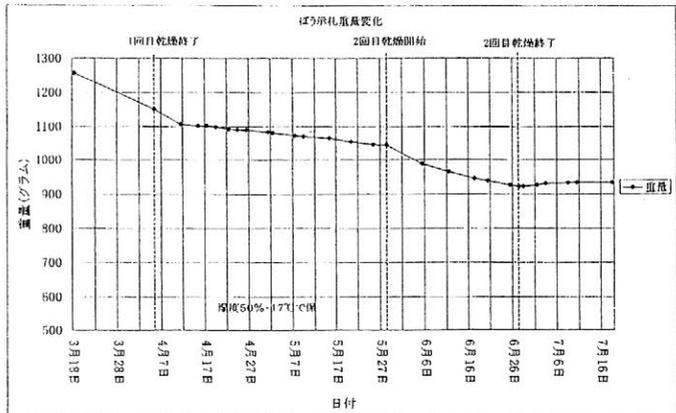


図2 ほう示札の重量変化

謝辞 今回の保存処理にあたって、御助言・御指導を頂いた沢田正昭氏と高妻洋成氏（共に奈良文化財研究所）には心より感謝の意を表したいと思います。

参考文献

・西尾太加二、高妻洋成、渡辺康弘「清水市巴川出土丸木舟の保存処理」『日本文化財科学会第一六回大会』1996年6月26日

特殊な遺物の取り上げと保存処理

○藤沢敦（東北大学埋蔵文化財調査研究センター）
千葉直美（同）・京野恵子（同）・高木暢亮（同）

1. はじめに

宮城県仙台市の仙台城二の丸北方の武家屋敷地区の調査で、比較的大型の特殊な遺物が出土した。藁と思われる植物繊維で作られた俵、埋設された当初の形態を保っている桶、そして犬の全身骨格である。これらを出土状況を保ったまま取り上げ、保存処理したので報告する。

2. 俵の取り上げと保存処理

俵は2つ出土し（図1）、いずれも上部は欠損し内部には土が詰まっていた。内部の土を除去したところ藁と思われる植物繊維の存在は確認できたが、なお付着している土の乾燥に伴い崩壊する恐れがあった。そこでまず俵の内側を、湿った土層の剥ぎ取り等に用いられる変性ウレタン合成樹脂（トマックNS-10）とガーゼを用いて裏打ちし、その後ウレタン樹脂で包埋して取り上げを行った。2つの俵のうち1つを保存処理した。長さ約90cm、幅約50cmの俵はPEGを用いて固化した。まず余分なウレタンと土を除去し俵表面を露出させて洗浄した後、PEG20%水溶液を塗布した。徐々にその濃度を上げながら俵表面がPEGで白く固化するまで繰り返し塗布を行った。俵表面の固化したPEGはドライヤーや温めたエタノールを用いて除去した。その後ウレタン下部を俵型に整形した（図2）。

3. 桶の取り上げと保存処理

桶（針葉樹材）は、直径約45cm、残存高約23cmで、埋設された状態で出土した（図3）。桶内部をウレタン樹脂で充填した後周囲の土を掘り下げ、全体をウレタン樹脂で包埋して取り上げた。桶内部のウレタンは残したまま、他の余分なウレタンと土を除去して桶の外側を露出し、表面洗浄を行った。桶の残存状態は極めて悪く、処理中の剥落や崩壊を防ぐため、タガ（竹材）をピンで仮固定し、桶の外側を布で巻いて養生した。投げ込みヒーター（日中は約70℃で稼働、夜間は停止）を設置した特大コンテナ（内寸80×56×48cm）内でラクチトールとトレハロースの7：3混合溶液を用いて含浸処理を行った。40%濃度から含浸を開始し、最終的に74%濃度まで含浸させた。含浸期間は約4.5ヶ月であった。含浸終了後、桶外側の養生布を除去し、桶表面の溶液を軽く拭き取りラクチトールの粉を全体にまぶした。70℃に設定した含浸槽のステンレス製の蓋の上に桶をのせ、さらに段ボールのカバーをかぶせて含浸槽の余熱（約30～35℃）で乾燥させた。約7週間後、熱湯で桶表面の粉を流し、水分をよく拭き取って再び同様に約4週間乾燥させた。タガは糖アルコールの結晶で側板に固定されており、一部脱落した破片のみエポキシ系接着剤で接着した。側板と底板の固定および隙間の充填にはエポキシ系合成樹脂等を用いた。桶内部のウレタンを除去しクリーニングを行った（図4）。

4. 犬の全身骨格の取り上げと保存処理

犬の全身骨格は、ゴミ穴と考えられる場所で木材や竹材、漆碗、下駄、陶磁器などが堆積している中に横たわった状態で出土した（図5）。現場で軽くクリーニングを行った後、アクリル系合成樹脂（パラロイドB72）を塗布して骨の仮強化を行った。遺構面全体（約98×75cm）を養生したのちウレタン樹脂で包埋して取り上げを行った。反転した後、取り上げた遺構裏面の土を厚さ1cm程になるまで除去し、その部分にエポキシ系合成樹脂（FRP）を流し込んで底部を補強した。再度ウレタン樹脂で包埋し、正位に戻した後、骨格上部を覆っていたウレタンを除去し遺構表面を露出した。遺構表面の木材や竹材は可能な限り取り上げた。骨はアクリル系合成樹脂（B72）で強化した。土の硬化についてはいくつかの硬化剤を用いて実験を行ったが、表土に残った木材や竹材を同時に硬化するためにも、PEGを用いることにした。PEG水溶液を20%濃度から徐々に濃度を上げて遺構表面全体が白く固化するまで繰り返し塗布した。白く固化した遺構表面のPEGはドライヤー等を用いて除去した（図6）。

5. まとめ

俵については、懸念された高湿度時におけるPEGの溶出もなく、比較的良好な状態で処理できた。桶については、極めて悪い残存状態にもかかわらず、出土時の状態を保ったまま処理できた。犬の全身骨格については、表土に含まれている木材や竹材の存在が問題であったが、PEGを用いることで土・木材・竹材を同時に硬化することができた。

いずれも比較的簡便な方法であるが、ある程度満足いく仕上がりととなった。

発掘調査では時として特殊な遺物が出土する場合がある。そうした遺物に対して最高の処理ができればよいが、それが不可能な状況のほうが多い。しかし、特別な設備がなくても方法を工夫することで、ある程度の取り上げと保存処理が可能であるといえよう。

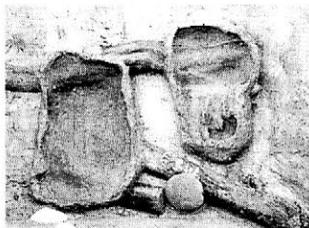


図1. 俵の出土状況(左の俵を処理)

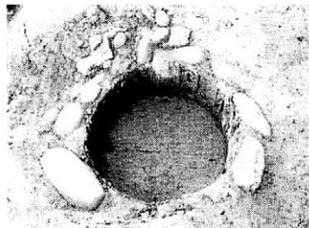


図3. 桶の出土状況

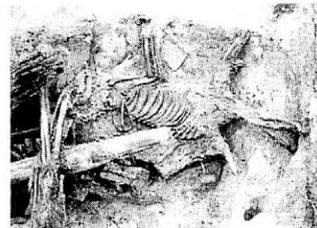


図5. 犬の全身骨格の出土状況

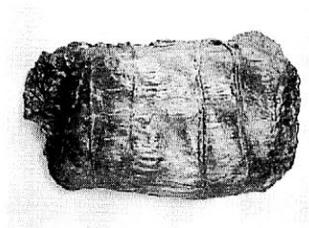


図2. 処理後の俵



図4. 処理後の桶



図6. 処理後の犬の全身骨格

再転写工法による遺構の立体剥ぎ取り移築（2）

○西尾太加二（（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所） 森田恭史（同）
渡辺康弘（静岡市教育委員会）

1、はじめに

開発事業に伴う緊急発掘調査によって検出された遺構や遺跡のほとんどは、調査後には姿を消してしまう。ときに、マスコミを巻き込んだ住民による保存運動が展開され、都道府県や市町村指定史跡として現地に保存される例もあるが、極めて稀である。

今回の報告は、遺構の現地保存が困難であったこと、埋蔵文化財等展示施設（仮称）の建設が計画中であったことなどから、遺構を移築することで保存した事例である。

2、東山田第3号窯跡

静岡県静岡市清水東山田古窯跡群¹⁾は、東名高速道路の建設に際して調査された2基と今回調査された3基と併せて5基の窯跡からなる。第2号窯址は須恵器焼成窯であるが、その他は7世紀末と推定される尾羽廃寺の屋根瓦を焼いた窯跡である。

東山田第3号窯跡は、第4号窯跡に隣接し、窯体長は2.15mで有段数は8段、窯体幅は1.44m、有階部は高さ1.36m、焼成部の床面傾斜角度は36度を測る地下式有階有段窯である。また、前庭部は燃焼部で屈曲する。移築した範囲は、幅4m、長さ7m、標高差4mである。（図-1）

3、再転写工法による立体剥ぎ取り移築

再転写工法は、窯跡表面の土壌を変性ウレタン樹脂で薄く剥ぎ取り、同樹脂膜に転写した土壌を再び復元遺構の本体となるエポキシ樹脂に転写する工法²⁾である。

■現地での作業工程（遺構面の剥ぎ取り）

- ①含水率を調整した遺構表面に、変性ウレタン樹脂をスプレーガンで吹き付け、ガラスクロスで裏打ちする。
- ②アルミホイルを離型剤として石膏、発泡ウレタン樹脂、角材等でバックアップ材を作製する。（写真1）
- ③バックアップ材を分割しながら取り外し、土壌が接着した変性ウレタン樹脂膜を遺構から剥ぎ取る。

■室内での作業工程（遺構の復元）

- ④反転させたバックアップ材の上に裏返した変性ウレタン樹脂膜を固定させる。（写真2）
- ⑤復元遺構の本体となるエポキシ樹脂を変性ウレタン樹脂膜の土壌に塗布し、アルミアングルでフレームを取り付ける。
- ⑥復元遺構を再反転して正位置に戻し、現地と同じようにバックアップ材を取り外し、変性ウレタン樹脂膜を剥ぎ取るとエポキシ樹脂に再転写された遺構面の土壌が再現される。（写真3）

今回の立体剥ぎ取りでは、変性ウレタン樹脂を使用したがる、シリコーン樹脂を用いることもある。接着性と離型性という相反する性質の樹脂であるため土壌の性状等により使い分ける必要がある。

4、まとめ

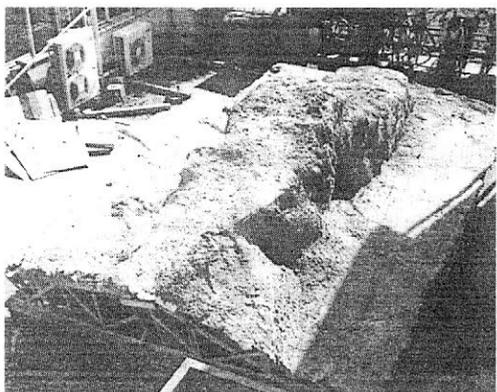
復元された窯跡は、昨年12月に基礎工事が終了した建設中の施設に搬入した。開館は平成16年4月の予定である。公共事業と連動する発掘調査事業の減少に伴う様々な問題が地方の埋蔵文化財行政にはある。その問題の一つが、現地調査から普及公開・活用への重点移動ではないだろうか。今回の事例もそのような大きな流れのなかに位置づけている。

参考文献

- 1)埋蔵文化財行政研究会 2002 「近年における遺跡保存の現状」平成14年度第2回埋蔵文化財行政研究会発表要旨 市町村と埋蔵文化財その2 II
- 2)渡辺康弘、新井正樹 2000 「東山田古窯跡群発掘調査報告書」清水市教育委員会
- 3)西尾太加二 1997 「再転写工法による遺構の型取り移築」日本文化財科学会第14回大会 研究発表要旨集



写真・1 バックアップ材の作製作業



写真・2 遺構が裏返った状態

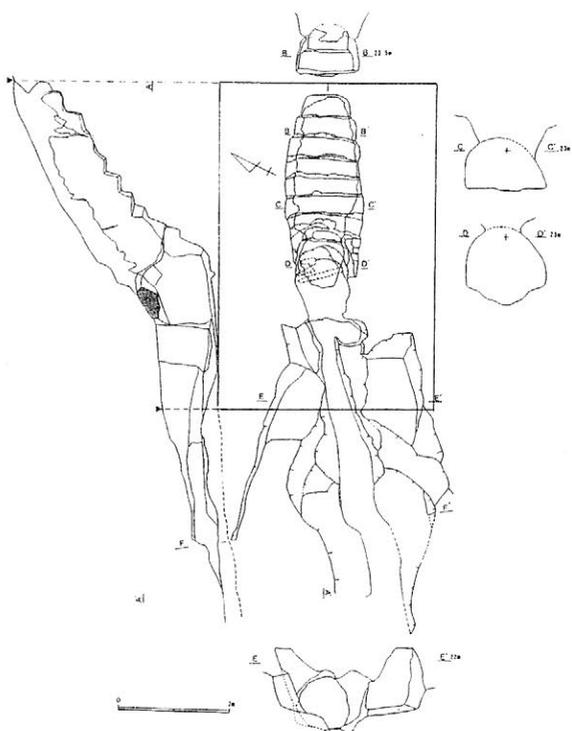
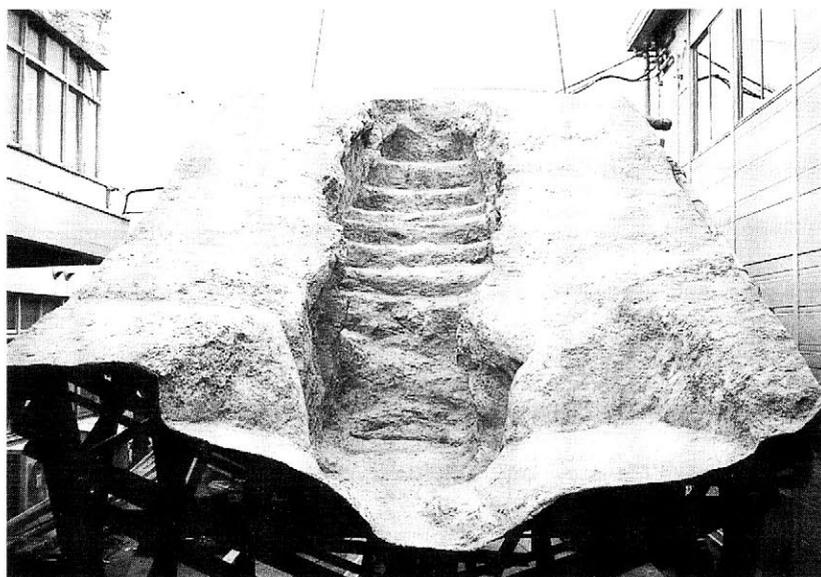


図-1 東山田第3号窯跡実測図 立体剥ぎ取り移築範囲



写真・3 完成した窯跡

無機-有機ハイブリッド改質剤 TOT-V を用いた杣山城跡・

居館跡の保存修復

○田中保土, 梅田幸成, 深井亮太 (田中地質コンサルタント (株)), 玉村幸一 (南条町教育委員会), 豊田昌宏 (福井工業高等専門学校)

1. はじめに

土や石になじみが良く、また表面に照りや変色を生じさせないという特徴を有し、また人体や環境にやさしいクリーンマテリアルタイプの製品であるケイ素を主成分とするアルコキシド溶液 (土と石の強化保存剤TOT) を研究開発し、エルサルバドルのマヤ文明遺跡チャルチャパ[1]、中国の清東陵および日本各地 (高尾成畑遺跡 (山梨県北都留郡) [2]、福井県柴田神社[3]、一乗谷朝倉氏遺跡、松岡町の三峰山城跡等の県内の遺跡等[4, 5]) で使用してきた。また、最近では、淡路島野島断層の保存に使用され、屋外で使用されたにもかかわらず、3年を経過した今も、当時の地震断層の形状を維持しており、同時期に屋内展示場で使用された、樹脂系の保存剤で、「カビ」、「こけ」、「雑草の発生」、あるいは「虫の繁殖」と問題が多く発生しているのと比較して、これらの問題が全く見られず、はるかに優れていることが明らかとなった[6]。この結果から、1999年9月21日台湾台中市を中心に起こった大地震の震災跡を残す計画「シャローホー断層の保存」に本薬剤の適用が計画され、試用が行われた[7]。しかしながら、これら砂質土、風化岩からなる遺跡・遺構への従来の保存液 (TOT) の使用は、溶液の浸透性が高いこと、また、空隙が大きいことから、TOT の粒子間での結合強化が望みにくく、強度を上げるためには、使用量を増やす必要があり、費用がかさむなど、従来の保存液の使用は必ずしも適切ではなかった。空隙が多く脆い砂質土、風化岩には、樹脂で空隙を埋めることが試みられていたが、通気性が劣ること、変色が認められることなど適切な方法ではない。そこで、砂質土の成分である、Si のアルコキシド溶液から、無機高分子あるいはエポキシ樹脂のような高分子材料と組み合わせることにより無機-有機ハイブリッド剤 (砂質土の強化保存剤TOT-V) を合成し、それらの粘濁溶液を使用することで、空隙を埋め強度を高めることを試み、凍結融解試験より良好な結果を得た。また、それを鎌倉時代末に築かれたとされる、国指定史跡「杣山城跡の居館跡」(福井県南条町) の、土塁などの遺構に使用し、その遺構の保存を試みた。経時変化等の結果について報告する。

2. 実験

凍結融解試験の供試体として砂質土を用いた。一般的性質を Table 1 に示す。用意した試料を、直径 5.0cm、高さ 10.0cm の円柱状に、四層突き固めて供試体を作成した。その供試体を TOT-V 溶液に 6 および 36 h 含浸処理し、含浸後、50°C で 48h 乾燥を行った。尚、比較のために、TOT 処理試料を作製した。乾湿繰り返し試験は、TOT および TOT-V で処理した供試体を 12h 水浸した後、送風低温乾燥器を用いて 110°C で 12 h 乾燥させ、これを 1 サイクルとし、5 サイクル毎に状態を観察した。また、凍結融解試験は、TOT および TOT-V で処理した供試体を 12 h 水浸した後、フリーザーを用いて -25°C で 12 h 冷凍し、これを 1 サイクルとして 5 サイクル毎に状態を観察した。また、屋外での試験として、「杣山

城跡の居館跡」の、土塁に使用し、その経時変化を追跡した。

Table 1 供試体試料条件

項目		単位	測定値
一般	土粒子の密度 ρ_s	g/cm^3	2.684
	自然含水比 w_n	%	17.98
粒度	礫分 2~75mm	%	59.1
	砂分 75mm~2mm	%	33.9
	シルト分 5~75mm	%	7.0
	粘土分 5mm 未満		
最大粒径	mm	26.5	
分類	分類名	—	細粒分まじり砂質礫

3. 結果と考察

TOT-V および TOT 溶液で 6 および 36h 含浸処理を行ったところ、いずれの溶液においても、ばらつきはあるものの、5 g および 25 g 前後の重量増加が認められた。それらの試料で乾湿繰り返し試験を行ったところ、6 h 処理では、1 サイクルから崩壊が認められたが、36 h 処理では、5 サイクル終了時において、TOT および TOT-V で処理した供試体に大きな変化は認められなかった。この結果より、崩壊を防ぐ粒子間の間隙を強固に結びつけるための最適含浸量があることが明らかとなった。一方、加速試験として、凍結融解試験を行ったところ、6 h 処理では、1 サイクルから崩壊が認められたが、36 h 処理では、TOT においては、4 サイクルから崩壊が始まったが、TOT-V で処理した供試体においては、5 サイクル終了時において変化は認められなかった。Fig. 1 (a) に TOT-V および TOT 溶液で 36 h 含浸処理を行った後、Fig. 1 (b) に凍結融解を 5 サイクル繰り返した後の形状写真を示す。過酷な凍結融解でも崩壊が認められなかったことから、本 TOT-V 処理溶液は、砂質土の風化を防ぐために非常に有効な薬剤であることが明らかとなった。屋外試験として、「杣山城跡の居館跡」の、土塁に使用した場合の、処理後、数ヶ月の経時変化を Fig. 2 に示す。福井の冬の降雪、低温を繰り返しているにもかかわらず、その外観に全くの変化は認められず、極めて良好な結果を示した。結合の弱い軟弱な地盤に対し、砂質土用に新しく開発された、無機-有機ハイブリッド改質剤は、従来の高分子樹脂と異なり、特別な前処理も必要とせず、浸透性も高いことから、簡便な処理により、強化保存が行えた。その後の経時変化についての詳細については、当日報告する。

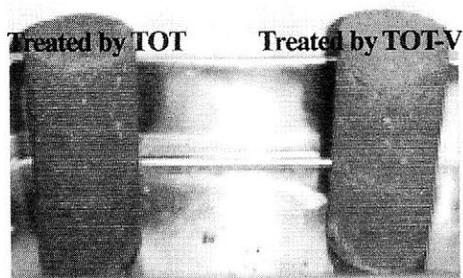


Fig. 1 (a) TOT-V および TOT 溶液で 36 h 含浸処理後

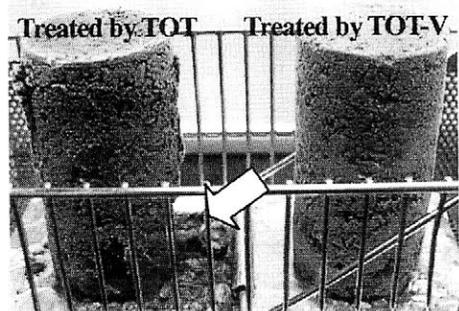


Fig. 1 (b) 凍結融解を 5 サイクル繰り返した後

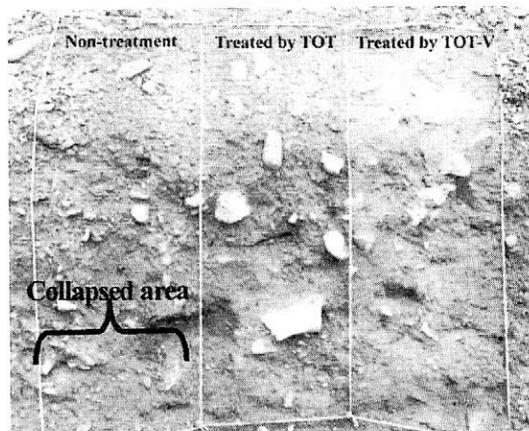


Fig. 2 杣山城跡の居館跡の処理現場

参考文献

- [1] 大井邦明；チャルチュアバ 1997、エルサルバドル総合学術調査報告書、京都外国語大学国際文化資料室発行、66-68 (1997) [2] 日本文化財科学会第 16 回大会要旨集 pp. 172-173 (1999) [3] 福井市、柴田神社下層石垣部分強化保存業務、(株) 田中地質コンサルタント技術報告書 (1998) [4] 豊田昌宏、伊丹麻子、田中保土、土と石の強化保存材を用いた建設発生土のリサイクル新技術、北陸地方建設技術報告会論文集、#1, pp. 45-48 (1998) [5] 日本文化財科学会第 17 回大会要旨集 pp. 182-183 (2000) [6] 文化財保存修復学会、第 24 回大会要旨集 pp. 154-155 (2002)、あるいは、建設技術展 2001 近畿論文集 pp. 45-49 (2001) [7] 私信報告、4/19~4/21 台湾、「921 シャローホー断層の保存」

熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価(2)

—可搬型熱伝導率の開発—

西山要一(奈良大学), ○林 國郎(同)

1. はじめに

前報¹⁾では、石造物や建造物など無機造形文化財の劣化(風化)度の評価を、固体内部の組織や構造の変化が鋭敏に反映される物性値の一つである熱伝導率の測定値の変化を通して定量的に行うことを試み、それが十分可能であることを報告した。本研究では、この評価法の実用化に向けて、石造建造物や磨崖仏など屋外に存在する文化財の劣化度を“その場”測定によって評価できる可搬型熱伝導率計と測定用プローブの試作を行い、定量化の可能性について検討した。

2. 可搬型熱伝導率計と測定用プローブの試作

熱伝導率の測定には、2個の試料に熱の供給源となる金属抵抗線(熱線)を挟み、既知の熱量を放散させた際の、熱線近傍の温度の時間的変化を解析することにより、熱伝導率を直接求めることができる非定常熱線法(図1)²⁾を基本形として、本法において一般に使用される線状プローブに換えて、被測定物に微小径の穿孔が許される場合には、表面から内部に向かっての熱伝導率の変化が測定可能なニードルプローブ(図2a)、および、被測定物表面への接触によって局所的測定ができる面状ヒータープローブ(図2b)を試作し、熱伝導率の測定に使用した。測定装置としては、計測類の駆動電源(AC100V)が無い場所での“その場”測定の必要性を勘案して、計測システム実行用のノート型パソコン、デジタルマルチメーター、定電流電源をバッテリーで駆動できるもので試作した(図3)。

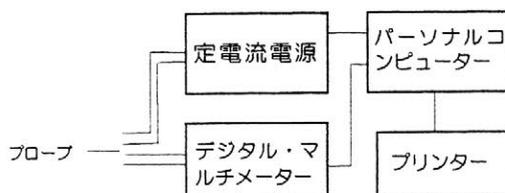


図1 熱線法熱伝導率測定装置の概要図

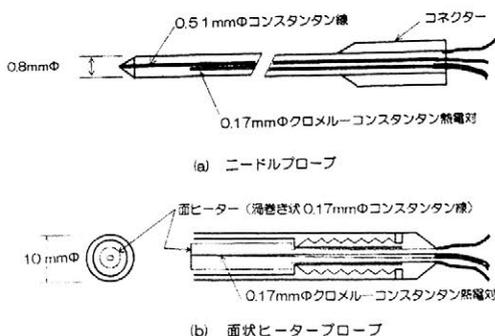


図2 測定用プローブの概要図

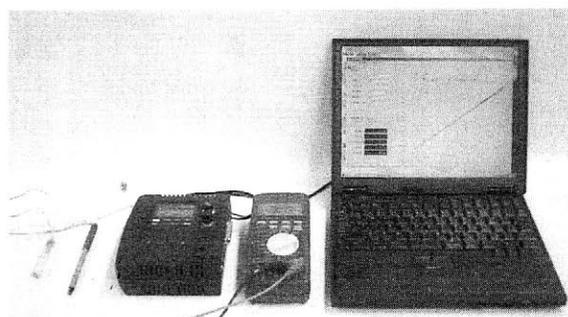


図3 可搬型熱伝導率計の外観

3. ニードルプローブによる積層試料の熱伝導率の測定結果

石造物やれんがなどを用いた建造物は、長期間風雨に曝されたことによって、組織劣化が表面から内部に向かって進行している。ここで、それらに微細径の穿孔が許容される場合、その表面から内部に向かって熱伝導率が測定できれば、表面層の劣化の程度とその領域の定量化が可能となる。この目的を達成するために、表面からの深さ方向の熱伝導率が測定できるニードルプローブ（図2a）での測定の信頼性を確かめた。

図4は、あらかじめ熱伝導率を測定しておいた4枚の板状試料を、風化層を想定して熱伝導率の最も小さいものを表面層と仮定して、熱伝導率の大きさの順に積層し、その中央に積層面に対して垂直に空けた細孔にこのプローブを挿入して、順次、プローブの位置を移動させることによって各層の熱伝導率の測定を行った結果を示したものである。熱線温度の測定点が表面に近いところでは端面効果による若干の差異がみられるものの、両者の熱伝導率は酷似した結果を示した。

4. 面状ヒータープローブによる砂岩断面の熱伝導率の測定結果

図5は、塊状の砂岩の切断面の種々の場所に、面状ヒータープローブ（図2b）を押し付け、得られた熱伝導率値を等熱伝導率値線で示したものである。文化財のような重要な被測定物に対して、測定プローブの接触だけで損傷を与えることなく熱伝導率の“その場”測定が可能になったことにより、被測定物の任意の場所の熱伝導率を測定し、それらの比較から劣化の相対的な進行度が定量的に評価できる可能性が示唆された。

5. おわりに

石造物や建造物のような無機造形文化財の経年劣化の程度を“その場”測定により定量化できる可搬型熱伝導率計と測定用プローブの試作を行った。今後は、石造建造物の劣化度の実測データの蓄積を図り、保存処理の適切な指針を提供していきたい。

本研究は、(財)谷川熱技術振興基金の平成13年度研究助成金によって遂行されたものである。

- 文献：1) 西山要一他，日本文化財科学会第18回大会発表要旨集，210(2001).
2) 林 國郎，金属，70，672-82，(2000).

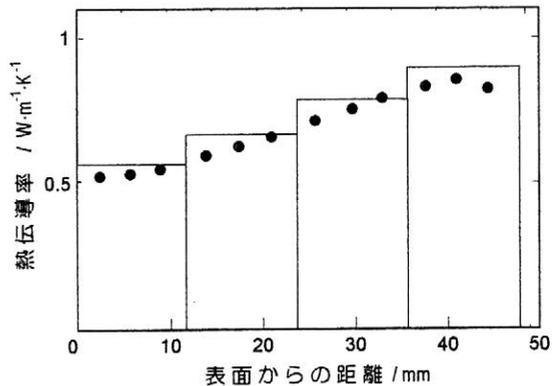


図4 ニードルプローブによる測定結果

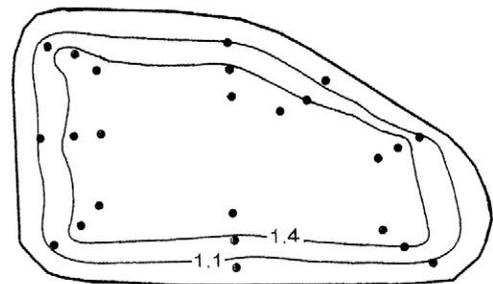


図5 面状ヒータープローブによる測定結果 ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

東大寺盧舎那仏（大仏）の大気環境と錆化防御

○西山要一（奈良大学文化財学科） 峠美穂（奈良大学保存科学研究室）

1 はじめに

日本の古代金銅仏を代表する東大寺盧舎那仏（大仏）は、天平勝寶4年(751)に完成し開眼供養が行われた。しかし、鎌倉時代・治承4年(1180)の平重衡の南都焼き討ちによる大仏殿炎上と重源による建久6年(1195)の再建、さらに室町時代・永禄10年(1567)の松永久秀の三好三人衆攻めによる再びの金堂炎上と江戸時代・元禄5年(1692)の公慶による再興と、2度にわたる被災と再建を繰り返してきた。大仏は被災のたびに像上部が失われ、再建のたびに消失部分を追加鑄造した結果、現在の大仏は蓮華座から膝までが天平時代、腹部が鎌倉時代、胸から頭部までが江戸時代の造作といわれている。

東大寺大仏のような金銅製文化財の劣化は、大気（酸素）と雨（水）などによるゆるやかな酸化が原因とされてきたが、近年になって大気汚染の影響が加わり、急激に腐食損傷の進む例が多く見られるようになってきた。高德院阿弥陀像（鎌倉大仏）や東大寺八角灯籠がその例である。東大寺大仏は大仏殿内において直接の風雨に曝されない事、そして毎年8月のお身拭いによって輝きが甦ることもあって、腐食・劣化についてはあまり問題視されてこなかったが、詳細に観察すると、蓮華座下部や像の裳・隅の部分などさまざまな部位に黄緑色や緑色の錆の発生が見られる。

2 東大寺盧舎那仏（大仏）の大気環境

奈良大学保存科学研究室では、1987年から奈良盆地北部の東大寺（経庫）・春日大社・葉師寺など文化財所在地9地点・19カ所に簡易なシェルターを設置し二酸化硫黄(SO₂)・二酸化窒素(NO₂)・塩化物イオン(Cl⁻)の濃度を測定してきたが、2002年8月からは東大寺大仏殿の内外にもシェルターを設置し測定を開始した。

15年にわたる観測の結果、二酸化硫黄は工場、二酸化窒素は道路、塩化物イオンはゴミ焼却場が発生源で周辺の濃度は大都市並であること、金属板と彩色板をサンプルとする影響調査では大気汚染濃度とサンプルの錆化・変色に因果関係のあることが判明し、校倉などの木造建築物や春日原始林などが大気汚染浄化機能の大きいことも明らかにした。

さて、東大寺大仏殿では建物内外で、温湿度と大気汚染濃度を観測し、観測値を東大寺経庫（校倉）と比較した(2003年8月～12月の値/図1・図2・表1)。

大仏殿の気温は、外気温の最高最低の較差は37℃、内気温の最高最低の較差は34℃、湿度は外湿度の最高最低の較差は66、内湿度の最高最低の較差は65%で、大仏殿内外の温湿度はほとんど変わらない。これは、大仏殿正面の扉が毎日開扉され、四周の連子窓からは常に外気が流入するからである。常に閉じられている経庫の内気温の最高最低の較差は37℃、内気温の最高最低の較差は30℃、湿度は外湿度の最高最低の較差は69%、内湿度の最高最低の較差は33%で、建物内外に大きな差がある。

大仏殿内の大気汚染濃度は殿外に比して、二酸化硫黄は15%減、二酸化窒素は17%減、塩化物イオンは66%減である。経庫内の大気汚染濃度は庫外に比して、二酸化硫黄は10%減、二酸化窒素は42%減、塩化物イオンは97%減である。大仏殿内には外気の流入とともに多量の大気汚染物質が侵入していることがわかる。

3 盧舎那仏（大仏）の塵埃の分析

毎年8月7日の東大寺大仏のお身拭いは、奈良の風物詩としてよく知られる年中行事である。この日、大仏は生まれ変わり再び輝きを増す。西山は2002年8月7日のお身拭いに参加し、桶一杯集められた塵埃を、東大寺のご好意により提供いただくことができた。

塵埃は大仏の頭上・膝上・蓮華座上・基壇上の4カ所に別けて採取された。何れの塵埃も、細かい土埃・綿埃、木葉・木小片・松の種、蛾・蝶・昆虫・小鳥の死骸、人工物としては金箔・朱塗木片・銅錆片などが含まれている。

これらの塵埃のうち、細かい土埃と綿埃を採取箇所ごとに水で科学成分を抽出し、イオンクロマトグラフィーで分析した(表2)。その結果、塵埃には金銅と化学反応して錆を発生させる陰イオン(Cl^- NO_2^- NO_3^- SO_4^{2-})が多く含まれること、通常の降下物に見られる陽イオン(Na^+ NH_4^+ K^+ Mg^{2+} Ca^{2+})のほかに、大仏の頭上の塵埃にはリン(PO_4^{2-})が含まれていた。リンは線香や蠟燭が燃焼降下したものであろうか。

4 結論

大気汚染による文化財の損傷は、自然劣化の数十倍もの速度で進み遂には消滅に至らしめる。文化財を大気汚染からまもるには、大気汚染を削減することが何よりも大切であるが、文化財を汚染源から遠ざけることや汚染を緩和する樹木林を育てることなどさまざまな方法が考えられる。文化財に積もった酸性物質を含んだ塵埃を取り除く東大寺大仏や薬師寺薬師三尊のお身拭いは、文化財の腐食を防止する極めて効果の高い保存方法である。

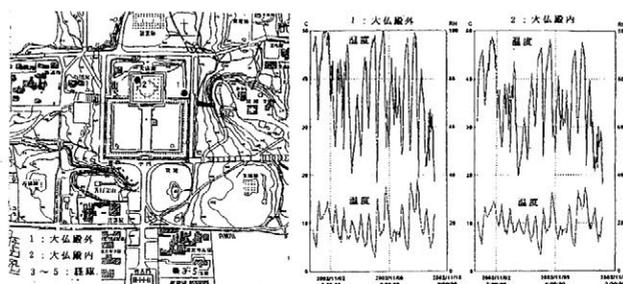


図1 大気環境測定位置と大仏殿内外の温度・湿度(2002年11月1~14日)

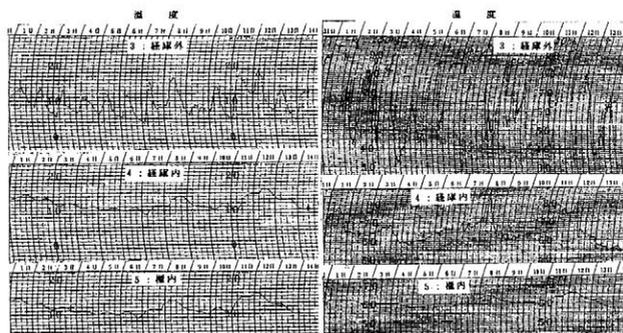


図2 東大寺経庫(校倉)の温度・湿度(2002年11月1~14日)

表1 東大寺大仏殿と経庫(校倉)の大気汚染濃度と温度(2002年8~12月)

大気汚染物質	大仏殿内		経庫(校倉)			単位	
	外	内	外	内	庫内		
二酸化硫黄(SO_2)	3.4	2.9	3.1	2.8	2.8	ppb/day	
二酸化窒素(NO_2)	10.4	8.7	9.4	5.5	3.4	ppb/day	
塩化物イオン(Cl^-)	3.9	1.3	3.2	0.1	0.9	$\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{day}$	
温度	最高 最低	3.4 -3	3.2 -2	3.5 -2	3.1 1	3.1 2	$^{\circ}\text{C}$
湿度	最高 最低	100 3.4	99 3.4	9.8 2.9	8.8 5.0	7.4 5.5	%

表2 東大寺大仏の塵埃の分析

採取位置	陰イオン	Cl^-	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{2-}	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
1 頭上	○	○	◎	○	◎	◎	○	○	○	○	◎
2 膝上	○	—	◎	—	◎	◎	○	○	○	○	◎
3 蓮華座上	○	—	◎	—	◎	◎	○	○	○	○	◎
4 基壇上	○	—	◎	—	◎	◎	○	○	○	○	◎

漆喰壁の物理的性質に関する研究

○石崎武志、大野彩、佐野千絵（東京文化財研究所）
稲葉治美（東京芸術大学大学院）

1. はじめに

漆喰は、その耐久性、良好な水分の吸放出性能などから壁面の仕上げに古くから幅広く用いられてきた。この漆喰の水分特性や施工性などが、用いられた漆喰材料によって大きく異なることが指摘されている。例えば、古くから漆喰塗りは、消石灰と貝灰を5：5や4：6などの割合に、貝灰を使用することによって亀裂が少なくなると言われている。これは、土壁においても、粘土に砂を混ぜることにより収縮によるクラックの発生を少なくすることができる様に消石灰と貝灰の粒度組成が異なるためと考えられる。ここでは、色々な場所で採取された漆喰の粒度組成、間隙構造、水分特性などの物性を測定し、漆喰の物理的性質について比較したので以下に報告する。

2. 調査試料

漆喰試料として、日本の蔵表面に使われている漆喰（試料A）、タイの仏像の表面に使われている漆喰（試料B）、古墳内の石棺内表面に使われている漆喰（試料C）を用いた。試料Aは、栃木市の江戸時代に作られた蔵（現在は蔵の街美術館）のものである。試料Bは、タイスコータイの仏像表面の漆喰と類似した組成のものを現地の職人に作成してもらったものである。試料Cは、石棺内の剥落片である。この他にも、貝灰や石灰粉末などの物性試験も行った。

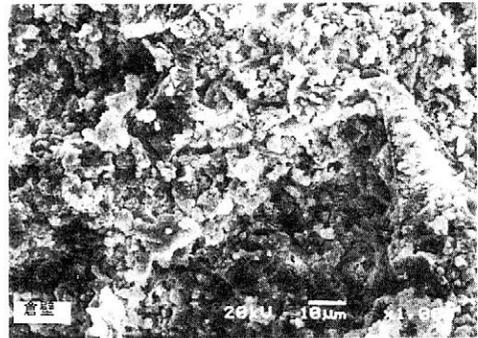


写真1. 試料Aの電子顕微鏡写真

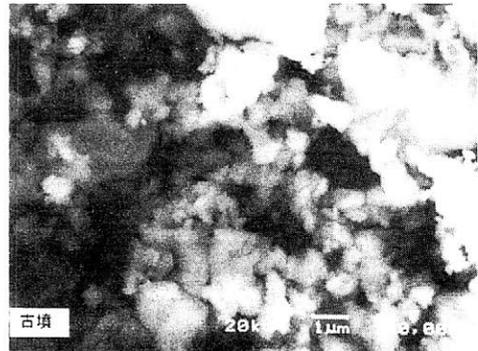


写真2. 試料Cの電子顕微鏡写真

3. 調査結果

試料A、Cの電子顕微鏡写真を写真1、2に示す。電子顕微鏡はJEOL、JSM-5800LVを用いた。試料Aの間隙、及び石灰粒子がほぼ同じ大きさであるのに、試料Cでは、間隙および石灰粒子の大きさにばらつきが見られた。

試料Bの電子顕微鏡写真からは、試料A同様に、石灰粒子及び間隙径がほぼ同じであるのが分かった。試料AとCの間隙径の測定結果を図1、2に示す。間隙径の測定には、Quantachrome社、Poremaster 60GT型を用いた。水銀の注入圧力は、0～420MPaで、測定可能な間隙径は426micron～3.6nmである。

図1に試料Aの間隙径分布を示す。加圧と示した曲線は、水銀を加圧しながら間隙中に押し込み、水銀の圧力と注入量から間隙径の分布を示したものである。一方減圧と示した曲線は、水銀の圧力を低下させながら、測定したものである。減圧時の間隙径が、加圧時のものより若干大きくなっているが、これは、水銀注入時に間隙径を押し広げたためと考えられる。そこで、ここでは、間隙径分布として、加圧時の曲線を用いて考える。試料Aの間隙径は、約 1μ を中心に比較的均一であるのが分かる。これは、写真1に示した電子顕微鏡による観察結果に対応している。

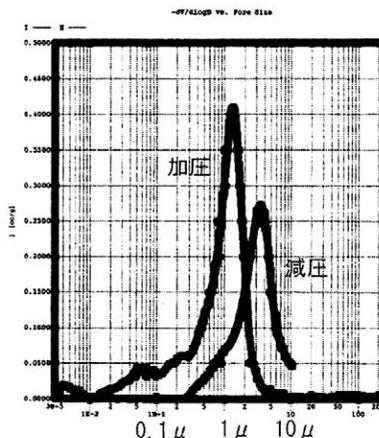


図1. 試料Aの間隙径分布

図2に、試料Cの間隙径分布を示す。ここでは、加圧側の曲線は得られたが、減圧側の曲線は非常に小さい値になった。これは古墳石棺内の漆喰が長い間の風化作用により劣化したため漆喰の構造が弱くなり、加圧時に壊されたものと考えられる。また、間隙径も、試料Aより小さく間隙径が、不均一になっているのが分かる。この間隙径分布に関しても、写真2に示した電顕写真に対応している。試料Bに関しては、図1の様に約 2μ にピークを持つほぼ均一な間隙径分布が得られた。

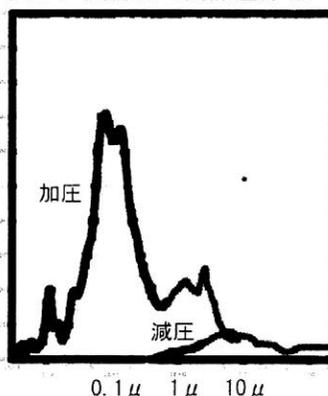


図2. 試料Cの間隙径分布

また、それぞれの漆喰試料の元素分析を行ったところ、試料Aと試料Cは、主として、炭酸カルシウムを構成する炭素、酸素が検出された。試料Cに関しては、炭酸カルシウムを構成する元素の他に、アルミニウムやシリカなどの粘土鉱物を構成する元素が見られた。

この他に、粒度分布はレーザー式粒度分析装置（島津製作所、SALD2000）を用いて測定した。粒度分布に関しては、貝を焼成して作成した貝灰は、石灰岩より作成したものより粒度分布が大きくなり、貝灰を混ぜて使うことにより、乾燥時のひび割れを抑制できることが確認された。

4. まとめ

ここでは、漆喰の物理的な特性として、間隙径、粒度分布、水分特性などを中心に測定した。試料として蔵の漆喰壁のもの、タイの仏像表面のもの、古墳石棺内のものなどを選んだ。今回の調査から、これらの物理的な特性と漆喰の施工性、劣化の度合いなどを部分的に関連づけることができた。今後は、古墳内の壁画の保存などに関連して、漆喰の物理的性質の把握がさらに重要になると考えられるので、関連テーマの研究者の協力を受けながら研究を進めていきたいと考えている。

文化財収蔵施設の壁体内の温湿度状況を予測する プログラムの開発

○孫喜山（鳥取環境大学）、石崎武志（東京文化財研究所）

1. はじめに

文化財の収蔵展示施設内の温湿度環境は、文化財を保存する上で重要な要素である。壁体の断熱性が悪いと、壁面が結露シカビなどの発生の原因となる。壁面や壁体内の結露を防ぐためには、壁体の構造、断熱性などを前もって十分に調査する必要がある。周囲環境の温湿度変化と壁体の物性から壁体の温湿度状況を解析することも、その評価のために有効である。ここでは、壁材料の吸放湿特性値を温湿度の関数と見なし、松本熱水分同時移動のモデル^[1]を利用して、外気の温湿度変動に伴う、室内及び、壁体内の温湿度状況を予測する解析プログラムを開発した。本解析プログラムの適用例として、川越市の倉内の温湿度変化が、外気の温湿度変化に対してどのように変化するかを計算し、実測値との比較を行った。

2. 解析モデル

二次元熱水分同時移動過程シミュレーションのモデルは次のように記述した松本モデルをもとに作成した。

$$E \frac{\partial \mu}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AX \frac{\partial \mu}{\partial x} + BX \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(AY \frac{\partial \mu}{\partial y} + BY \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (1)$$

$$F \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(CX \frac{\partial T}{\partial x} + DX \frac{\partial \mu}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(CY \frac{\partial T}{\partial y} + DY \frac{\partial \mu}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$E = \rho_w \frac{\partial \phi}{\partial \mu} \quad (3)$$

$$F = cp \quad (4)$$

ここで、 ϕ は体積含水率、 ρ は密度、 c は材料の熱容量、 μ は水分化学ポテンシャル、 T は温度、 AX, AY は化学ポテンシャル勾配に対する水分拡散係数、 BX, BY は温度勾配に対する水分拡散係数、 CX, CY は伝熱係数、 DX, DY は潜熱移動率である。

3. 室内湿度変化解析例

プログラムを検証するために、図1に示すようなモデルハウス壁体を作った。シミュレーション計算中に使用した室外条件は通気層の温湿度の実測値で、室内条件は空気層の温湿度の実測値である。

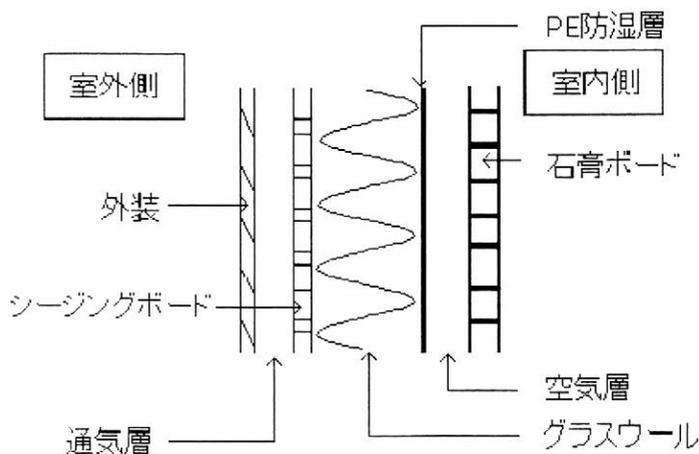


図1 壁体モデル

このモデル壁を使って、ほぼ一年間の実測が行われた。グラスウールと防湿材料が接触しているところの相対湿度の計算値と実測値の対比を図2に示す。計算結果と実測値が良く対応していることが分かる。これは、提案した熱水分同時移動解析プログラムの有効性を示すものである。

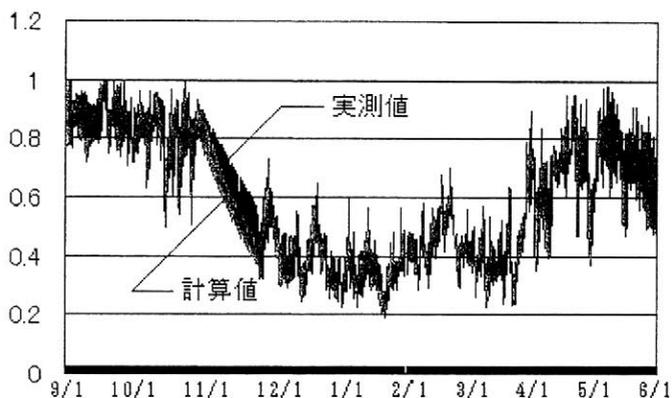


図2 実験値と計算値の対比

4. 土壁の調湿特性のシミ

ュレーション解析

図3は埼玉県川越市松江町倉（土倉）で実測した一年間の室内相対湿度変化の実測値と同じ期間のシミュレーション値（土壁の厚さが30cm）の比較を表示している。図4は2002年6月一ヶ月間の室内相対湿度の測定値とシミュレーション結果の比較を示している。

図3と図4から、計算による相対湿度の変化は実測値と良く対応しているのが分かる。

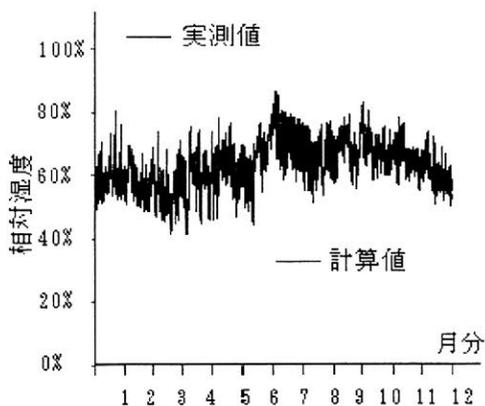


図3 年間変動相対湿度実測値と計算値の対比

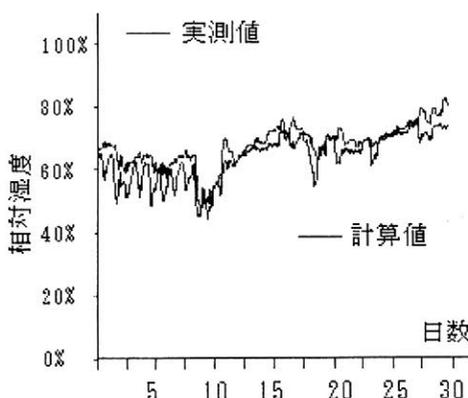


図4 月間室内相対湿度変化の実測値と計算値の対比

5. まとめ

外気の温湿度変動に伴う室内及び、壁体内の温湿度状況を予測する解析プログラムを開発した。本解析プログラムの適用例として、モデルハウスおよび川越市の倉を選び、建物内の温湿度変化が、外気の温湿度変化に対してどのように変化するかを計算し、実測値との比較を行った。計算結果は、実測結果と良く対応し、解析手法の有効性が確認された。

6. 参考文献

[1]松本衛：建築壁体における熱・水分の同時移動及び水分蓄積に関する研究、京都大学博士論文、昭和53年11月

石見銀山遺跡における三次元計測の活用

○松本岩雄（島根県教育庁古代文化センター）・鳥谷芳雄（島根県教育委員会）・村上 隆（奈良文化財研究所）・中田健一（大田市教育委員会）・田村精一（日立エンジニアリング（株））

1. はじめに

石見銀山遺跡は、島根県のほぼ中央に位置し、中世の終わり頃から近代の開山まで、およそ400年間の歴史を有する日本屈指の鉱山遺跡である。16世紀～17世紀初めの全盛期には、石見銀は、アジア貿易を介して世界に広く流通し、当時の世界経済に大きな影響を与えた。「史跡石見銀山遺跡」は、柵之内と呼ぶ山内を中心に、周囲の石見銀山に関係した中世城跡、港湾跡などを含めると、総面積約320haに及ぶ。2000年には「世界遺産」の暫定リスト入りが決定した。

石見銀山遺跡における総合調査は、1996年から始まった。大田市、温泉津町・仁摩町の各教育委員会と島根県教育委員会により、発掘調査はもとより、科学、石造物、港湾、民俗、間歩、街道などの諸調査を総合的に行ってきた。中でも発掘調査と科学調査が互いに連携しながら同時並行して調査を進めるという試みは、広く生産遺跡における新しい調査の在り方を提示するものとなっている。

三次元レーザー計測も科学調査の一環として位置づけて取り組んだ試みの一つであり、遺構が複雑な様相を展開する石見銀山遺跡の今後の保存・活用を念頭に置いた、有効な記録方法として着目したものである。

2. 三次元レーザー計測を行った石見銀山遺跡の遺構

三次元レーザー計測を行ったのは、石見銀山遺跡のほぼ中央、仙ノ山（標高537m）の山頂部に近い於紅ヶ谷地区。1998～2002年、発掘調査を行った。狭い谷間に大規模な石垣が作られ、約20 x 20 (m)の平坦面が形成されている。周囲に残る露頭掘り・鉱脈掘りの形状や、「銀山旧記」（江戸時代後期）の記載などから、山内の中でも比較的早い時期に開発されたとみられる。

平坦面では、礎石建建物跡、石積施設、炉跡、土坑、間歩跡などが検出され、出土遺物には、唐津、伊万里、瀬戸美濃、備前、中国・朝鮮産の陶磁器類や、無文銭・鑿・釘・火縄銃金具などの金属製品、フイゴ羽口・ネコ（遮熱用）の土製品、中国製のガラス簪、カラミなどがあつた。陶磁器類は、16世紀末～17世紀初頭を中心に、17世紀半ばのものもあり、この平坦面の形成年代と利用期間の幅を示すと考えられる。

発掘成果から、この地区では、採掘、選鉱、製錬などの作業が、職住一体のもと一貫して行われたことがわかった。また、周囲の岩盤には、鉱脈を追って掘り進んだ鑿の痕が生々しく残り、当時の掘削技術、ひいては鉱山における労働・生活の一端を窺う貴重な手がかりといえよう。三次元レーザー計測は、平面的な遺構とともに、周囲の地勢や間歩の配置なども含めた、極めて三次元的な様相を呈する調査の状況を、マクロとマイクロという双方の視点を合わせ持ち、複雑な遺構をリアルタイムで記録できる有効な方法と考えた。

3. 三次元レーザー計測の原理と使用装置

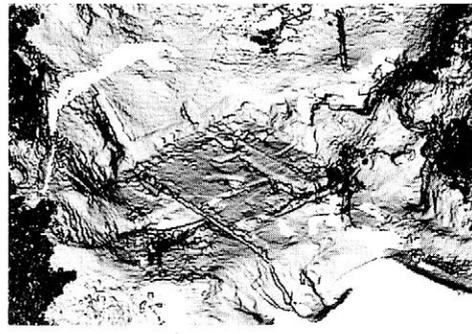
計測対象物の3次元座標をレーザースキャナ計測器で測定する手法には、原理的に三角法と飛行時間法の2種類がある。三角法の基本は、距離計測である。装置から出射されたレーザー光が対象物表面で乱反射し、その一部が受光部のレンズ系で集光され、受光素子上に結像する。結像位置が、装置と測定対象物の距離に依存するので、これを利用して測定対象物までの距離を測定する。一方、飛行時間法は、出射したレーザー光が測定対象物から反射して受光部に帰るまでの時間から、測定対象物までの距離を測定する手法である。今回は、三角測量の原理を用い、入反射光の角度から計測対象物までの距離情報を求める三角法により、相対座標を求めた。使用装置は、レーザースキャナ計測器 (TDS-130L:パルステック工業 (株) /日立エンジニアリング (株))。計測離隔距離:3m~10m、距離精度:±0.5~±5mm。加担式 (15kg)。

4. 計測結果

三次元レーザー計測により、石見銀山遺跡の於紅ヶ谷地区の遺構全体を把握すると共に、石見銀山では特徴的なノミ跡の実測を行なった。特に岩壁に残るノミ跡の計測については、5mm以下のピッチで計測した。図面作成については、三次元データを基に二次元素図化ソフトにより俯瞰図の作成を試みた。俯瞰図は任意の方向から作成可能であり、遺跡全体の三次元計測を行なうことにより、作業能率を上げることができた。本計測でのデータ容量は、約240MB程度。



於紅ヶ谷地区における計測風景



三次元レーザー計測による於紅ヶ谷地区の俯瞰素図

5. 三次元レーザー計測データの活用と今後の展望

石見銀山遺跡の於紅ヶ谷地区において三次元レーザー計測を実施した。発掘調査によって出土した平面的な遺構とともに、周囲の地勢や間歩の配置なども含めた、極めて三次元的な様相を呈する遺構に対して、マクロな視点とともにミクロな視点も合わせた成果を得た。ここでは、これらの計測データを今後どのように利用するか、将来的な展望も含めて考えてみたい。

- ① **実測図作成**・・・平面図、正面図、断面図、俯瞰図等の任意縮尺図の作成。また、断面も任意に選択できる。
- ② **カラーマッピング画像**・・・通常は、モノクロであるが、各点に対応したRGBカラーデータ又はデジタルカメラ画像データをマッピングすることによって三次元カラー点群データを得ることが可能。
- ③ **模型、レプリカへの活用**・・・積層造形法 (光造形法、レーザー焼結造形法) により任意縮尺でのレプリカが製作可能。将来の展示に有効利用ができる。

3 次元計測と理化学的分析を用いた多層位水田遺構の調査

—香川県丸亀市中の池遺跡での試み—

佐藤亜聖、○塚本敏夫、橋本英将（財団法人元興寺文化財研究所）
東 信男（丸亀市教育委員会）

1. はじめに

中の池遺跡は香川県丸亀市金倉町に位置する弥生時代前期の集落遺跡である。

1947年の土採りの際に地元住民により発見され、1976年以来現在に至るまで11次にわたり調査が行われている。これまでに断面「V」字形を呈する環濠を最内にして合計5重を数える多重環濠が見つかり、香川県内はもとより中四国を代表する弥生時代の環濠集落として位置付けられている。

平成12年度から継続して丸亀市教育委員会と（財）元興寺文化財研究所によって調査が行われている。第9次調査では多重環濠の南側で2基の木棺墓と、そのさらに南に広がる水田が見つかり、集落と墓域、生産域のセットが明らかになった。また、第11次調査でもさらに東側で水田が見つかり、水田域の広がりを確認する事ができた。

両調査で確認した水田はいずれもほぼ同じ堆積環境下で見つかったことで、水田の基盤となっている旧河道も同じ河道であることから同時期の一連の水田であると考えられる。

今回、中の池遺跡の第11次調査で考古学的な断面観察ではその検出は困難な水田遺構に対して、土層の不攪乱薄片試料の軟X線写真やプラントオーバー分析等の理化学的分析を用いた調査を行なった。また、多層位の水田遺構の記録法に関して詳細な微地形復元や経時的な地形利用変遷の可視化を目的としてレーザーレンジファインダを用いた3次元計測を行った。本報告ではその調査内容についての概要を報告する。

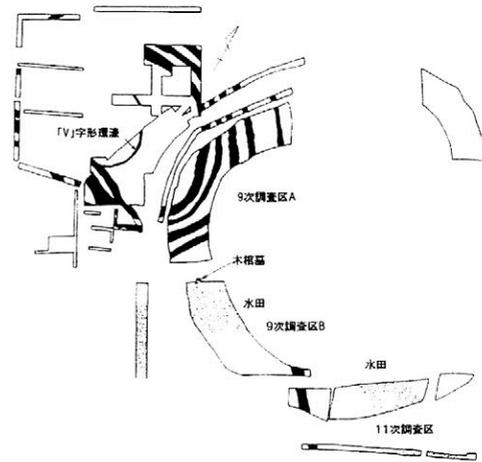


図-1 中の池遺跡全体図

2. 水田遺構調査の方法

水田遺構調査の問題点

今回調査を行った水田遺構は明確な流水作用によって構成される洪水砂が存在せず、止水堆積層によってバックされた水田であった。そのため、水田遺構に関する有識者の見解にも差異があり、考古学的な断面観察ではその検出は困難を極めた。発掘調査は限られた期間の中で行なわなければならない、水田遺構なのに認識されなかったケースや逆に、間違っ水田遺構と認識されるケースもある。通常、水田遺構の調査においては考古学的調査に加え、プラントオーバー分析や花粉分析などの分析調査が併用して行われる。しかし、分析結果の多くは発掘調査後に判明するため、リアルタイムで調査に反映されることは少ないが現実である。

① 理化学的分析を反映させた水田遺構の検出調査

調査はトレンチ断面での考古学的に層位の把握を行った後、プラントオーバー分析を行い、各層の堆積環境の復元結果を発掘調査にリアルタイムで反映させた。図-2に土層柱状模式図を示す。

また、水田遺構土層の検出にあたっては不攪乱薄片試料のサンプル

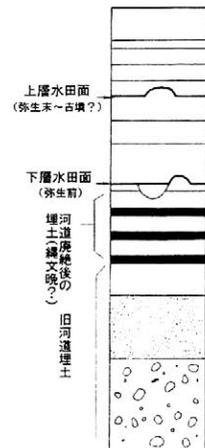


図-2 土層柱状模式図

での簡易認定作業を行なった。薄片試料は 15cm×10cm×3cm をベースに、30cm×35cm×3cm の大型のものも含め計 7 点採取した。現在、複数の有識者による確認作業中である。薄片試料はその後、土壌の微細形態学的分析と粒度分布調査等を行なう予定である。

② 3次元計測を用いた水田遺構の記録調査

検出された 2 面の水田遺構について検出状況をリアルタイムでデジタル計測を行った。計測スケジュール：計測は●水田面調査開始前●上層水田面検出時●下層水田面検出時●下層水田面下層の計 4 回を時系列的に行なった。
計測機器：今回のリアルタイム計測にはリーグル社製 LMS-Z310HA を使用した。
計測結果：1 例として上層水田の距離画像を図-3 に、下層水田の擬似カラー画像を図-4 に示す。



図-3 上層水田の 3D 距離画像



図-4 下層水田の 3D 擬似カラー画像

[効果] リアルタイム遺構計測を導入して図面作成作業が飛躍的に短縮化できた。3D デジタルデータのため、今後のデータ処理により、高低差の誇張や色分け等が可能になり、コンターから推定する以上の詳細な微地形復元が可能となる。これにより配水の状況や水田の占地について、より詳細な議論が可能となろう。また、上下 2 層のデータを同一画面上で組み合わせることにより、地形変遷を同一画面上で復元でき、視覚的なデータを提示することができる。

3. 検出水田の概要

当遺跡で確認した水田は、弥生時代前期以前に存在した河道が遺棄流路となった微低地に経営されたものである。検出できた水田面は 2 面であるが、長期に渡って連続耕作が行われていたものと考えられる。下層水田は旧河道の埋没段階に堆積した黄灰色粘土と黒色粘土の互層を母材として耕作し、微低地中央付近のみに存在する。区画は非常に不規則で、一筆 2 m²程度の小区画のものである。幹線水路はみられない。水田中央部には溝が 1 条走るが、これは耕土により人為的に埋没しており、複数回掘り直していることから季節毎に掘り直される排水溝であると考えられる。この水田の時期については、水田を覆う細砂から出土した土器と、下層の溝から出土した土器の年代から、弥生時代前期中頃と考えられている（土器の ¹⁴C 年代測定を予定している）。

上層水田は微低地の埋没によって地形が平坦化したことに伴い、下層水田に比して広い範囲に存在している。一筆あたり 15 m²前後の方形区画を主体とし、整然とした配置である。微高地縁辺に水路が存在し、水口らしきものも存在する。時期は弥生時代終末から古墳時代初頭と考えられるが、この水田を覆う層は洪水砂であるという意見と、耕作土であるという意見がある。もし、耕作土によって覆われているとすると検出畦畔は擬似畦畔ということになり再考が必要となる。現在、採取したこの部分の不攪乱土壌サンプルで解析中である。

これら 2 面の水田の他に、下層の旧河道廃絶後の埋土である黄灰色粘土および黒色粘土（図 2-①・②）から少数（400～500 個/g）であるがプラントオパールが見つかった。さらに先行する水田が存在していた可能性も有り、プラントオパールや花粉分析用の土壌サンプルは検出遺構面毎に面的にサンプリングを行っており、今後の解析の結果に注目が集まっている。

遺跡の景観や環境復元は今後の課題として継続して解析を進めて報告書にその成果を反映させたい。

謝辞

本発表にあたり次の方々のご教示を得た。記して謝意を表す。プラントオパール分析については松田隆二氏（榊古環境研究所）のご協力を得たことを特記したい。（五十音順、敬称略）
市村慎太郎、井上智博、江浦 洋、田崎博之、信里芳紀、松田隆二

3次元デジタルデータによる銅鐸の定量的同範解析

○ 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)
 難波洋三 ((独)京都国立博物館)

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非接触式の3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た^{1) 2) 3)}。現在、先行研究の知見を基に考古遺物専用的高精細3次元デジタルアーカイブシステムの開発して考古遺物のデジタルアーカイブを進めている⁴⁾。

今回、計測を行った複雑系考古遺物のコンテンツの中から既に50個体以上のデータが蓄積された銅鐸を研究対象とし、そのデータ活用法の一つとして学史的にも重要な同範解析について3Dデジタルデータでの定量的な形状比較法と遺物3Dデータベースでの形状検索技術に関する基礎的な研究について発表する。

2. 全体形状での同範銅鐸での比較検証

考古遺物の形状比較法については平面系の銅鏡や銅剣について既に先行研究^{1) 2) 3)}を行った。

その際、鈴杏葉での実験で構造上変形しにくい部位と変形しやすい部位が出るのが解っていたので、まず、銅鐸においても全体形状で部位による差異でるかを範傷等で同範と既知の銅鐸で検証比較を行った。

比較検討資料として加茂岩倉遺跡出土の31号、32号、34号での比較を行った。形状マッチングにはICP (Iterative Closest Point) アルゴリズムを使用した。その結果、鈕部と鱗部の誤差が非常に大きいことが判明した(図-1)。そこで、鐸身部分のみのデータで再度比較し、その差分表示を試みた。

図-2に鐸身での部位毎の不一致度を示す差分結果を示す。

その結果、変形量は鱗と鐸身の境界部(特に裾より)が最大で0.6mm以上と大きく、次に裾部周辺で最大0.4mm程度あり、舞側の鐸身部分に変形量が少ない結果となった。

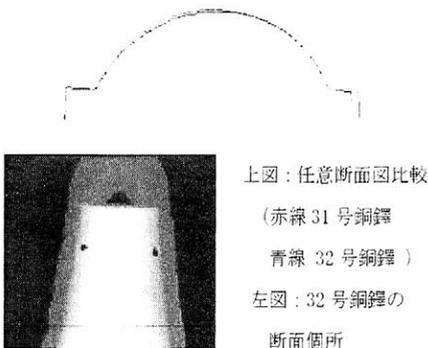


図-1 加茂岩倉31号、32号銅鐸の
 マッチング後の任意断面図比較

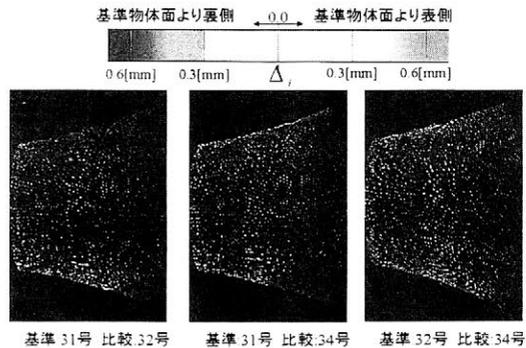


図-2 銅鐸身部での部分毎の不一致度

3. 範傷での差分表示による鑄造順序の推定

現在の同範判定では範傷による検証が大きなウエイトを占めている。特に、範傷の有無、範傷の進行状況により鑄造順序の推定が行われている。ここでは3Dデータを用いて範傷の差分表示による鑄造順序の推定を試みる。(但し、差分量が計測分解能0.2mm以下のため定量化はできなかった。)

全体形状での比較と同様に検討資料として加茂岩倉遺跡出土の31号、32号、34号での比較を行った。形状マッチングにはICP (Iterative Closest Point) アルゴリズムを使用し、差分表示を可視化できるアプリケーションソフトを作成し使用した。

図-3に各銅鐸どうしでの範傷の差分表示をシェーディング表示で示す。

範傷部分での差分表示の値は31号-32号が正で31号>32号、32号-34号が正で32号>34号、34号-31号が負で31号>34号という結果となった。範傷の大きさからの順序は31号>32号>34号であり、範傷の成長を時間差と考えると銅鐸の製作順序は34号→32号→31号という結果となった。



範傷の大きさ (大きい) 31号 > 32号 > 34号 (小さい)

図-3 範傷の差分表示 (シェーディング表示)

4. 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で取得した3次元データを利用して銅鐸の同範解析が簡易に行なえることが確認できた。しかし、銅鐸のような立体系考古遺物では同範製品でも部位により、変形による差異があることが確認できた。したがって、現在進めている3Dデータベースでの全体形状での形状比較では部位毎に重み係数を設定して形状一致度を計算させる必要があることが判明した。今後は鑄造実験による検証実験と実際の同範銅鐸でのデータを蓄積して信頼性の高い重み係数を決定して実用化を目指していきたい。また、他の遺物でも同様の検証を行いながら3Dデータベースでの形状検索法の開発を進めていきたい。

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。

謝辞

尚、銅鐸の計測に際しては松本岩雄氏をはじめ島根県教育庁古代文化センターの方々にお世話になった。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 塚本敏夫「考古遺物用3D デジタルアーカイブシステムの開発とデータ活用法の研究」『情報処理 VOL.43 No.10』pp1070-1077, 2002

同範・同型鏡における差異の視覚化

○増田智仁（東京大学）、今津節生（榎原考古学研究所）、Spatana Auethavekiat（東京大学）、古谷 毅（東京国立博物館）、池内克史（東京大学）

1. はじめに

三角縁神獸鏡に多い同範・同型鏡の比較研究は、人間の視覚のみに頼って行われてきたために多大な時間と労力を必要としてきた。本研究では、銅鏡の三次元形状を、レーザーレンジセンサーによってコンピュータグラフィックス上に取り込み、これらを位置合わせして形状の差異を可視化することにより、本質的な形状の違いを探し出す手法を提案する。

2. これまでの解析手法と提案手法

同範・同型鏡の比較研究は、実物の銅鏡を直接に比較できることは少なく、実物の鏡一枚と写真や記録から得た二次元情報を間接的に照合することによって行われてきた。このような方法では、銅鏡の比較検討に膨大な時間を要するばかりでなく、形状差異の判断に人間の主観が入り込む余地がある。さらに貴重な銅鏡を実際に観察できる研究者は限られるので、多くの鏡群について詳細な形状の差異を把握した上で、考古学的な論争の基盤を作ることは困難であった。本研究では銅鏡の差異の検証に関して、以下のような目標を設定した。

- 多くの人が銅鏡の形状を詳細に観察できる。
- 形状の差異の解析の効率化を図る。
- 形状の差異を客観的・数量的に表現する。

上記の目標を達成するために、我々は銅鏡の三次元形状データを、レーザーレンジセンサーによりコンピュータグラフィックスに取り込むことが適切であると考えた。このようにして取り込まれたデータは、コンピュータグラフィックス上で任意の視点から観察することが可能なので、実物に損壊を与えることなく、多くの人が平等に観察することができる。また、このデータは同時に扱うことが可能なため、形状解析の作業を並列化することができ、効率的に解析することが可能となる。

形状の差異については、幾何形状における理論的な値によって検出することを目指した。定量的な差異の表現によって、人間の主観を排除でき、客観的な解析結果が得られることが期待できる。

3. 差異可視化システムの方法

3.1 三次元データの取得と位置合わせ

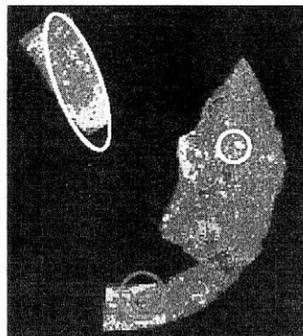
最初に、銅鏡の三次元形状データをレーザーレンジセンサーによってコンピュータグラフィックス上に取り込む。この時、比較する銅鏡ペアの形状データは、相対的な位置姿勢が不正確なため、統一座標上に正確に配置しなければならない。我々は西野らによって提案された手法により位置合わせを行った。この位置合わせは、各画像間における結近傍点を対応要素、対応点間の距離を誤差尺度として、全ての距離画像を同時に位置合わせするものである。

3.2 差異の可視化

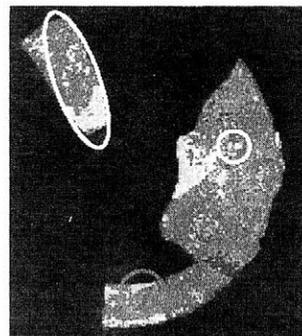
次に、我々は比較するデータ間の最近傍点を対応点とし、データ間の距離によって差異を検出することにした。この値は相対的な符合付距離であり、距離画像中の全ての点で計算される。各点の法線ベクトルは、その点が含まれる全ての平面の法線の総和を正規化したベクトルとして定義した。こうして符合付にすることで、形状の差異の凹凸の状態を把握することができる。つまり、差異の値が正なら、比較物体より形状がへこんでおり、負なら盛り上がっていると判定できる。

4. 差異の解析結果

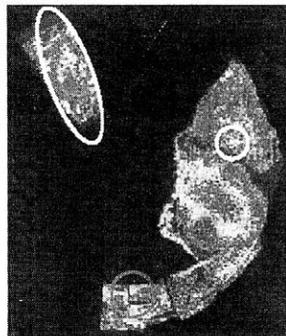
5面の同範・同型鏡（奈良県佐味田宝塚古墳、京都府西車塚古墳、兵庫県へぼソ塚古墳、京都府長法寺南原古墳1,2）について解析を実施した。その結果、破片資料である佐味田宝塚古墳との共通部分について、差異の値が大きい箇所（○印）を示すことができた。



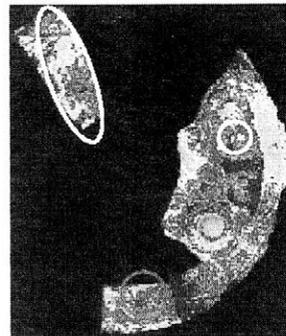
(1) Compared with Dchoh01



(2) Compared with Dchoh02



(3) Compared with Dhebo02-63



(4) Compared with Dnisik-75

5. まとめ

本研究では同範・同型の三角縁神獸鏡について三次元形状を取得し、コンピュータグラフィックスで形状を比較する手法について提案した。本解析方法をこれまでの肉眼観察と併用することによって、同範・同型鏡の差異とその原因をより明確にすることができると考えられる。

なお、本研究は平成14～16年度 科学研究費 基盤研究 (A) 『三次元デジタル・アーカイブを活用した古鏡の総合的研究』の研究成果の一部である。

カラーシンチレータシステムX線透過装置の文化財への応用

○尾崎誠・菅井裕子・植田直見((財)元興寺文化財研究所)・株式会社 東芝

当研究所では1971年に出土金属製品の保存処理を開始し、1972年から1986年までは理学電気社製の工業用ラジオフレックス160EGを、1987年からはフィリップス社製の工業用ラジオフレックスMG225型を導入して以来、1000件以上のX線ラジオグラフィを実施しており、出土金属製品の腐食状況の把握や、構造調査などに多くの成果をあげている。その中でもとくに象嵌資料の調査・研究に成果をあげており、1971年から現在に至るまで70件、点数でいえば100点以上の象嵌資料の保存処理を行っている。とくに1978年の埼玉県稲荷山古墳出土鉄剣から「辛亥年」、「獲加多支鹵大王」を含む115文字の金象嵌文字、1980年の京都府法住寺殿跡出土兜の鍬形に施された龍文ならびに鸞の鶴文の平象嵌、1983年の島根県岡田山古墳出土円頭大刀から亀甲繫鳳凰文ならびに、「額田臣」を含む18文字の銀象嵌文字などはその代表的な成果である。

貴重な資料にとって、X線ラジオグラフィによる構造調査は、非破壊調査であるケイ光X線分析による材質調査や電子顕微鏡による観察とともに非常に重要なものといえる。近年、保存処理の過程で得られる製作技法についての情報が特に重要視されるようになってきており、X線フィルムの詳細な観察から製作技法の一端を明らかにすることも可能である。

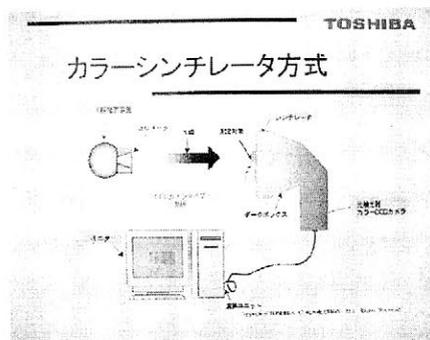
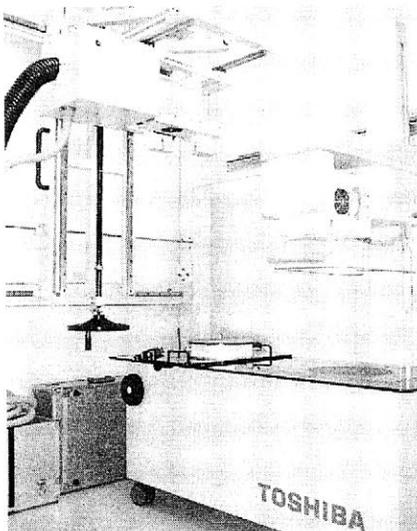
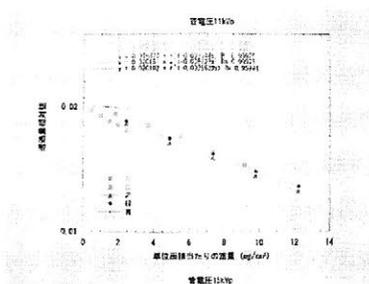
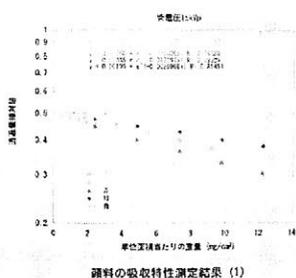
当研究所では、既存のX線透過装置を新しく開発されたカラーシンチレータシステムを備えた装置にリニューアルした。このシステムではX線透過量に応じて赤、緑、青で発光し、その映像信号を高bit化(赤・緑・青各色16bit)したカラーCCDカメラで捉えることによってワイドレンジ化を実現し、さらにイメージインテンシファイアにより高感度化を図っているため、濃度分解能も非常に優れている。その結果、X線透過率の異なる複数の素材を組み合わせた資料を同時に撮影することができ、その透過像からさまざまな情報を引き出すことが可能となる。リアルタイムで確認することができるうえ、動画撮影にも対応しており3次元的に撮影することが出来る。ただしこのシステムでは透過映像信号が動画(NTSC)に変換されるため、40万画素相当になってしまい高解像度での調査については不十分な点がある。そこでフィルムデジタイザーを備えることで、従来のX線フィルム撮影から高精査、高解像度での調査が可能となり、調査・保管・活用などの面で今後のデジタル化への対応も考えたシステムとなっている。今回はこの新しいシステムの紹介と文化財への応用の可能性について報告する。

複合素材の文化財に対する応用について

経筒のような銅製の容器に経典などの有機質が封入されている場合、通常の X 線ラジオグラフィでは経典の確認が困難であり、中性子ラジオグラフィによる調査を行っていた。しかしこのシステムにより X 線ラジオグラフィによる同一画面上で確認することが可能となる。

絵馬に対する応用について

絵馬に使用された顔料分析について、X線の透過率による評価法の研究を行う。効率的な顔料分析を行うためには、ケイ光X線分析とX線の透過率評価を組み合わせる必要がある。そのため顔料の厚さに関係なく、物質の透過率の違いを評価することが必要となる。そのためにはX線エネルギーを変化させ、サブトラクション機能により、同一画像上で評価できるようにする。また各元素固有の吸収端の違いを数値化することからもアプローチしている。試験体ではその可能性は確認できるが、実際の資料においては、厚みだけでなく下地材の違いや劣化の状況など複雑な条件が存在するため、今後の課題となる。



今報告は平成14年度科学研究費補助金(基盤研究(A)(2))の助成を受けたものである。

カマン・カレホユック出土青銅製ピン類の
ポータブル蛍光 X 線分析装置による研究

○増渕麻里耶・中井泉（東理大・理） Handan Tüzemen（Yıldız Sarayı Müzesi）

1. はじめに

青銅製品の中でもピン類は、出土層や地域ごとに代表的な形状を持つ考古資料のひとつである。このような資料に対して、科学的立場から当時の文化や交易の知見を得るには、周辺地域との繋がりを考え、多数の資料の分析や考古学的分類との比較をする必要がある。青銅製品にしばしば応用される鉛同位体分析法や ICP 発光分光法では、数値としての正確な結果が得られる一方で、測定のために資料を日本に持ち帰り、一部を採取する必要があった。しかし、近年海外の考古遺物は、国外搬出の規制の強化のため持ち出して分析できないことから、ごく限られた資料しか分析がなされていない。また、考古学的価値の高い遺物の破壊分析は望まれないために、これらの分析方法では考古学的研究との比較が難しいという問題も存在した。そこで本研究では、様式を留め考古資料となりうる青銅製品について、錆の問題も考慮しつつ、ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた現地での非破壊分析によって得られた知見を報告する。

2. カマン・カレホユック出土青銅製ピン

カマン・カレホユックは、トルコ共和国のアナトリア高原中央部に位置する丘陵状の遺跡で、第 IV 層前期青銅器時代（～ B.C.2000）から第 I 層オスマントルコ時代（A.D.1400～ A.D.1600）まで各層に堆積している。当遺跡は地理的に東西及び南北交易の十字路で、アナトリアにおける文化の流動性をみる上で優れた条件を備えており、（財）中近東文化センターの調査隊（大村幸弘隊長）によって発掘が行われている。青銅製のピン類はヒッタイト古王国時代の IIIb 層を中心に出土し、主に被服などの止め具として用いられた。これらは Fig. 1 に示すように様々な形状をとり、その様式は時代や生産地域推定の手がかりとなる。

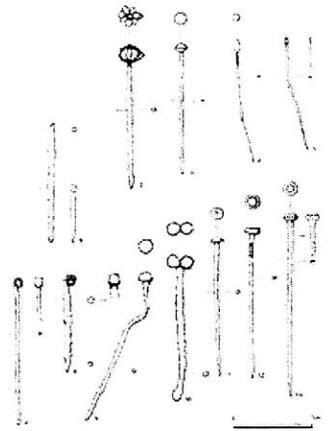


Fig. 1 青銅製ピンの形状



Fig. 2 OURSTEX100FA

3. 実験

分析に用いたのは、1995年～1998年の発掘調査で出土した青銅製ピンのうち、洗浄・保存処理が施された資料 363 点である。本資料については発表者の一人（H.T.）が様式から考古学的研究を現在行ないつつある。測定には OURSTEX 社製ポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX100FA を用いた（Fig. 2）。それぞれの資料に対して、分光結晶によって単色化した Pd K α と白色 X 線の 2 種類の条件で測定を行い、目的元素にあわせてより適した積分強度を解析に用いた。

3. 結果と考察

いくつかの資料の XRF スペクトルを比較したものを Fig. 3 に示す。これを見ると、資料によって Ni や Sn を含むものと含まないものが存在することが分かる。特に Ni は独立した金属として認識されるようになったのが 18 世紀であることが知られており、合金の材料として意図的に加えられたのかどうかという点は大変興味深い。

また、各資料の Sn の含有量に着目すると、Sn を含む青銅製品とほとんど含まない銅製品の二つに分けられ、このうち青銅製品は全試料の半数以下だった。さらに、出土層ごとに青銅製品の存在率を比較すると、時代が新しくなるにつれ青銅製品の存在率が増加する傾向がみられた。原料である Sn はアナトリアでは産出されない高価な交易品であったことから、この傾向は装飾的要素と、当時の交易関係や経済状況の変遷を反映していると考えられる。また、IId 層出土のものは Sn を含むものが少なく特異的であり、アナトリアにおけるヒッタイト帝国滅亡後の暗黒時代の特異性と合致した。

次に各元素の由来を探るべく、元素の相関分析を行なった。相関のみられる元素は、Cu の主要鉱石である黄銅鉱(CuFeS_2)のように、同一の原料鉱石に含まれていた可能性がある。相関係数は外れ値の影響を減らすため、まず、Ni を含む資料 15 点を分け、残りの資料を更に Sn を含むものと含まないものに分けて算出した。相関係数の一例を Table 1 に示す。各グループの相関係数から、Ni を含むものでは Cu との相関、Sn を含むものでは Pb との相関がみられた。また、Fig. 4 に示す散布図から、Cu と Fe の強い相関が認められ、ほとんどの資料で Fe は添加元素ではなく、Cu の鉱石に由来する可能性が考えられた。また、Sn を含む資料では相関係数からでは分からなかったが、Sn/Pb プロットにばらつきが見られ、Pb が意図的に加えられたものも存在する可能性が示唆された。

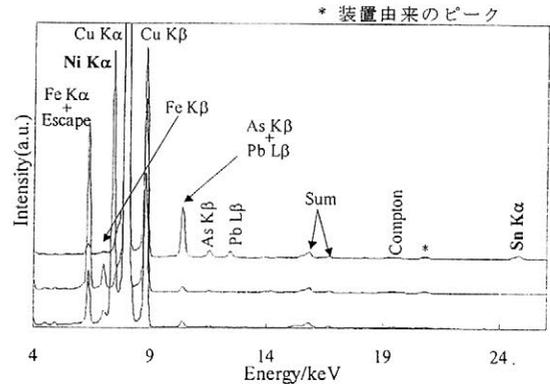


Fig. 3 XRF スペクトルの比較

Table 1 青銅ピンに含まれる各元素間の相関係数の例 (Sn を含む資料)

	Fe(相関係数)	Cu(相関係数)	Zn(相関係数)	As(相関係数)	Pb(相関係数)	Sn(相関係数)
Fe	1.000	0.713	-0.020	0.622	0.125	-0.041
Cu	0.713	1.000	-0.048	0.317	0.085	0.011
Zn	-0.020	-0.048	1.000	-0.050	0.098	0.057
As	0.622	0.317	-0.050	1.000	0.148	-0.036
Pb	0.125	0.085	0.098	0.148	1.000	0.540
Sn	-0.041	0.011	0.057	-0.036	0.540	1.000

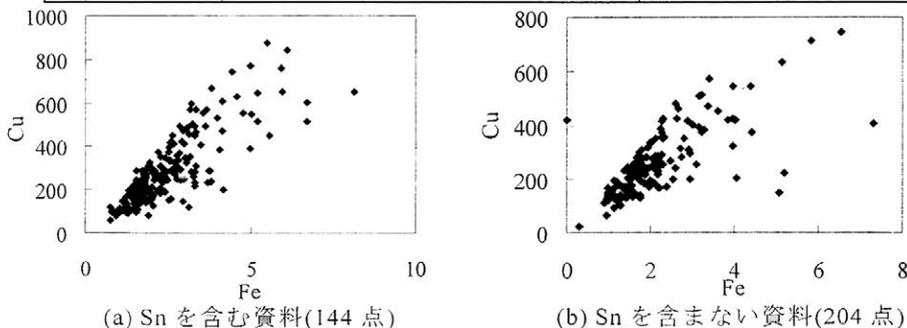


Fig. 4 Cu/Fe プロット

新開発のポータブル X 線分析装置による
エジプト・アブ・シール南丘陵遺跡出土遺物の顔料分析

○真田貴志, 渥美 晋, 保倉明子, 中井 泉 (東理大)
前尾修二, 野村恵章, 谷ロー雄 (大阪電通大) 吉村作治 (早大)

1. はじめに

近年、世界的に文化財の分析のためにポータブルな蛍光 X 線分析装置が用いられるようになってきた。これは、海外の遺跡から出土した考古資料や美術館に収蔵されている資料などは、外部への持ち出し、取り扱いが厳しく制限されていることや、非破壊で行えるその場分析への要求がきわめて高いためである。しかしながら、これまで報告されている装置では可搬性を重視したため、単色化のなされていない X 線源と小型検出器を組み合わせた単純な構成で、その性能は高くなかった。当研究室では、考古資料分析のために 3 励起源をもつ高性能のポータブル蛍光 X 線装置を開発し、2001 年度にエジプトのシナイ半島の遺跡へ装置を持ち込み、中世イスラム時代のガラス、壁画顔料等の分析を行い、その有用性を実証した¹⁾。これらの経験をもとに今回更に改良を加え、可搬性を高めた装置を開発した²⁾。

一方、考古資料の分析においては、蛍光 X 線による化学組成分析のみで物質を同定することは困難な場合が多く、粉末 X 線回折による資料の結晶構造についての情報の利用がきわめて有用である。しかしながら、従来、世界的に見てもフィールドにおけるその場分析にポータブルの粉末 X 線回折装置を用いた報告は見られない。このような背景から、大阪電気通信大学の前尾らによって高感度なポータブル粉末 X 線回折装置が開発された³⁾。

本研究では、新たに開発されたポータブルの蛍光 X 線分析装置と粉末 X 線回折装置をエジプト・カイロの南方約 16 km に位置するアブ・シール南丘陵遺跡へ持ち込み、開発した装置の性能評価を行うとともに出土遺物の顔料分析を行った。

2. ポータブル X 線分析装置

i) ポータブル蛍光 X 線分析装置

昨年本学会で発表した OURSTEX140 プロトタイプ改良型として、本装置の開発を行った。まず、可搬性を高めるために分光ヘッド部の重量を約 5 kg とし、前装置の同部分の約 10 kg と比べて大幅な軽量化を行った。X 線管は、空冷式 40 W の Pd ターゲットを用い、光学系は前装置と異なり、分光ヘッド部先端の小型化を行うために、モノクロメータ結晶 1 枚とキャピラリーで構成した。励起源は、Pd K α 線を用いたモノクロモードとキャピラリーを介したダイレクトモードの 2 つのモードを有する。ヘッド内を真空中に保持することにより Na まで検出することが可能である。検出器には、SDD を採用 (半値幅 134.7 eV, Mn K α) し、卓上型装置以上の高分解能な測定が可能となった。また、前装置では、SDD の窓に Zr コリメータを用いているために、装置由来の妨害ピークとして検出されていたが、本装置では SDD の窓に Pd のマスクを被せ Zr の励起を抑えた。本装置は、図 1 に示すように分光ヘッド部の先端を 25 mm ϕ の円錐状にすることで、深皿や器などの湾曲した面の測定が可能となり、分析対象の幅を広めることができた。更に、照射 X 線と検出器を結ぶ焦点をヘッド平面部より 5 mm 外側に設定しており、非接触で試料を分析することが可能である。

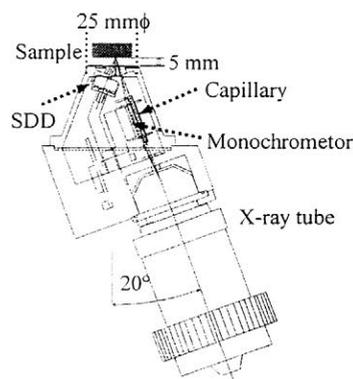


図 1 装置の光学系

ii) ポータブル粉末 X 線回折装置

装置の構成は、測定を行うヘッド部、制御電圧部、全ての制御・処理を行うラップトップコンピュータからなる。ゴニオメータには X 線管球駆動用と検出器駆動用の小型 θ ステージを 2 つ使用し、試料の位置は変化させずに測定した。試料位置の設定 (半割) には超音波式変位センサーを用いており、試料位置を正確に非接触で決定することができる。従って、サンプリングできない貴重な資料の場合は、そのまま非破壊で測定することが可能である。X 線管球には Cu ターゲットを使用した。検出器には、高分解能を有する Si-PIN 検出器を使用しているため、既存の装置の様に K β 線の除去にフィルターやモノクロメータを用いる必要がない。更に、検出器に入射するバックグラウンドの原因となる多量の連続 X 線成分を除去することができ、その結果、高い S/N 比を実現した。

3. 分析試料

アブ・シール南丘陵遺跡の頂上部からは、早稲田大学エジプト調査隊 (隊長 吉村作治) が 1991 年から行っている発掘により、新王国第 19 王朝ラメセス II 世の第 4 王子であるカエムワセトが造営した大型の石造建築址、またその石造建築の北西部からは、第 18 王朝トトメス IV 世時代前後に建造されたと推定される日乾煉瓦でつくられた巨大な建造物が発見された。そして、そこから 1000 点を超える様々なモチーフが施された壁を彩る彩色プラスター、建物を飾っていたファイアンス製のタイル、アミュレット、またエジプト内でも稀なほど精巧な青色彩文土器などの貴重な遺物が多数出土している。分析に用いた資料は、彩色プラスター、彩文土器、ファイアンス、石材レリーフなどである。特に本研究では、彩色プラスターの青、黄、赤、黒色部分、彩文土器の青、赤、黒色部分各色などの顔料に着目して非破壊で蛍光 X 線分析及び粉末 X 線回折分析を行った。

4. 結果及び考察

一例として、資料番号: Ak06-F169 の各色の蛍光 X 線スペクトルを図 2 に、青色部分の粉末回折パターンを図 3 に示す。図 2 に示した Pd K α 線を励起源とする蛍光 X 線スペクトルに見られるように、青色部の顔料では主成分として Cu, Ca を含んでいた。白色 X 線によるダイレクトモードの測定では Si, Cl が顕著に検出された。蛍光 X 線スペクトルからの化学組成情報と図 3 に示した粉末回折パターンから、cuprorivaite ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) と岩塩 (halite, NaCl) が同定された。cuprorivaite は鉱物として天然でも産出するが、古代エジプトではエジプトシャンブルーと呼ばれる顔料として知られており、エジプト第四王朝の時代に初めて合成化合物として顔料やビーズに使用されたことが明らかとなっている。

この他、本研究により青、赤及び黒色の顔料としてアマルナブルー、赤鉄鉱、軟マンガン鉱などが同定できた。

- 1) 中井 泉ほか, X線分析の進歩, **33**, 331 (2002).
- 2) 真田貴志ほか, X線分析の進歩, **34**, 289 (2003).
- 3) 前尾修二ほか, X線分析の進歩, **34**, 125 (2003).

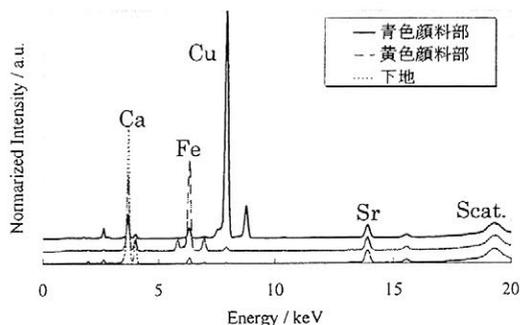


図 2 彩色プラスター顔料部の蛍光 X 線スペクトル

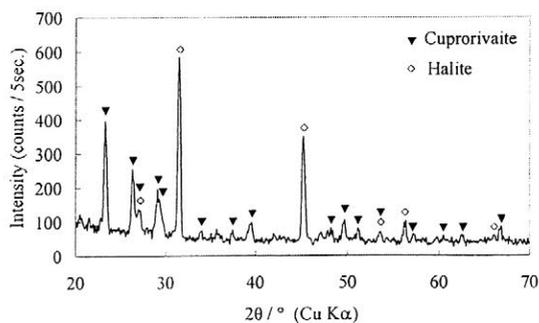


図 3 彩色プラスター青色顔料部の粉末回折パターン

軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法の陶磁器真贋判定に関する有効性の検証

○青木智史(奈良教育大学・院) 長友恒人(奈良教育大学)

1 はじめに

熱ルミネッセンス法(TL法)による陶磁器の真贋判定はこれまでも行われてきた。陶磁器の真贋判定においては、資料の美術的な価値を損なわないために採取する試料の量を可能な限り少量にしなければならない。蓄積線量の評価は数100mgの胎土を採取することで可能であるが、年間線量を評価するには数gもの試料採取が必要となるため、従来は年間線量用の試料を採取することなく経験に基づく推定値を用いて、大まかに新旧を判定するに留まっていた。そこで、非破壊で年間線量を測定する方法を採用することによって判定の信頼性を画期的に向上させることを試み、従来の方法に比べて飛躍的に正確な判定が可能となることを示した(長友・青木、2002)。ただし、この報告で測定したのは陶磁器片であり、完形品に対して応用したものではなかった。

そこで本研究では、測定資料として完形品の中国古陶磁器を用い、先の研究成果が完形品に対しても有効であることを確認した。同時に、測定対象とした陶磁器に贋作の可能性がある資料を含めることで、本研究の真贋判定に対する有効性も考察した。

2 年間線量評価法の検証

年間線量の評価には、高純度Ge検出器(Fig.2 ②)を用いたγ線スペクトル法を応用した。長友・青木(2002)において開発した非破壊年間線量評価法は、資料と同じ大きさで同形状の軟シリコン樹脂樹脂製(GE 東芝シリコン TSE350)の型(Fig.2 ①)を制作し、その中に資料および粘土標準試料を封入し、検出器に対して試料と標準試料を同じ幾何学的条件下で測定するものである。本研究では、様々な形状の完形品資料を測定対象とすることで、この年間線量評価法の有効性を改めて検証した。方法はFig.1、Fig.2に示すように、完形品資料と同じ大きさで同形状の軟シリコン樹脂型を作成し(袋状のものであれば内部構造も正確に再現する)、それに資料、および粘土標準試料を封入して測定を行った。使用した標準試料は、日本粘土学会から配布されている粘土参考試料中の放射性元素含有量を産業技術総合研究所(旧地質調査所)岩石標準試料を用いて定量したものを標準試料とした。

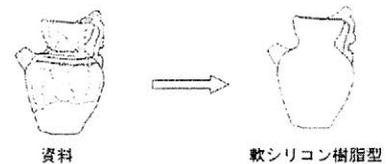


Fig. 1

資料、及び軟シリコン樹脂型の幾何学的関係

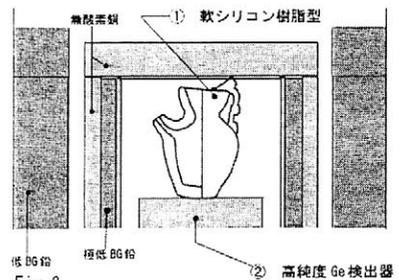


Fig. 2

軟シリコン樹脂型と高純度Ge検出器

3 完形品の真贋判定への応用

本研究で測定対象とした中国古陶磁器は小型の完形品資料5点である。この5点の資料は、

美術史・考古学的に年代を与えうる古越磁や唐三彩などの資料と、年代・産地等の詳細な情報の不明な資料を含むものである。美術史的に推定される年代は、試料名 KES-01 は古越磁で西晋(AD265-316)、TYT-01 は長沙窯の製品で唐(AD618-907)、TSH-01 は唐三彩で唐(AD618-907)、RS-01 は産地等は不明であるが様式的に北宋(AD960-1127)に分類されるものである。ND-01 に関しては、型式・様式的な見地から年代や産地を推定することが困難な資料である。

蓄積線量の評価は TL 年代測定法と同様の方法を用いて行い、年間線量の測定は軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法を適用した。測定結果を、Table.1 に示す。

Table.1 軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法を応用して得られた TL 年代

試料名	蓄積線量(Gy)	年間線量(mGy/y)	TL 年代(年前)	推定年代
KES-01	15.14±3.16	6.78±0.46	2250±500	西晋(AD265-316)
TYT-01	6.62±3.83	11.71±0.93	550±350	唐(AD618-907)
TSH-01	9.65±2.61	8.52±0.69	1150±300	唐(AD618-907)
RS-01	0.65±0.91	11.19±0.94	60±80	北宋(AD960-1127)
ND-01	8.97±1.74	6.54±0.50	1350±300	不明

4 真贋判定の結果と完形品資料に対する有効性の検証

真贋判定の結果は、Table.2 に示す。

Table.2 真贋判定の結果

試料名	KES-01	TYT-01	TSH-01	RS-01	ND-01
TL 年代(年前)	2250±500	550±350	1150±300	60±80	1350±300
判定結果	古物	古物	古物	現代の贋作	古物

以上のように、RS-01 以外は古物であるという結果が得られた。また、TYT-01 を除き、美術史・考古学的に推定される年代と整合性のある TL 年代が得られた。TYT-01 に関しては、焼成後に熱を受けた痕跡があり、このことが美術史的推定年代よりも若く評価された原因と考えられる。RS-01 は、美術史・考古学的には宋代の特徴を備えているが、精巧につくられた現代の贋作と評価される。

以上の結果から、本研究で用いた軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法は完形品資料についても有効な手法であることが確認できた。しかしながら、今回測定に使用した完形品資料はあくまで小型の物に限られており、有効性が確認できたとはいえ未だ全ての陶磁器資料に適用可能という段階ではない。今後は、大型の陶磁器資料についても、この評価方法が適用可能かどうかを検証していきたい。

参考文献

長友恒人・青木智史：年間線量評価の改良による陶磁器真贋判定法の高精度化,日本文化財科学会第 19 回大会研究発表要旨集,pp.30-31,2002 年

土器に吸着された脂質の基礎的研究 (8) — ステロール

○堀内晶子 (国際基督教大学)、綾川美由紀 (国際基督教大学)

はじめに

これまでに考古学試料の残存有機物質を分析し、古代の生活や環境を明らかにしようとする数々の試みがなされてきた。生体を司っている多種多様の有機物質を分析することによって得られる情報は測りしれない。しかしその反面、物質の安定性、後からの混入、絶対量が少ないなど、問題も多いのも事実である。ここでまず重要なのは、ある一定の条件下でわかる事とわからない事を明確に識別することである。

有機物のなかでも比較的不安定な脂質は道具の表面に付着している場合、空気や微生物などによって分解されやすい為、現在得られる分析結果が必ずしも古代の脂質をそのまま反映しているとは限らない。しかし私たちは、土器の内部に浸透し、吸着された脂質ならば外部からの影響をまぬがれ、分解せずに残っている可能性があるのではないかと考えた。この推測の妥当性を検証するため、これまでに、モデル系を使って既知の脂質を土器に吸着させ、異なった条件下で脂質の組成が時間と共にどのように変化するかを検討してきた。その結果、土器から直接抽出された全脂質量は、動物性脂質、植物性脂質を問わず、時間と共に回収率が減少し、2週間以降はほぼ一定になることが明らかになった。また、土器表面近くに残留している脂質は主成分であるトリグリセリドと脂肪酸の組成が時間と共に変化するが、土器の深部に浸透し吸着された脂質は特に水中や、封管して空気を遮断した状態で保存した場合、かなりの割合で元の状態を保つ可能性を明らかにしてきた。

本研究では脂質に含まれているステロールに注目した。ステロールは古代人の食生活を反映する指標としてこれまでに骨 (1)、糞石 (2) や土器片 (3) などからの検出が報告されている。しかし土器に吸着された際の回収率や安定性に関する基礎的な報告はこれまでにない。そこで、今回はステロールの中から動物性ステロールである cholesterol、植物性の campesterol, stigmasterol, β -sitosterol、そして菌類に多く含まれている ergosterol を既知物質として選んだ。これらを土器モデルに吸着させ、空気中、土壌中、空気を遮断した封管中の3種類の異なった環境下に保管した場合の経時回収率を土器をそのまま抽出し、土器表面に残留している部分 (表面) と、そのまま抽出した後粉碎して抽出した、土器深部に浸透、吸着残留した部分 (深部) の2種類に分けて検討したのでここに報告する。

実験

1. モデル系の作成と回収: まず、国際基督教大学構内から出土した粘土で土器板 (800°C、8時間) を作成し、それを約 1cm³ に切断したものを土器モデルとした。cholesterol (Wako)、campesterol (東京化成)、stigmasterol (東京化成)、 β -sitosterol、(東京化成)、ergosterol (東京化成) を再結晶で精製し、pyridine 溶液として最終質量が各 2.5mg になるように土器モデルに吸着させた。このモデル系を、空気中、土壌中、空気を遮断した封管中に一定期間保存後回収した。表面のステロールは、吸着させた土器モデルに chloroform 5mL を加え、30分、3回超音波抽出した後、溶媒を除いて回収した。また深部のステロールは、残った土器を粉碎机で粉状にした後同様に回収した。すべての試料は同条件下で3つ用意

し、平均値と標準偏差が求められるようにした。

- 分析：回収したステロールは、ガスクロマトグラフィーで検出しやすいようにトリメチルシリル化するため、pyridine 3mL に溶解し、1,1,1,3,3,3-hexamethyldisilazane(HMDS) 0.06mL 及び、chlorotrimethylsilane(TMSCl) 0.04mL を加えた後室温で 10 分間反応させた。副生成した白色沈殿を遠心分離した後上澄み 1mL を取り、そのなかに内部標準物質として 5α -cholestane を最終質量 0.184mg になるように加え FID 付きガスクロマトグラフ (Spelco, SPB™-1 カラム, 30m x 0.32mm, 210°C~240°C, 1°C/min) ,及びガスクロマトグラフ-質量分析を用いて分析した。

結果と考察

- 環境による回収率の違い：表面のステロールは、いずれの種類も、またいずれの環境でも時間と共に減少する一方、深部のステロールは増加し、ステロールが時間と共に土器内部に浸透していることが明らかになった。表面の減少傾向は土壤中>>空气中>>封管中となった。代表的な例として土壌中に埋めた cholesterol の回収率を図 1. に示す。また、表面と深部のステロールの回収総量は環境によって大きく異なり、cholesterol の場合、封管中で保存すると 50 日後でもほとんどすべて回収できる (94±6.4%)が、土壌中に埋めておくと半分以下 (40±12%) になる。これはグリセリドや脂肪酸同様、空気を遮断した状態では変化が少ないことを示すと共に土壌中では分解が進む、流出する、あるいはより強く土器マトリックスに吸着され回収出来ない等、分析時に回収できる絶対量が問題になることを示している。

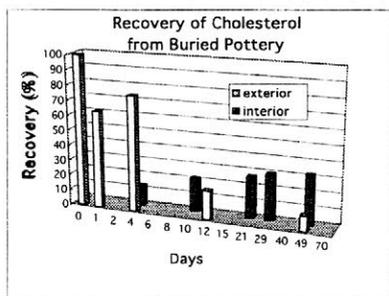


図 1. 土壌中に埋めた土器モデルから回収したコレステロールの回収率の経時変化

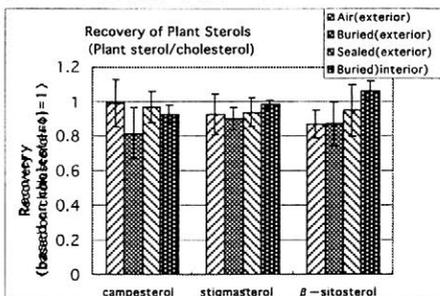


図 2. 植物性ステロールとコレステロールの回収率の比較 (すべての条件の総和)

- ステロールの種類による回収率の違い：菌類に含まれている ergosterol は外部環境から流入する可能性を示唆できると考えたが、室温で溶液を放置しておくだけで数日以内に分解し、回収実験には適さないことから分析対象から除外した。植物性と動物性ステロールは、保存条件によっての回収量は変化するものの植物性/cholesterol 比を比べると、測定した期間内で図 2. に示すようにどの条件でもほぼ一定となった。この結果から、分析対象とした植物性ステロールと cholesterol は同じ条件で残存し、検出できる範囲であればその比率は信頼できると考えられる。

- (1) Scott, A.W., Evershed, R.P., Analytical Chemistry, (1996), 68(24), 4402-4408
- (2) Lin, D.S., William E., Napton, L, K. Heizer, R.F., Journal of Lipid Research, (1978), 19(2), 215-221
- (3) Krisko, R.M., McLaughlin, K.J. Lunte, C.Ed, Book of Abstracts, 215th ACS National Meeting, March 29-April 2 (1998), CHED-117

楔の使用実験 —スギ材の割り裂きにおける楔の効果—

村上由美子 ○魚津知克 後藤浩之 土屋みつほ 中原 計 藤井裕之
 (京都大学大学院) (大手前大学) (奈良大学大学院) (京都大学大学院) (大阪大学大学院) (京都大学大学院)

1 はじめに

古代以前の木材利用を考えるうえで、製材工程の復原はきわめて重要である。しかし、遺跡出土資料に即した検討はこれまでほとんど行われていない。これは、楔と槌を使って行うしか方法のない当時の技術を説明するための着眼点が、いまだ十分に深められていないことに大きな原因がある。私達は今回、出土例をもとに製作した楔による材の割り裂き実験を行い、その手がかりを得ようと試みた。楔による製材に関わる技能を知り、出土遺物の観察や解釈を深めるうえで、必要な情報を集めることを目的とする。

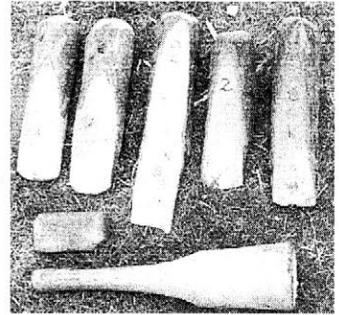
なお製材の作業工程をデータ化し、数値に基づいて効率を比較する必要性もあるが、それは一定の技能を習得したのち行うものと判断し、今回はデータの蓄積のみにとどめた。ここでは実験の過程を報告し、材の割り裂きにおける楔の効果を中心に製材技術について得た知見をまとめる。

2 実験の概要

楔には形態の異なる2種(丸材型と割材型)を用意した。丸材型は丸木の芯持材を用い、厚みのある基部をもつタイプである。奈良県平城宮下層遺跡や三重県六大A遺跡の出土例をもとに、コナラ、クルミ、サクラ、カシ(材採取時の所見による。種は未同定)を用いて復元した。割材型は、みかん割材を薄く尖らせたタイプで、神奈川県池子遺跡出土例をもとにアラカシを用いて製作した。楔は樹種のほか法量や形態、加工に多様性をもたせ、属性ごとの作業特性の比較に備えた。横槌とカケヤ(計4タイプ)、石斧(扁平片刃と太型蛤刃)も遺跡出土例の形態を参考に復元製作した(写真1)。そして割る対象の材には、割裂性に富んでおり弥生時代以降今日まで盛んに使用されるスギ材を選んだ。

2回の予備実験を経て割り裂きの手順をある程度習得し、記録の方法を確立したのち本格的な実験に臨んだ。福井県の三方町縄文博物館で丸木舟の復原製作用に伐採したスギ材の上部を利用し、運搬のためチェーンソーで長さ3mに分割した材4本(直径45cm~66cm)を用いた。木取りや楔の種類を変えながら、計16回の打ち割りをを行った。

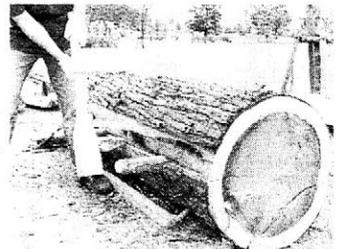
工程は以下の手順をとった。1. 木取りを決め、先割れを観察するために樹皮を剥ぐ。2. 石斧を用いて木口面に楔を挿し込むくぼみを作る。3. 楔を入れ、槌で敲き込む。4. 割り裂きの状態を見ながら次の楔を打ち込み、割り進める。5. 最後に斜め方向に残った木材繊維を斧で切断する。



1. 使用した道具
丸材型の楔、扁平片刃石斧身、横槌



2. 割材型の楔を木口面に打つ



3. 丸材型の楔を側面に打つ

実験の過程は楔を打つストローク数と位置を紙に記録し、並行して写真とビデオで作業の流れを撮影した。そして使用後の楔の破損状況や材に残る楔痕、割り裂き痕も記録した。実験後の材は奈良大学と三方町縄文博物館で保管している。

3 結果と考察 —楔の効果—

実験を通じて楔のはたらきを観察した結果、製材における楔の効果を次の2点に分けて整理する。

①先割れ—楔の軸方向に及ぼす割れ、
②横割れ—軸と垂直方向に及ぼす割れ、
である。楔の形態により、生じる割れと製材における効果に差異が認められた。

①先割れは、楔を打ち込んだときの軸方向への貫通力によって生じる。楔を材の繊維方向に沿って打ち込む場合には、材自体の割裂性との相乗効果が起こる。楔は先が尖っているほど貫通力をもつことになる。今回用意した楔では、みかん割材を薄く尖らせた割材型の方が、先割れを生むのにより適した形態であった（写真4）。割った材の面を観察すると、先割れの跡が割り裂き痕として残るのが確認できた。しかし割材型の楔は、打っても潜るだけで材自体はあまり割れない場合があり、先割れだけでは効果的な製材は行いにくいといえる。

②横割れは楔基部の厚みと、先端部と基部の幅の差によって生じ、楔の軸線と垂直方向に作用する。楔を木材繊維と垂直に打ち込んだ場合には、材の割裂性と相乗効果が起こる。楔の先端でなく厚みのある基部の位置が、割れを支えて広げる役割を果たす。隣りに打ち込んだ楔と連携して割れを広げると有効だが、連携がないと割面に大きな凹凸が生じてしまう。そこで材の状態を見て、打ち込む楔の厚みや間隔を調節する技能が必要となる。

今回用意した楔では、基部の厚い丸材型の方が横割れを生み、楔を打つ間隔も割材型に比べて広めにとることができた（写真6）。割った後の材の面には、楔基部の厚みで材を支えた際の圧痕が確認できた（写真5）。

この2種の割れを制御して適切な位置に楔を打ち込むことが、楔を用いた製材において最も肝要だといえる。今回の分析では楔の形態差による製材効果のちがいを明らかにしたが、割る対象の材の条件も考慮すると、最も製材効率を左右したのは、節の有無や位置であった。同一の管理状況・生育環境にあった一本の樹を用いたにもかかわらず、節の状態によって割り裂きの所要時間や仕上がり、楔の破損程度に大きな差が生じた。楔の適切な使用には、木材の素性や節の状態を見て打つ位置を判断する技能が不可欠であり、今後はこの点についてさらに考察を深める必要がある。

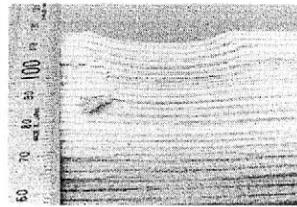
《参考文献》

村上由美子 2002「木製楔の基礎的論考」『史林』第85巻第4号

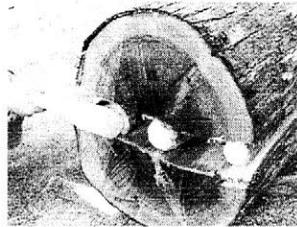
村上由美子 2002「木を割るということ」『往還する考古学』近江貝塚研究会論集1



4. 割材型楔の先割れ効果
3本の楔、263ストロークで先割れが矢印の位置に達した。



5. 丸材型の楔による楔痕
丸みをもつ基部圧痕が材に残る。



6. 丸材型楔の横割れ効果
基部の厚みと楔間の連携に先割れが矢印の位置に達した。

岸直矢、○宮腰哲雄（明治大学理工学部）

1. はじめに

ウルシ科 *Anacardiaceae* に属する植物は世界中に 73 属 600 種以上あると言われており、その大部分は中国から東南アジアに生育している。日本にはウルシ、ハゼノキ、ヤマウルシ、ヤマハゼ、ツタウルシ、ヌルデの 6 種のウルシ属 *Rhus* がある。このうちウルシ樹液は古くから塗料や接着剤として用いられてきたが、古い時代これ以外の樹液も用いられていた可能性が指摘されている。古い塗りがウルシで塗られていたか、他の樹液で塗装されたかを判定することができれば、漆器の歴史的研究に役立ち、かつ漆工技術の変遷を知る上で重要な手がかりになると考えられる。そこで 6 種のウルシ属 *Rhus* の樹液を各地で採取しそれを $^1\text{H-NMR}$ スペクトルなどにより、また塗膜を熱分解-GC/MS 法により分析した。これらの結果から 6 種のウルシ属 *Rhus* 樹液に含まれる主な成分を分類した。

2. 実験

$^1\text{H-NMR}$ スペクトルの測定に用いた試料は、①沖縄県浦添市内・千葉県鴨川市内の 2 地点にて採取したハゼノキ、②千葉県鴨川市内のヤマウルシ、③千葉県鴨川市内のヤマハゼ、④福島県会津若松市内のツタウルシ、⑤神奈川県川崎市内のヌルデ、以上 5 種 6 地点の樹液を採取し CDCl_3 に溶解させ、不溶分をろ過したものである。また、比較試料として市販のベトナム産漆樹液を同様に処理し、用いた。測定装置は JEOL α 型 FT-NMR(400MHz) を使用した。

また、熱分解-GC/MS の測定には、先述した①～⑤の 5 種 6 地点で採取した樹液及びベトナム産漆樹液を重合させて塗膜としたものを、常温で 2 ヶ月放置したものの一部（約 1mg）を試料として用いた。そしてこの試料を熱分解装置に入れ、 500°C で 12 秒間熱分解させ、GC/MS に導入した。装置は、熱分解装置（フロンティア・ラボ製 PY-2010D）、ガスクロマトグラフ（HP 製 HP6890）、質量分析計（HP 製 HPG5972A）で構成されており、分離カラムには Ultra Alloy PY-1（100% methylsilicone, $30\text{m} \times 0.25\text{mm}$ I.D., 膜厚 $0.25 \mu\text{m}$ ）を使用した。

3. 結果

3-1. $^1\text{H-NMR}$ スペクトルの測定

分析結果の一例として、ベトナム産漆及び、試料①の沖縄県浦添市内・千葉県鴨川市内にて採取したハゼノキの樹液成分の $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを Fig.1-a)～c) にそれぞれ示した。その結果、主に図に示したような特徴的な構造を持つ成分が含まれ、二重結合部分の立体構造に差異が見られた。

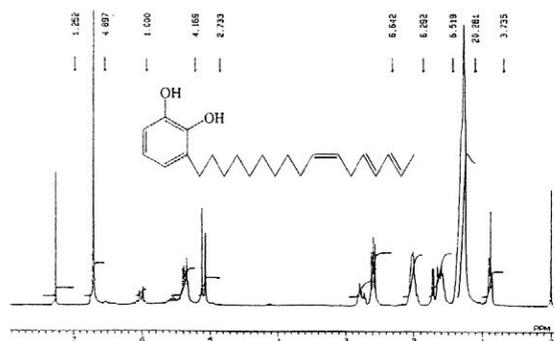


Fig.1-a) ベトナム産漆樹液成分の $^1\text{H-NMR}$ スペクトル

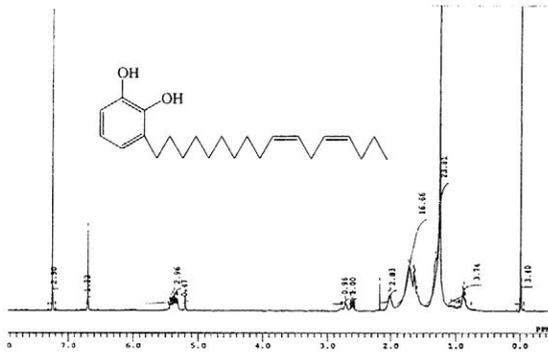


Fig.1-b) 沖縄県浦添市内のハゼノキ樹液成分の¹H-NMR スペクトル

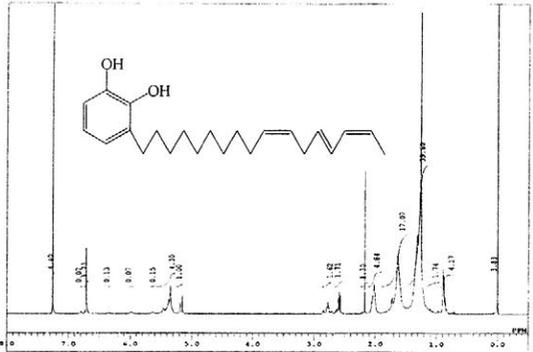


Fig.1-c) 千葉県鴨川市内のハゼノキ樹液成分の¹H-NMR スペクトル

3-2. 熱分解・GC/MS の測定

分析結果の一例として、ベトナム産漆及び、試料①の沖縄県浦添市内・千葉県鴨川市内にて採取したハゼノキの塗膜分析から得られた、漆塗膜に特徴的である m/z 108 の質量クロマトグラムを Fig.2-a)~c)にそれぞれ示した。さらに、それぞれの質量スペクトル（保持時間 10 分付近, $n=9$ ）を Fig.3-a)~c)に示した。

その結果、これらすべての質量クロマトグラムに規則的なピーク群が認められ、図に示したようなアルキルフェノールに由来するものであることが確認された。また、両方の質量スペクトルにおいて、 m/z 108 がベースイオンピークとして検出され、さらに分子イオンピークである m/z 220 の 3-Nonylphenol が検出された。これは、先ほど示した樹液成分の側鎖の二重結合が共に 10 位に存在し、その隣の 9 位で結合が切断されたためであると考察した。

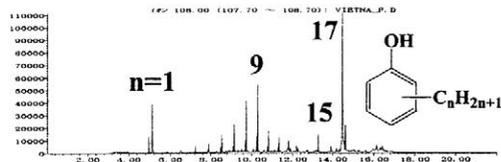


Fig.2-a) ベトナム産漆塗膜の質量クロマトグラム

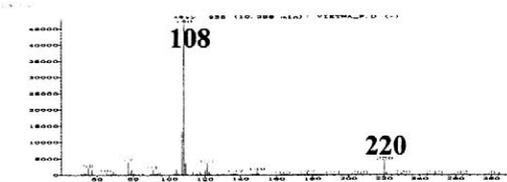


Fig.3-a) ベトナム産漆塗膜の質量スペクトル

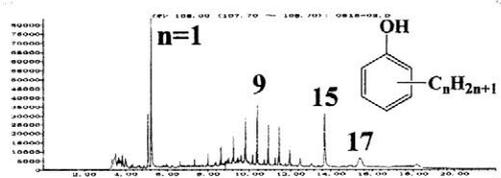


Fig.2-b) 沖縄県浦添市内のハゼノキ塗膜の質量クロマトグラム

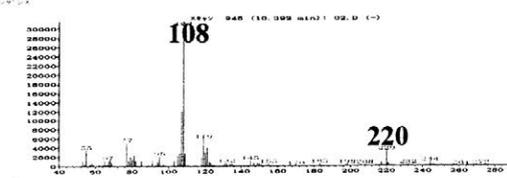


Fig.3-b) 沖縄県浦添市内のハゼノキ塗膜の質量スペクトル

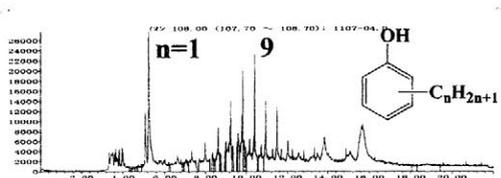


Fig.2-c) 千葉県鴨川市内のハゼノキ塗膜の質量クロマトグラム

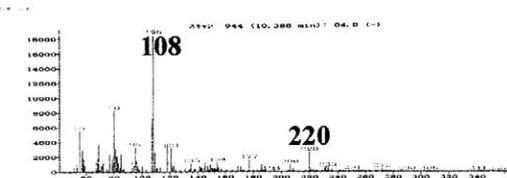


Fig.3-c) 千葉県鴨川市内のハゼノキ塗膜の質量スペクトル

発表では、ここで挙げるができなかった全試料の分析結果について報告し、関連性について述べる。

都城市の遺跡群から出土したイネ種子の遺伝形質の時期的変遷

○ 花森功仁子（静岡大学・岐阜連合大学院・㈱ジェネテック）
 桑畑光博（都城市教育委員会文化課）佐藤洋一郎（静岡大学）

1. 緒言

宮崎県都城市にはシラス台地を流れる大淀川本流に面した都之城跡，大淀川の支流・横市川流域の加治屋 B 遺跡および正坂原遺跡からなる遺跡群がある。この遺跡群には平安時代・鎌倉時代・室町時代・江戸時代の4遺跡があり、各遺跡からまとまったイネ種子が出土している。横市町内の坂元 A 遺跡からは南九州最古の縄文時代晩期の畦も確認されている。本研究では遺跡から出土したイネ種子を観察し、DNA 分析によって各遺跡の遺伝形質の解析を試みたので、その経過について報告する。

2. 材料と方法

都城市内から発掘された下記の4遺跡より出土したイネ種子をサンプルとして用いた。いずれも塊で出土したため、3 CCD デジタル顕微鏡で観察したのち、分解してイネ種子1粒ずつを撮影した。NaOH を用いたアルカリ法によりそれらの DNA を抽出した。その DNA を ORF、CMNS-A32、CMNS-B22・B20 の各プライマーで増幅した。これらのプライマーは従来インディカ・ジャポニカの判別や温帯・熱帯ジャポニカの判別に用いているものである。また、葉緑体の PS-ID 領域を増幅するプライマーにより増幅し、シーケンスを行った。抽出 DNA が少量のため、いずれも1回目の PCR 産物をテンプレートとして2回目の PCR を行い、1%アガロースゲルで電気泳動し、そのバンドの位置により判定した。

表1 サンプルリストと長幅比

No.	遺跡名	時代	遺構	長さ	幅	長幅比
03-011	加治屋 B 遺跡	平安時代	土坑	10.46	5.29	1.98
03-013	正坂原遺跡	平安末～鎌倉時代初頭	土坑墓	9.44	4.42	2.14
03-014	都之城跡	戦国時代～中世初頭	土坑	8.83	5.03	1.76
03-012	加治屋 B 遺跡	江戸時代後期	竪穴状遺構	10.89	4.31	2.53

3. 結果と考察

形態観察では図4のとおり籾の表面に穴がみられ、一部に被熱の可能性が推定された。1粒ずつの顕微鏡観察では江戸時代の加治屋 B 遺跡のサンプルに籾つきのものが多かった。また、ふ毛が確認された(図3)が、これは極めてめずらしい。また、わら状の炭化物も確認できたが、これらからも DNA は抽出できなかった(図5)。加治屋 B 遺跡出土の炭化米の長さが最も大きく、長幅比も 2.53 であった。都之城跡から出土した炭化米の長さが最も短く、幅は江戸時代の加治屋 B 遺跡のものが最も狭かった(表1)。また、DNA 増幅の結果、各遺跡からジャポニカが出土しており、温帯ジャポニカと判定されたが、塩基配列を特定するには至っていない。形態観察から江戸時代の種子は大唐米の可能性もあり、さらに DNA 分析中である。

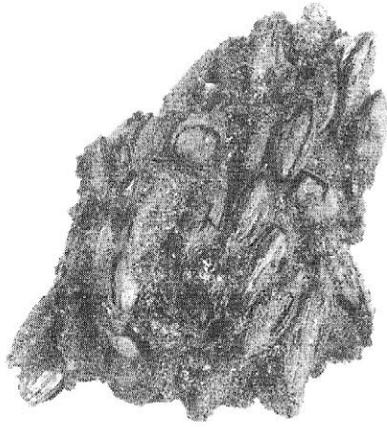


図1 03-012

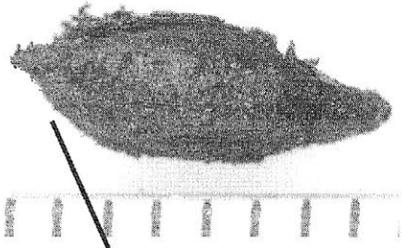


図2 粉つきの炭化米



図3 ふ毛の拡大写真



図5 ワラ

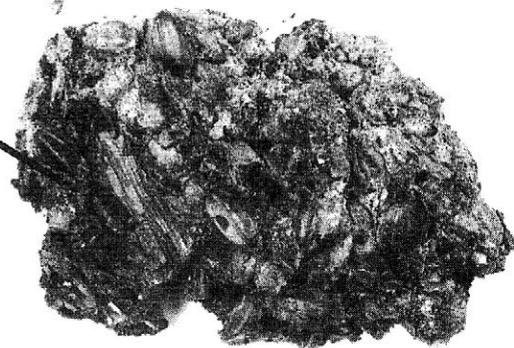


図4 03-014

近世遺跡出土のサイズの大きなイヌについて
 - 巢鴨遺跡東邦マンション地区 8 号遺構出土のイヌ骨資料を中心に -

○ 加藤久雄（愛知学泉大学・家政学部） 伊藤さやか（〈財〉石川県埋蔵文化財センター）

1. はじめに

近世における「唐犬」とは、戦国時代以降に西洋（主にポルトガルやオランダ）から輸入された大型のマスティブ系やグレイハウンド系のイヌのことである。特に將軍や大名家などの高階層の武士らが、狩猟用、闘犬、威勢の誇示などに用いていた数々の記録が文献史料にある。東京都豊島区巢鴨遺跡東邦マンション地区 8 号遺構出土資料（以下、東邦資料とする）が遺跡出土のものの中では国内最大級のサイズを測り、いまだかつて遺跡出土のものでは報告事例がなく、かつ文献や絵図史料で度々あらわれる「唐犬」いわゆる現生マスティブ系のイヌに類似した、大変珍しい形質を持つことが明らかになった。それゆえ、速報的に東邦資料の頭蓋骨および歯についておこなった分析結果を提示し、それを中心に他の近世遺跡出土のサイズが大きいイヌ資料についての形態学的類縁性に基づく系統関係に関する検討をおこなう。

2. 遺跡および遺構の概要

巢鴨遺跡 東邦マンション地区：東邦マンション地区は、東京都豊島区一丁目 6 番 7 号、巢鴨遺跡の一角に位置する。

出土遺構の概要：イヌ骨が出土した 8 号遺構は、残存値で長軸 680cm、短軸 360cm、深さ確認面から 110cm の規模である。イヌ骨は、遺構底面のほぼ中央で出土し、頭部が北側、顔を東側に向け、四肢を折り曲げた状態であった。イヌ骨が出土した 8 号遺構の廃絶年代は、出土遺物の構成からみると、19 世紀中葉頃と考えられる。

拝領者：8 号遺構の廃絶時期を出土遺物の構成から考えられる年代に限ってみると、その当時の土地は、大久保加賀守下屋敷地、松平紀伊守下屋敷地、あるいは松平豊前守下屋敷地と考えられる。石高には差が見られるが、当該地区はともに 5 万石以上の家禄を持つ藩の屋敷地であることに相違ない。

3. 資料と方法

国立科学博物館動物研究部所蔵資料の現生犬種のうち主にオス個体、他の近世遺跡から出土したイヌ資料の報告されている計測値を用いた。そのうち、頭蓋に関しては茂原（1987）があげているものの中で、東邦資料において計測可能であった 14 項目の計測値について、一方、歯については東邦資料において咬耗の著しい前歯部をのぞいた歯種（犬歯部・前臼歯部・後臼歯部）で 29 項目の右側（一部欠測値は左側）計測値をデータとして用いる。計測法は、斎藤（1963）、茂原（1987, 私信）に準拠した。頭蓋骨については、幾何平均によって基準化したサイズ変換値について主成分分析を施した。さらに、比較に用いた資料間の類似関係を客観的にみるために、第 4 までの主成分得点についてユークリッド距離を求め、それらの距離行列について NJ 法によって展開し、図示した。次に、歯については、現生日本在来犬種（秋田・四国・甲斐・紀州犬）の平均値およびシバイヌのオス

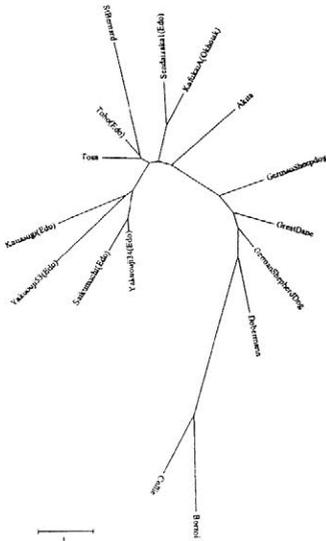
の平均値（小野寺ほか 1987）の総平均とシバイヌの標準偏差（小野寺ほか 1987）で基準化した値について Q モード相関係数 (r) を求め、それらの距離 (1-r) 行列について NJ 法によって展開し、図示した。

4. 結果と考察

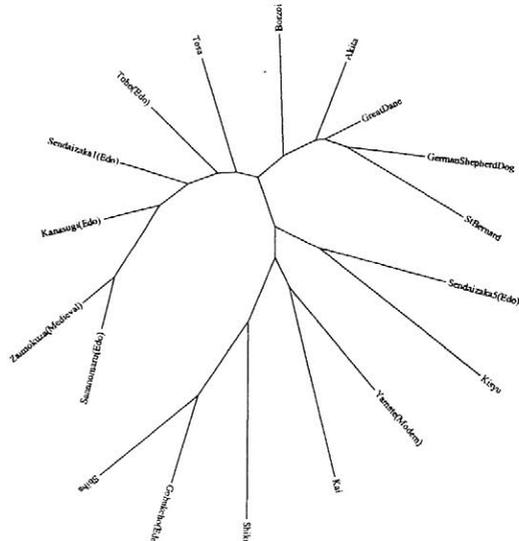
東邦資料の頭蓋最大長 (220±mm、ただし土圧による歪みの誤差を加味した) は長谷部の型区分 (1952) によると大級となる。その項目について、山内 (1958) の体高推定式 (Ⅲ式) による推定結果では約 54cm となり、遺跡出土資料から見れば、仙台坂 1 号資料に匹敵する国内最大級サイズのイヌ骨といえる。現生日本犬種と比較すると、土佐犬に近い大きさであり、秋田犬よりもやや大きい。頭蓋骨について NJ 法による展開図をみると、東邦資料は、現生犬種では土佐犬やセントバーナードに近い (第 1 図)。次に、歯について NJ 法による展開図 (第 2 図) をみると、現生犬種では土佐犬に近く、遺跡出土のものでは仙台坂 1 号および金杉資料に近い。東邦資料にもっとも類似性が高かった現生犬種である土佐犬と同様の形成過程を想定し類推するならば、「唐犬」と称された大型のマスティブ系のような現生大・中型犬種に近い外来 (系) のイヌと在来 (系) 大・中型のものとの混血個体である可能性がある。一方で、サイズが大きく外来 (系) のイヌからの遺伝的影響が示唆されているいくつかの資料は、すでに茂原 (1991) によって北方系のイヌの遺伝的影響を示唆されている金杉資料のみならず、その他のものについても秋田犬やオホーツク期の香深井資料に近いことから、北方系の大・中型のイヌからの遺伝的影響を考える必要があるかもしれない。

5. 主要参考文献

加藤久雄・伊藤さやか 印刷中「「唐犬」考—巢鴨遺跡東邦マンション地区 8 号遺構出土のイヌ骨資料を中心に—」『東京考古』東京考古談話会



第 1 図 頭蓋計測値の NJ 法による比較



第 2 図 歯冠計測値の NJ 法による比較

小規模な一貝層の形成過程とそれに伴う廃棄の回数について
 千葉県松戸市秋山神宿遺跡 SK1 土坑内貝層（古墳時代）を例に

○阿部常樹(國學院大學大学院) 千葉寛(松戸市教育委員会)

1.目的

一括廃棄として捉えられがちな小規模な一貝層が、実際に何回の廃棄によって形成されているのかを考えるとともに、その分析方法を提示することを目的とする。

2.松戸市秋山神宿遺跡 SK1 土坑について

本遺構は、古墳時代後期に属する。対象資料は、その遺構内の第 4 層（貝層）のものである。貝層の規模は、厚さ最大 15cm、長軸 84cm、短軸 42cm。ハマグリを主体とした混土貝層である。

3.資料の抽出方法

資料は、セクションラインを基準に貝層を東西に区分し、それぞれ貝層上面から順に無作為に土ごとサンプリングした（東側：①～③、西側：④～⑩）。それらを水洗選別法（篩目 5mm・2.5mm・1mm）とフローテーションによって取り上げた。

4.分析方法

サンプル間を、以下の分析によって比較検討した。

- ①大型貝類遺体の重量組成を比較。具体的には、サンプル間の類似性を抽出するために群平均法クラスター分析を、そして貝種組成比率における貝種の相対的な相関関係とサンプル間の類似性と特徴を抽出するために相関行列を用いた主成分分析をおこなう。なお、分析にもちいた貝種組成データは、各種の出土率に arc-sin 変換を施し、正規分布に近似させたものをデータに用いた。
- ②陸産貝類遺体の出土量を比較。
- ③混貝率・貝殻の破損率を比較。具体的には、 χ^2 乗独立性の検定によって、各サンプル間の差の有意性について検定をおこなった。

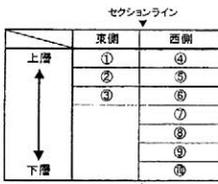
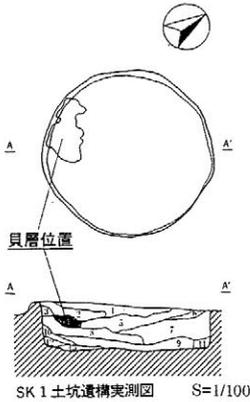
5.分析結果

分析の結果、西側は、④と⑤のハマグリを主体としないそれぞれの貝種の廃棄と、⑥より下に位置するハマグリを主体としたものに大きく 2 つに分けられる。さらにハマグリを主体とした貝殻の廃棄も⑧もしくは⑨付近を境に 2 つの異なる時期の廃棄に分けられる可能性が示された。結果、本貝層は、少なくとも 3 回から 5 回の貝殻の廃棄によって形成された貝層である可能性が示唆された。また、貝層東側は、

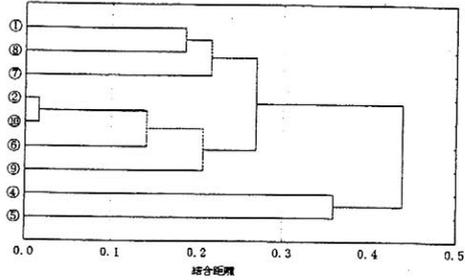
①は⑧、②は⑩とそれぞれ西側のものと対応した。

主要参考文献

阿部常樹 (2003) 「SK1土坑内貝層の分析」『千葉県松戸市秋山神宿遺跡』(p. 46-57)松戸市遺跡調査会



※サンプルは上層から層序通りに取り上げ、②は貝層の下層の土
サンプルの取り上げに関する概念図



クラスター分析の結果

因子負荷量(回転無)

抽出法: 主成分分析

(マーク: 負荷量 > 700000)

	第1主成分	第2主成分	第3主成分		
ハマグリ	0.993	ウミナ類	0.802	マガキ	0.766
その他	-0.052	マガキ	0.401	不明	0.457
マガキ	-0.413	ハマグリ	0.068	その他	0.312
ウミナ類	-0.508	ヤマトシジミ	-0.149	ハマグリ	0.075
不明	-0.556	不明	-0.218	イシガイ	-0.037
ヤマトシジミ	-0.704	イシガイ	-0.262	ウミナ類	-0.072
イシガイ	-0.900	その他	-0.830	ヤマトシジミ	-0.629
説明済	3.033	説明済	1.636	説明済	1.301
寄与率	43.3%	寄与率	23.4%	寄与率	18.6%
		累積寄与率	85.3%		

主成分分析の結果

因子スコア(主成分得点)

回転法: 回転無

抽出法: 主成分分析

	第1主成分	第2主成分	第3主成分		
⑥	0.981	④	1.479	⑦	1.740
②	0.936	⑩	0.857	④	1.435
⑩	0.916	②	0.748	⑥	0.450
⑨	0.197	⑥	0.087	⑧	-0.237
⑦	0.192	⑤	0.030	⑨	-0.328
①	0.188	①	0.021	⑩	-0.549
⑧	-0.289	⑨	-0.382	②	-0.581
④	-1.201	⑦	-1.014	①	-0.813
⑤	-1.920	⑧	-1.827	⑤	-1.116

x2乗独立性の検定の結果 (混貝率)

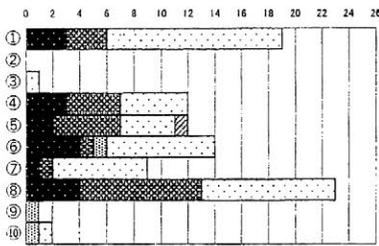
	①	②	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
①									
②	n.s								
④	**	**							
⑤	**	**	*						
⑥	**	*	**	**					
⑦	*	n.s	**	**	n.s				
⑧	n.s	n.s	**	**	n.s	n.s			
⑨	**	*	**	**	**	**	**		
⑩	**	n.s	**	**	**	**	*	*	

**1%有意 *5%有意 n.s.有意差なし

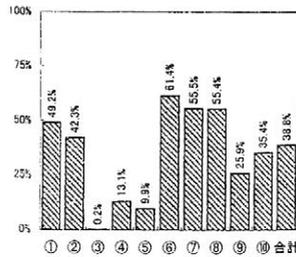
x2乗独立性の検定の結果 (貝殻の破損率)

	①	②	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
①									
②	n.s								
④	**	n.s							
⑤	**	n.s	n.s						
⑥	**	n.s	**	n.s					
⑦	**	n.s	**	*	n.s				
⑧	n.s	**	**	**	**	**			
⑨	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	**	**	
⑩	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	**	n.s	

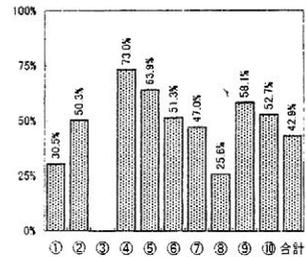
**1%有意 *5%有意 n.s.有意差なし



生息域別産貝類出土数比較



混貝率 (重量)



貝殻の破損率 (重量)

松田順一郎 (財団法人 東大阪市文化財協会)

1 はじめに

貝塚を構成する貝層の堆積中および堆積後の変形に関する研究の一環として、島根半島中央部、佐陀運河沿いの沖積低地にある佐太講武貝塚(図1)の1994年の調査(竹広・赤沢 1994)で採取された剥ぎ取り断面(*)を試料として、貝層ファブリックを主とする堆積構造の観察、分析を行いつつある。ここでは、試料の採取地点の状況と、試料にみられる層理および内部構造の特徴について述べるとともに、異なる堆積条件下で形成される貝層ファブリックのパターンを予察する。

2 剥ぎ取り試料

1994年の調査では、佐陀運河の西岸の標高約6.5mから1.5mまでの沖積低地の10か所に調査区が設けられた。試料が採取されたのは、佐陀運河に近接したもっとも低所の第6調査区の南北方向約7mの断面であった。貝層は北に向かって標高約1.2mから0.3mに低下する、細礫まじり砂質泥の緩斜面上に累重しており、北端部での層厚は約0.7mである。貝層は、江戸時代の佐陀運河開削時の造作によって上部が削平され消失し、杭の打設や踏み込みによって残存する貝層の構造は部分的に変形している。調査地は西方の標高20~65mの山地尾根を分水界とする、東西約600m、南北約300mの集水域の出口にあたるため、貝層分布域での物質移動は、貝層のベースメントの勾配(試料の伸長方向)とともに、西方からの流水をとまなう地形の勾配(試料に対して直交方向)に影響される可能性がある。

第6調査区の北約30mにあり、同様に佐陀運河に近接する第7調査区の貝層に対比される層準では泥層が累重し、顕著な離水の形跡がないので、貝層の縁辺が水域に接していたと考えられる。貝層のほとんどすべてが汽水棲種のヤマトシジミ *Corbicula japonica* の分離した貝殻で占められ、ごくわずかにし水棲種がまじる。したがって貝層のほとんどは粗粒~細粒の中礫に相当する貝殻とそれらの細礫以細の破片からなる。部分的に破片が卓越する。マトリクスは砂質泥と泥質砂で、一部の層準は粘土分に富む。

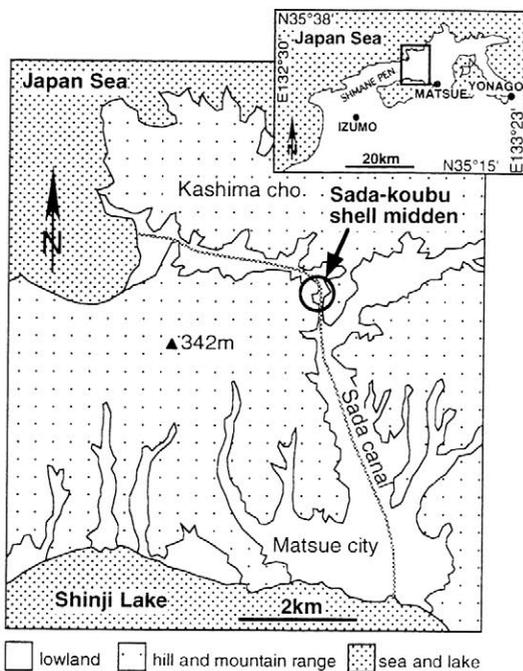


図1 佐太講武貝塚の位置図。

3 試料にみられる層理と内部構造

剥ぎ取り試料の写真判読により識別された層理、葉理を図2に示す。もっとも古い堆積ユニットは、南部中央寄りの下部(図2A)にあり、北側に堆積場所を移しながら累重して中央部までわずかに上に凸な層理面を作っている(B)。単層の中には次節で示すような乱方向のファブリック(図3a)をなす部分が多く、層理面は比較的起伏に富む。廃棄時に生じた初生ファブリックと考えられる。その内の2ないし3枚の単層は平坦に北部下端部にのび(C)、その下底面や内部は踏み込みによって擾乱されている。この上に、中央部の高まりの上と北側に付加された貝層が北部中央寄りではオンラップぎみに載り(D)、より北側では層理の傾斜を減じ、低角度の平行層理になる(E)。D付近にも廃棄の初生ファブリックと考えられる部分があり、図3eに示すような大気下および水中の重力性の堆積条件を想像させる。一方、E付近には貝

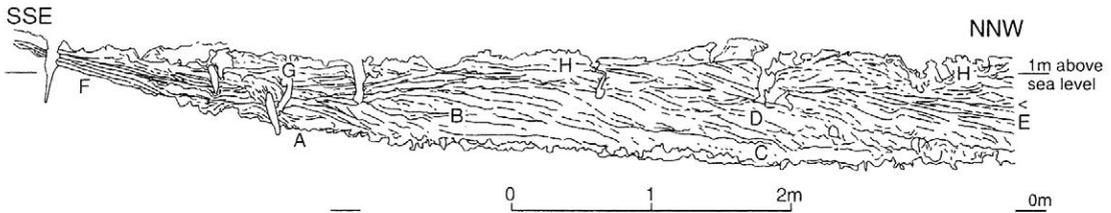


図2 佐太講武貝塚，1994年調査第6調査区貝層の剥ぎ取り断面にみられる層理・葉理のスケッチ。

殻破片のまじる砂質泥の薄層が2層準にみられ図3dに示すような貝殻堆積の休止期を示すと考えられる。また、これらの地層の最上部(<印)、標高約0.8m付近には、貝破片を葉理状に含む層厚数cmの泥層が分布する。中央部の貝層は南端部の植物片、炭片と泥の葉層の互層と同時異相をなす(F)。汀線付近に集合した漂流物質が沈積したのと考えられる。以上の貝層の特徴は、貝塚がその形成期間、汀線に接していたか、(とくに形成後半期には)水没していたことを示す。南部の上半部(G)、その他の部分の上部(H)には、浅いトラフ型斜交層理・葉理がみとめられ、下位の層準に比べて貝殻の破片が多くまじる。西方からの水流によって、貝層が広い範囲で再堆積した可能性がある。これらのことから、貝塚の貝層は、踏み込み痕や廃棄の初生ファブリックを部分的に残しつつも、一方向流や振動流、静水域での重力性の貝殻の再堆積と淘汰、懸濁・漂流物質の沈積などの影響をこうむりながら、変形してきたことがわかる。

4 ファブリック分析への予察

貝殻の外面・内面の配置を変数に加えたファブリックは貝殻の単層の内部構造の主要な特徴をなすとともに、堆積条件を示唆するものと考えられる。図3にそのいくつかの例を示す。aは大気下での人為的な投棄の初生ファブリックが、乱方向になるという仮説を表している。しかし、投棄時にすでに形成されていたスタックした集合が堆積地点で形を保っているようなこともあり得る。投棄単位の規模や、堆積の形(平面的な散布と盛り上げの違いなど)も影響するにちがいない。bは静水中を沈降した貝殻が凸な外面を下にして堆積する、よく知られた例で、ファブリックは水底で貝層が形成されたことを示唆する。cは流水中の転動と滑動、それらによってそれぞれ生じる上および下に凸なファブリックを示している。ただし水理条件と貝殻の集合状態によって多くのヴァリエーションが出現すると思われる。dは貝殻堆積の休止期にビーチフェイスで作られる薄層とその直下の貝層の断面で、波力によって転動した貝殻は上に凸な配置で停止・堆積するものが多く、その上位に載る砂泥中に、貝殻の細片がおよそ平行葉理に沿ったファブリックをなして含まれる例を表している。貝殻の破片は波力で淘汰されたものと考えられる。本試料にも2,3の層準でみとめられた。eは大気中から水中への重力性の貝殻の移動と、浮力による荷重の低下や波力によるパッキングの崩壊、水中での堆積面とファブリックの形成を想定している。これらのほかにも、貝層の

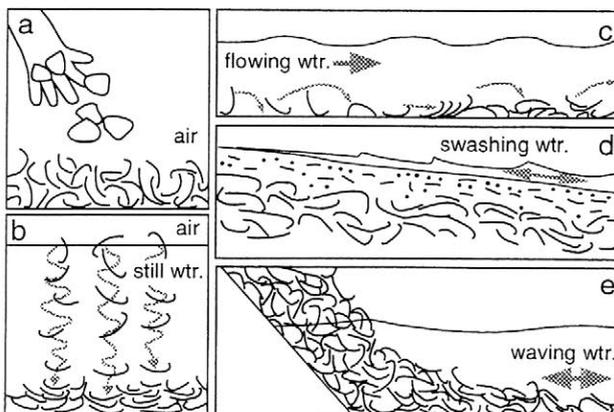


図3 異なる堆積条件下で形成される貝層ファブリックの模式図。

多様な堆積構造をつくる条件があると思われる。現地の断面や剥ぎ取り試料の観察と併せて、実験によっても検証する必要がある。現在、剥ぎ取り試料を写真計測し、その三次元数値データにもとづき、方位角、傾斜角を下半球投影する手法について検討中である。(2003. 4.10)

* 本試料は、鹿島町立歴史民俗資料館に展示されている。その観察と写真撮影に際して、徳永隆氏をはじめとする同町教育委員会の方々からご配慮、ご教示賜りました。感謝いたします。

出雲大社境内遺跡から出土した心御柱の残存に影響を与えた地中環境について
 - 巨大柱根を取り巻く岩石土壌の物性、酸化還元状態および水分移動 -

小口千明 (国際農林水産業研究センター 学術振興会科学技術特別研究員)・
 朽津信明 (東京文化財研究所)・石原 聡 (大社町教育委員会)

【はじめに】 出雲大社の境内遺跡で、宝治二年 (1248 年) の造営に伴う本殿を支えたとされる柱の根元部分 (柱根) が出土した。柱根残存の最大要因は地下水面上に存在していたためであると考えられているが、地下水面上近傍における柱の補強剤として埋設された礫や土壌の水分移動と酸化還元状態も一要因と考えられる。本研究においては、柱の周囲の窪み (柱穴) に埋設されていた礫や土壌の諸物性を把握することにより柱根の残存に寄与した環境要因を議論する。

【柱穴包埋礫土の産状】 心御柱はスギ材からなり、直径 1.2 m 以上の丸太 3 本を束ねた形状であり、3 本あわせると直径 3 m 以上となる。他の柱の束との中心間距離は 7.3 m である。柱根は地表から深さ約 1.6 m で出土した。柱穴内では、柱根の周囲約 10 cm に青灰色の土壌が取り巻くように存在し、それより遠部に褐色の土壌が存在している。これら 2 色の土壌の境界はシャープであり、その境界にまたがって存在している礫においても 2 色の境界部が見られる (図 1: 矢印)。このような 2 色の境界が見られる礫 3 点と青灰色土壌および褐色土壌を、物性を分析するための試料として用いた。

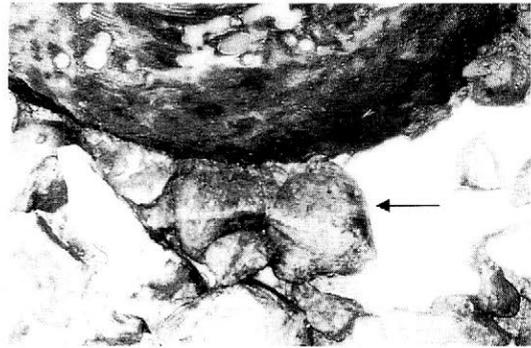


図 1 柱根をとりまく礫に生じた青灰色部と褐色部

【礫および土壌試料の化学的・鉱物学的性質】 土壌試料 2 種についてはバルクの鉱物同定を行い、さらに 2 μm 以下の画分試料の粘土鉱物を同定した (表 1)。また、バルクの土壌試料 2 種については主成分 10 元素 (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , Na_2O , MgO , K_2O , CaO , P_2O_5) の化学組成をエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (XRF-EDS) を用いて求めた。これらの分析結果によれば、青灰色土壌と褐色土壌との間に鉱物組成の違いは認められず、褐色土壌で鉄の含有量が多かったことを除いては化学組成も大差なかった (表 1)。礫試料 3 点についても、青灰色部と褐色部の鉱物学的性質および化学的性質を分析した。また、X 線分析顕微鏡により礫の青灰色部と褐色部の元素マッピングを行ったところ、褐色部には鉄分およびマンガンが沈着しているが、青灰色部にはそれが認められなかった (図 2)。

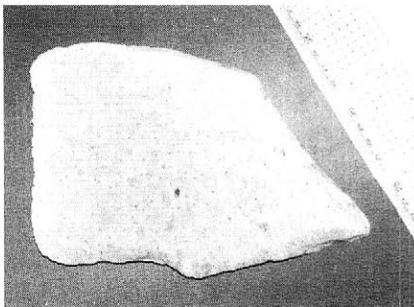
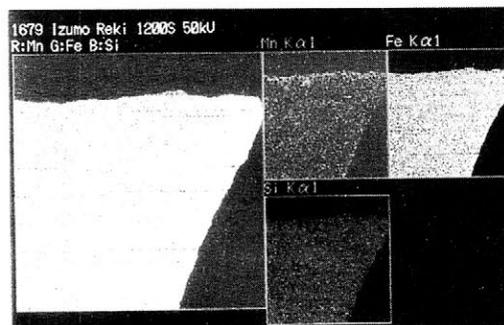


図 2 (a) 元素濃度分析に用いた礫試料 (右上のスケールは 5 mm 方眼)



(b) Mn、Fe、Si の元素マッピング (右) とその合成イメージ (左)

【礫および土壌試料の物理的性質】

JIS A1202 の方法により粒度組成を求めた。両試料とも、土壌とはいえ粒径数 cm の礫を含み、データのばらつき要因となりがねないため、粒径 2 mm (砂成分) までの粒度分布図を作成した (図 3)。両試料とも粒径約 0.05 mm 以上の粗粒部分はきわめて類似した様子を示す。しかし、それ以下の粒径では青灰色土壌が褐色土壌よりも数%多い。JIS A1203 の方法により求めた真密度については、青灰色土壌で 2.656 g/cm³、褐色土壌で 2.666 g/cm³であった。

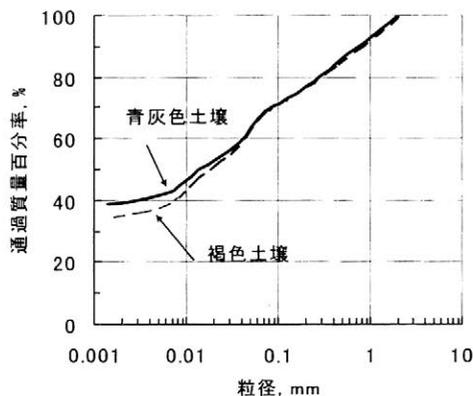


図 3 粒度分析結果

表 1 土壌試料の主要鉱物および化学組成

	褐色土壌	青灰色土壌
<<含有鉱物>>		
石英	○	△
長石	△	△
緑泥石	△	△
雲母粘土鉱物	△	○
カオリン鉱物	△	△
<<化学組成>>		
Na ₂ O	1.34	0.83
MgO	1.67	1.72
Al ₂ O ₃	18.31	18.79
SiO ₂	57.62	65.33
P ₂ O ₅	0.57	0.65
K ₂ O	3.44	2.76
CaO	0.67	0.54
TiO ₂	1.56	1.23
MnO	0.27	0.25
Fe ₂ O ₃	14.54	7.91
Total	100.00	100.00

○ > △

【考察とまとめ】 表 1 より、褐色土壌で鉄の含有率が高く、シルト・粘土成分がわずかに少ないほかに、鉱物種および化学組成の違いはほとんどない。また、図 3 より、約 0.05 mm 以下の粒径では青灰色土壌が褐色土壌よりも数%多いものの、それ以上の粗粒部分はきわめて類似した様子を示し、両試料とも粒度組成の違いはほとんどないと判断できる。したがって、柱の周囲にだけ人為的に別の粘土が入れられた可能性は低い。しかし、水文環境としては異なり、褐色土壌側では酸化的環境の下で鉄イオンを含んだ水が浸透し、鉄分が沈着したのに対し、青灰色土壌側ではそれが起きなかったものと考えられる。これは、柱の周辺部分に礫が多数入れられており、掘り込む前の土壌の状態とは状況が異なっていることに起因するであろう。すなわち、ほぼ同じ物性の土壌が埋め戻されたとはいえ、柱根周囲は水分条件としては窪地であり集水環境であったと考えられる。集まった水は不透水性の柱根内に浸透できず、柱根周囲に湛水し還元環境が生じた。地盤表層近傍の酸化的環境下では鉄イオンを含む土壌間隙水は柱根下部への浸透に伴い鉄分を沈殿させたが、還元状態の青灰色部分では鉄分は沈着しなかったと考えられる。埋没深度が地下水面下であったことが柱根残存の最大要因であろうが、こうした還元環境が柱根残存に関与している可能性も考えられることから、柱根周囲の岩石土壌の物性や柱根周囲の岩石土壌の物性や酸化還元状態のほか水分移動などの水文環境の把握も、遺跡の状態をより正確に解明することに貢献するであろう。

物理探査による建物遺構の検出－第2報－

西村康（ユネスコ・アジア文化センター奈良事務所）
赤川正秀、西村智道（大刀洗町教育委員会）

はじめに

2001年に福岡県・大刀洗町にある下高橋官遺跡を対象とした探査で、郡衙の一部を構成する正倉院の構造を復原することに成功した（図1）。また、筑後国府遺跡では政庁の中心部分である西脇殿第二堂を検出した。いずれでも、探査に採用した方法は地中レーダー探査である。そして、これら両遺跡ともに筑後平野の中に存在する。このような点から、探査によって良好な成果が得られたのは、この地域のみ固有の土壌の性質に起因するもので、他の地域では有効ではないのか、あるいは、一般的に同様の成果が期待できるのかを、検証することを目的とした実験的測定を追加した。

測定では既に特定することに成功していた南北に連なる5棟の正倉建物遺構のうち、北から2棟目の建物を対象に選んだ。土壌の物性に関する情報を得るために追加した探査の方法は磁気探査と電気探査である。これらによる探査では、1)地表面、2)表土層を除去して柱穴上面の輪郭が明らかとなった遺構面、の二つの条件で比較した。また、地表面からの測定では、先の地中レーダー探査で柱穴の検出に成功したよりも低い周波数のアンテナを用いて、比較データを得た。

1. 地表面からの探査

1-1. 地中レーダー探査 先に柱穴の検出に成功したのは400MHz（30cm 角）のアンテナであった。これと比較するために200MHz（60cm 角）アンテナによる測定を実施した。結果を見ると、個々の柱穴を区分したり存在を指摘するのは難しい（図2）。

1-2. 電気探査 RM15 Resistance Meter を用いて2極法により移動電極間隔 1.5m で、タテ、ヨコともに0.5mの格子点において測定した。この方法では、柱穴の存在を論じるほどの情報は得られず、一方向に変化する抵抗分布がみられるのみである（図3）。

図1 下高橋遺跡の検出遺構と探査結果

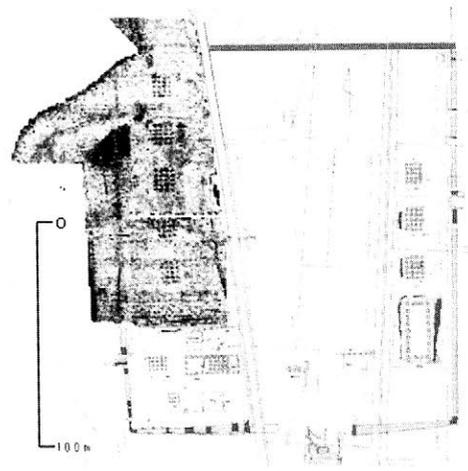
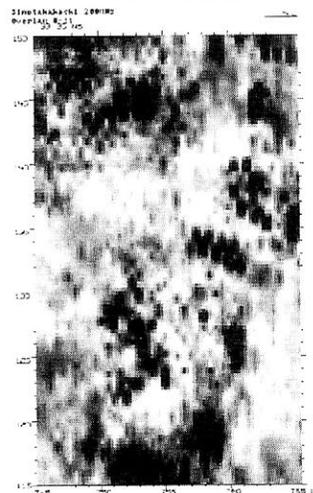


図2 地表面からの地中レーダー探査結果



1-3. 磁気探査 フラックスゲート磁力計 FM18 を用いて、やはりタテ、ヨコともに 0.5m の格子点において測定した。これでは、わずかながら柱穴を区分できそうな結果となっている。しかし、事前に存在を知らなければ、指摘することは困難である (図4)。

2. 遺構面からの探査

2-1. 電気探査 これでも同種の装置と同じ電極配列により、移動電極間隔 0.5m で測定したものである。この電気探査でも、柱穴の存在を指摘できない (図5)。

2-2. 磁気探査 地表面からの探査と同種の磁力計により、やはりタテ、ヨコともに 0.5m の格子点での測定である。この結果ではかなり明瞭に柱穴の存在を推定できる (図6)。

3. 比較検討

地表面からと遺構検出面からの測定ともに、電気探査は本遺跡にある柱穴の検出には有効でない。また、地中レーダー探査でも波長の長い低周波数のアンテナでは、柱穴は検出することができない。検出に成功した 400MHz とそうでなかった 200MHz のアンテナの差は、今後の探査において参考になるであろう。

磁気探査は以外にも良好な結果をもたらした。わが国では如何なる探査の方法でも、柱穴など土壌判別によって明らかとなる遺構を、この方法で検出した例は皆無に近い。これは、柱穴内外の土壌の差としては、この場合には、帯磁率の違いが大きく関与しており、電気抵抗の差異から区分できる要素ではないことがわかる。

4. おわりに

以上のように、本遺跡において探査によって柱穴が検出できたのは、その内外の土の帯磁率に大きな差のあったことが原因と思われる。したがって、同様の土壌地帯では、大きな柱穴程度の規模の遺構であれば、同様の成果が得られる可能性のあるといえる。今後、探査例を増やしてデータを蓄積する必要がある。

図3・4 地表面からの
電気探査 (左) と磁気探査 (右) 結果

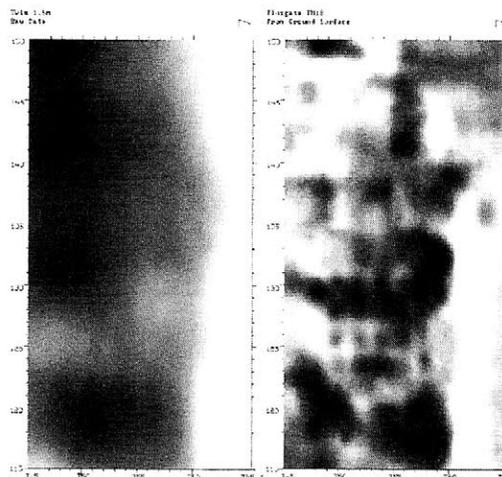
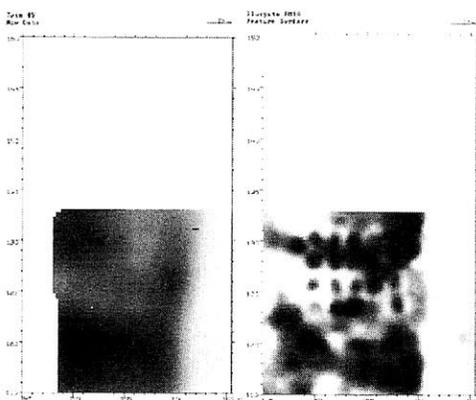


図5・6 遺構面からの
電気探査 (左) と磁気探査 (右) 結果



埋蔵文化財発掘調査用土砂搬送機の開発と利用

○中西靖人（帝塚山大学） 漆原 弘（（株）奥村組） 大黒哲也（兼松エンジニアリング（株））

1、はじめに

我々は、東京大学大学院人文社会系研究科青柳正規教授を中心に行われるイタリア共和国カンパーニア州ソルマ・ヴェスヴィアーナ市におけるローマ時代帝政初期の遺跡発掘調査に協力することを目的に、対象となる遺跡の特性を考慮しながら、安全で、軽量、多目的に利用できる発掘調査支援機器の開発を試行してきた。対象となる遺跡はヴェスビオ山の噴火による土石流で埋没しており、現地表下9m～10mに最終床面が存在することが知られている。このような状況を前提にそこから発生する土砂をスムーズに地上のある場所へ搬出する方法として、共同研究者大黒哲也が勤務する兼松エンジニアリング(株)製のスーパーモービル SM-08CV 吸引機に注目し、遺跡調査に利用するための能力の確認と、改良点の把握を目的に数度のテストを行い、実用の目途をつけることが出来たので、その概要を提示したい。

2、従来の土砂搬出方法

発掘調査において土砂の運搬・搬出は常に必要な作業であるが、我々考古学を学び、研究している者は、従来からその方法に疑問を抱かず、1輪車を利用するか、ベルトコンベアを利用している。日本の発掘調査においては、遺構が立体的に残っているケースは少ない為、従来の方法でもさほど不便を感じることはなかった。1部に沖積平野に所在する遺跡の調査で埋没深度が3mを超える場合、ベルトコンベアの設置に苦勞することがある。特に発掘面積が狭い場合は、コンベアを直角に使用するため、搬送中の土砂がジョイント部分から落下することがあり、大変危険である。また、作業員の高齢化や、女子の多い現場では7m普通仕様のコンベアで1台あたり205kgの重量が大きな負担になっている。

3、吸引機の利用と発掘調査への応用

イタリアの遺跡は、日本と異なりセメントと煉瓦、石で構築された壁と、モルタルで固められた床、大理石やモザイクで飾られた床がよく残っており、日本の様に平面的ではない。まして対象となる遺跡が9m、10mに埋没していて、壁が立っているとなれば、1輪車やベルトコンベアでは対応できない。そこで、考えた結果が吸引機の利用であった。吸引機はディーゼルエンジンのシャーシに、真空ポンプ、レシーバータンク、空気清浄装置、及び油圧装置を搭載し、自走できる仕様である。レシーバータンクは後面のハッチが開閉しタンク自身がダンプアップ出来ることから、吸引後の土砂を排出することがワンタッチ

復元竪穴住居の保存環境に関する調査研究（第1報）
（富山市北代遺跡 その1）

古川知明（富山市教育委員会）、○宮野秋彦（名古屋工業大学）

1. 調査研究の目的：関野克博士による竪穴式古代住居の復元¹⁾以来、各地の古代住居遺跡に竪穴住居の復元が試みられてきた。

近年になって、にわかにはその数が増加し、中には集落形態での復元が試みられるようになり、多数の無人状態の古代住居の維持管理が問題となっている。中でも特に湿気による被害が最も大きく、甚だしい場合は数年を待たずして建替えが必要となる場合がある。

本研究では、そのための適切な防湿対策法を探ることを主目的とし、併せて古代住居の居住性の実態を解明したいと考えている。

2. 調査対象住居と調査方法：調査対象住居は富山市北代遺跡に復元された写真1のごとき竪穴住居（復元建物6、第1号竪穴住居複製）で、幅4m、奥行3.85mの楕円形平面を持ち、床高GL-0.6mで、厚25cmの土葺き屋根を載せている。

実験期間は'02.12~'03.3.の冬季約4ヶ月で、住居の気密度および内部発熱の有無等の条件を3段階に変えた場合について、1ケースにつき約1週間程度、小型データロガーで内外温湿度を測定した。

なお、内部発熱は電気ヒーターを用いた連続通電による。

実験の概要を表1に示す。

3. 実験結果の解析：測定結果の解析は、実験開始2日以上を経た晴天の日を選んで行った。

この種の実験は、測定日ごとに温湿度変動を始め、日照、風及び気圧などに変化があり、厳密な意



写真1 測定竪穴住居

表1 実験ケース一覧

No.	日付	気密度	発熱	対策
1	12/24~12/31	1	500W	復元状態のまま
2	12/31~1/9	1	0W	
3	1/9~1/13	2	500W	入口を麻布2枚で覆う。No.7は調湿建材を周壁部分に施工。
4	1/13~1/20	2	0W	
5	1/20~2/3	2	1000W	
6	2/3~2/16	2	1000W	
7	2/16~2/21	2	1000W	入口、排煙孔をムシロで覆う
8	2/24~3/3	3	1000W	
9	3/3~3/10	3	500W	

表2 解析結果一覧

No.	気密度	発熱	$\Delta \theta$	$\Delta \phi$	Δv	η	ν
2	1	0w	0.2	18	0.67	0.31	0.18
1		500w	0.8	5	0.66	0.49	0.40
4	2	0w	-2.5	24	0.72	0.31	0.18
3		500w	-1.4	15	0.65	0.17	0.16
6		1000w	-0.7	8	0.54	0.40	0.15
7		1000w	-0.9	9	0.49	0.26	0.45
9	3	500w	-0.9	14	0.95	0.18	0.27
8		1000w	0.6	9	1.28	0.27	0.28

$\Delta \theta$ ：内外気温差（℃）、 $\Delta \phi$ ：内外相対湿度差（%）、 Δv ：内外絶対湿度差（ g/m^3 ）、 η ：内外気温の日変動較差の比、 ν ：内外相対湿度の日変動較差の比。

味では同一条件での比較は容易ではないため、長期間に亙る観察が必要であり、今回はあくまで予備実験的なものと考えている。

表2及び図1～3に解析結果を示す。実験結果を要約すると下記のごとくなる。

①同一気密度では、発熱量の増加により $\Delta\theta$ が増加（マイナスは減少またはプラスに転ず）し、 $\Delta\phi$ および Δv が減少する。

②同一発熱条件では、気密度が増すと暖房効果が向上して夜間の $\Delta\theta$ が増加するが、反対に昼間の $\Delta\theta$ はマイナス傾向が大きくなる。これは出入口を終日閉鎖状態で実験を行っているため、好天日の昼間の外気温上昇による影響が小さくなるためと考えられる。

③ η 値及び v 値には一般に外気風速の影響が大きいですが、平均的に見ると η 値は気密度の向上と共に0.4から0.2に減少し、 v 値は気密度に関係無く概ね0.3となっている。

④実験No.7のゾノトライト系けい酸カルシウム調湿建材の効果については、 $\Delta\theta$ および $\Delta\phi$ に大差はなく Δv が僅かに減少するが、今後更に検討を重ねたい。

4. むすび：次回には梅雨期及び夏季の測定結果について報告する予定である。

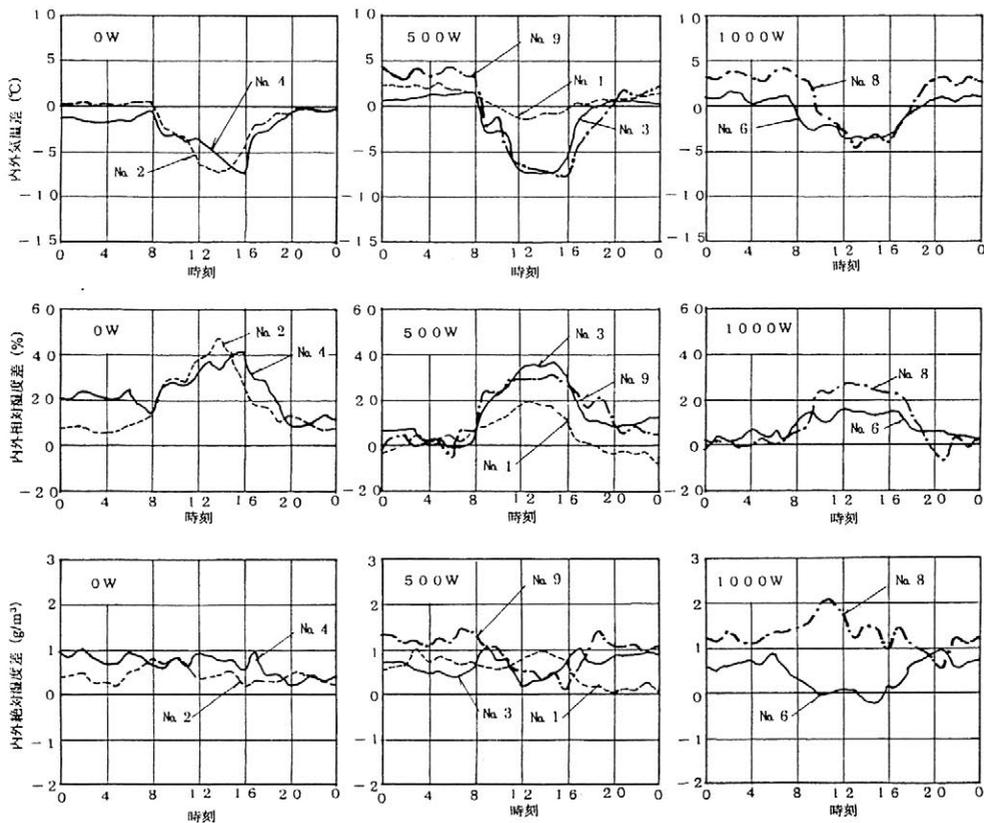


図1 晴天日の内外気温差、内外相対湿度差及び内外絶対湿度差の日変動

1) 関野克：竪穴家屋とその遺跡についての理論的考察、ミネルヴァ、1938年1月。

関野克：鉄山秘書高殿について、考古学雑誌、1938年7月。

城端町曳山会館の展示環境の経年変化について

○ 宮野則彦（日大）、高野敏克（日本インシュレーション）、嶋原徳一（同）、宮野秋彦（名工大）

1. はじめに：城端町曳山会館（富山県）は、国の重要無形文化財に指定されている城端祭の曳山などの収蔵展示施設として昭和56年（1981年）に完成し翌57年に開館した建物で、調湿建材を内装した我国最初の文化施設である。開館後10年間の環境調査結果については既に報告¹⁾したが、本報では開館以来の22年間に亘る展示室内部の温湿度環境の経年変化について報告し、この種施設の維持管理における参考とする。

2. 施設の概要について：図1のごとき鉄筋コンクリート造一部2階建て、幅員2mの廻廊を持つ四面ガラス張りの大型展示室が中心となっている。

展示室には3台の曳山、3台の庵屋台及び4基の傘鉾が収蔵展示され、5月の祭礼の折に入替が行われる。入れ替えた曳山は解体して各町内の曳山倉に収蔵される。

展示室内の相対湿度は、これらの祭具が多様な形状、寸法を持った多種類の素材により構成されていることを考慮して、概ね50～70%（理想的には55～65%）を設計目標とした。

湿度調整には、当時文化施設で頻発していた設備による瑕疵を避けるため空調設備の使用を控え、調湿建材の調湿効果によることとした。調湿建材の施工は、展示室の床、壁及び屋根スラブに木繊維セメント板厚50mmを打込み、更に展示室周壁上部及び天井下面にゾノライト系けい酸カルシウム調湿建材厚25mmを化粧ビス止めとした。

3. 測定結果と検討：図2に展示室の気温、相対湿度及び絶対湿度の経年変化を、図3には展示室内の日平均相対湿度が60%未満、70%以上及び80%以上となった月別日数の経年変化を示した。

図3より、開館から4年目までは夏季の日射による蒸れ返しが顕著に現れることが分かる。この種の建物は規模の割に開口面積が小さいため、RC躯体の乾燥が遅れ、特に完成直後の夏は本例のように連日80%を超える高湿環境となることもあり、文化財の種類によっては瑕疵の生じる恐れがあるので開館後数年間は湿度環境の推移に注意が必要である。

展示室の相対湿度は、5年目以降次第に60%付近に近づいて安定するかに見えたが、昭和63年頃より月平均相対湿度に年変動とは異なる不規則なリップル状変動が現れるようになった。調査によって、原因は熱心な管理担当者による除湿機と加湿器の交互運転によるものと判明し、これを取止めた結果、緩やかな年変動が現れ湿度環境が安定した。

ただ別に報告²⁾したごとく、開館以来20年を経過したにもかかわらず、その間全く温

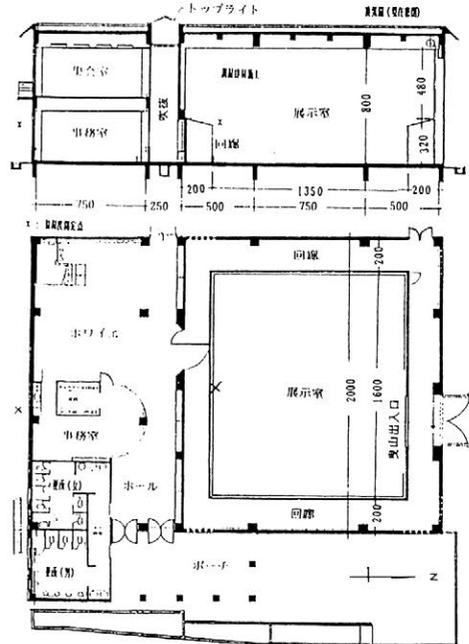


図1 城端曳山会館の概要図

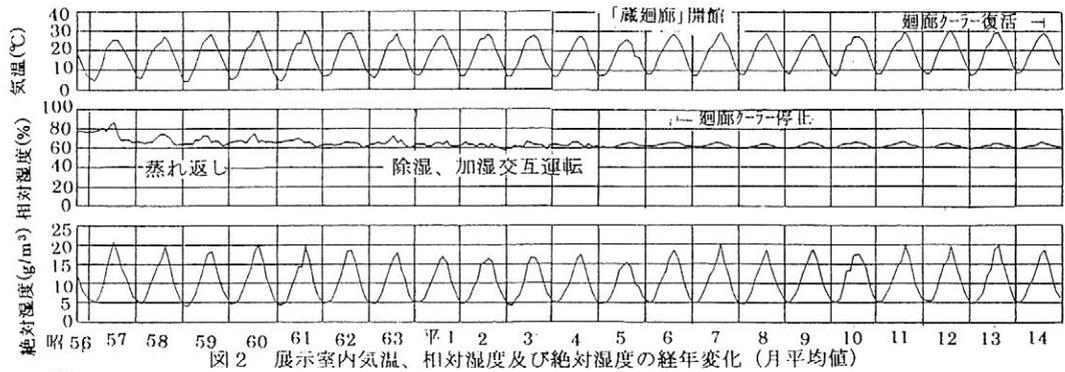


図2 展示室内気温、相対湿度及び絶対湿度の経年変化（月平均値）

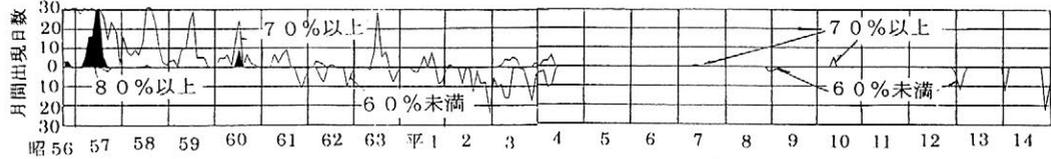


図3 展示室内の月平均相対湿度が80%以上、70%以上または60%未満となる月別日数

湿度監視用機器の更新が行われていないため、特に湿度センサの老化が進み、夏季と冬季の示度に大きな誤差を生じていることが判明した。上図の結果は1年間の測定結果に基づいて校正したものである。

なお図3において、平成12年末より冬季における相対湿度の日平均値が60%未満となる日が出現し始めているが、その原因が地球温暖化に伴う大気相対湿度の低下によるものか否かについては更に検討が必要である。

因みに、展示室の年平均気温の経年変化から算定した気温上昇率は $0.12^{\circ}\text{C}/\text{年}$ で、日本全体の上昇率 $0.01^{\circ}\text{C}/\text{年}$ に比べて極めて大きな値となっている。

図4に最近の約1年間における外気の日平均相対湿度と展示室の日平均相対湿度の相関を示す。展示室の内部湿度の年変動は概ね60~65%の範囲に収まっており、当初の設計目標を超える良好な結果が得られていることが分かる。

4. むすび：最近ややともするとこうした実態調査的な研究やその成果を軽視する傾向があるが、文化施設の建物においても他の建築物同様に、設計・計画の技法や材料・工法の技術は常に進歩、発展しており、意匠面でも時代的变化が見られるため、新しい瑕疵発生の恐れは絶えない。常に正しい実態把握が必要と考える所以である。

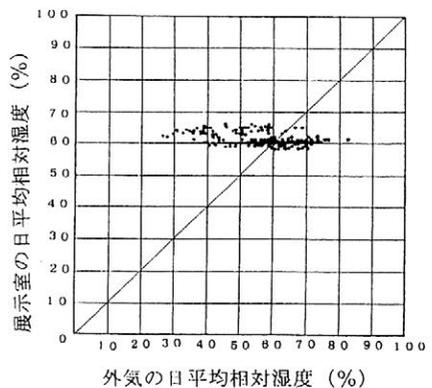


図4 外気と展示室の日平均相対湿度の相関

1)：宮野秋彦、半沢重信、新村利夫、宮野則彦：城端町曳山会館曳山展示場の内部温湿度（倉の収蔵

環境に関する研究、第48報）、日本建築学会東海支部研究報告集、第31号、1993年2月。

2)：宮野秋彦、宮野則彦、嶋原徳一、高野敏克：城端町曳山会館展示環境の20年間の推移について（続報）、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集、第4号、2003年3月。

畑遺構土壌の農耕地としての評価法に関して

○須永薫子（国立科学博物館） 坂上寛一

1. 背景および目的

これまで、かつての水田については生産性の考察が多数行われてきた。水田稲作を中心とした歴史観によってその重要性が高かったことや水田遺構の検出例が多かったこと、作物や栽培方法が限定されること等がその背景にあると考えられる。一方、かつての畑の生産性に関する研究は少ない。これは、稀な例として作物の痕跡が出土することはあるが、通常は栽培作物が限定される例が少ないこと、栽培方法が明瞭ではないこと、そして畑遺構の検出例が少ないことなどが背景にあると考えられる。また、一般に畑では連作障害が生じることから栽培作物は意図的に変更されていた可能性が高く、栽培作物は限定されていなかった可能性がある。そのため、栽培作物とは独立した方法での総合的な地力評価は水田に比べむしろ畑で重要である。畑遺構土壌の地力そのものを評価することは時代、空間を問わずそれぞれの地力を相互に比較検討することが可能である。しかしながら、埋没した畑遺構の埋没以前の地力を評価するためには、現在一般に行われている評価方法では、十分とはいえない。発表者は、これまで埋没した畑遺構土壌の土壌理化学性について検討してきた。埋没畑遺構の土壌理化学性の特徴を考慮し、埋没畑遺構をかつての農耕地として評価する項目および評価方法を検討した。

2. 評価項目の検討

作物が健全に生育するには、適度な光、温度、空気、水分、養分、障害因子のないことの6つの要因が必要である。光をのぞいた要因について、土壌は重要な役割を果たしており、こうした要因を評価することが必要である。さらに農耕地には風水害の被害を受け易い立地環境か否かという要因や耕うん等の農作業を行う場合の難易等も重要な要因である。こうした要因は、土壌の物理性、化学性および立地条件等を明らかにすることによって評価することができる。そこで総合的な評価法である生産力可能性分級（土壌保全調査事業全国協議会編、1991）の評価基準を参考に評価項目および基準を作成した。

生産力可能性分級は農林省農林水産技術会議事務局の「畑土壌の生産力に関する研究」で考案され、地力保全基本調査で用いられた分級方法である。畑の場合は11項目で評価する。項目は、養分の継続的供給に関する項目、水分の継続的供給と作物立地に関する項目、障害性に関する項目等がある。それぞれの項目は、作物生産に障害となっている部分を示す方法で評価される。

埋没畑遺構では、現在の評価方法をそのまま用いることはできないが、立地環境等多くの項目を評価することが可能である。そこで、生育環境としての土壌の化学性・物理性および立地環境について評価方法を検討した。評価項目の一覧を表1に示した。評価項目は25項目とした。各項目の評価方法は良好な状態が5、作物生産環境として障害となる場合は評価が低くなるように設定した。評価には①状況を判定する方法、②数値を0～5までに換算して表示する方法の2つの方法を用いた。埋没畑遺構では、畝の形状が明瞭に観察できる遺構やかつての地表面（旧地表面と称す）の形状が明瞭に観察できない遺構など様々である。また、評価にはかつての表土の厚さ等も重要な要因となるため、旧地表面の形状が明瞭に観察できない場合は評価を1段階下げた（表1の「旧地表面の形状による分類—あり」）。畑としての特性が現れる項目や数値が重

要な項目では数値を換算して評価した。それぞれの評価は大項目毎にグラフ化し、相互に比較が行えるように設定した。

表1 埋没畑遺構の地力評価で用いる項目

大項目	性質	評価項目	評価方法 判定、数値	旧地表面の形 状による分類	
作物生育環境の物 理性に関する評価	水分の継続的供給や 作物立地	土壌の乾湿	土地の乾湿	判定	-
		表土の厚さ	表土の厚さ	判定	あり
		有効土層の深さ	有効土層の深さ	判定	-
		耕うんの難易	耕うんの難易	判定	-
			土性	判定	-
			表土のれき含量	表土の礫含量	数値
作物生育環境の化 学性に関する評価	養分の継続的供給	自然肥沃度	保肥力	数値	-
			固定力	数値	-
			塩基状態	数値	-
			有機物量	数値	-
	養分の豊否	交換性カルシウム量	交換性カルシウム量	数値	-
			交換性マグネシウム量	数値	-
			交換性カリウム量	数値	-
			可給態リン酸量	数値	-
畑遺構の特徴	畑使用状況指標	畑遺構判定の指標	数値	-	
		施肥状況の指標	数値	-	
		使用状況の指標	数値	-	
立地環境の評価	障害性	災害	物理的障害性	判定	-
		傾斜	傾斜	判定	-
		侵食性	耐水食性	判定	あり
			耐風食性	判定	あり
		障害性	地すべりの危険度	判定	あり
			冠水の危険性	判定	あり

3. 評価および考察

(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団 関 俊明氏のご好意により群馬県吾妻郡長野原町内の 1783 年浅間山噴火に伴う泥流によって埋没した畑遺構を評価させて頂いた結果を図1に示した。

この畑遺構の特徴は、物理性に関しては礫が多く作土となる土層が薄かった。化学性については養分となる化学性は少ないが肥沃度を左右する保肥力は高い。一方立地環境に関しては評価が低く、災害を受け易い地域と考えられる。

複数の遺構を相互に比較することによって畑遺構毎の特徴を議論することができると考えられる。さらに、埋没畑遺構の評価法として適切な項目および評価基準を検討することにより適切な評価方法を作成できると考えている。

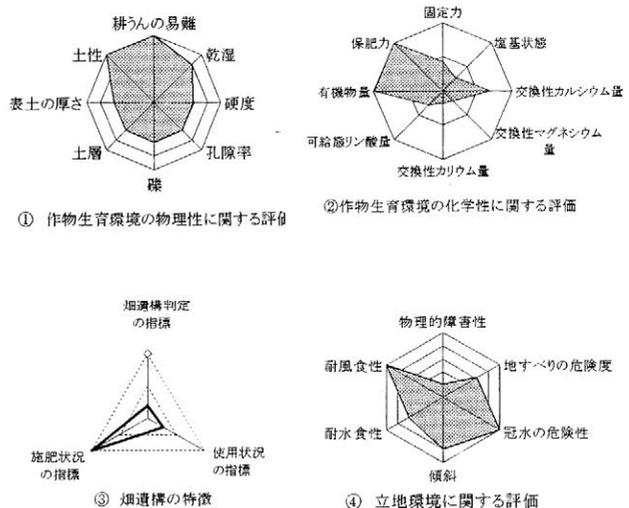
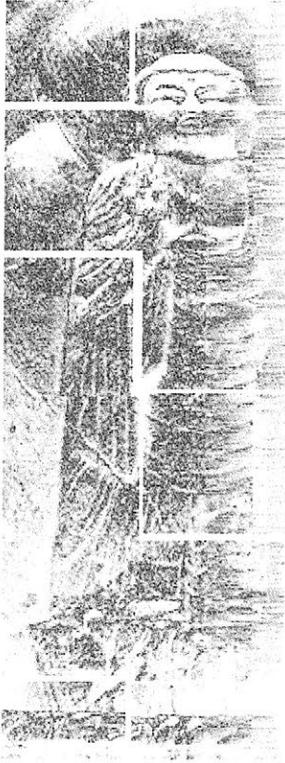


図1 評価結果

広 告



STOP

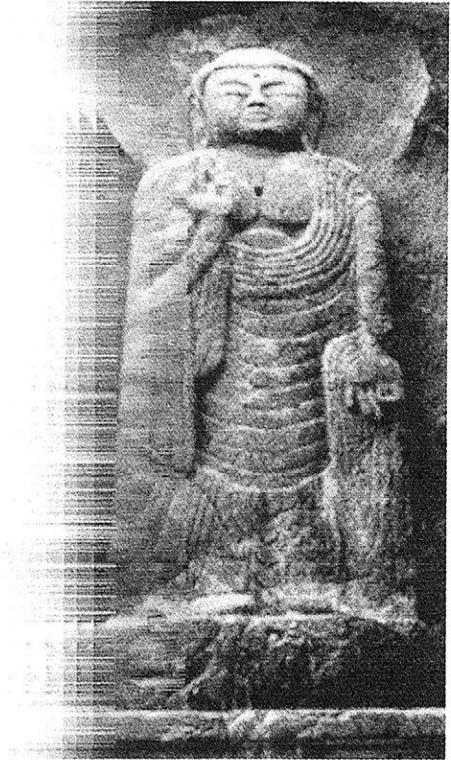
the

風化

石材強化剤
OH100

石材撥水剤
280

強化剤
OM50



TRY

the

活性

株式会社 **アクト**

本店

〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1

TEL・FAX (0595)63-8261

営業本部・倉庫

〒544-0015 大阪市生野区巽南5-9-11 森下通商ビル内

TEL (06)6796-2381

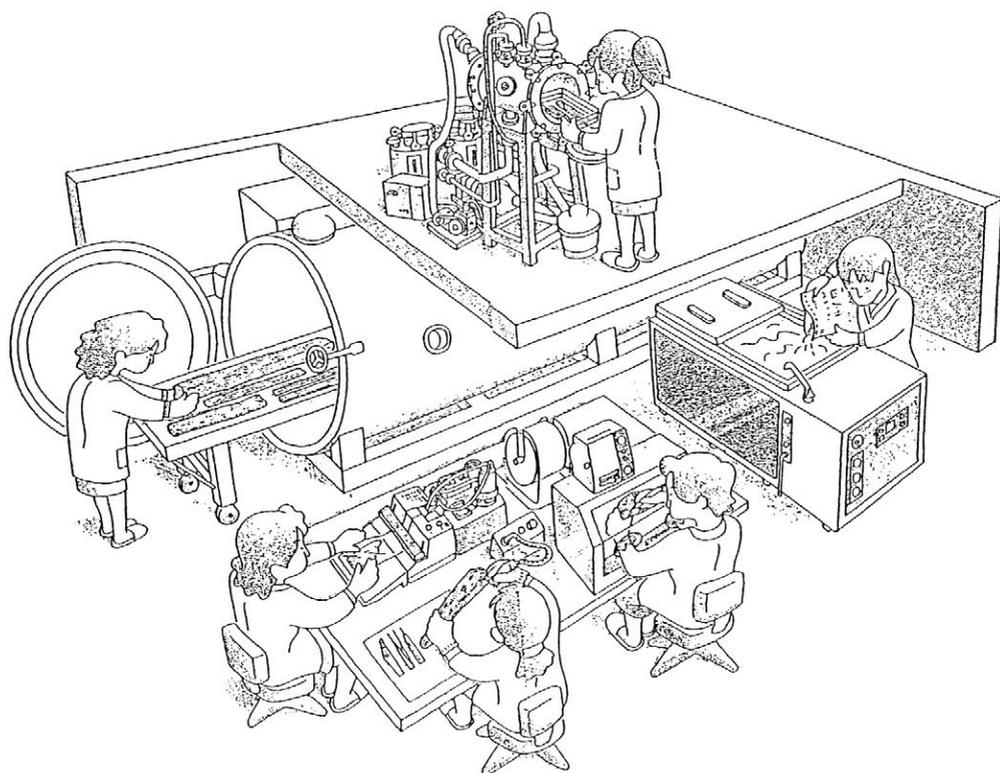
FAX (06)6794-0254

考古遺物・遺跡の保存

を

お手伝いします

- ☆木製遺物用保存処理装置（PEG 処理、真空凍結処理、その他）
- ☆金属製遺物用保存処理装置・金属用補修装置・脱塩装置
- ☆上記装置に付帯する薬品類一式・RP システム
- ☆遺構、石器、土器、瓦保存用薬品・地層保存システム
- ☆各種分析・計測装置（蛍光 X 線、軟 X 線、赤外線、三次元測定、他）



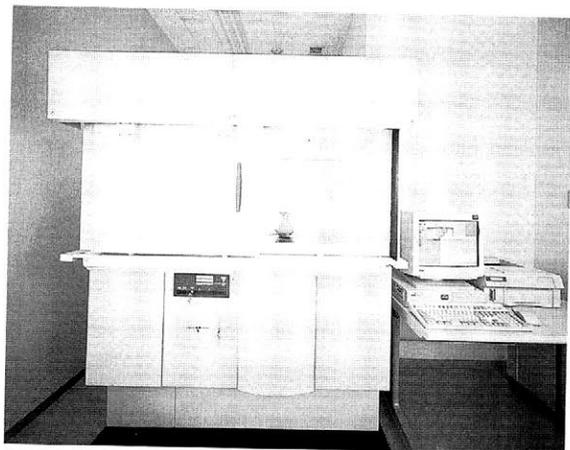
三恒商事株式会社

〒550-0013 大阪市西区新町1丁目10番2号

電話：06-6538-0571 FAX：06-6535-1292

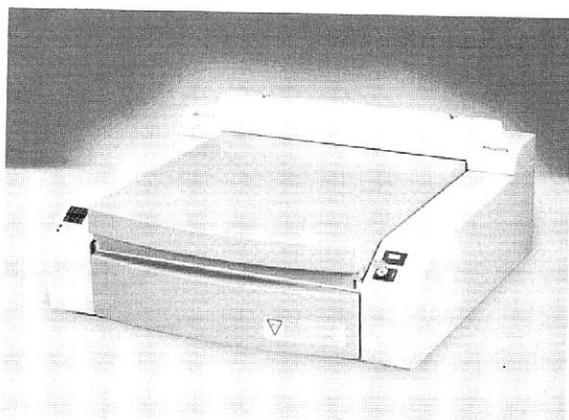
E-mail：sanko@sanko-syoji.co.jp

古代の謎を解明する鍵、 文化財など大型試料の非破壊分析も、 PANalytical(パナリティカル)が拓きます。



文化財用大型試料対応蛍光X線分析装置 MagiX SL

貴重な文化財を非破壊で分析するのはもちろん、極めて大型サイズのものまでも試料室に収納し、測定中でも試料観察をしながら、高速、高感度、高精度での定性・定量分析を可能にした、PANalyticalの自信作です。さらに、最新のテクノロジーを投入したDMCA(Dual Multi Channel Analyzer)、CPU2000の搭載により、今までに体験したことのないハイスピード分析を実感できます。また、ハードのみならず、ソフトウェアもめざましい進化を遂げています。IQ+、FP(ファンダメンタルパラメータ)Multi、UniQuantなどのソフトウェアを駆使することにより、高い操作性のみならず、ユーザフレンドリーな使用環境を実現させました。まさに、次世代を見据えたハイエンドな蛍光X線分析装置と言えます。



デスクトップタイプ エネルギー分散型蛍光X線分析装置 MiniPal 2

液体窒素が不要な、移動可能タイプEDX(エネルギー分散型蛍光X線分析装置)であるMiniPalの感度を飛躍的に向上させ、バージョンアップしました。めんどろな前処理が不要で、液体、固体、粉末も、そのまま分析が可能であるばかりでなく、軽量コンパクトかつ、低消費電力設計なので、ラボにおける分析はもちろん、移動現場での分析にも威力を発揮します。自動車のバッテリーでも使用可能な、簡単操作で軽元素から重元素までを同時測定できるEDXとして、蛍光X線分析装置の可能性を上げます。

スペクトリス株式会社 PANalytical事業部

事業部本部 〒105-0013 東京都港区 浜松町 1-7-3(第一ビル) Tel. 03-5733-9750(直通)
大阪営業所 〒532-0003 大阪府淀川区 高船5-1-18(阪城カブツセンタービル) Tel. 06-6396-8501(直通)
福岡営業所 〒105-0013 東京都港区 浜松町 1-7-3(第一ビル) Tel. 03-5733-9750(直通)
557-0223 〒811-3102 福岡県古賀市 駅東2丁目8-12-201 Tel. 092-943-1410(直通)

<http://www.philips.co.jp/panalytical/>

E-mail: ana.japan@philips.com/

Winning
by
Sharing



PANalytical

Formerly Philips Analytical

株式会社パレオ・ラボ

— 放射性炭素年代測定・微化石分析・遺物分析 —

AMS 法による放射性炭素年代測定サービス

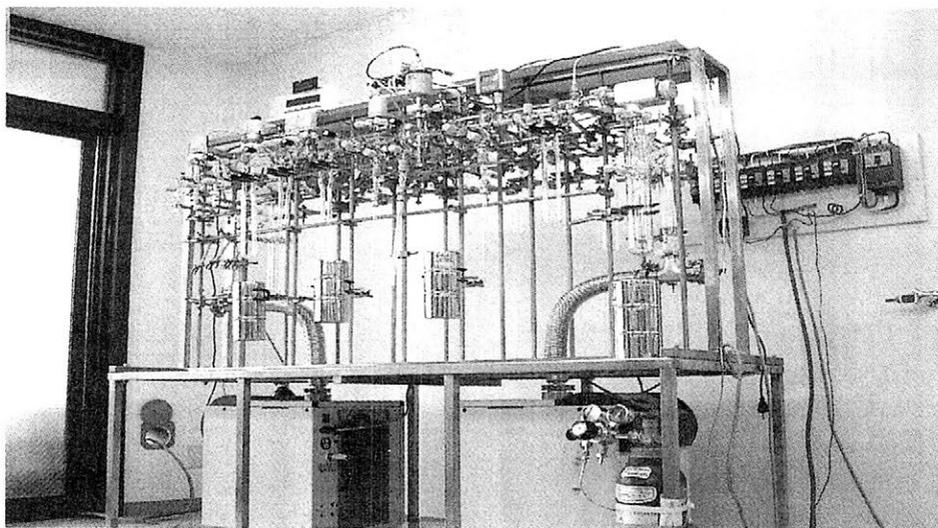
①測定料金 75,000 円/試料、通常測定(1~3ヶ月)

高品質グラファイト・ターゲット作成+測定

②最速測定 (15 日間以内)、通常料金+50,000 円

但し、コラーゲン抽出以外の試料

— AMS 法による年代測定用グラファイトを生成するための CO₂精製ライン —



本 社 〒335-0016 埼玉県戸田市下前 1-13-22 ビヨーズ戸田Ⅲ 1F

TEL 048-446-2345 FAX 048-444-7756

E-mail paleo@mbc.sphere.ne.jp

東海支店 〒501-6264 岐阜県羽島市小鰐町島 5-63 アルビアル羽島 1F

TEL 058-391-0881 FAX 058-391-8129

E-mail pal@usiwakamaru.or.jp

URL <http://www.usiwakamaru.or.jp/~pal/index.htm>



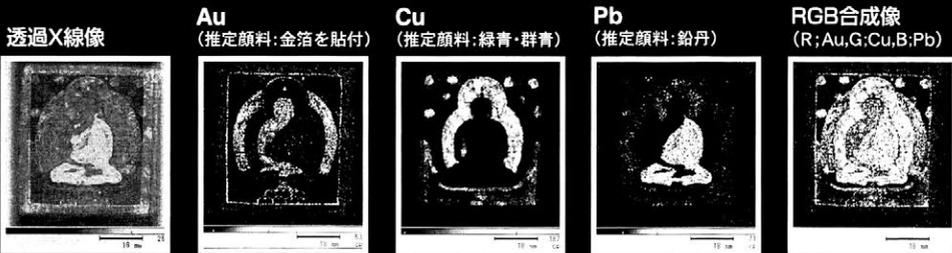
HORIBA
Explore the future

貴重な文化財を非破壊で分析

□10cmの貴重な絵画の顔料を分析(ネパール写本挿絵) 試料サイズ: 縦9.9cm×横26.5cm



【試料ご提供】 龍谷大学図書館蔵 龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター 加藤先生、江南先生

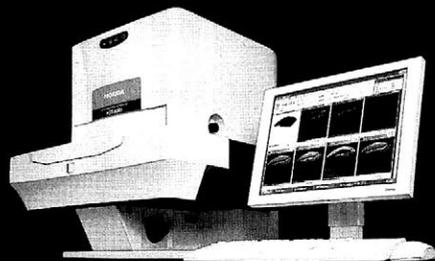


- 透過X線像から、顔料の成分や厚みによるX線透過強度の違いが確認できます。
- 蛍光X線像により紙の上に描かれた阿弥陀像の彩色用顔料が推定できます。

XGTだからできる、こんな分析

真空引きしたくないサンプルも大気雰囲気中で分析。
考古学サンプルなど、貴重なサンプルも非破壊で分析。
□100mmの広域マッピング分析。*
重塗りされた顔料などの内部元素情報の確認が可能。

※□200mmマッピング可能。(オプション)



X線分析顕微鏡 XGT-5000

HORIBA 50 years
2003年・おかげさまで50年

詳しい資料・説明は、いますぐFAXで! 資料請求FAX: 075-321-6621

株式会社堀場製作所

本社 〒601-8510 京都市南区吉祥院宮の東町2 TEL(075)313-8121

●仙台(022)308-7890 ●つくば(0298)56-0521
●東京(03)3861-8231 ●横浜(045)451-2091 ●名古屋(052)936-5781 ●大阪(06)6390-8011 ●広島(082)288-4433 ●福岡(092)472-5041

●製品の技術的なご相談をお受けします。 **カスタマーサポートセンター** フリーダイヤル 0120-37-6045

<http://www.horiba.co.jp> e-mail: info@horiba.co.jp

HORIBA GROUP

●海外事業所(18カ国) ●ABX社(仏) ●ホリバエステック社(米) ●ジョバンイボン社(仏) ●(株)エステック ●(株)コス ●(株)ホリバイテック ●(株)堀場テクノサービス ●(株)堀場製作所

脱塩処理装置

DSMシリーズ



- 1 ドアの締め付けはワンタッチの全自動
安全に開き、確実に閉じる新設計。
- 2 3つのモードがワンタッチ選択
マイコン制御でフルオート運転。
- 3 自己診断機能の装備を万全対策
操作性も重視した安全対策。

地球にやさしい薬品未使用タイプの脱塩処理装置!

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



DSM-421K

DSM-242II-K

販売元 **三ツワ理化学工業株式会社**

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

製造元 **株式会社 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

日本文化財科学会第20回大会研究発表要旨集

発行 2003年5月17日

編集 日本文化財科学会第20回大会実行委員会

事務局 島根大学総合理工学部物質科学科内

〒690-8504 松江市西川津町1060

Tel:0852-32-6398 Fax:0852-32-6409

日本文化財科学会第20回大会実行委員会

委員長 時枝克安

委員 足立克己 卜部吉博 會下和宏 角田徳幸 澤田正明

柴崎晶子 瀬古涼子 中村唯史 平野芳英 深田 浩

松本岩雄 間野大丞 村上 隆 山田康弘 渡邊貞幸

渡邊正巳

