

第二部

ポスターセッション

高森遺跡関連テフラ層のTL年代

○長友恒人¹⁾・志水英之¹⁾・宇野 稔¹⁾・山田晃弘²⁾・阿部博志³⁾・須田良平³⁾

1) 奈良教育大学 2) 宮城県教育委員会 3) 東北歴史資料館

宮城県高森旧石器遺跡はC-14法による測定限界を超える。TL法はC-14法の測定限界を超える試料に対して有効な年代測定法のひとつであり、宮城県下で発掘調査された中峰・座散乱木・馬場壇A遺跡等でもテフラ中石英を試料としてTL年代測定法が適用された。高森遺跡に関連する最近のTL年代測定の結果を紹介し、市川(1983, 1986, 1988)による測定結果も含めて、宮城県北部の指標テフラ層序(早田: 1994)と比較検討する。

高森遺跡のTL年代測定試料:

高森遺跡では高森テフラ群の最下層にあたるTm-1の直下の層から石器が出土した他、Tm-4層を挟んで石器が抜き取られている。高森テフラ群は第1層から第18層まであり、第18層の直上に縮沢火砕流堆積物がある。高森遺跡周辺のテフラ層ではTm-1、Tm-5、Tm-7の各層と縮沢火砕流堆積物がTL年代測定に適している。

縮沢火砕流堆積物のTL年代:

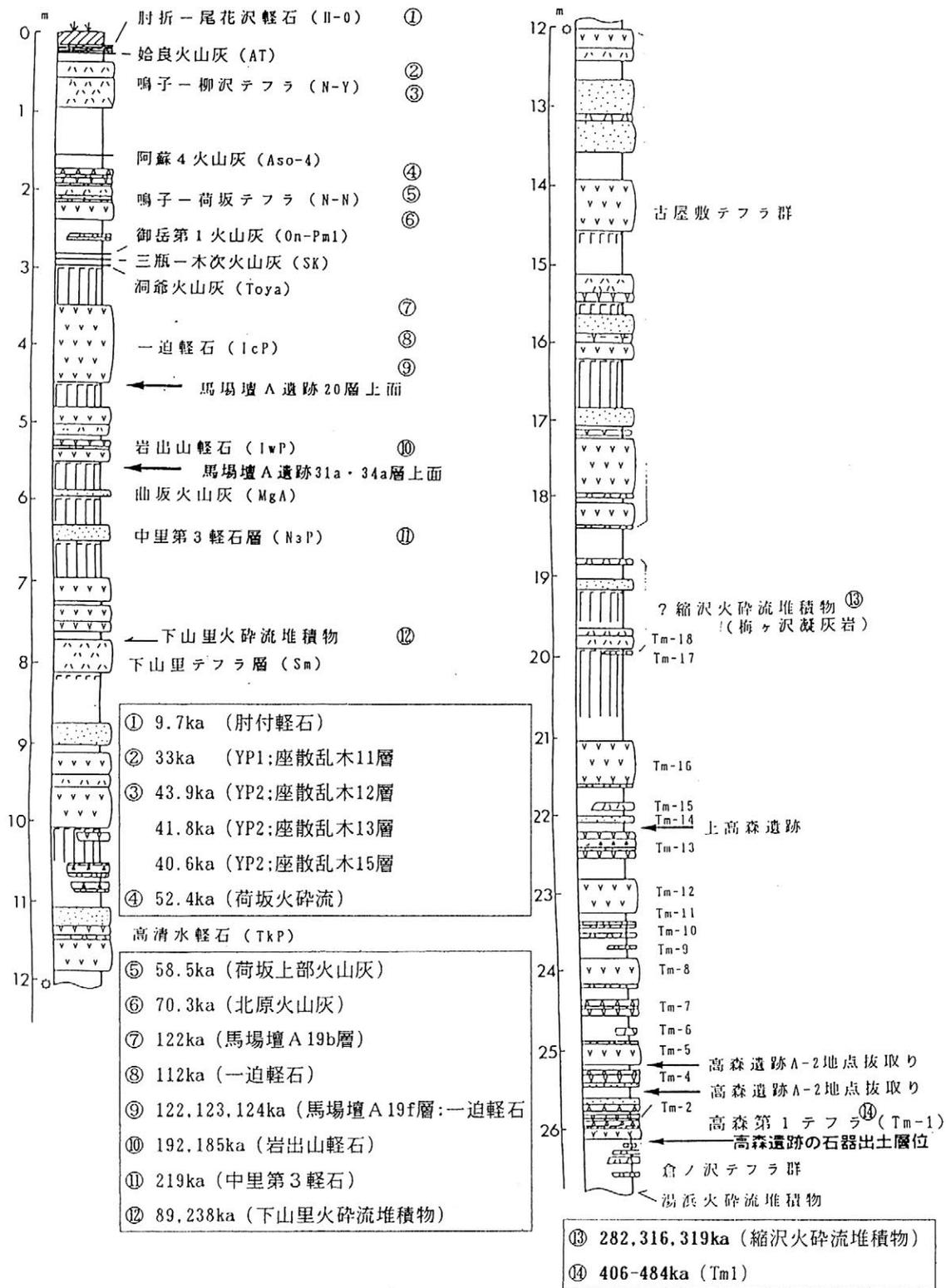
橙色、緑色、紫色の各バンドパスフィルターと700nm以上の波長をカットするフィルターを組み合わせて測定した。ピーク温度と強度の関係を見ると、345°Cのピークは橙色のルミネッセンスには明瞭にあらわれているが、緑色では肩をなす程度であり、紫色ではあらわれない。人工照射をすると、このピークは橙色も緑色も高温側に移動する傾向がある。このことは、このピークに対応する電子が単一の電子トラップに起因しない複雑さを暗示する。

高森テフラ群第1層(Tm1)のTL年代:

幅の広い(350-570nm)波長透過領域を有するフィルターを用いて測定した。TL強度の吸収線量に対する生長を詳細にみると、吸収線量200Gy付近を境にして高温TLが大きくなるが、ちょうどこの吸収線量付近で低温TLの生長が緩やかになる。このことは放射線の吸収による2つの電子捕獲過程が競争過程であることを示している。

テフラ層序との比較:

今回のTL年代値とこれまでに測定されたTL年代値を対応するテフラ層序と比較すると下山里火砕流堆積物を除いて合理的な年代値を得ている。このことは、高森旧石器遺跡の年代が50万年程度であると推定されていることに対する根拠を与えるものであるといえる。また、中峰C遺跡で石器が出土したVI層とVII層のTL年代(それぞれ14万年、37万年)に改めて注目する必要があるだろう。



宮城県北部の指標テフラ層序とTL年代 (早田: 1994を改変)

(①~⑫は市川: 1983, 1986, 1988 による)

キャピラリーガスクロマトグラフィーを用いた アミノ酸ラセミ化年代測定の迅速化

安部 巖、○柳 秀智、中原 武利（阪府大、工）

1. はじめに

生体組織中のタンパク質を構成するアミノ酸はグリシンを除き光学活性をもち、その立体配置はすべてL型である。ところが、地層中に長期間保存された化石では、時間の経過とともに、わずかずつL体からD体へとラセミ化することが知られている。アミノ酸のラセミ化速度は非常に緩慢であり、ラセミ化するまでには考古学的時間を要する。このようなラセミ化の現象を利用して、アミノ酸のD/L比から化石の年代決定が可能である。

ラセミ化年代測定法は、 ^{14}C 年代測定法と K-Ar年代測定法の適用年代のギャップを特定のアミノ酸を選ぶことですべてカバーできるという利点があり、その有用性は極めて大きい。

本研究では、とくにアミノ酸ラセミ化年代測定において測定の迅速化について検討した結果を報告する。貝殻化石中に含まれるアミノ酸をアルキルクロロフォルメート試薬で迅速誘導体化(反応時間 約20秒)し、2,3-Ac-6-TBDMS- γ -CD^{*}/OV-1701(1:4, w/w)を固定相に用いた本研究室製キャピラリーカラムを装着したガスクロマトグラフィー(GC)で光学分割し、D/L比を測定した。

2. 試料

本研究に用いた貝殻化石試料は、年代の分かっていない二枚貝化石試料Aおよび放射性炭素法により年代が既知の巻貝化石試料B(Gak-7966 ; 26,860 \pm 1,860)の二種類である。

3. 実験方法

化石試料 80~100 mg を採取し、以下の手順に従い、前処理および誘導体化を行った。

- ①0.1N 塩酸に浸して超音波洗浄(約15秒間)し、表面の不純物を除去する。
- ②氷冷しながら、3N 塩酸 1 ml で完全に溶解させた後、遠心エバポレーターで塩酸を完全に除去する。
- ③水 0.3 ml を加えて溶かし、さらにエタノール 3 ml を加え、 -20°C で1時間冷却し、タンパク質を沈殿させる。
- ④上澄み液を取り除いた後、残留物はエバポレーターで溶媒を蒸発させる。
- ⑤6.2N 塩酸 3 ml で完全に溶解させた後、 105°C で6時間加熱し、加水分解を行う。
- ⑥エーテル 3 ml \times 2、クロロホルム 3 ml で不純物を抽出除去する。
- ⑦遠心エバポレーターで塩酸を除去した後、0.3 ml の水に溶解させ、メタノール-アセトニトリル-ピリジン(2:2:1, v/v)混合溶媒 300 μl を加え、十分に振り混ぜる。
- ⑧イソプロピルクロロフォルメート 30 μl を加えて激しく振る。(反応時間 約20秒)
- ⑨エーテル 150 μl \times 2 で抽出し、これに無水硫酸ナトリウムを加え脱水し、Ar通気でエーテルを除去する。
- ⑩塩化メチレン 20 μl を加えて溶かし、1 μl をGCへ注入する。

これは遊離アミノ酸を除いたタンパク質構成アミノ酸の分析手順であり、遊離アミノ酸も含めた全アミノ酸分析の場合は、②~④の過程を省略して行う。

* : Octakis(2,3-di-O-acetyl-6-O-tert-butylidimethylsilyl)- γ -cyclodextrin

4. 実験結果

図1に試料Aの全アミノ酸、図2にタンパク質構成アミノ酸をGC分析して得られたクロマトグラムを示す。8万年までの年代に適した指標であるアスパラギン酸(Asp)のD/L比の測定結果は以下の通りである。

試料A：全アミノ酸	0.206±0.009	(相対標準偏差 4.46%)
タンパク質構成アミノ酸	0.181±0.014	(7.84%)
試料B：全アミノ酸	0.326±0.023	(7.06%)

試料Aについて、分画して分析した結果、AspのD/L比で平均0.025の違いがみられた。このことからタンパク質構成アミノ酸よりラセミ化速度の大きな遊離アミノ酸とペプチド構成アミノ酸が相当量含まれていることが分かる。もし、これらの含有量が少なく無視できる場合、全アミノ酸としてD/L比を測定しても測定値にほとんど誤差を与えない。タンパク質のみを分離するか否かの判別ができる。

試料Bについては、Aspの半減期とD/L比から求められた年代の約28,000 B.P.は、放射性炭素年代の約26,900 B.P.とよく一致した結果が得られた。

本法を用いると、従来のように誘導体化(エステル化とアシル化)に1~2時間要していたのが、約20秒間で反応が完了するという迅速化において大きな利点がある。また、アミノ酸は水相中で誘導体化されるので、前処理段階のイオン交換や水分除去の過程を省略することができ、分析時間のさらなる短縮を可能にした。

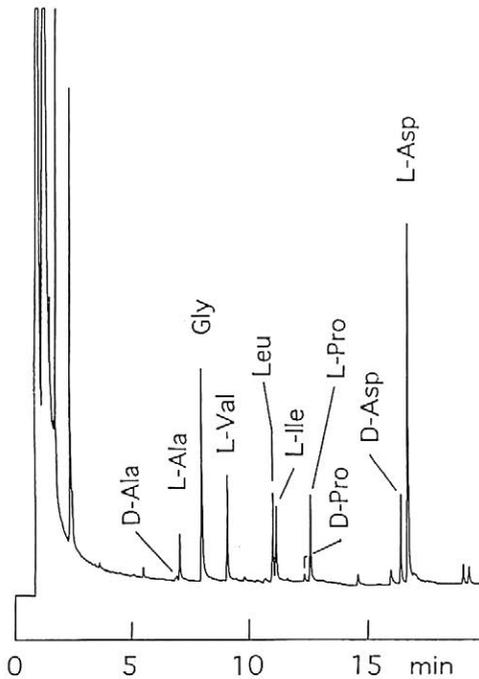


図1. 化石試料Aのガスクロマトグラム
(全アミノ酸)

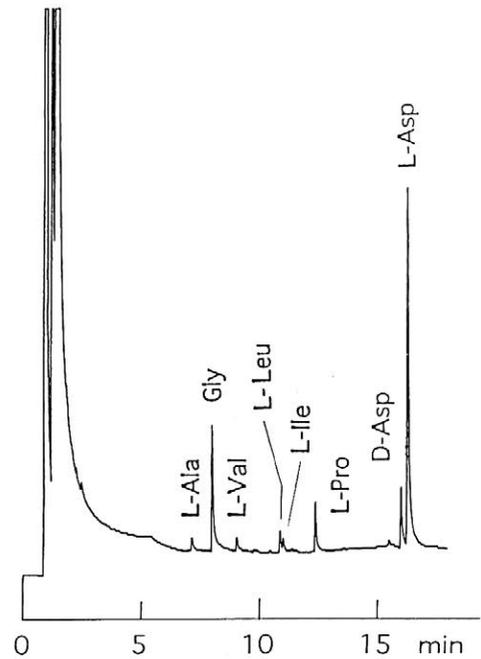


図2. 化石試料Aのガスクロマトグラム
(タンパク質構成アミノ酸)

後期完新世における環境・気候変動と農耕の変遷

○金原正明¹⁾

¹⁾天理大学附属天理参考館

1. はじめに

農耕の復元は花粉・植物珪酸体・種実の植物遺体の同定分析や遺構の検出などから行われてきたが、稲作の開始や縄文農耕など部分的な視野で研究が進められてきた傾向が強い。遺体群集の区分による時間的空間的な比較およびその変遷から、農耕の変遷の復元を行っていかねなければならず、ここではその視点で、近年に増加した遺跡の同定分析資料をまとめ、ほぼひとつのまとまりをもつとみなされる西南日本の農耕の変遷を考えた。後期完新世の環境や気候の変動の推定は、湖沼・湿原や平野部の遺跡の堆積物の分析からいくつか類推されているが、まだまだ不明な点が多い。沖積平野周辺の遺跡における堆積物の記録もある程度蓄積され、どうにか沖積層の変遷も垣間見ることができるようになったと考える。ここでは、東海地方および近畿地方の沖積層の堆積相およびその変遷が起因する環境・気候変動を考え、農耕の変遷との関連について考える。なお、時代区分において、縄文と弥生、弥生と古墳、中世などの境界はとりあつかいは、諸説あるため、従来のままか曖昧にあつかった。

2. 農耕の変遷

農耕については、古い時代のイネの存在や栽培植物の問題もあるが、明らかに生業として成り立つと推定されるものを農耕と考えた。まず、花粉分析では草本のなかでイネ科のみが卓越する群集があらわれ、水田や畑の反映とみなすことができる。弥生時代より前では、イネ科のみが優占する群集はなく、水湿地などでもカヤツリグサ科やヨモギ属などが伴われる。イネ科花粉の卓越は特に水田を反映しているとみなされ、弥生時代中期にデータが急増する。畑作要素としては、ウリ類が弥生時代から継続的にみられ、コムギやマメ類は北部九州で出土例が多い。ムギ類やマメ類は古墳時代に増加し、関東では畠遺構の検出が多く、古墳時代には畑作が多く営まれていたと推定される。平安時代前期は、東海地方の例などから低湿地の水田が開発される。10世紀以降の平安時代ではソバ属花粉が連続的に出現するデータが多く、ムギ類・ソバ・マメ類・ナス・果樹などの種実遺体が検出され、これらの畑作が盛行する。樹木花粉ではマツ属複雑管束亜属が増加しだし、平野の縁部では焼畑が行われたと推定される。ただし、単に焼き払って畑を営んだのか焼畑の形態をとっていたのか問題点は残る。奈良・平安時代は堆積物の発達が悪く、分析例が少ない。12世紀になると平野の縁部では焼畑が衰退しいわゆる常畑が営まれる。なお、これらの時期の田畑輪換や二毛作などの農耕形態は分析からはわからない。18世紀になるとアブラナ科花粉の卓越する花粉群集があり、アブラナ科

(文献から油をとるアブラナ)に示される一部畑作物の集約的栽培が行われる。他に花粉はまれにしか見いだせないが、ワタなどが栽培されている。

3. 沖積層の堆積相と環境・気候の変動

沖積平野における堆積物の発達は、おおむね3つの過程が考えられる。それは東海地方や近畿地方の沖積層の状況から、浅谷が形成され河床が低下する時期、

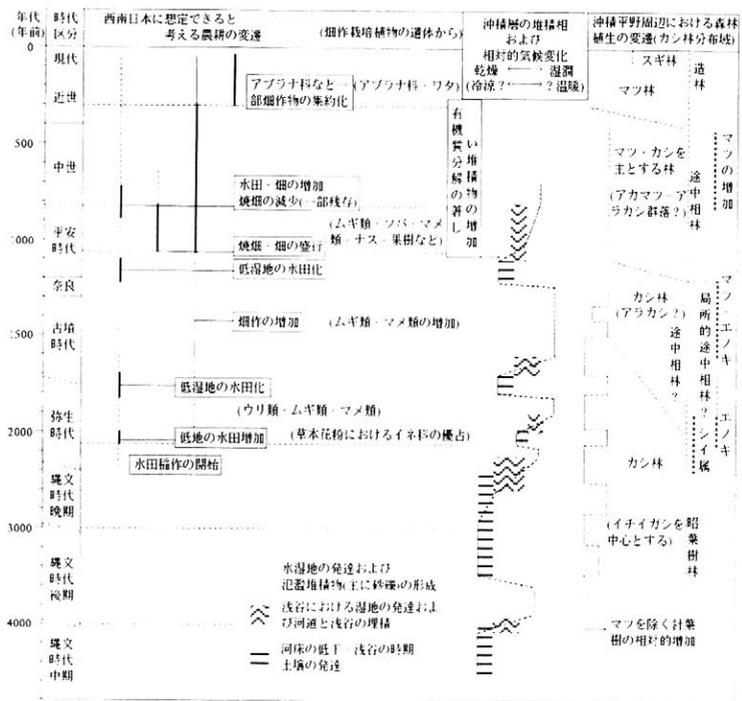


図 農耕の変遷と沖積層の堆積環境および気候変動の関連

し埋積が行われる時期、浅谷・河道の埋積が進み河床の上昇によって砂礫などの氾濫堆積物が発達する時期が設定されると考えられる。それらはそれぞれ乾燥期、湿潤化期、湿潤期とみなすことができる。ただし、これは湿潤気候下における相対的な変化としてとらえなければならないと思われる。乾燥期は、縄文時代中期後半、後期後半から晩期初頭、弥生時代中期前半、弥生時代後期末から古墳時代初頭、平安時代前期に存在していたと考えられる。乾燥・湿潤と冷涼と温暖の関係は、どうも単純には一致せず、必ずしも乾燥＝冷涼あるいは湿潤＝温暖とはならない。冷涼・温暖といっても温暖な気候下のなかでの相対的な変化であり、花粉分析からもなかなかつかめない。また、カシ林分布域では針葉樹要素の増加が示される時期があり、やや変動と一致する。

4. まとめ

水田稲作は、縄文時代晩期中葉から弥生時代前期にかけての湿潤化期の末頃に開始され、この時期の堆積環境と気候の変化が大きな要因であったと考えられる。この時期は温暖化も行われたと考えられる。低地の水田は、弥生時代中期前半・弥生時代後期末から古墳時代初頭・平安時代前期の乾燥期に増加し、畑作は古墳時代後半・平安時代中葉以降の湿潤期に盛行し、気候の変動による堆積環境の変化も農耕の盛衰の大きな要因であったと考えられる。以上今回は予察として、農耕の変遷と後期完新統の堆積相から読みとれる環境・気候の変動との関連とを考えたが、今後、各時期各地域での堆積物の資料の増加が必要である。

遺跡出土有用種実と農耕

○中村亮仁¹⁾・金原正明²⁾

¹⁾ 古環境研究所

²⁾ 天理大学附属天理参考館

1. はじめに

植物遺体の分析は、分析の種類によって反映されにくい植物が存在する。特に畑作の栽培植物は、虫媒花植物がほとんどでありまた植物珪酸体ももたない植物が多いため、花粉や植物珪酸体の分析からはソバ属・アブラナ科・ムギ類・雑穀類などの限られた植物しか分析されない。種実同定では多くの栽培植物が検出でき、より具体的に栽培植物および農耕の復元を行うことが可能である。ここでは、近年に同定分析を行った代表的な遺跡の種実遺体群集の中から栽培植物について検討し、畑作を主とした農耕について考える。なお、長崎県教育委員会・福岡市教育委員会・信楽町教育委員会・岩手県教育委員会・橿原考古学研究所からは、同定分析の機会をいただいた。

2. 各遺跡における結果と推定される農耕

種実同定のデータの抽出は、水洗選別および現地でも出土し取り上げられた種実を肉眼および実体顕微鏡下で観察して、同定計数を行った。表には栽培植物の多さを示した。

原の辻遺跡（弥生時代前～中期、溝）では樹木34、樹木と草本を含む1、草本26の計61分類群が検出された。このうち、イネ・コムギ・マメ類・ウリ類などは栽培植物であり、キカラスウリも茎塊から澱粉が採れ栽培されていた可能性がある。また、カヤ・ツルコウゾ・マタタビ属・ブドウ属などの種実は食用となる。

鴻臚館跡（8世紀、便所遺構）では樹木11、草本9の計20分類群が検出され、このうち、15分類群が食用となる植物である。検出量の多いゴマ・エゴマ・ナス・ウリ類などは栽培される畑作物で、他に外来植物のナツメや、寒冷な地方に自生し遺跡周辺に分布しないチョウセンゴヨウが検出された。なお、多くの種実はや用として用いられた可能性を考える必要がある。

宮町遺跡（8世紀、溝）では樹木21、草本8の計29分類群が検出され、このうち、18分類群が食用となる植物である。ウリ類は最も多く、他にモモ・ナツメ・エゴマ・ナス・ヒョウタン類・トウガンなどの多彩な栽培植物が検出された。サンショウ・ヤマモモ・オニグルミ・クリ・ムベ・スモモ・キイチゴ属なども種実が食用になる。

柳之御所跡（12世紀、便所遺構）では樹木5、草本20の計25分類群が検出され、このうち14分類群が食用となる植物である。ナス・キイチゴ属・アカザ属・ヒユ属が最も多く、エゴマ・ウリ類・サルナシ・マタタビが続く。ナス・エゴマ・ウリ類などは明かな栽培植物であり、サルナシ・マタタビ・キイチゴ属などは山野などに生え、採集された種実と考えられる。また、多量に検出したヒユ属は文献に果実花序が腹痛などの薬としての処方があり、薬用と考えられる。

筈尾遺跡（12・13世紀、井戸）では、クワ属・ツルコウゾ・オオムギ・ソバ・ナス・

ウリ類が最も多く、モモ・ナシ・ウルシ属が続く。他にウメ・カキノキ属・コムギなどが検出されている。農耕遺跡でもあり、これらの畑作が行われていたと考えられる。

3. まとめ

弥生時代前～中期の原の辻遺跡では、コムギ・マメ類・ウリ類などの畑作要素が検出され、稲作に加え、これらの畑作が行われていたと推定される。8世紀の鴻臚館跡の便所遺構と宮町遺跡の溝ではウリ類・ナス・エゴマなどの畑作物の傾向が類似する。ナツメなどの薬用とみなされる果樹もあり、上之宮遺跡（6・7世紀）の例も考慮すると、7・8世紀には、通常の畑に加え樹園地も成立していたと考えられる。柳之御所跡や箸尾遺跡では、オオムギ・コムギ・ソバ・ウリ類・ゴボウに加え、ナシ・カキノキ属・クワ属・ツルコウゾなどの種実が検出され中世の畑・樹園地とその要素が多彩であったことが示唆される。また、柳之御所の便所遺構では、ヒユ属が薬用として用いられていたと考えられる。

これらの弥生時代から中世の各遺跡を通じて、ヤマモモ・キイチゴ属・サルナシ・マタタビなどの山野から採集された種実類も多く検出され、各時期を通してよく利用されていたとみなされる。

種実同定は多くの栽培植物が同定できるため、特に畑作のより具体的な推定を行うことが可能である。そして、今後、時期的、地域的にデータを集積することによって、農耕形態などの農耕文化の変遷を明らかにすることが可能である。

和名	出土部位	弥生前～中期	8世紀		12世紀	
		原の辻遺跡	鴻臚館跡	宮町遺跡	柳之御所跡	箸尾遺跡
ナシ	果実					●
	種子					●●
ウメ	核					●●
モモ	核			●		●●●
ナツメ	核		●	●		
栽	カキノキ属		●			●
	イネ			●		
培	果実(炭化)	●			●	●
	種		●			
植	果実(炭化)				●	
	果実(炭化)	●				●●
物	オオムギ					●●●
	アサ					●
ソバ	果実					●●●
マメ類(アズキ?)	種子(炭化)	●				
マメ類A・B	種子(炭化)					●
エゴマ	果実		●	●	●●	
ナス	種子		●●●	●	●●●	●●●
ゴマ	種子		●		●	
ヒョウタン類	種子	●		●		●
トウガン	種子			●●		●●
ウリ類	種子	●	●●●	●●●	●●	●●●
ゴボウ	果実					●
クワ属(ヤマグワ)	種子	●	●	●	●	●●●
栽	ツルコウゾ	●●				●●●
培	スモモ	●	●	●		●
植物	ウルシ属					●●
	アカザ属	●			●●●	
?	ヒユ属				●●●	
シソ属	果実				●	
キカラスウリ	種子	●●				
カヤ	種子	●●		●		
イヌガヤ	種子	●				
チヨウセンゴヨウ	種子		●			
ヤマモモ	核	●	●	●		
オニグルミ	核			●		
野	シイ属	●				
	クリ	●		●		
生	ムクノキ	●				
	ヒメコウゾ	●				
植	ムベ	●		●		
	キイチゴ属	●	●	●	●●●	
物	サクラ属サクラ節	●				
	サンショウ	●	●	●●		●
ブドウ属	種子	●		●●●		●
マタタビ	種子				●●	
サルナシ	種子				●●	
シマサルナシ	種子	●	●●			
サルナシ属	種子	●				
グミ属	核				●	
ガマズミ属	核		●			
ヒシ	果実(破片)	●				

表 各遺跡における有用種実

縄文から江戸時代にかけての遺跡より出土したヒョウタン仲間の遺体

藤下典之 元・大阪府立大学農学部

1995年4月現在、ヒョウタン仲間の種子出土遺跡数は、縄文時代8、弥生時代41、古墳時代34、奈良・平安時代21、中世10、江戸時代1、複合・不詳14の合計129遺跡にのぼる。それら遺跡の分布（図1）は、南九州、北海道を除く2府29県におよび、溝または井戸からの出土が多い。成熟種子は皮が堅いためによく遺存し、大きいので発掘されやすいという事情もあって、栽培植物の中ではイネ、モモ、メロン仲間とともに、出土遺跡数も出土種子数もきわだって多い。成熟果も皮が厚く堅いのでよく残り、丸ごとの果実（完形果、23遺跡から合計46果）や果皮片が出土している。

種子：同じ遺跡・遺構の同時代の出土種子でも、大きさにはメロン仲間同様に幅広い変異がみられ、用途の違う種類（変種果実）の種子の混在や、遺伝的雑ばく性が推測された。一方、遺跡ごとに無作為抽出した100粒の大きさの平均値をみると、時代が進むにつれて明らかに大きくなっていった。しかし、ほとんどの種子（特に縄文）が現生の栽培種に比べて非常に小さく、ナイジェリア（アフリカ）の野生種、栽培種の中で種子、果実とも特に小さいセンナリヒョウタン、タイのアカ族の装身具用ヒョウタンに近いかまたはそれらより小さかった。現生の種子では、その大きさと果実の大きさや形との間、あるいは用途との間に規則性がないので、出土種子からヒョウタンの種類や用途を推定することはできない。成熟種子以外に未熟または不受精に起因する‘しいな’（empty seed）が多数出土している遺跡もあった。

果実（果皮）：完形果には球型、偏球型、ギボシ型、フラスコ型（長・短）が多く、洋梨（ナス）型や果実の中ほどがくびれたヒョウタン型がまれに出土した。各型とも大きさはいろいろで、ソフトボール大の球型、直径が20cmくらいのギボシ型、縦に2分すればそのまま柄杓になる縦径30cm弱の首長フラスコ型などがあつた。46果中ヒョウタン型は園芸が庶民の間で発達した江戸時代の古留遺跡の一果のみで、瓢型の土器、陶磁器はヒョウタンを模倣したものとする説は、古代の日本では当てはまらない。

ヒョウタンの古代日本における利用方法には、祭祀儀礼用、食用（種子、苦味のない種類の未熟果）、柄杓、椀、容器、楽器、海女の浮きなどの民具用があつたと考えられる。縄文早期の粟津湖底（9,600±110Y. B P）・鳥浜、前期の曾畑・大坪・三内丸山など熊本から青森に至る遺跡で出土があつたことから、日本への渡来は、栽培植物の中では最も古いものの一つであるが、その発源地はまだわからない。これらの縄

文遺跡が比較的海浜に近い場所にある、出土遺体数が少ない、未熟種子が出土していないことなどから、現場に近い土地での縄文農耕との直結は早計であり、海流や人間に伴う漂着、持ち込みも軽視できない。現生の種子でもヒョウタン、ユウガオ、センナリヒョウタンなどの変種の識別は不可能であるから、総称としてヒョウタン仲間と表現した。

- A : 粟津湖底 (早期)、B : 鳥浜 (早期)、
 C : 曾畑 (前期)、D : 大坪 (前期)、E : 三内丸山 (前期)
 F : 四箇 (後期)、G : 菜畑 (晩期)、H : 板付 (晩期)

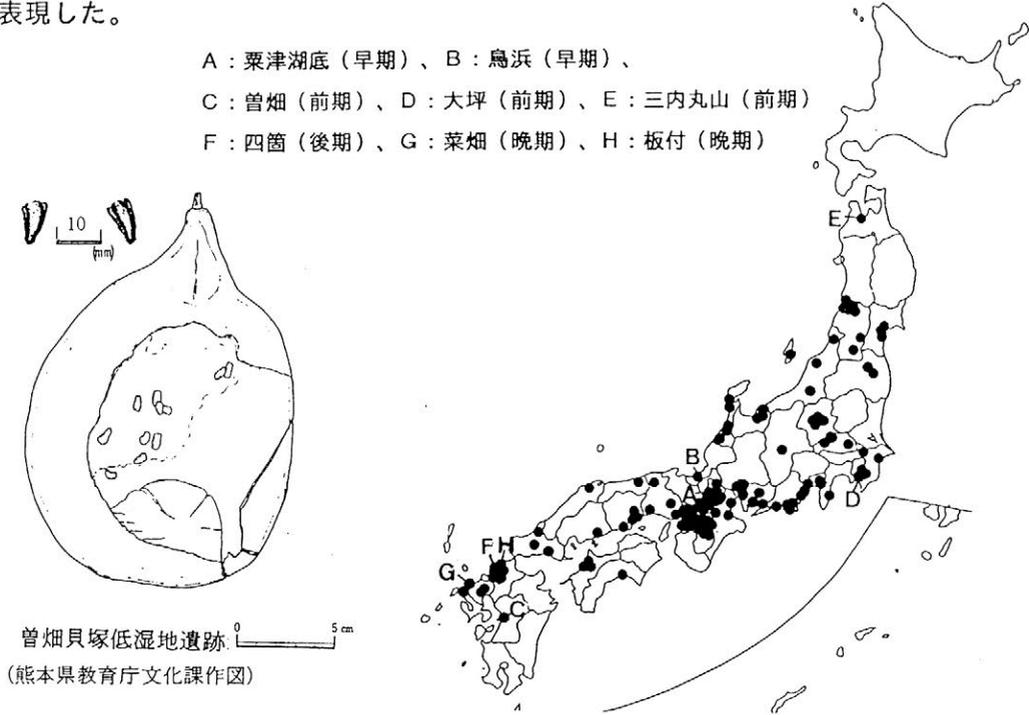


図1 ヒョウタン仲間の種子出土遺跡の分布、A～H：縄文時代

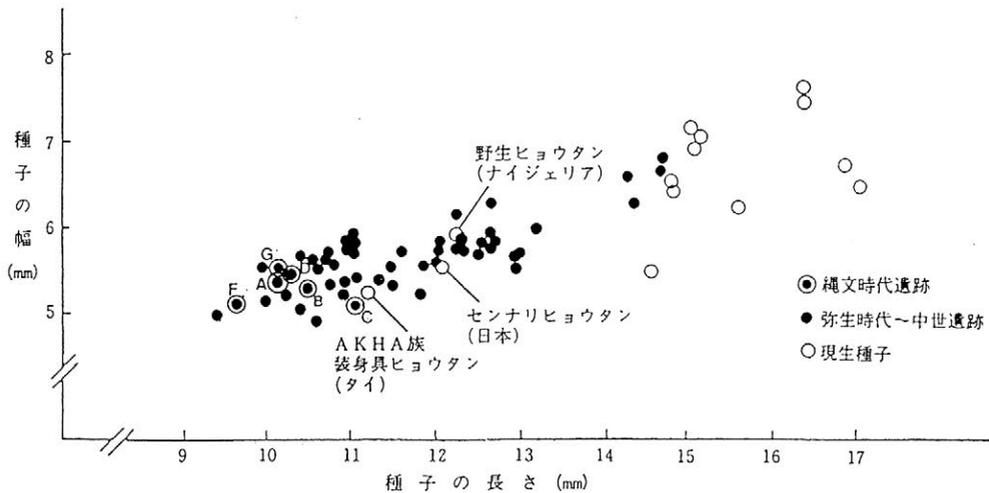


図2 出土遺跡別にみたヒョウタン仲間の種子の大きさ

遺跡または品種・系統（現生）ごとの長さ（mm）と幅（mm）の平均値を示した

- A : 粟津湖底 (早期)、B : 鳥浜 (早期)、C : 曾畑 (前期)
 D : 大坪 (前期)、F : 四箇 (後期)、G : 菜畑 (晩期)

水田雑草の植物珪酸体の形態と その化石層位分布

江口 誠一（大阪市大・理・人類紀自然）

1. はじめに

水田稲作農耕が行われた初期における生態系は画期の段階にあり、物質循環システムの変化は顕著であった。その中での水田雑草の適応戦略は、生態系レベルでの人類とイネの関係を解明する上で重要である。従来、その議論は熟しておらず化石の出現傾向による植生変遷を示すに留まっている。また、それらは花粉化石や大型植物遺体のデータによるもののみで植物珪酸体化石ではなされていない。それぞれ形成過程の異なる複数の化石群のデータを総合的に考察することは植生史をあむ上で有効であり、さらに詳細な化石形態観察は古生態学に大きく貢献するであろう。

本研究では水田雑草の植物珪酸体の分類群を設定し、その形態を記載した。それらを過去および現生の堆積物に適用し、イネ型植物珪酸体化石の層位分布との比較から水田雑草化石の意義を検討した。

2. 調査地域と方法

水田雑草はタイヌビエとコブナグサを対象とした。これらは比較的植物珪酸体形態が特徴的で、水田において頻りに観察されることから選定した。プレパラート標本は、植物葉身の中央部よりやや先端部の0.5cm分をマッフル炉で灰化して抽出し、オイキットを封入剤として作成した。

堆積物の採取地は、埼玉県三郷市、神奈川県池子遺跡、東京都中野区南於林遺跡、千葉県国分谷で、三郷市においては表層堆積物も採取した。試料はH₂O処理・HCl処理・超音波処理・沈降法の順で処理し、植物珪酸体を抽出後、オイキットを封入としてプレパラートを作成した。

3. 結果と考察

現生植物標本の観察結果から、水田雑草の植物珪酸体分類群はヒエ属型とコブナグサ型を設定した。ヒエ属型は、タイヌビエの形態的特徴が種ではなく属レベルで観察されたことによる。コブナグサ型は、日本で生育する同属が1種のみでかつ他属と比べ特有な形態を呈することによる。

堆積物への適用の結果、多くの試料に関しイネ型とヒエ属型、コブナグサ型が出現を共にし、水田植生の復元において植物珪酸体化石の有効性が示唆された（図1～4）。しかし池子遺跡No.5地区水田跡1地点のコブナグサ型、2地点のヒエ属型（図3）などの若干の例外も見受けられた。これらの解釈として、同属別種植物の生育、遠方の水田からの運搬、水田雑草という戦略を獲得する以前の化石であるなどが挙げられる。とくに3点目は今後の化石および現生植物珪酸体の観察方法如何によっては歴史生物地理学の分野においても大きく貢献する課題への糸口となり得ると考えられる。

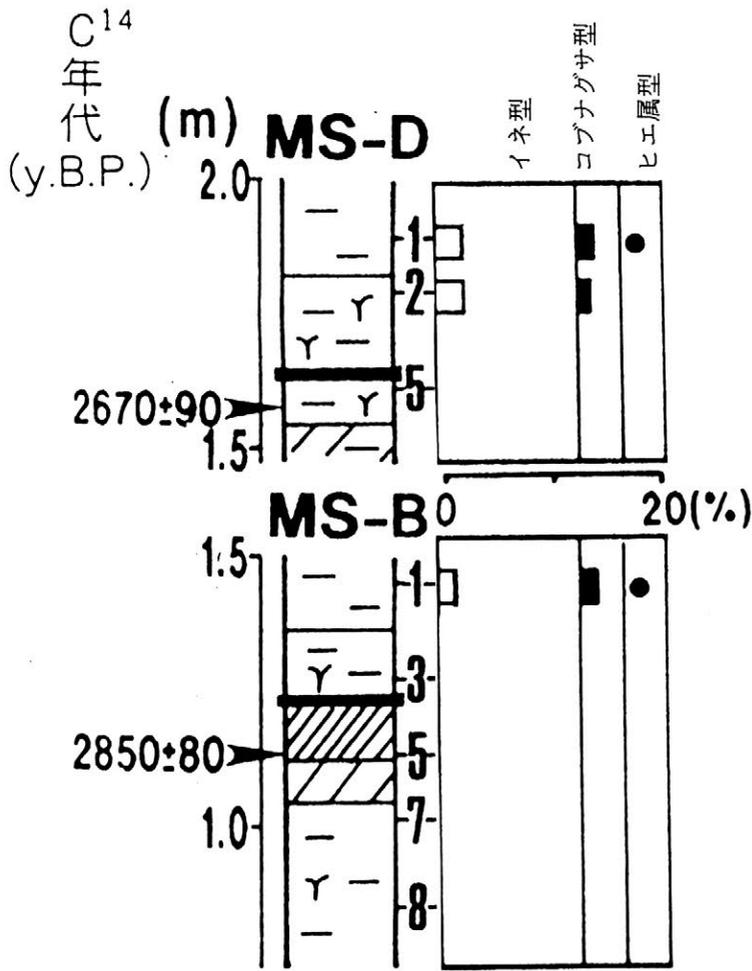


図1 三郷市B・C地点の植物珪酸体化石群 (●<1%)
(江口, 1992: 183)

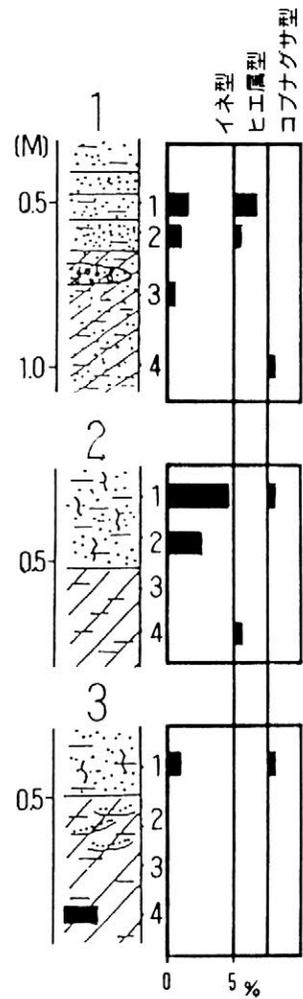


図3 池子遺跡No.5地区水田跡の植物珪酸体化石群

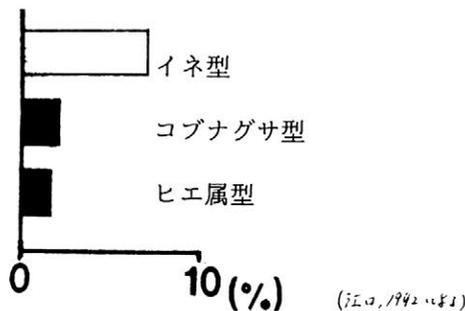


図2 三郷市B地点表層堆積物中の植物珪酸体化石群

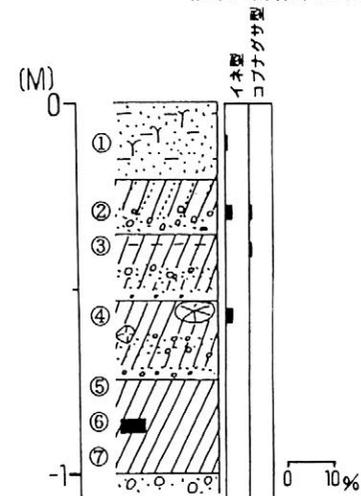


図4 池子遺跡No.1A地区Bsec.の植物珪酸体化石群

北橋村田ノ保遺跡の古環境復元（1）

○長谷川福次¹⁾・高橋 敦²⁾

1)北橋村教育委員会

2)パリーノサーヴェイ（株）

1 はじめに

遺跡の古環境を復元する試みとして、花粉分析、プラントオパール分析、珪藻分析など様々な方法でアプローチされている。低湿地遺跡である田ノ保遺跡から泥流堆積層が2層確認され、それぞれの直下より植物、昆虫遺体が多く発見された。

今回の分析は縄文後期と考えられる泥流層下自然木資料であり、これらは周辺の樹木が押し流され埋もれたもので、建築部材と異なり人為的な樹種の選択はなく周辺環境をよく反映していると考えられる。

2 遺跡の概要

群馬県勢多郡北橋村田ノ保遺跡の発掘調査は、県道バイパス工事に伴うもので、北橋村教育委員会（担当 長谷川）により、1994年 1月から1995年 3月の間実施された。東川に開析された谷沿いの低湿地遺跡で、古墳時代後期の水田が2面、縄文時代後期の集石遺構、低湿地面が確認された。今回の資料の検出は最も北のA調査区からである。

3 試料

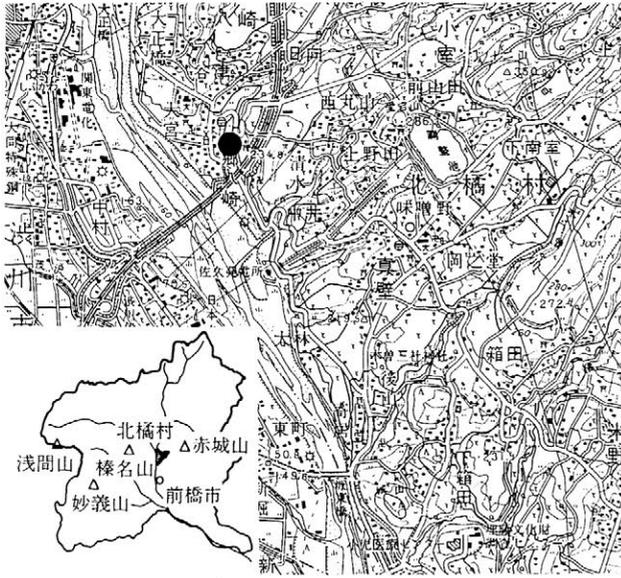
出土した自然木180点（No.1～180）である。

4 樹種同定結果

自然木には、針葉樹1種類（トウヒ属）、広葉樹20種類（オニグルミ・ハンノキ属・クマシデ属・ブナ属・コナラ属コナラ亜属コナラ節・クリ・エノキ属・ヤマグワ・コウゾ属・モクレン属・マタタビ属・サクラ属・ナナカマド属・イヌエンジュ属・キハダ・ヌルデ・カエデ属・タラノキ・クマヤナギ属・トネリコ属）が確認され、コナラ節・ヤマグワ・キハダが多く認められる。また、クリ・エノキ属・ヤマグワ・モクレン属・カエデ属・トネリコ属では、幹材の他に根材も確認された。

木材化石群集は、遺跡周辺の地形や、少ないながら根材が認められること等から、比較的遺跡周辺の植生を反映していると推定される。同定された樹種は、トウヒ属を除いて全て落葉広葉樹で、高木となる種類が多い。また、これらの種類には、現在の河畔林や溪谷林を構成する種類が多く、田ノ保遺跡周辺の谷沿いにはコナラ節やヤマグワを主とする豊富な種類構成の落葉広葉樹林が分布していたと考えられる。

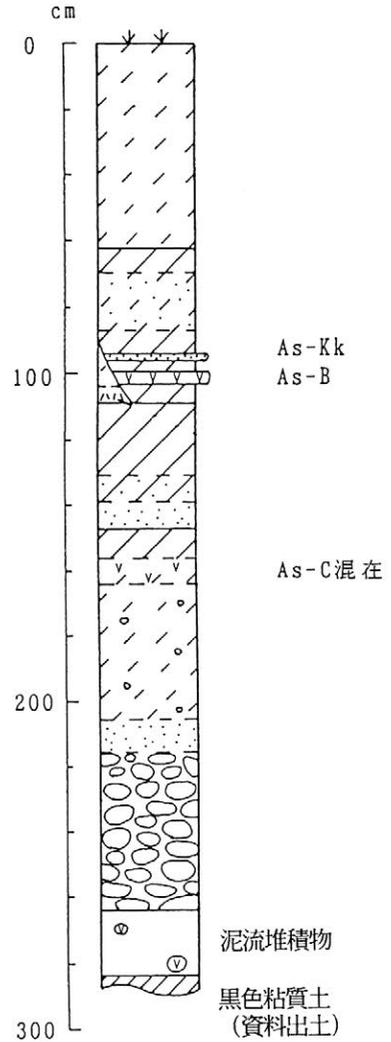
これらの樹種構成は、本遺跡の南東約3kmに位置する芝山遺跡で得られた縄文時代の建築部材や種実の同定結果とも調和的であり、縄文時代の人々がこれらの森林資源から木材や食料を得ていたことが推定される。



遺跡位置図 (1/50,000)



田ノ保遺跡縄文後期泥流層下面



田ノ保遺跡A区東壁の土層柱状図
早田 勉氏 1994年による

表1 樹種同定結果

樹種名	同定点数		樹種名	同定点数	
	幹材	根材		幹材	根材
トウヒ属	1		サクラ属	3	
オニグルミ	5		ナナカマド属	2	
ハンノキ属	6		イヌエンジュ属	2	
クマシデ属	6		キハダ	2	1
ブナ属	1	1	ヌルデ	1	
コナラ属コナラ亜属コナラ節	3	4	カエデ属	1	2
クリ	2	1	タラノキ	2	2
エノキ属	4	1	クマヤナギ属	4	
ヤマグワ	2	3	トネリコ属	1	5
コウソノ属	2		広葉樹(環孔材)	4	4
モクレン属	1	1	広葉樹(散孔材)	2	2
マタタビ属	1		広葉樹(樹皮)	2	

鹿児島県吾平町原口岡遺跡におけるアカホヤ噴火時の液状化跡

成尾英仁¹⁾・弥栄久志²⁾・川崎重治³⁾

1) 鹿児島県立串木野高等学校 2) 鹿児島県立埋蔵文化財センター

3) 吾平町教育委員会

1. はじめに

アカホヤは鬼界カルデラから約6400年前に噴出した火砕物質で、南九州では降下軽石／火砕流／火山灰の順に堆積する。

アカホヤ噴火は南九州で貝殻文円筒土器を中心とする文化が最盛期を迎える時期に発生し、アカホヤ噴火以降は急速に衰えることから噴火の影響があったと考えられている。これまでにアカホヤ噴火の経過はある程度判明しているが、噴出物が自然や文化にどのようなダメージを与えたか、具体的には明らかにされていない。

本発表ではアカホヤ噴火が自然や文化に与えた影響を考察する基礎的データとして、吾平町原口岡遺跡のアカホヤ噴出に関連すると思われる液状化跡について報告し、鹿児島県内各地で見られる同時期と推定される液状化跡についても触れる。

2. 遺跡の位置と層序

吾平町は大隅半島のほぼ中央部にあり（図－1）、遺跡は河川により分断され平野部に孤立して分布するいわゆるシラス台地上にある。遺跡の層序は図－2のようで、始良カルデラ形成に関係する大隅降下軽石や入戸火砕流堆積物（シラス）が厚く、その上に二次堆積物（二次シラス）が数mの厚さで堆積し、さらにロームや桜島起源の薩摩、アカホヤ、池田カルデラ起源の池田降下軽石・池田湖火山灰が堆積し、最上部に開聞岳噴出物が堆積する。アカホヤは主にガラス質火山灰（K-Ah）からなり、厚さ20～30cmで周辺地域で見られるアカホヤの厚さにくらべやや薄い。

3. 液状化跡

原口岡遺跡では断面の観察から、①遺跡の基盤の大隅降下軽石層から始まる ②二次シラスから始まる、二つのタイプの液状化が認められる。①では液状化した軽石が軽石層自体を貫いている現象が認められる。内部を占める噴出物は液状化跡によってそれぞれ異なるが、①粗粒の長石・輝石、細粒の岩片を主体とする粗粒砂のみ ②数cm大の軽石や岩片の混じる粗粒砂 ③火山豆石や軽石・岩片の混じる淘汰の悪い砂、の三つに区分できる。また、大半の液状化噴出物は下部が粗粒で上部に向かうに従い細粒になる傾向がある。断面での最大幅や約15cmである。

平面での観察では砂脈は大小何本か認められるが、最大のものは幅15cm程度でやや蛇行しながらほぼN-S方向へ十数mの長さでのびており、ところどころに砂が円形～楕円形に噴き出した跡がある。

液状化噴出物は縄文時代早期の遺物が出土する層を貫き、アカホヤ下面もしくは内部に達しており、噴出物がアカホヤ火山灰上面に噴き出しているものは認められ

ない。アカホヤ火山灰は一次の堆積相を示しその堆積面はフラットで、上部に堆積する池田降下軽石・池田湖火山灰も平行に堆積している（図-2）。縄文早期層の平面での観察によると、アカホヤ火山灰が幅数～10cm、長さ10数mの脈状にのび、断面ではクサビ型に入っているのが数本認められる。

4. 液状化の発生時期

原口岡遺跡で見られる液状化跡の発生時期は、①液状化による噴出物がアカホヤ火山灰内部に噴き出し、そこから横に広がっているように見える ②アカホヤ火山灰が下部の縄文時代早期層にクサビ型に入ることなどから、アカホヤの噴火時期と重なると考えられる。遺跡内や周辺地域でアカホヤ火山灰上面に液状化噴出物が堆積する例が無いこともあわせると、アカホヤの噴出直前に地震による液状化が発生し、液状化噴出物が当時の地表面である縄文時代早期層上端面に噴出し、それが続いている途中にアカホヤ火山灰が降下堆積し、液状化噴出物の噴出が終わってからもしばらくはアカホヤ火山灰の降下堆積があったと思われる。また、縄文時代早期層のクサビ型に入るアカホヤ火山灰は、地震による地割れが発生しその割れ目に落ち込んだと解釈される。

5. おわりに

今までのところ大隅半島でのアカホヤ噴火に伴う液状化跡はこの付近一帯に限られ、より噴出源に近い南部の根占・佐多地方では確認されていない。これは吾平町付近では二次シラスの砂礫層が発達しているのに対し、南部にはそれが発達していないことと関係すると思われる。

ところで、種子島・屋久島の段丘の断面には、人頭大に達するレキが上方に向かって立ち上がっている、いわゆるclastic dykeが各所で見られ、それらはアカホヤに達している。また、枕崎市北東部にある奥木場遺跡では、アカホヤ部分に吹き出した砂の層が多数検出されている。これらはアカホヤ噴火に伴う地震による液状化が疑われていたが、原口岡遺跡の事例からその可能性が一段と強まってきた。

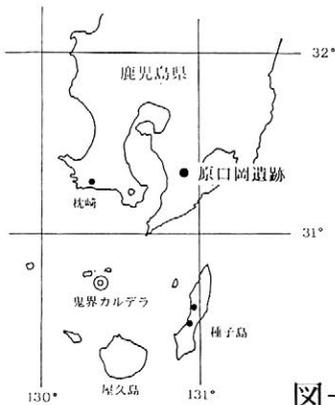


図-1

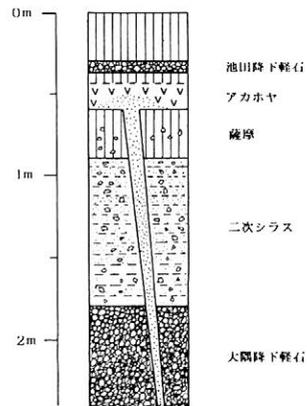


図-2

東大阪市宮ノ下遺跡の貝塚にみられる地震による変形構造

○松田順一郎¹⁾・別所秀高²⁾

1,2)財団法人東大阪市文化財協会

1. はじめに

河内平野沖積低地の縄文時代晩期から近代・現代までの、おもに湖沼性堆積物(完新統沖積上部砂層および頂部陸成層に相当)には、地震動による可能性のきわめて高い変形構造が広範囲にいくつかの層準でみとめられる。私たちはこれらの変形構造と層相を手がかりに、沖積低地で考古学的発掘調査の対象となる極表層地質の層序対比を試みている。

堆積層の変形構造を観察した考古遺跡の中で、東大阪市の宮ノ下遺跡では、湖沼性の碎屑性堆積物(泥および砂)の変形構造とともに、汀線付近で、縄文時代晩期末から弥生時代中期前半までに形成された、セタジミで構成される貝塚の貝層に、人為的な投棄や攪乱によるものではない変形構造がみとめられた。本稿では、貝層の変形構造の観察結果を示し、周辺の変形構造をなす層準との対比から、貝層の変形が地震動によるという考えを述べたい。

2. 宮ノ下遺跡の貝塚と埋積浅谷

本遺跡は、河内平野沖積低地の中央部、旧大和田川氾濫原の北西部に位置する(図1)。1992年の発掘調査によって、縄文時代晩期から弥生時代中期前半までに形成された貝塚が検出された。その後の調査によってこの貝塚が、縄文時代晩期頃に、それまで堆積していた干潟の堆積層が下刻され生じたいわゆる「埋積浅谷」の谷壁緩斜面上に形成され、浅谷の埋積と平行して累重したことがわかった。埋積浅谷の幅は約30m、深さ約1.3mで、南西から北東に少し蛇行して延びる。貝塚はその西岸(左岸で蛇行の内側と思われる)の緩斜面上に南北約30m、東西約15m以上にわたって分布し、貝層の層厚は最大で約0.8mであった。

3. 貝層の堆積構造

埋積浅谷西岸の一部と貝塚の東西横断面を図2に示し、同図中の2か所を選び、貝殻の堆積構造を図3-a・bに示す。

貝層は、貝殻の砂質泥マトリクスに対する割合の大小、砂質泥マトリクスの質、浅谷内の砂質泥堆積層との指交関係などによって、上部・中部・下部に分かれる。それぞれの層間には貝殻をほとんど含まない砂質泥層が流路側から指交し、岸側で貝層の層界に収斂する。

貝層の堆積構造には以下のような特徴があった。

(1) 貝層は、貝殻の殻長軸と殻高軸を含む平面(以下ab面と呼ぶ)が下に凸な曲面をなして配列する、10~数10cm規模の群集で構成されていた。これらが互いに接する部分ではしばしばab面が急角度で立ち上がっていた。ところによっては、下に凸ばかりではなく、いわば回転したようにみえる群集もあった。また、貝殻とともに、砂質泥のマトリクスも同様な構造をなし、各貝層下面のマトリクスと下位層との層界も下に凸な面で構成されていた。このような堆積構造は、貝層に挟まれ、わずかに貝殻を含む浅谷の砂質泥層中にもみとめられた。

(2) (1)の特徴は、浅谷の流路側で顕著にみられるのに対し、岸側では不明瞭であった。

(3) 上部貝層下面と中部貝層上部の下面は、それぞれの下位層の(1)のようなab面の配列を切っていた。また、下部貝層の上位には、ほぼ水平の層理をなす浅谷内の砂質泥層が挟まれる。これらは、(1)の堆積構造が保存されている垂直範囲を限定する。

以上のような構造のうち、(1)の特徴で、貝殻の下に凸な配列はロード構造であり、構造単位の境に貝殻が立ち上がる配列は一種のフレーム構造と考えられる。したがって堆積構造の形成要因が、貝殻投棄の単位や、踏み込みなどの人間活動、斜交層理を形成するような流水の運動ではなく、各層において同時的で、貝層全体の流動を引き起すような要因、つまり地震動が想定される。(2)の特徴は、流路側と岸側で堆積物中の水分条件に差があり、おそらく水底の堆積物と考えられる流路側に(1)の構造が顕著にみられるのであろう。(3)の特徴からは、貝塚形成期間中の異なる時期に、幾度かにわたってこの堆積構造が形成されたと考えられる。

いっぽう、埋積浅谷内の堆積層には、弥生時代前期に1層準、弥生時代中期前半に2層準、埋積完了後の弥生時代中期中頃の堆積層に1層準の、従来より検討してきた地震動による可能性がきわめて高い変形構造がみとめられ、このうち弥生時代前期の層準は中部貝層上部の変形に、弥生時代中期前半のより古い層準は上部貝層下部の変形に、また中期前半のより新しい層準は上部貝層より上位に載る砂質泥層中の変形に対応する。

貝塚には縄文時代晩期末の中部貝層下部とその下位の貝殻をわずかに含む砂質泥層に変形構造がみとめられたが、埋積浅谷内ではこれらに対応する変形構造が確かめられなかった。沖積低地一帯での観察

では、少なくとも1つの変形層準がみつめられていたが、今回の貝層の観察によって2回の地震イベントが想定されることになった。

5. 課題

今後、埋積浅谷内の堆積層の層相や貝層の変形構造の特徴についてさらに検討し、珪藻分析結果や放射性炭素年代とあわせて、埋積浅谷の埋没過程と貝塚の形成・埋没過程を明らかにしたい。また、縄文時代晩期末の2回の地震イベントについては、この時期の堆積物がより厚く堆積した沖積低地中央部での確認が必要である。

1995.4.28

図1 宮ノ下遺跡の位置



1. 泥炭質シルト質粘土
2. シルト
3. 砂質シルト(植物遺体に富む)
4. 上部貝層上部
5. 上部貝層下部(上部・下部ともに弥生時代中期前半、畿内第II様式土器を産出)
6. 植物遺体に富む粘土質砂質シルト(弥生時代前期、畿内第I様式土器を産出)
7. 中部貝層上部
8. 中部貝層下部(上部・下部ともに縄文時代晩期末～弥生時代前期、長原式土器および畿内第I様式土器を産出)
9. わずかに砂がまじる粘土質シルト(縄文時代晩期末、船橋式土器・長原式土器をわずかに産出、植物遺体に富む)
10. 下部貝層(縄文時代晩期末、船橋式土器を産出)
11. 生物擾乱をうけた砂質シルトないしシルト質砂

図2 宮ノ下遺跡の貝塚東西断面図

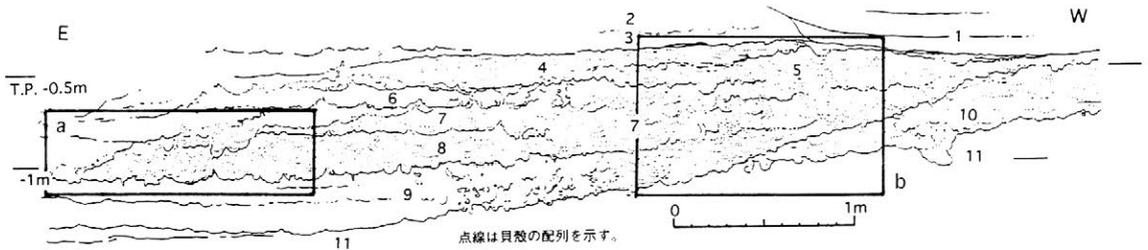
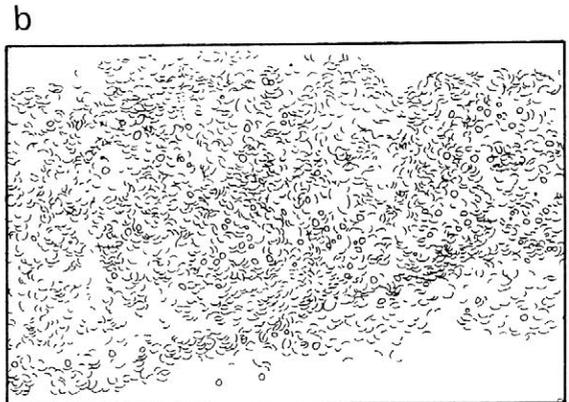
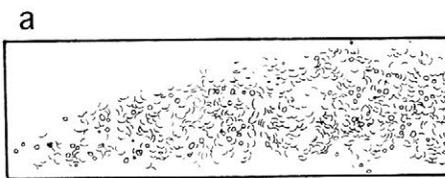


図3 貝殻の配列



本図は、貝塚の断面を写真撮影し、写された貝殻を上レスしたものである。その際、多少の前後の位置のずれは無視し、撮影面と平行に貝殻(あるいはその破片)を切ったと想定して、その断面を描くことにした。

佐賀：吉野ヶ里遺跡（東部）における水田址の分析的探査

○矢野奈津子¹⁾・宇田津徹朗¹⁾・王才林²⁾・藤原宏志¹⁾

1)宮崎大学農学部

2)鹿児島大学大学院連合農学研究科

1. はじめに

吉野ヶ里遺跡は佐賀県神埼郡神埼町、三田川町、東背振村の3町村にまたがり所在している。この遺跡は、1986年の神埼工業団地開発に伴い、発掘調査が開始されている。3年間の発掘調査に引き続き、1991年からは、遺跡の規模や未発掘地域の状況を把握するために広範な地域を対象とした調査が続けられている。当該遺跡は、その学術的価値の高さから1992年に史跡指定、翌年に特別史跡となり、1994年には、国営歴史公園として整備されることが決定した。吉野ヶ里歴史公園の整備計画では、墓域・住居址・生産址を併せて復元する予定である。特に生産址の復元については、「古代の原ゾーン」と呼ばれる場所で、弥生時代の水田やそれを取りまく風景が再現される計画である。

その計画の一環として、当該遺跡およびその周辺部で実際に弥生時代の水田址を発掘することが計画されている。これまでも吉野ヶ里遺跡では、水田址の探査が行われてきたが、現在のところ、水田遺構の発掘・確認はまだなされていない。そこで、計画予定地域である遺跡東部において94年4月にプラント・オパール分析による水田址探査を行い、水田址の埋蔵域の推定を行った。ここでは、この水田址探査の結果について報告する。

2. 分析試料の採取および分析方法

○分析試料の採取

分析試料の採取は、1994年4月にボーリングにより行った。ボーリング調査を行ったのは、吉野ヶ里遺跡の東部、田手川に挟まれた現在は水田として利用されている場所である(図1参照)。試料採取地点は、図1のように調査区に10m間隔のグリッドを設定し決定した。なお、ボーリング調査の結果、調査区の基本土層は次のように分層される。

－基本土層－

- 1層：シルト質粘土層
(現水田作土層)
- 2層：砂質シルト層
- 3層：シルト質粘土層
- 4層：有機質シルト層
(植物遺体層を含む)
- 5層：砂質層

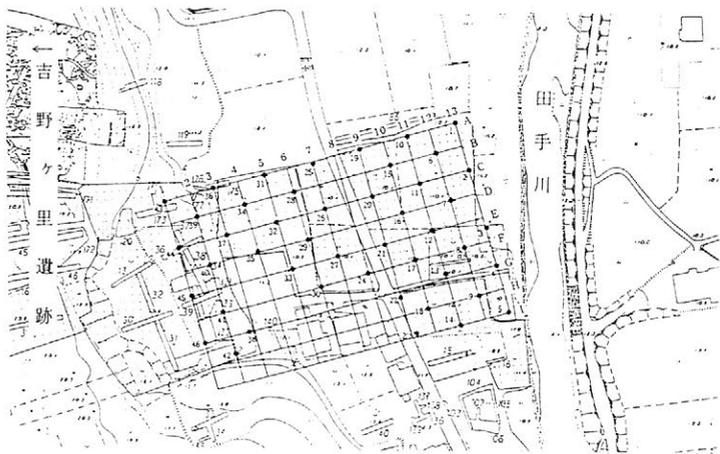


図1 ボーリング調査地点図

これらの土層における文化的特徴はまだ明らかにされていないが、以前に行われた試掘調査の結果から、3層以下の層が弥生時代の文化層である可能性が高い。

○分析方法

採取した土壌について、プラント・オパール定量分析を行った。定量分析用の試料は、藤原等の方法に従って作成し、イネ、ヨシ、タケ、ススキ、キビ族についての定量を行った。

3. 分析結果

プラント・オパール定量分析を行い、以下のような結果が得られた。なおここでは特に、ボーリングの26地点での分析結果(図2)を示しながら、弥生時代の文化層である可能性の高い3、4、5層の結果について述べる。

・検出されたイネのプラント・オパールの量は、3層、4層は多く、5層はごく少量であった。また、3層と4層では、3層のプラント・オパールが多く、5、4、3層の順で増加する傾向が認められた。3層および4層について、検出されたプラント・オパールから推定されるイネの生産量の分布を見ると、調査区の中央部西寄り、または東側にピークが認められた。

・湿潤化の指標とされるヨシについては、イネと同様に3、4、5層いずれの層からも検出されている。しかし、各層の検出量については、5層は同様に少量であったが、3、4層についてはイネと逆の傾向を示した。

このように、分析結果からみると、イネの増加にしたがい、ヨシが衰退していく様子が見えてくる。

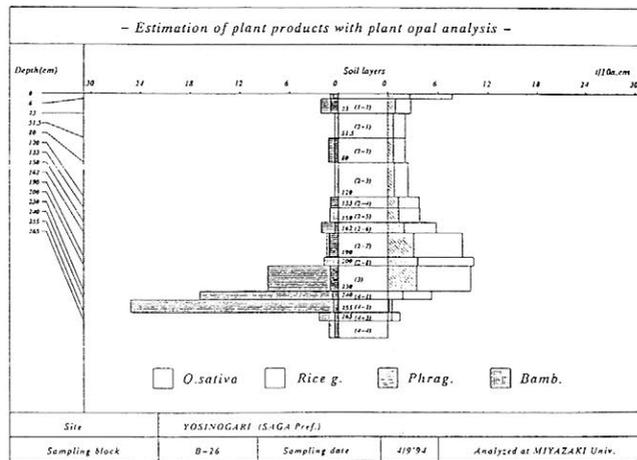


図2 プラント・オパール定量分析結果

4. 考察

分析結果から、3層および4層に水田址が含まれていることが推定される。水田址の分布域については、調査区の中央部西寄りの部分と東側の2カ所が考えられる。また、調査区における稲作の始まりについては、4層の堆積時に形成されていたヨシの湿原を人々が切り開き、開始されたものと考えられる。特に3層の時代では、4層で拓かれた水田が周辺に拡大していったことが推定される。また、定量分析の結果とボーリングによる古地形のデータから考えて、イネの生産量の低い南北のライン(現在、道路が走っている部分)には、水路など何らかの遺構があると考えられる。

なお1995年3月より、本調査結果に基づいて水田址の発掘が行われているが、発掘調査の結果は、現在のところ出されていない。

P11

カマン・カレホユック遺跡出土遺物の物質科学的研究（1）

○松永将弥・中井泉・足立峰子（東京理科大学）

松村公仁（中近東文化センター）

はじめに

トルコ国内に位置するカマン・カレホユック遺跡では、1986年から本格的な発掘調査が行われており多種多量の土器が発掘されている。これらの土器はその出土した層位によって色や様式にはっきりとした特徴が見られることから、文化編年構築の鍵として重要視されている。またこれらの土器の製法の理解によって、その当時の技術、文化水準を推定することが可能であろう。さて、土器の色の違いは主として胎土に含まれる鉄の存在状態の違いによることが多い。一方、鉄の存在状態は焼成時の酸化還元環境を反映していることが期待される。そこで土器の破面の色が表面と内部で異なる場合両者の鉄の酸化状態が異なり、その酸化状態を比較することによって焼成時の炉内の雰囲気や推定することが可能と考えられる。そこで本研究では出土した種々の土器について放射光蛍光X線分析により鉄のK吸収端スペクトルの測定を行い、鉄の酸化状態を明らかにすることにより土器の焼成環境の推定を試みた。

実験

実験に使用した試料は遺跡から出土した土器（34点）である。鉄の状態分析は高エネルギー物理学研究所内のビームライン4Aに設置されたエネルギー分散型蛍光X線分析システムを用いて行った。状態分析の原理と実験の詳細については文献¹⁾を参照されたい。試料は一部を土器の表面から内部を含むように厚さ5mm程にダイヤモンドカッターを用いて切断し、得られた断面に400×800 μ mに絞ったX線を照射し鉄のK吸収端スペクトルの測定を行った。

結果と考察

ここでは紙面の関係から金雲母土器（KL87-3164）について結果を報告する。試料の断面写真を写真1に示す。土器の内側から外側にかけて大きな色の変化が見られる。写真1のA, B, C, Dの各点の鉄のK吸収端スペクトルを、図1のA, B, C, Dにそれぞれ対応して示す。図1からA→Bと土器の表面から内部へ進む変化では、土器中の鉄のK吸収端スペク

トルは一度低エネルギー側へシフトし、さらに内部から表面へB→C→Dと進むに従いスペクトルは再び高エネルギー方向へ戻っていくことが分かる。ここから土器中の鉄は内部に比べ表面はより酸化的な状態であることが分かり、このIIa層から出土した金雲母土器は焼成時における炉内の雰囲気は酸化雰囲気であったと推定される。また遺跡から発掘された種々の土器について測定を行った結果、土器の色の変化と鉄の状態の間には相関関係が存在することも明らかとなり、鉄の状態分析により土器の製造技術について有用な知見が得られることが分かった。



写真1 金雲母土器断面

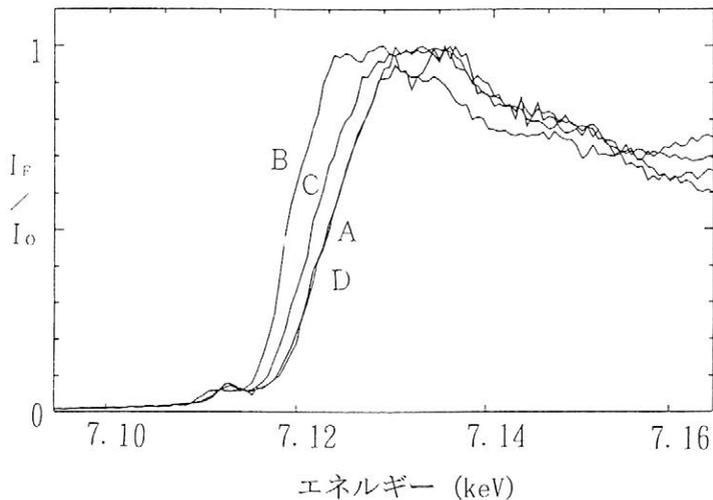


図1 金雲母土器各点における鉄のX線吸収端スペクトル

参考文献

- 1) 中井泉 望月明彦 飯田厚夫 田口勇 山崎一雄 「シンクロトロン放射光蛍光X線分析による歴史資料の分析」 国立歴史民族博物館研究報告38:145-170 (1992)

カマン・カレホユック遺跡出土の 銅製品の機器中性子放射化分析

○鈴木章悟¹⁾・平井昭司¹⁾・古谷圭一²⁾・平尾良光³⁾

¹⁾ 武蔵工業大学・原研 ²⁾ 東京理科大学

³⁾ 東京国立文化財研究所

1. はじめに

考古学遺物中に含まれる微量元素から、遺物の特性、製造技術、産地、流通経路等を解明する試みが、近年進められている。多くの微量元素に関する情報を得るための分析法の一つとして機器中性子放射化分析法(INAA)がある。本研究では、カマン・カレホユック遺跡から出土した銅及び青銅製品の機器中性子放射化分析を行い、遺物に含まれる主成分元素及び微量元素合わせて57元素を定量する方法を検討したので報告する。

2. 実験

分析試料はトルコ共和国のカマン・カレホユック遺跡の第7次調査(1992年)から出土した銅及び青銅遺物27種類である。この遺跡は3つの文化層からなっており、第I層は16～17世紀のイスラム時代、第II層はBC8～BC4世紀のフリギア時代、第III層はBC20～BC12世紀のヒッタイト時代である。今回の試料は第III層が17種、第II層が10種である。遺物の表面は腐食して錆びているものが多く、中心部は金属性を残していた。このため、分析用試料を銅金属部と錆部の2つに分類した。遺物の切削にはダイヤモンドカッターを使用して、1つの遺物から1～2個の金属部と錆部の分析試料を削り取った。試料重量は約20mgで、分析試料は合計47個となった。

照射は生成核種の半減期により2種類の照射時間により立教大学原子炉で行った。短時間照射は気送管で5秒間または10秒間行った。照射後、約1分間冷却後、Ge半導体検出器とγ線スペクトロメトリを用いて約400秒間のγ線測定を行った。長時間照射は中央実験管で6時間行った。照射後、冷却時間を変えて3回γ線測定を行った。測定時間は3～11時間である。各元素の定量は比較標準試料との比較法で行った。

3. 結果及び考察

57元素の定量を試みて42元素が定量できた。図1に47試料中のCaとTbを除く定量できた40元素の濃度分布を示す。実線部が定量値の範囲を示す。点線部は定量できず、定量下限値の範囲を示す。Cuは23～100%の範囲で分布していた。

Alは40試料で定量でき、その範囲は46ppm～4.3%であり、7試料が定量できず、最小の定量下限値は39ppmであった。Auは0.015ppm～96ppmまで広く分布した。Mg, Si, S, Ti, Ga, Zr, Cd, I, Pr, Gd, Dy, Ho, Tm, Pt, Hgは全試料で定量できなかった。Irは最小0.014ppmまで定量できた。

金属部と鍍部の元素濃度を比較すると、Na, Al, Sc, V, Fe, Th, Uなどでは金属部より鍍部において濃度が高くなっていた。逆に、Co, Ni, Cu, As, Sbなどでは金属部より鍍部において濃度が減少していた。

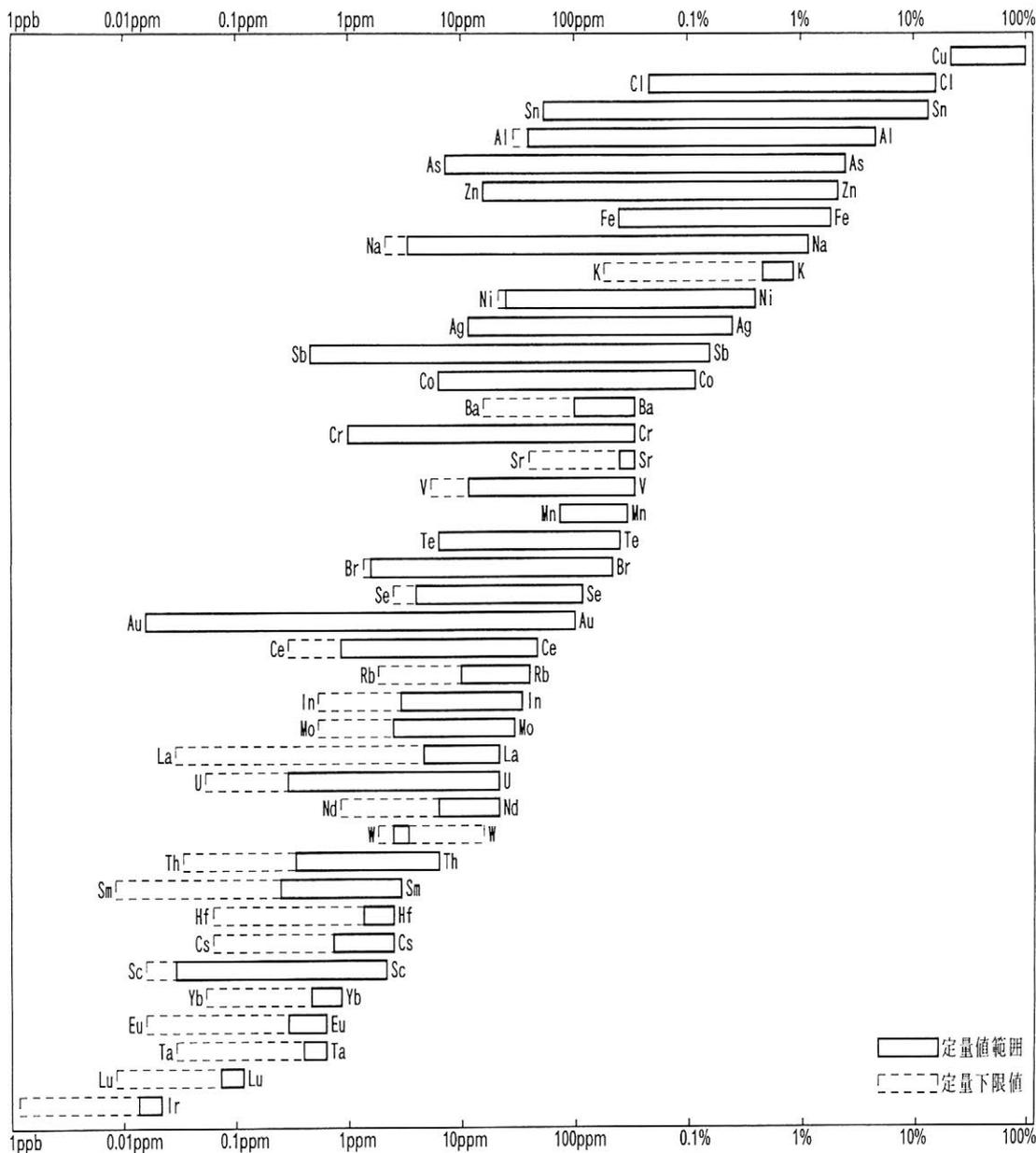


図 1 元素濃度分布

ポイント・カウンティング法による土器胎土の砂粒含有量の分析－土器の使い方との関連から－

西田泰民¹⁾・宮本正規²⁾・小林正史³⁾

1)古代学協会、2)石川工業試験場、3)北陸学院短期大学

1. はじめに

本稿の目的は、使い方や製作コストとの関連から（即ち、機能的観点から）土器の素地作り技術を検討することである。民族誌の土器作り技術の報告では、胎土の砂粒含有量が土器の使い方、大きさ、作り方（成形方法や焼き方）等に応じて作り分けている例が多く存在する。これらの事実より、煮沸用土器では、「食物パターン→調理方法→必要とされる機能的・耐久性→煮沸用土器の形態的・物理的特徴→土器作り技術」という結び付きが考えられる。一方、従来の国内の土器胎土分析は産地同定を目的とした研究が主流であり、機能的観点からの研究は西田(1985)、清水(1990)など極めて少数である。このような研究史を踏まえ、本稿では、土器胎土の含有量（粒径組成）について、1)各資料内での器種間（煮沸用土器と非煮沸用土器）の比較、2)縄文時代から弥生時代への変化、3)東北地方と北陸地方の地域差、の3点の分析を通して砂粒含有量の機能的意味を検討する。

2. 分析方法と分析資料

縄文晩期では、東北地方中部の九年橋遺跡（岩手県北上市所在。大洞C2-A式期主体）、東北地方南部の鳥屋遺跡（新潟県豊栄市所在。大洞A式期主体）、北陸地方の御経塚遺跡（石川県野々市町所在。大洞C1式並行期の土器を選択）の3遺跡を選択して地域差を検討した。一方、弥生時代では東北地方で良好な資料を得ることができなかつたため、縄文時代から弥生時代への変化は、御経塚遺跡、野本遺跡（石川県松任市所在。弥生中期）と相川遺跡（松任市所在。弥生後期）という北陸の3遺跡についてのみ検討した。野本遺跡と相川遺跡は共に相川遺跡群に属し約1 kmの距離であり、また、御経塚遺跡も野本・相川遺跡から約6 kmの距離である。よって、3遺跡の差異は、地域差の影響は少なく、主として時間差を反映していると期待される。

各資料における煮沸用土器と非煮沸用土器の比較に際しては、煮沸用土器は中形の甕や深鉢を対象とし、非煮沸用土器は野本遺跡を除いて浅鉢・高杯を用いた。ただし、野本遺跡では浅鉢・高杯が少なかったため壺により非煮沸用土器を代表させた。

土器薄片を用いた砂粒のポイント・カウンティングでは、粒径により粗砂粒（径0.25mm以上）、細砂粒（径1/16mm以上）、シルト（径1/256mm以上）、粘土の4者に区分して粒数を測定し、4者各々の比率を算定した。こうして得られたデータ分析に際しては、粗砂粒の比率と粘土の比率のプロットグラフおよび粗砂粒含有量の平均値を用いて試料間の差異を観察した。粗砂粒を重視したのは、粗砂粒は他の3者よりも意図的に胎土に混入される可能性が高いと考えたからである。

3. 分析結果

(1) 砂粒含有量における煮沸用土器と非煮沸用土器の作り分けの程度

北陸地方での縄文から弥生への変化をみると、御経塚よりも野本（煮沸用と非煮沸用の粗砂粒含有量の平均値が17.6%と7.2%）と相川（14.7%と7.7%）の方が器種間の胎土の作り分けが明瞭である。

次に、縄文晩期の3資料では、東北地方中部（九年橋）の方が北陸（御経塚）や東北地方南部（鳥屋）より器種間の胎土の作り分けが明瞭である。即ち、九年橋では、深鉢（粗砂粒の平均値16.5%）は浅鉢（4.0%）より粗砂粒を極めて多く含み、両器種の胎土が明瞭に作り分けられている。一方、鳥屋では、深鉢（粗砂粒の平均値20.4%）と浅鉢（18.3%）の分布範囲が重複しており、平均粗砂粒含有量は大差ない。御経塚は九年橋と鳥屋の中間的特徴を示す（深鉢と浅鉢の粗砂粒含有量の平均値は19.6%と13.6%）。

(2) 煮沸用土器の粗砂粒含有量の地域差と時間的变化

北陸における縄文から弥生への変化をみると、御経塚、野本、相川という時代順に粗砂粒含有量が緩やかに減少している。また、縄文晩期における地域差をみると、東北中部（九年橋）の深鉢よりも東北南部（鳥屋）・北陸（御経塚）の深鉢の方が若干粗砂粒含有量が多い。

(3) 非煮沸用土器の粗砂粒含有量の地域差と時間的変化

北陸における縄文から弥生への変化をみると、縄文晩期の御経塚から弥生時代の野本・相川へと砂粒含有量が減少する。また、縄文晩期における地域差をみると、煮沸用土器と同様に、東北中部の浅鉢よりも東南北部・北陸の浅鉢の方が粗砂粒含有量が多い。

4. 考察

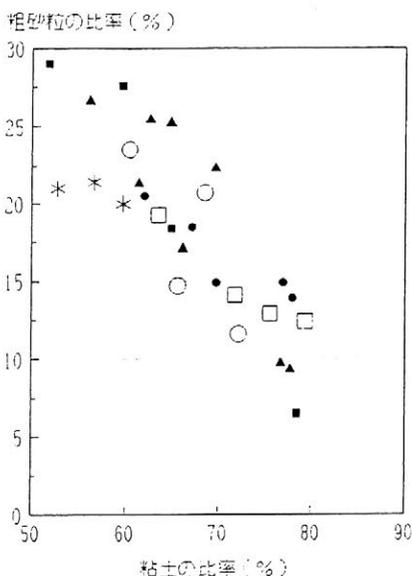
民族誌の分析から、砂粒混入の機能的意味として、(1)熱伝導効率を高め、耐熱性を高める、(2)製作時の乾燥・焼成工程での破損を防ぐ（特に厚手の土器の場合に重要）、(3)成形を容易にする（特に大形土器の場合に重要）、(3)粘土分が多い場合よりも低温で焼成が可能である、などがあげられる。一方、砂粒を多く混入すると、(1)物理的衝撃に対する耐久性が弱まる、(2)生粘土の可塑性がある程度高くなければ成形しにくい、などのマイナス面も出てくる。このように「砂粒含有量は、機能的・耐久性とコストのバランスにより決定されている」と考えられるが、上述の分析結果から、このバランスについて以下の仮説を提示することができる。

第一に、すべての資料において、煮沸用土器は非煮沸用土器よりも多くの粗砂粒を含んでいる。この理由として、1)煮沸用土器は耐熱性を維持する必要がある、2)大形が多い煮沸用土器では成形・焼成時の失敗を防ぐ必要性が高かった、などの点があげられる。

第二に、「砂粒含有量が縄文から弥生へと減少する傾向」は煮沸用土器よりも非煮沸用土器において顕著である。この理由として、煮沸用土器は耐熱性を高めるため一定以上の粗砂粒が必要なため、時間的変化も少ないことがあげられる。一方、耐熱性を考慮する必要がない非煮沸用土器では、「成形・焼成時の作りやすさ（粗砂粒が多い方が乾燥・焼成時の失敗が少ない）」と「使用時の物理的衝撃に対する耐久性（粗砂粒が多いと耐久性が低くなる）」のバランスにより砂粒含有量が決められると考えられるが、砂粒含有量が少なくとも乾燥・焼成時の失敗を少なくできるような成形手法や野焼き技法の変化により前者の問題を克服したと推定される。

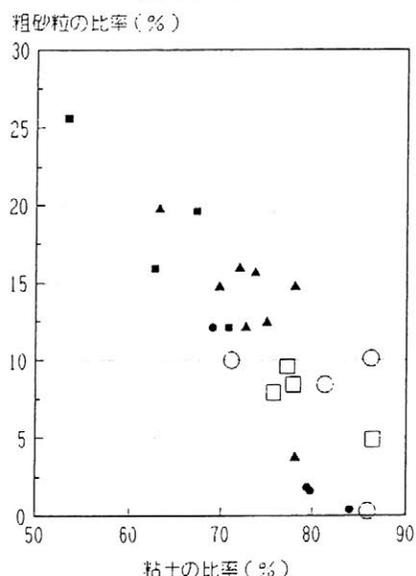
最後に、縄文晩期における東北中部と北陸・東南北部の砂粒含有量の地域差は、土器の器厚、成形・調整技術、野焼き手法などの制作手法との関連で解釈されるべきだろう。

煮沸用土器の砂粒含有量の比較



かじりか 野本 九年橋 相川 御経塚 鳥屋
* ○ ● □ ▲ ■

非煮沸用土器の砂粒含有量の比較



野本 九年橋 相川 御経塚 鳥屋
○ ● □ ▲ ■

縄紋土器製作技法の一考察 II

— X線ラジオグラフィーによる断面観察

○吉田 学¹⁾, 鈴木徳雄²⁾, 藤田哲也³⁾,
二宮修治⁴⁾, 大沢眞澄⁵⁾, 杉下龍一郎¹⁾

1)東京芸術大学, 2)埼玉県児玉町教育委員会

3)東海大学, 4)東京学芸大学, 5)昭和女子大学

1. はじめに

縄紋土器の製作技法について、型式学的な方法として表面文様の解析や色調の肉眼観察、岩石学的な方法として顕微鏡下の薄片観察が主流である。

それら以外の研究方法として、昨年の大会において筆者らはポリエステル樹脂包埋スライス法を用いた断面観察による製作技法推定方法を発表した。本研究も同様の方法を用いて、X線ラジオグラフィーによる断面観察や製作技法の推定などを、粘土紐に鉄系赤色顔料を混合させた複製土器や粘土試験板で行った。

2. 方法

複製土器や粘土試験板には埼玉県児玉町の瓦工場で使用されている均質な瓦用粘土、加曾利貝塚博物館の複製土器実験で使用されている粘土を原料とし、酸化鉄系赤色顔料を混合させた粘土紐を交互に積み上げて製作した。

ポリエステル樹脂包埋スライス法は、封入用ポリエステル樹脂・リゴラック（昭和高分子（株）製造）に土器片を包埋・固定した。透明な樹脂のため、包埋後にも土器表面の観察が可能であり、厚さ5mmのスライス片が容易に得られる。

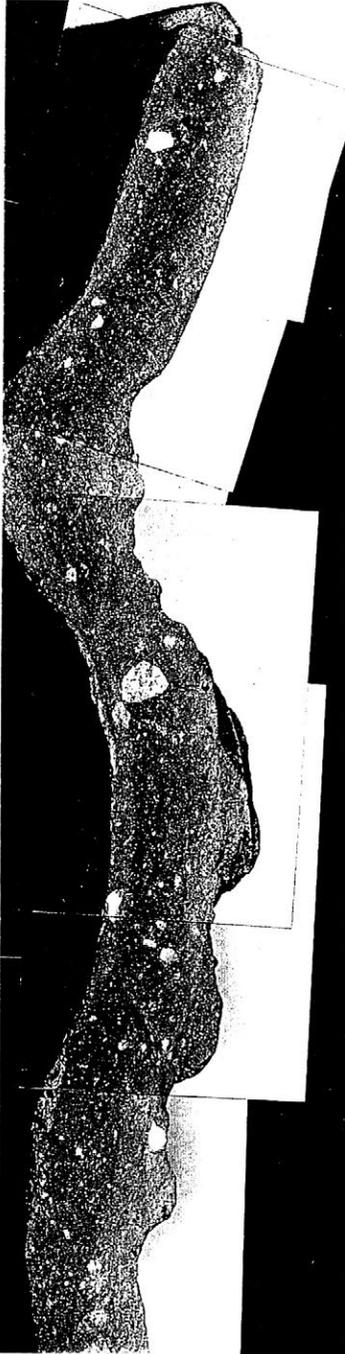
X線ラジオグラフィーに使用した装置は、ベリリウム窓付き軟X線管球・E-40型装置（（株）ソフテックス社製）で、電圧30KVp、電流4mA、照射時間3分で良好な濃度のX線ラジオグラムを得ることができた。

3. 結果

試料のカラー写真とX線ラジオグラムとを対比して観察すると、粘土紐は土器成形時の力の入れ方によってかなり複雑な流文構造を呈することが示唆され、熱効率の良い電気炉内焼成では胎土色調が表面と内部で異なる層状構造は生じるものの胎土中の構造にはあまり変化が見られないことが判明した。

スライス法、さらに造影剤を用いることによって、より良好なX線ラジオグラムが得られ、試料の表面状態に関係なく、輪積みの接合面と思われる部分や土器成形時の流文構造、粘土紐の積み上げ方法などの観察が明瞭となるであろう。

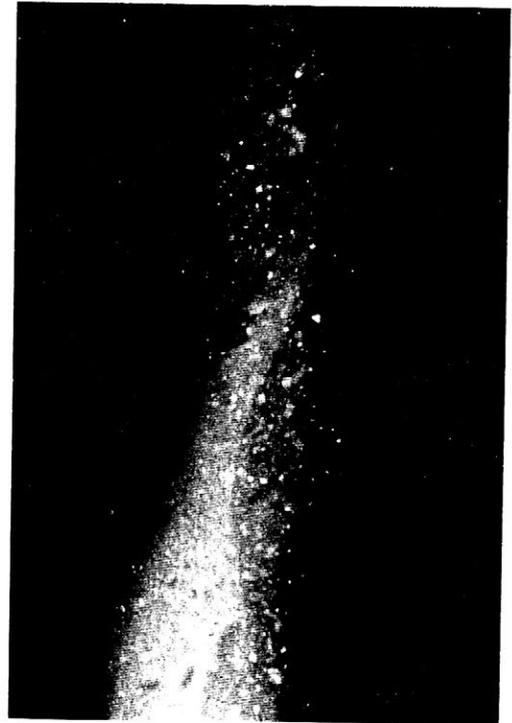
さらに、スライス片試料から取り出したサンプルについて再加熱実験などを行い、その色調変化の観察、赤外線吸収スペクトルの検討をして、焼成温度の推定を実施した。



↑複製縄紋土器の切断面
(×1.5)



↑左・複製縄紋土器の点線部拡大
(×3)



↑上・複製縄紋土器拡大部の
X線ラジオグラム(×3)

土器胎土の鉱物学的研究

— 北海道南茅部町から出土する土器の胎土の変遷

曾我直人（北海道教育大学）、雁沢好博（同）、小笠原正明（北海道大学）
阿部千春（南茅部町教育委員会）

【はじめに】縄文前期の前半から後半にかけて北東北から北海道南部にかけて広く出土する円筒下層式土器は、元々は青森から発生して道南に広がったという考え方が今のところ定説である。しかしこれまで土器胎土に関する調査が行われていなかったために、具体的にどの時期にどのような形で北海道に伝えられたのかを考察する根拠に乏しいものがあった。本分析では土器薄片を製作し、偏光顕微鏡下において含有鉱物等を種別にカウントし、その統計結果でもって上記の問いにせまることを試みた。まだまだ分析件数も乏しく、対象が北海道の南茅部町より出土した土器に限られるという途中段階だが、現時点で見えてきたことを報告する。今回はこの他に同じ南茅部町の遺跡より出土したほっけま式土器（縄文後期）、さらに時代的にも地理的にも遠く離れた擦文土器（擦文時代）、木古内町産の粘土を焼成したものを比較のため分析した。

【分析を行った土器片】

< 試料番号 >

- | | | | |
|--------------|----------|------------|--------------|
| a (1)~a (4): | 縄文時代前期前半 | 円筒下層 a 式土器 | 4点 (八木 B 遺跡) |
| b (1)~b (4): | 前期中葉 | 円筒下層 b 式土器 | 4点 (八木 B 遺跡) |
| c (1)~c (2): | 前期後半 | 円筒下層 c 式土器 | 2点 (八木 B 遺跡) |
| d (1)~d (3): | 前期後半 | 円筒下層 d 式土器 | 3点 (ハマナス野遺跡) |
| h (1)~h (5): | 後期後半 | ほっけま式土器 | 5点 (八木 B 遺跡) |

(以上 茅部郡南茅部町)

- | | | | |
|--------------|------|------|-------------------|
| s (1)~s (2): | 擦文時代 | 擦文土器 | 2点 (積丹半島神志内村観音洞窟) |
|--------------|------|------|-------------------|

k: 木古内産の粘土を焼成したもの

【分析方法】土器片を岩石切断機で消しゴム程度の大きさに切断し、接着剤を用いてスライドガラスにその切断面を接着する。その後研磨材を用いて土器片の厚みが約0.03mmになるまで研磨し、その上にカバーガラスをかけて薄片を完成させる。次に薄片を偏光顕微鏡で40~50倍の倍率でステージを上下左右に少しずつ移動させて観察し、現れた鉱物名、岩石名を表に記入する。このとき後で面積を算出するために粒子の長径と短径を測定、さらに簡単なスケッチを施しておく。粒子のカウント数が100になったら、その試料の観察を終了する。(今回は長径と短径の和が0.2mm以上のもののみをカウントの対象とした。)

【まとめ】1. 鉱物組成(図1,2)に関しては、円筒下層c式(以下円筒下層式においては「円筒下層」を省略して述べる)の時期中にそれ以前とその後である種の質的变化が起こったことが推測される。a式、b式さらにc式の一部の土器までは、石英、斜長石といった軽鉱物が主流である。一方、鉱物の全体量はほとんど変わらないが、c式の一部の土器を含むd式以降は重鉱物の割合が増加する。その中でも輝石類が約2割というまとまった値で出現する。遺跡のある南茅部町地域の露頭を見ると必ずといってよいほど、地層中には駒ヶ岳の火山灰層が幾枚かはさまれている。そのうち縄文時代以前に堆積したものとしては、ko-g層(約5000~6000年前)、ko-h層(約17000年前)、ko-i層(約32000年前)があり、それらの鉱物組成はいずれも輝石類を約20~30%の割合で含んでいる。よってこの点と今回の結果との関連性が注目される。

2. 粗粒子の混入形態は大きく分けるとa式とb式、c式とd式の二つにまとまる。a式とb式は土器片ごとに異なった性質を示し、型式としてのまとまりが見られない。それに

対しc式、d式はコンパクトにまとまっている。土器そのものを見ても、c式、d式はa式やb式と比べて粘土の色が明るく破片の厚みは薄い。さらに他の遺物や遺構においてこの時期を境にして石器組成の変化や大型住居が出現することが知られており文化的に一つの区切り目を想像させる。今回の結果はこれらの事象との関連性を想起させるものとなった。(図3)

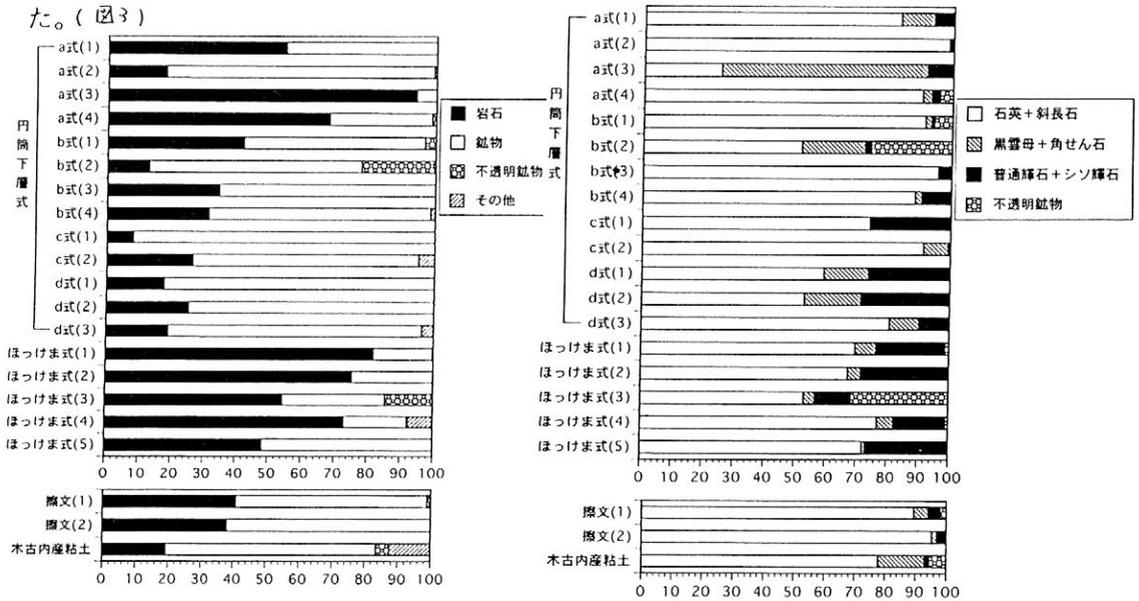


図1 カウントした粒子面積の総和を100とした場合の岩石、鉱物等の割合 (%)

図2 鉱物の面積全体に占める各鉱物の割合 (%)

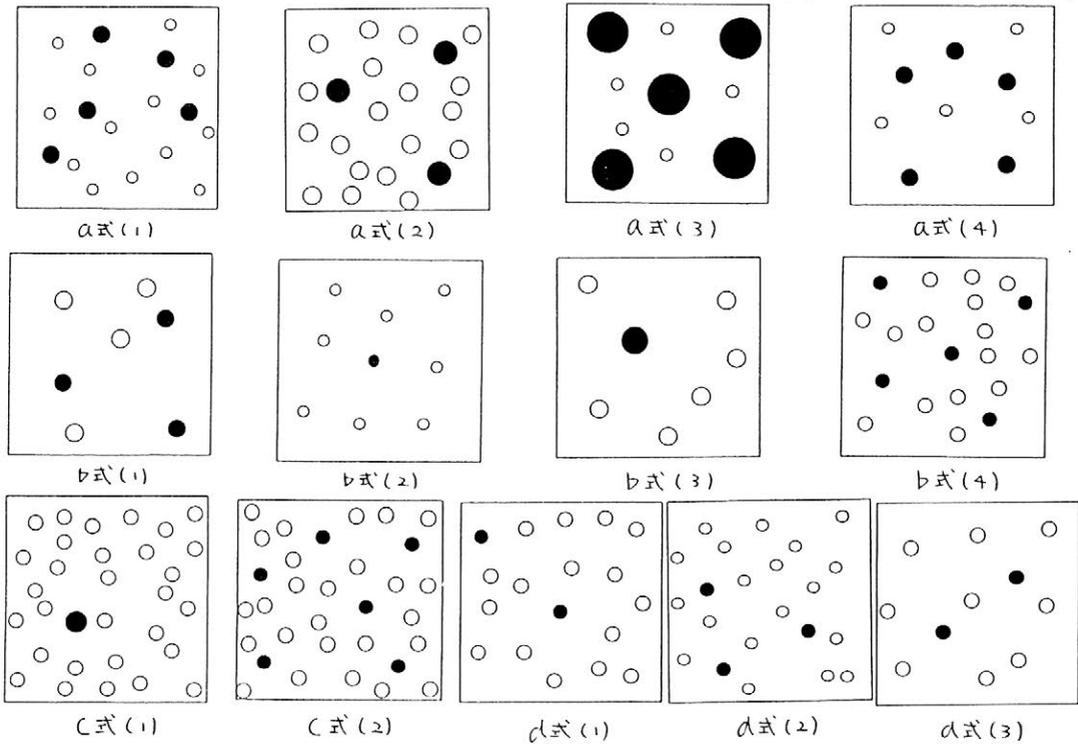


図3 ● 岩石, ○ 鉱物類 (空白部は粘土及び穴)

10mm²あたりの鉱物、岩石片の個数、円の面積はその土器における混入粒子の平均面積を示す。

北部・中部ベトナム出土陶磁器の元素分析

二神 葉子*・青柳 洋治**・杉下龍一郎*

*東京芸術大学美術学部保存科学教室 **上智大学アジア文化研究所

1.はじめに

ベトナムでは、紀元1世紀頃から様々な器種の陶磁器が製作され、日本や東南アジア各地に輸出されていた。しかし、ベトナム陶磁に関する研究は始まったばかりで、窯址出土の遺物を用いた編年研究、化学組成に関する研究は少ない。また、器形や文様が類似し、強い影響を及ぼしているとされる中国陶磁との化学組成に基づく比較も行われておらず、中国陶磁との製法の上での類似点・相違点が不明であった。

本研究では、ベトナム北部、中部の12-16世紀の陶磁器の素地と釉の化学組成の分析を行った。さらに、青磁について分析結果を中国陶磁の分析値と比較することにより、特徴を明らかにした。

2.試料と方法

分析試料は全て窯址や製品の積出港とされる遺跡からの表面採集によって得られた。

素地および釉の元素組成には、HITACHI製S-2460N型走査電子顕微鏡付属のEDXを用い、定性分析の後、KEVEX社の定量用プログラムQUANTEX+で定量分析を行った。

3. 結果と考察—ベトナム陶磁の特徴と中国陶磁との比較—

a.ベトナム陶磁の特徴

素地：TiO₂の含有量は、本来は素地が白いはずの青花でも1%を超える値を示し、Fe₂O₃も1%を超える試料が多い。これらの成分が多いため、素地が着色する。有色の素地という欠陥を補うため、青花(染付)のほとんど、青磁の一部に白色の化粧土が施されている。

釉：CaOが他の融剤成分に比べてはるかに多くPbOが含まれず、石灰釉である。緑釉はFe₂O₃が検出されたが、CuOは検出されず、鉄による呈色である。褐釉ではFe₂O₃の含有量はさらに多い。青花のほとんどの試料で、青色の部分でMnOとFe₂O₃が検出され、下絵具には中国や日本と同様、呉須が用いられたと考えられる。しかし多くの試料でCoOは検出限界以下であった。

b. 中国陶磁との比較—青磁—

素地：ベトナム・中国の青磁素地の組成分布(Fig.2)をみると、ベトナムの試料はSiO₂の値が比較的高い。Go Sanh窯の試料は中国南方の浙江省の越窯の値に近く、他の窯は浙江省の龍泉窯の値に近い。中国南方の窯でSiO₂の値が高いのは、瓷石を用いているためである(郭1984)。ベトナムの青磁も瓷石を主原料としたと考えられる。中国南方の窯では南宋以後、Al₂O₃の値が20%以上と急増している。これは風化の進んだ瓷石を用いるようになったことや、原料の粉碎、水簸など処理技術の進歩による(郭1984)。Go Sanh窯のSiO₂の値はChu Dau窯やCay Me窯と比べ高く、Al₂O₃の値は低い。この点をGo Sanh窯より他の窯が原料の精製方法が進歩している、あるいは製品の製作年代が新しいと解釈することも可能だが、考古学的方法とあわせて検討する必要がある。

釉：ベトナム・中国の青磁釉の組成分布(Fig.3)をみると、Al₂O₃の値はCay Me窯以外の試料では15-18%を示し、SiO₂はいずれの窯も60-65%を示す。ベトナムの試料は、素地と同様南方の龍泉窯に近い値である。しかし龍泉窯の青磁の釉には0.1-0.6%程度のMnOが含まれ(張1985)、この点は釉からMnOが検出されないベトナムの青磁とは異なる。

まとめ

化学組成の分析から、ベトナム陶磁は中国陶磁と主成分の組成が類似し、青磁については特に中国南方の窯と類似していることが明らかになった。しかし、釉に含まれる微量元素には青花、青磁それぞれにベトナムに特徴的なものがある。主元素からは原材料の選択など製作技法に関する議論、微量元素からは原産地に関する議論を行うことが可能である。

文献 青柳洋治・小川英文(1992):東南アジア考古学会会報, 12, p.58-74; 郭漢儀(1984):中国古代陶磁科学技術成就, 上海科学技術出版社, p.146-161; 町田市立博物館編(1994):町田市立博物館図録第84集, 95p; 矢部良明(1978):陶磁大系47, 平凡社, 143p; 張福康(1984):中国陶磁科学技術成就, 上海科学技術出版社, p.162-173



Fig.1 ベトナム窯址分布図

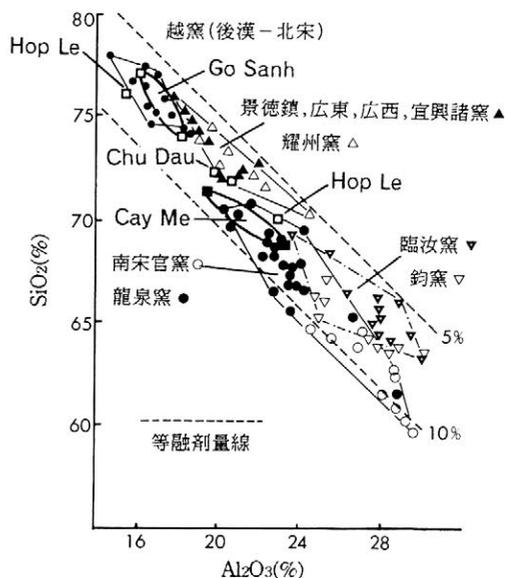


Fig.2 ベトナム・中国青磁素地組成分布

アルカリ及びアルカリ土類金属の酸化物の含有量の総和はいずれの試料も5-10%の範囲に入る。ベトナム陶磁の分析値はグラフの左上-中央付近にあってSiO₂の値が比較的高く、Al₂O₃が低く、中国南方の越窯や龍泉窯に近い値を示す。

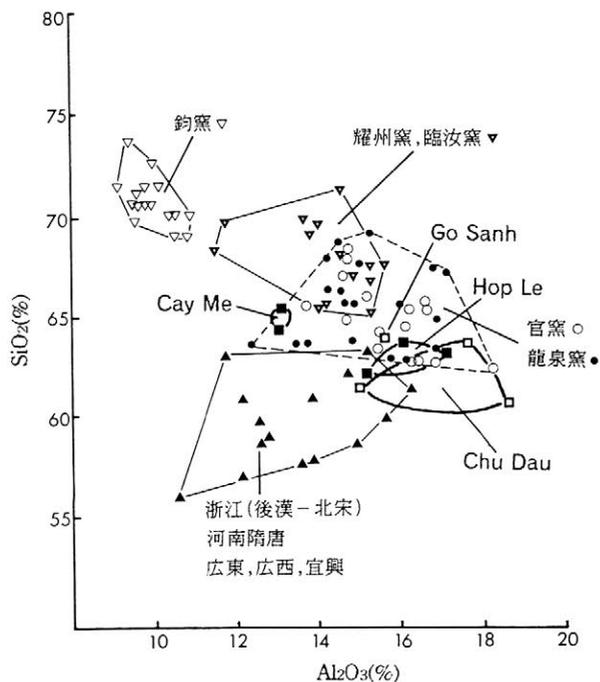


Fig.3 ベトナム・中国釉組成分布

ベトナム陶磁の分析値はSiO₂が60-65%、Al₂O₃が12-18%で、素地と同様、主成分は龍泉窯に近い値を示す。

弥生墳丘墓の人骨下の土壤中に 残存する脂肪の化学分析（2）

橋本清一（京都府立山城郷土資料館）
佐藤昌憲（京都工芸繊維大学）

1. はじめに

我国では、埋葬施設内の被葬者の遺体は、水分や微生物等によって分解し、人骨までも無くなっているのが普通である。近年の分析技術の進歩もあり、中野（1989）らによって、日本各地の土壤や各種考古試料について、残存脂肪の研究が進められている。筆者らは、まず人骨が、埋葬時のままに残っている例について、その直下の土壤中に、残存する脂肪の化学的分析を試みた。さらに、人骨が残っていない土壤墓内の土壤についても、同様に試みた。

2. 試料および分析方法

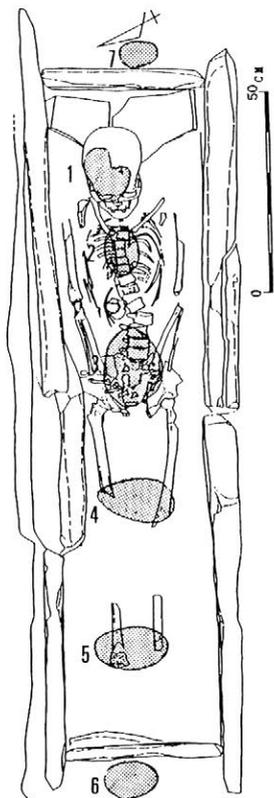
分析試料は、兵庫県佐用郡佐用町の横坂丘陵遺跡にある弥生時代後期と考えられる墳丘墓の箱式石棺内の20歳代の女性の被葬者の人骨直下の土壤である。

別の分析試料は、兵庫県氷上郡春日町の七日市遺跡ⅢD地区にある弥生時代中期（畿内第Ⅳ様式）の墓域内の土壤SK26と土壤SK07内の下層部の土壤である。

土壤試料に、クロロホルム-メタノール（2：1）混液を加え、超音波処理をする操作を4回繰り返し、1%塩化バリウムで分離、濃集乾固し、抽出量を秤量する。次に、5%塩酸メタノールを加え、125℃で3時間メタノール分解し、メチルエステル化する。シリカゲル薄層クロマトグラフィーで分離精製する。ステロールをアセテート化して、ガスクロマトグラフィーでステロール類を同定した。

3. 結果と考察

残存脂肪の抽出率は、0.0025～0.0287%と一般的な値である。横坂丘陵の被葬者の人骨直下の土壤には、人骨の分布と対応して、コレステロールが検出されたが、箱式石棺外では検出されなかった。また、コプロスタノール/コレステロールの比は2.8であり、現代人の女性と同じ値を示した。弥生後期の井の端7号墓の箱式石棺内の男性の人骨下の土壤でも、同様に人骨と対応するようにコレステロールが分布し、コプロスタノール/コレステロールの比は現代人男性に近い値が得られており、埋葬姿勢や性別を決定することが期待される。人骨が残っていない七日市遺跡の土壤内の土壤試料も、同様に対応しているように考えられる。今後、これらの類例を増やすことによって、人骨まで残っていない例についても、どの程度把握できるのかを分析していく必要がある。



横浜丘陵遺跡 箱式石棺

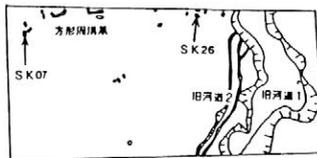
人骨直下の土壌試料の採取位置

残存脂肪の抽出量

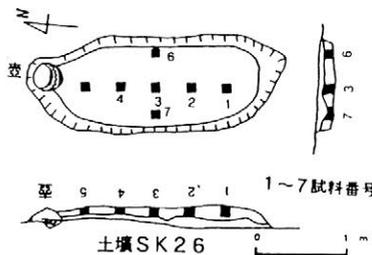
試料番号	自然乾燥 重量 (g)	脂質 抽出量 (mg)	脂質 抽出率 (%)	土の粒度
1	317.1	7.8	0.0025	礫混りシルト
2	289.0	5.8	0.0024	■
3	510.3	27.3	0.0053	■
4	277.7	16.2	0.0058	■
5	561.8	30.6	0.0054	■
6	219.6	39.7	0.0181	シルト
7	183.2	52.1	0.0284	■

残存脂肪の6種類のステロール組成

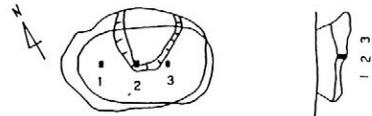
試料番号	コプロスタノール (%)	コレステロール (%)	コプロスタノール / コレステロール	エルゴステロール (%)	カンペステロール (%)	スチグマステロール (%)	β-シトステロール (%)
1	—	27.8	—	1.2	37.3	4.1	29.0
2	—	42.4	—	3.5	10.8	4.8	38.6
3	28.9	10.3	2.8	0.6	10.4	7.0	42.7
4	—	14.0	—	1.9	14.6	6.0	63.5
5	—	24.2	—	0.6	14.5	7.4	53.3
6	—	—	—	5.6	16.1	7.5	70.8
7	—	—	—	15.4	12.2	5.0	67.4



III D地区平面図



土壌SK26



土壌SK07

七日市遺跡III D地区土壌内の土の採取位置

残存脂肪の抽出量

試料番号	自然乾燥 重量 (g)	脂質 抽出量 (mg)	脂質 抽出率 (%)	土の色と粒度
SK26-1	298.6	55.8	0.0187	黒色シルト (カロボクシ)
SK26-2	348.4	60.9	0.0175	■
SK26-3	272.8	58.0	0.0213	■
SK26-4	321.1	54.5	0.0167	■
SK26-5	290.0	83.1	0.0287	■
SK26-6	285.8	42.6	0.0152	■
SK26-7	359.9	41.5	0.0116	■
SK07-1	243.4	50.6	0.0208	■
SK07-2	144.6	23.0	0.0159	■
SK07-3	145.4	40.5	0.0279	■

残存脂肪の6種類のステロール組成

試料番号	コプロスタノール (%)	コレステロール (%)	コプロスタノール / コレステロール	エルゴステロール (%)	カンペステロール (%)	スチグマステロール (%)	β-シトステロール (%)
SK26-1	—	12.8	—	6.0	51.6	4.3	25.3
SK26-2	—	9.7	—	4.2	40.0	8.9	37.2
SK26-3	12.9	6.5	1.98	15.1	44.3	—	20.6
SK26-4	3.0	11.7	0.26	9.4	43.0	4.1	28.8
SK26-5	5.8	10.6	0.55	5.9	40.1	7.0	30.5
SK26-6	5.6	9.8	0.57	7.6	39.5	8.3	29.3
SK26-7	5.6	16.4	0.34	3.6	42.7	5.6	26.0
SK07-1	4.3	10.9	0.39	3.5	52.1	9.3	19.9
SK07-2	—	31.0	—	—	50.2	—	18.8
SK07-3	—	32.1	—	10.4	45.3	—	11.1

土器に吸着された脂質の基礎的研究（2）

堀内晶子、押川克彦、北有紀子
国際基督教大学理学科

1. はじめに

古代人の食生活を研究する上で、脂質の分析は重要な役割を担っている。土器に吸着された脂質を分析する上での問題点は、分析の為に抽出した脂質の組成が、はたして、古代人が使用した脂質の組成を反映しているか否かである。そこで植物種子から採取した脂質を土器モデルに一度吸着させ、回収した後の脂質成分と、従来その植物に含まれている脂質成分を比較検討した。

2. 分析方法

試料：種子は殻を除き、粉碎器で砕いた後、圧搾法により油脂を採取し、不溶性の不純物はメンブレンフィルターを用いて除去した。土器モデルは、ICUキャンパス内から採取した粘土を板状に加工し、電気炉で800度、5時間焼いたものを、約1cm³に切断したキューブを用いた。

吸着と回収：オニグルミとツバキをそれぞれ以下の要領で吸着させ回収した。

1) 脂質を土器モデルに滴下し、土器表面から2mmの深さまで吸収、吸着させた後、CH₂Cl₂ : MeOH = 2 : 1 で超音波装置を用いて抽出、回収し、BF₃ · MeOH, MeONa/MeOH を用いてメチルエステル化した。

2) 脂質濃度が脂質と土器成分との相互作用に影響するか否かを調べる為、一度 1) のように脂質を吸着させた後、CH₂Cl₂ : MeOH = 2 : 1 を滴下して土器表面から5mmの深さまでさらに浸透させ、単位土器あたりの脂質濃度が低くなるようにした。上記同様に回収、メチルエステル化した。

分析：定性には、シリカゲル薄層クロマトグラフィー（hexane : ethylacetate : acetic acid = 80 : 20 : 1, Morstein 試薬）を用いた。メチルエステルのみ分離が必要な場合にはシリカゲルによるカラムクロマトグラフィーを行なった。脂肪酸メチルエステルは Shimadzu/Kratos 社の GC-MS Profile を用いて分析した。

3. 結果と考察

植物種子にはさまざまな物質が含まれているが、脂質をメチルエステル化後シリカゲルを用いてカラム分離すると、Fig. 1 に示す様に脂肪酸メチルエステルのみを単離することができる。

オニグルミの総脂質回収率は、実験1) 97±2 %、実験2) 52±7 % となり、単位土器あたりの脂質濃度が低くなると低くなる事が分かった。回収した脂質の組成を分析すると、実験1) は Fig. 2 に示す様に、もとの脂質と同じ成分がほぼ同等の割合で含まれていることが分かった。実験2) は Fig. 3 に示す様に、含まれている成分には変化がないが、その

割合は特にC18:1の比率が著しく増加し、逆にC18:2が減少している。同様の実験をツバキの脂質を用いて行くと、総脂質回収率は、実験1) 98±1%、実験2) 93±3%となり、両方共ほぼ完全に回収される。回収した脂質はFig. 4、Fig. 5、に示す様に、実験1)、実験2)共に成分、割合の変化がほとんど見られない。

オニグルミもツバキも脂質成分が同じであるにもかかわらず回収された成分比変化に差があるのは、1) オニグルミの主成分であり、ツバキには少量しか含まれていないC18:2が主に土器成分と強く相互作用するため、オニグルミの回収成分比が大きく変化する。2) TLCで見られる様に、種子から採取した油脂には脂質意外の物質が多く含まれている。酵素など脂質以外の物質の影響がある。3) 土器に脂質を吸着させる際の時間的要素が回収率に影響する。等が考えられ、さらに詳しい検討が必要である。



Fig. 1 植物種子から採取した脂質のシリカゲル薄層クロマトグラフィー、hexane: ethylacetate: acetic acid = 80: 20: 1、Morstein試薬:
1.標準試薬: 上からトリオレイン、オレイン酸、コレステロール
2.オニグルミ 3.ツバキ 4.カヌギ 5.シイ
5.カラム分離後のメチルエステル化したオニグルミ脂質

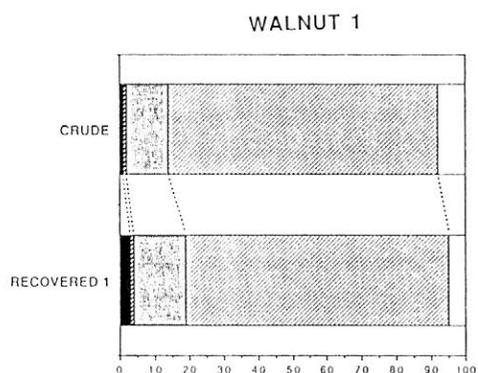


Fig. 2 オニグルミ脂質と回収した脂質の成分%

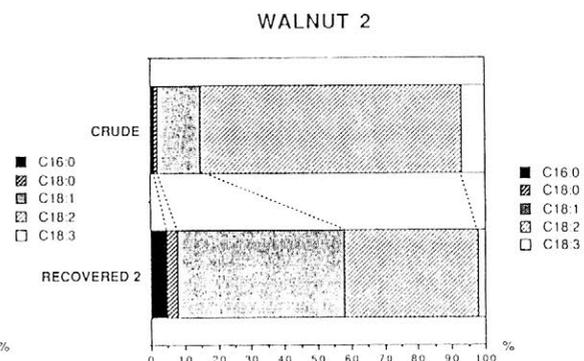


Fig. 3 オニグルミ脂質と溶媒を溶めて吸着させ回収した脂質の成分%

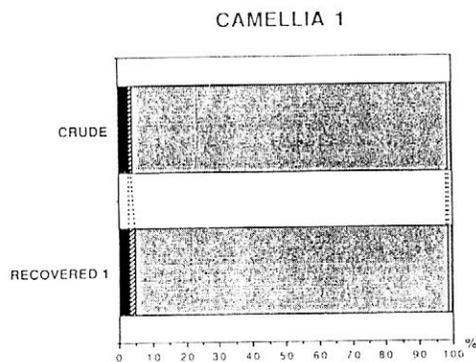


Fig. 4 ツバキ脂質と回収した脂質の成分%

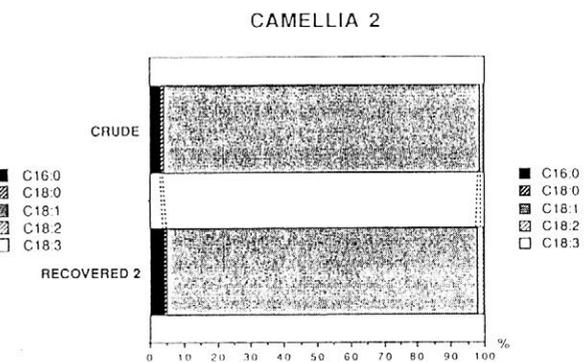


Fig. 5 オニグルミ脂質と溶媒を溶めて吸着させ回収した脂質の成分%

埼玉県寿能遺跡出土縄文漆器の研究(3) - 漆塗土器 -

成瀬正和¹⁾・岡田文男²⁾

1)宮内庁正倉院事務所

2)京都市埋蔵文化財研究所

はじめに

一昨年から埼玉県大宮市寿能低湿地遺跡出土の漆器について、X線分析(蛍光X線分析・X線回折)および薄片の顕微鏡観察を実施し、層構造や使用顔料に関する研究を進めている。今回は第3報として縄文中期から晩期(加曾利E期~安行期)の漆塗土器および漆液貯蔵土器32点について報告を行う。これまで縄文時代の漆塗土器の層構造調査は永嶋正春が東京都北江古田遺跡の縄文中期~後期土器について行っている程度である。

結果

①赤色漆塗土器

寿能遺跡の赤色漆塗土器は縄文中期後葉(加曾利E I~E III期)と縄文後期中葉(加曾利B 1~B 2期)の試料が纏っている。これらはいずれも精製土器である。前者では胎土の上に漆を1回塗り、その上に赤色漆を1回塗る層構造が基本である(図1)。これに対し後者では漆1回、赤色漆1回の構造の他に、漆1回、赤色漆2回(図2)、赤色漆1回のみ、あるいは赤色漆2回(図3)などがあり、層構造的には一定していない。

寿能遺跡の木胎赤色漆器は赤色漆層を2ないし3回塗布するものが一般的であるが、今回調査の土器試料については多くて2回であった。

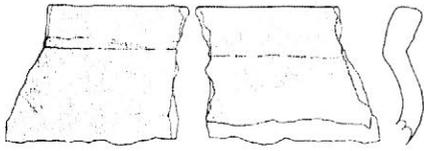
赤色顔料は縄文中期後葉の試料はいずれもベンガラ(酸化第二鉄)のみを用いている。これに対し縄文後期中葉の試料では朱(硫化水銀)の使用が認められるものも多い。朱とベンガラを併用する試料については最上層を朱層としており、この用法は寿能遺跡出土漆器に共通する。

また縄文中期から後期の試料では、該期の木胎漆器にときどき見られるような塗り直しは認められず、土器と木器の使用上の性格の違いを窺うことができる。

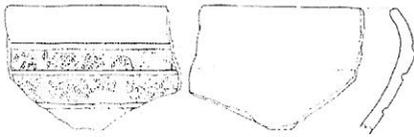
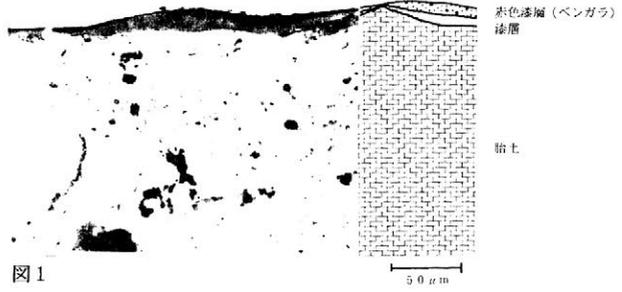
このほか縄文晩期に属す試料で胎土の上に炭粉下地、漆層、ベンガラ漆層、漆層、ベンガラ漆層を順次塗り重ねるものがあった(図4)。炭粉下地をつくる点、あるいは塗り直しを行っていると思われる点、木胎漆器的である。ただし本試料は精製土器ではなく、一般的な赤色漆塗土器とは言い難い。

②漆塗土器

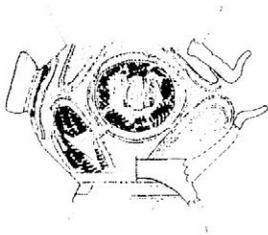
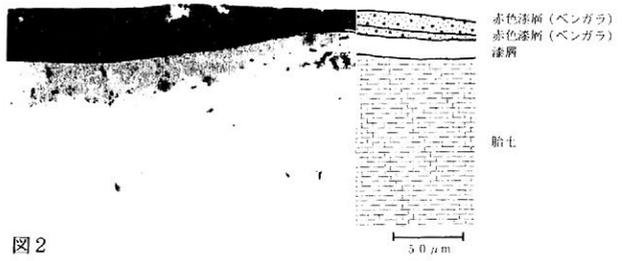
赤色顔料を混ぜない漆を塗った土器が縄文後期中葉の試料に認められた。漆層は薄片断面を観察すると透明ではなく懸濁している。生漆に近いものが用いられたものと推定している。



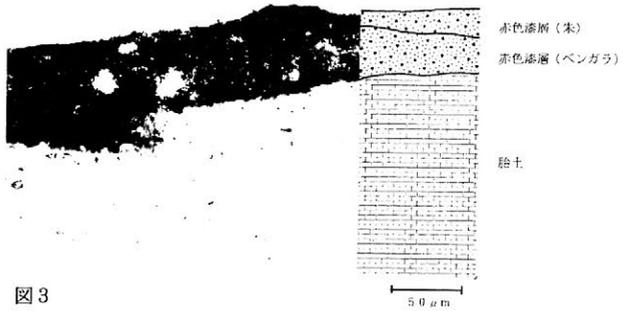
J 28 (縄文中期)



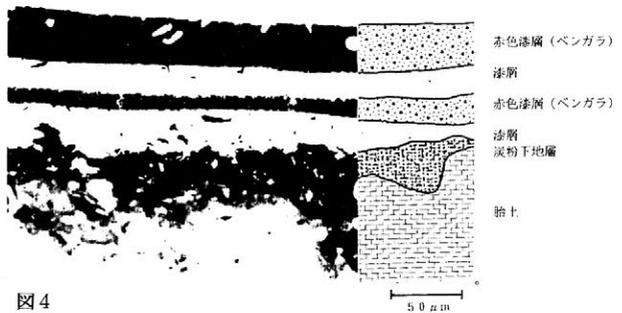
J 14 (縄文後期)



J 7 (縄文後期)



J 40 (縄文晩期)



寿能遺跡出土漆塗土器の層構造

刀剣類の外装に使用された木材

藤ノ木古墳出土遺物を中心に

福田 さよ子(樫原考古学研究所)

島地 謙 (京都大学名誉教授)

1)はじめに

古墳時代の遺物としての刀剣は、その大半が古墳から出土するものである。

従来の刀剣の研究は、鉄身部分や金属質の外装部分(柄頭装具など)の形態的なものが中心であった。これは、残存状態の良い金属部分に注意が優先することが大きな理由の一つであると考えられる。

そんな中で、各地で出土する残存状態の良い有機質の刀剣装具については、形態的な観点からの重要な研究が早くからおこなわれてきた。

保存科学をはじめとする文化財科学の研究がめざましい発展を見せている昨今では、出土遺物の刀剣類にわずかながらも付着して残存する有機質を、従来までの形態的な研究に加えてさまざまな方面から観察・研究することが可能になってきた。

ここでは、古墳から出土する刀剣類に伴う有機質の中でも、木質の‘樹種’をとりあげる。

今回は、奈良県斑鳩町に所在する『藤ノ木古墳』出土の刀剣類を主に取り上げた。

藤ノ木古墳から出土した刀剣類は、保存状態がたいへん良かったため、木質を使用した外装の形態がよく観察された。

当研究はこの木質を刀剣類の各部位毎に樹種同定をおこない、古墳に埋葬されるという“ハレ”の道具、中でも権威の象徴である“飾り大刀”に使用された用材を明らかにすることと、部位による用材の選択を見てゆくことを研究テーマとして、1994年度の文部省科学研究費を受けた。

2)試料採取の方法

採取した試料がどの刀(または剣)のどの部分であるのかが最も重要であり、またそれが極力遺物を損なわない採取の方法を必要とするものである。

藤ノ木古墳の遺物の場合は、幸いなことに遺存状態があまりに良すぎたため、多くの情報を提供してくれるものであったので、時間をかけて処置がなされた。その間に各部位を確認しつつ試料を採取することができた。

本来であれば、非破壊では同定にかなりきびしい限界があるので、部分的に遺物に何らかの傷をつけてしまうので、出土状態の図から略図をつくり、それに採取箇所をマーキングする一方でボラロイド写真を撮影し、そこにもマーキングをしながら資料採取をおこなった。

3)樹種同定

鉄に付着して錆化の著しい木質の同定は、これまでも幾人かの先学諸氏がおこなっておられ、その方法も幾通りかが考えられる。

ここでは樹脂包埋したブロックをマイクロームでセクショニングする方法をとった。

包埋にはセロイジン(Celoidine)を使用し、セクショニングした切片はアルコールシリーズで脱水した後キシレンで透徹し、永久プレパラートに仕上げ、生物顕微鏡で検鏡をおこない、観察・同定した後写真を撮影した。

4)導き出される結果

以上のような行程で得られた藤ノ木古墳の刀剣装具に用いられた用材の同定結果から、次のようなことが言える。

- ① これらの刀剣装具では、鞘と柄とは別の種類の材を使用している。
- ② 鞘尻装具が附く組み合わせの鞘を持つ刀剣類では、鞘尻装具と柄の材は同じものを使用している。
- ③ 柄は、柄頭・柄間・柄縁とも同じ材を使っているようであるが、この内のいくつかは一木で作っているものもありそうである。
- ④ 鞘材に針葉樹が使われるのは、材の性質上納得がいくが、大刀4には鞘材に広葉樹のシイ属を使用している。
- ⑤ 他的大刀とは形状を大きく異にする大刀2は、日本ではあまり良材とはいえないマツ(二葉松)を用いている。

5)今後の課題

以上、藤ノ木古墳から出土した刀剣類の部位別樹種同定から導き出された結果を、簡単にまとめてみたが、これらから研究テーマをさらに広げることができる。

最も興味深いテーマとしては、半島系のものである円頭大刀に、他的大刀と異なる材を使用していることが確認できたことにより、藤ノ木古墳以外の遺跡から出土している国外産および国外産系と言われているの大刀の用材を調べることも重要になってくる。その結果、金銅などで被覆され外見的には認識されない部分にも、何らかの系統的な差異が確認できるであろう。

他にもいくつかのテーマは考えられるが、問題点も多くある。

最も大きな問題は、銹化の著しい木質の樹種同定の限界をいかに広げるかである。また、被服金属の遺存状態の良い刀剣類は、ベースの木質をサンプリングすることがかなり困難であるし、過去出土したいくつかの遺存状態の良い刀剣類はさまざまな指定を受けているので非破壊で調査のできないこの方法では扱えない。

以上問題点も多々あるが、今までとは少し方向を変えて、刀剣類の研究と自然科学からのアプローチである樹種同定の結果とを組み合わせることにより、新しい研究を進めて行くことができる。

藤ノ木古墳出土繊維の形状変化比較

吉松 茂信^① 前園 実知雄^②

① 正倉院事務所

② 榎原考古学研究所

はじめに

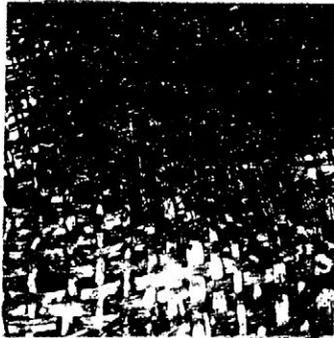
日本古代の繊維遺物として遺跡や古墳など地中から出土するものと、法隆寺や正倉院などのように地上で保存されてきたものがありそれらの形状変化を比較すると異なった変遷が認められる。古墳から出土するほとんどの繊維類は銅製品や鉄製品などに付着して出土し、保存の良い古墳においては人骨に繊維が付着した状態で残る場合もある。これらの繊維のほとんどのものは劣化が進み繊維のやせの為元の形状を知ることは難しい。

藤ノ木古墳の水面下繊維は水中で保存されたため空気から遮断され繊維の劣化が進みにくく、一方水面上で保存された浮遊物繊維は劣化が進みその表面は黒や灰色に変化し、灰を固めたような状態で崩壊が進みつつある。しかし浮遊物繊維中、厚い繊維の重なりをもつものの中にはその内部に非常に良い状態のものがあり繊維の劣化の比較的進んでいない繊維も見いだされる。これらの藤ノ木古墳出土繊維中で比較的元の状態を保っていると思われるものがあり、同一裂上において保存の良いところと劣化の進んだ所を比較できる裂の資料や同裂と思われるものでその保存状態によって違いを比較できるものがあり、これらの繊維の比較資料は他の古墳から出土する繊維遺物の元の繊維形態を考察するうえで役立つとおもわれる。

藤ノ木古墳の繊維形状変化とその要因

藤ノ木古墳の石棺内には10cmほどの水がたまった状態で水面下及び水面上に多くの繊維が保存されていた。水面下においては最下層にクッションの役目を持たせるために真綿と屑裂を混入して敷きつめた上に絹裂を乗せ、その上には被葬者に関する繊維類及び剣、大刀、その他に関する繊維が確認できる。これらの水面下で保存された繊維類は空気から遮断されたため腐敗を免れた繊維についてみると劣化が比較的ゆるやかなことが確認できる。又棺底には多くの銅製品があり銅イオンの影響は繊維の保存によい影響を与えたと考えられる。浮遊物繊維の厚い重なりを持つものの中には円形金具、花卉型金具など多くの銅製品が裂の間に挟まった状態で残っており、それらの銅製品と接する繊維の保存状態は極めて良い。又浮遊物繊維は空気との接触によって繊維の劣化が激しく表面においては特に劣化による崩壊が進みつつある。又染色された繊維の中には媒染剤の影響と考えられる繊維の劣化が認められるものがあり、生糸を灰汁練りしていないセリシンの多い繊維と染色されセリシンの少なくなった繊維を同じ条件下で比較できる繊維資料を見るとセリシンの多い繊維がより堅牢であることが確認できる。

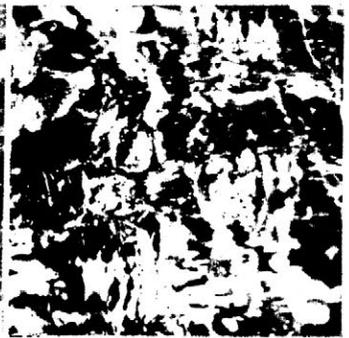
藤ノ木古墳出土織物の形状変化比較資料



平絹



同平絹の保存の良い部分



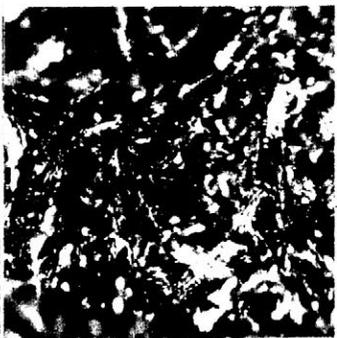
同平絹の保存の悪い部分



経錦



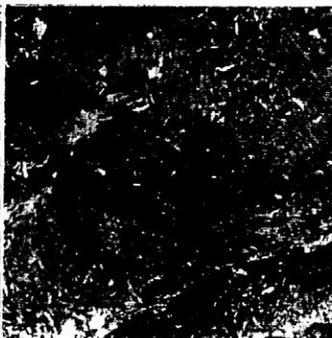
同種経錦の悪い部分



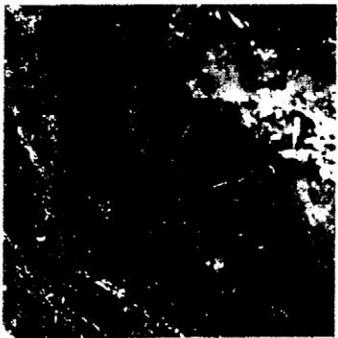
同種経錦の悪い部分の拡大



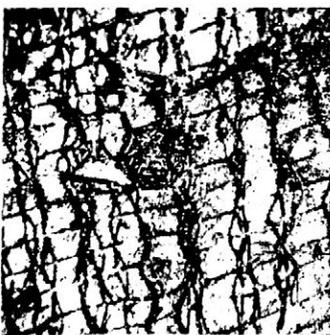
綾



同種綾の保存の悪い部分



同種綾の保存の悪い部分の拡大



箴目平絹



同箴目平絹の拡大



同種箴目平絹の保存の悪い部分

文化財材質の分光蛍光特性について

東北芸術工科大学芸術学部 松田 泰典

1. はじめに

文化財を構成する材質は多岐にわたるが、なかでも天然起源の材質はその組成のみならず劣化生成物が非常に複雑であり、保存や修復の上で必要な情報を得るための事前調査が難しいことが多い。材質の同定には、各種クロマトグラフィをはじめ赤外分光分析などの分析法が応用されてきた。そのなかにあつて、簡便法ではあるが、紫外線灯下での蛍光観察は一般的で、文化財表層部の非破壊診断法として利用され多くの実績がある。一方、演者らは分光学的手法の導入によって蛍光をより精密に観測する分光蛍光分析法に以前から注目し、天然染料をはじめいくつかの材質について応用を試みてきた¹⁾が、最近コンピュータの高品位化にともない、試料固有の指紋的情報である三次元蛍光スペクトル（「蛍光マップ（等高線図）」と仮称）の測定が可能となった²⁾。本報告では、各種材質の蛍光マップ測定を試み、その結果から導かれる本法の可能性と限界について議論する。

2. 測定方法と供試材料

分光蛍光分析には専用の装置を必要とするが、本研究では蛍光マップ測定に日立製F-4500型分光蛍光光度計を用いた。この装置は励起光源にキセノンランプを使用し、励起光用、蛍光用二つのモノクロメーターで分光するが、励起波長と蛍光波長を同時に高速でスキャンすることで、それらと蛍光強度との関係を示す蛍光マップを数分で測定できる。測定データは蛍光マップと相対強度からなり、いくつかの予想されるリファレンスのデータとの照合作業により未知試料の材質を特徴づけることができる。

本研究では、これまで実施した天然染料に加え、繊維（天然・合成）、ニスなどの樹脂（天然・合成）、油彩画用の油、螺鈿用の貝殻などを試料に選び蛍光マップの測定をおこなった。固体でも液体でも特別な前処理の必要はなく、極微量（糸ならば1本、固体ならば数mg）で直接測定が可能であり、他の方法と比べて有利な点が多い。

3. 測定結果

図1～図4（縦軸は励起波長、横軸は蛍光波長（nm））に示したように、いくつかの材質（修復材料も含む）で特徴的な蛍光マップを観測することができた。さらに染料や樹脂のように同種の材質のなかでの同定の可能性が生まれたケースもある。その一方で蛍光がきわめて微弱な試料もあり、また同種間の蛍光マップに明瞭な差異が認められない場合もあつて本法の限界もあきらかとなった。

4. 参考文献

- 1) J.S.Mills and R.White: The Organic Chemistry of Museum Objects, Butterworth-Heinemann, p.23, p.152 (1994)に総説掲載
- 2) 松田泰典: 蛍光分光法による古代染料の非破壊分析、第17回古文化財科学研究会大会講演要旨集 (1994)、p.28-29

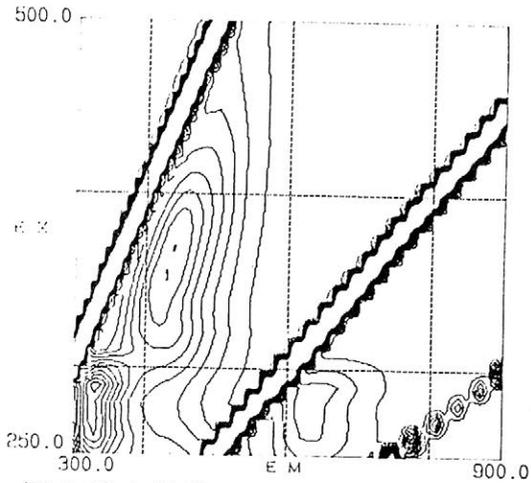


図1 絹の蛍光マップ

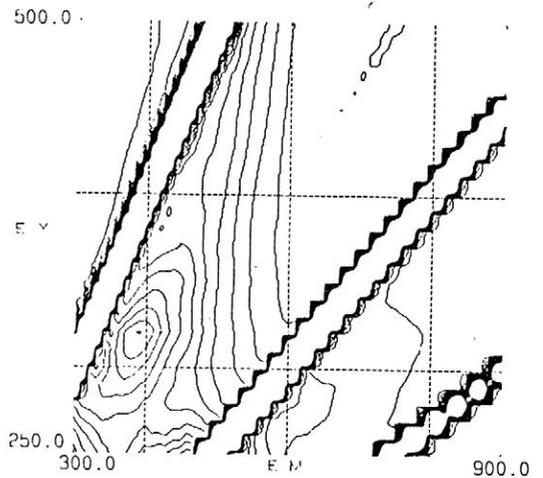


図2 リネンの蛍光マップ

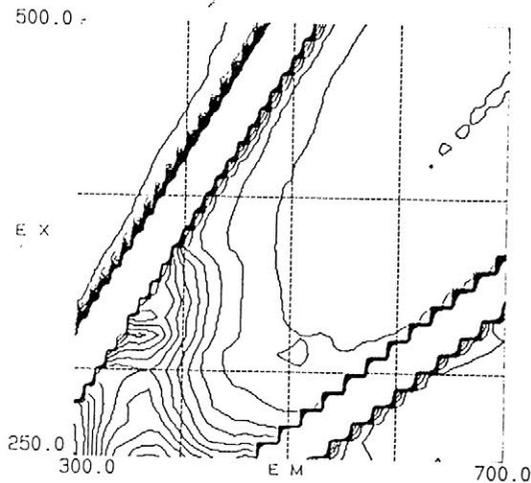


図3ポリエステルの蛍光マップ

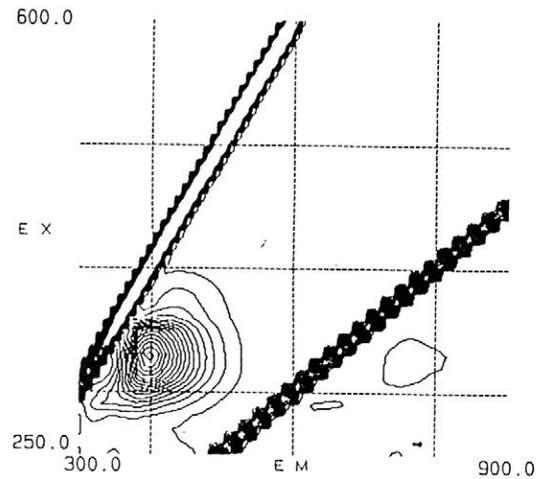


図4 ハロイド B-72の蛍光マップ

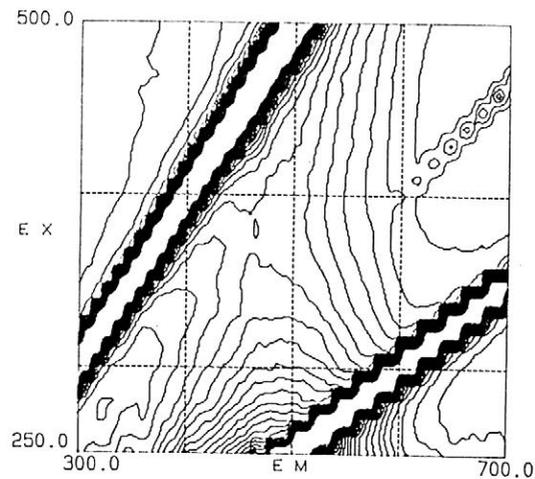


図5 コバルトの蛍光マップ

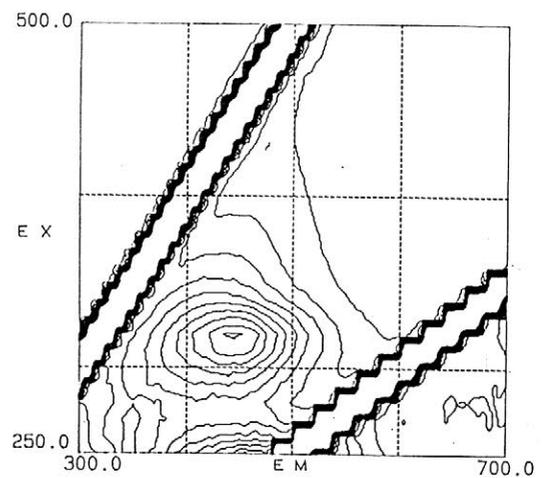


図6 マスチックの蛍光マップ

広隆寺聖徳太子像納入塞箱の製作法についての実験的考察

山崎隆之
愛知県立芸術大学

はじめに

広隆寺上宮王院の聖徳太子像は元永3年（1120）の製作で、歴代天皇の即位式に用いた御袍を着用することを慣例とし、平成6年の御更衣の儀に先立つ小修理の際、像内から各種の納入物が発見された。塞箱はその一点で、形状は八花形の被蓋造、その内外にそれぞれ金箔、銀箔をほどこし、表面には蒔絵風に鳥、蝶と各種植物文が描かれている。

器胎はほぼ麻布一層からなり、塞（脱活乾漆）の技法と似ているが、布の接着、下地ともに漆を用いないなど、塞技法としては本式ではない。また、文様は墨粉様の粒を蒔いてザラザラな面をつくり、その上に金箔を貼って浮き出させるなど蒔絵の便法とも見られる特異なものである。塞箱は12世紀はじめ頃のものと考えられ、平安時代漆芸技法の多彩な一面を示す貴重な作例である。

製作実験

現在脱活乾漆で器胎を作る場合、石膏や、木製の原型に離型のため和紙を貼り、糊漆で麻布を貼り重ね、型から外して下地、黒漆を施す。広隆寺の塞箱は糊漆を用いないため布層が不安定で、離型は困難と思われる。原型は布層を損ねることなく離型できるものでなければならず、土型と推察される。土型は奈良時代の塞製仏像に採用されたもので、壊して除去できるという利点がある。

その1 乾式法

- 1) 乾いた土型に麻布を糊で貼る。
- 2) 補強のため表面の下地、漆塗を先に施す。
- 3) 土型を除去する。
- 4) 内面の下地、漆塗を施す。

その2 湿式法

- 1) 柔らかい土型に麻布を押あてるようにして固定する。
- 2) その1と同様先に下地、漆塗を施す。
- 3) 乾燥後に土の収縮を利用して離型する。
- 4) 内面の下地、漆塗を施す。

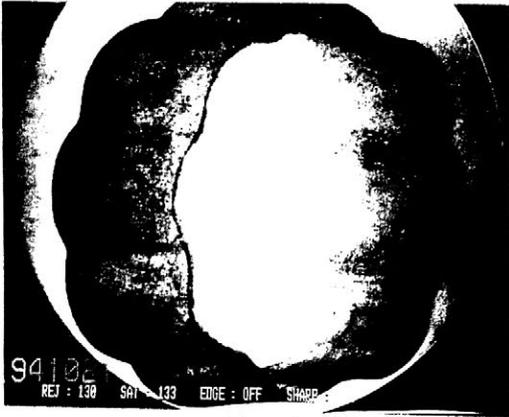
文様表現法

- 1) 漆で文様を描き、粗い墨粉または金剛砂を蒔く。
- 2) 全面に箔押漆を塗る。
- 3) 全面に金箔を押す。

考察

彫刻技法としての脱活乾漆は8世紀の末には廃れ、木心乾漆に変わる。一方、漆芸技法としては比較的後世まで続き、仁和寺の冊子箱や宝珠箱など平安時代前期の作例が残されている。しかしその後は変質を遂げ、金剛峰寺の念珠箱のように麻布を心にし、和紙を何枚も貼り重ねたようなものが現われる。広隆寺の塞箱は漆を使わないとはいえ、その製法は脱活乾漆の原点に立ち返った感があり、伝統技法の根強さを示している。

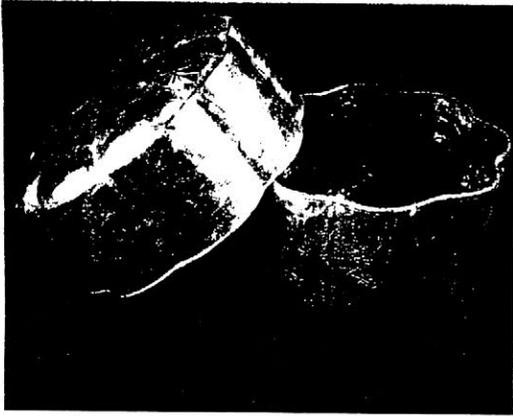
文様表現法は簡略化された蒔絵と言ってよく、蒔絵技法の幅の広さを示すとともに、鎌倉時代に現われる高蒔絵の先駆的技法としても注目されるであろう。また同じ金を用いながら光沢の差で文様を見せるのは金泥と截金の関係にも似て、平安時代の高度な美意識をよく表わしている。



X線写真



X線写真



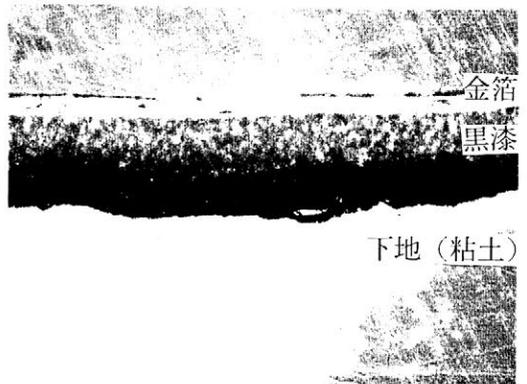
塞箱全景



顕微鏡写真 布、接着に漆用いない



顕微鏡写真 下地(泥地)



漆塗膜断層写真(岡田文男作成)

横浜市指定有形文化財「地蔵王廟」彩色塗膜層の研究

東北芸術工科大学芸術学部 塚田全彦、松田泰典

1. はじめに

横浜市指定有形文化財である「地蔵王廟」は、横浜市の中野街に中国からの移民のための墓地として1892年に建立された。過去に数回彩色を施し直したということが記録に残されているが、今回その解体修理に先立ち、彩色塗膜層を構成する顔料およびメジウムについて、試料を7カ所より採取し分析に供した。その結果をここに報告する。

2. 分析方法

顔料の分析には、採取した試料をポリエステル樹脂に包埋した後、試料の断面を研磨して露出させたクロスセクションを用いた。分析方法としては、光学顕微鏡により観察した後、エネルギー分散型X線マイクロアナライザー（堀場製作所製 EMAX-5770 および日立製作所製走査電子顕微鏡 S-2360N；以降 EPMA と記す）により各層ごとに元素分析を行い、その結果から主な顔料の種類を推定した。有機顔料を含むと思われる層については、その層を削り取り、アセトンとトルエンの混合溶媒により抽出されたものを、溶媒を揮発させた後、赤外線吸収スペクトル（Perkin-Elmer 社製 1600シリーズ FT-IR を使用；以降 FT-IR スペクトルと記す）をKBr 錠剤法により測定した。

またメジウムの分析は、各試料から単一の層を削り取り、FT-IRスペクトルをKBr 錠剤法により測定した。その結果からメジウムの種類を推定した。

3. 結果

試料断面の光学顕微鏡観察により、いずれも多層構造を成していることが判明し、多いところでは7種類の異なる塗膜層が確認できた。これらの各層の元素分析の結果から推定される顔料名を表1にまとめて示す。有色の層のうち、その色を示すような無機顔料の構成元素が検出されなかったものについて、溶媒抽出を試みたところ、赤および茶のいくつかの層で有機顔料が抽出できた。これらのFT-IRスペクトルを測定した結果、パーマネントレッドなどのアゾ系の有機顔料のものと非常に近いスペクトル

が得られた。これらの有機顔料が抽出できた層については、無機顔料と併せて表1に示した。

メジウムムの分析に関しては、FT-IRスペクトルを測定した結果、ほとんどの試料で共存する顔料のものと思われるピークが強く現れていたが、 1735cm^{-1} 付近に強い吸収を持つタイプ、 1540cm^{-1} 付近に強い吸収を持つタイプ、どちらにも強い吸収を持たないタイプの3種に分類できた。このうち、 1735cm^{-1} 付近の強い吸収はエステル結合によると考えられるが、さらに $1500\sim 1600\text{cm}^{-1}$ のベンゼン環の吸収等からフタル酸系のアルキド樹脂と推定された。また 1540cm^{-1} 付近に強い吸収を持つタイプは、メラミン樹脂と推定された。またどちらにも強い吸収を持たないタイプは、帰属を明らかにできないが、経年変化した漆と考えられるようなパターンでのFT-IRスペクトルが得られた。

表1. 試料の採取箇所および元素分析結果から推定される顔料

試料採取箇所	層番号および色	推定される顔料
天井：白	第1層(白)	酸化チタン
	第2層(白)	硫酸カルシウム、硫酸バリウム
	第3層(白)	リトボン
	第4層(白)	亜鉛華
	第5層(白)	リトボン
	第6層(白)	炭酸カルシウム
	第7層(白)	硫酸バリウム
天井：赤	第1層(赤)	炭酸カルシウム、ハーマネントレッド
	第2層(淡赤)	炭酸カルシウム、ハーマネントレッド
	第3層(白)	リトボン
天井：緑	第1層(緑)	硫酸バリウム、クロムグリーン
	第2層(淡緑)	硫酸バリウム、クロムグリーン
	第3層(黄緑)	リトボン、硫酸バリウム、クロムグリーン
	第4層(白)	リトボン
垂花門三方枳(右)	第1層(赤)	硫酸バリウム、ハーマネントレッド
	第2層(淡赤)	炭酸カルシウム、ハーマネントレッド
	第3層(赤)	炭酸カルシウム、ハーマネントレッド
	第4層(濃茶)	酸化鉄
垂花門柱	第1層(茶)	硫酸カルシウム、酸化鉄、ハーマネントブラウン
	第2層(濃茶)	酸化鉄
位牌堂入口飾り彫刻付仕切り	第1層(茶)	硫酸カルシウム、酸化鉄、ハーマネントブラウン
	第2層(濃茶)	酸化鉄
前廊扉付柱	第1層(茶)	硫酸カルシウム、酸化鉄、ハーマネントブラウン
	第2層(濃茶)	酸化鉄

ハギア・ソフィア大聖堂の建築材料の 物質科学的研究（その2）

○ 足立峰子・中井泉¹⁾・寺田靖子²⁾・Ahmet Güleç³⁾

1) 東京理科大学

2) 東北大・金研

3) イスタンブール修復研究所

1、はじめに

トルコのハギア・ソフィア大聖堂は高さ54m直径31mの大ドームをもつ6世紀に建設された初期ビザンティン建築を代表する歴史的建造物である。過去に数回、修復・改築がおこなわれたが、その詳細は不明な点が多い。ドーム内部の装飾に使われているモザイクガラスは、崩落に伴う大規模な修復により、6、10、14世紀のものが混在している。その化学組成は原材料や製造により変化が認められるため、時代特性を明らかにするため組成分析を行った。また、色ガラスの発色機構も考察した。レンガとの積み重ねにより大聖堂を構築しているモルタルは、壁体の修復に建築・改築当時と同じものを復元して用いることが必要とされている。組成分析を行い、原料の主成分である石灰分と増量材、増強材として加えられるレンガ・砂などの配合比率を求めて今後の修復時の資料とした。このように本研究では、建築材料の物質科学的研究により建築史・修復史に対する知見を与えることを目的とした。

2、試料

本研究で用いた試料は、モザイクガラスは天井ドーム内部の金箔入透明、銀箔入透明、赤色、青色、緑色、紫色以上6色の6、10、14世紀のものを合計51点、モルタルは、建物外壁は北西部6点、南西入口5点、南西正面11点、また天井ドーム内壁は11点と合計32点とした。

3、実験方法

モザイクガラスの化学分析はE P M A を、モルタルにはI C P 発光分光分析装置を用いて行った。E P M A の試料はモザイクガラスを樹脂に埋め込み表面を研磨して作成した。一方、I C P 分析ではモルタルを1 N の塩酸に溶解し、吸引ろ過により不溶物をろ別したろ液を用いた。モザイクガラスに含まれる遷移金属元素の状態分析は、高エネルギー物理学研究所の放射光実験施設ビームライン6 B の蛍光X A F S の測定装置を使用し、Cu、M

n、FeのK吸収端スペクトルを測定して考察した。モルタル中の揮発性成分の定量はPenfield法より行った。

4、結果・考察

A) モザイクガラス：E P M Aによる組成分析の結果いずれの色もNa、Ca、Siを主成分とするソーダ石灰ガラスであることがわかった。金、銀箔入りの透明ガラスについて分析結果からNa-Mg-Kの3成分系ダイアグラムを作成した(図.1)。図より、10世紀のガラスを主とする領域と6,14世紀領域のほぼ2つのクラスターに分けられることがわかった。この図を利用することにより試料の時代特定を行うことが期待できる。また、6,14世紀の試料が同じクラスターに含まれることより、14世紀には金、銀ガラスは作られておらず崩落した6世紀のものを再利用したことが明らかになった。この結果は14世紀は既にビザンティン帝国の衰退期にあたり金、銀箔入りのモザイクを作る経済的な余裕がなかったことと推定される。

モザイクガラスに含まれるCuの蛍光XAFSのスペクトルを図2に示す。標準試料のスペクトルとの比較により、14世紀の赤色ガラスは金属銅のスペクトルと位置、形状とも一致しており、また金属銅がガラスの赤色の着色剤として用いられていることとも矛盾しないので、発色原因は金属銅であることが明らかになった。

B) モルタル モルタルのICP分析による組成分析とPenfield法の2種類の分析結果より主成分である炭酸カルシウムの量とそれ以外の混入物の混合比率が求まった。この結果、ドーム内壁と外壁の北西部のものは一般に外壁の南西入口、南西正面のものよりも石灰量が多いことがわかった。また、内壁のモルタルは1cm角以上の大きいレンガを含んでいることがあり、レンガの混入の割合も高いことがわかった。

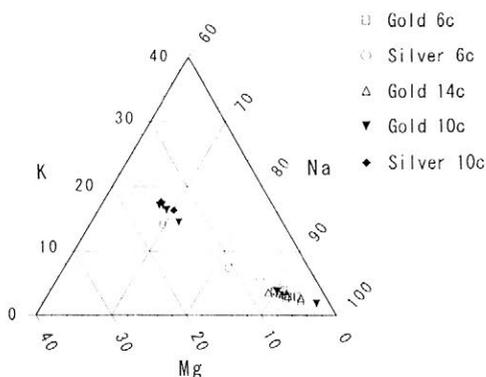


図1. 透明ガラス Na-Mg-K 3成分系

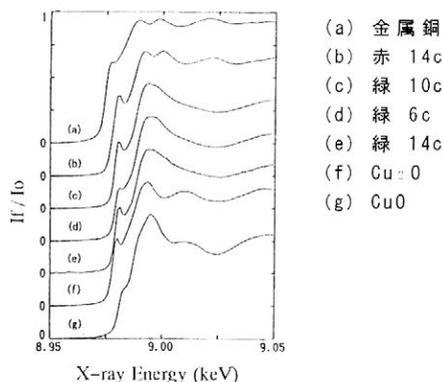


図2. Cu蛍光XAFSスペクトル

日本出土の12世紀のカリウム鉛ガラス

山崎一雄¹⁾・肥塚隆保²⁾・大庭康時³⁾・白幡浩志⁴⁾

(1) 名古屋大学・(2) 奈文研・(3) 福岡市埋文・(4) 室蘭工大

1. はじめに

カリウム鉛系($K_2O-PbO-SiO_2$)ガラスは、山崎一雄(1987)による従来調査では中国の宋代(965年)にはすでに存在していたことが明らかにされていた。また、Brill(1993)によると、この系のガラスは、中国に限られたものであるとしている。しかし、最近の筆者らの調査によると、カリウム鉛系ガラスは12~13世紀頃の日本ですでに存在したことが、そして日本産の鉛鉱石を原料として中国で開発された技術によって製造されていたことが明らかになった。以下若干の試料について、化学分析と鉛同位体比を測定したので報告する。

2. 分析試料

No1: 博多遺跡群第59次調査のピット0018から出土した無釉壺内に付着していた緑色透明ガラス。12~13世紀頃のものと推定。

No2: 博多遺跡群第62次調査で出土した(1)同様な無釉壺内に付着していた緑色透明ガラス。12~13世紀頃のものと推定。

No3: 神戸市上脇遺跡(中世の墓)から和鏡にともないガラス小玉10個(数珠状)が出土した。その内の2点は風化は進んでいるが、内部には緑色透明ガラス部分が残存していたので測定試料とした。12世紀末~13世紀初頃のものである。

No4: 宮崎県東霧島神社境内遺跡出土のワッカ状を示す緑~淡青緑色透明ガラス玉(1)と緑色透明ガラス小玉(2)。いずれも13世紀前半頃と推定。

No5: 神戸市本山北遺跡出土のガラス小玉1点。風化が著しく新鮮な部分は残存せず参考試料とする。11世紀末~12世紀頃のものと推定。

No6: 福岡県太宰府市条坊19~71次の調査で多数のガラス玉、ガラス容器片が出土した。ここでは淡青色透明ガラス壺(1)(12世紀後半)、緑色透明ガラス玉(2)(4)(12世紀後半)、緑色透明ガラス塊(3)(13世紀後半)について測定した。

3. 分析の方法

ガラスの化学成分については、風化部分を除去したのち微小領域エネルギー分散型蛍光X線法(検出した各元素の酸化物の合計が100%になるように、標準試料を用いて、FP法により定量規格化した)、および一部の成分については誘導結合プラズマ発光分析法(ICP法)と蛍光分析法(アルカリ元素)により定量した。

鉛同位体比については、試料から鉛を抽出後Finigan-Mat262質量分析計(室蘭工業大学設置)をもちいて測定した。ここでは操作の詳細は省略する。

なお、風化物質の同定は、蛍光X線分析と粉末X線回折法によりおこなった。

4. 分析結果

4-(1) ガラスの化学成分

各試料を分析した結果、すべての試料から主成分としてカリウム、鉛、珪素を検出した。これらの試料は風化の著しい(5)を除くと、 K_2O : 7.4~11.4%, PbO : 41.3~60%, SiO_2 : 30~46%で Na_2O , MgO , CaO , Al_2O_3 などはほぼ1%以下であり(表-1)、カリウム鉛系(K_2O - PbO - SiO_2)ガラスに属するものである。以上の事は、12世紀頃にはすでにカリウム鉛系ガラスが日本で流通したことを示しているものである。

表面の風化部分は、いずれも K_2O が著しく減少し、 SiO_2 が増加している。 PbO も減少していることが多い。いっぽう、ガラス表面に形成する淡黄褐色ないし白色の風化物質からは、 $Pb_3(PO_4)_2$ や $Pb_5Cl(PO_4)_3$ 、 $PbCO_3$ などが検出され埋蔵環境を推定する上では重要となる。

	No1	No2	No3	No4-(1)	No4-(2)	No6-(1)	No6-(2)	No6-(3)	No6-(4)
SiO_2	30.5	-	36.7	45.9	36.2	41.3	38.5	36.1	34.8
PbO	59.9	46.5	53.0	41.3	50.9	46.6	49.2	50.7	53.6
CuO	0.38	0.23	0.9	1.4	0.7	0.6	0.6	1.2	0.3
Na_2O	0.14	0.31	0.3	0.2	0.3	tr	tr	tr	0.2
K_2O	8.37	7.49	8.3	10.8	11.0	11.3	9.5	11.7	9.3

表-1 各試料の分析結果(成分の一部) (No3~No6はXRF法による)

No5の内部からは、 PbO , SiO_2 と3~4%の K_2O を検出し、カリウム鉛系ガラスと推定。

4-(2) ガラスの鉛同位体比

今回は試料No1, No2の各試料について、鉛同位体比の測定をおこなった。両者の値は近く、同一の鉛鉱山産の鉛鉱石を原料としたガラスであると考えられる。

これら試料の $^{208}Pb/^{206}Pb$ と $^{207}Pb/^{206}Pb$ を両軸とする図上にとれば、各試料は日本産の鉛鉱石が示す範囲の中に入り、これらは長崎県対馬の対州鉱山産の鉛鉱石が示す同位体比と一致する(表-2)。即ち両者は共に対州鉱山産の鉛鉱石を原料として製造されたカリウム鉛ガラスで、7世紀後半から8世紀にかけて製造された国産の鉛ガラスとは異なった鉱山の鉛鉱石が使用されたことを示している。なお、馬淵らの調査によると、対州鉱山産の鉛鉱石が使用された例は、大阪府泉市槇尾山施福寺2号経塚出土の鉛ライム系ガラス製の壺片(平安時代)、太宰府市で発見された買地券、福岡市海の中道遺跡出土の鉛錘などがある。

	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
No. 1**	18.473	2.1118	0.8479
No. 2**	18.455	2.1099	0.8475
対州鉱山の鉛鉱石*	18.476	2.1099	0.8479

表-2 カリウム鉛ガラスの鉛同位体比

*:馬淵久夫ほか(1988)、**: $^{206}Pb/^{204}Pb$, $^{208}Pb/^{206}Pb$, $^{207}Pb/^{206}Pb$ について、それぞれ $\pm 0.02\%$, $\pm 0.01\%$, $\pm 0.01\%$ である。

古代ガラスの材質に関する歴史的変遷

- ガラス原料および産地に関する諸問題 -

肥塚 隆保
奈良国立文化財（研）

1. はじめに

古代ガラスの材質や産地に関しては、従来から山崎一雄（1987など）、馬淵久夫等（1988）などによって研究されてきた。最近、筆者らによる詳細な研究により、日本において流通したガラス材質の変遷の歴史が明らかになってきた（図-1）。しかし、そのいっぽうでガラス原料やその産地などに関する新たな諸問題が生じてきたので、今回は鉛バリウムガラス、カリガラス、ソーダ石灰ガラスについて再検討を加えた。

2. 弥生時代のガラス

(1) PbO-BaO-SiO₂系ガラス

鉛バリウムガラスについては、鉛同位体比法によりその産地が中国であることは明確にされている。中国において、鉛バリウムガラスは鉛鉱石とバリウム鉱石が共伴する河南省、湖南省などで多量に出土することから、原料鉱石にはこれらの地方の鉛鉱石とバリウム鉱石が共伴する鉱石が原料として使用されたと推定されている（しかし、鉛バリウムガラスは遼寧省、湖北省など広い範囲から出土の報告がある）。

今回はこれらを検証するため京都府、奈良県、兵庫県などから出土した鉛バリウムガラスに含有するBaOとPbOの相関を調べた。

その結果、若干のバラツキを示すもののほぼ相関が成り立っており、原料鉱石として鉛鉱石にバリウム鉱石が共伴するという仮定が成り立つことが明らかになった。また、鉛バリウムガラスにはBaO、PbOが少なくNa₂Oがやや多いタイプも存在することも明らかになりつつある。これらは産地を特定するうえでは重要となる。

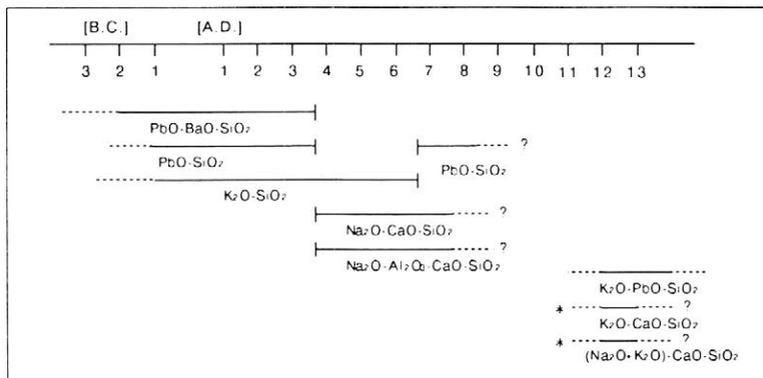


図-1 古代ガラスの材質の変遷

(* 北海道の一部で流通)

(2) K₂O-SiO₂系ガラス

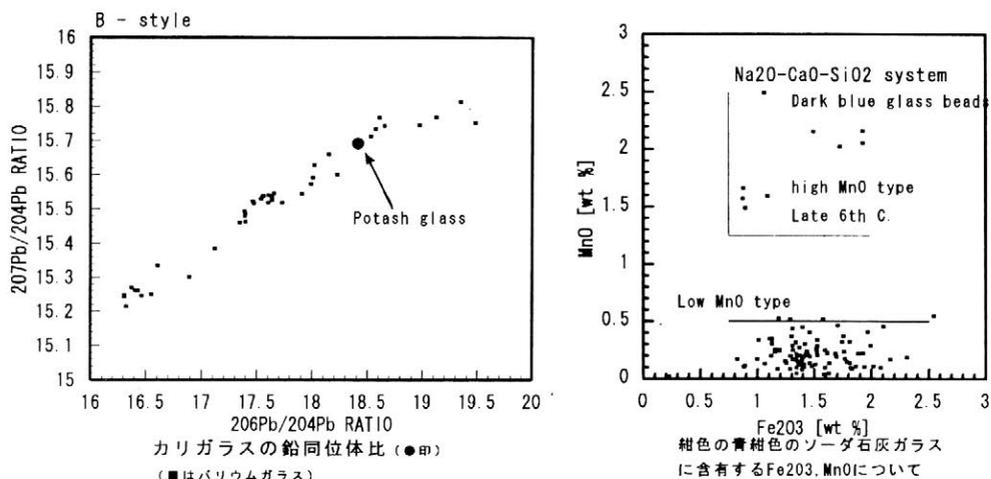
カリガラスは弥生時代、古墳時代に流通したガラスである。カリガラスは、中国、日本、インドなどで出土の報告があるが、特に中国では多量に出土する。特に、鉛鉱石があまり産出しない広東省、広西壮族自治区などで出土する。カリガラスがどこの国で製造されたのかはよくわかっていないのが現状であった。今回は、カリガラスに含有する微量の鉛（着色材料に伴う不純物成分）を使用して鉛同位体比を測定した。その結果、鉛バリウムガラスに使用されている鉛の同位体比ときわめて近い値を示すことが明らかになり、カリガラスは中国で製造されたものと考えて矛盾するものでない。

3. 古墳時代のガラス

(1) Na₂O-CaO-SiO₂系ガラス

ソーダ石灰ガラスでできた青紺色透明小玉は、例外的なものを除くとAl₂O₃含有量の少ないタイプに属する。青紺色の発色は、コバルト（鉄も関与している）によるもので、これらはカリガラスでも同様であるが、カリガラスにはかならずMnOが1%以上含有する特徴をもち、これらは中国のコバルト鉱石（ガラスの着色剤）の特徴であるとされている。3世紀後半から出現した青紺色のソーダ石灰ガラスには、MnOがわずかに含有しないことから、この当時のものは、中国のコバルト鉱石を使用したものではないと推定できる。いっぽう、6世紀後半頃になると、MnO含有量の多い青紺色のソーダ石灰ガラスが流通をはじめており、中国のコバルト鉱石を使用したソーダ石灰ガラスが日本に伝えられたことになる。以上の事は、6世紀後半頃には原料の異なる2種類の青紺色ソーダ石灰ガラスが流通していたことになる。

中国では3世紀頃には西洋からの輸入原料によりソーダ石灰ガラスが製造された可能性もあり、これが当時の日本に伝えられたことも推定できる。いっぽう、6世紀頃になると中国の原料によりソーダ石灰ガラスの製造が開始されたことも可能性として残るが、いずれも推定の域をでるものではない。また、この当時は鉛ガラスが再び流通し、カリガラスが大きく衰退する時期でもある。



※この研究の一部は、科研費「一般研究C」（文化財科学）による

箱根西麓休場層出土黒曜石石器の原石産地

○高橋 豊¹⁾・西田史朗²⁾

1) 静岡県立沼津工業高等学校

2) 奈良教育大学

1、はじめに

箱根西麓から愛鷹南麓にかけての地表は広く「愛鷹ローム層」に被われる。表層の富士黒土層直下には、先土器時代の石器の出土層準のトップにあたる黄褐色ローム「休場層」がくる。「休場層」には細石器と共存した木炭の¹⁴C年代14,300±700年B.P.が知られている。「休場層」は約1万年弱の堆積期間を経て層厚50~70cmの黄褐色ローム層を形成する。箱根西麓の標高400~500mの緩斜面では厚みを増す。

この「休場層」には下層から上層へと、ナイフ型石器群内部にナイフ型石器の小形化の傾向が認められ、また、休場層上部(YLU)には、「ナイフ型石器群」から「細石刃石器群」への石器群の変換が認められる。本論では、休場層内にみられるこの先土器時代末期の石器群の変換が、石器素材である黒曜石原材料の供給源の変遷とどう関わっているのか、2、3の検討を試みる。

箱根西麓の中腹の遺跡断面(観音洞G, E、中村、大奴田場、柳沢、山中城三の丸等の各遺跡)では、「休場層」の層厚が80~150cmと厚さを増し、明瞭に2枚の赤褐色スコリヤが発達するのを見るが、発掘調査時にこのスコリヤを時間の物差しにし、休場層を下部(YLL)、中部(YLM)、上部(YLU)に区分している。上記遺跡の各層から出土した石器(ナイフ、細石刃の石核等)をEDS分析し原石産地の検討を進めた。

2、EDS分析による測定方法

我々は1986年以来、エネルギー分散型マイクロアナライザー(EDS)を用いて、各地の黒曜石原石と伊豆箱根・愛鷹周辺遺跡から出土した黒曜石石器の主要元素組成を測定してきた。測定の方法と条件は高橋・西田(1986)に示したものと同一である。この方法のメリットは、1: 貴重な試料を非破壊で分析できる、2: 試料の表面状態を確認して分析できる、3: 主要8元素(Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe)の同時分析ができる、4: 電子顕微鏡下で微小部分の測定ができ、表面表層の複数面を分析できる、5: 測定値の平均化ができる、6: X線スペクトラムのイメージ像から、即座に異常な測定値をチェックできることなどである。

通常は同じ試料の3~5面を分析して平均値を得た。一方、原石産地の黒曜石データも同じ方法で蓄積してある。原石産地の黒曜石測定値を基準に、原材料の産地が未定の黒曜石石器の測定値との差異をVAISを援用して計算する。この結果と両者の岩相特性を考慮して最終的に原石産地を推定した。

3、休場層内のナイフ型石器の小形化と「ナイフ型石器群」から「細石刃石器群」への石器群の変換に伴う黒曜石原材料の供給源の変遷

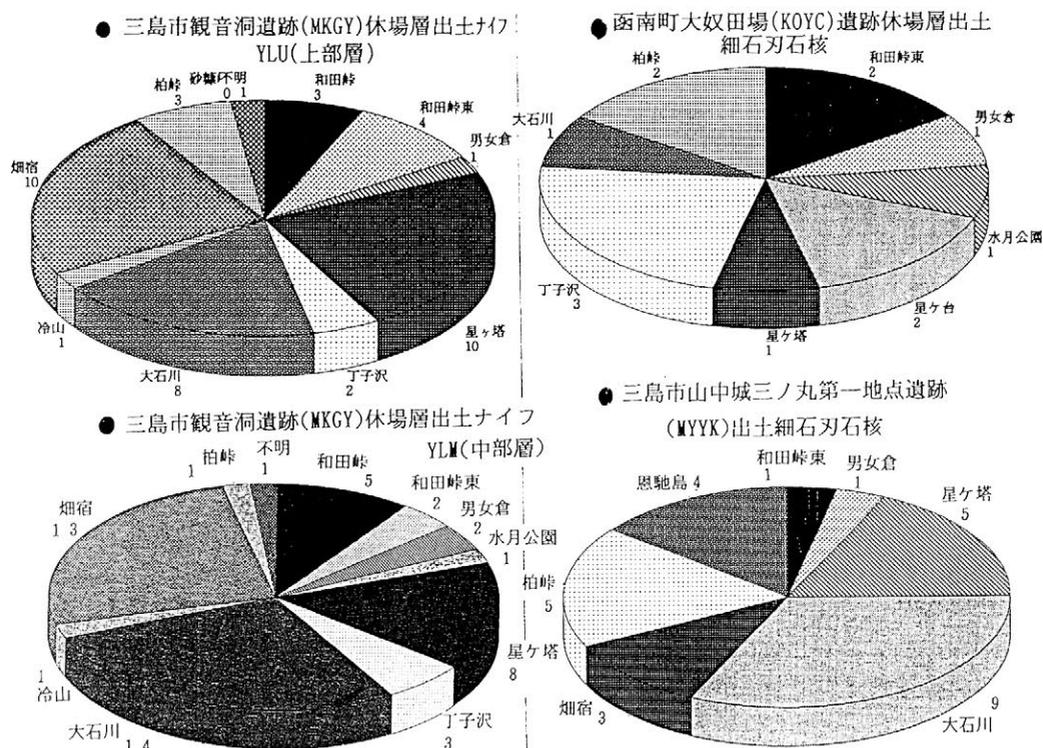
3-1 休場層「ナイフ型石器群」の黒曜石原材料の供給源の変遷

下部層(YLL) から上部層(YLU) にかけて、5cm から2cm 程度までのナイフ型石器の小形化傾向をみるが、これに付随して以下の黒曜石原材料供給源の変遷が伺える。

- ・休場層下部(YLL):信州系の黒曜石の他に、神津島恩馳島の黒曜石が使われており、他と区別される。
- ・休場層中部(YLM):信州の蓼科系大石川を主に、星ヶ塔や和田峠系の良質な黒曜石原材料が主流を占め3/4、これを在地系の畑宿を主とした黒曜石が補完する。
- ・休場層上部(YLU):信州の星ヶ塔、和田峠、蓼科大石川の各系から各1/4、在地系の畑宿・柏峠が1/4 と黒曜石原材料の供給源の分散化多様化の傾向がみられる。技術基盤の多様化、石器群の変質が余儀なくされる傾向が伺える。

3-2 「細石刃石器群」にみる石核の黒曜石原材料の供給源の多様性

- ・中村遺跡 (MNYK):在地系の石核(柏峠10、畑宿3)のみが検出された特異な在地系石核群をなす。柏峠露頭上部層にみられる不均質な黒曜石も使用されている。
- ・大奴田場遺跡 (KOYC):石核13個が8つもの原石産地に分散し、しかも、良質な黒曜石原石のみと対比された。星ヶ塔系が1/2、和田峠系が1/4、蓼科系が少しみられ、在地系の柏峠の中の良質な黒曜石がこれを補完する。広範な交流を伺わせる。
- ・柳沢C遺跡 (KYVC):石核 5個の中に蓼科系の冷山周辺の原石が含まれ注目される。
- ・山中城三の丸第一地点遺跡 (MYVK):石核28個の中に4 個伊豆七島系の恩馳島産の原石がみられ、12個が伊豆・箱根、16個が信州系の原石を使っており、在地系の黒曜石の利用が増加し、細石刃も大型化するなか、広範な交流が伺える。



石器原材の産地分析（12）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

東村武信（関西外国語大学）

1、方法 黒曜石製石器は超音波洗浄器で水洗するだけの完全な非破壊で、また、サヌカイト製石器は風化面にアルミナの粉末を圧縮空気で吹き付けて、表面の風化物を取り除いて、蛍光X線分析法によって元素分析を行った。今回、新たに調査したサヌカイト様原石産地は、北海道旭川市に位置する旭山原産地で、原石産地には多数の剥片が散布し、これら剥片と産出原石の組成は一致し、原石搬出のための一次加工跡の様相であった。北海道芦別市滝里、富良野市頭無川の両遺跡で旭山原石が使用されていることを明らかにした。また、黒曜石では、浅間山大窪沢産原石群を確立し産地分析の原石群に追加した。この黒曜石は自然節理面が貝殻状であるため、石器原材に使用できる様にみえるが、貝殻状剥離をしない。従って、石器形の原石をそのまま利用したのではなかろうか。現在、遺物の産地推定は、日本全国の黒曜石産地を分類した96個の原石群と、サヌカイト産地を分類した39個の原石群と遺物試料を、元素の相関を考慮したマハラノビスの距離を求めて行うホテリングのT²検定から、それぞれの群に帰属する確率を求めて行った。今回の分析で長野県南牧村の野辺山中⁷原遺跡の細石器時代の黒曜石遺物に未発見の原石が使用されていることが明らかになり、現在この黒曜石の産地を探索しているので、情報の提供を切望している。表1に産地同定を行った結果を示す。

表1 黒曜石、サヌカイト製遺物の石材産地分析結果

遺跡名	(所在地)	時代	原石産地(個数)
南町1	(北海道帯広市)	旧石器	十勝(4)、不明(1)
南町2	(" ")	"	白滝(4)、十勝(4)、美蔓(1)、不明(1)
落合	(" ")	"	白滝(1)、十勝(1)
暁	(" ")	"	十勝(21)、白滝(14)、置戸(5)、美蔓(3)
大空	(" ")	"	十勝(2)、白滝(1)、置戸(1)、赤井川(1)
宮本	(" ")	縄文時代	十勝(25)、美蔓(2)、不明(3)
二風谷	(" 平取町)		赤井川(4)、白滝(3)、十勝(2)、置戸(2)
ピハ ^ウ 1	(" ")		赤井川(6)、十勝(3)、白滝(1)
ピハ ^ウ 2	(" ")		十勝(15)、白滝(7)、置戸(3)、赤井川(3)、美蔓(1)
額平川	(" ")		白滝(40)
いなか	(" ")		十勝(10)
大麻22	(" 江別市)	続縄文	赤井川(10)、白滝(7)、十勝(2)、置戸(1)
美沢15	(" 苫小牧市)	縄文中期末	赤井川(10)
高岡1	(" 豊浦町)		赤井川(49)、豊泉(29)、十勝(1)、白滝(1)
中野B	(" 函館市)	早期	赤井川(5)、十勝(2)、*不明(1)
大中山13	(" 七飯町)	" "	深浦(1)、白滝(1)
"	(" ")	続縄文	赤井川(6)
"	(" ")		白滝(1)

板子塚 (青森県川内町)	十勝(11)、置戸(11)、赤井川(5)、不明(1)
元屋敷 (新潟県朝日村) 縄文後期・晩期	月山(6)、霧ヶ峰(1)、不明(1)
前田 (" ") 縄文中期中葉	月山(1)、板山(1)
下クボ (" ") " 後葉	不明(1)
市之関前田 (群馬県宮城村) 旧石器末	和田峠(20)
川原田 (長野県御代田町) 縄文中期	大窪沢(2)、不明(1)
栃原 (" 北相木村) 縄文早期	*八風山(1)
野辺山中ツ原 (" 南牧村) 旧石器末	麦草峠(13)、未発見黒曜石原産(7)
吉岡 (神奈川県綾瀬市) 旧石器	柏峠西(15)、霧ヶ峰(2)、和田峠(1)、麦草峠(1)、畑宿(1)
南No.2 (" 清川村) 縄文早期	霧ヶ峰(6)、神津島(2)
" (" ") " 中期後半	神津島(20)、霧ヶ峰(15)、柏峠西(1)、和田峠(1)、不明(2)
馬場No.3 (" ") " 後期前半	神津島(2)、和田峠(2)、麦草峠(1)、霧ヶ峰(1)、不明(2)
井ノ口No.12 (" ") " 前期前半	神津島(4)
" (" ") 旧石器	麦草峠(13)、和田峠(12)、柏峠西(9)、霧ヶ峰(1)
明日庭 (" 津久井町) 縄文早期	霧ヶ峰(8)、神津島(2)
大地 (" ") 縄文中期 (勝坂)	霧ヶ峰(1)、神津島(1)
大地開戸 (" ") " (")	神津島(5)、霧ヶ峰(4)、不明(1)
" (" ") " (加曾利E)	霧ヶ峰(24)、神津島(9)、不明(1)
上野田 (" ") 縄文後期 (堀之内)	霧ヶ峰(4)、和田峠(3)、麦草峠(1)、神津島(1)、不明(1)
長谷原 (" ") "	柏峠西(3)
御望 (岐阜県岐阜市) 縄文前期後半~中期	*二上山(9)、*下呂(3)、*金山(1)、霧ヶ峰(5)、和田峠(2)
津具村 (愛知県津具村) 旧石器?	*三河天狗棚(1)
小川原 (滋賀県甲良町) 縄文後期 (北白川上、2~3期)	*二上山(91)、不明(10)
後川 (" 大江八幡市) " (元住吉I)	*二上山(35)、*金山(19)、*下呂(1)、不明(1)
穴太 (" 大津市) " (一乗寺K~元住吉II)	*二上山(29)、*金山(18)、*下呂(1)、不明(2)
南遺跡群 (大阪府東大阪市) 弥生中期	*二上山(99)、*金山(1)
北遺跡群 (" ") "	*二上山(99)、*金山(1)
芥川 (" 高槻市) 旧石器	*二上山(2)
" (" ") 縄文	*二上山(10)、不明(1)
" (" ") 弥生	*二上山(12)、*金山(5)
古曾部・芝谷 (" ") 旧石器?	*二上山(1)
" (" ") 縄文	*二上山(3)
" (" ") 弥生	*二上山(28)、*金山(1)
玉津田中 (兵庫県神戸市) 弥生前期	*金山(20)
" (" ") " 中期	*金山(230)、*二上山(25)、*岩屋(25)
芝尾 (島根県松江市) 縄文早期	久見(28)、加茂(1)、不明(2)
持田町3丁目 (愛媛県持田町) 弥生前期	腰岳(2)、姫島(1)、*金山(9)
" (" ") 古墳後期住居跡	腰岳(4)、姫島(1)、*金山(11)、*白峰(1)、
" (" ")	腰岳(8)、姫島(1)、*金山(3)、*不明(1)

*印はサヌカイト石材で、他は黒曜石石材。

長野県下弥堂遺跡および塚田遺跡（縄文時代前期）から出土した緻密黒色安山岩製石器の石材産地

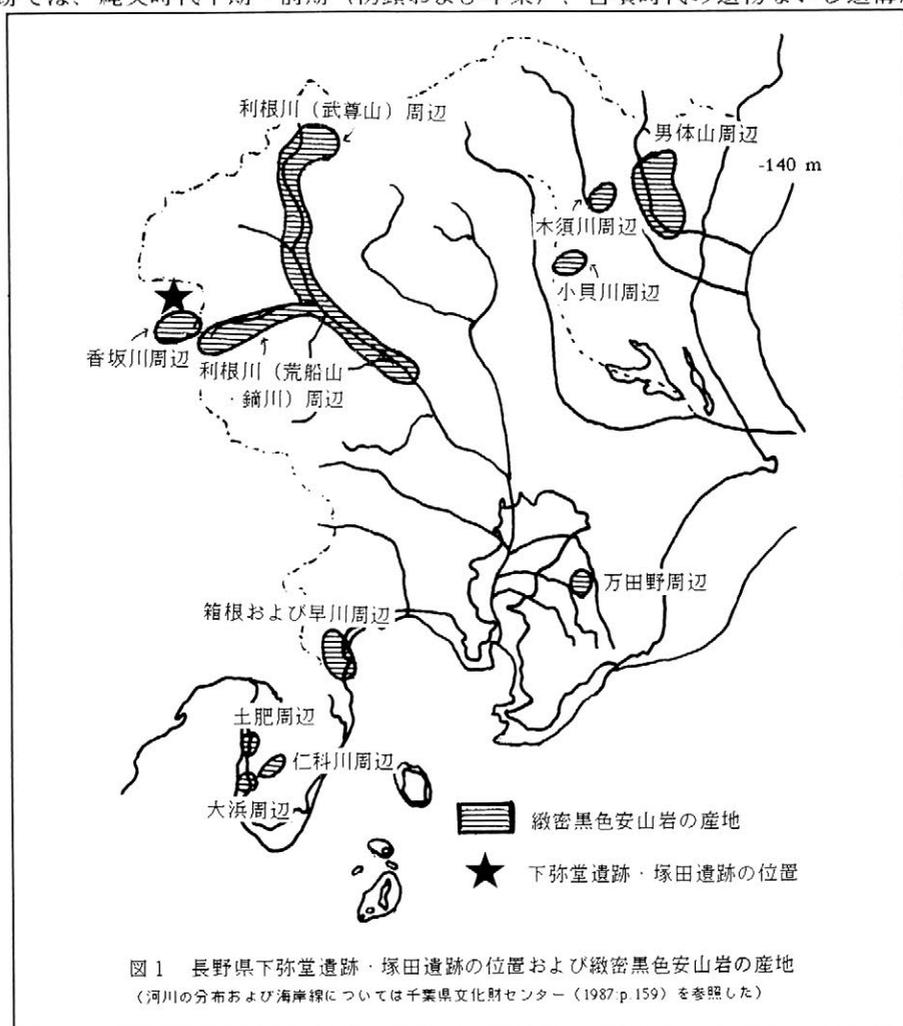
山本 薫（筑波大学・日本学術振興会特別研究員）・高松武次郎（国立環境研究所）
堤 隆（御代田町教育委員会）

1. はじめに

長野県北佐久郡御代田町の下弥堂遺跡および塚田遺跡（いずれも縄文時代前期）から出土した緻密黒色安山岩製石器に関して、蛍光X線分析法および判別分析法を用いて石材産地推定を行った。その結果について報告し、縄文時代の石材の入手に関して考察を加える。

2. 分析試料

下弥堂遺跡および塚田遺跡は、浅間山南麓の細い尾根上（標高約800m、図1）に位置し、二遺跡間の距離は約300mと近い。下弥堂遺跡では、縄文時代前期初頭の遺物および遺構が検出され、塚田遺跡では、縄文時代早期・前期（初頭および中葉）、古墳時代の遺物ないし遺構が検出された。



分析対象とした資料は、いずれも縄文時代前期の竪穴住居址から出土した石器である。下弥堂遺跡については、前期初頭の住居址から出土した緻密黒色安山岩製石器34点（石鏃、石匙、スクレイパーを含む）を、塚田遺跡については、前期中葉の住居址から出土した緻密黒色安山岩製石器47点（石鏃、石匙、スクレイパー、ピエス・エスキューを含む）を分析した。また、分析に用いた産地試料は、筆者らが関東地方を中心に各地の河床・露頭から採集した緻密黒色安山岩の産地試料約600点である（図1参照）。

3. 石材産地推定方法

山本ほか（1994）の方法によって石材産地推定を行なった。石材の元素濃度比（便宜的に、蛍光X線分析法で測定したK、Ca、Mn、FeのX線強度のTiのX線強度に対する比、およびTi、Zn、Rb、Sr、ZrのX線強度のYのX線強度に対する比を用いる、以後「元素比」と記す）が産地ごとに異なっていることを利用して、判別分析法により石器石材の産地を推定した。

4. 分析結果および考察

下弥堂遺跡については分析した34点全て（石鏃、石匙、スクレイパーを含む）が、塚田遺跡についても分析した47点全て（石鏃、石匙、スクレイパー、ピエス・エスキューを含む）が、長野県香坂川周辺を産地とすると判別された。これらの石器のうち15点において、資料の一部に自然の営力により琢磨された面（礫面）が認められた。このことから、これらの石材の多くは、露頭ではなく川原などの礫床や河川堆積物に限定できると言えよう。両遺跡から香坂川周辺の緻密黒色安山岩の産地までは直線距離にして約15kmで、これは遺跡からこの石材産地まで直接赴くことが可能な距離である。また、興味深いことに、今回の分析結果では、剥片、碎片のみならず狭義の石器についても全て香坂川周辺が産地と判別されている。そして、下弥堂遺跡では前期初頭の、塚田遺跡では前期中葉の資料が分析対象であることから、上記の結果は、この地域の縄文時代前期における緻密黒色安山岩製石器の石材の入手元は、一時期の間で変化しなかった可能性があることを示唆しよう。

5. おわりに

蛍光X線分析法および判別分析法により石材産地推定を行った結果、下弥堂遺跡および塚田遺跡のいずれの遺跡に関しても、いずれの石器についても、緻密黒色安山岩製石器の石材産地は、遺跡から比較的近い長野県香坂川周辺であると推定された。また、この地域の縄文時代における緻密黒色安山岩の入手元は、前期の間では変化しなかった可能性があると思定された。

今後は、緻密黒色安山岩製石器の石材産地推定をさらに精度良く行うために、産地の情報を蓄積するとともに、中部・南関東地方の様々な地域および様々な時期の遺跡から出土した緻密黒色安山岩製石器の石材産地推定を進め、さらに緻密黒色安山岩以外の石材の利用も分析し、他の考古学的知見も組み合わせるうえで、石材の入手、搬入、搬出や選択に関する地域性と変遷、文化圏や行動圏について考察を深めたい。

本研究は、文部省科学研究費・奨励研究費（課題番号：0944、研究代表者：山本薫）による成果の一部である。なお、柴田徹・上本進二・中村由克・望月明彦・橋本勝雄・寺村秀昭・高橋直樹・秋山圭子の各氏より試料の提供もしくは調査へのご協力を賜わった。記して感謝申し上げます。

引用文献

山本薫・高松武次郎・小室光世 1994 「蛍光X線分析による緻密黒色安山岩製石器の石材原産地推定方法」、日本文化財科学会第11回大会研究発表要旨集、pp.97-98.

沼津市愛鷹南麓の旧石器時代遺跡出土の黒曜石の原産地推定

○望月明彦¹⁾・池谷信之²⁾

1)沼津工業高等専門学校

2)沼津市文化財センター

1. はじめに

愛鷹山は富士山と箱根山の間に存在する火山で、山麓における旧石器時代遺跡分布は東南麓の緩斜面、放射状の丘陵に移行する部分に集中しており、台形様石器の段階から細石器の段階までの遺跡が確認されている。愛鷹ローム層はその堆積が厚く、鍵層となる黒色帯・スコリア層が多い。また、近くに畑宿・芦ノ湯、柏峠などの黒曜石原産地があり、信州や神津島の原産地も運搬可能な距離に存在する。このような条件を生かして考古学的な情報を得るためには、出来るだけ多くの遺跡について出来る限り多くの遺跡出土黒曜石資料の原産地推定を行うことが望ましい。このような考えから、非破壊分析である蛍光X線分析を用いて8遺跡2030点の遺跡出土資料の原産地推定を行った。

2. 分析資料

原産地：表1参照

遺跡：土手上遺跡d地区第2地点(BBV 357点)、第3地点(BBV 687点)、清水柳北遺跡(BBV 65点、BBI 175点)、二ツ洞遺跡(BBIV 17点)、中見代第I遺跡(BBIII 78点、BBI 50点)、柏葉尾遺跡(BBIII 228点)、西大曲遺跡(BB0 58点)、中見代第III遺跡(YLU 143点)、葛原沢遺跡(草創期 172点) 計2041点

3. 方法

原産地資料は割って新鮮面をそのまま測定した。遺跡出土資料はおおむね3mm以上の資料について超音波洗浄器で洗浄し、出来るだけ平らな面を選んでそのまま測定した。

測定条件 管球：ロジウム(Rh) 電圧：50kV 電流：2-30 μ A Si(Li)半導体検出器

照射径：3mm, 10mm 測定時間：300, 500, 1000sec、雰囲気：真空

蛍光X線スペクトル強度からRb分率=Rb/(Rb+Sr+Y+Zr), Sr分率=Sr/(Rb+Sr+Y+Zr), Mn/Fe, Fe/Kの4つの指標を算出し、これらのプロットにより原産地を推定し、多変量解析により推定結果を検証した。

4. 結果と考察

図2に示すように中部・関東地方の黒曜石原産地は8つの系、17の群に分類される(表1参照)。同様のプロットを出土資料について行い、原産地を推定した。土手上第3地点についてのプロットを図3に示す。4つの指標を変数として判別分析を行い、原産地各群の中心からのマハラノビス距離と各群への帰属確率を計算してプロットによる推定結果との一致を確認した。

土手上第2地点、第3地点、二ツ洞では神津島1群が検出された。特に第3地点では神津島産の黒曜石が主体となっている。土手上第1地点とあわせてBBV層-BBIV層という旧石器時代後期初期の台形様石器の段階から海を渡って神津島の黒曜石が搬入されていたことが改めて確認されたことになる。しかし、現在までの分析では神津島系の黒曜石は愛鷹南麓ではこれ以降BBI層(中見代第I)まで検出されていない。そして、中見代第IIIの休場層の細石刃の文化層、さらに草創期の葛原沢ではそのほとんどをしめる。信州系の原産地ではBBIII層-BB0層の間で麦草峠産が在地の柏峠産との組み合わせで出土しているのが目立つ(清水柳北、中見代第I、西大曲)。しかし、BBIII層の柏葉尾では霧ヶ峰、和田峠、柏峠の組み合わせとなっている。このように、愛鷹南麓における各原産地との関連の状況は次第に明らかになりつつある。

全点分析であることから各遺跡の原産地分布図によって、石器ブロックの形成に関する情報も蓄積されつつあるが、遺跡やブロックの性格を正確に把握した上で検討する必要がある。また、石器製作技法、形態などの考古学的情報との関連についても現在検討中である。

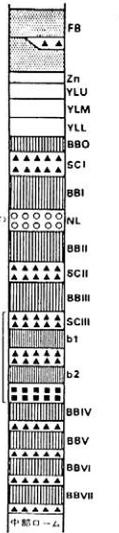


表1 中部・関東地方の原産地

都道府県	系	群(略号)	原産地名	略号	分析数
長野県	和田峠系	#DT	小深沢	KBR	40
			東静塚	HGM	40
			新和田トンネル北	SWT	20
	霧ヶ峰系	KBM	丁字御領	CHG	19
			皇義峰(飯山)	HBS	10
			尾ヶ塔	HST	80
	男女倉系	1群(OMG1) 2群(OMG2) 3群(OMG3)	草ヶ台	HSD	20
			水月峯園	SGR	20
			ぶどう沢	BDS	22
	蓼科系	TTS	牧ヶ沢下	MKS	20
			牧ヶ沢上	MKU	33
			高松沢	TKM	30
神奈川県	箱根系	HTJ	麦草峰	MCR	40
			麦草峰東	MGE	35
			芦ノ湯	SBY	29
			畑宿	HTJ	70
			鍛冶屋	KJY	30
	天城系	KSW	戸ノ湯	ASY	29
			黒岩橋	KRW	7
			甘酒橋	AMZ	2
			上多賀	KMT	30
			日金山	HGN	9
東京都	神津島系	1群(KOZ1) 2群(KOZ2)	柏峠	KSW	49
			恩馳島	ONR	49
			砂舞崎	SNK	30
栃木県	高原山系	1群(TKH1) 2群(TKH2)	沢尻崎	SWJ	9
			尻尾	NGH	20
			七段沢	AMB	40
				NNH	10

図1 標準目層

表2 マハラノビス距離、推定確率(例)

分析番号	推定1	推定2	距離1	距離2	確率1	確率2
dot3-001	KOZ1	KOZ2	2.414	15.88	0.9993	0.0007
dot3-002	KOZ1	KOZ2	0.538	21.75	0.9999	0.0002
dot3-003	KOZ1	KOZ2	4.681	22.55	0.9992	0.0008
dot3-004	KOZ1	KOZ2	3.875	23.98	0.9998	0.0003
dot3-005	KOZ1	KOZ2	9.002	22.23	0.9921	0.0079
dot3-006	KOZ1	KOZ2	0.569	22.85	0.9999	9E-06
dot3-007	KOZ1	KOZ2	6.096	11.08	0.95356	0.04644
dot3-008	HTJ	HKNA	4.9	12.35	0.99612	0.00272
dot3-009	KOZ1	KOZ2	10.24	32.38	0.99999	9E-06
dot3-010	KOZ1	KOZ2	4.063	28.47	1	3E-06
dot3-011	KOZ1	KOZ2	3.851	24.24	0.99998	0.0002
dot3-012	KOZ1	KOZ2	4.04	13.81	0.99558	0.00442
dot3-013	KOZ1	KOZ2	9.427	35.87	1	1E-06
dot3-014	KOZ1	KOZ2	3.516	22.03	0.99994	0.00006
dot3-015	KOZ1	KOZ2	3.29	29.19	1	1E-06
dot3-016	KOZ1	KOZ2	3.493	27.33	1	4E-06

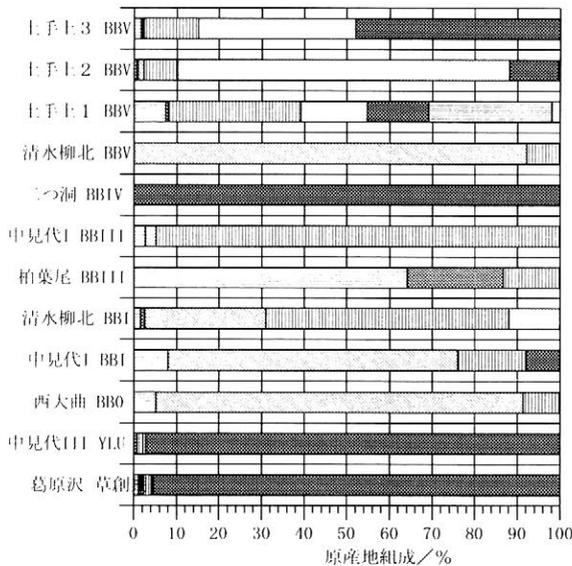


図4 各遺跡の原産地組成

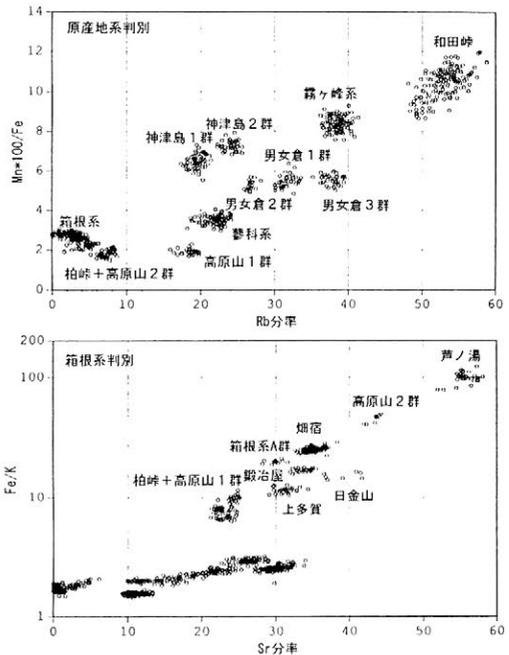


図2 原産地判別図(原産地原石)

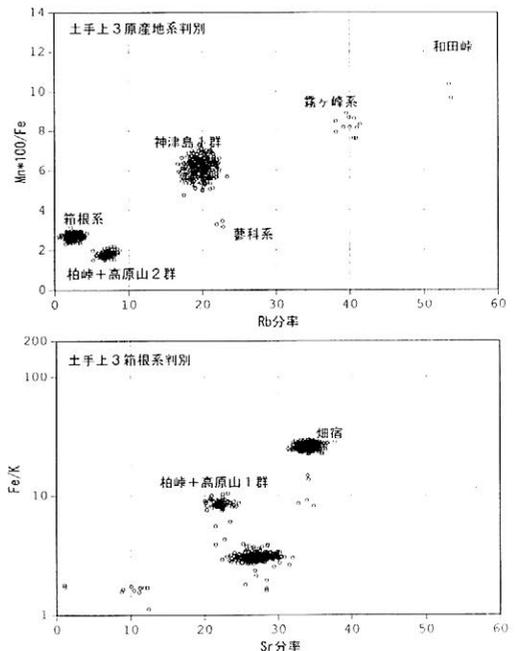


図3 原産地判別図(土手土遺跡第3地点)

三島市箱根西麓の旧石器時代遺跡出土の黒曜石の原産地推定

○望月明彦¹⁾・鈴木敏中²⁾

1) 沼津工業高等専門学校

2) 三島市教育委員会

1. はじめに

三島市東部の箱根山外輪山西麓地域は古箱根火山の原地形が軽石流堆積物や降下テフラにおおわれ、他の箱根山西麓地域に比べてより緩慢な緩斜面が広がり、この緩斜面と大小の河川からなる丘陵地帯に旧石器時代の遺跡が分布している。約50ヶ所の遺跡が調査されている。土層の体積は愛鷹ロームと類似しており、黒色帯とスコリア層の互層となっている（図1参照）。休場層は上からYLU, YLM, YLLの3層に分けられているが、箱根西麓ではこの3層の間にスコリア層が認められる。この地域には何枚もの文化層を持つ時代変遷を研究する上で重要ないくつもの遺跡が存在するが、まず、休場層中からの文化層を中心として蛍光X線分析により黒曜石の原産地推定を行った。

2. 分析資料

原産地：前ページ表1参照

遺跡：初音ヶ原A遺跡第3地点(BBIII 115点)、第2地点(YLM 267点 YLU 11点 Zn39点)、第5地点(縄文27点 YLU 51点 YLM 17点 YLL 5点 BBII, III 7点 BBIV 16点)、初音ヶ原B遺跡第1地点(YLM 99点)、中林山遺跡(YLM 48点)、笹原後F遺跡(YLL 45点)、宗閑寺遺跡(YLL 35点)、下原遺跡(YLM 509点 SCIII 20点)、山中城三の丸遺跡第1地点(YLM 52点 YLU 205点 個別別抽出による) 計1570点

3. 方法

前ページ参照

4. 結果と考察

分析を行った資料の中では層準からいうとSCIIIが最も下位で、下原遺跡出土の20点がこれにあたる。うち5点が神津島1群であった。愛鷹南麓ではより下層のBBVI-BBIVの間で神津島系の黒曜石が確認されており、これより現在までに愛鷹南麓、箱根西麓で神津島の黒曜石が確認された旧石器時代の層は下層から順にBBV, BBIV, SCIII, BBI, YLL, YLM, YLUである。

図2に山中城三の丸遺跡第1地点の原産地判別図を示す。前ページの図2と比較すると、信州系では霧ヶ峰系、和田峠系、蓼科系、在地の原産地として畑宿、柏峠、さらに神津島1群が推定される。ここで注目されるのは栃木県の高原山系の黒曜石が推定されることである。個別別分類で同一個体とされた28点すべてが高原山1群と確認された。三の丸第1地点は第Iから第IIIまで3枚の文化層に分けられるが最下層の第III文化層の出土である。おそらく現在では最も原産地から離れた遺跡からの出土であると思われる。

図3に各遺跡における原産地組成を示す。この図をそのまま議論の対象とするにはいくつかの問題点があるが、YLL-YLMにかけては信州系、特に霧ヶ峰系が多いこと、在地系では畑宿が多いことがいえる。この地域の休場層中の石器群は第4期a, b, c段階、第5期という分類がされているが、第4期c段階(三の丸第1地点第2文化層)でそれまでの信州系主体から在地の畑宿主体となり、第5期の同遺跡第1文化層で神津島系が多く搬入されており、石器群の変化との対応が認められる。

石器ブロックの形成を考察するための遺跡における原産地分布図を下原遺跡を例として図4に示す。北のブロックは畑宿主体、南のブロックは霧ヶ峰系を主体としており、全体に散漫に和田峠系、蓼科系が分布し、少数の柏峠、神津島1群が存在する。この遺跡では石器、剥片の占める割合が多く、チップが少ないが、霧ヶ峰系は分布の様子から加工が行われたと思われる。未加工の原石ではなく、調整され剥片を採取しやすい形での搬入が考えられる。和田峠系や蓼科系についてはこの遺跡で加工が行われた様子は認め

られない。

5. 問題点

遺跡出土資料の全点分析を前提とした分析であることから、統計解析に耐え得るだけの資料数で図3を示している。しかし、資料の中には石器、剥片、チップなど正確を異にするものがあり、図3ではこれらを同一のレベルで扱っている。図4で見る下原遺跡の例のように実際には2つの明確な石器ブロックがあるにも関わらず、このことは図3には反映されていない。このように得られた結果を単に遺跡ごとにそのまま用いて検討することは間違った結論を生む可能性がある。このほか遺跡の大きさ、石器形態、製作技法など様々な角度から推定結果を検討することが必要であろう。このような検討は全点分析によってはじめて可能となることであり、これからの課題と考える。

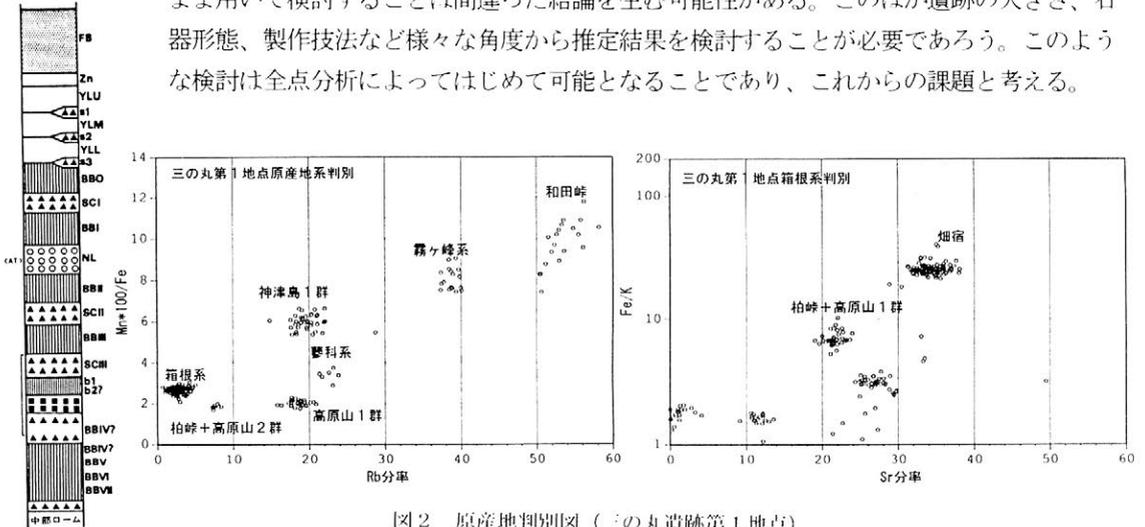


図2 原産地判別図（三の丸遺跡第1地点）

図1 標準土層

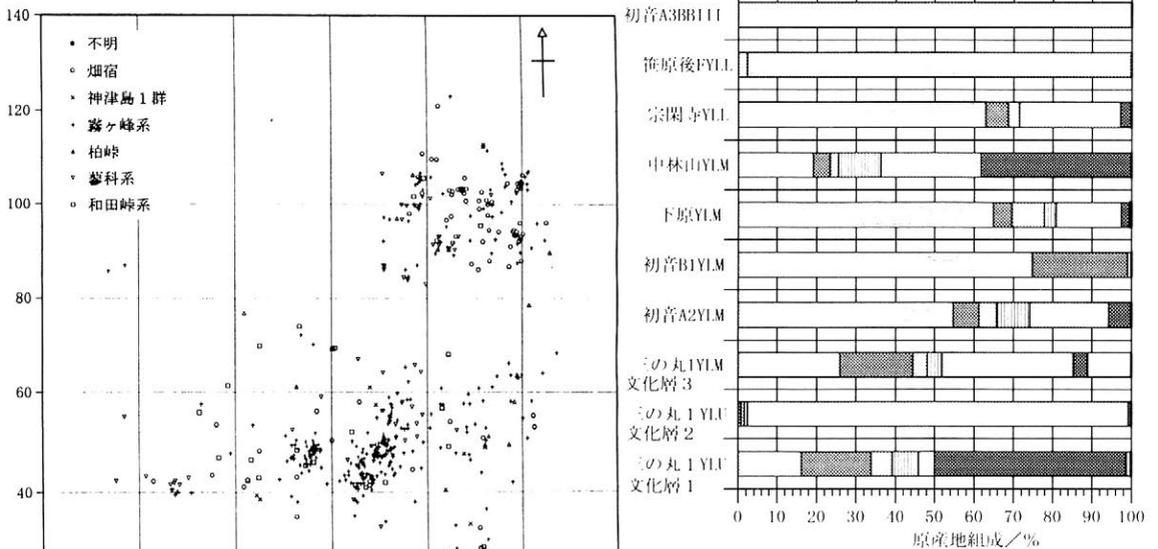


図3 下原遺跡原産地分布図

図4 各遺跡の原産地組成

- 霧ヶ峰系
- 和峠系
- 箱根系A群
- 畑宿
- 高原山1群
- 霧科系
- 神津島1群
- 不明

ヒスイ・碧玉製玉類の産地分析（４）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

東村武信（関西外国語大学）

1、はじめに 玉類を超音波洗浄器で水洗するのみの完全非破壊で、蛍光X線分析装置および電子スピン共鳴装置（ESR）を用いて分析を行なった。

2、ヒスイ製玉類の原材原産地分析

調査を終えている硬玉、軟玉の原石は、新潟県糸魚川市、鳥取県若桜町、兵庫県大屋町、岡山県大佐町、長崎県長崎市、北海道神居コタン産の硬玉、神居コタン変成帯の日高と空知川産、静岡県引佐町、岐阜県丹生川村飛驒ヒスイおよび長崎県大瀬戸町の軟玉原石で、各産地の弁別にはZr/Sr: Sr/Fe(図5判定)、Ca/Sr: Sr/Fe(図6判定)、Na/Si: Mg/Si(図7判定)、比重およびNi/Fe、Baなどの分析値を指標にして行う。今回、原石産地が判定されたヒスイ製遺物は、

I)．北海道千歳市、キウス遺跡（縄文晩期）出土ヒスイ製勾玉1個（表1）が糸魚川産原石であった。

II)．青森県下北郡川内町、板子塚遺跡（弥生時代）出土の4個で勾玉1個は比重が低く、ヒスイではなく、勾玉1個と丸玉2個が糸魚川産原石と推定された。

III)．青森市、朝日山遺跡（縄文晩期）出土の勾玉、垂飾、丸玉など37個で、産地が特定できた遺物は糸魚川産が22個、糸魚川産の可能性が高いものが5個、神居コタン変成帯の日高産軟玉原石と推測できるものが2個であった。また硬玉で風化が激しいもの、ヒスイでないものなど8個の産地が特定できなかった。

IV)．青森県三戸郡三戸町、泉山遺跡（縄文時代）出土の合計6個で、3個は糸魚川産に特定され、1個は糸魚川産の可能性が推定され、また残り2個は軟玉と碧玉系で原石産地の特定はできなかった。

V)．島根県東出雲町、寺床1号墳1主体、鹿島町臼畑古墳及び佐陀講武貝塚、松江市柴尾3号墳第1主体及び友田墳墓群の各遺跡出土の5個の勾玉の中で、寺床、臼畑、柴尾遺跡出土の3個には糸魚川産原石が使用されていた。友田、佐陀講武遺跡出土の2個はヒスイではなく原石産地は特定できなかった。

3、碧玉製玉類の原材産地分析

産地分析に用いる元素比組成は、Al/Si、K/Si、Ca/K、Ti/K、K/Fe、Rb/Fe、Fe/Zr、Rb/Zr、Sr/Zr、Y/Zrである。Mn/Fe、Ti/Fe、Nb/Zrの元素比は非常に小さく、小さい試料の場合測定誤差が大きくなるので定量的な判定の指標とはせず、判定のときに、Ba、La、Ceのピーク高さとともに、定性的に原材産地を判定する指標として用いる。各原産地ごとに多数の原石を分析し原石群を作る。碧玉は同じ産地の碧玉原石であっても組成の変動幅が大きく、不純物元素の組成で産地を区別するとき、各産地ごとの原石群の平均値が、大きく離れているにもかかわらず、それぞれの産地を明確に区別できないときは、定性的な判定では間違った結果を導く。従って同定は相関を考慮した多変量解析法であるマハラノビスの距離 D^2 を求めてから、遺物

試料が原石群に帰属する確率を、ホテリングの T^2 の検定を行ってから求める。花仙山、玉谷両原石群の組成の一部分が重なり区別が困難なところがあり、しばしば、遺物を同定した場合に両原産地に原材産地が特定され両者を区別できない場合がある。幸いにも、この場合ESR分析法により求めた花仙山、玉谷産原石のESR信号(Ⅲ)は大きく異なり、原石の信号と遺物のそれを比較して、似た信号の原石の産地の原材であると推測する。また、ESR信号のみで産地を区別することはできない場合がある。しかし、蛍光X線分析法では両者を容易に区別することができ、両方法を併用することで、より信頼性の高い産地分析の結果が得られる。

調査をおえている碧玉は、新潟県猿八産、島根県花仙山産、兵庫県玉谷産及び石戸産、石川県二俣産、富山県細入産、愛知県土岐産、北海道興部産、富良野市空知川流域産、今金町花石産などの原石で、今回、新たに調査をした碧玉原石は北海道上磯町の茂辺地川から採取される転礫で、青色系のものが多く、肉眼的に管玉の原材料に似た緑色系で緻密な原石は非常に少なく3人で、数個の小礫が採取されたにすぎなかった。これら産地の碧玉は蛍光X線法とESR法を併用することにより、明確に他の群と区別できた。現在、産地分析ができる原産地は10ヶ所で、碧玉の原石産地は不明であるが、西日本の遺跡から出土する碧玉製管玉、石片の中に同じ組成の原材料が使用されていることが確認された。この遺物原石は豊岡市女代遺跡で主体的に使用されていることから、女代(B)群と名前を付け使用圏を求める。

今回、原石産地が判定された碧玉製遺物は、

Ⅰ)．北海道上磯町、大麻2遺跡出土の続縄文(後北C1式)の2個の碧玉製管玉に佐渡、猿八産原石が使用されていることが明らかになった。

Ⅱ)．北海道余市町、大川遺跡出土の7世紀の管玉4個には島根県花仙山産原石が使用され、肉眼観察では本州で作られた製品が伝播しているようで、現在、花仙山産原石の管玉の分布の北限である。また続縄文(恵山式)の碧玉製管玉13個の中の5個に佐渡、猿八産原石が使用されていることが明らかになり、また、1個に畿内で使用されている女代(B)群が確認され、弥生時代と続縄文時代の交流が注目される。また、続縄文(恵山式)の鉄石英製管玉7個の分析を行い今後の鉄石英製管玉の使用圏の研究の資料とした。

Ⅲ)．北海道上磯町、茂別遺跡出土の続縄文の碧玉製管玉1個に女代(B)群の使用が確認され、西日本との交流が注目される。本遺跡でも糸魚川産ヒスイ製勾玉、佐渡、猿八産碧玉製管玉が出土し、前述の大川遺跡と類似した遺跡の性格が考えられる。

Ⅳ)．岡山県総社市、南溝手遺跡出土の弥生前期末～中期初頭の玉材1個に女代(B)群の原石が使用されていることが明らかになった。

Ⅴ)．岡山市、百間川原尾島遺跡出土の管玉5個の中の1個に女代(B)群の原石の使用が確認された。

Ⅵ)．愛媛県今治市、持田町3丁目遺跡出土の弥生前期の碧玉、グリーントフ製管玉45個及び勾玉2個は産地が特定できた遺物はなく、今後の使用圏の研究の資料とした。碧玉原石の原産地の情報提供をお願い致します。

北部九州における弥生土器と甕棺の胎土分析

○中園聡¹⁾・三辻利一²⁾・松尾宏³⁾・赤川正秀⁴⁾

1)九州大学

2)奈良教育大学

3)甘木市教育委員会

4)大刀洗町教育委員会

1. はじめに

我々は近年、北部九州の弥生土器を用いて、伝統的な考古学的観察と蛍光X線分析とを併用した、弥生土器の生産－消費システム等の研究に着手しはじめています。これまでの結果から、少なくともこの地域の弥生時代前期から中期の土器は、各遺跡または一定の遺跡群程度の比較的狭い範囲で生産されていた可能性があり、甕棺についても同様であると考えています。また、大型の専用甕棺については、上甕・下甕の胎土の化学特性が酷似する傾向がうかがえることから、そのようなものは2個を1セットとして同時製作をしたのではないかと考えています。ここでは筑後平野北部（小郡市、三井郡大刀洗町、甘木市）の弥生時代前期から中期末を主な素材として、現時点での成果について発表する。

2. 分析方法

試料は、表面を研削によりクリーニングした後、タングステンカーバイド製乳鉢により粉末にした。これを塩化ビニール製リングの枠に入れ、13 tの圧力を加えてプレスし、錠剤試料を作成して波長分散型の蛍光X線分析装置（理学電機製 3270型機）で測定した。測定された元素は、K、Ca、Fe、Rb、Sr、Naの6元素で、分析値はJG-1の各元素の蛍光X線強度を使った標準化値を用いた。

測定値の解析にあたっては、K-Ca、Rb-Sr等の2次元散布図の視察や、主成分分析等の多変量解析を用いた。

3. 結果と考察

小郡市域という比較的狭い範囲において、胎土の化学特性は遺跡内では器種や時期による差はほとんどなく、むしろ北東から南東方向へ地理的遷移が認められた。これは弥生時代前期から中期末に至るまで、各遺跡や小さな遺跡群単位ほどの自給自足の生産－消費システムを示唆するものである。甕棺についても、各遺跡の土器の変異の幅におさまっている。特定工人集団からの供給という可能性を完全に捨て去ることはできないが、少なくとも対象とした地域・時期においてはドメスティックな生産－消費がイメージされる。

また、甕棺の上下のセット関係については、大刀洗町甲条神社遺跡で主成分分析の第1主成分スコアを用いて図示したところ、あらかじめ行っておいた肉眼観察による上下棺の一致度の評価（A～Cランク）と化学特性によるそれとがよく対応した（下図）。甘木市栗山遺跡の甕棺墓においても同様な結果が得られた。また、他の遺跡では時期的な胎土の変化が認めがたいのに対し、甲条神社遺跡のみは中期の前半と後半で異なる傾向があることが判明したが（下図）、これも外部からの供給ではなく、むしろ遺跡の周囲での原料採取地の変化とみたほうがよかろう。従来日常容器と判断されている小型容器についても、甕棺と対応して時期的変化をしており、専用甕棺が日常容器と異なった生産・流通システムをもっていたという考えに対しては否定的な結果が得られた。このことは葬送システムにおける甕棺製作者の位置づけについて再考を促すことになる。

今後、一方で土器の形態や技法等における微細変異の検討も進めつつ、顕微鏡観察等も加えて、さらなる研究を積み重ねる必要がある。

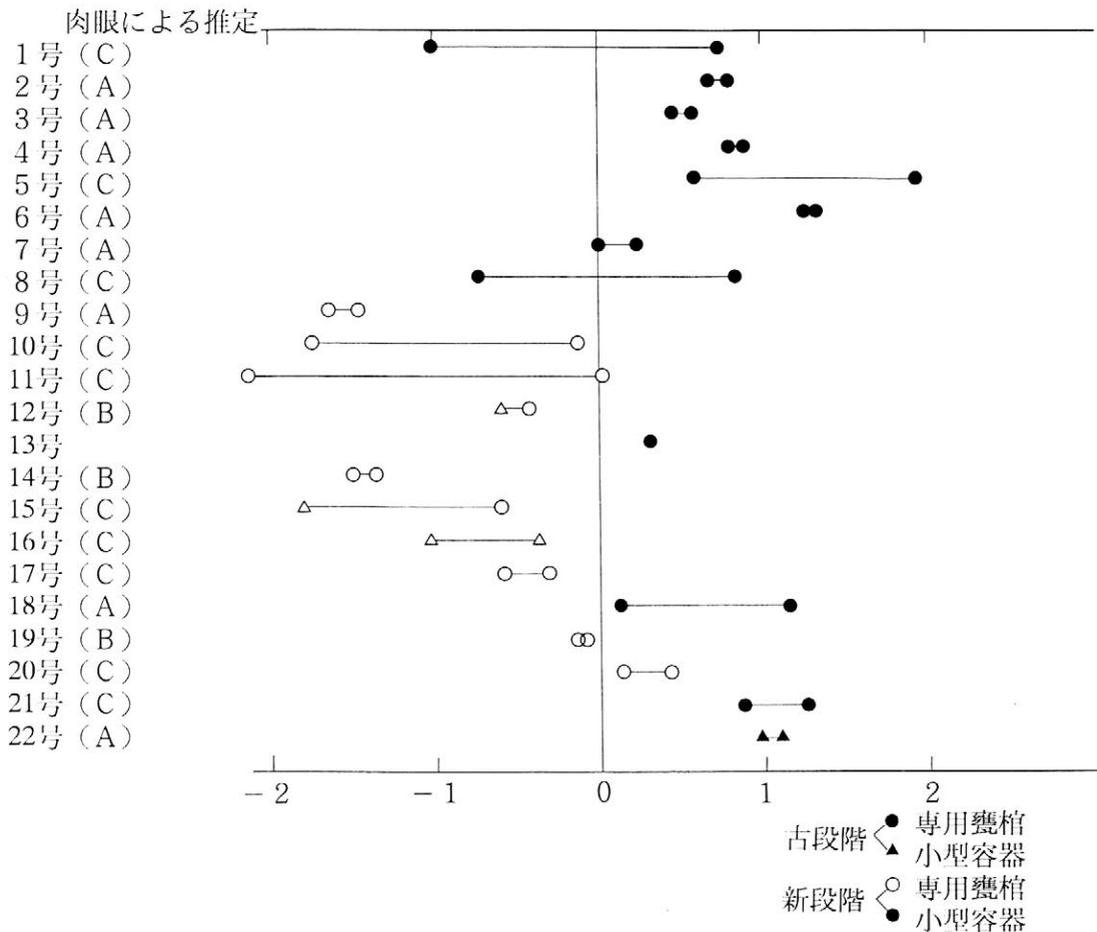


図 大刀洗町甲条神社遺跡の甕棺ごとの第1主成分スコア

南九州における弥生・古墳時代土器の蛍光X線分析

○中村直子¹⁾・中園聡²⁾・三辻利一³⁾・本田道輝⁴⁾

1)・4) 鹿児島大学

2) 九州大学

3) 奈良教育大学

1、はじめに

南九州の弥生時代・古墳時代土器の生産と流通に関する研究は考古学的に重要な意味を持つ。南九州では、非常に特徴のある異系統の土器様式がその地域的広がりを変えながら展開してきたことは、土器形態による型式学的検討によって明らかにされてきた。にもかかわらず、地理的な生産と流通についての胎土分析による研究はいまだになされておらず、また、異なる様式が接触した結果である折衷品や移入品の意義づけもそうした研究には行われてはいない。

今回は、南九州薩摩半島の北部（外川江遺跡）、西部（高橋貝塚・松木蘭遺跡・万之瀬川川床遺跡・池辺遺跡）と東部（鹿児島大学構内遺跡）の153点の土器を蛍光X線分析によって、その化学特性を明らかにすることを試みる。

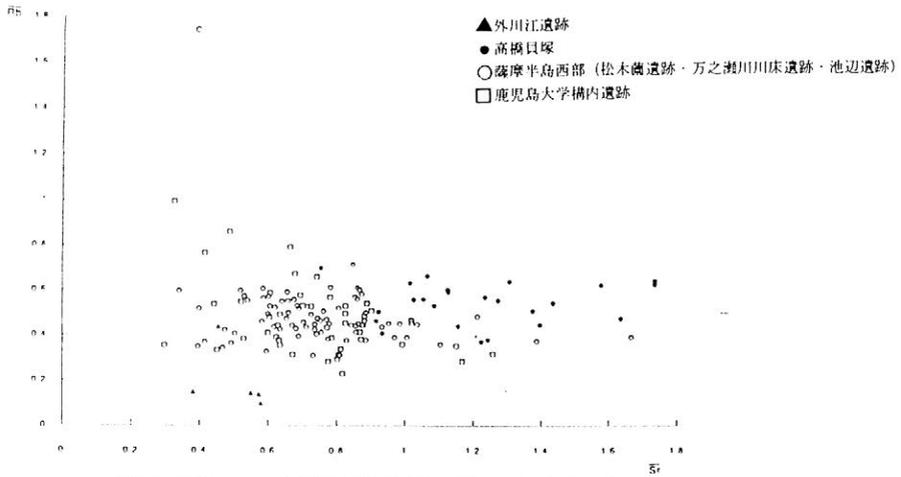
2、分析方法

土器は表面を研磨し、 $147\mu\text{m}$ 程度に破砕する。破砕した土器は、塩化ビニール製のリングを枠に10～15 tの圧力でプレスし、測定用の錠剤試料を作成し、蛍光X線分析に供した。

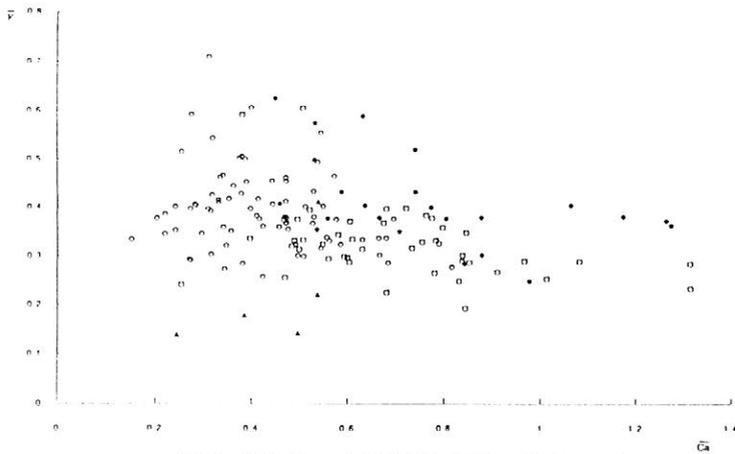
3、結果

Rb-Sr、K-Ca分布図を作成した。この結果、外川江遺跡と高橋貝塚、そしてその他の遺跡で化学特性の明瞭な違いが表れている。高橋貝塚は、薩摩半島西部に位置するが、隣接する松木蘭遺跡や万之瀬川川床遺跡と明瞭な違いが表れており、判別ができる。また、薩摩半島西部の遺跡は薩摩半島東部に位置する鹿児島大学構内遺跡とも重なりがあるが、分布の中心にずれがあり、違いが認められる。

細かく時期や型式の違いなども検討する必要があるだろうが、北部の外川江遺跡と他の遺跡ともはっきりした違いが表れている。以上より、地域別の化学特性の把握という初期的な一定の成果が得られたといえる。こうした差異が何に起因するものであるのかは不明だが、南九州の火山灰による土壌の特質も考慮しながら今後も検討していく予定である。



南九州弥生・古墳時代土器のRb-Sr分布図



南九州弥生・古墳時代土器のK-Ca分布図



遺跡分布図

胎土分析からみた古代土器の日韓交流

三辻利一（奈良教育大学）・脇田宗孝（同）・長友恒人（同）・北野耕平（神戸商船大）
 中村浩（大谷女子大学）・中園聡（九州大学）・申敬徹（慶星大学）・安在皓（東国大学）
 洪 晋植（釜山市立博物館）・金正完（国立扶余博物館）

1) 目的

ロクロを回して色々な土器の形を作りあげ、あな窯で高温で焼成する須恵器の製作技法は5世紀頃、朝鮮半島から伝えられたものであるが、製品そのものも日本と朝鮮半島の間で伝播しているといわれてきた。例えば、朝鮮半島産の陶質土器が近畿地方はじめ、各地の遺跡から出土するという。最近では、この逆の流れ、即ち、陶邑産の須恵器が慶尚南道の遺跡からも出土すると考古学者は指摘する。

さらに、より古い弥生時代でも、日本の弥生土器が 島住居跡から出土し、逆に、朝鮮半島産の軟質土器が日本の遺跡から出土するといわれている。

これらの問題の解決に演者らは胎土分析の方法を適用してみようと考えた。本報告では陶邑産の須恵器および朝鮮三国時代の窯跡出土陶質土器の分析データを使い、伽耶地域の古墳群から出土した硬質土器を分析し、その産地を推定した結果について報告する。更に、朝鮮半島南部地域の遺跡から出土した軟質土器、瓦質土器と九州北部地域の遺跡から出土した弥生土器の分析データを比較試料として使い、 島住居跡から出土した軟質土器の中に弥生土器と推定されるものがあるかどうかについて検討した。

2) 分析結果

韓国側の窯跡の調査例は少ないが、大伽耶高霊の内谷洞窯はじめ、ばん溪堤窯、余草里窯、新とう洞窯、慶州の望星里窯、上辛里窯、徳山里窯等の陶質土器が分析されている。これらの分析データと陶邑産の須恵器の分析値を比較した結果、分布領域に重複する部分があるものの、両者の相互識別の可能性は十分あることが分かった。R b - S r 分布図を次ぎのページにしめしておく。

伽耶諸国の古墳群出土の硬質土器の R b - S r 分布図の一例として、昌寧の桂城 B 地区古墳群出土の硬質土器の R b - S r 分布図もしめしておく。この図をみると、重複領域に分布するものもあるが、陶邑領域にのみ分布するものが複数

であることがわかる。これらは陶質土器と考えることは難しい。判別分析の結果でも陶邑産と推定された。こうして、陶邑産の可能性のある硬質土器が韓国側の遺跡から検出されたわけである。

同様にして、島住居跡からは弥生土器と推定される軟質土器が検出されている。

図18 韓国窯跡出土陶質土器のRb-Sr分布図

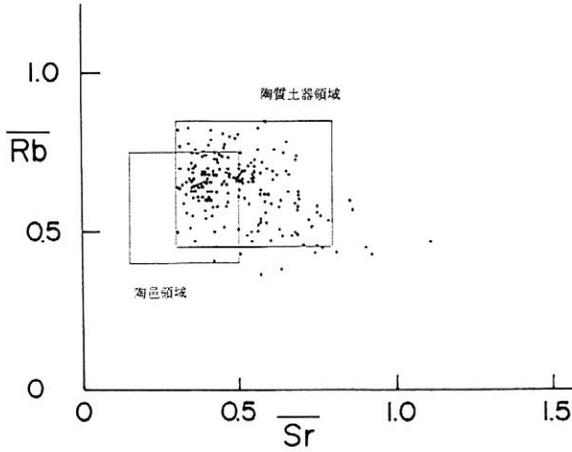


図22 呂宋、杜城B地区古墳出土陶質土器のRb-Sr分布図(1)

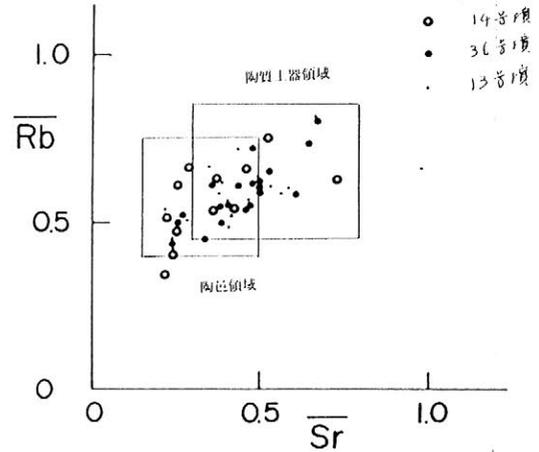


図19 大阪陶邑窯群出土須恵器のRb-Sr分布図

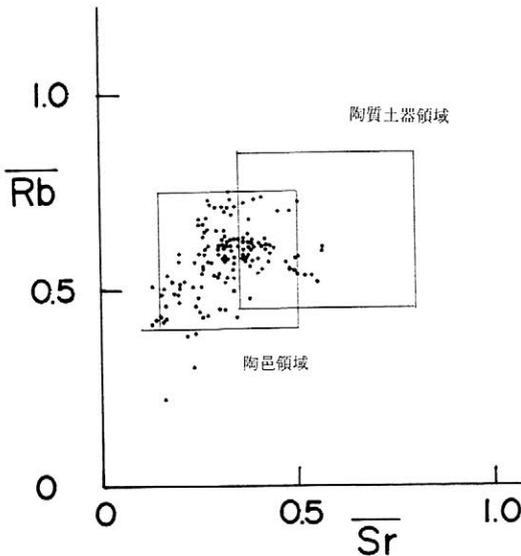
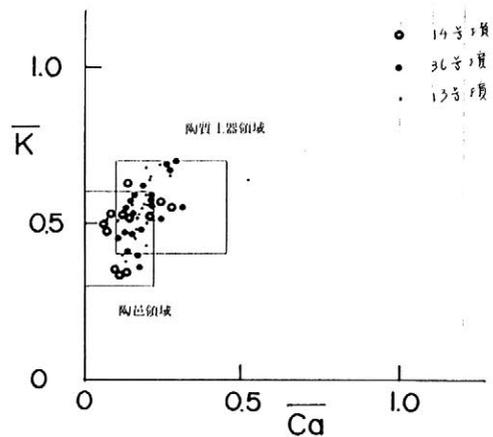


図23 呂宋、杜城B地区古墳出土陶質土器のK-Ca分布図(1)



野中古墳出土硬質土器の産地推定

三辻利一（奈良教育大学）・北野耕平（神戸商船大）・恩村幸子（奈良教育大学）

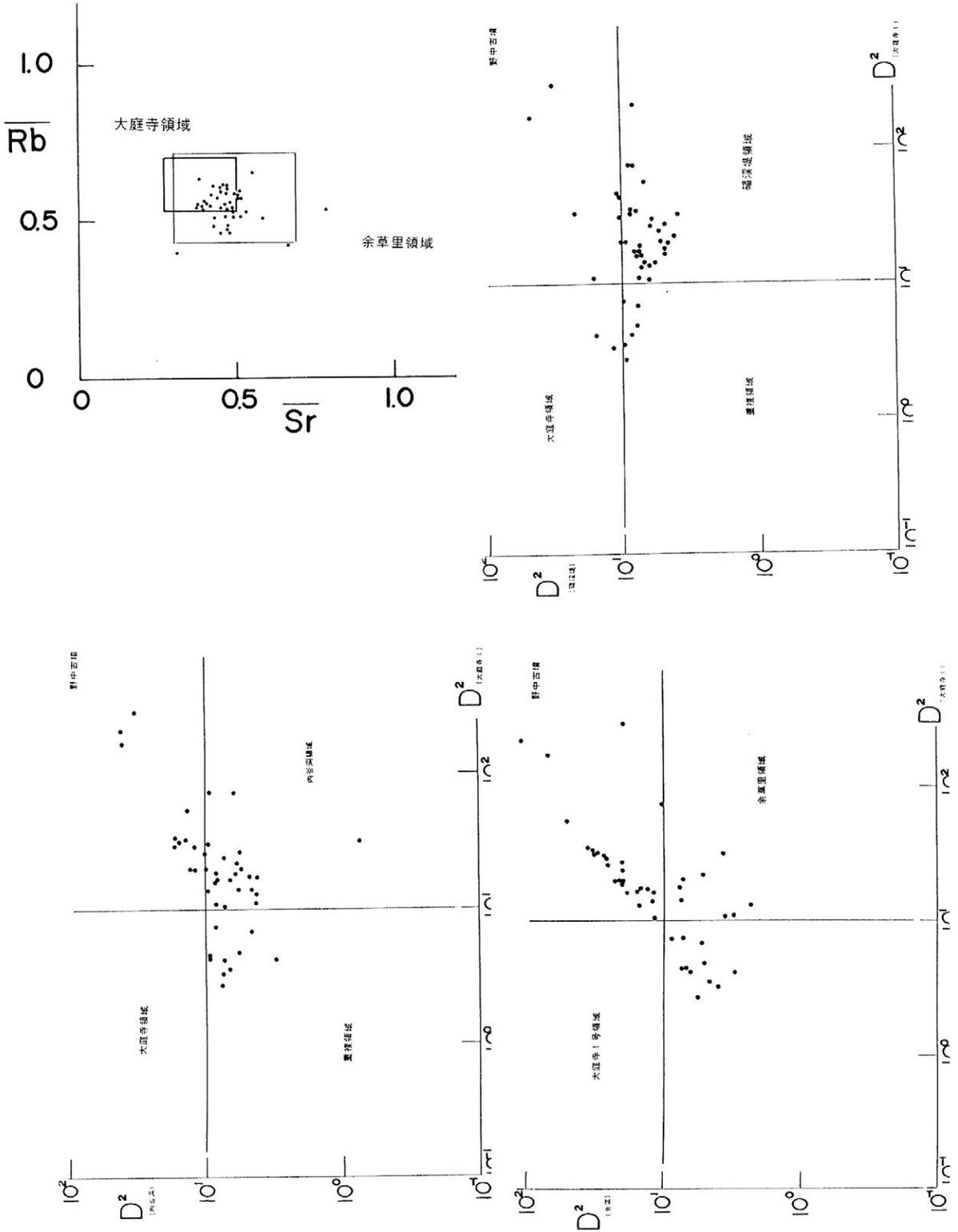
1) 目的

野中古墳から出土する硬質土器は韓国の考古学者が見ても、日本の考古学者が見ても陶質土器に類似しているものが多いという。これらの土器が陶質土器なのか、それとも、陶邑産の須恵器なのかについてはこれまでのところ、決定的な結論はでていない。この点に着目した演者らは平成5-6年度の文部省科学研究費による国際共同研究の一環として、韓国の窯跡および遺跡から出土した陶質土器と陶邑産の初期須恵器を対照試料として使い、野中古墳の硬質土器の胎土はどちらの胎土に近いかを調べることにした。昨年度は陶邑全体との比較をおこなったが、今年度は陶邑の初期須恵器に着目して比較してみた。

2) 分析結果

韓国内では伽耶諸国の内谷洞窯、播溪堤窯、余草里窯を対照試料として使用した。図1のRb-Sr分布図に示すように、野中古墳の墳丘部から出土した硬質土器の試料は大庭寺領域よりも昌寧の余草里窯領域により近く分布することが分かる。両領域には重複する部分が多いので2群間判別分析を行うことが必要である。大庭寺群と余草里群との2群間判別分析の結果は図2に示されている。大庭寺群領域にはいるものはない。同様に、大庭寺群と内谷洞群との判別分析の結果は図3に示されている。この図でも大庭寺群領域に分布するものはない。さらに、大庭寺群と播溪堤群との判別分析の結果は図4に示されている。この図でも大部分の試料は播溪堤領域に分布する。こうして、野中古墳の硬質土器の胎土は大庭寺窯の須恵器よりもむしろ、韓国側の窯跡出土の陶質土器の胎土にちかい。現在のところ、びたりと対応する窯はみつけられていない。陶邑内の他の初期須恵器の窯の須恵器胎土との対応についても検討しているので、その結果についてもあわせて報告する。

野中古墳出土陶質土器のRb-Sr分布図



大庭寺窯出土初期須恵器（杯類）の蛍光X線分析

三辻利一（奈良教育大学）・藤田憲司（大阪府文化財協会）・岡戸哲紀（同）
大石智恵（奈良教育大学）・松井敏也（岡山大学）

1) 目的

昨年度の本大会では大庭寺窯出土須恵器は次ぎの観点から分析された。

- a) 大庭寺1号窯の須恵器胎土と2号窯の須恵器胎土はおなじといえるかどうか
- b) 大庭寺窯からは形式上、韓国産の陶質土器と区別ができないものがある。はたして、これらの硬質土器は胎土分析からみて、陶邑産須恵器といえるかどうか。

胎土分析の結果、1号窯と2号窯の須恵器胎土は全くおなじであり、素材粘土は同一採掘場所で採取されたものであること、また、1、2号窯とも陶邑の粘土を使って焼成した須恵器であることが判明した。

昨年度分析した試料は両窯とも甕、壺などの大型製品であった。今年度は杯、皿などの小物類を分析し、両者のあいだで素材粘土に違いがあるかどうかを検討するとともに、K、Ca、Rb、Sr、Na、Fe因子がそれぞれ、正規分布するかどうかを確かめた。

2) 分析法

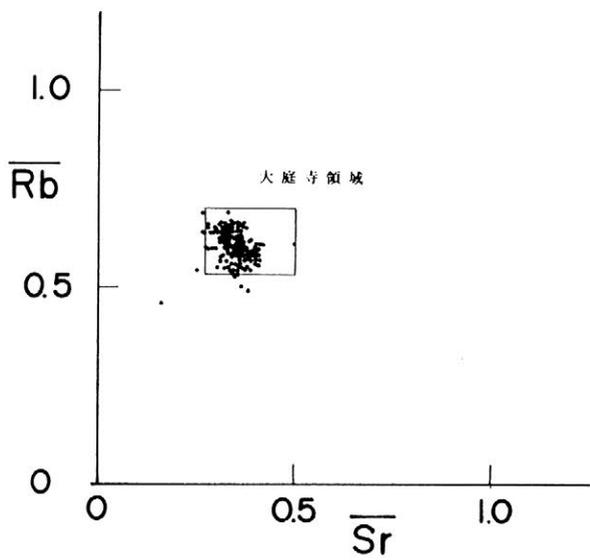
従来どおり、表面を研磨した土器片を粉碎し、粉末試料から錠剤試料を作成して、蛍光X線分析をおこなった。

3) 分析結果

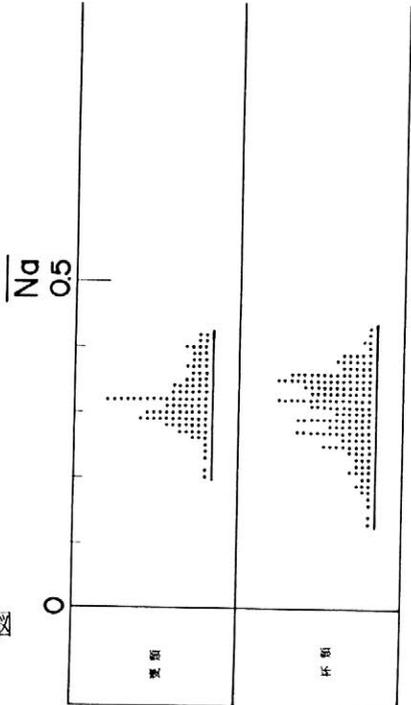
図1、2には杯類のRb-Sr分布図とK-Ca分布図をしめしてある。前回の甕類の分析データに基づいて、大庭寺領域を描いてある。そうすると、今回分析した杯類も殆ど全てが大庭寺領域に分布することがわかった。

図3、4にはFe、Na因子を比較してある。やはり、両者の間にはほとんど差異はみとめられない。この結果、大庭寺窯では甕、壺、杯、皿などの器種によって、素材粘土の使い分けはしていないことが明らかになった。

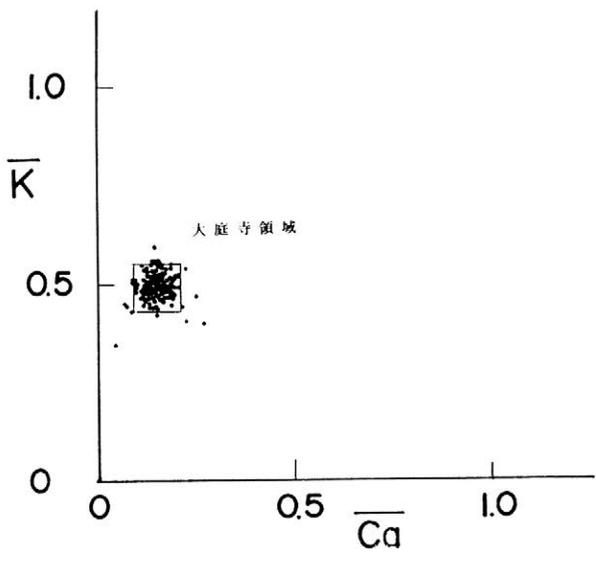
TG-232号窯（大庭寺2号窯）出土須恵器（杯類）のRb-Sr分布図



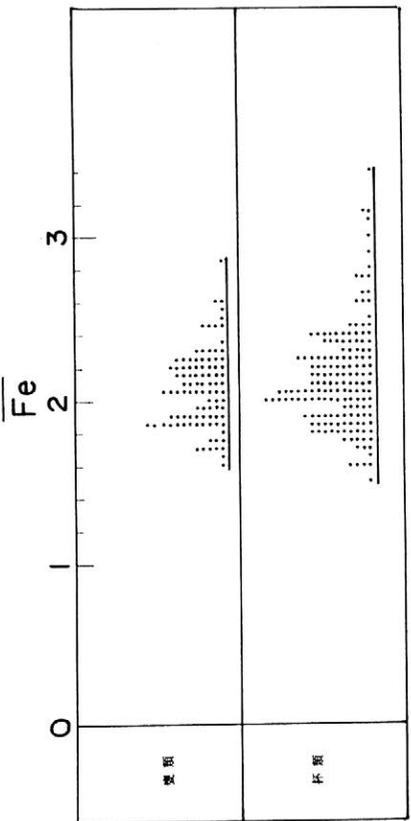
大庭寺2号窯出土甕類と杯類のNa因子の比較



TG-232号窯（大庭寺2号窯）出土須恵器（杯類）のK-Ca分布図



大庭寺2号窯出土甕類と杯類のFe因子の比較



兵庫県姫路市西脇古墳群出土の初期須恵器の考古学的観察と胎土分析による産地同定

○森内秀造¹⁾・三辻利一²⁾

1) 兵庫県教育委員会

2) 奈良教育大学

1. はじめに

西脇古墳群は姫路市に所在する群集墳である。このうち西脇75号墳では、箱式石棺の床面に多数の須恵器の破片が敷かれていた。須恵器片は小型甕1個体分のほかはすべて大型甕片である。小型甕は6世紀代のものであるが、大型甕片はそれより以前の陶邑TK73号窯型式段階の初期須恵器で、異なる時期の須恵器が混在している。大型の甕は口縁部破片で数種類、体部破片で10種類以上あり、割れ口が2次焼成を受けているものや歪んでいるものが多数含まれていることから、焼成に失敗した製品の破片の一部であることが明らかで、すでに廃棄された窯跡から採取したものと推定される。破片を遠方から運んできたとは考えられず、付近にTK73号窯型式段階の初期須恵器窯が存在しているものと思われ、窯跡存在の可能性を裏付ける有効な手段として胎土分析を実施した。

2. 胎土分析の方法と結果

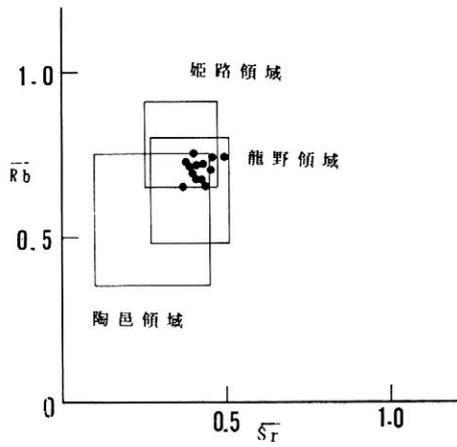
分析方法は須恵器小片を粉碎し、粉末資料を高圧をかけて固め、錠剤試料にして波長分散型の蛍光X線分析装置（理学電機製3270型機）を使用して蛍光X線分析を行った。

西脇古墳群の周囲には、古墳群を挟んで東に姫路市峰相山窯跡群、西に龍野市中井鴨池窯が分布している。須恵器試料の分析の結果ではRb-Sr分布、K-Ca分布ともに、両窯群の間にずれがあり、化学特性が若干異なっている。

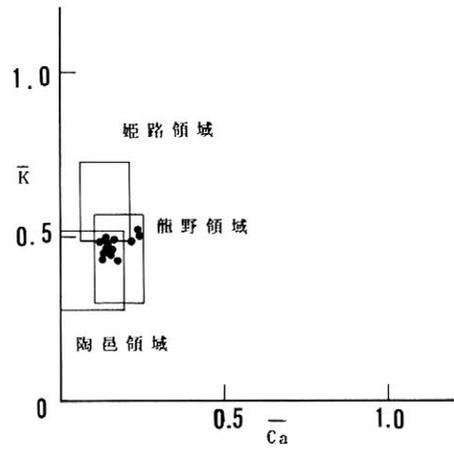
75号墳の初期須恵器については、別個体の破片13片を抽出して分析を行った。この結果、第1図と第2図に示した通り、陶邑両域からは大きくはずれ、地元の窯群でも13片の試料すべてが龍野領域に対応することが明らかになった。なお、分析データとして使用した中井鴨池窯は西脇古墳群と同じ山塊から派生した丘陵に所在する。

3. まとめ

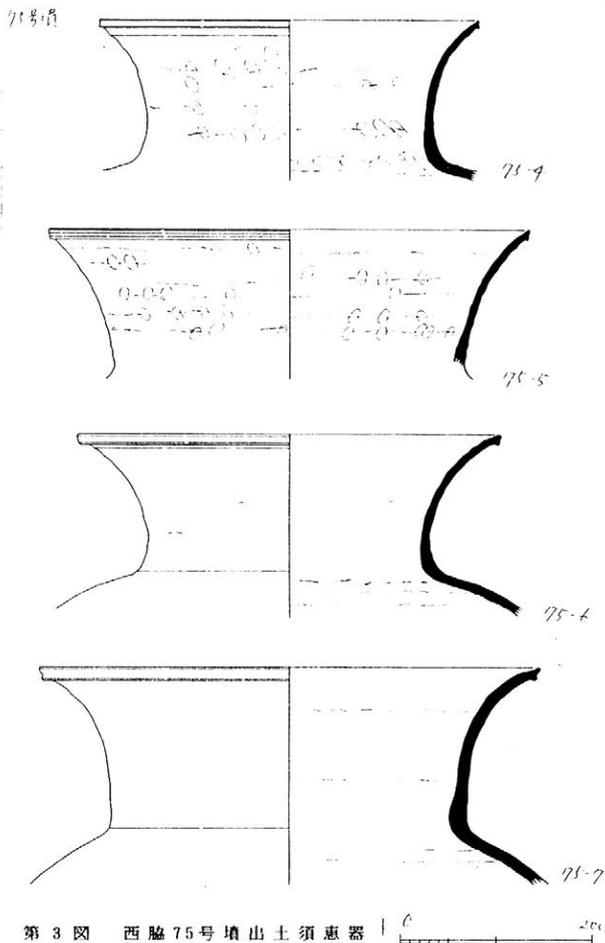
西播磨には姫路市宮山古墳や龍野市宿禰塚古墳出土の初期須恵器が知られているが、窯跡は発見されていない。西脇75号墳初期須恵器については、胎土分析の結果においても陶邑窯跡群ではなく地元の窯跡群の分析データと一致し、周辺に未発見の初期須恵器窯が存在している可能性を裏付ける結果が得られた。



第 1 図 西脇 75 号墳出土須恵器の Rb-Sr 分布図



第 2 図 西脇 75 号墳出土須恵器の K-Ca 分布図



御墓山窯群およびその周辺の古墳群出土須恵器の蛍光X線分析

三辻利一（奈良教育大学）・笠井賢治・福田典明（上野市教育委員会）

1) 目的

初期須恵器はほとんどの場合、日常用具ではなく、古墳での祭祀道具として使用されている。全国各地の5世紀代の古墳出土須恵器の胎土分析を進めていく過程で、在地窯からの供給の他に、大阪陶邑からの供給という大きな流れがあることがわかってきた。現在では北部は岩手県から南は鹿児島県、さらには対馬でも陶邑産の初期須恵器が検出されている。

これに対して、地方の古墳に陶邑からの祭祀用具としての須恵器が供給されなくなるのはいつ頃かという問題がある。例えば、九州北部地域では6世紀に入ると、在地の小規模窯群の製品が古墳群へ供給されており、陶邑産の製品は少なくなる。

今回取り上げる三重県上野市の御墓山窯群は7世紀代の須恵器窯群であり、その周辺に同時期の古墳群がある。はたして、この古墳群の須恵器の中に陶邑産の須恵器があるのかどうか、それとも、すべて、在地の御墓山窯群の製品ばかりであるのかという観点から胎土分析が行われた。さらに、この古墳群の中の大多田遺跡は6世紀代と7世紀代と推定される須恵器が出土しており、それぞれの須恵器の産地は何処か、興味ある問題を含んでいる。これらの観点からデータ解読した結果について報告する。

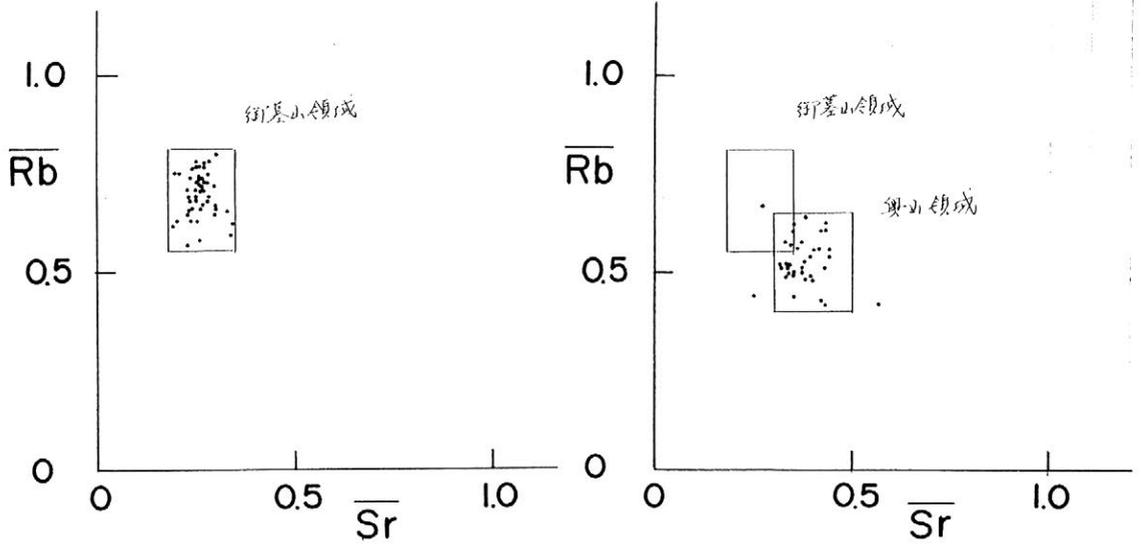
2) 分析結果

分析対象となった窯は御墓山1, 2, 3号窯、備後坂窯、仏谷窯、奥山1, 2号窯である。Rb-Sr分布図の一例を次ページに示す。2群間判別分析の結果、御墓山群・備後坂窯／仏谷窯／奥山群の3群に分類できることがわかった。

次に、同じ7世紀代の周辺の古墳である森脇遺跡、鳥ヶ峰遺跡、北門遺跡、大多田遺跡から出土した須恵器が分析された。その1例を次ページに示す。ほとんどの須恵器は上記の在地窯のいずれかに対応し、外部地域からの供給がなくなったことを示した。このことは重要な結果である。

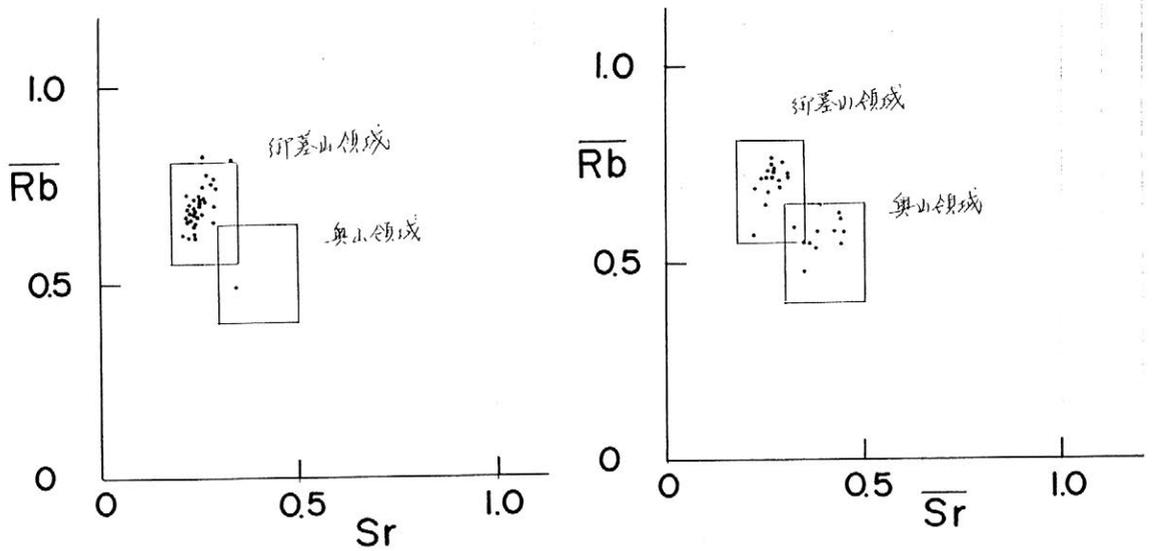
他方、大多田遺跡出土の6世紀代の須恵器はDe因子で御墓山群に対応せず、むしろ、陶邑産の可能性があることがわかった。

御墓山 1号窯出土須恵器の Rb - Sr 分布図



奥山 1、2号窯出土須恵器の Rb - Sr 分布図

大多田遺跡出土の7世紀末の須恵器の Rb - Sr 分布図



鳥ヶ釜遺跡出土須恵器の Rb - Sr 分布図

筑後における埴輪の胎土分析

○岸本圭¹⁾・三辻利一²⁾・赤崎敏男³⁾・立石雅文⁴⁾

1)九州大学

2)奈良教育大学

3)八女市教育委員会

4)久留米市教育委員会

1、はじめに

筑後平野には北部九州最大規模である岩戸山古墳をはじめとして数多くの古墳が築かれている。これらの多くが未調査であり、古代史上重要な位置を占めるにも関わらず考古学的な研究を深め難いのが現状である。そこで比較的多くの資料が得られている埴輪を素材として研究することは有効であると考ええる。

今回の発表では蛍光X線分析法を用いて埴輪胎土の特性を把握し、また考古学からの分析をミックスして検討をおこない、埴輪生産の様相・製品の動きについて考察をおこなう。ただし埴輪窯の調査例は少なく産地推定には困難が予想される。しかし各古墳出土埴輪のデータを蓄積して比較検討することにより問題は解決される方向に進むと考えられる。

2、分析方法

試料は、表面を研磨により汚れ等を除去した後、タングステンカーバイド製乳鉢により粉末にした。この粉末試料を塩化ビニール製リングの枠に入れ、約13 tの圧力を加えてコイン状の錠剤試料を作成し、蛍光X線分析装置で測定した。K・Ca・Fe・Rb・Sr・Naの6元素が測定されたが、分析値はJG-1による標準化値を用いている。

3、分析結果と考察

八女地域の埴輪は、大きく見ればいずれの古墳でも似通った特性を持っており、全て八女丘陵近辺で焼成されたものと想定できる。ただし古墳毎で胎土の特性に微妙ではあるがズレがあり、同一の場所で製作されたものとは考え難い。おそらく古墳築造を契機として埴輪生産が開始されたと考えられる。

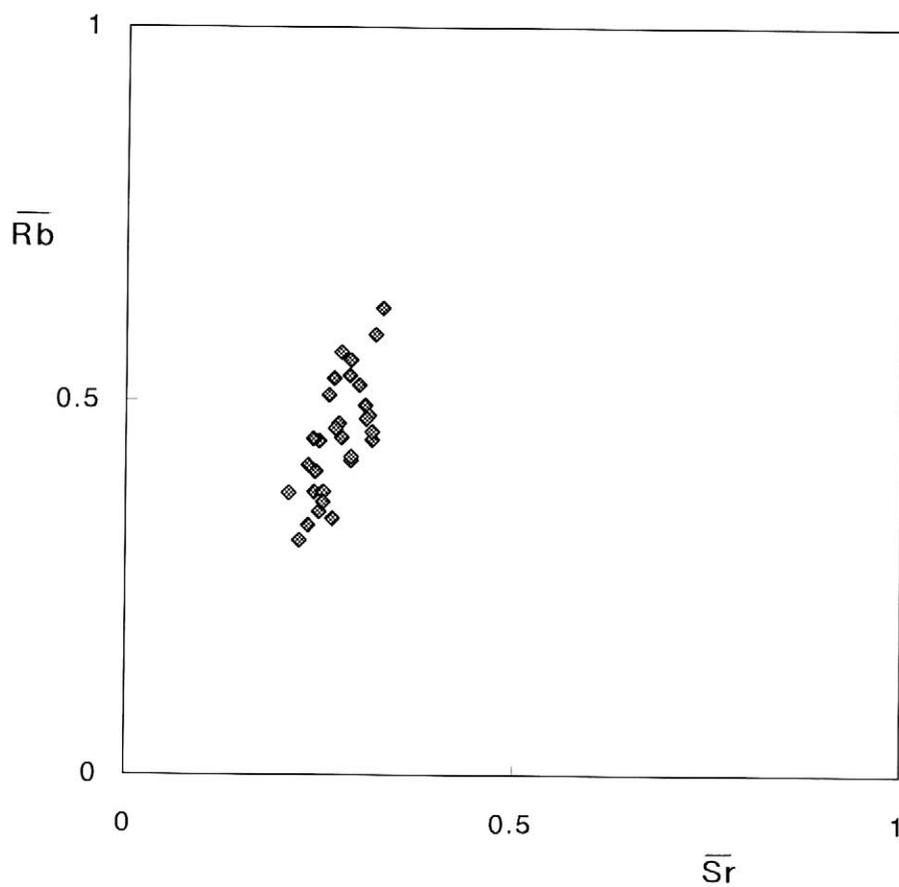
なお八女丘陵には立山山窯というこの地域で唯一調査された埴輪窯がある。2基の窯体が調査されたが、両窯の化学特性は一致する。立山山窯出土埴輪の胎土に類似するのは岩戸山古墳の埴輪である。形態上の特徴からも立山山窯と岩戸山古墳との共通性が指摘されてきたが、胎土分析の結果はそれを裏付けるものとなった。また立山山窯の胎土に一致する埴輪は他に認められず、この窯は岩戸山古墳のためだけに操業されていたことも判明した。

久留米地域も同様の分析結果が得られた。即ち埴輪胎土の化学特性は古墳毎に良いまとまりを示し、かつ他の古墳との判別が可能である。久留米地方全体として見れば化学特性は類似しており、遠くから運ばれてきた埴輪は無いようである。

以上のように、筑後地方においては比較的古墳から近い地域で生産がおこなわれ、工

人の編成は古墳築造を機におこなわれていたと想定できた。今後は隣接する地域・先行する時期の資料を検討し、当時の埴輪生産の様相・社会的な背景をより深く考察したい。

立山山1号窯 Rb-Sr分布図



群馬県、山梨県内の埴輪の胎土分析と考古学的考察

橋本博文（早稲田大学）・三辻利一（奈良教育大学）

1) 目的

関東地域では6世紀代の古墳から大量の埴輪が出土する。そして、これに呼応するようにして、埼玉県、群馬県、茨城県、栃木県から多数の埴輪窯が発見されている。当然、須恵器と同じようにして、胎土分析により、古墳出土埴輪を窯跡と結びつけて産地を推定することができる。関東地域内における古墳出土埴輪の伝播流通のデータを集積することによって、関東地域内の豪族間の関連についての情報が引き出されるであろう。さらに、大きくは、6世紀代における関東地域における埴輪の祭りについて考察する何らかの手がかりが得られるかもしれない。このような観点から関東地域内の埴輪の胎土分析が関東全域にわたって始められることになった。

昨年は埼玉県、千葉県内の古墳出土埴輪の胎土分析について報告したが、本報告ではその一環として、群馬県内の本郷窯、駒形神社窯の埴輪、及びいくつかの古墳出土埴輪の胎土分析の結果を報告する。また山梨県内では埴輪窯は見つけれないが、胎土分析から、同じ粘土を持つ埴輪を出す古墳を分類した結果についても報告する。

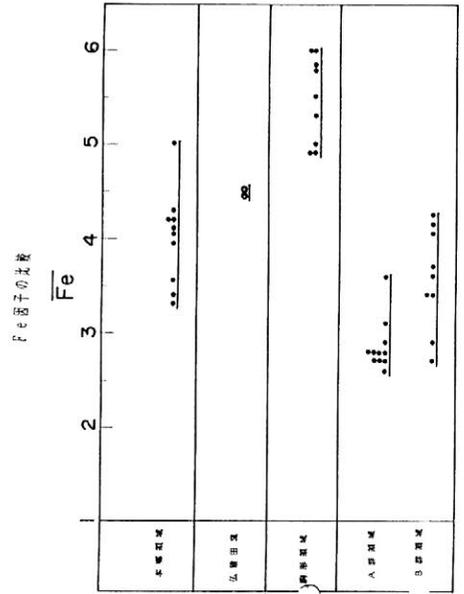
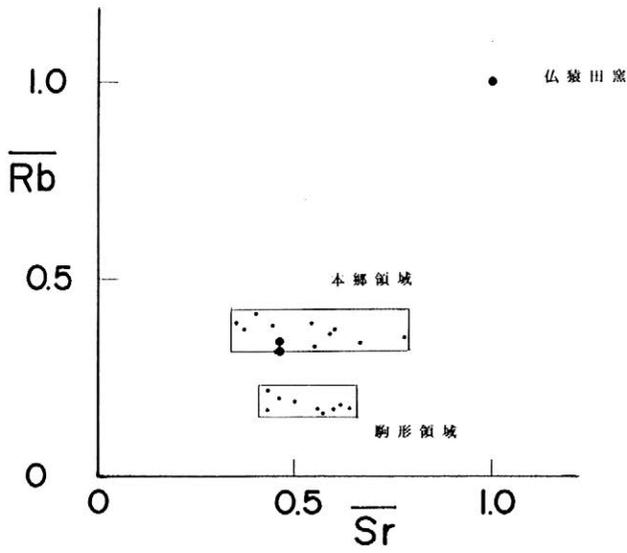
今回はいずれも基礎データであり、今後大きく飛躍するための準備が進められている現状である。

2) 分析結果

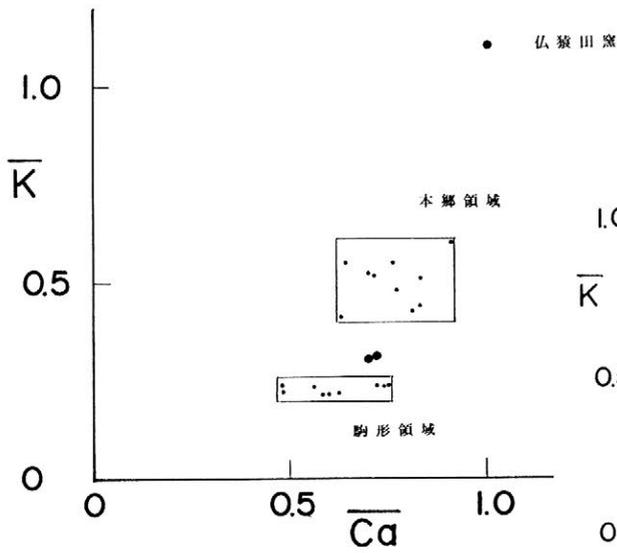
本郷窯および駒形神社窯出土埴輪のRb-Sr分布図とK-Ca分布図を次ページに示す。本郷窯の埴輪には明らかにK、Rb量が多く、両者の相互識別は十分可能であることが分かる。さらに、Fe因子でも両者は分離している。外見上、駒形神社窯の埴輪の方が、赤く見えるはずである。本郷窯には100~200基の窯跡があるといわれる。ここで焼成された大量の埴輪はどこかの古墳へ供給されたはずである。その供給先を捜査する上に、このデータは重要である。今回は30基程度の古墳から出土した埴輪の胎土分析の結果を考古学的にも考察する予定である。

山梨県下の古墳出土埴輪のRb-Sr分布図も次ページに示す。A領域分布するのは丸山塚、中道銚子塚、八代銚子塚の埴輪であり、B領域に分布するのは白井表門神社古墳、三珠大塚古墳の埴輪である。このように2群に分類されることから、種々の情報を引き出すことができる。

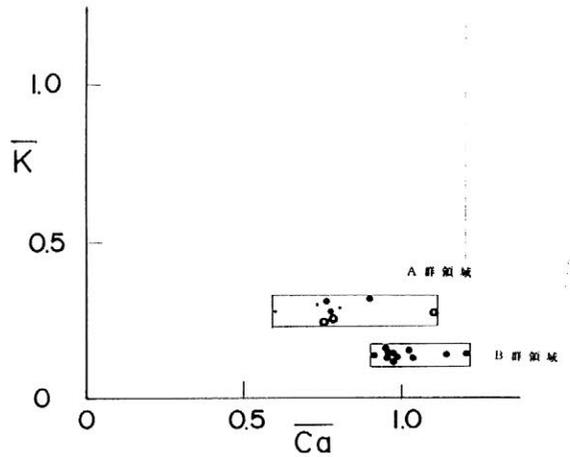
本郷埴輪窯群，駒形神社窯群出土埴輪のRb-Sr分布図



本郷埴輪窯群，駒形神社窯群出土埴輪のK-Ca分布図



山梨県の古墳出土埴輪のK-Ca分布図



明気窯群および明気古墳群出土須恵器の胎土分析

三辻利一（奈良教育大学）・宇河雅之・西村修久（三重県埋蔵文化財センター）

はじめに

明気窯跡群は、高見峠に端を発する橿田川右岸中流域の丘陵地帯に位置し、第3紀中新世に形成された尾根東側斜面の中腹に立地する。行政上は、多気郡多気町相可字明気に含まれる。

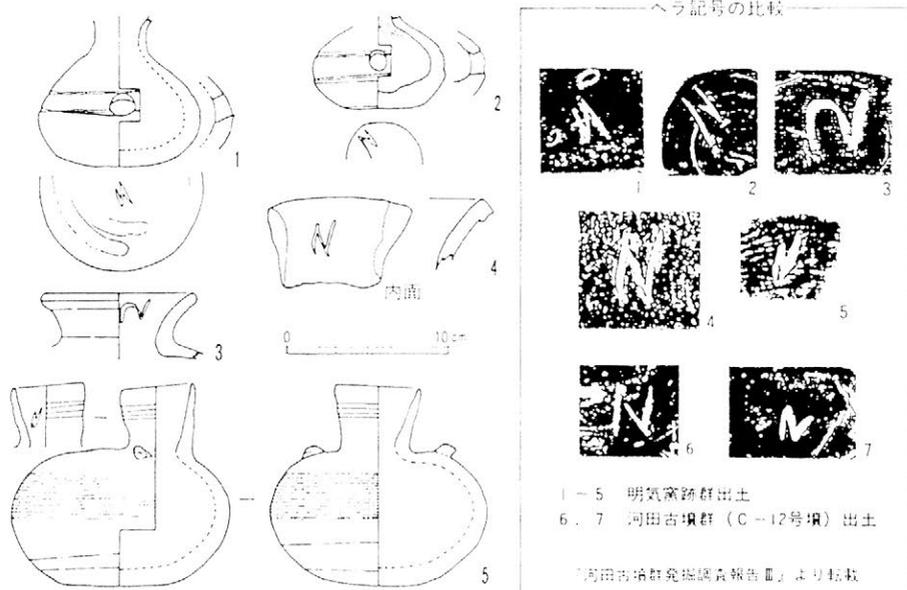
窯跡群は全5基から構成される須恵器窯で、7世紀初頭の1・2・4号窯とそれに続く中葉の3・5号窯が存在する。この内、2基一對の操業を行っていたと思われる1・2号窯は、共に全長約11m、幅約1.8mの規模を有する。窯体は地山くり抜き式で、煙道部に対し直交する溝が存在するなど、窯体構造を考える上でも興味深い資料を提供している。

へら記号の存在

明気1・2号窯出土の須恵器には、特徴的なへら記号が付されるケース（杯身・杯蓋については全体の13.4%）が認められた。これらは「-」「+」「∨」といったものが中心で、「-」「+」は杯身・杯蓋に、「∨」は・壺・甕・に記される規則性が存在した。

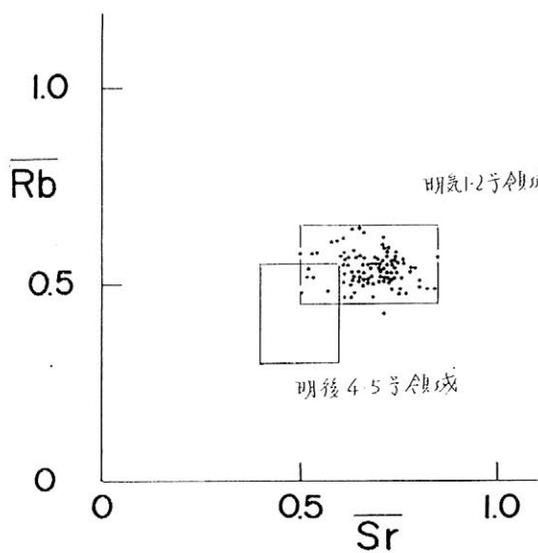
供給地比定の可能性

明気窯跡群の周辺には、多くの後期古墳群が存在する。窯跡群に隣接する明気古墳群・大日山古墳群をはじめ、90数基を数える河田古墳群などが著名である。これらの群集する古墳の中には、明気窯跡群の操業時期とは若干ずれるものも存在するが、同時期の古墳も多く認められる。7世紀初頭の古墳から出土した須恵器は、杯身底部や杯蓋天井部が肥厚・突出化する、明気窯跡群の特徴的形態を持つものが多く認められる。また、杯身・杯蓋の「-」「+」をはじめ、壺・甕・の「∨」字状へら記号を有する須恵器も存在し、肉眼観察による供給地の比定はその条件を満たしていると言えよう。



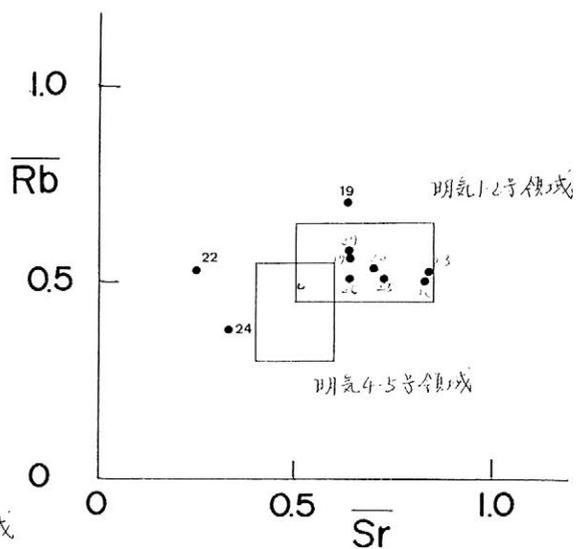
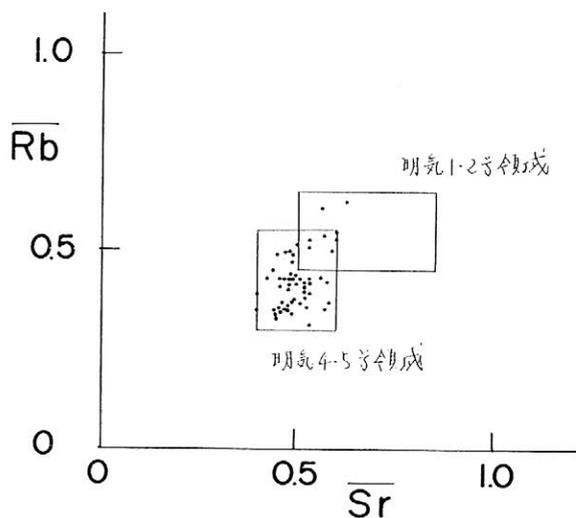
明気窯跡群出土遺物実測図(1:4)

宇河雅之「明気窯跡群」『一樹園流42号松阪・多気バイパス埋蔵文化財発掘調査報告書』
三重県埋蔵文化財センター 1993, 3

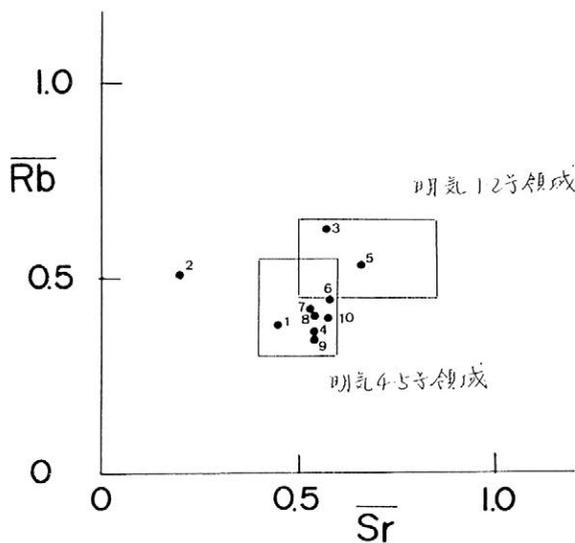


明氣1、2号窯出土須恵器のRb - S r 分布図

明氣3、4号窯出土須恵器のRb - S r 分布図



土の垣外遺跡出土須恵器のRb - S r 分布図



明氣古墳群出土須恵器のRb - S r 分布図

大戸窯群産須恵器の供給先

三辻利一（奈良教育大学）・石田明夫（会津若松市教育委員会）

1) 目的

会津若松市にある大戸窯群は数100基の窯を有し、東北地方では抜群に規模の大きい窯群である。9世紀代に最盛期を迎える。大戸窯群の製品は福島県内の多くの遺跡から出土しているが、特に、長頸瓶、短頸瓶は遠く、宮城県の大賀城跡やその近くの遺跡にまで供給されていたことが胎土分析からも確かめられている。この結果は昨年度の本大会でも報告された。今年度は9世紀代に操業された福島県内の他の窯の須恵器と大戸窯群の製品との相互識別の結果を示すとともに、更に多くの大戸群の製品の供給先を求めた結果について報告する。この結果は考古学側からも考察をくわえた。

2) 分析結果

大戸窯群と年代的に平行して操業した規模の小さい窯群は新田山窯、大久保窯、人大光寺窯等である。大戸窯群とこれらの窯群との相互識別の一例を下記のページにしめしておく。大戸窯群の製品は特異な化学特性をもっているのので、県内の他の窯の製品からは容易に識別することができる。この基礎データを使い、県内の多くの遺跡から出土した須恵器の産地推定の一例をRb-Sr分布図で示しておく。本報告では、これらのデータを含めて、大戸窯群の製品の流通について考古学的にも考察を加える。

胎土分析図

Rb-Sr分析図

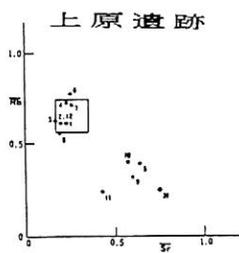


図2 上原遺跡、出土須恵器のRb-Sr分析図

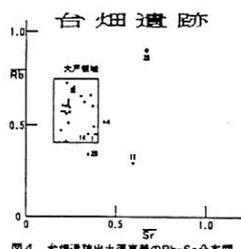


図4 台畑遺跡出土須恵器のRb-Sr分析図 (その1)

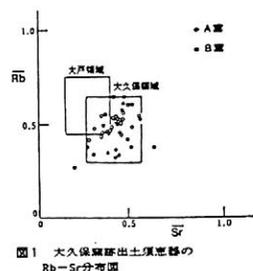


図1 大戸窯群出土須恵器のRb-Sr分析図

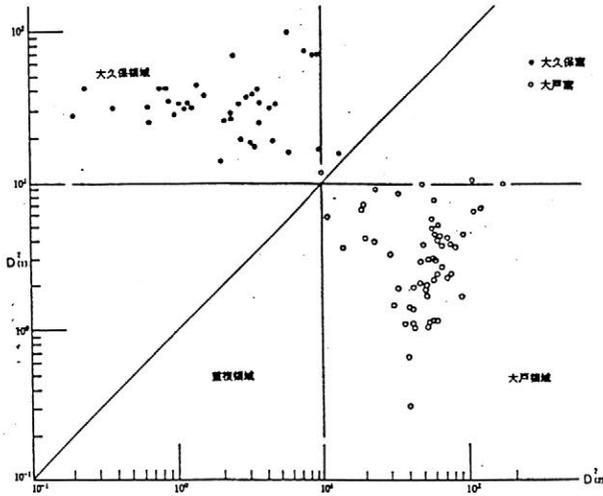
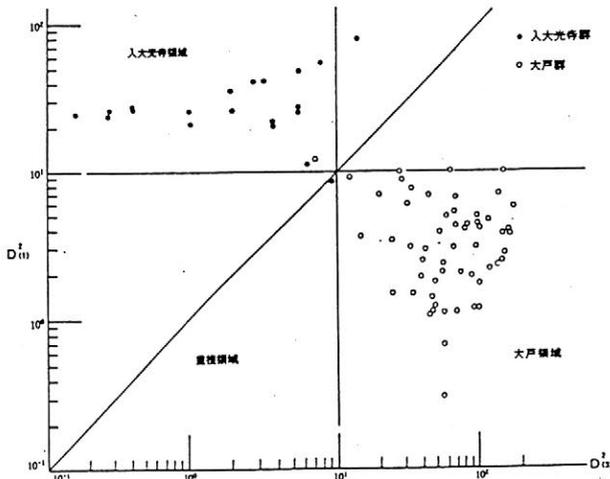


図2 大戸群と大久保群の相互識別 (K, Ca, Rb, Sr 因子使用)



5 図 大戸群と入大光寺群との相互識別 (K, Ca, Rb, Sr 因子使用)

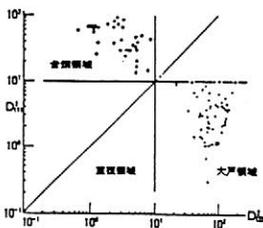


図1 大戸群と台畑群の相互識別 (K, Ca, Rb, Sr 因子使用)

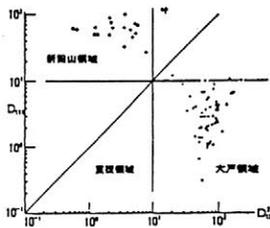


図3 大戸群と新岡山群の相互識別 (K, Ca, Rb, Sr 因子使用)

付表1 上飯道跡出土須恵器の蛍光X線分析

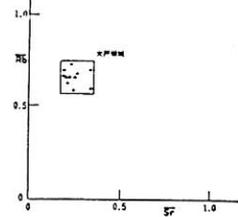


図4 大戸系出土須恵器の Rb-Sr 分布図

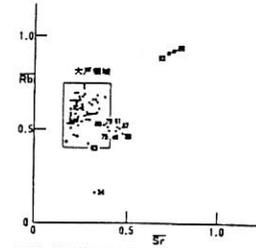


図5 台畑遺跡出土須恵器の Rb-Sr 分布図 (その2)

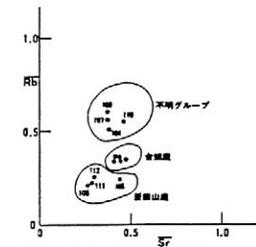
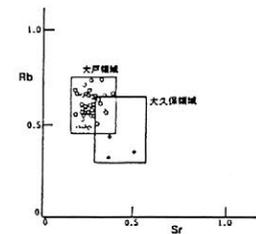
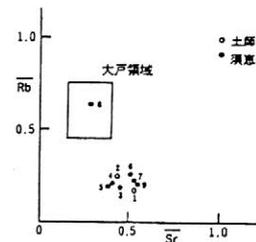


図6 台畑遺跡住居跡出土須恵器の Rb-Sr 分布図



6 図 原兼遺跡出土須恵器の Rb-Sr 分布図

金沢製鉄遺跡 (原町市)



第2図 Rb-Sr 分布図

平泉・柳御所跡出土中世陶器の考古学のおよび自然科学的研究

吉岡康暢（国立歴史民俗博物館）・三辻利一（奈良教育大学）・金枝武志（同）

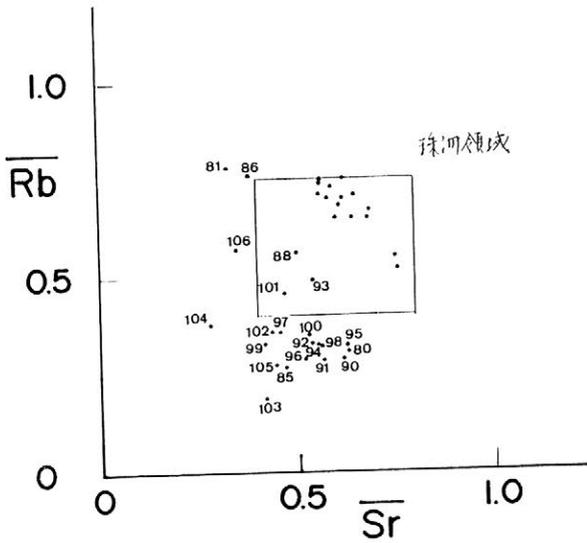
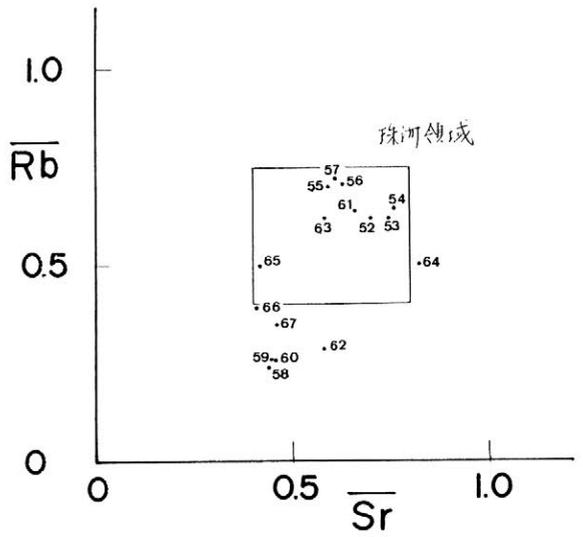
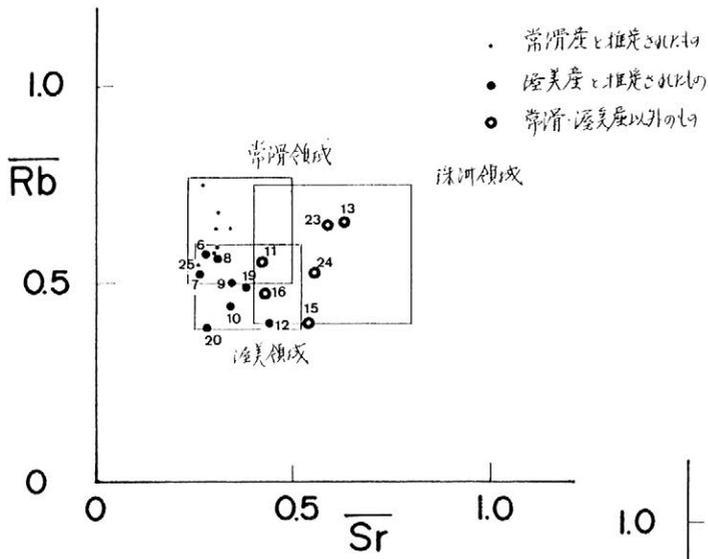
1) 目的

既に、東日本の主要な窯跡群出土の中世陶器の分析データはだされている。すなはち、愛知県の猿投窯群、常滑窯群、渥美窯群、岐阜県の瀬戸窯群、滋賀県の信楽窯群、福井県の越前窯群、石川県の珠洲窯群、静岡県旗指窯群、宮城県の東北窯群などである。さらに、その他の小規模窯群の分析データもだされており、胎土分析によって中世陶器の伝播、流通を追跡できる段階にはいつてきた。

本報告では、東日本で近年、発掘作業が進展し、その成果が注目される平泉、藤原氏の遺跡の一つである柳御所から出土した中世陶器の胎土分析の結果とその考古学的解釈について報告する。

2) 分析結果

次ぎのページの図1-3には、柳御所から出土した中世陶器のRb-Sr分布図をしめしてある。いずれの図においても、これらの陶器の産地をおおよそ推定できるように、珠洲領域、常滑領域、渥美領域を定性的にしめしてある。これらの図から予想されるように、かなりの数の珠洲陶器の搬入が予想される。K, Ca, Rb, Srの4因子をつかって判別分析をした結果、予想どおり、珠洲陶器と推定された。この他、常滑陶器、渥美陶器と推定されるものがあり、これらは土器形式による推定とも一致した。さらに、地元、東北地域のものも推定される陶器も検出された。これらの結果を考古学的にも考察する。



超臨界乾燥法による遺跡出土木材の保存処理 に関する基礎研究

(奈良高専) ○河越幹男・谷尻陽子

緒言

前報[1]では、保存処理時間の長期化というPEG含浸法の最大の難点[2]を克服するため、超臨界乾燥法による出土木材の保存処理法について検討し、超臨界乾燥が保存処理に有効であることを見出した。本研究では、超臨界乾燥法を実用化する上で必要となる処理時間の推算を可能にするため、薬液の含浸速度を拡散モデルに準拠して解析した。さらに、収縮率と含水率との関係についても検討した。

1. 実験装置及び方法

乾燥装置及び試料： 用いた装置は日立臨界点乾燥装置HCP-2型である。試料は、元興寺文化財研究所から提供された出土木材（シラカシ、イヌツゲ、ハンノキ、ヌルデ、マツ）から立方体（一辺約20mm）と平板（一辺約20mm、厚さ約5mm）の二種類を作成した。

前処理： 試料をエタノールに浸漬して試料中の水をエタノールで置換後、酢酸イソアミルに浸漬しエタノールを酢酸イソアミルで置換した。浸漬操作は25℃で行い、試料重量の経時変化を測定した。

2. 実験結果及び検討

収縮率： 図1に体積収縮率と含水率の関係を示した。自然乾燥の場合には収縮率と含水率の間に比例関係が成立している。超臨界乾燥の場合の収縮率は自然乾燥の場合の約1/4程度であった。前処理を行わない超臨界乾燥の結果は自然乾燥の場合の相関線上にあり、前処理は必須条件であることが分かった。

薬液含浸中における重量変化： エタノールと酢酸イソアミルのいずれの含浸系の場合にも、実験値は拡散理論による計

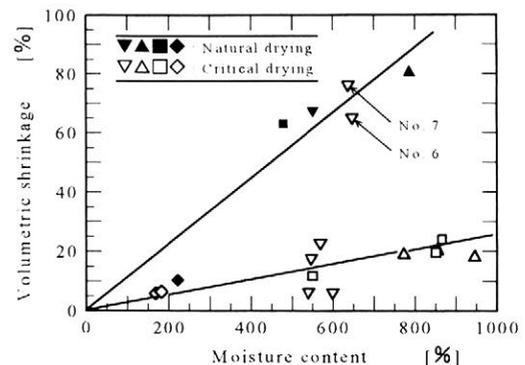


図1 体積収縮率と含水率の関係

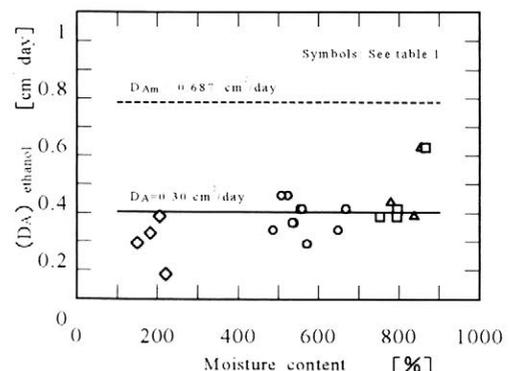


図2 エタノール含浸系の有効拡散係数と含水率との関係

算値と一致したので、拡散理論に準拠して有効拡散係数を求めた。

3. 拡散理論による含浸過程の解析

エタノール含浸系： 図2に有効拡散係数対含水率のプロットを示した。含水率による変化はほとんど認められず、平均値は $0.302 \text{ cm}^2/\text{d}$ であった。この系の分子拡散係数は濃度によって大きく変化するが、全濃度範囲にわたる平均をとると $0.687 \text{ cm}^2/\text{d}$ になる。従って、有効拡散係数は分子拡散係数の約44%である。

酢酸イソアミル含浸系： 酢酸イソアミル系の有効拡散係数をエタノール系のそれに対してプロットし、図3に示した。実測値は図中に破線で示した両含浸系の分子拡散係数の比から予測される値よりも小さい。このことは、拡散分子種により木材構造の移動速度に及ぼす影響が異なることを示唆している。ここでは、簡単化のため実線で示したように酢酸イソアミル含浸系の有効拡散係数はエタノールの場合と等しいとした。

超臨界二酸化炭素系： 超臨界流体中の分子拡散係数の推算は船造ら[4]の推算式を用いて行った。その結果、超臨界二酸化炭素中の酢酸イソアミルの分子拡散係数は $11.5 \text{ cm}^2/\text{s}$ となった。エタノール系の場合と同様に、有効拡散係数は分子拡散係数の44%とすると、この系の有効拡散係数は $5.06 \text{ cm}^2/\text{s}$ となる。

所要時間： 試料No.21($18.9 \times 21.6 \times 18.9 \text{ mm}$)について所要時間を著者ら[3]の方法を用いて計算すると、超臨界乾燥の場合は5.6日、PEG含浸の場合は20.6日となった。すなわち、超臨界乾燥法に要する時間はPEG含浸法の約1/4である。

結 言

超臨界乾燥法を用いると、出土木材をほとんど収縮・変形させず乾燥でき、所要時間もPEG含浸法の約1/4に短縮できた。処理後の重量も軽く、PEG含浸処理した木材のように衝撃によって崩壊するという短所も改善できた。

文 献

- 1)河越幹男・谷尻陽子： 日本文化財科学会第11回大会、P 39 (1994)
- 2)河越幹男・石垣 昭： 考古学と自然科学、第23号、1~11 (1991)
- 3)河越幹男・石垣 昭： 考古学と自然科学、第22号、95~102 (1990)
- 4)Funazukuri, T., Y. Ishiwata and N. Wakao : A. I. Ch. E. Journal, 38, 1761-1768 (1992)

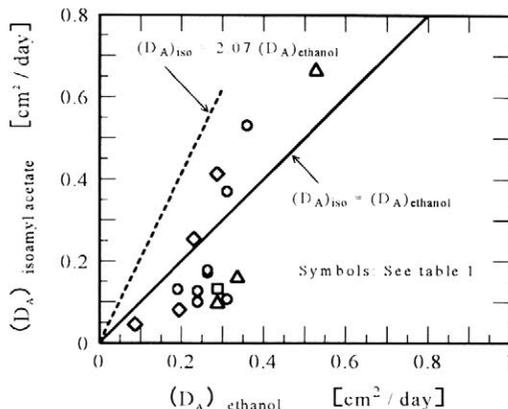


図3 酢酸イソアミル系とエタノール系の有効拡散係数の比較

真空凍結乾燥法による出土木製品の保存処理 —現状と問題点—

山田哲也・井上美知子・大国万希子・吉村佐紀恵・五代雄資
(財)元興寺文化財研究所

1. はじめに

出土木製品の真空凍結乾燥法としてポリエチレングリコール(以下 PEG) t-ブタノール溶液法^{1) 2)}、糖類とPEG水溶液を用いた二段階法^{3) 4)}、PEG水溶液法が報告されており、それらを用いて現在各地で保存処理が行われている。

当研究所では1988年に試験機を導入し、PEG水溶液による真空凍結乾燥法の可能性を検討した結果、PEG濃度や乾燥温度など処理条件について報告している⁵⁾。同時にPEG水溶液による実用的な真空凍結乾燥法を行うため、1993年に2台の凍結乾燥機を導入し、技術的な検討を行ってきた。

今回、当研究所における真空凍結乾燥法の現状と問題点について報告する。

2. 現状

2-1 真空凍結乾燥機

現在、真空凍結乾燥機はトラップ一体型の試験機、秤量、庫壁冷却機能の付いた中型機、棚・トラップ切替冷却型の小型機の計3台が稼働しており、最大で900×400×400mmの遺物が処理できる。

2-2 特徴

PEG水溶液による真空凍結乾燥法には以下のような特徴がある。

- 1) 比較的処理期間が短い。
- 2) PEG水溶液含浸中に変形を起こしやすい広葉樹に有効である。
- 3) 特別な薬剤や溶剤を用いないため簡易で安全である。
- 4) 常温で含浸処理ができる。
- 5) 漆製品の仕上がりが良好である。
- 6) 色調が明るく、墨書や朱が鮮明である。
- 7) 木材本来の質感を持ちあわせており、PEG含浸法と比較して重量が軽い。
- 8) 木材本来の性質を持ちあわせており、吸放湿性に優れている。
- 9) 保護材の取り付けは簡易でよい。

2-2 対象遺物

これらの特徴をふまえて、漆製品、木筒類、墨書・朱付き製品、容器類等の立体物、収縮・変形の可能性がある広葉樹を処理対象にしている。

2-3 処理工程

- ① 記録、水洗い、脱色など前処理の終わった出土木製品を20%、40%PEG水溶液に各々約1カ月浸漬する。形を整える場合は保護材を取り付けて加温することもあるが通常はPEGを入れたタッパやコンテナで常温含浸する。
- ② 予備凍結前に軽く表面のPEGをふき取る。クラックの広がりや予想されるものPEG含浸中に形を整えたものはシルクスクリーン等を用いてその形を固定しアルミ製のトレーに並べる。
- ③ 棚温約-50℃で1日間予備凍結する。乾燥温度を約-20℃にし、真空乾燥する。

- ④ 乾燥終了は秤量値が恒量に近づいた時点とする。遺物を取りだし、乾燥不十分の際のしみがなかったかを確認した後、結露を防ぐためデシケーター内で室温にもどす。
- ⑤ 数時間後室内に取り出し、重量測定を行いながら経過観察する。
- ⑥ 木口面などに付着したPEGは軽くドライヤーの熱風をあて表面処理を行う。
- ⑦ 接合部はアルキル α -シアノアクリレート系瞬間接着剤を、補填部はエポキシ系接着剤と木粉を練りあわせたものを使用し、アクリル絵の具で補彩する。
- ⑧ 必要に応じて強化のため10%B72キシリソ溶液を塗布または含浸する場合もある。



図1 処理工程

3. 問題点

凍結乾燥法による保存処理を行ってきた中で以下のような問題点がわかってきた。

- 1) 遺物の劣化状態や大きさ、漆膜の状態によっては氷の昇華に時間がかかる。
- 2) 木胎と漆膜の挙動の違いから漆膜のひび割れやめくれがおこる場合がある。
- 3) PEG含浸法と比べ強度が弱いので取り扱いに注意が必要である。
- 4) PEG含浸法、アルコール・キシリソ樹脂法では熱や蒸気による処理後の矯正が可能だが、真空凍結乾燥法では強度面から難しい。
- 5) 接線方向に細かいクラックが入ることがある。
- 6) 一部の広葉樹では白っぽい仕上がりになる。
- 7) 氷を昇華させるので真空ポンプに水が入り錆が発生することがあるため、ポンプオイルの交換やポンプのオーバーホールが必要である。

4. おわりに

PEG水溶液を用いた真空凍結乾燥法は、処理期間から見るとPEG含浸法と比べてかなり短時間で処理が行える。作業面から見るとPEG含浸法では必要であった槽での加温含浸や保護材の取り付けは殆どなく（常温含浸や簡易な保護材ですむ）、さらに溶剤を使わない安全性は大きな利点である。特に水漬け保管と同様に遺物が確認できることや凍結乾燥中も前面のアクリル扉から常に遺物が見えることはより安全な保存処理を可能にした。今後は3.問題点で述べたような諸問題の改善や対象遺物の範囲を広げるために技術的な取り組みを続けていきたい。

参考文献

- 1) B.B.Christensen "The Conservation of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark" (1970)
- 2) 沢田正昭「考古資料保存の科学的研究1」
『研究論集1』奈良国立文化財研究所学報 第21冊 (1972)
- 3) 今津節夫「マンニトール・ポリエチレングリコールによる出土水浸木材の真空凍結乾燥」
『古文化財の科学 第33号』古文化財科学研究会 (1988)
- 4) 今津節夫「糖類を用いた2ステップ含浸法－出土木材の保存法と処理の実例－」
『考古遺物の材質技法に関する分析の比較研究』平成4・5年度科学研究費補助金研究成果報告書(1994)
- 5) 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)

出土針葉樹材の簡易な保存処理法について

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子・山田哲也・尼子奈美枝・植田直見

1. はじめに

出土木製遺物のなかで針葉樹材の占める割合は高く、建築部材では丸太材で 53%、柱材で 66%、板材で 71%を占める¹⁾。これらの出土針葉樹材は自然乾燥や PEG 塗布で形状を維持した例が数例報告されており簡易処理の可能性を示唆している。しかし、遺物の形状や変化の程度について詳細な報告がなく広葉樹製遺物と同様の保存処理が行われる場合が多い。

今回、国内で最も広く行われている PEG 含浸法での簡易化を目的とし、含浸工程、ジメチルテトラデシルベンジルアンモニウムクロライド（以下 DTBAC と略）やラウリルアミンアセテート（以下 LAA と略）等の陽イオン界面活性剤との併用、必要な薬剤濃度等を検討した。その結果、陽イオン界面活性剤を PEG 含浸の前処理剤として用いることにより、短期間でかつ簡易な処理が可能であることが判った。

2. 実験

2-1. PEG 含浸工程の検討

- 1 試料 a. スギ板材(含水率 260%・放射方向 2×接線方向 8×繊維方向 43 cm³)
 b. アカマツ輪切り材(含水率 450・直径 6 cm, 繊維方向 1.5 cm)
 c. モミ(含水率 410~460・放射方向 3×接線方向 3×繊維方向 1.5 cm³)
- 2 方法 ア. PEG20%水溶液から 20%ずつ濃度上昇し PEG100%含浸
 イ. PEG 溶解液含浸(恒量になるまで)
 ウ. DTBAC5%水溶液に浸漬後 PEG 溶解液含浸(恒量になるまで)

2-2. 最終含浸 PEG 濃度の検討

- 1 試料 d. アカマツ輪切り材(含水率 450・直径 6 cm, 繊維方向 1.5 cm)
 e. モミ(含水率 410~460・放射方向 3×接線方向 3×繊維方向 1.5 cm³)
 f. モミ(含水率 760~880・放射方向 3×接線方向 3×繊維方向 1.5 cm³)
- 2 方法 エ. 自然乾燥および PEG 水溶液の最終含浸濃度を 40%.60%.80%.100%とし
 自然乾燥
 オ. DTBAC5%水溶液に室温で 5 日間浸漬後自然乾燥、および PEG 水溶液の
 最終含浸濃度を 40%.60%.80%.100%とし自然乾燥

2-3. 適用範囲の検討

- 1 試料 g. スギ板材(含水率 470~540・W 12×D 42×L 6 cm³)
 h. モミ板材(含水率 420~460・W 14×D 3×L 11 cm³)
 i. アカマツ丸太材(含水率 500・直径 8, L 5 cm)
 j. アカマツ丸太材(含水率 670・直径 6, L 15 cm)
 k. カヤ丸太材(含水率 200・直径 3, 繊維方向 35 cm)
 l. モミ薄板材(含水率 310~580・W 9×D 1×L 5 cm³)

2 方法力, PEG 溶解液含浸

キ, LAA5%水溶液前処理後 PEG 溶解液含浸

3. 結果と考察

3-1. PEG 含浸工程の検討

スギ、アカマツ、モミともに接線方向の収縮率は約 2%で方法による差はなかった。

PEG 含浸期間はスギでは方法アで 40 日、イで 25 日、ウで 13 日、アカマツとモミでは方法アで 25 日、イ,ウで 5~7 日であった。

このことより含水率が低く PEG が入りにくい材で、陽イオン界面活性剤前処理による PEG 含浸の促進効果が認められた。

3-2. 最終 PEG 含浸濃度の検討

アカマツ、モミ e, f とともに濃度の高い程寸法変化は少なく、接線方向の収縮を 5%以内に抑えるには PEG80%以上の含浸が必要であった。PEG60%以上の含浸では方法による差はわずかであったが、含浸なしおよび 40%含浸試料で差が生じ、陽イオン界面活性剤の防縮効果が認められた。

3-3. 適用範囲の検討

g~l の 1 cm 以上厚みのある試料では方法力,ともに順調に重量が増加し接線方向も 3%以内の収縮で良好であった。しかし、カヤは方法力では含浸直後から重量が減少(含浸 2 日目で 7%)しその後 30 日含浸したにも関わらず処理前の重量に達しなかったが方法キでは減少はなく順調に増加した。モミ薄板試料は方法力では含浸直後から脱水による急激な重量減少と収縮・変形がみられたが方法キではわずかに重量が減少したのもあったがその後順調に増加し、大きな変形は生じなかった。

4. まとめ

出土針葉樹材は PEG 溶解液含浸(段階的濃度上昇を経ず)で保存処理が可能なものも多かったが薄い材では急激な脱水により大きく収縮・変形を生じるものがあった。

しかし、DTBAC や LAA 等の陽イオン界面活性剤を PEG 含浸の前処理剤として用いると濃度変化時に生じやすい重量の減少が小さくなり PEG 含浸期間の短縮も可能であった。

しかし、PEG 溶解液の比重が 60℃で 1.095 であるため大半の出土針葉樹材が溶解液に浮き、部分的に乾燥が進むなど問題もある。劣化の程度によりさらにもう一段階低い濃度の PEG 含浸が必要と思われた。また 1 cm 以下の薄い板については今後検討したい。

文献 1)伊藤隆夫・島地 謙：日本の遺跡出土木製品総覧、雄山閣(1988)

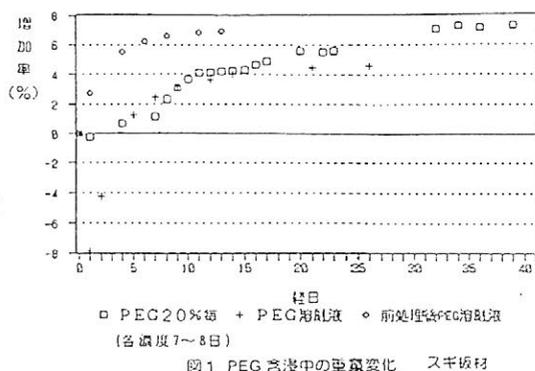


表 1 PEG 含浸濃度による木口面の接線方向収縮率

	d. アカマツ		e. モミ		f. モミ	
PEG 0%	15.2%	7.2%	14.3%	7.0%	31.5%	17.1%
40%	7.0	5.1	5.2	5.6	7.2	5.6
60%	4.9	4.5	5.8	5.2	5.0	4.6
80%	3.5	1.7	4.5	4.5	2.5	3.1
100%	2.6	1.7	2.4	2.6	1.0	1.3

右欄：前処理 (DTBAC 5%水溶液) あり
左欄：前処理なし

出土木製品の生物的環境に関する微生物学的基礎研究①

○吉村佐紀恵¹⁾・井上美知子¹⁾・川本耕三¹⁾・米虫節夫²⁾

1) (財)元興寺文化財研究所・2) 近畿大学農学部

1.はじめに

水漬け出土木材は木材腐朽菌や土壌微生物,空中落下菌,藻類などから様々な生物劣化を受ける。そのため出土木材は①表面の軟化により取扱が困難になる,②加工痕や使用痕などの消滅により考古学的資料価値が減少する,③細胞壁の破壊により保存処理中の変形の1因となるなどの被害を受ける。出土後,早期に保存処理をし,生物劣化を止める必要があるが,日本では出土量が保存処理できる量をはるかに超えている。そのため保存処理までの間水漬けで保管し,一定期間ごとに保管水を替える必要がある。しかし,保管中の水の管理は大きな負担となり,十分に行き届かないことが多く,結果として木製品は発掘後保存処理までの間に形を失い,貴重な文化財を後世に伝えることができなくなってしまうことがある。そのため,水漬け保管中の微生物の増殖を防ぐ方法の検討が急務である。抑止方法の検討にはまず攻撃している微生物の特定が必要である。

次に,抑止方法は以下の条件を満たすものが好ましい①微生物の殺菌か静菌が可能である②出土木材に悪影響(変形など)を与えない③水溶性で一般に入手しやすく管理などの取り扱いが容易である④安価である。この条件から我々は陽イオン界面活性剤を保管水に添加する方法を検討した。第4級アンモニウム塩からなるこの薬剤は水に少量加えるだけで微生物の増殖を抑えることができ,取り扱いも容易である。さらに,この薬剤はポリエチレングリコール(PEG)含浸の前処理として用いると出土木材の含浸が促進され,寸法安定性もえられることがわかっており,井上らによってすでに報告されている¹⁾。

そこで,この薬剤の実用化へ向けて水漬け出土木材保管中の攻撃微生物の分離とその分離微生物に対するこの薬剤の抗菌性を検討し,出土後の出土木材の生物劣化の抑止とより寸法安定性に優れた保存処理を同時に行う画期的な方法の確立を目指す。

2.方法

2-1. 出土木材を攻撃する微生物の分離

出土木材やその保管水から微生物を分離し,セルロースの資化性をみることによって出土木材を攻撃している微生物を明らかにする。

- ①サンプル：三角フラスコ内に出土木材片(アカガシ)と純水を入れ蓋をせず室内に約1カ月放置した木材と保管水をサンプルとして用いた。
- ②分離方法：出土木材片を無菌的環境下で半分に割り,断面を分離用培地(クリスタルバイオレット耐性培地,ローズベンガル寒天培地,酵母エキス寒天培地)にスタンプした。約30℃で7日間培養し,出現したコロニー別に新鮮な同じ培地に植え替える作業を繰り返した。また,保管水から約10ml採り遠心分離機で集菌したものを1白金耳かきとり,同様にスクリーニングした。
- ③分離菌の同定：分離菌の種属を顕微鏡観察などで同定した。
- ④分離菌のセルロース資化性試験：分離した菌のセルロース資化性をセルロースパウダーを単一炭素源にしたHungate, Parkの培地で培養することにより確認した。

2-2. 出土木材の生物劣化を抑止する方法の検討

出土木材の保管中の生物劣化を防ぐため抗菌性薬剤の保管水への添加を検討した。

- ①出土木材片と純水を入れた三角フラスコに0.05%ジメチルトレーシム[®]ベンジルアンモニウムクワリト[®](商品名:カトーゲンPAN 有効成分42%以下カトーゲンPAN),0.1%カトーゲンPAN,0.5%ジメチルトレーシム[®]ベンジルアンモニウムクワリト[®](商品名:カトー 有効成分50%以下カトー)²⁾,0.5%有機窒素硫黄系薬剤(商

品名:カサイト[®]以下カサイト[®]3³⁾の4種をそれぞれ添加し,ブランクとして薬剤を添加しないものも用意した.これを室内に蓋をせず静置し,3日おきに紫外分光光度計で660nmの吸光度を調べることで微生物の発育の経時変化を観察した.

②実際の水漬け保管で用いるコンテナ2つに同じ木材片を割って各1個ずついれ,片方には0.1%カサイト[®]を添加した.1年後各コンテナから採取した保管水をサンプルとしてメンブランフィルター法を用いて培養し,出現したコロニーをカウントし,長期間にわたる抗菌性の効果を検証した.

③先に分離した菌のうち乳白色粘性コロニー形成菌,黒色コロニー形成菌,黄緑色コロニー形成菌の3種を供試菌とし,0.1%カサイト[®],0.5%カサイト[®],0.5%カサイト[®]の3種の薬剤を2-1と同様の分離用培地に各々混入し,その発育の有無によって抗菌性を調べた.

3. 結果

2-1: から以下のような4種の菌が分離された.乳白色の粘性を持ったコロニーを形成するものはグラム陰性菌であった.黒いクッション状のコロニーはAspergillus属,白色の菌糸の長いコロニーはTrichoderma属,その他黄緑色のコロニーを形成する糸状菌であった.このうちグラム陰性菌を除く3種はセルロース分解能を持っていた.

2-2: ①の試験では0.05%カサイト[®],カサイト[®]では吸光度の増加がみられ肉眼でも微生物の増殖が観察されたが0.1%カサイト[®],0.5%カサイト[®]では増加がみられず,抗菌性があることがわかった.②ではカサイト[®]をいれていないコンテナでは出土木材表面に藻類と思われる緑の生物が繁殖していたが添加したコンテナではみられなかった.メンブランフィルター法による2者の比較試験では細菌類では抗菌性に差がみられなかったが糸状菌では添加薬剤の効果が確認された.③の分離された3種のセルロース分解能を持った菌を用いた供試薬剤の抗菌性試験では3種の薬剤とも分離菌の生育が全くみられなかった.

4. 考察

分離された菌のうちセルロース資化性については3種の菌で確認され,保管中に木材の生物劣化は進行するであろうことが予想される.木材の分解はセルロース分解能を持つ糸状菌がセルロースを分解し,それを細菌類がさらに資化していくと考えられるため今後は分離菌の代謝産物と他の分離細菌との関係を明らかにしていくことが必要であろう.また,セルロース以外の木材成分の資化性も検討しなくてはならない.

生物劣化の抑止方法の検討では0.1%カサイト[®],0.5%カサイト[®]で抗菌性が証明された.この試験では微生物の増殖がみられたサンプルの保管水では培養3日目頃から木材成分の浸出と思われる茶色い着色がみられた.1年間経過したコンテナでも同じ傾向が観察され,長期にわたる保管で生物劣化と並んで問題となっている保管水の濁り,着色の防止にもカサイト[®],カサイト[®]は有効であることがわかった.細菌類には有効でなかったことや殺藻性については今後の課題である.

以上のことから2種の陽イオン界面活性剤の糸状菌に対する抗菌性が明らかになったが,セルロース分解能を持った微生物の抑止の必要性和保存処理を前提とした出土木材の保管を考えるとカサイト[®]の利用が効果的である.

参考文献

- 1) 植田直見, 井上美知子, 増澤文武, 1992, ポリエチレングリコール(PEG)含浸による出土木材の保存処理の改良(陽イオン界面活性剤を使用して), 材料, 148-152.
- 2) 酒井温子, 今津節夫, 1995, 出土木製品の水中保管時の腐朽と薬剤による防腐, 奈良県林試木材加工資料No.23, 27-30.
- 3) 伊藤実, 福原幸一, 1992, 水漬漆器の防藻法について, 国際生物劣化会議第2回発表要旨集

保存処理木材の生物被害 (1)

— 蟻・シロアリによる食害試験 —

今津節生¹⁾・板倉修司²⁾・酒井温子³⁾

1) 奈良県立橿原考古学研究所 2) 近畿大学農学部

3) 奈良県林業試験場

1. はじめに

保存処理後の出土木材に対する生物劣化の一つとして、蟻やシロアリなどによる食害が考えられる。特に、PEGに代わる含浸剤として欧米で脚光を浴びているスクロースは生物被害に対する危惧が残る。そこで保存処理した出土木材が、実際にどの程度の生物被害を受けるのかを評価するために、蟻とシロアリによる食害について検討した。

2. 実験の方法

2-1 イエシロアリによる食害試験

実験には劣化の激しいケヤキ材（飽和含水率620%）を用い、我が国で最も多く実施されているPEG#4000含浸法、欧米で活発に研究されているスクロース含浸法、新しい糖類として研究開発したラクチール含浸法（今津1993）によって処理した木材と含浸剤を使用しないで凍結乾燥した木材の4種類を用いた。

中央に水分補給のための孔と石膏を敷いた直径120mm×高さ70mmのプラスチック製容器に4種類の保存処理木材を同時に入れ、近畿大学農学部で8年間維持している巣から採取したイエシロアリの職蟻150頭と兵蟻15頭を加えた。試験容器を湿った脱脂綿上に置き、含浸材料が溶け出さないように恒温恒湿器内において25℃、75%RHの条件で10日間飼育した（Uwe Noldt 1993）。また、イエシロアリが活発に活動する21℃、87%RHの条件でも22日間飼育した。

2-2 蟻（アミメアリ）による指向性試験

糖や蜜を好むアミメアリを用いて糖類に対する指向性を観察した。実験は野生のアミメアリを用い蟻の通路に各種の糖類とPEG #4000の粉末を放置して指向性を観察した。観察は1時間後、3時間後、24時間後として粉末に群がる蟻の数で判断した。なお、本実験はアース製薬研究所の根岸務博士のご厚意により実施した。

3. 実験の結果

3-1 イエシロアリによる食害試験結果

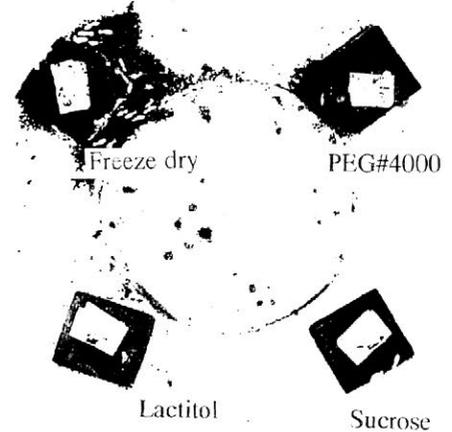
相対湿度が87%という環境では試験片から含浸剤が溶出した。溶出した試験片の上ではシロアリは生育できず、食害を受けないことが明らかとなった。75%の環境ではシロアリは9日目まで元気に活動したが、10日目に僅かな湿度変化のために脱水状態で死滅した。したがってシロアリの活動は高湿度環境下においてのみ可能である。

75%の環境下での食害状況を示した。4種類の試験片の内、含浸剤を用いずに凍結乾燥した試験片が最も激しい食害を受け10日後には巣のような状態になった。PEG#4000やス

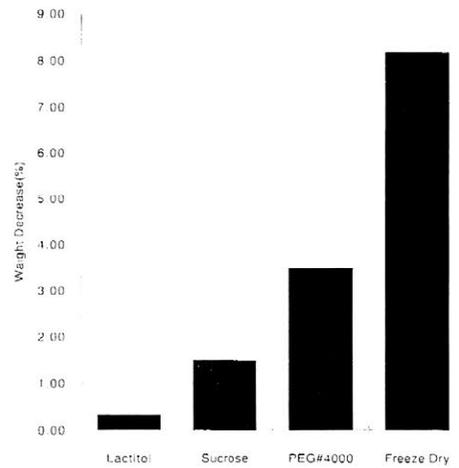
クローズもシロアリが集まり食害を受けた。ラクチトール含浸材には実験開始直後にシロアリが多く集まったが、その後は減少し結果的には被害を受けなかった。

3-2 蟻（アミメアリ）による指向性試験結果

実験結果を示した。アミメアリは乾燥状態の糖に対する指向性はない。1時間後、粉体が地面の水分を吸って徐々に溶け出す頃から、蟻がスクロースに集まる傾向が観察された。3時間後にはマルチトールにも群がり始めた。そして、1日後にスクロースやマルチトールが食べ尽くされた後でも、マンニトール、ラクチトール、PEG#4000に対しては全く指向性を示さなかった。したがって、スクロースやマルチトールが溶出した場合には被害の危険性はあるものの、マンニトールやラクチトール、PEG#4000は蟻の食害に対する危険性はないと考えられる。



シロアリによる食害試験 (25℃, 75%RH)



アミメアリの糖類とPEGに対する指向性 (単位: 頭)

Materials	1 hour	3 hour	24 hour	like / dislike
Sucrose	0	50<	-----	like
Maltitol	0	50<	-----	like
Mannitol	0	0	0	dislike
Lactitol	0	0	0	dislike
PEG#4000	0	0	0	dislike

-- 註 --

今津節生 1993 糖アルコールを用いた水浸出土木製品の保存(1), 考古学と自然科学 第28号, 77-95

Uwe Noldt 1993 Termite Bioassays of Sucrose-Treated Waterlogged Archaeological Wood, 5th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials, 337-356, Portland/Maine/USA

保存処理木材の生物被害 (2)

— カビ・腐朽菌による被害試験 —

今津節生¹⁾・酒井温子²⁾

1) 奈良県立橿原考古学研究所 2) 奈良県林業試験場

1. はじめに

保存処理後の出土木材は様々な環境に保管される。保管環境によっては空気中に存在するカビや木材腐朽菌などの増殖によって保存処理後の出土木材が生物劣化を受けることも予想される。そこで、保存処理した出土木材が実際にどの程度の微生物被害を受けるのかを評価するために、カビと木材腐朽菌による被害について検討した。

2. 実験の方法

2-1 実験材料

実験にはケヤキ材（飽和含水率620%）を用い、PEG#4000含浸法、スクロース含浸法、ラクチトール含浸法、凍結乾燥（薬剤含浸なし）の方法で保存処理した4種類の試験体と現生のケヤキ、ブナ材の合計6種類の試験体を用いた。また、腐朽菌の試験にはブナに代えて現生のスギ材を用いた。

2-2 カビによる被害試験

カビが生育できる環境は相対湿度が85%以上、含水率が30%以上である。カビは木材の細胞壁の劣化を進めることはないが木材表面を汚す。この汚れは簡単にはとれない。

実験はシャーレに寒天培地をつくり木材に生育する5種類のカビと試験体を入れて密封し、30℃相対湿度80%の培養室で4週間放置しながらカビの広がりを観察した。カビ被害の評価は肉眼観察によって被害度を4段階に区分した。また、4週間経過後に重量の増減を測定した。

2-3 木材腐朽菌による被害試験

木材腐朽菌が生育できる環境はカビとほぼ同じである。ただし、カビはこの生育環境が2～3日続けば発生する可能性があるのに対して、腐朽菌が木材を腐朽するには長期間が必要である。したがって被害が出るのは生育条件が長期間継続する場合に限られる。しかし、腐朽菌が活動すると細胞壁が分解されて木材はさらに脆弱になり形状も変化する。

実験には褐色腐朽菌の一種であるオオウズラタケと白色腐朽菌の一種であるカワラタケを用いた。褐色腐朽菌はセルロースとヘミセルロースを分解し、白色腐朽菌はセルロースとヘミセルロースに加えてリグニンも分解する。実験は培養ビンの中に腐朽菌と試験体を入れ、3カ月間放置することで行った。腐朽菌による被害は、菌糸の広がる様子と重量変化で評価した。

3. 実験の結果

3-1 カビによる被害結果

糖類またはPEGを含浸した試験体は、薬剤を含浸しなかった試験体（凍結乾燥材と現生材2種）に比べてカビが生育しにくい傾向にあった。4週間後の観察結果では、PEG#4000が最もカビが生えにくく、続いてラクチール<スクロース<凍結乾燥<現生材の順で生育し易い傾向にあった。

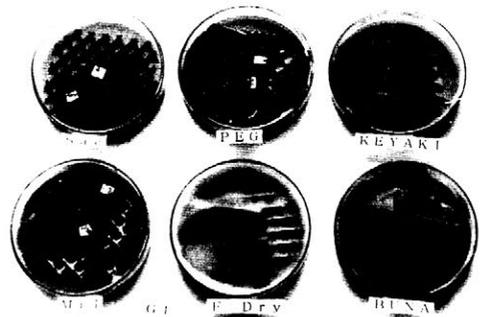
3-2 木材腐朽菌による被害結果

褐色腐朽菌（材カズラケ）の場合は実験開始4日後に凍結乾燥材と現生材に菌糸の広がりが観察された。薬剤を含浸した試験体では、高湿度環境下による薬剤の溶け出しにより腐朽菌の活動が阻害されたが、10日後にはスクロースとラクチールにも菌糸が広がり、やがてPEG#4000にも徐々に菌糸が広がった。3ヶ月後にはどの試験体も菌糸に覆われた。

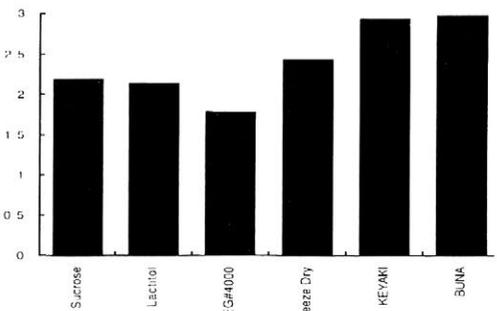
白色腐朽菌（カラカケ）の場合も、10日後から凍結乾燥材と現生材に菌糸の広がりが観察された。20日後にはスクロース、ラクチール、PEG#4000にも菌糸の広がりが観察された。3ヶ月後に試験体を被う菌糸の量は、凍結乾燥材が最も少なくPEG#4000<ラクチール<スクロースの順で増加する傾向を示した。3ヶ月経過後、薬剤を含浸した試験体は、高湿度による溶出と菌による分解で重量が減少しており、乾燥させると図のようにスクロースやPEGで特に著しい収縮を生じた。また、凍結乾燥材に対しては重量減少を示さなかった。これは、すでに分解できる多糖類が細胞壁に残存していないためと推定できる。

4、まとめ

カビが最初に生えたのは凍結乾燥（薬剤含浸なし）の試験体であった。糖類やPEGを含浸した試験体は防カビ効果はないものの、特にカビやすい状況ではなかった。また、糖類を含浸した試験体では木材腐朽菌の活動により著しい重量減少を生じた。これは腐朽菌が糖類を栄養源として利用したためと考えられる。以上の結果より、カビや腐朽菌が活動できる特殊な高湿度環境に保存処理材をおいた場合には、薬剤の溶出と共にカビや腐朽菌による被害が発生する危険性がある。特に糖類を含浸させた場合は腐朽菌に対して、また、薬剤を含浸していない場合にはカビに対して被害が出やすいことが明らかになった。



カビ被害試験結果（グリコゲン）



5種類のカビによる被害の平均値

実験に用いたカビ

アスペルギルス(AS)

ペニシリウム(Pe)

リゾグリアス(Rh)

トリコバディウム(AD)

グリコゲン(GI)

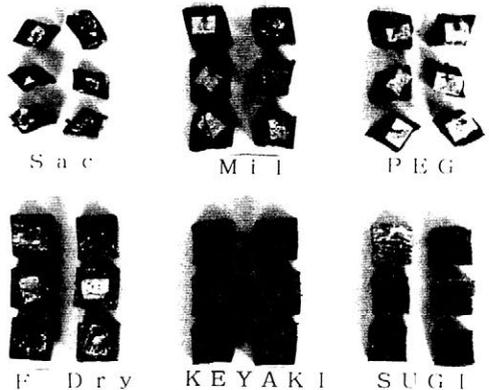
実験の評価基準

0 : カビなし

1 : 試料の側面のみ

2 : 上面1/3以下

3 : 上面1/3以上



腐朽試験後の乾燥による変形

出土木材への保存処理薬剤の吸着性と浸透速度について

○植田直見・井上美知子（財）元興寺文化財研究所

1. はじめに

出土木材の保存処理に使用される含浸薬剤は年々多様化している。それらの中から状態の異なる遺物に適した薬剤を選択するためには、それが出土木材にどのように作用するかを検討することが必要である。以前に筆者は出土木材に低濃度の界面活性剤を含浸させ自然乾燥すると他の含浸薬剤に比べて寸法安定性に勝ることを報告した。これは出土材と含浸薬剤の親和性が水よりも高いことが要因のひとつと考えた。そこで、木材と薬剤の親和性を求めることを検討した。今回、親和性を判断する基準として薬剤の木材への吸着量を測定した。さらに薬剤の浸透速度は低濃度溶液中では温度、薬剤濃度、木材の劣化状態・樹種が同じであれば①薬剤の分子量およびその構造、②木材との親和性、に影響されると考えられる。また吸着した薬剤が浸透性にどの様に影響するかもあわせて検討した。

2. 方法

2-1. 吸着量の測定

①吸着媒（出土木材の調製）：試料は①アカガシ材を3cm(T)×1.5cm(R)×1.5cm(L)に切断し、凍結乾燥したもの、②マツ、クスノキ、ヤマグワ、ヤマザクラ、アカガシを60~100メッシュの木粉としたものを5酸化リン上で減圧常温乾燥した。乾燥重量を測定した後再び水を減圧含浸した。アルコール中で吸着率を測定する木材はその後水をアルコールと完全に置換した。

②吸着質：現在保存処理に使用されている薬剤を中心に以下の7種類を検討した。

- a. PEG4000 b. マンニトール c. オクタデカノール d. レゾルシノール
e. ギャルフトラネ シルバ ヴァルアソニウムクロライド（以下DTBACと略す）
f. ラウリルアソニウムブタレート（以下LAAと略す） g. PEG200

③吸着実験：上記薬剤を水あるいはエタノールに溶かし5wt%溶液を調製した。その中に吸着媒を試験片はエタノール溶液で8日、水溶液で16日また木粉は3日間室温で含浸させた。溶液より取り出し水（凍結真空乾燥）およびエタノール（自然乾燥後、減圧乾燥）を除去した。次に吸着していない余分な薬剤を取り除くため水あるいはエタノールに浸漬・洗浄した後、同様に乾燥し吸着量を求めた。

2-2. 浸透速度の測定

①試験片の作成：アカガシ材を繊維方向に連続して3cm×3cm×1.5cmに切断し試験片とし、非破壊で含水率を測定した。またこの時の空気中での重量を初期値とした。

②含浸実験：上記試料の一部は吸着量の多い陽イオン界面活性剤に浸漬し充分吸着させた後余分な薬剤を水で洗浄した。この前処理を行った試験片と無処理のものをPEG60%水溶液に浸漬しPEGを含浸した。この時の重量の経時変化を追跡した。

3. 結果・考察

図1に吸着量を吸着媒（木材）1gあたりに吸着された含浸薬剤のmg重量で、内部濃度を吸着媒内部に含まれる溶液中の薬剤の濃度（%）で示した。その結果、水溶液中でアカガシは陽イオン界面活性剤を非常によく吸着した。現生材ではPEGは正吸着されると報告されている¹⁾が出土材ではPEG200・PEG4000ともほとんど吸着されなかった。これらの内部濃度は吸着量の多いものほど高いが、レゾルシノールは非常に内部濃度は高いにもかかわらずほとんど吸着しなかった。また、エタノール溶液中ではPEG、陽イオン界面活性剤で正吸着が認められた。しかし、ヘキサデカノールは内部濃度が外部濃度（4.8%）まで到達せず吸着も見られなかった。次に吸着量の多いLAAで吸着媒の違いがどのように影響するかを調べた結果、いずれも正吸着し（図2）、同一樹種では劣化状態の激しいものほど吸着量が多いことが判った。さらにLAAを吸着させた試験片の60%PEG水溶液中での重量変化を図3に示した。その結果、LAAを吸着させたものは無処理のものに比べてPEGの浸透は非常に速かった。

4. まとめ

現在保存処理に使用されている薬剤と出土木材の親和性について検討した。木材との親和性に優れているものが一概に処理薬剤として優れているわけではないが少なくとも正吸着する薬剤は木材組織の内部に入り込み、そのかさ効果に寄与すると考えられる。現生材ではすでに多くの研究が行われているが劣化が進んだ出土材では吸着する薬剤の種類および吸着する部位・成分は現生材とは異なることが考えられるため今後詳細な検討が必要と考える²⁾。多様な劣化状態を把握しそれに対応した薬剤を選択する一つ的手段としてこの吸着性を検討したい。

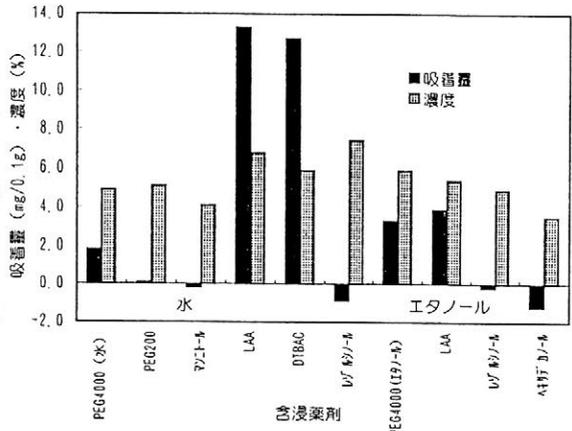


図1. 含浸薬剤のアカガシへの吸着性

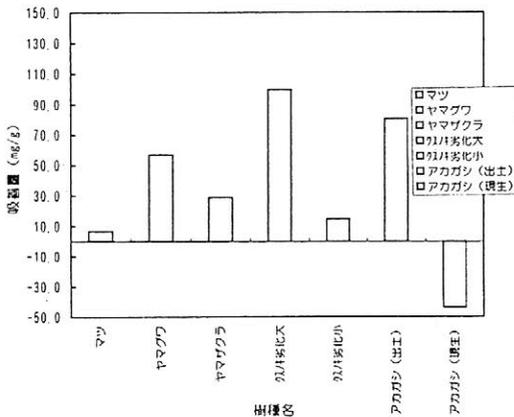


図2. 樹種の異なる木材へのラクリンシアテートの吸着量

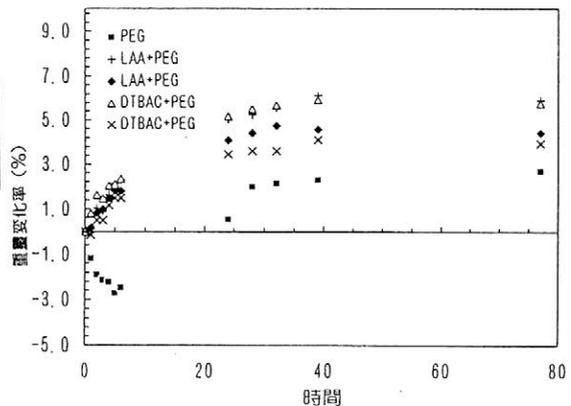


図3. 吸着剤の有無によるPEGの浸透性

1) 石丸優, 井上恵美子, 佐道健, 中戸亮二: 木材学会誌, 32, 888-895 (1986).

2) 石丸優: 木材保存, Vol. 19-5 (1993).

樹脂含浸による埋蔵遺跡保存法の研究（その3）

— 狭山池堤体保存における土のPEG含浸処理 —

○川地 武¹⁾・住野正博¹⁾・佐藤祐司¹⁾ 1) (株)大林組技術研究所
 藤田健二²⁾・北田隆久²⁾・坂口博三²⁾ 2)大阪府富田林土木事務所

1. はじめに

狭山池は大阪府南部に位置し、古事記、日本書紀にも記述されている日本最古のダム形式のため池である。初期堤体（5～6世紀）の築造以来、行基（奈良時代）、重源（鎌倉時代）、片桐且元（江戸初期）など時代を代表する人物による修改築が行われ、現在に至るまでの千数百年間の築堤史が盛立て土層の違いに残っている。特に古代の地層には水平方向に一面に敷き詰められた敷き葉層が断面高さ方向に約10～20cm間隔で土層と交互に存在しており、古代の高度な土木技術が垣間みられる。

この歴史的に貴重な過去の土木技術を展示・保存するため、堤体全断面（底幅60m高さ15m）の移設工事が進められている。この工事では堤体全断面をブロックで切り出し、土の補強のためにPEG（Polyethylene glycol）含浸処理が行われる。この処理は木製遺物の保存に広く行われているが、土ましてや大型土構築物への適用は世界で初めてである。

本報では保存工事の概略、PEG含浸計測システム、含浸計測データの一部を紹介する。

2. 保存工事の概略手順

図-1に工事の概略手順を示す。堤体断面高さ15mを9段に分け、土ブロック3'×1.5'×0.5'mが最上段で3個、底部で19個、計101個採取された（平成6年11月～7年3月）。現在ハウス内の含

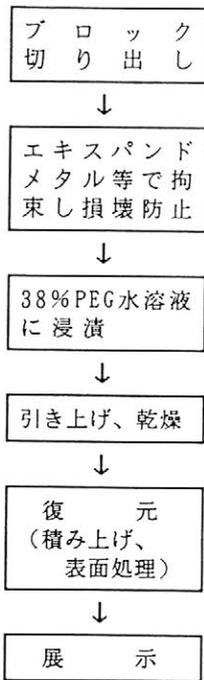


図-1 工事の概略手順

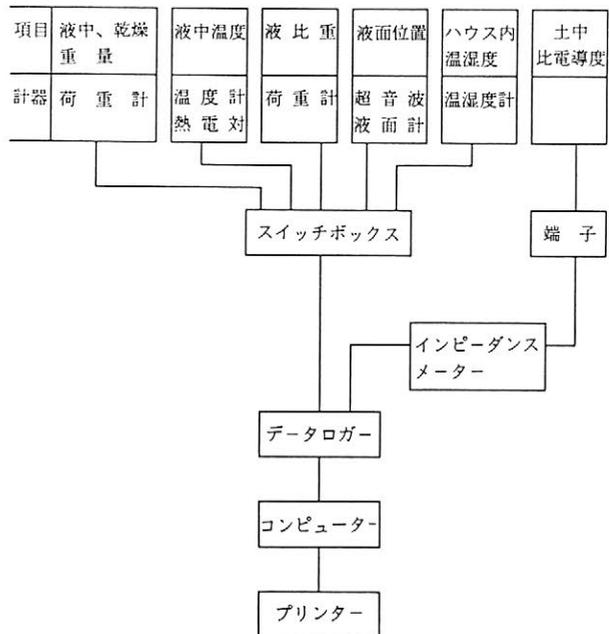


図-2 計測システム図

浸ピット（幅7.2 m、長さ50 m、深さ2 m）の38%PEG水溶液中にブロック上端を液面上に出す形で部分浸漬され、土中水分とPEG液の自然置換が行われている。浸漬期間は約1年を予定している。なお、浸漬終了後、自然乾燥を約1年行い、PEG含浸土の所定強度を出した後、復元、展示へと工事は進められる。

3. PEG含浸計測システム

図-2に計測システム図を示す。各項目の自動計測は1～2時間ごとに行い、データロガーへのデータ取り込み、コンピューターによる画像表示およびプリントアウトが行われる。なお、液中重量計測は断面地層が変わるごとに1個、計6個のブロックで行い、土中比電導度の計測は各段で1～3個、計20個のブロックで行っている。

4. 計測データ例

図-3に土中比電導度の経時変化の典型例を堤体断面から切り出した砂質土主体のブロック（1段目）および粘性土主体のブロック（6段目）について示す。比電導度は、ステンレス製の電極3本をブロック上面（3'×0.5'm）の中央部およびその両側の長さ方向に75cmずつ離れた位置から深さ75cmまで打込み、計測している。

既報¹⁾のように、非導電性のPEGが水溶液として土中に含浸、濃縮化するとともに、土中比電導度は継続的に低下してほぼ一定値に至る。砂質シルト系の小試験体を用いた室内実験では、この傾向に短時間で至った。一方、土質の不均一な大型ブロックでは土中の電極位置によって比較的短期間で同じ傾向に至った場合と、かなり長期に亘って比電導度が継続的に増大した後、経時的な減少へと転じた場合が混在していた。

同図の砂質土では比電導度が速やかに継続的に低下しており、PEG液が土中の電極位置まで比較的短期間に到達し、濃縮している様子が分かる。一方、粘性土では約3カ月経過後もPEG液が電極位置まで到達している様子はまだ認められないが、上記のことより比電導度はいずれ減少に転じると予想される。

また、液中重量には程度に差異があるが、各ブロックとも継続的に増加する傾向が認められている。

5. 終わりに

狭山池堤体断面の保存工事は着手されたばかりであり、引き続き学識経験者の御指導を得ながら完成に向け慎重、入念に施工、管理していく所存である。

最後に堤体保存計画について御指導いただいた狭山池堤体保存委員会（委員長：今本京都大学工学部教授）の諸先生、とりわけ奈良国立文化財研究所の工楽、沢田両先生に深謝いたしますとともに引き続き御指導をお願い申しあげる次第である。

参考文献 1) 川地他：日本文化財科学会第11回大会要旨集（1994）、pp. 135～136

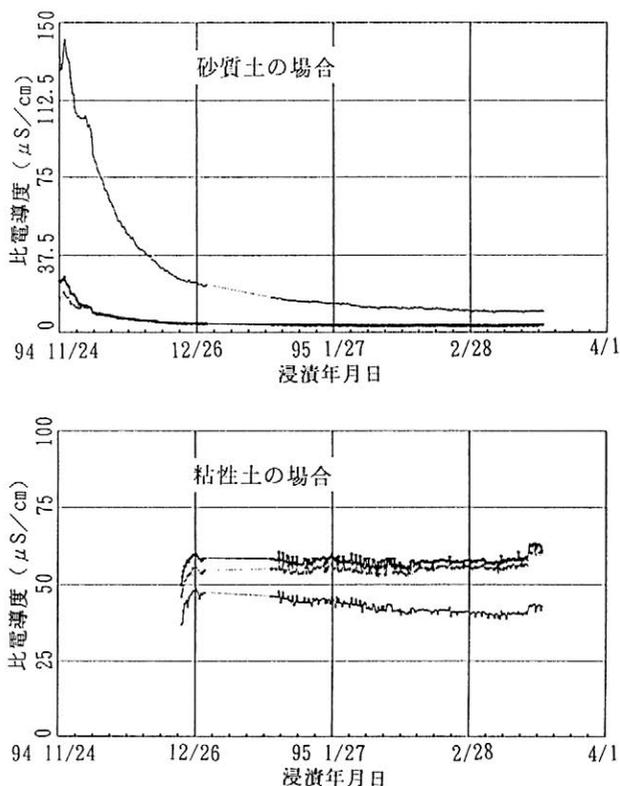


図-3 土中比電導度の計測データ一例

電気化学的手法による保存処理諸問題の基礎的研究 ～金属製品の脱塩条件などの検討～

(財)元興寺文化財研究所 ○菅井裕子・川本耕三・植田直見

1. はじめに

金属製の考古資料及び民俗資料は、資料内に塩類などの形で塩化物イオン、硫酸イオン等を含んでいる。これらのイオンが腐食促進因子として働いて、多くの場合資料の錆の発生・進行が起こり、時には資料の崩壊につながる。資料を安定な状態で残すためには、これらの塩類を取り除く脱塩処理が不可欠である。資料中に取り込まれている塩類を抽出するための溶媒としては水が効果的である。水酸化ナトリウム (NaOH)、セスキカーボネートナトリウム等のアルカリ塩や、BTA(ベンゾトリアゾール)等のインヒビターを添加することにより脱塩中の腐食を防止することができる。しかし、資料中に塩類が多量に含まれている場合などには脱塩中に腐食が起こる。脱塩中の金属の状態を知り、より適切な脱塩条件を探るための手がかりとして、金属の腐食電位測定を試みた。

2. 方法

2-1 試料

試料は JIS G 3141 SPCC SB の鋼板 (0.8×20×20 mm) を用い、#1000 の研磨紙で乾式研磨した後アセトン洗浄した。

2-2 溶液

測定に用いた水溶液は以下のとおりである。

0.1%NaOH	0.1%ホウ砂
0.2%LiOH	0.1%BTA
0.1、0.5、1%セスキカーボネートナトリウム	

及び上記の溶液に塩化ナトリウム(NaCl)を 100、1,000、10,000ppm 加えたもの

2-3 測定

ポテンシオスタットを用いて、溶液に浸漬した試料の腐食電位(25°C)を測定した。参照電極は飽和カロメル電極(SCE)を使用した。また、溶液のpHも併せて測定した。

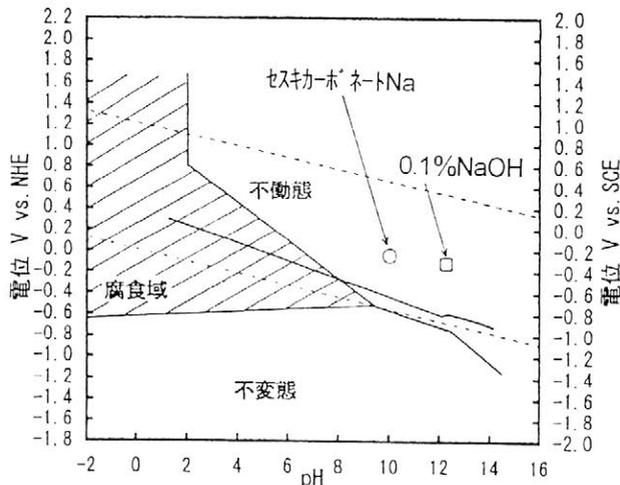


図1 種々の脱塩溶液中での鉄の挙動と電位-pH図との対応 (NHE:標準水素電極)

3. 結果と考察

一例として0.1%NaOH、0.1~1%セスキカーボネートNaの溶液中での電位を、鉄の電位-pH図にプロットしたものを図1に示す。いずれの溶液中でも試料は不動態域に存在する。

次にこれらにNaClを10,000ppmまで加えた時の電位の変化の一例を図2に示す。0.1%セスキカーボネート濃度では、1,000ppmのNaCl添加で-580mV vs. SCE、pHは9.9であった。純水中ではこの領域はマグネタイト(Fe_3O_4)に対応する不動態領域であるが、塩化物イオンの増加によって腐食領域となる(図3)。0.5、1%セスキカーボネートNaの場合は10,000ppm添加した時の電位は-350mV vs. SCE付近、pHは9.9で不動態域にあった。これらの結果は別途行った試料の自然浸漬試験の結果と一致した。

しかし実際の金属資料の脱塩の際には、すきま腐食等のように部分的にさらに高濃度の塩類が存在すると考えられる。また、民俗資料の漁労・製塩用具なども多くの塩類を含んでいる。これらについては、資料からの塩類の溶出・拡散のメカニズムを考慮に入れて調査する必要がある。

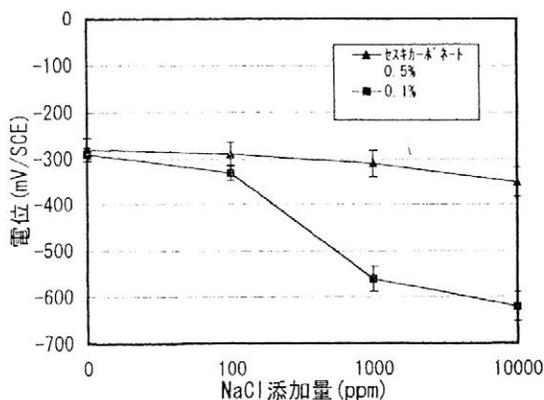


図2 セスキカーボネート水溶液にNaClを添加した時の腐食電位の変化

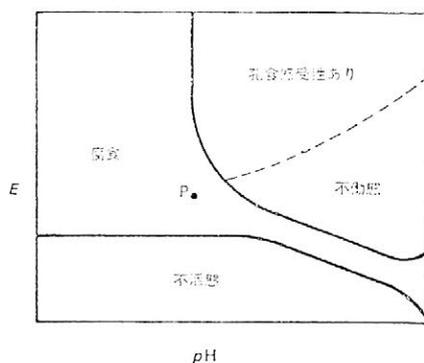


図3 25°Cの海水中における鉄の電位-pH図¹⁾

4. 今後の展望

金属の脱塩の他、電気化学測定を利用して次のような項目について検討中である。

- ◇ 金属に塗布した塗膜の評価
- ◇ 金属資料の腐食状態の診断
- ◇ PEG 処理槽の腐食の調査(寿命予測) 等

参考文献

1. J.M.West: 腐食と酸化, 産業図書(1983)
2. Ian Donald MacLeod: Conservation of Corroded Copper Alloys, Studies in Conservation, **32**, 25-40(1987)
3. 井垣謙三: 古代上質鉄の探究, 古文化財の科学, **29**, 18-26(1984)
4. 四辻美年, 薄学, 堺辰美, ポテンシオスタットによる腐食試験法の確立, 日本材料学会腐食防食部門委員会資料, **24**, No.127, part4(1985)
5. 日本金属学会編: 金属の化学的測定法, 日本金属学会(1978)
6. 藤嶋昭, 相澤益男, 井上徹: 電気化学測定法, 技報堂出版(1984)
7. (財)大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター編: 損傷事例で学ぶ腐食・防食(1990)

遺跡出土鉄器からの脱塩に関する速度論的研究

(奈良高専) ○河越幹男・村田昌代
(元興寺文化財研究所) 川本耕三

緒言

遺跡出土鉄遺物の保存処理法の一つに鉄遺物をアルカリ溶液中に浸漬して塩化物イオンをアルカリ水溶液に溶出させる脱塩処理法がある。この脱塩法は実用化されているが、処理後にも発錆するなどの問題点を有している。本研究では、このような問題を解決するため、含塩鉄圧縮成型品からのアルカリ水溶液による脱塩速度を拡散理論に基づいて解析し、脱塩機構について検討した。

1. 実験

試料は鉄粉7.4gと食塩24mgを100MPaで圧縮成形した直径20mm、厚さ5mmの円盤である(表1参照)。測定は未錆化試料と錆化試料について行った。錆化試料は、水を入れたガラス瓶内の空中に成型品を約2週間吊るして錆びさせた。脱塩溶液として、NaOH水溶液(10⁻¹, 10⁻², 10⁻³ N)を用いた。

2. 実験結果及び検討

(1) 脱塩量の経時変化: NaOH濃度が10⁻⁴ Nの場合、浸漬2時間程で錆が発生したので、NaOH濃度は10⁻³ N以上とした。図1に脱塩率Ψ(= (W-W₀)/(W_∞-W₀))の経時変化を示した。ここで、Wは脱塩量、W_∞は最終脱塩量である。試料表面に付着しているNaClの溶解と試料内部からの溶出を分けて考えるため、表面付着量をW₀とし、浸漬1分後の脱塩量とした。未錆化試料の場合は脱塩速度が速く、浸漬8時間で脱塩率はほぼ100%であったので、W_∞は8時間後の脱塩量とした。錆化試料の脱塩速度は遅く(最終脱塩率=約50%)、30日前後で脱塩量は殆ど変化しなかったため、30日後の脱塩量を平衡と見なしてW_∞とした。

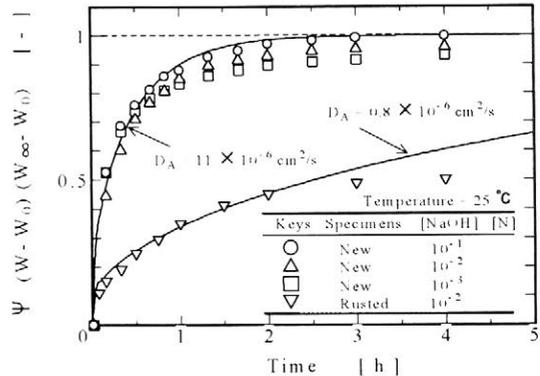


図1 脱塩率の経時変化

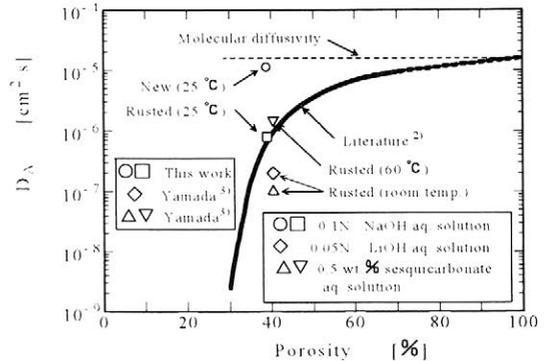


図2 有効拡散係数と空隙率の関係

表1 試料の寸法、重量、空隙率、脱塩量、及び実験条件

試料 番号	実験条件		試料重量 [g]			寸法 [mm]		体積 含水率 [-]	空隙率 [%]	脱塩量 [g]
	試料の 状態	NaOH濃度 [規定]	脱塩前 (無水)	脱塩後 (含水)	乾燥後 (無水)	直径	厚さ			
1	未錆化	10 ⁻¹	7.411	7.968	7.375	20.00	4.92	0.384	0.392	0.0251
2		10 ⁻²	7.418	7.960	7.387	20.02	4.90	0.371	0.390	0.0254
3		10 ⁻³	7.384	7.848	7.368	20.02	4.85	0.314	0.387	0.0224
4	錆化	10 ⁻²	8.190	8.353	8.130	20.07	5.08	0.139	-	0.0118

(2) 有効拡散係数： 有効拡散係数を D_A とすると、円筒座標系での拡散方程式は次式で表される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_A \left[\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial r} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right] \quad (1)$$

ここで、 C は濃度、 t は時間、 r は半径、 z は軸方向の距離である。上式の解析解⁴⁾からの計算値を図1に実線で示した。何れの場合にも、実測値は初期には計算値とよく一致するが、時間の経過と共に計算値よりも小さくなる傾向が認められる。脱塩初期における D_A を求めると、未鍍化試料では $D_A = 11 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、鍍化試料では $D_A = 0.8 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ であった。未鍍化試料の D_A は鍍化試料に比べ約14倍大きい。

図2に D_A と空隙率の関係を示した。図中には従来の結果^{2, 3)}も併せて示した。実線は菱ら²⁾の鑄造鉄の結果である。山田の値は、彼の測定した本実験と同じ鉄粉の圧縮成型品に対する脱塩量のデータ³⁾を用いて、著者らが計算した値である。破線はNaClの分子拡散係数である。この図から、未鍍化試料の結果は分子拡散係数に近く、鍍化試料の結果は菱らの結果とほぼ一致することが分かる。室温における山田のデータから求めた D_A は本実験結果よりも小さくなっているが、これは脱塩液の違いのためと考えられる。温度60°Cにおけるセスキカーボネイト溶液の D_A は本実験結果と同程度である。

(3) 鍍化速度： 図3に湿度100%の空气中に置いた試料の鍍化による重量増加曲線を示した。試料は脱塩処理をしなかった試料Aと脱塩処理した試料Bの2種類である。試料Aの場合、初期に鍍化が急速に進行するが、試料Bでの重量増加は小さく、脱塩処理の効果が顕著に現れている。図4は重量増加曲線を数値微分して得られた鍍化速度曲線である。試料Aの場合、鍍化は鍍化開始後約30時間で最大になる。試料Bの場合には鍍化速度は単調減少している。

結 言

拡散理論に基づいて有効拡散係数を求めた。成形品をそのまま用いた未鍍化試料の場合には有効拡散係数は分子拡散係数と同程度になる。鍍化試料の有効拡散係数は、未鍍化試料の値の1/10~1/100になることが分かった。未処理試料の鍍化速度は鍍化開始後約30時間で最大値を示した。

文 献

- 1) 沢田正昭ら：古文化財編集委員会編「古文化財の自然科学的研究」（同朋社）、164（1984）
- 2) 菱 大 一 郎：韓国保存科学研究、17（1991）

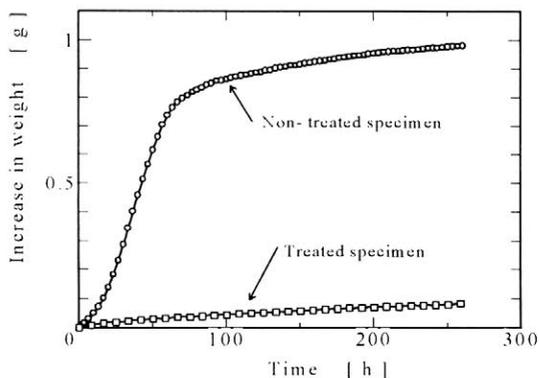


図3 空气中における試料の重量増加曲線

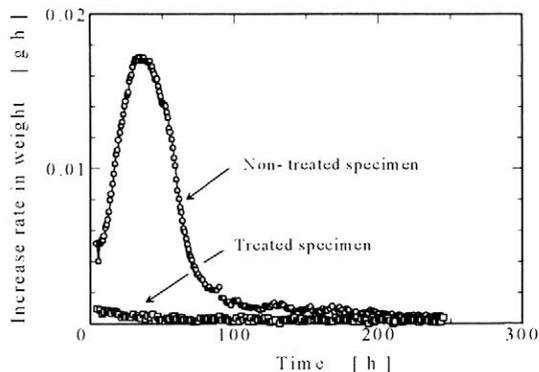


図3 空气中における試料の鍍化速度曲線

- 3) 山田哲也：奈良大学文学部卒業論文(1991)
- 4) 河越幹男ら：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」、22、95（1990）

「青龍三年銘」方格規矩四神鏡の保存処理

(財)元興寺文化財研究所 渡辺智恵美 川本耕三 増澤文武
奈良国立文化財研究所 肥塚隆保
峰山町教育委員会 安田章 弥栄町教育委員会 横島勝則

1. はじめに

大田南古墳群は、京都府丹後地方の峰山町と弥栄町の境界に位置する23基から成る古墳群である。青龍三年（西暦235年）の年号を持つ方格規矩四神鏡は、1993年11月～1994年4月まで調査が行われた五号墳から鉄刀一振りとともに出土した。

方格規矩四神鏡と呼称される銅鏡は、中央の丸い鈕を方格が囲み、その回りにT、L、V形の規矩文が整然と配置され、その間に玄武、青龍、朱雀、白虎の四神と靈獸、瑞禽を配置するという構図を持つ。円い形状や鈕、乳、T、V形は円、すなわち陽を表し、方格、L形は方、すなわち陰を表しており、古代中国の陰陽思想に基づいている。また円い形状と方格はそれぞれ天と地を表し、四神は陰陽の働きを円滑にする東西南北の星の精であり、天地の動向に合わせて生活を営むことが古代中国の人々の理想であった。この方格規矩四神鏡の構図は王莽の新的時代に完成したといわれている。わが国においては100余面の出土例を見る。また紀年銘鏡としては11面目にあたり、最古の年号を持つものである。

2. 遺物の概要

今回搬入された銅鏡は、銘文帯に「青龍三年」という中国・魏の年号を含む39文字からなる銘文が鑄込まれていた。全体的にみて残存状態は良好で完形品であったが、鏡面中央付近で細い亀裂が認められた。また一部で蓋蓋状に膨らんだ錆や本来の鏡面と思われるガラス状光沢を持つ部分が認められた。鏡背には一面に粒子の細かい泥が付着しており、外区でとくに顕著であった。一部で布と思われる繊維状製品が付着していた。鏡背の文様は付着した泥や錆のために鮮明ではなかったが、四神や靈獸、文字等の判別はできる状態であった。色調的には濃緑色～緑灰色（部分的には灰黒色のガラス状光沢をもつ）を呈しており、出土青銅製品に一般的にみられる状態であった。

3. 保存処理方針

保存処理に先立って「青龍三年銘方格規矩四神鏡検討会」が編成され、以下の事項が決定された。

①銅鏡表面の錆の分析を行う。②繊維状製品、赤色顔料、木質の分析を行う。③出土時の状態のレプリカを作製する。④保存処理のための事前調査（X線透過試験、中性子ラジオグラフィ、顕微鏡による微視的観察等）を行う。⑤試しクリーニングを実施する。⑥保存処理後の保管環境の整備を考慮する（保管ケース、保管台の作製）。

上記①～⑥の方針に基づいて調査および保存処理を進めた。保存処理工程は表1の通りである。

4. 保存処理前調査および処理中得られた知見

銅鏡表面の錆は主として(1)鏡面に見られる濃緑色～緑色の皮殻状もしくは塊状の錆、(2)淡緑色の平滑状、粉状の錆である。最上層に(1)の錆が、その下層には茶褐色あるいは(2)の錆が分布している。さらにその下層に鏡のオリジナル面が存在する。一部では灰黒色のガラス状光沢を呈する。最上層および下層(第2層)の一部で塩素を検出し、ブロンズ病が発生している可能性がある。

次に赤色顔料の分析結果について記す。赤色顔料は銅鏡の表面、木箱片、石棺片に付着していたが、いずれもHgとSを検出したことから水銀朱であると考えられる。また木箱片の樹種は、導管が確認できることから広葉樹であると考えられる。

X線透過試験では肉眼で観察できない亀裂や腐食の状態が把握できた。鏡面で瘡蓋状に膨らんだ錆が発生していたが、中性子ラジオグラフィの結果によると、この部分が白く強調された画像として写し出されており、腐食が進行し粉状化している、あるいは錆が吸湿している状況にあることが窺える。

次に保存処理中に得られた知見について記す。

鏡背の泥を除去したところ、外区鋸歯文および珠点複波文の部分に水銀朱と思われる赤色顔料が付着していた。とくに「～青龍三年～」の部分が顕著であった。またこの部分は外周縁が他の部分よりも狭く、文様の鑄上がりも不明瞭であった。X線写真ではこの部分に鑄込み時の巣と思われる黒っぽい影が確認でき、湯口の可能性が高い。

鈕は扁平で歪んだ円形を呈し、肩の部分がやや張っており研磨の際に生じた段の可能性もある。また鈕座(素円)の円周上で2箇所凸部分が認められる。鏡背の数カ所で凸状に盛り上がった部分が認められた。

内区の方格とT, L, Vの凹みには2条の線が刻まれている。鑄上がり後の研磨の際に刻んだものと推定されるが、数ヶ所で途切れや重なりが認められ、一気に刻み込んだものではないことが窺える。Tの「-」と「|」の切り合い関係より、先に「|」を刻み、次に「-」を刻んだことが窺える)。また朱雀の左隣の鳥獣の足が、銘文帯を区画する円周線(内側)を切り込んでいる。これはL, Vでも同じ傾向が認められ、鑄型に区画や文様を刻む工程を知る一資料となる。また泥や錆を除去することによって、保存処理前には観察できなかった亀裂が観察できるようになり、この部分は特に防錆に留意した。

次に鏡背に付着した布(繊維状製品)について記す。布の付着は「朱爵～陰陽」の部分に顕著であった。平織りであるが布としての性質は消失してしまい、粘土質化してしまった状態である^{*)}。

*) 京都工芸繊維大学 佐藤昌憲先生のご教示による

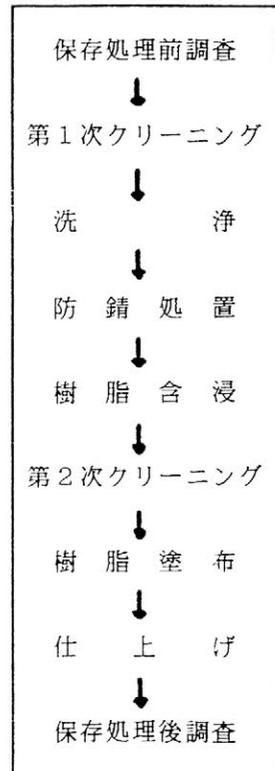


表1 保存処理工程

館内アルカリ濃度とコンクリート躯体内水分挙動の相関について

○赤沼英男（岩手県立博物館）石川陸郎（東京国立博物館）宮野秋彦（名古屋工業大学）

1. はじめに：博物館などで文化財の劣化に館内の空気環境が大きく関与していることは広く知られている。本発表では某博物館におけるアルカリ濃度の経年変化とコンクリート構造躯体内部の水分の年変動との間の相関について述べる。

2. 調査対象館内のアルカリ濃度の実態：鉄筋コンクリート造の建物では、完成直後は躯体内余剰水分の蒸発に伴い室内が高アルカリ濃度を示すことがあるが、3～4回の夏季を経過すると概ね中性化するのが普通である。今回調査対象とした建物は、1980年4月完成以来今日まで十数年の長きに亘って館内空気のアルカリ濃度が高く、この度、環境改善のための抜本的な検討を行なった。種々検討を重ねた結果、図1に示す如く館内空気のアルカリ濃度と外気温との間に高い相関が認められ、館内空気のアルカリ濃度は外気温と略同一位相の年変動を行なっていることが明らかとなった。

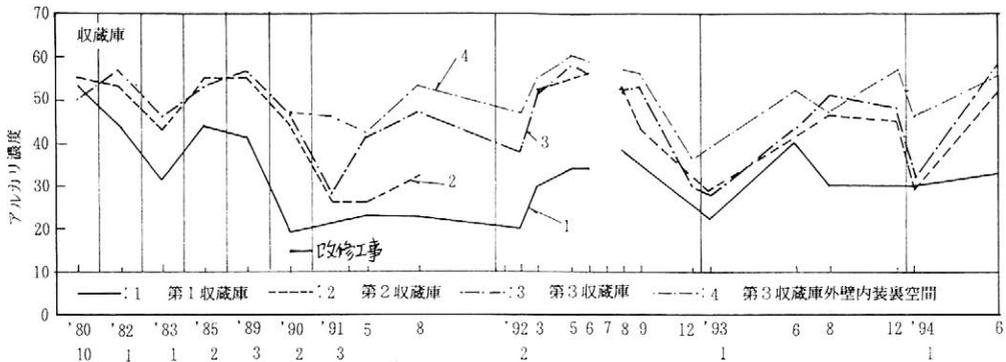


図1 室内空気のアルカリ濃度の経年変化

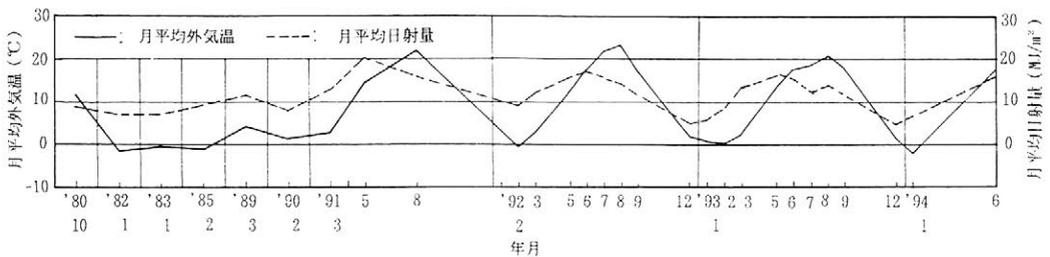


図2 外気温度及び日射量の年変化

この結果に基づいて、当該建物の場合、何等かの原因でコンクリート屋根躯体内に吸収された水分が、夏季の日射や外気温の上昇によって生じる蒸れ返し現象によって館内に放出されるため、その含水分に含まれるコンクリート中のアルカリ分によって館内のアルカリ濃度が高くなるとの想定の下に以下に述べる方法で検討を加えた。

3. 測定結果と検討：屋根スラブ下面からの水分蒸発の有無を確認するため、図3に示すように直径50mmの9個の円孔を開けた金属箱をスラブ下面の3カ所に取り付け、露点計で露点温度を測定した。

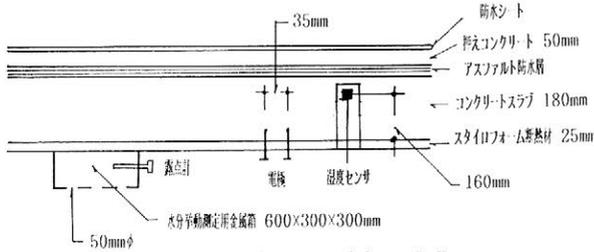


図3 屋根スラブ内の水分挙動測定装置設置図

更に、直接含水量を測定するため、図2のごとき電極を埋め込み電気容量を測定すると共に、別に湿度センサによる抵抗値の測定も行なった。

図4は測定箱による6月から11月までの測定結果である。図より明らかなように、6月から8月までの三ヵ月間の測定箱内の露点温度が近傍空気の露点温度より高くなっており、7月を最盛期としてコンクリートスラブ下面より館内に向けて放湿が行なわれていることが確認された。スラブからの放湿は概ね9月で止まり、10月からは僅かながら近傍空気の露点温度の方が上回るようになる。

図5は屋根スラブ下面付近に埋め込んだ電極によるコンクリート躯体の電気容量の測定結果である。結果は7月を最大値として漸次減少しており、図4の結果とよく整合している。

以上の結果を総合すると、当該建物は屋根スラブ下面に断熱材が打ち込まれているため、冬季スラブ温度が低温となって防水層下面付近で内部結露を生じ、その含水量が夏季の蒸れ返し現象によって再び室内に蒸発するという悪循環を繰り返しているものとの結論に達した。

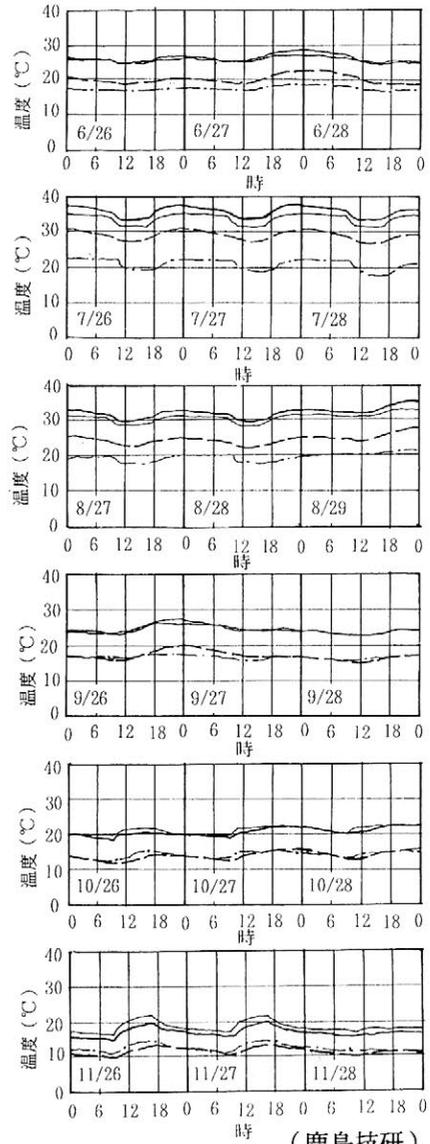


図4 図3に示した屋根スラブ下面に取り付けた測定箱による測定結果

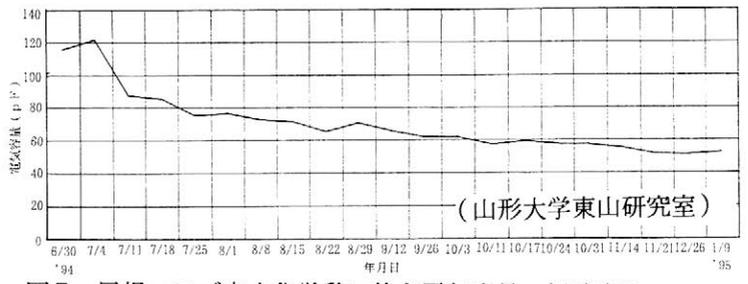


図5 屋根スラブ内水分挙動に伴う電気容量の経時変化

地形補正による地中レーダー平面図

西村康¹⁾・Dean Goodman²⁾・飛田耕児²⁾・西口和彦³⁾

1) 奈良国立文化財研究所

2) 石川県鹿島郡中島町 UMGAL

3) 兵庫県教育委員会

1. はじめに

わが国で遺跡調査に地中レーダーが使用され始めたのは1980年代半ば以降である。当初はパルスレーダーによる電波の発射角度の広さ、反射と減衰など、方法の基本が理解されていなかったため、得られた結果である画像の判読も十分ではなかった。しかし、方法の原理や断面画像の理解は徐々に深まり、地中レーダー探査は正当に評価されるようになってきた。

しかしながら、測定の結果から地下遺構の実際を理解する表現方法については、なかなか有効な方法が呈示できなかった。すなわち、遺跡調査で要求されるのは遺構や遺物の位置だけではなく、その形態、規模、さらには存在する深さの情報である。

そこで、この様な要求に応える結果表示の方法として、地中レーダー探査でも遺構等の「平面」を図示することが始まった(1)。

2. 平面図作成の方法

実際の測定では、一定間隔に設定した並行測線にしたがってアンテナを移動させデータ採取する。これによって得た「断面」を計算機中に並べ、ある一定の時間幅にあるデータを抽出 (Time Slice) して平面におき、電波反射強度の分布図として表示するのが「平面」図作成の方法である(図1)。これでは、アンテナが走査する測線間隔が通常1 mないし50 cmであるので、測線の間はデータを補完するが、アンテナ走査方向でもデータの平均処理を施す。その過程で1mあたりのデータ個数 (Scan) も均一にして、アンテナ走行の遅速から生じるデータの粗密も統一処理する。

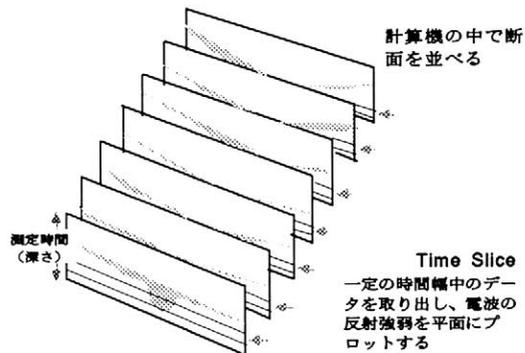


図1 平面図作成の要領

3. 平面表示の一例

ここで示す「平面」図は宮崎県新富町所在の新田原古墳群での測定結果である。対象範囲はタテ45 m、ヨコ109 mに及ぶ。全体のデータ採取時間は120 nsであるが、この内から40~48nsの時間帯のデ

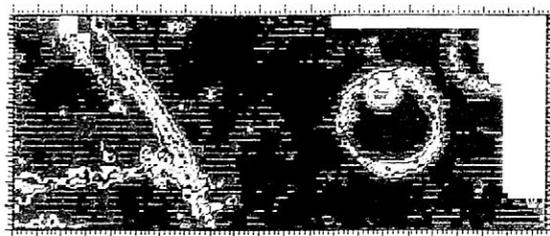


図2 平面図・新田原古墳群

ータを取り出して、平面図としたものである。円形に見えるのは地下式横穴墓の周濠である。その内部にある小円形の反射位置は主体部で、空洞を保った状態で遺存していると推定した。なお、線状の構造は時代は不明ながら土塁と溝で、牧に関連する施設らしい(図 2)。

4. 地形補正による平面図

上の例では、地表面は牧草地で平坦であった。しかし、測定範囲に起伏があり、遺構が水平に存在する場合には、地表面に沿った深さすなわち時間帯でデータを取り出す方法では、平面形を正確に表現できない(図3)。

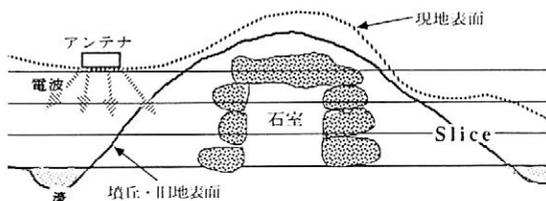


図3 地形補正による平面図作成の要領

そこで、水平に存在する遺構にあわせた補正の方法を考案した。それでは、断面画像を地形に合わせて変形させ、それをスライスする方法をとる。しかし、データは走査線ごとに単純に上下に並行移動させているので、測定時のアンテナの角度に従った送信・受信を厳密に復原したものではない。

この方法で平面図を作成した例には、兵庫県三木市所在の飾東2号古墳がある。ここでは、墳丘が高く残り石室は開口していたが、石室を構成する石材が、どれほど後方へ及んでいるかを、探査するのが目的であった。

上部から順次下部へスライスして作成した図で見ると、最下層における袖石の厚さは明瞭に捉えたと思われるが、それ以外の天井石などが存在する部分では、それほど的確に個々の石の形態すなわち平面形を、表現できたとは言えないだろう(図4)。

しかしながら、このような地形補正を加えた地中レーダー平面図作成の方法によれば、現実に近い遺構形態を示す可能性があるものと考えられる。

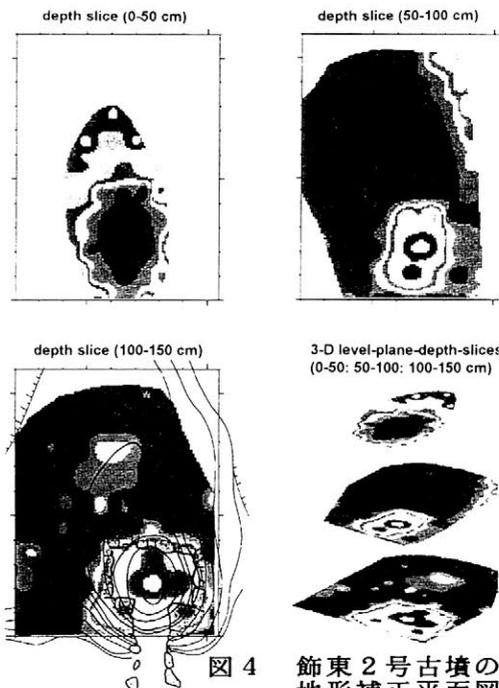


図4 飾東2号古墳の地形補正平面図

5. おわりに

地中レーダー探査では、断面画像を観察することから始まり、平面図作成による遺構理解を深める努力がなされてきた。しかし、その平面図作成の方法も、遺構が存在する地形によっては、必ずしも有効な情報を提供できなかった。今後はここで提案したような地形補正による平面図作成の開発が必要と考える。現状では正確な電波の送信・受信を復原する方法ではないので、現実に即した解析方法の研究が望まれる。

(注1) Y. Nishimura, H. Kamei "A Study in the Application of Geophysical Prospection", *Archaeometry* '90, p.p. 757-765, Birkhauser Verlag Basel, 1990

群馬県子持村埋没古墳群の高密度地中レーダ探査による古地形推定と磁気探査

亀井宏行¹⁾・斎藤正徳¹⁾・工藤博司²⁾・石井克己³⁾・福嶋正史³⁾

¹⁾東京工業大学, ²⁾桜小路電機, ³⁾群馬県子持村教育委員会

1. はじめに

群馬県子持村は6世紀の榛名山の噴火により一夜にして2 m近い軽石の下に埋没したところで、田尻地区には埋没古墳群の存在が確認されている。今回、その一区画に対して、測線を縦横に配置した高密度の地中レーダ探査により、古墳時代の旧地表面を復元推定することを試みた。またその結果発見された古墳の墳頂部付近に対して、3軸グラジオメータによる磁気探査を行い、埋葬主体の調査を行った。

2. 地中レーダ探査

地中レーダ探査領域は、南北27 m、東西35 mの畑で、東西南北1 m間隔で測線を配置した。探査に使用したレーダは光電製作所製KSD-3AM型である。図1に東西測線の地中レーダ像を示すが、軽石層と古墳時代の表土層との境界が明瞭に区別でき、古墳の墳丘や周濠の様子がよくわかる。全測線データから、この軽石層と古墳時代の表土との境界の反射時間を読み取り、実深度に換算し、古墳時代の地形を等高線表示したものが図2である。反射時間から実深度への換算には、軽石層の比誘電率が必要であるが、9と仮定した。標本採取により測定した軽石の比誘電率は約5（千葉大学伊藤公一氏測定）、ボアホールレーダによる測定では約14（東北大学佐藤源之氏測定）という値が得られているので、おおよその目安としては妥当な値と思われる。図2は、最深点を0 mとして、等高線間隔10 cmで表示したもので、高低差3 mとなっている。この領域には、方墳2基と、楕円形の墳丘1基が存在することがわかる。中央部の一番大きな方墳の周濠は、北側では浅くなり、墳丘北西側には一段張り出しがあるように見える。この地形データを3次元グラフィック表示したものが図3である。この図は北側から見たもので、墳丘の配置や形状が一目で理解できる。また、北側中央から東南方向に伸び、東端の方墳の周濠の中に続く浅い溝状の構造が見られるが、これは道であると考えられる。

3. 磁気探査

図2に示すように、中央の方墳の墳丘を含む15 m四方の領域を1 mの格子間隔で磁気勾配探査を行った。その結果を図4に示す。顕著な磁気異常は、同図(a)に示すA地点で、主体の一部か副葬品と考えられる。同図(c)に示す長方形の領域が埋葬主体ではないかと思われる。

4. むすび

高密度地中レーダ探査により、古地形を3次元グラフィックにより復元表示することに成功し、道の発見など3次元表示の有効性を示した。その結果に基づき、磁気探査を行い埋没古墳の主体部を推定することができた。

本研究は、平成6年度文部省科研費重点領域「遺跡探査」による。

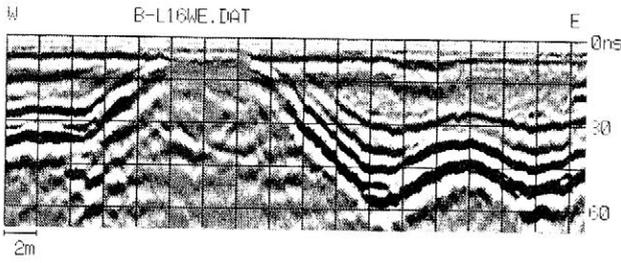


図1. 埋没古墳の地中レーダ像.

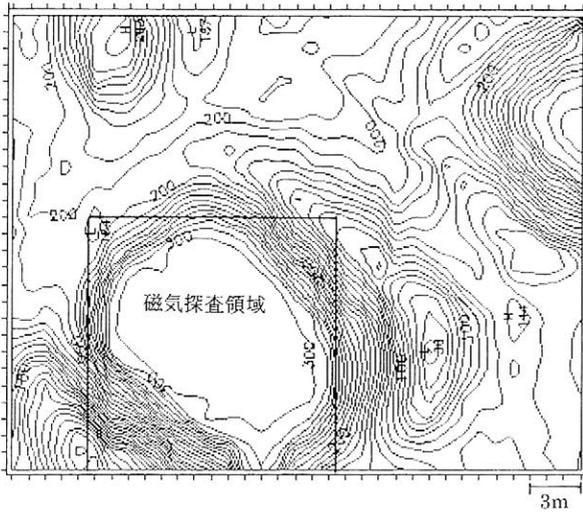
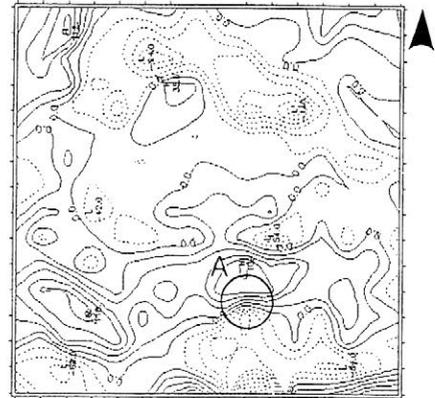


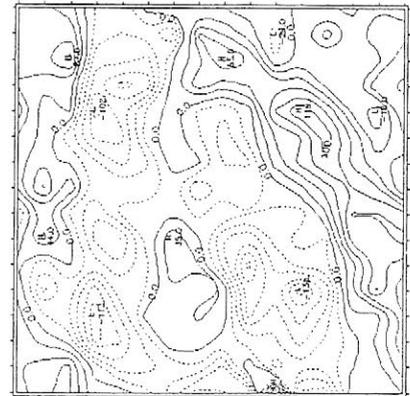
図2. 軽石層下の地形復元結果（等値線間隔10cm）と磁気探査領域.



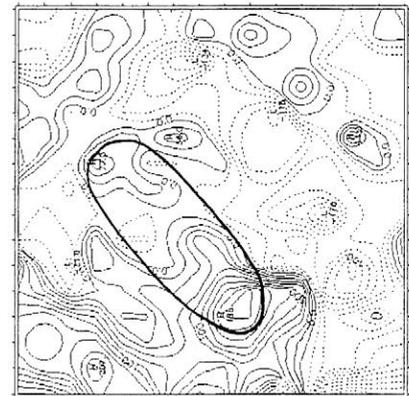
図3. 復元地形の3次元グラフィック表示.



(a) 南北方向成分 3m



(b) 東西方向成分



(c) 垂直方向成分

図4. 磁気勾配探査結果（等値線間隔2 nT）.

熱イメージ法による群馬県子持村田尻遺跡における地下埋蔵物の探査と解析

○岡本芳三¹⁾・稲垣照美¹⁾・劉春亮¹⁾・石井克己²⁾・黒川賢³⁾

1)茨城大学工学部

2)群馬県子持村教育委員会

3)日本電気三栄

1、はじめに

熱イメージ法とは、産業用の製品や材料に存在している各種の不具合の個所を表面に太陽光やランプなどの熱エネルギーを加え、試料表面に発生する温度分布を経時的に計測し、欠陥などの不具合の部分の表面上に発生する異常な温度分布により、その内部に存在する不具合の個所の形状や位置を明らかにすることを目的とした検査方法である。この方法は近年リモートセンシング非破壊検査法として注目されて来た方法であり、二次元の熱計測を行う、赤外線映像装置を適用することにより著しい発展がなされた。¹⁾

この手法を六世紀の榛名山の爆発によって埋没した群馬県子持村田尻遺跡における地下埋蔵物に適用した場合について、対称とした実験地の地表面の映像を計測し、遺跡存在を確認できる映像を求めた。また、このような赤外線画像の異常な発生温度が竪穴式住宅や磯石跡の火山灰および黒土層の形状構成に対して、太陽入射により、遺跡上部に有意な温度変化が発生することを計算機を用いた数値計算モデルを解くことにより検証することを可能とした。²⁾

2、計測装置と方法

埋蔵物が存在していると想定される遺跡は現在畠となっており、12月に測定を行った時には、小麦が群成していた。小型の自動車の上に三脚を取付道路より、可視光による白黒、カラー、RGBフィルター付きカラー、近赤外モノクロおよび遠赤外映像の7種類の映像を数個所に分割して撮影した。時間は日照のある午前、正午、午後及び夕方について3時間程度の間隔で計測を行った。求めた映像について、可視光では明暗の生じた個所、赤外映像では放射温度が変化している異常温度部分の領域を求め、これらの各種の分光映像の比較を行った。

なお計測に用いた赤外線映像装置は、センサーはHg-Cd-Te製であり、8-15 μ mの遠赤外線を検出することが可能である。

3、計測結果

可視光による一連の映像について、分析を行ったが、この中カラー及び緑フィルターカラーの写真については不明確ではあるが、明るい所と暗い所が数個所存在していることがわかった。また近赤外モノクロ写真では、Fig 1に示すように表面が白く

映っている所が見られた。一方、赤外線映像による放射温度線では、放射温度で周辺と1-2℃の温度差の発生する個所がFig 2に示すように明確に捕らえられた。¹⁾

以上の画像分析をもとに、カラー及び近赤外写真による映像の明暗の個所及び赤外線放射温度の高低の個所をスケッチしたのをFig 3に示す。図に示すように、明暗と放射温度の差のある個所が、対応しており、このような個所の下にはレーダー、電気抵抗などの探査結果と比較しても遺跡が存在し、可視光および赤外映像と良く対応していることが明らかにされた。

また、熱収支に関する数値計算法によっても、火山灰と黒土との構成に対して、日照により温度差が生ずることが明らかにされた。²⁾

なお、本研究は科研費重点研究「遺跡探査」によって行われたものであることを記しておく。

文献 1) Yoshizo Okamoto, Int. Conf. of Thermosence, SPIE, (4-1995)

2) 稲垣照美ほか、日本伝熱シンポジウム、(5-1995)

Fig. 1 近赤外カメラ画像¹⁾



Fig. 2 赤外線画像²⁾

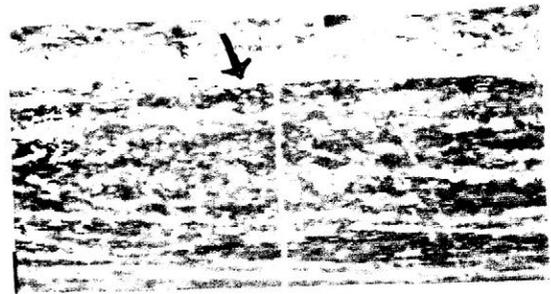
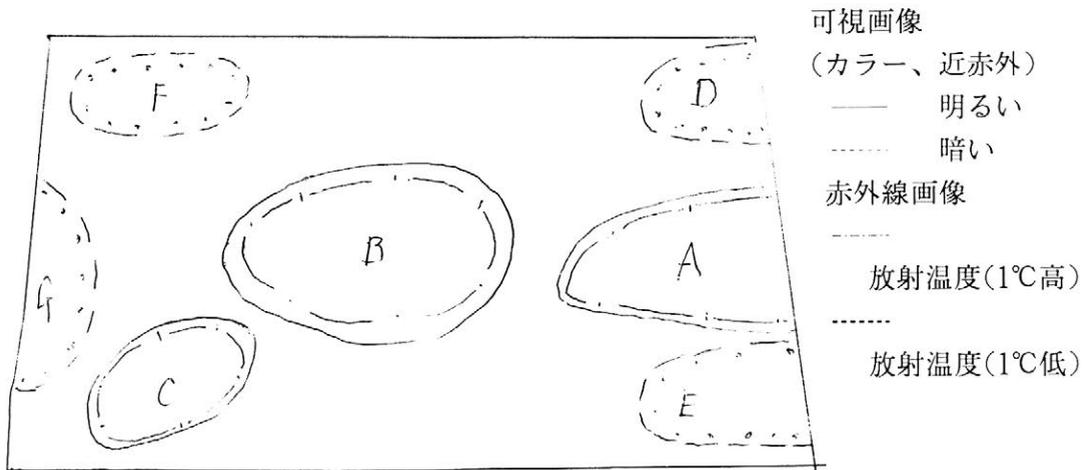


Fig. 3 探査個所における可視光による明暗および放射温度異常個所



気球からの画像を用いた遺跡探査

○三浦定俊¹⁾・花泉 弘²⁾・妻嶋忠行²⁾・川野邊 渉¹⁾

1)東京国立文化財研究所

2)法政大学工学部

1.はじめに

地下に埋没している遺跡の探査方法として、前報¹⁾では航空機から撮影した画像による探査を紹介した。航空機からの探査は広い範囲を一度に探査できる利点はあるが、高いところからの撮影なので細かな調査ができない点や高価な点が欠点である。ここで検討したそのような欠点を補うものである。

2.調査の方法

前報と同様、群馬県北群馬郡子持村にある田尻遺跡を調査した。調査は1995年1月26日に実施し、気球に吊り下げたアームにカメラ類をとりつけ、高度約100mで地上からの指令でシャッターを同時に切って撮影した。カラー写真(フジクローム400D)、R、G、Bのモノクローム写真(トライX)、近赤外線写真(コニカ750)、熱赤外線画像の6種類の画像を撮った。熱赤外線画像の撮影にはTVS-110(アビオニクス)を用いた。

撮影した画像上に現れるランドマークの原因を調べるために、合わせて遺跡面の土壌の表面温度変化と含水率を測定した。表面温度は土壤温度計を用いて図2のA、D2箇所、表面下約1cmの深さの温度を読みとった。含水率は撮影終了時に遺跡表面の7箇所(図2のA~G)で土壌を採取し、持ち帰って測定した。

3.結果

気球からの探査によって得られた地下遺跡の形状(図1)は、亀井による地中レーダーの測定結果(図2)と楕円形の遺跡が良く一致している。それだけではなく地中レーダーに若干現れている東北と北側の遺跡の一部と思われる所も、撮影された写真上に対応した白っぽいマークが見受けられる。

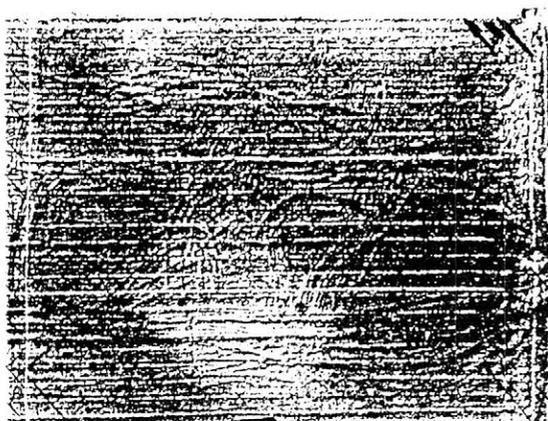


図1.気球からの近赤外線画像

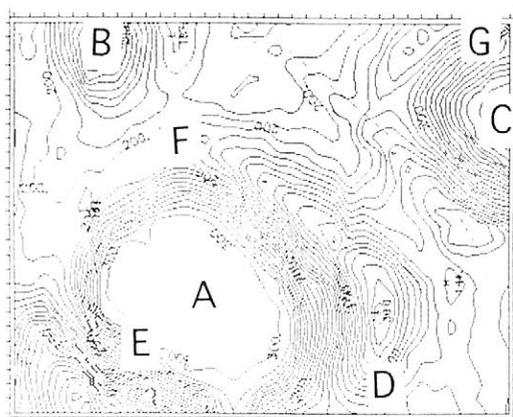


図2.地中レーダーによる探査結果

土壌表面の温度変化は表1の通りであった。朝日が当たることにより、遺跡のある場所の表面温度の上昇が著しかった。

表1.土壌表面の温度変化(単位℃)

時刻	A地点	D地点	気温	相対湿度(RH%)
8:30	-0.5	-0.5	4.3	50
9:15	0.5	0.0	6.7	40
9:50	5.5	0.5	3.9	58
10:05	5.6	0.5	5.3	53
10:15	6.7	1.2	5.2	49

遺跡面の上の土壌の含水率は表2の通りで、遺跡のない場所に比べて約1%ほど低い。おそらく土壌表面の温度上昇によって水分が蒸発したと考えられる。

表2.土壌の含水率(%)

採取位置	A	B	C	D	E	F	G
含水率	8.0	8.4	8.3	9.8	9.6	9.9	9.0

5.考察とまとめ

気球による遺跡探査を行い、図1に示したように遺跡の所在や形を確認することができ、他の探査方法による結果と良い一致を得た。遺跡のある場所とない場所で土壌のスペクトルに差ができる理由は、遺跡表面の土壌の温度と含水率の違いによるものであると考えられる。この田尻遺跡の場合は主に温度の違いが熱画像における濃度の差となって現れ、含水率の違いによる土壌の色の変化が可視、近赤外写真の上の違いとなって現れたと推定される。

この田尻遺跡のランドマークは、1994年2月22日にヘリコプターから撮影した時には検出されていない。撮影した時の時間が昼に近かったために、土壌表面の水分が乾いてしまい、遺跡の存在によって生じる含水率の違いがわからなくなったためではないかと考えられる。

本研究は平成6年度文部省科学研究費重点領域研究「遺跡探査」によるものである。

謝辞

この研究を遂行する上でお世話になった、子持村社会教育課の石井克己文化財係長と青高館の狩野正好氏、地中レーダーの調査結果を拝借した東京工業大学工学部の亀井宏行先生、そのほか関係の方々に感謝申し上げます。

参考文献

1)三浦定俊・花泉弘・石井克己:航空機からの画像を用いた遺跡探査、日本文化財科学会第11回大会研究発表要旨集、pp.145-146(1994、東京)

横須賀市大塚台古墳群コンピュータグラフィックス復元

伊藤雅乃 1) 久保孝嘉 1) 大坪宣雄 2) 北爪一行 2)

1) (株) パスコ 2) 吉井・池田地区埋蔵文化財調査団

1、はじめに

写真測量で取得された遺構平面図データと遺構コンタ図データ (x・y・hの座標を持った) から、D・T・M (Digital Terrain Model) を作成することが可能となり、遺跡のコンピュータグラフィックス (C・G) が簡単に作成できる。この仕法を用いて横須賀市大塚台古墳群についてC・Gを作成した。今回の目的は、遺構をC・G (データ化) にすることでデータの活用について検証を行った。

2、記録保存用図面として

写真測量からC・Gまでの作業工程については、以前に説明したので省かせていただき(*1)、データ化により遺構平面図とコンタ図が、今までの発掘調査で作図された図面とどういった違いがあるかという点と、データ化で今後どの様な展開が可能となるのかについて説明したい。

従来の方法は、平板を用いたり、やり方測量等で図面を作成している。出来上がった図面は、紙に書かれた2次元の図面であり、座標系も公共座標系であったりグリッドでの仮の座標であったりと一定ではない。図面のスケールもだいたい1/100~1/1000といったはばを持っており、全てを同様に扱うことは出来ない。データ化された図面の場合、線は(x・y・hの座標を持った) 3次元であり、座標系も基本的には全て公共座標系である。縮尺は写真測量の場合、写真に写り込んだものの10~20倍の作図ができる。例えば、撮影縮尺が1/1000で有ればS=1/5~の作図が可能である。1/1000の図面も1/200の図面も座標系が同じ公共座標系のため、データを自由に重ね合わせ編集することが出来る。違うのは、2つの図面が持っている精度である。

以上見てきたように、従来図面とデータ化された図面との違いは、3次元である点と紙でなく画面の中で図面編集・図面出力等の全ての処理が出来る事である。これが意味することは大きく、現代情報社会といわれる中で必然的な動きとなりつつある。

3、これからの展開

横須賀市大塚台古墳群の発掘調査前の地形図、発掘調査後の完掘状況図をデータとして平面図とコンタ図を作成した。このデータを用いて発掘前・後のC・Gを作成し、さらに古墳の築造当時の復元C・Gを作成した。これら3つのC・Gは、遺構図のデータ化によるデータ活用例である。この他に

- ・遺跡のC・Gは、博物館やその他の教育機関で、いま流行の仮想空間(バーチャルリアリティ)を利用することで古代生活へ疑似体験を可能とする。
- ・データ化されていることで数量化され、多変量解析などの解析に向けてスムーズに様々なデータを取り込むことができる。
- ・図形データに属性を付加する事で図形データとデータベースが結び付けられ、その中から必要とする情報を引き出すシステム、GIS (地理情報システム) の考古学版が構築される。

引き出すことができる。

以上4つの例をあげたがこれは、データ化の活用の一例にすぎない。さらに現実化していくには、多くの課題を解決しなければならない。単にデータ化といってもデータの目的・精度・データフォーマット形式等議論し決定しなければならない事がある。データ化・システム化に向けての議論の出発点として、今回作成した横須賀市大塚台古墳群のC・Gを見ていただきたい。

(※)伊藤 雅乃・久保 孝嘉;「文化財調査におけるシステム利用」・応用測量論文集 Vol.5,日本測量協会1994年6月

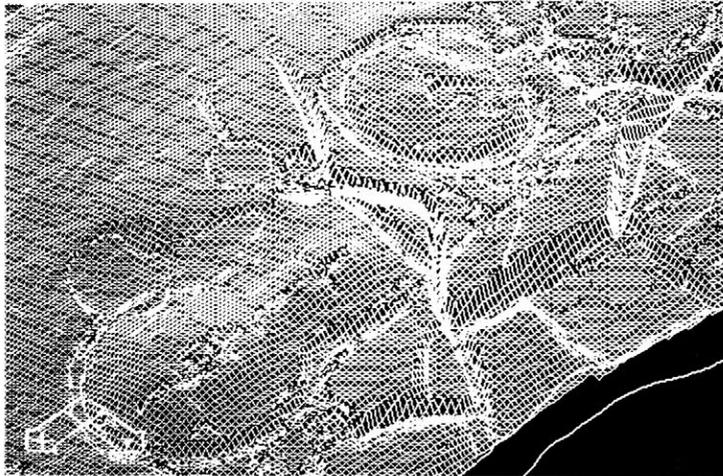


図1
DTMでの鳥瞰図

図2
完掘後のCG



図3
住居復元CG

古墳の石室壁石の振動調査の試み

畠山晃陽 田中章夫 (応用地質株式会社)

1. はじめに

近年、史跡指定されている古墳の保存・整備・活用事業においては、古墳の最も重要な施設である石室の構造的な安定性が問題となる場合が多い。今回、この古墳石室の安定度を把握するための一つの非破壊的な手法として、石室壁石の振動調査を試みたので、ここに、その方法および調査結果について報告する。

2. 調査方法

この方法は、図-1の概念図に示すように、石組みの個々の壁石に地震計を設置し、外部から定常的な振動を与えて、個々の壁石の応答の測定を行い、その結果から壁石の安定度を判定しようとするものである。これは、墳丘盛土、天井石など、上部からの荷重を支えている壁石と、浮き石となっているような壁石とでは、振動に対する応答パターンが異なると考えられることに基づくものである。

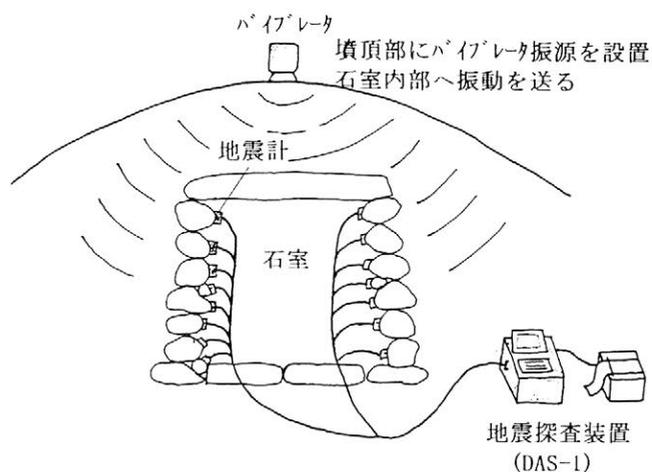


図-1 振動測定概念図

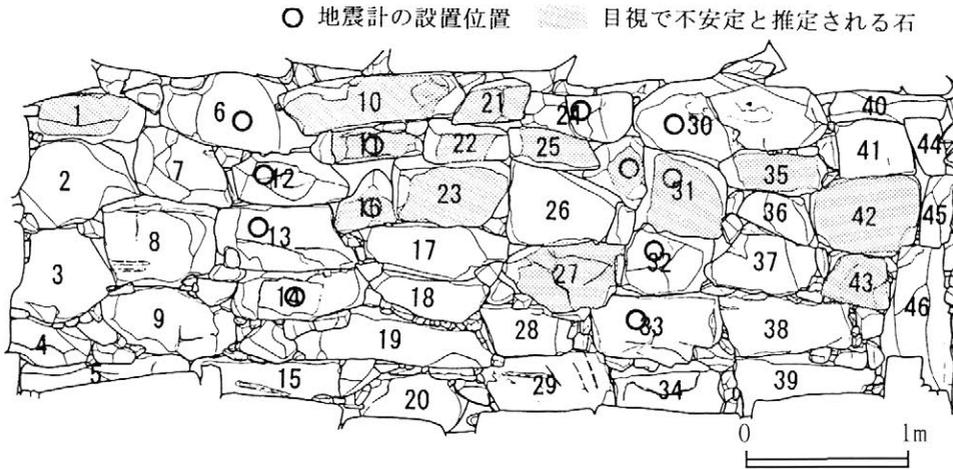
3. 調査結果

地震計の設置位置を図-2に、測定結果の一例を図-3に示す。図-3によると、壁石 No. 11 の振動は、他の石の振動と比べ、ある特定の周波数(160Hz)付近を中心に、全般に大きくなっていることが特徴である。また、この壁石 No. 11 は、振動調査に先立って実施した、目視による石の観察およびファイバースコープによる石の裏込め状況観察においても、石の周囲に隙間が多く、裏込めが不十分と推定された石に対応している。

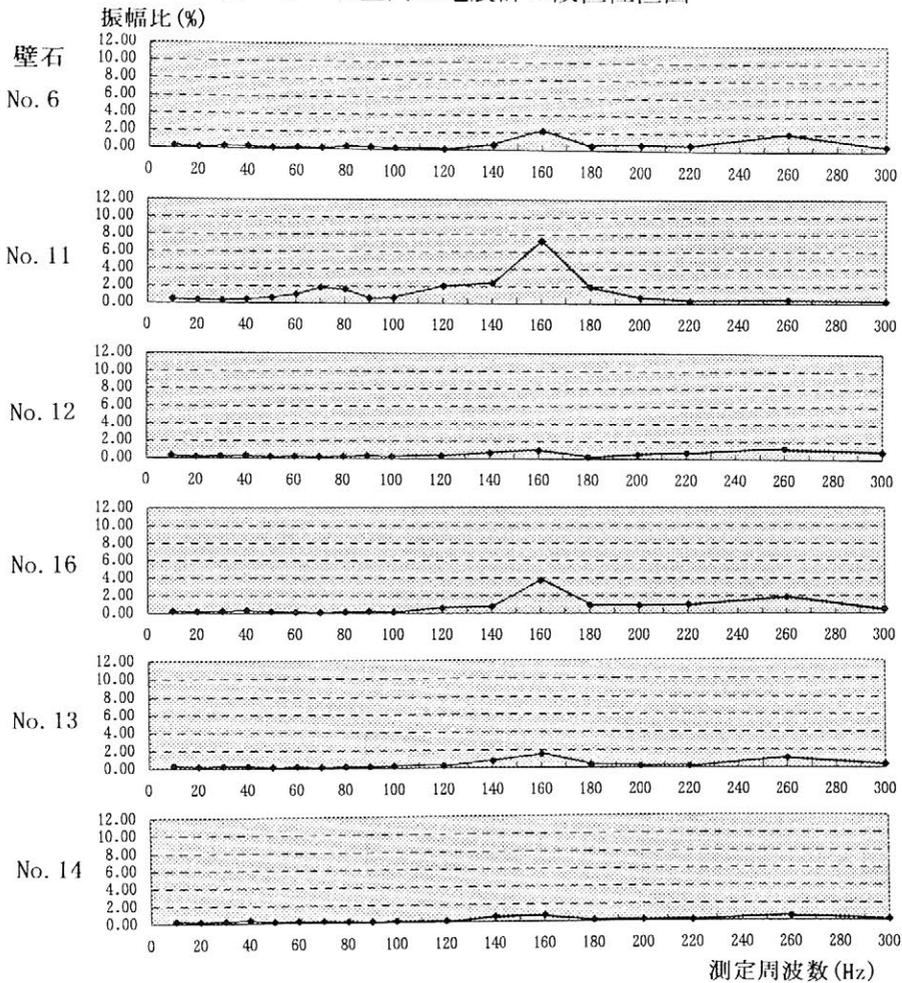
これらの振動調査および目視調査などの結果を総合すると、この壁石 No. 11 は、他の壁石と比べて、やや不安定な状態にあるものと考えられる。

4. まとめ

以上、今回は、起振源として、ポータブルパイプレータを用いた、古墳の石室壁石の振動調査を試みたが、この微小振動を利用した非破壊的な調査手法は、古墳の石室の安定度を推定するための一つの有効な手法として、目視などによる観察調査結果に、新たな裏付けを与えることができるものと考えられる。



図一 2 石室内の地震計の設置位置図



図一 3 振動測定結果 (各周波数ごとの振動の振幅比)
 (振幅比(%) = 壁石における振幅 ÷ 振源における振幅 × 100)

脂質分析からみた中・近世の燈明油

○坂井良輔¹⁾・藤田邦雄²⁾・小林正史¹⁾

1) 北陸学院短期大学

2) 石川県埋蔵文化財保存協会

1. はじめに

本稿の目的は、燈明油の種類の中世から近世への変化を検討することである。燈明皿は、以下の点で脂質分析に適している。第一に、油そのものであるため残存脂質量が多いと期待される。特に、本稿の分析では、含有量が少ないステロールの組成が基幹をなすので、含有量が充分であることが重要な条件である。第二に、燈芯や縁辺部を除き、燈明皿の内面は強い加熱を受けていないため、加熱による脂質の分解が少ない。第三に、燈明油の種類は、ステロールと脂肪酸の組成によりある程度識別できる。例えば、中近世では、比較的安価な魚油（イワシ油など）とやや高価な植物油（菜種油・エゴマ油・綿実油など）とが燈明に使われていたと推定されるが、魚油と植物性油はステロール組成によりある程度識別ができる。また、菜種油はエルカ酸という特徴的な脂肪酸を持つ。本稿では、文献史料の分析から提出された燈明油の変遷についての仮説を脂質分析により検討する。

2. 油の種類についての仮説

植物油では古代はゴマ、エゴマ、椿などの油を使用していたが、中世以降菜種油も使用されるようになった。また、江戸時代初期には綿実油も普及した。一方、これらの植物油は高価なので、各土地で手に入れやすい安価な油（鯨油、鰯油など）も多く使用されたと考えられる。文献史料から、燈明油の変遷について以下の仮説を提示することができる。第一に、中世から近世へと、植物油の主体はエゴマ油から菜種油へ変化したと推定される。第二に、a) 植物油の流通は中世から近世へと規模が拡大したと推定される、また、b) 植物油は魚油に比べ高価だが、明るさや臭いの点で優れている、などの点を考慮すると、「動物性油に対する植物性油の重要性」は中世から近世へと増加したと考えられる。

3. 分析試料

石川県内の中世と近世の各4遺跡から出土した燈明皿91点を対象とした。各遺跡から出土した燈明皿の中で、内面の炭化物（灯芯痕）が明瞭なものを選択した。近世では燈明皿が豊富なため残存率の高い資料が多いが、中世では近世に比べ灯芯痕が明瞭な燈明皿が少ないため小破片の試料が多くなった。

近世の遺跡は、金沢市に所在する町屋の遺跡である本町遺跡（18-19世紀の燈明皿7点とひょうそく6点）、金沢市に所在する加賀藩の武家屋敷である安江町遺跡（17-19世紀の燈明皿14点）、金沢市に所在する三社町遺跡（17世紀後半の燈明皿4点）、および、加賀市に所在する大聖寺藩武家地である加賀八間道遺跡（17-19世紀の燈明皿24点）を選択した。

一方、中世の遺跡は、一向一揆の最後の拠点だった鳥越城跡（10点）、一宮遺跡（9点）、梯川遺跡（1点）、羽咋市に所在する曹洞宗の名利（1313年開山）である永光寺（16点）、を選択した。

4. 分析方法

12種の脂肪酸と6種のステロールについて、各々ガスクロマトグラフィー標準品の検出時間、ピーク面積、注入量を基準にして同定、定量を行った。

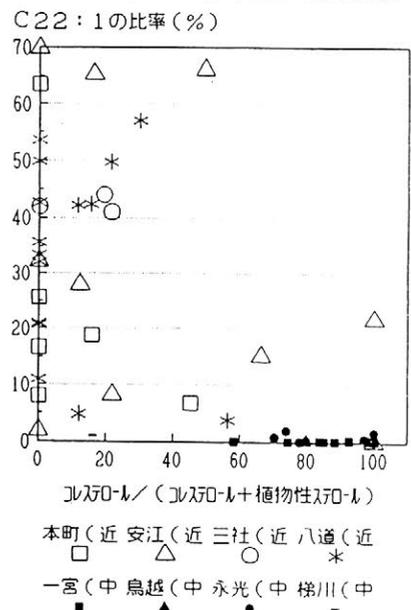
脂肪酸とステロールの組成比から、以下のような油種の認定基準を設けた。第一に、動物性ステロールが少なく、かつ、エルカ酸が多いほど、菜種油の可能性が高くなる。第二に、動物性ステロールが多く、かつ、エルカ酸が少ないほど、菜種油の可能性は低くなり、動物性油の可能性が高くなる。第三に、動物性ステロールが少なく、かつ、エルカ酸が少ないほど、「菜種油以外の植物油」（エゴマ油など）の可能性が高くなる。最後に、動物性ステロールが多く、かつ、エルカ酸も多い場合には、1)動物性油と植物油の両者を併用した、2)土壌からの汚染や発掘後の指接触などのため動物性ステロールまたはエルカ酸の比率が高まった、などの可能性が考えられる。

ただし、これらの認定基準について、以下の点に注意を払う必要がある。考古試料の脂質組成は土中での分解、土壌からの汚染、発掘後の指接触などにより、使用時の脂質組成から大きく変質している場合も多い。よって、個々の試料について「コレステロールが何パーセント以上あれば動物性油と認定できるか」といった明瞭な基準値を設定することは困難である。この対策として、明瞭な魚臭を発していた石川県小松市の白江梯川遺跡（中世の集落遺跡）出土の燈明皿を、考古資料における魚油の参考資料の一つとして用いた。この燈明皿は、魚油を用いた可能性が極めて高いにも関わらず、1)コレステロールの比率が20%弱と低い、2)魚油・鯨油に特徴的なDHAが検出されない、という特徴を持つ。一方、C18:1とC16:0が卓越する点では油類（動物・植物に共通）の特徴を示している。よって、この参考試料から、魚油でも、分解や汚染などにより「植物性ステロールに対する動物性ステロールの比率」、即ち「コレステロール量 / (コレステロール量 + 3種の植物性ステロール量) × 100」、が2割程度まで下がる場合もある、と考えられる。

5. 分析結果

ステロールが検出された試料について、「菜種油の指標であるエルカ酸の比率」と「植物性ステロールに対する動物性ステロールの比率」、即ち、「コレステロールの比率 / (コレステロール比率 + 3種の植物性ステロール比率) × 100」、をプロットしたのが図1である。分解や汚染などの影響が少なければ、図の左上に近いほど菜種油に近くなり、右下に近いほど魚油に近くなる。そして、菜種油以外の植物油（エゴマ油など）は左下（原点）に近いに分布すると期待される。図1より、中世試料の大半は動物性ステロールの比率が70%以上と高く、エルカ酸の比率が3%未満と低い。一方、近世試料の多くは中世試料よりも動物性ステロールの比率が低く、エルカ酸の比率が高い。このデータは、「中世から近世へと動物性油が減少し、植物性油が増加した」という仮説と対応している。一方、植物油の中でのエゴマから菜種への変化は、本稿の分析結果からは指摘できなかった。

燈明皿のエルカ酸の比率と「動物性/植物性」比率



中性子ラジオグラフィの文化財への応用 (V)

— 青銅成分・鉄と絹・和紙の画像濃度の定量的関係について —

(財) 元興寺文化財研究所 増澤文武・村田忠繁・尾崎誠
 京都大学原子炉実験所 米田憲司・岡本賢一・辻本忠

1) はじめに

従来使われてきたX線ラジオグラフィ (XRT) は、現在考古遺物を始め文化財には必須のものとして定着している。一方、中性子ラジオグラフィ (NRT) は一般化していないが、中性子の質量減衰係数が重金属の元素に比べ、有機物や酸化物を構成する水素・酸素・窒素などが大きく¹⁾、X線では得ることのできない経筒内部の経巻の遺存状態を非常に鮮明に捉えることが出来た²⁾。また、挂甲に付随する錆色の皮や紐はXRT、NRTともに確認されたが後者が鮮明ではなかった。この結果から肉眼には皮や紐の様に見えても、実物は錆などが浸透して錆色の形状を保ち、有機物が消失しているのではないかと推定された³⁾。これは顕微赤外分析により主として鈹物質のものが検出され、その可能性が明かとなった⁴⁾。

このような例から、青銅製品や鉄製品の内部にある有機物がどのような厚みで存在したとき画像として確認可能なのか、あるいはフィルム濃度によってそれぞれの厚みを推測できないかと考えた。実際には腐食状況や土や砂などが共存することから簡単には答を出すことは出来ない。そこで最初の試みとして、青銅の主成分である銅・錫・鉛の3元素と金属鉄の厚みの異なるものについてNRTの画像の濃度を追跡した。また、銅・錫・鉛について羽二重と和紙をそれぞれ重ね、これらの厚みとフィルム濃度の関係を検討した。それらについて報告する。

2) 試験方法

試料の作成: 青銅製品の主要成分である銅・錫・鉛と鉄の板 (純度99.99%) を用意した。絹は最も目の摘んだシンプルな羽二重 (厚み: 85 μm) を、和紙は比較的薄い黒谷紙 (厚み: 77 μm) を用いた。各成分の厚みは金属については各板を重ね、また絹と和紙については、コテを用いて平滑にしたものを1枚、2枚、4枚、8枚と折り重ね、約5mm幅の短冊状とし、重ねた部分が出来るだけ密着するようにした。この順番で羽二重と黒谷紙をボール紙の枠に5mm間隔に並べ、両端を張り付けた。これを各金属板の上に乗せ、羽二重や黒谷紙がフィルム側に密着するようにして撮影した。

中性子ラジオグラフィ: 装置は京都大学原子炉実験所の熱中性子ラジオグラフィ実験設備 E-2孔を用い、フィルムはKodack工業用X線フィルムSRを用いた。

フィルム濃度の測定: イメージスキャナ

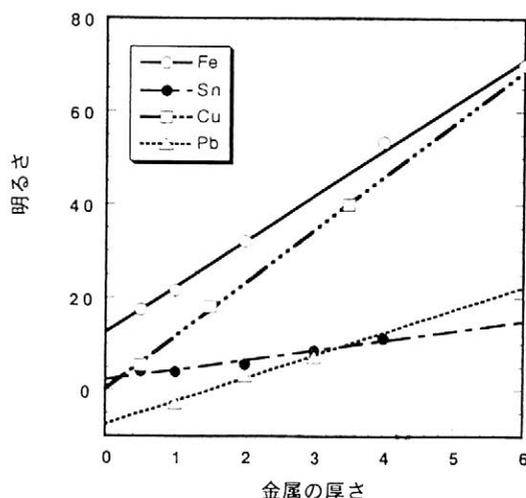


Fig. 1 金属の厚さと明るさ

(Epson GT-9000) を用い、256階調の濃度差を読み取り、対象部分のほぼ中央のピクセルの濃度（黒さが少ないほど値は大きくなる）平均を求めた。

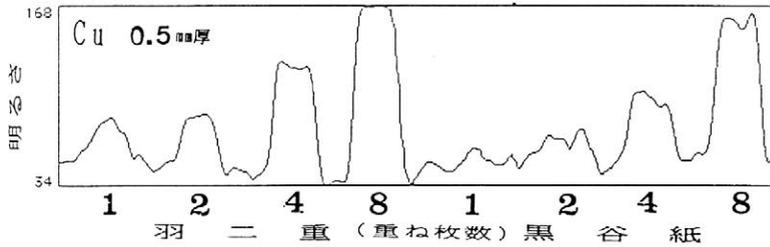


Fig. 2 羽二重と黒谷紙の厚さの違いによる明るさの変化

特に錫は X 軸に対してほぼ平行に近い。

各金属と羽二重・黒谷紙との関係は肉眼観察では 1 枚のみの羽二重、黒谷紙の画像は薄く判別が困難で、2 枚重ねのものはそれに続く。これらと 4 枚重ね、8 枚重ねの明るさの変化の 1 例を示すと Fig. 2 となり、1 枚重ね、2 枚重ねの乱れが見られる。羽二重の画像の明るさから共存する各金属の明るさを差し引いた値の平均値のグラフを Fig. 3 に示す。この結果から青銅の主成分である金属の種類、厚みに関係なく枚数の増加と共にほぼ同様の明るさの増加が認められた。なお、認識の困難な 1 枚重ね、2 枚重ねの部分は逆転が見られるものがあるが、今後の課題としたい。紙の場合と併せて、鉄との関係については大会での発表にゆずる。

本研究は緒についたばかりであるが、従来のデンシトメータによる黒化度の測定に代わって、イメージスキャナによる画像の取り込みと階調度による数量化を試みた。その結果、明るさと透過する物体の厚さとが直線関係にあり、今後ともフィルム濃度測定法として使用できると考えられるので、より一層精度を上げると同時にさらに検討を続けて行きたい。

文 献

- 1) P.von der Hardt, H.Rottger (Ed), Neutron Radiography Handbook, (1981)
- 2) 中村弘、兵庫県一乗寺経塚とその出土品、考古学雑誌 77 巻 4 号 127-135 (1992)
- 3) 尾崎誠、増澤文武、X 線・中性子ラジオグラフィ『団子塚 9 号墳』61-72 (1994)
静岡県袋井市教育委員会
- 4) 佐藤昌憲、繊維状・皮状物質の材質調査、同上 135-139

3) 試験結果と考察

各金属の厚みとフィルム濃度の関係は Fig. 1 に示したように各金属ともに厚みが増すと直線的に明るくなる。中でも、鉄と銅は厚みに対するフィルム濃度の増加率が大きい、鉛と錫は小さく、

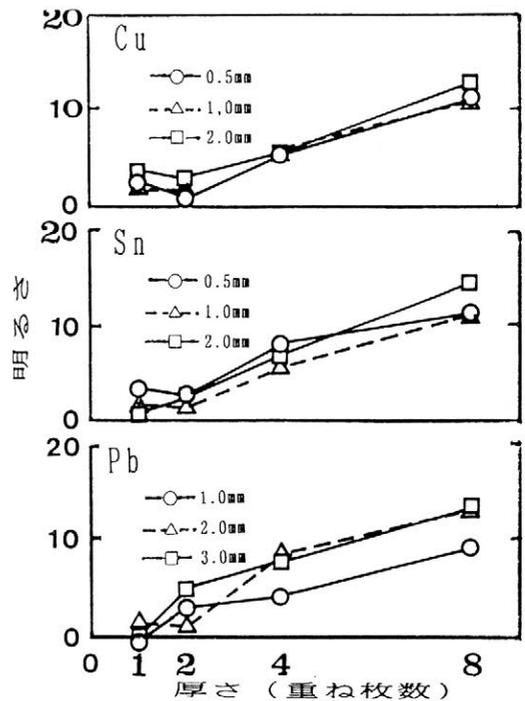


Fig. 3 羽二重の画像の明るさから金属の画像の明るさを差し引いた値と羽二重の厚みの関係

甘木市三奈木大佛山経塚出土経筒の非破壊調査

塚本敏夫 増澤文武 村田忠繁 (財元興寺文化財研究所)
吉武孝礼 松尾宏 (甘木市教育委員会)

1、はじめに

経塚は經典を埋納した仏教遺跡であり、その造営は平安時代中期に始まり、江戸時代まで行われる。埋経の初期の目的は末法思想による法滅に備えて仏典を土中に埋納し、弥勒出世を待つ弥勒信仰によるといわれており、その後、極楽浄土、出離解脱等の仏教思想を祈願する目的で埋納され、時代の降下に伴い功利的な追善供養を目的とするものへと変質してくる。経筒は經典を納めた経容器であり、納められていた經典を解読することは当時の思想や時代背景を知る上で重要である。また経筒はそれ自体にも筒身や蓋、底板に銘文を線刻したり、陽鑄したり、墨書する例が多く、経塚の年代や目的等を探る多くの情報を持っている。

本報告では福岡県甘木市に所在する三奈木大佛山経塚から出土した鑄銅製経筒について、内容物の確認や構造、製作技法、材質についての非破壊調査を行うこととなった。

調査はまだ途中であるがこの間に得られた若干の知見を報告する。

2、経筒の観察

経筒は筒身部と相輪部及び笠部に分かれ、相輪部に笠を挟んで筒身上部の取付座に差込み、ピンで固定されている(写真-1)。

経筒は総高40.4cm、筒身部は高さ25.7cm、筒身径は肩部で最大径13.0cm、底部で最小径12.7cmを計る。目視では肩部が蓋か履筒式か、取付座が筒身と別造りか鑄造欠陥による鑄掛けかも判定できない。

底部は4方にキー状の突起(3mm×3.5mm)を持つ径12cmの円板を筒身底部の4カ所のキー溝にはめ込み、筒身下端を内側に嵌めて固定した構造である。

相輪部は相輪高14.7cm、簡素な作りの四輪形で上部に宝珠、下部に一条の沈線が巡る伏鉢と露盤からなる。笠部は径15.5cmで中心部に相輪露盤部がはまる径4cmの溝があり、径1.2cmの穴があいている。

3、調査・分析項目

調査で明らかにしたい点は以下の4点である。

- ①筒身内外面に刻銘・陽鑄銘の有無の確認
- ②内容物の確認
- ③経筒の構造確認
- ④経筒の材質確認

上記の4項目を確認するために表-1の調査を行った。

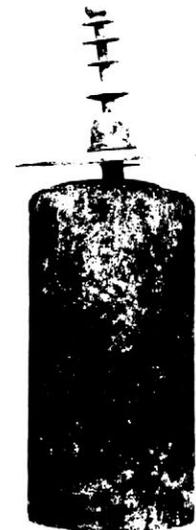


写真-1

表-1 調査・分析項目

調査項目	①	②	③	④	備考
1、考古学的調査					
拓本	●				筒身外面の銘文・文様の確認
写真撮影(斜光・赤外線撮影)	●				筒身外面の銘文・文様の確認
2、透過試験					
X線ラジオグラフィ(XRT)	●	●			マイクロフォーカス含む
中性子ラジオグラフィ(NRT)		●			
X線CT	●	●	●		筒身の断層撮影
3、材質分析					
電子線表面分析(EPMA)				●	
蛍光X線分析(WDX)			●	●	8カ所を定性分析

4、調査結果

(1)考古学的調査

写真撮影・拓本の結果、筒身表面には刻銘・陽鑄銘及び、文様は確認できなかった。しかし、外型の合わせ目の痕跡から鑄型の外型は2分割であることや縦に通る外型の削り加工痕が明瞭に確認された。

(2)透過試験

①XRT、NRT、X線CTの結果、筒身内側の片側（外型の中心部）に二条の陽鑄銘が確認できた(写真-1,2)。

文字の解読については現在調査中である。

②NRTの結果、内容物が確認できた(写真-2)。遺存状態は悪く、劣化した紙本経・軸木の残骸と推定さる。

③XRT、X線CTの結果、筒身と本来蓋となる部分は一鑄で肩部に一条の削り沈線を施している（履筒式）。

取付座は筒身部との厚みの差が内側でも確認できた。また、鑄かけが一周することからも別部材を鑄接いだ可能性が高い（取付座の別造り）。

(3)材質分析

蛍光X線分析(WDX)の結果、計測した8カ所のスペクトル図はほぼ似た傾向を示した。

検出された元素は銅(Cu)、鉛(Pb)、を主成分とし、砒素(As)、クロム(Cr)、錫(Sn)、銀(Ag)の微量元素を含む。

5、考察（製作技法からの年代推定）

鑄銅製経筒は形式的には宝塔形経筒の簡略形としながらも筒身部の底部形状や上部の履筒式に似た製作技法、相輪取付座の鑄接ぎ及び、ピン固定方法など構造で類例がない特異な点が認められた。また、筒身内面に陽鑄の銘文が確認されたことは大きな特徴である。類例は関東で2例知られおり、履筒式も関東に特有な点から製作者は関東地方と何らかの関係があった可能性が指摘できる。

製作年代は銘文の解読を待ちたいが形式・製作技法から推定すると12C前葉から中葉にかけてを考えた。

6、おわりに

今回の調査で経筒の構造、製作技術、内容物の状態が明らかになった。特に内面の陽鑄銘の存在を明らかにできた点は今後の未開封の経筒の調査における各種の透過試験の有効性を提示することができた。

今後は銘文解読のために各種の画像処理やX線CTの3次元立体画像の復元等を行っていきたい。

謝辞

中性子ラジオグラフィを実施するにあたり米田憲司氏はじめ京都大学原子炉実験所の方々、X線CTを実施するにあたり小石川篤氏はじめ株日鉄エレックスの方々にお世話になった。また蛍光X線分析については宮内庁正倉院事務所の成瀬正和氏にお世話になった。その他資料調査のりお世話になった、多くの方々へ深謝します。

参考文献

- (1)増澤文武他 1985 「古文化財の中性子ラジオグラフィの適用について」
社団法人日本非破壊検査協会特別研究委員会資料
- (2)村田忠繁他 1995 「文化財におけるX線透過試験の現状」『保存科学研究集會95』
奈良国立文化財研究所考古科学研究会
- (3)奈良国立博物館 1977 「経塚遺宝」奈良国立博物館
- (4)関秀夫 1985 「経塚遺文」東京堂出版
- (5)関秀夫 1990 「経塚とその遺物」『日本の美術No292』至文堂



写真-2 内容物のNRT

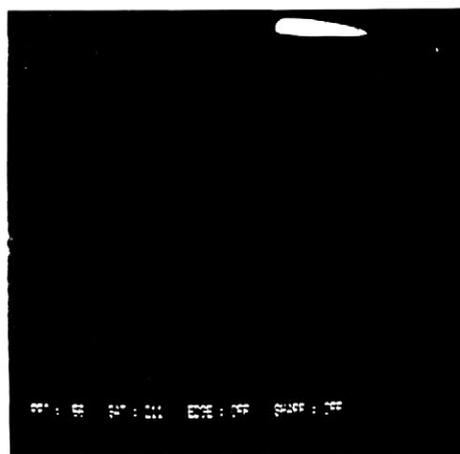


写真-3 銘文のX線マイクロフォーカス

高エネルギーX線CTスキャナーを用いた

静岡市賤機山古墳出土銀象嵌柄頭の

三次元ダイナミック構造解析

村上 隆¹⁾・沢田正昭¹⁾・伊藤寿夫²⁾

1) 奈良国立文化財研究所・2) 静岡市教育委員会

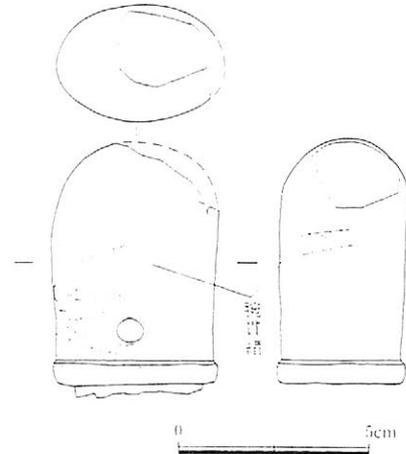
【1】はじめに

X線ラジオグラフィー（X線透過撮影）に代表される電磁波の応用は、文化財の内部構造など、「文化財不可視情報」を探るために不可欠である。しかし、従来の手法では、例えば、X線フィルムに代表されるように、本来は立体的な三次元情報を平面的な二次元情報に落とし込まざるを得ないため、最終的に得られた画像の解釈に手間取ることも少なくなかった。この欠点を解決するための手段の一つとして、X線CTスキャナーの導入が図られてきた。この度、奈良国立文化財研究所に設置された「高エネルギーX線CTスキャナー」は、文化財用X線CTとして、ハード・ソフトの両面で、さまざまな工夫が凝らされている。このX線CTの特徴は、静岡市賤機山古墳から出土した太刀の円頭柄頭に施された銀象嵌を、厚く表面を覆った鉄さびの下から抽出し、当初に彫り込まれた鳳凰文様を映像として甦らせる作業の中で遺憾なく発揮された。

【2】静岡市賤機山古墳と銀象嵌円頭柄頭

静岡平野を見おろす賤機山丘陵の先端に位置する直径約32mの円墳。横穴式石室を内部主体とし、6世紀後半代の当地方最有力豪族の墳墓とみられる。1949年、後藤守一・斎藤忠両博士による発掘調査で、巨石石室と石室内の家形石棺を確認。石棺内外から、装身具類、大刀、鉄鏃、六鈴鏡などの副葬品、鞍金具、鐙、轡、杏葉などの馬具類が出土。石室石積みのズレや石棺の傷みのため、1993年から石室及び墳丘の保存復原・整備に着手している。これに伴い、未調査の羨道部分から、須恵器（高坏など）、大刀、鉄鏃、銅鏡、さらに轡、鐙、棘葉形杏葉、歩揺付飾金具などが新たに出土している。

今回の解析対象である鉄地円頭柄頭は、上記1949年の調査で出土。長さ6.5cm、幅4.3cm、厚み3.3cm。全面を厚く鉄さびで覆われ、頂部を一部欠く。一部露出した象嵌部を微小領域蛍光X線分析にて、銀を確認。象嵌文様の全貌は、この度初めて明らかになった。



「静岡県史 資料編3 考古三」1992 より

【3】文化財用高エネルギーX線CTスキャナー

(株) 日立製作所製

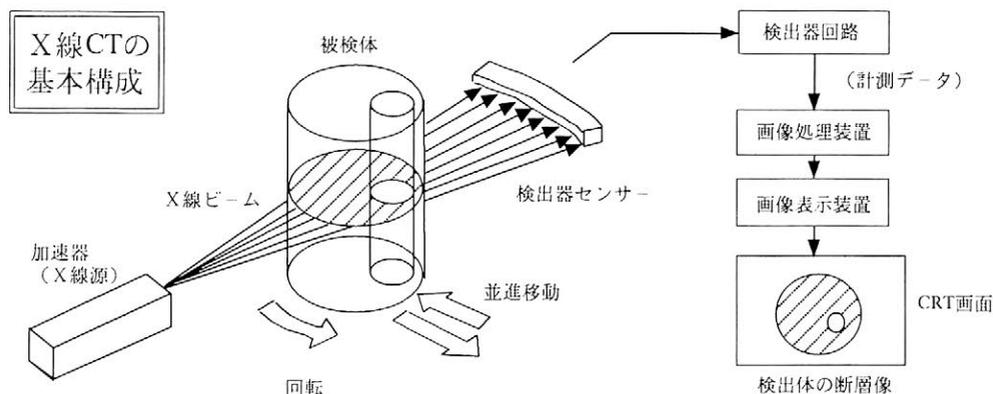
X線源：加速器（線形加速器：エネルギー 0.95/0.45keV 切り替え可）

走査方式：第2方式

大型資料用マクロ解析システム・微細構造マイクロ解析システム 切り替え可

CT断層画像を基に、三次元立体映像の構築、動画ダイナミック映像の開発

三次元立体映像を二次元パノラマ展開



【4】静岡県賤機山古墳出土円頭柄頭に施された銀象嵌鳳凰文の三次元ダイナミック構造解析



(a)



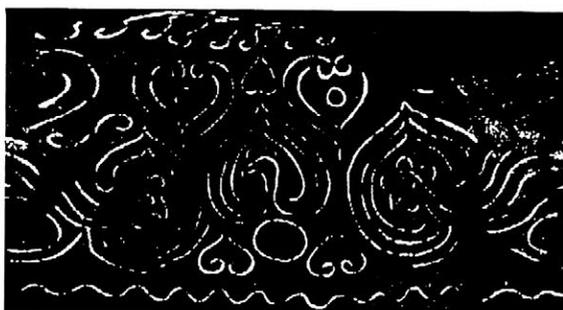
(b)

(c)

(a) 円頭柄頭
現状写真

(b) 断層画像から
再構築した
表面イメージ

(c) (b) から抽出
した銀象嵌文様



三次元立体映像を
パノラマ展開した
銀象嵌鳳凰文様

※ポスターセッション会場にて、大型モニターを用いてデモを行う予定
この研究の一部は、科研費「一般研究(C)」(文化財科学)によって行った

石膏にかわる土器の修復材料

今津節生¹⁾・伊藤幸司²⁾・鳥居信子²⁾・村松弘規³⁾

1) 奈良県立橿原考古学研究所 2) (財)大阪市文化財協会

3) 掛川市教育委員会

1. 新しい修復材料の必要性

石膏で土器を補修すると数年後に表面がチョークのように崩れやすくなったり、突然、接合面が土器から外れることがある。これは土器断面の凹凸に密着していた石膏が老化して土器本体から離脱するため、石膏には接着剤のように強力な接着力はない。また、石膏は僅かな衝撃にも弱いので、博物館での展示や移動の際には注意を払う必要がある。さらに石膏は緻密で白色であるために、土器の色や質感とは異なる。しかも作業中に石膏の粉末が土器の表面や周囲を白く汚すことがある。この様な石膏の欠点を補いながら簡単に補修作業を行うことができ、縄文・弥生・土師器・須恵器など土器の質感に近く、しかも長期わたって安全に展示できるような土器の新しい修復材料の必要性が痛感される。

2. 開発のねらい

石膏に代わる土器の修復材料としては、すでにエポキシ樹脂エマルジョンと焼粘土粉を混合した修復材料を発表している(今津1984)。その後この土器修復材料は東北、関東地方を中心に各地で使用されている。しかし、この修復材料が広がるにつれて薬剤調合がわずらわしいこと、素手で使用した場合にごく希に手荒れなどを起こすこと、修復材料の値段が石膏に比較して高価であるなど、改良すべき点も幾つか指摘されるようになった。そこで、より簡単に使用でき安全で安価な修復材料の開発を進めてきた。このような開発意図のもとに、無機材料を中心とした新しい土器補修材料を提案したい。

3. 土器修復材料としての条件

土器修復材料の適正条件として、以下のような事項が考えられる。

- (1) 長期の保管にも耐えられるように、十分な強度と耐久性を保つこと。
- (2) 土器の材質や保存状態に合わせて、強度や質感などを変化させること。
- (3) 修復する土器の状態に合わせて成形、加工、補彩などの作業が簡単に行えること。
- (4) 補修した後でも、必要に応じて土器から取り外し、再修理が可能なこと。

4. 新しい土器修復材料の概要

今回、新たに開発した土器の修復材料は無機材料である特殊モルタルと合成樹脂を混合したポリマーモルタル系材料に土器の強度や比重・質感に合わせて混和剤を配合し、これに水を混ぜて粘土状にしたものである。この修復材料は、硬化後でも切削が可能で、土器

との接着力も強く、硬化時の収縮もない。さらに、完全に硬化した後も必要に応じてドライヤーなどで表面を加熱すれば修復材料を柔軟化させて簡単に削り取ることができる。

無機質材料を用いながらも再修理を可能にしたのは、モルタル系無機材料に配合したエチレン酢酸ビニールエマルジョン（EVA）と呼ばれる合成樹脂の効果にある。EVAはアルカリ性の環境化で水に溶解する性質があり、水とモルタルセメントの混合によって生ずるアルカリ雰囲気によって粒子間に溶け込み、硬化した後もセメントの結晶間の空隙を埋めることで接着力を高めて収縮を防ぎ強度を向上させる。ところが、EVAは加熱によって柔軟性を増すので、セメントの結晶間の結合が弱まり、加熱を受けた部分は柔軟化して削り易くなる。しかし、常温に戻ったEVAは、再び結晶間の接着剤として働くために硬化して元の状態にもどる。

なお、混和剤として使用したシラスマイクロバルーンは火山灰（シラス）を加熱発泡させた微細な中空球体であるが、これを混合した材料は多孔質になり、ナイフなどでも容易に切削でき、しかも材料の軽量化、収縮防止に役立つので作業性が向上する。



結晶の空隙を埋める合成樹脂（透過部分）

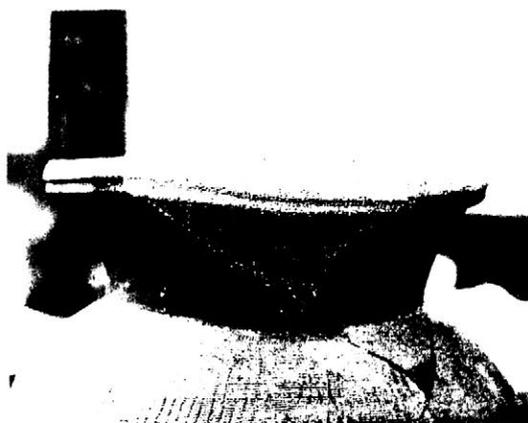
合成樹脂（EVA）は結晶間の接着力向上と加熱による柔軟化に寄与する。

5. 新しい補修材料の効果

- (1) 無機材料を主体としており、十分な強度と耐久性が期待できる。
- (2) 修復材料と混和剤、水の混合比率によって、強度や質感を調整できる。
- (3) 土器を汚すことなく、簡単に充填でき、石膏のような彩色の斑がない。
- (4) 合成樹脂（EVA）の効果により、硬化後も必要に応じて除去することができる。



補填作業（粘土のような堅さで使用）



作業終了（表面は削り仕上げ）

— 註 —

今津節生1984：新材料による出土土器の補修 『古文化財の科学』 第29号

第 三 部

公 開 講 演

文化財の繊維素材と染料の分析からシルクロードを探る試みについて

(京都工芸繊維大学名誉教授) 佐藤昌憲

各種の繊維品が、シルクロードを経由する重要な交易品の一つであったことは歴史的に明らかである。繊維素材として絹は中国或いは北部インドに起源し、シルクロードを経て西方に伝搬し、また東方にも伝わり、さらに日本まで到達した。一方、羊毛は西方に起源し、シルクロードを経て東方に将来され、日本にも伝えられた。シルクロードを経由することにより、当時の先進国の高度技術による絹製品や羊毛製品が極東の日本に文化財として今日に遺される結果となった。

日本に於ける絹文化財の研究に関しては、繊維素材の品質、織物の製作技術等について、すでに先人の豊富な研究成果がある。例えば布目順郎(1)は光学顕微鏡を使用して絹繊維の断面計測、織り密度の測定を広範囲の時代別、地域別試料について行い体系的な知見を得た。その結果、弥生絹の殆どが日本製であると推定すると共に「弥生前期末および中期前半の繊維が華中的性格を多分に保有し、中期中葉のそれが楽浪の性格を、また中期後半および後期のそれが華中と楽浪の両方の性格を混有することがわかった。」として、日本への絹(あるいは養蚕技術)の伝搬経路について述べている(図1)。

演者は共同研究者と共に約十年以上も前から、各種の機器分析的方法による文化財繊維品の材質や、染料の同定に関する研究を続けている。一般に文化財的価値が高い試料は採取量に厳しい制約がある上、繊維品は他の文化財に比べて経年変化や劣化を起こしやすいので研究は困難である。また分析方法に関しても可能ならば非破壊分析法が望ましい。

試料採取量の微少化に関しては顕微赤外分析法の進歩により数百 μm^2 程度の試料で明瞭なスペクトルが得られ、繊維材質の同定が正確に行えるようになった。例えば演者らが調査中の藤ノ木古墳出土の絹繊維の同定、劣化状況の考察等に極めて有効である。

また繊維の微細形態の詳細な観察に関しては走査電子顕微鏡による研究が進み、各種試料の比較も容易になってきた。例えば、演者らが行った正倉院所蔵の繊維品材質調査(2)において花氈に使用された羊毛の品質が極めて優れており、現代のカシミア系山羊のものに匹敵する程であることが明らかになった(表1)。花氈はシルクロードを経由して西域から運ばれてきたものであろうが、当時羊毛を採取した動物の品種や製作地の推定等に関しては今後さらに比較検討が必要である。周知のとおり、花氈には鮮やかな色彩の文様があるが、その作成技法や染料分析もまた解明の有力な手がかりになる。

天然染料の分析には高速液体クロマトグラフィーによる成分の分離と、質量分析法による分子の同定が必要である。例えば、エジプトのアコリス遺跡出土の繊維品(3)に使用された茜は、その共存成分組成から西洋茜であることが判明したので、西域或いは中近東から繊維素材が運ばれてきた後、現地で染織されたものと考えられる。

演者らの研究はまだ個別的試料について成果が得られた段階であり、シルクロードの全体像解明には至っていないが、各種の機器分析法の使用による総合的な知見の収集が有効であると思われる。

参考文献

- 1) 布目順郎「絹と布の考古学」雄山閣
- 2) 佐藤昌憲、小西 孝、川口 浩、切畑 健、橋本甫之、「正倉院年報第十六号、”正倉院の繊維材質調査報告”」p.1-26 (平成6年)
- 3) M.SATO, R.YAMAOKA & N.SHIBAYAMA, "AKORIS", VI Chemical Studies, 2. Identification of Dyestuffs, p.391-418 (1995) Koyo Shobo, Kyoto



図1 (布目(1)による)

表1 花氈に使用された羊毛 (文献(2)の抜粋)

宝物名称	走査電子顕微鏡による観察所見
花氈 第十三号	全部カシミア系の古品種の山羊の毛と思われるが、黄色、薄茶色の毛はウールだけでなくヘアーが多数混在している。緑色、藍色の毛はウールで占められ前者よりも良質の毛の混合物と思われる。
花氈 第十五号	黄色の毛はヘアーが混在しているが藍色の毛は良質なウールのみであり、カシミア系の古品種の山羊の毛である。
花氈 第十六号	藍色の毛の方が太さが不揃いなのに対し、黄色は良質のウールであり、カシミア系の古品種の山羊の毛である。
花氈 第十七号	藍色の毛は太さが不揃いであるが、他の毛は良質のカシミア系の古品種の山羊の毛である。

シリア・パルミラ遺跡の発掘調査

奈良県立橿原考古学研究所
所 長 樋 口 隆 康

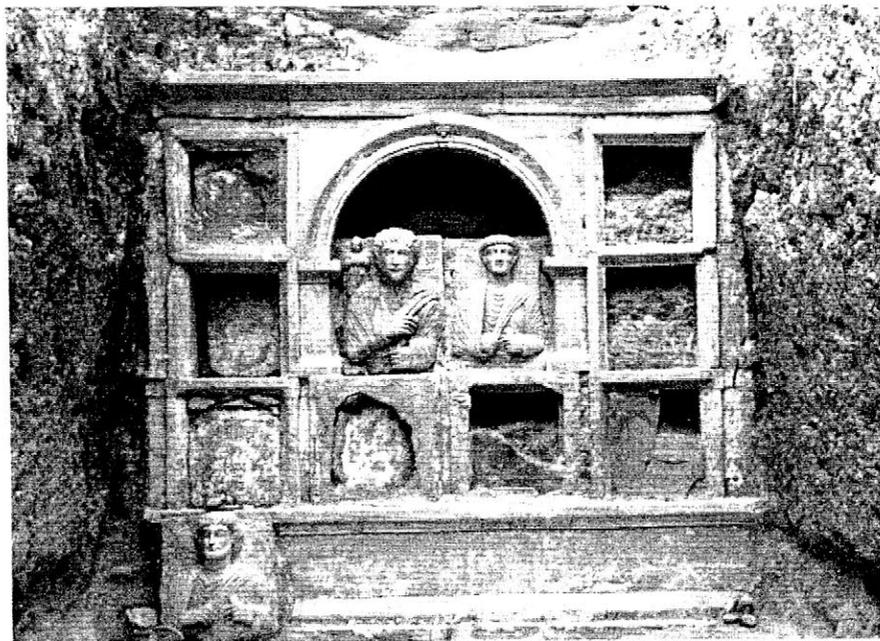
シルクロード学研究センターは1990年以來、シリアのパルミラ遺跡で地下墓の発掘を実施している。パルミラの都市の東南郊の墓地で、先ずジオレーダーを使って未盗掘の墓を検出し、それを発掘して、2基の地下墓を発見した。いずれも地表には何の標識もないが地面から斜めに階段で下って行く墓道があり、地表から深さ4～5mの所から、水平に墓室を設けている。墓室の入口には1枚石の扉があり、墓室は主軸に沿って前後の両室に分かれており、縦長方形のプランにヴォールト天井の構造である。前室の両側には側室があるが、C号墓では西側室のみであり、F号墓は未調査である。C号墓では奥壁に石灰岩の切石でつくった槲棚があり、その中に4列4段の棺が入っており、棺の正面小口に被葬者の胸像の石浮彫が置かれている。前室の西側にも槲棚1列4段が設けられ、西側室には石棺1個があった。また床面からも小児墓穴が2～3個あった。F号墓は墓室が両側に列柱で飾られた宮殿の様相を呈しており、奥壁と前室両側に3個の石棺が置かれていて、それには多数の胸像が附属していた。出土の碑銘によると、C号墓は紀元109年にイアルハイが造ったもので、F号墓は紀元128年に建造されたことが解っている。なおF号墓の細部は次年度に調査の予定である。



ニケのいる半円形彫像



地下墓



C号墓 奥壁槨棚

日本文化財科学会第12回大会研究発表要旨集

発行日 1995年6月17日

編集者 日本文化財科学会第12回大会委員会

委員長 樋口隆康

委員 今津節生 肥塚隆保 酒井龍一
沢田正昭 成瀬正和 長友恒人
西山要一 前園実知雄 増澤文武
山本忠尚

事務局 奈良県立橿原考古学研究所 保存科学研究室 気付
〒634 奈良県橿原市畝傍町1番地
TEL 07442-4-1101 (内線271)
FAX 07442-4-6747