第二部

ポスターセッション

P 1

鹿児島県隼人町，宮坂貝塚の炭素14年代

奥野　充（福岡大学理学部），三原正三（九州大学大学院比較社会文化学府），重久淳一（隼人町教育委員会），成尾英仁（鹿児島県立博物館），小池裕子（九州大学大学院比較社会文化研究院），中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）

M. Okuno, S. Mihara, J. Shigehisa, H. Naruo, H. Koike and T. Nakamura: Radiocarbon datings of Miyasaka Shellmound in Hayato town, Kagoshima Prefecture

1．はじめに　宮坂貝塚は，鹿児島県姶良郡隼人町の標高約 30 m の台地の西端に位置し（図1），縄文時代の5つの貝ブロック（第1～5号ブロック）と歴史時代の第6号ブロックが認められる（図2）。貝ブロックからは，ハマグリを主とした貝殻や獣骨と共に，轟A式や苦浜式などの縄文土器も出土することから，縄文早期の貝塚と考えられ（隼人町教育委員会，2000）。鹿児島県内ではこの時期の貝塚がきわめて少ないこと，早期の終末の土器編年について諸説があることから，その年代決定は重要である。そこで演者らは，加速器質量分析（AMS）法を用いて，獣骨（2点）や貝（1点）の炭素14年代を測定した。今回はその結果を報告し，宮坂貝塚の年代とその意義を議論する。

2．宮坂貝塚の層序　この地点の地層は，1～12層に区分される（隼人町教育委員会，2000）。第3層に茶～黒茶色バブルウォール型火山ガラスを多量に含む層が認められ，下位に風化した火山豆石を一部伴う。これらは鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）に由来するものと考えられる。縄文時代の貝ブロックは，どれも第3層より下位にある（図2）。ただし，この貝塚は斜面上にあるため，地層の堆積状況はあまり良好でない。ここでの K-Ah は2次堆積した可能性が高く，年代推定にはあまり適していない。

3．試料調製および測定　獣骨試料は，Stafford *et al.*（1988）にもとづきコラーゲンを抽出した。まず，デンタルドリルなどで試料表面を削り，蒸留水で超音波洗浄した。次に0.1NのNaOHでアルカリ可溶成分を除去し，蒸留水での洗浄，凍結乾燥の後に粉砕し，0.1NのHClでの脱灰，蒸留水での洗浄，凍結乾燥してコラーゲンを得た。コラーゲンの炭素・窒素含有量および$\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$は，九州大学のANCA-mass（Europa Scientific 社製）により測定した（表1）。コラーゲンを酸化銅と共にバイコール管に真空封管し，850℃に加熱して生じた気体を真空ラインを用いて精製してCO_2を得た。一方，貝試料は，0.1NのHClにより50wt％以上を溶解・除去した後，粉砕した。これを真空ライン中で燐酸分解してCO_2を得た。これらのCO_2から水素還元法（Kitagawa *et al.*, 1993）によりグラファイト・ターゲットを作製し，名古屋大学の加速器質量分析計を用いて^{14}C年代を測定した（表1）。

4．考察　獣骨のコラーゲンは，炭素／窒素などから測定に適したものと判断できる。獣骨と貝で^{14}C年代に差が認められるが（表1），海水のリザーバー効果を考慮し，貝の年代値から400年引くとほぼ一致する。すなわち，宮坂貝塚の年代は，6600～6800 yr BP と考えられ，K-Ahとの層位関係とも調和的である。ただし，これらの形成期間は明らかでない。

苦浜式土器は，南九州の各地で出土しているが，特に南種子町横峯C遺跡では K-Ah 直下から出土している（南種子町教育委員会，1993）。苦浜式土器については，① 縄文時代早期中葉のものでこれから貝殻文塞ノ神式につながる，② 縄文時代早期末葉で貝殻文塞ノ神式から派生したとする２つの説がある。今回の結果は後者の考えを支持する。ただし，苦浜式土器の位置づけは，K-Ahの人類への影響を考える上できわめて重要であり，土器形式学やテフロクロノロジーのデータも集積して，さらに検討する必要がある。

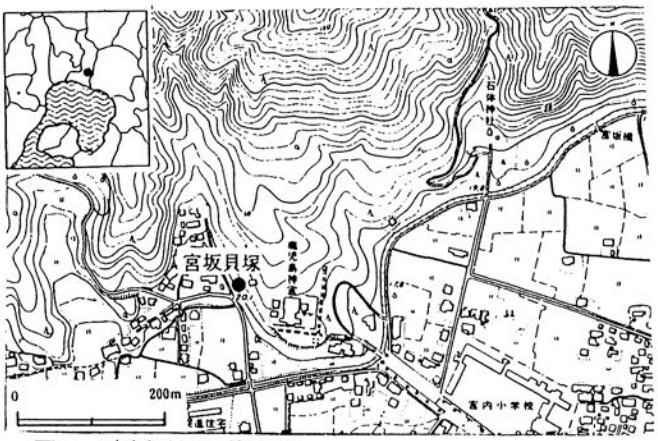


図１　宮坂貝塚の位置図

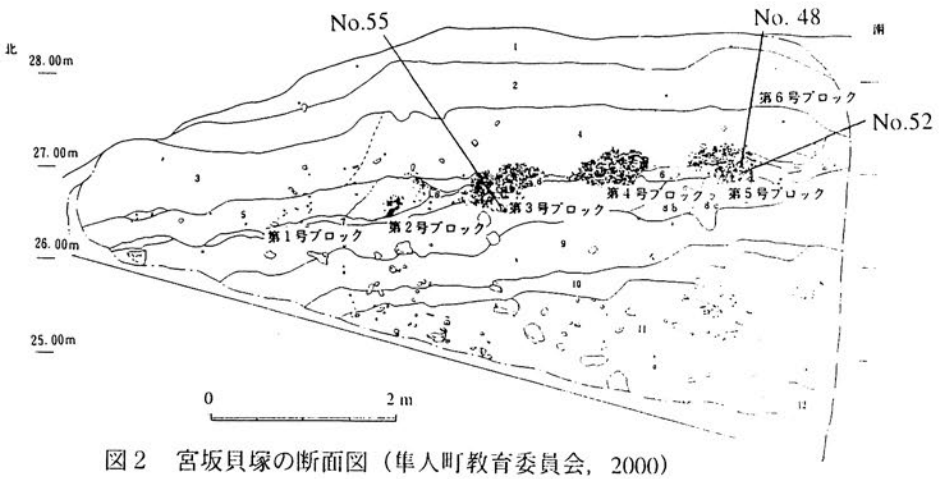


図２　宮坂貝塚の断面図（隼人町教育委員会，2000）

表１　宮坂貝塚の測定結果

遺物番号	試　料	炭素／窒素	$\delta^{13}C$ (‰)	$\delta^{15}N$ (‰)	^{14}C年代 (yr BP)
48	獣骨（シカの脚）	2.9	-24.4	3.0	6610±140
55	獣骨（シカの肩胛骨）	2.9	-22.4	3.6	6810±150
52	貝殻（ハマグリ）	－	1.5	－	7030±25

P 2

福井県三方町埋没ｽｷﾞ材、古年輪試料の ^{14}C 年代測定 II
(Wiggle-matching 法による検証)

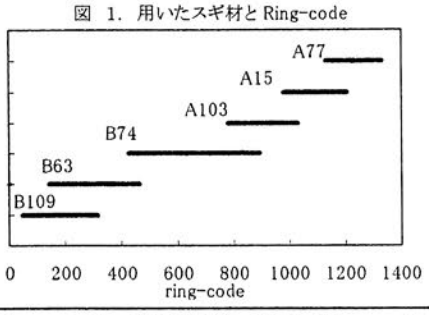
○ 柴田せつ子、川野瑛子(大阪府立大学放射線総合科学研究センター)
木村勝彦(福島大学教育学部)

我々は年輪年代法により相対的な生育年代(ring-code)を決定した6本の埋没ｽｷﾞ材を 20 年幅の年輪試料、約 90 個に分割して ^{14}C 年代測定を行った。日本文化財科学会第 13 回大会(1)においてそれらが Stuiver らの ^{14}C 年代-暦年代補正ｶｰﾌﾞ Calib-93 と良い相関を持つことを報告したが、現状ではこれらの浮遊した年輪ﾊﾟﾀｰﾝﾃﾞｰﾀの検証はできていない。

年輪年代学研究が盛んな欧米では標準の年輪ﾊﾟﾀｰﾝ(master-curve)が確立されており互いにｸﾛｽﾁｪｯｸが可能である。日本でも最近の年輪年代学研究には目覚ましいものがあるが、残念ながら 3000 年を遡る標準の年輪ﾊﾟﾀｰﾝはまだ完成していない。

^{14}C 年代-暦年代補正および統計分析計算ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ、OXCAL(1995 年、C. B. Ramsey) (2) の D-SEQ 計算ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑは互いに既知の間隔(gap)で繋がる一連の試料(Sequence)を用いて、Wiggle-matching 法によりそれらの試料の生育年代を精度良く計算する方法である。本報告では D-SEQ 計算を用いてこれらｽｷﾞ材の ring-code を検証し、その生育年代をより正確に推定したいと考えた。各ｽｷﾞ材を単位とした年輪試料ｸﾞﾙｰﾌﾟ(Single-sequence)、および ring-code で繋がる全年輪試料ｸﾞﾙｰﾌﾟ(COR-sequence)について Wiggle-matching 計算を行った時、Ring-code に問題が無ければ Single-sequence、COR-sequence、両者の計算から得られる結果に矛盾はないと考えられる。

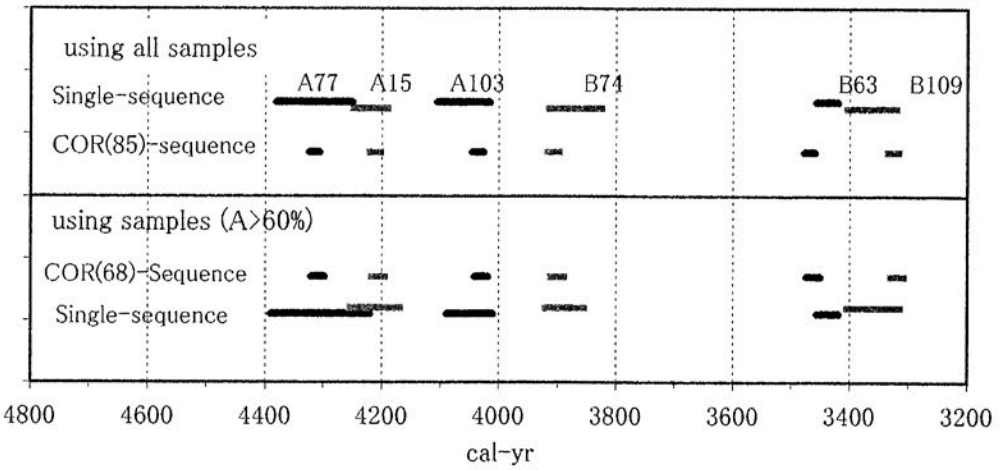
図 1. 用いたスギ材と Ring-code



^{14}C 測定にはメタノール-LSC 法を用いた(詳細は前報を参照)。図1に用いた6本のｽｷﾞ材を ring-code 順に並べる。Ring-code は出土した全ｽｷﾞ材の最若年を「ｾﾞﾛ」とした値である。D-SEQ 計算では Stuiver らの補正ｶｰﾌﾞに対する各試料ﾃﾞｰﾀの一致の程度を Agreement (A-value)、Sequence のｶｰﾌﾞに対する一致の程度を Overall-agreement (Overall-A)、その限界値を An として定義する。OXCAL では Calib-86、Calib-93、両補正ｶｰﾌﾞの使用が可能であり、両者を用いて計算した(第 13 回大会報告では Calib-93 を使用)。全試料を用いた場合、COR-sequence の Overall-A 値は非常に悪い。そのため不適当なﾃﾞｰﾀを排除して再計算した。排除対象は Single-sequence の計算で A-value が 60%以下のﾃﾞｰﾀとした。図2に全試料を用いた場合、A<60%のﾃﾞｰﾀを排除した場合の結果を示す。図中、太い棒は各ｽｷﾞ材最古年輪試料の生育年代推定値である。再計算の結果、Cal-86 使用では COR-sequence の Overall-A 値は 40.0%、Cal-93 使用では 30.1%と大いに改善された。また全試料を用いた計算で見られた Single-sequence と COR-sequence の若干の矛盾は再計算の結果ほぼ解消した。以上の結果から ^{14}C 年代測定法は測定誤差、その他の実験誤差を持つため、精度に限界はあるが、概ね ring-code に問題はないと結論した。

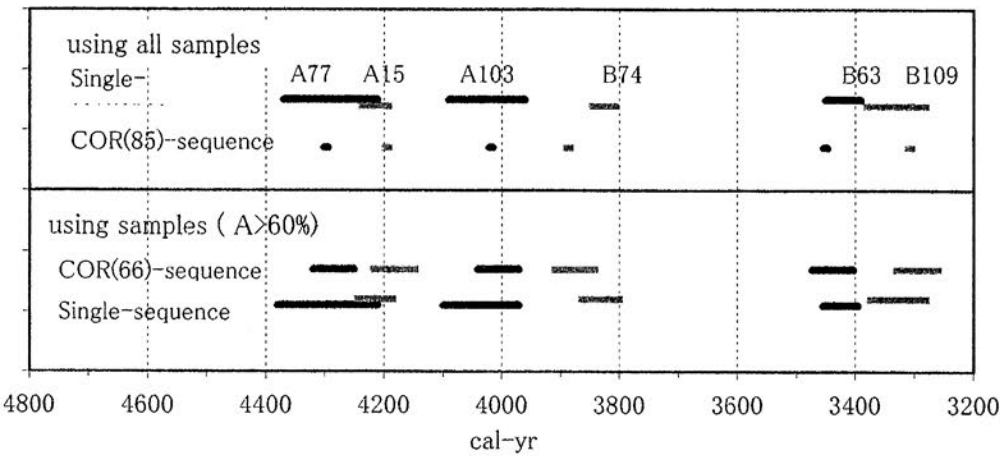
(1) 日本文化財科学会第 13 回大会要旨集 52-53 頁
(2) OXCAL v2.18 :Radiocarbon Calibration and Statistical Analysis Program. Internet より無料配布。

D-SEQ Results of Single-seq. & COR-seq. (3 σ); Cal-86
(Growing age of the oldest ring-sample of each cedar)



Overall-A of the sequences;
COR(85) 0.3%, A77(9) 17.6%, A15(12) 43.9% A103(11) 52.0%, B74(23) 9.3%, B63(16) 46.6%, and B109(14) 124.0%
COR(68) 40.0%, A77(7) 129.1%, A15(9) 135.1%, A103(9) 190.0%, B74(17) 139.5%, B63(13) 113.6%, and B109(13) 175.7%
Numerals in parenthesis: Number of data in sequence

D-SEQ Results of Single-Tree & COR (3 σ); Cal-93
(Growing age of the oldest ring-sample of each tree)



Overall-A of the sequences;
COR(85) 0.0%, A77(9) 13.3%, A15(12) 71.9% A103(11) 54.9%, B74(23) 4.5%, B63(16) 52.3%, and B109(14) 156.6%
COR(66) 30.1%, A77(6) 119.9%, A15(11) 120.6%, A103(9) 159.1%, B74(14) 126.2%, B63(13) 127.4%, and B109(13) 194.3%
Numerals in parenthesis: Number of data in sequence

P 3

加速器質量分析法による古文書および古経典の ^{14}C年代測定

○小田寛貴（名古屋大学年代測定総合研究センター），増田 孝（愛知文教大学），
吉沢康和（広島大学名誉教授），藤田恵子（産業技術大学），
中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター），
古川路明（四日市大学環境情報学部）

はじめに

文化財資料の ^{14}C年代測定，その原理は自然科学によって裏付けられたものでありながら，年代を測定するという行為の本質的目的は，資料が道具として歴史の中に現れた年代を探究するところにある．本研究の目的は，自然科学的に測定される ^{14}C年代と本来探究すべき歴史学的年代との関係を明らかにし，古文書の年代判定において ^{14}C年代測定法がもつ有効性とその適用限界とを提示するところにある．そこで，これまでにその書風・書写奥書・記述内容などから歴史学的な年代が明らかにされている古経典15点・古文書7点を試料として加速器質量分析計による ^{14}C年代測定を実施してきた．本報はその結果を報ずるものである．

実験

各古経典・古文書資料から数十 mg の紙片を分取し，化学処理によってこれらから α-セルロースを得た．この α-セルロースからグラファイトを調製し，タンデトロン加速器質量分析計での ^{14}C年代測定に供した．また，トリプルコレクター式気体用質量分析計によって δ^{13}C値を測定し，^{14}C年代の同位体分別効果の補正を行った．測定された ^{14}C年代を，Stuiver・Pearson の較正曲線に基づいて暦年代（以下，暦 ^{14}C年代と記載する）に換算した．

結果・考察

測定結果を図1に示した．歴史学的に求められている年代を図中に破線で示した．各試料について2～4回の再測定を行い，各測定値とその平均値を較正した結果を黒丸で示した．これらの結果を通覧するに，多くの資料についてその暦 ^{14}C年代と歴史学的年代とが一致している．これに対し，両年代の間に明確なずれを確認できる資料が四点あった．これらはいずれも修理のために文書・経典の裏側に張り付けられていた裏打ち紙，ないしは裏打ち紙を含む資料である．

暦 ^{14}C年代は文書料紙の原料となった植物の細胞が形成された年代を示すものであり，樹齢，および刈り取られてから和紙に加工され文字が書かれるまでの期間の分だけ，歴史学的年代との間にずれが生じるはずである．しかしながら，古文書本紙(No. 1～18)の暦 ^{14}C年代は，その歴史学的年代とよく一致しており，いわゆる“old wood effect”に起因する顕著なずれは確認できない．和紙は，楮・雁皮・三椏といった低灌木の白皮から生産される．しかし，古枝では製紙作業が困難なものとなる上に製品の質も低下することから，和紙原料とする枝は当年生，ないしは生えてから数年を経た程度のものに限られる．それゆえ和紙については，樹齢に起因する年代のずれは一～数年程度のものとなる．また楮紙の場合，長期間の保存をすると変質し，いわゆる「風邪をひく」現象をおこして使用に適さなくなるため，原則的には生産されてからほぼ一年以内に消費されると考えられる．古文書本紙についての実験結果はこのような料紙原料の特性から考えられる結果とも矛盾せず，古文書本紙は，“old wood effect”によるずれが小さく，歴史時代を対象とした ^{14}C年代測定にとって極めて適した資料であるということができる．

また，裏打ちによる修補は，古文書・古経典の伝来過程においてなされる行為であり，文書本文の作成年代をさかのぼることはない．それゆえ，経典本紙の歴史学的年代よりも新しい暦 ^{14}C年代を示す例がみられた(No. 19, 20)．しかし一方において，裏打ちに古紙が利用された可能性もあり，文書本紙より古い年代をもつ裏打ち紙も確認された(No. 21, 22)．裏打ち紙の ^{14}C年代測定は，その古文書の作成年代を探究するという目的の前には，有効な資料とはなり得ない．しかし，裏打ち紙の ^{14}C年代測定は，修補という行為自体の歴史学的探究に対して，何らかの情報を提供しうるものとなるのではなかろうか．同様の資料についての測定例を蓄積し，今後究明すべき研究課題の一つである．

(No.)	(史料名)	(歴史学的年代)
1	大般若経 魚養経	奈良時代
2	大般若経 巻426	奈良時代
3	大般若経 第31巻	保元三年(1158年)
4	平安末～鎌倉初期経典断簡	平安末～鎌倉初期
5	「十一面観音法」紙背書状	平安末～鎌倉初期
6	鎌倉初期紙背書状	鎌倉初期
7	鎌倉前期経典断簡	鎌倉前期
8	春日版	鎌倉前期
9	鎌倉前期和紙断簡	鎌倉前期
10	嘉禄版 大般若経	弘安八年(1285年)
11	右少弁吉田冬方奉御教書	文保二年(1318年)
12	南北朝期経典断簡	南北朝期
13	南北朝末期刊本断簡	南北朝末期
14	某(近衛兼嗣?)書状	永徳元年(1380年)
15	徳大寺実時書状	嘉慶二年(1388年)
16	沙門性恵願経	応永十七年(1410年)
17	徹岫宗九安名	弘治元年(1555年)
18	春林宗俶安名	永禄五年(1562年)
19	大般若経 魚養経 裏打ち紙	奈良時代
20	大般若経 魚養経 (裏打ち紙を伴う)	奈良時代
21	江戸時代経典 裏打ち紙	江戸時代
22	江戸時代経典 裏打ち紙を漉き返した和紙	江戸時代

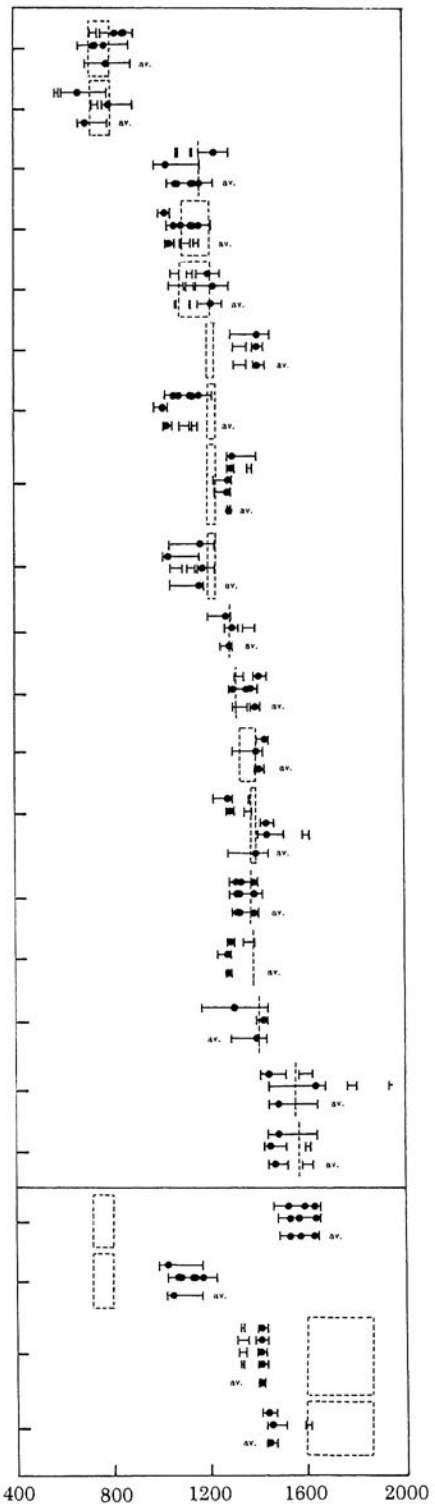


図1．古文書・古経典のAMS ^{14}C年代

P 4

古代漆の炭素14年代測定

○坂本　稔・永嶋　正春・今村　峯雄（国立歴史民俗博物館）

1.　はじめに

漆はウルシノキの樹液を原料とする。日本列島や朝鮮半島，中国大陸産の漆はウルシオールを主成分とし，空気中の適当な温湿度条件下で酵素（ラッカーゼ）のはたらきにより硬化する。硬化した漆は化学的に安定で，酸やアルカリ，有機溶媒などに侵されないことが知られている。この性質を生かして，東アジアでは古くから漆が様々な製品の表面を保護するための塗料として用いられてきた。日本列島では，漆を保存するために用いられたと思われる縄文土器も多数出土し，漆文化を検証する上での資料となっている。

漆はウルシノキの樹皮を傷つけて採取され，長期保存が難しくただちに硬化することから，その採取や使用についての限定的な時間情報を有していることが期待される。また化学的な耐久性は，硬化後の外部からの汚染物質の混入を防ぐ。ウルシオールは重量比で80%近い炭素を含み，炭素14年代を測定するには適当な資料と考えられる。ところが，塗膜状の漆資料から十分な試料量を確保することが難しく，年代測定はこれまでほとんど試みられていなかった。加速器質量分析計（AMS）による炭素14年代測定は，1mg前後の炭素量での測定を可能にし，近年高精度のデータも得られるようになってきた。本研究ではこの方法を漆資料に適用した。

2.　資料と測定

測定した資料は，縄文土器に付着，ないし土器内にあった漆片を7点，縄文時代の漆製品，および須恵器に付着した漆片各1点の計9点である。資料の一覧を，測定結果とともに表1に記した。

漆片数mgを採取し，純水内で超音波洗浄を行って表面の汚れを除いた。つづいて，炭素14年代測定試料の一般的な前処理法である酸－アルカリ－酸処理を行った。前処理の済んだ試料はBeta Analytic Inc.に依頼し，AMSによる炭素14年代測定を行った。

3.　結果と考察

測定結果を表1に示す。表にある炭素14年代（BP）とは，^{14}Cの半減期を5,568年として，^{14}C濃度から求めた年数をAD1950を起点に遡ったものである。実際の年代（暦年代）の算出には，修正曲線（INTCAL98）に基づいたベイズ統計による計算を行った。

漆資料の年代，考古学的な情報に基づく出土遺跡の推定年代とほぼ調和的である。埼玉県の後谷遺跡出土の縄文土器に付着した漆片は，縄文時代晩期とされる遺跡の推定年代に

表1：古代漆の炭素14年代測定結果

コード	試料	出土遺跡	炭素14年代 (BP)	暦年代 (68%信頼限界)
Beta-129838	縄文土器内の漆塊	天王山遺跡（静岡県） 縄文時代後期～晩期	3500±50	1880BC～1755BC
Beta-136904	縄文土器付着漆片	夫手遺跡（島根県） 縄文時代前期初頭	5910±30	4825BC～4745BC
Beta-138261	漆製品（首飾？）	大武遺跡（新潟県） 縄文時代前期前葉	5760±40	4670BC～4550BC
Beta-138262	縄文土器付着漆片	布施上原遺跡（群馬県） 縄文時代中期	4200±60	2860BC～2675BC
Beta-138263	縄文土器内の漆片	中山遺跡（秋田県） 縄文時代後期	2980±40	1285BC～1135BC
Beta-138264	縄文土器内の漆片	戸井貝塚（北海道） 縄文時代後期前葉	3080±40	1395BC～1285BC
Beta-138265	縄文土器付着漆片	是川中居遺跡（青森県） 縄文時代後期～晩期	2820±40	1020BC～920BC
Beta-138266	縄文土器付着漆片	後谷遺跡（埼玉県） 縄文時代晩期	3240±30	1565BC～1460BC
Beta-138267	須恵器付着漆片	陰田小犬田遺跡（鳥取県） 古墳時代	1410±40	AD605～AD655

比べ，やや古い年代を示している。これには，より古い層からの資料の混入なども考えられ，別資料による検討が必要と思われる。

島根県の夫手遺跡出土の縄文土器に付着した漆片は，日本列島で最も古い漆資料とみなされる。この遺跡からは別に木製の櫂が出土し，4点の炭素14年代が6030～5900±50BPと報告されている[1]。漆資料の年代値はこれらと調和的である。

4. おわりに

古代の漆には，ベンガラなどの顔料を除き，製造過程において意図的な混合物が加えられた例は少なく，炭素14年代の測定結果に与える影響は小さいと思われる。また漆を保存した縄文土器は道具として用いられたと推定され，ただちに硬化する漆の性質と相まって，流通などにより使用地から移動する可能性は低いと思われる。考古資料の絶対年代を検討する上で，漆は有用な資料になるものと考えられる。

資料を提供していただいた諸機関に感謝します。なお，本研究の一部は，文部省科学研究費補助金（No. 11780106）の支援を受けた。

1) 松江市教育委員会：*松江市文化財調査報告書*，81，113－118 (2000)。

P 5

縄文時代の高精度編年 III
― 実年代による編年表の試み ―

○今村峯雄（国立歴史民俗博物館）、辻誠一郎（同）、
春成秀爾（同）、西本豊弘（同）、坂本稔（同）

1．はじめに

近年、縄文文化に対する従来の考えが見直され、歴史的な環境・生態の変遷や、国際的な拡がりを視野に、その前後の時代も含めて時空的な拡がりの中で縄文時代を位置づけることが重要になっている。こうした観点から、われわれは、加速器質量分析を中心とする高精度の放射性炭素年代測定を行い、縄文時代およびそれに前後する時代を実年代を基準にきめ細かく編年することをめざし研究を進めつつある。

本報告では、従来出版されたデータも含めて、実年代をベースに編年表を作成し、縄文時代の編年を進めるうえでの今後の課題を提示したい。

2．実年代への変換法

炭素 14 年代を実年代に変換するには、二通りの方法がとられる。一つは炭素 14 年代を修正曲線（Calibration Curve）との交点から簡易的に求める方法である。これはよく用いられる方法であるが、厳密には正確ではない。もう一つは、OxCal で知られるようなベイズ統計の考え方を取り入れる方法で、実年代は確率分布として得られる。本報告ではすべてベイズ統計で解析した。

なお、炭素 14 年代の暦年代への修正のためのデータベースとして INTCAL98（Stuiver et al., 1998）を用いた。なお 12000 年～25000 年については Kitagawa & van der Plicht（1998）による福井県水月湖の年縞堆積物のデータベースを用いた。

3．遺跡関連年代について

第 16、17 大会において年代測定研究の結果を一部紹介している[1,2]。年代測定にあたっては、対象試料として、信頼性の高い遺物を選定した。この点から、遺構や遺物の構成材や付着物（土器付着炭化物や漆など）に着目し研究を進めた。また、遺物包含層の年代測定については、層序と遺物に関する記述、複数個の年代測定用試料を条件とし、得られた年代の整合性を検定した。貝や腐植土については現時点で高精度測定に不適であるとの考えから除外した。炭素 14 測定は Beta Analytic Inc.に依頼分析した。

以下これまで行った測定のおもなものを挙げる。なお漆試料を対象とするものについては、本大会で坂本らがとりあげて発表する[5]。なお実年代として掲げた数値は、ここでは目安を与えるために掲げたもので、それぞれの年代は分布を有している。ポスター発表では誤差の評価も含めて示す予定である。

［後期旧石器時代］

・北海道千歳市柏台 I 遺跡（微小炭化材）：約 23000～25000 cal BP。旧石器加工場遺跡。

・神奈川県相模原市田名向原遺跡（炭化材）：約 21000 cal BP。旧石器時代における定住集落の可能性。

［縄文草創・早期期］

・青森県蟹田町の大平山元 I 遺跡（炭化材）：15800 cal BP。

・青森県大矢沢遺跡（十和田火砕流による埋没材）：約 16000 年 cal BP.　日本最古の土器が報告された大平山元遺跡とほぼ同時代に相当。

・新潟県久保寺南遺跡および卯ノ木木南両遺跡（土器付着炭化物）：連続的な一連の土器型式に対応、約 14500～13000cal BP。

［縄文前・中期］

・青森県三内丸山遺跡（遺物包含層炭化物等）：5900cal BP～4200cal BP[1、2]。十和田火山噴出物の十和田-中せりテフラ（炭化物）：約 5850～5950cal BP（青森県教育庁との共同研究）。縄文前期の円筒下層 a 式土器が多数の地点で約 5800 年前と測定され、十和田-中せりの上位であるという層序と矛盾しない。

・千葉県栗山川流域遺跡群（長さ 7m 強、幅 0.65m の大型の丸木船最外部）：約 5800cal BP.

・長野県更埴市屋代遺跡群（焼失縦穴住居の構造材)/五領ケ台 II：5300 cal BP、加曽利 E：4650-4850 cal BP。

［縄文後期］

・北海道函館市石倉貝塚（微量な炭化材片): 約 4100～4200cal BP.

・北海道礼文島船泊遺跡（炭化木材): 1640～1850cal BP。

［縄文晩期・弥生時代］

・大阪池上曽根遺跡（大型建物の柱根#12）：60±20cal BP（ウィグルマッチング法による）[4]。

・南国市田村遺跡群（焼失家屋材と炭化植物）：暫定的な年代として約 30～200cal BP。高知県埋蔵文化財センターとの共同。

・鳥取県妻木晩田遺跡（焼失家屋材）：暫定的な年代として約 AD150～250cal BP。鳥取県教育庁との共同。

・その他愛媛県居徳遺跡（木製クワ柄)、千葉県荒海川遺跡（木炭）など

4. 実年代に基づく編年表の試み

北川（1995）は、1993 年に発表された Stuiver らの修正曲線を使って、縄文の時代区分を地域別に試論的にまとめている。北川論文ではその根拠となる個々のデータについては触れられていない。ここでは、最近の報告書等で発表されているデータのほか、キーリーら（1994）の集計データ等、ベータ法に基づくデータもできるだけ取り上げ、実年代で提示したい。

謝辞：試料等で協力を頂いた各機関に謝意を表します。

文献等

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

2）Kitagawa, H. and van der Plicht ：A 40000-year Varve Chronology from Lake Suigetsu, Japan: Extension of the 14C Calibration Curve, *Radiocarbon* 、 40 (1998)505.

3）辻誠一郎ほか：縄文時代の高精度編年をめざして、第 15 回大会要旨集（1998)88.

4）今村峯雄ほか：縄文時代の高精度編年をめざして II -層序を利用した年代の精密化ー、第 16 回大会要旨集（1999)78.

5）坂本稔、永嶋正春、今村峯雄：古代漆の炭素 14 年代測定、本大会ポスター発表.

6）北川弘之：縄文年代区分再考-覆される考古学の常識-、梅原猛・安田喜憲編「縄文文明の発見」、PHP出版（1995)110.

7）キーリーC.T.ほか：縄文時代の年代、加藤晋平ほか編「縄文文化の研究」1、雄山閣、（1994)246.

P 6

山梨県瑜伽寺塑像の制作年代について

○鈴木　稔(帝京大学山梨文化財研究所)
河西　学(帝京大学山梨文化財研究所)
吉田邦夫(東京大学)

緒　言　山梨県八代町瑜伽(ゆがじ)寺は霊亀元(715)年に薬師如来霊像を得たとの寺伝を持つ古刹である。像は江戸時代初期までに損壊したらしく,「今筐中ニ秘ス」と『甲斐国志』に記されている。同寺には元禄3(1690)年銘の木箱が伝えられており,ここから1943年に比較的大きな塑像片24点が東京国立博物館に移され,現在は,100点余りの塑土の小破片および粉末が残る。1998年,同寺蔵木造如来形坐像附塑像残欠として山梨県により文化財に一括指定されたが,指定に先立つ調査時に同寺より小破片等数点を研究資料として戴くことができた。そこで,①真に塑像破片であるかの検討および制作技法の解明,②薄片法による塑土産地の推定,③AMS法による制作年代推定,を試み結果がまとまったので報告する。

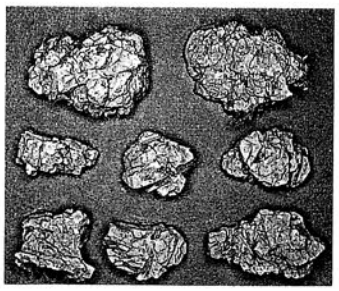
制作技法　試料はスサ入荒土,中塗土,仕上土,藁縄の4種で,実体顕微鏡観察の結果,荒土に混ぜられたスサは藁および籾殻を主体としたものであるのに対し,中塗土には長繊維の「紙スサ」が加わり,仕上土では「紙スサ」の間に土が混ざる観を呈し,さらに表面に黒色塗料と金色物質が残存しているのが見られた。この部分を樹脂包埋して表面に対する角90度と150度で切断研磨し,断面を低真空SEMおよびEDXで調べたところ,約5μm厚,金銀比約17:3(wt)の金箔であることが分かった。塗料の化学分析は未実施だが漆と考えている。数層(下層が黒色)塗り重ねられ,厚さは不均一である。これらの結果を先行研究と考え合わせ,本試料は天平期塑像に近い技法で作られたもので,壁土等の混入等ではないと結論づけた。

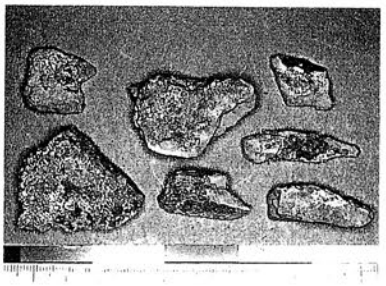
塑土の分析　試料をエポキシ樹脂に包埋し,薄片を作製し偏光顕微鏡下で観察した。塑土は粘土・シルトサイズの泥からなり,砂粒子はあまり多くない。荒土部では植物繊維がランダムな方向に多く含まれる。 砂粒子は,花崗岩類と石英•斜長石•カリ長石•黒雲母•普通角閃石などから構成される。これは、塑土原料が同寺の立地する花崗岩類分布地域から得られた可能性を示すものである。

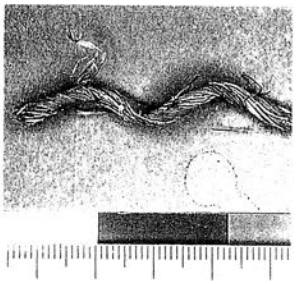
年代の推定　2点の塑土片から抜き取った藁スサと藁縄1点を試料としてAMS法による年代測定を行ない下記の炭素14年代値を得た。較正年代値についても検討を行った。

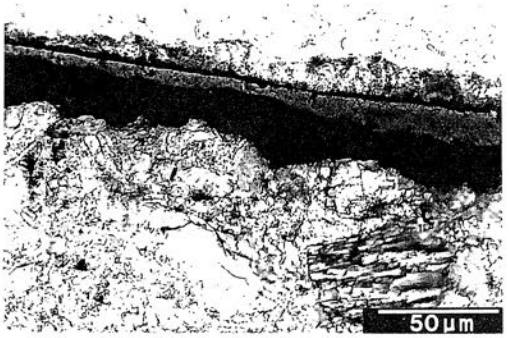
スサ① **Tka-11787　1330 ± 80 yr BP,**　スサ② **Tka-11809　1290 ± 80 yr BP,**
藁　縄 **Tka-11798　1310 ± 70 yr BP**

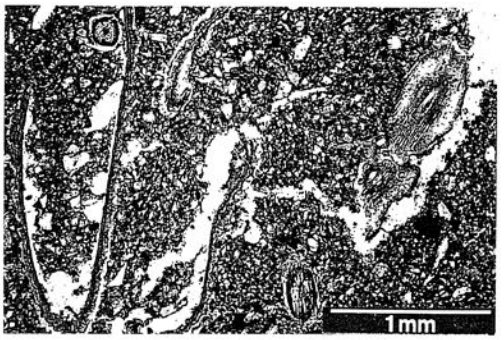
まとめ　瑜伽寺に長く保管されてきた塑土片の調査から同寺には八世紀初頃に地元で制作された塑像が存在していた可能性が高まった。また,塑土中に埋め込まれたスサ等はAMS法による年代測定に好適な試料であることが判った。末尾ながら,瑜伽寺住職竹川円應氏,東京芸術大学辻賢三氏,稲葉政満氏に感謝申し上げます。

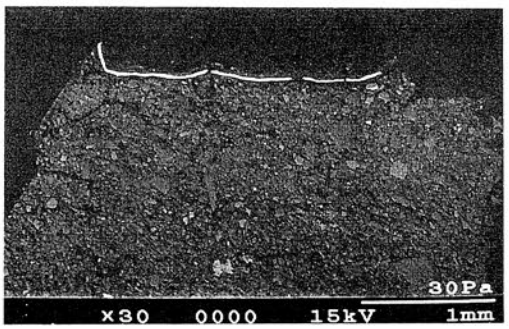


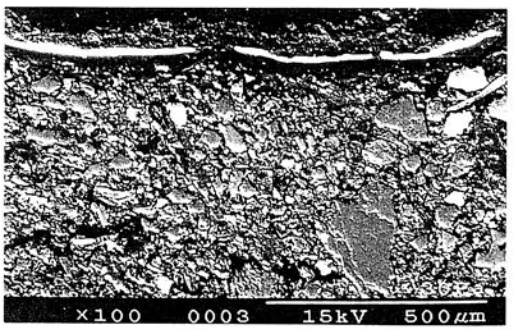


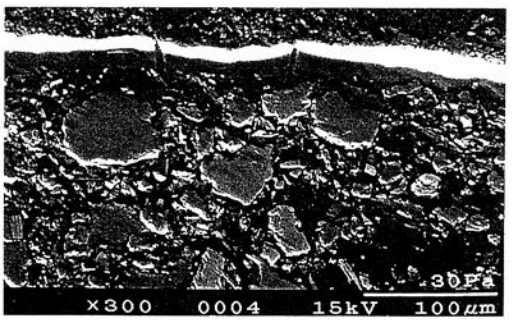


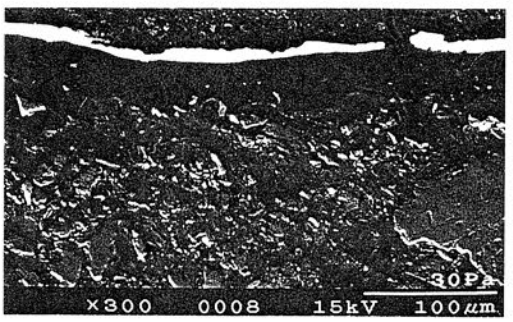


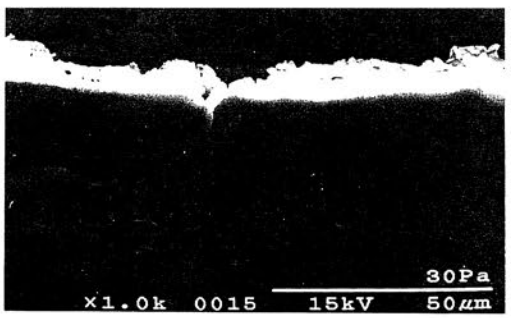












写真説明

スサ入荒土片約2/5倍	上塗土片約2/5倍	藁縄約3/4倍
薄片の光顕写真（塑土上に黒色漆層，透明漆層，金箔）	同左（植物繊維）	
漆箔斜断面の反射電子線像（白線は金箔）	同左（塑土と金箔）	
同上（金箔の亀裂）	同左（漆層のやや厚い部分）	
同上（金層の入込み部分）		

P 7

OSL（光ルミネッセンス）年代測定法の基礎的研究（4）

長友 恒人（奈良教育大）○下岡 順直（奈良教育大）
梶原 洋（東北福祉大）・藤村 新一（東北旧石器文化研究所）
鎌田 俊昭（東北旧石器文化研究所）・横山 裕平（東北旧石器文化研究所）

1．はじめに

OSL（光ルミネッセンス）年代測定法は、遺跡の文化層の年代を直接的に測定することが可能である理化学的年代測定法として注目されている。我々は、これまでにOSL特性に関する様々な予備実験を重ねてきた。その結果、「基礎的研究（3）」において具体的に、ロシア沿海州・ウスチノフカ遺跡の文化層のOSL年代を提示することができた。これによって、考古学において、OSL年代測定が有効な手段であることがあきらかになった。

しかし、測定試料が天然鉱物であるので、その成因や不純物によってタイムゼロイングや放射線量依存性などの物理的特性が試料ごとに異なる。従って測定にあたっては、試料鉱物のOSL特性を個々にチェックをする必要がある。

本発表では、OSL年代測定の測定条件を考えていく上で最も重要である(1) 太陽光によるタイムゼロイングと(2) OSL強度の放射線量依存性の確認に焦点をあてて、鉱物標準試料（石英・長石）を用いてこれらを観察した結果を報告する。

また、広島県と山口県の県境に位置する冠遺跡群の文化層から抽出した石英鉱物を用いて石英粗粒子法によるOSL測定をおこなったので、あわせて報告する。

2．鉱物標準試料による実験

2－1．実験の手順と測定

ブラジル産石英および曹長石を250μm以下まで粉砕し、フッ酸で表面のクリーニングを行い、その後、75μm～150μmに粒度を整え、電気炉において500℃で60分間アニールをした。この試料に図1の手順で、OSLのタイムゼロイングと放射線量依存性の実験を行った。

測定は、RISOのTL/OSL測定装置を用いてOSL測定を行った。この際の石英と長石の励起光源の波長は470nmと830nm、検出波長は250～400 nmである。また、石英と長石のプレヒート条件／試料台温度条件は、それぞれ120℃（10秒）／40℃、140℃（60秒）／60℃とした。

2－2．測定結果と考察

紙面の都合上、石英試料における結果のみを図に示す。図2～図5は、OSL強度の放射線量依存性を示したものである。露光またはアニールによって鉱物のルミネッセンス感度の変化が認められなかったのは、500℃で10分アニールによるもの（図5）である。なお、露光とアニールという条件の違いによる放射線量依存性をみると、低線量域において前者はサブリニア現象を起こし、後者はスプラリニア現象を起こしている。これは、OSL年代測定においてOSL強度の放射線量依存性チェックの重要性を示唆するものである。

図6と図7は、露光またはアニールによるOSL強度の減少とタイムゼロイングの確認についての結果である。図6をみると、露光またはアニールによってOSL強度は、約1パーセントまで減少しているのがわかる。また図7をみると、アニールによってTL強度とOSL強度のどちらもバックグランドレベルまで減少しているにもかかわらず、露光ではOSL強度は減少しているが残存TLが確認できる。つまり、露光によってOSLのタイムゼロイングはなされているとみてよいという結果が得られた。

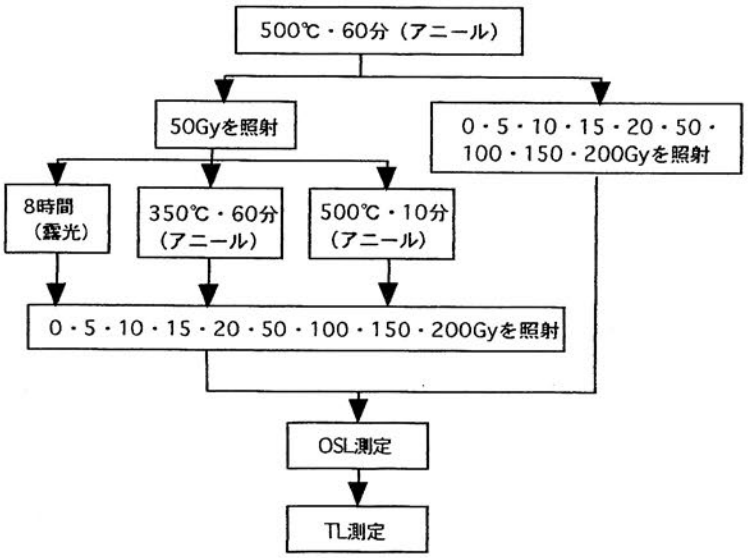


図1　アニールと露光実験のフローチャート

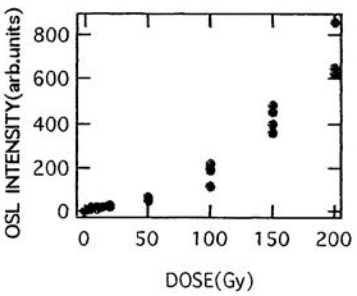


図2　500℃・60分(アニール)

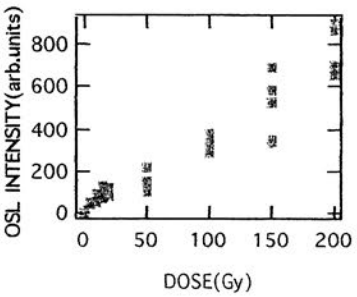


図3　8時間(露光)

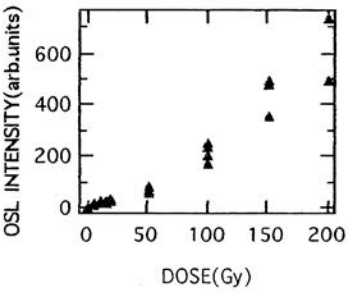


図4　350℃・60分(アニール)

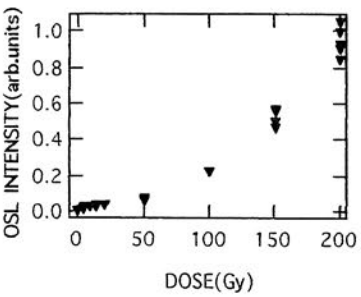


図5　500℃・10分(アニール)

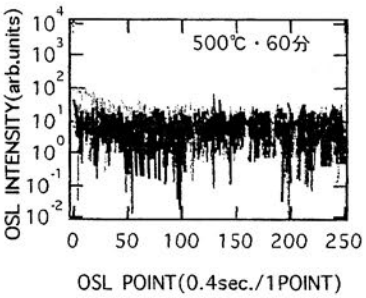


図6　アニールと露光後のBLSL

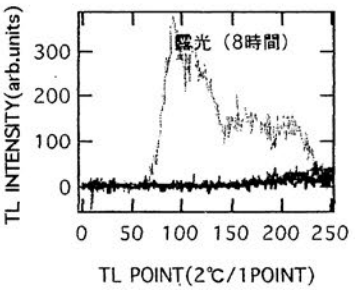


図7　アニールと露光後のTL

P 8

弥生時代中期の乾燥環境を示す生物相：濃尾平野一色青海遺跡を例として

○鬼頭　剛（愛知県埋蔵文化財センター）・森　勇一（愛知県立明和高等学校）・堀木真美子（愛知県埋蔵文化財センター）・尾崎和美（同）

はじめに

弥生時代中～後期は階級社会が生まれて原都市が形成されたとされ、邪馬台国の出現など考古学的に論争のつきない時代である。一方で、その時代の人間圏を支えた古環境についての情報は未だ少ないのが現状である。今回、愛知県の弥生時代中期の遺跡を例として生物および古環境情報について提示する。一色青海遺跡は濃尾平野中央部の稲沢市に位置する弥生時代中期の沖積低地遺跡であり、竪穴住居や方形周溝墓などが検出される集落遺跡である。本遺跡において昆虫および珪藻化石試料を採取した。

一色青海遺跡における古環境変遷

調査区で実施した深掘層序断面の堆積相と珪藻分析（図1）では、縄文時代晩期を示す堆積物から汽水泥質干潟指標種群（小杉，1988）である *Diploneis smithii* が多産し、かつ、高潮位高度指標種（Sato *et al.*, 1996）の *Melosira sp. -n* が見られることから、調査地点は潮位の影響を被る上限付近の下部デルタ平原（Coleman and Prior, 1982）であった（第3図）。3360 ± 90 ～ 2870 ± 70 yrs BP に上部デルタ平原となる。2870 ± 70 yrs BP 頃（標高約 -0.6m）を境にしてデルタ平原から河川環境へ堆積システムが変化し、遺跡では Miall（1985）の河川堆積物構造要素の LA（Lateral-accretion macroform）にあたる河道跡が多く確認される。2060 ± 70 yrs BP には離水したポイントバー上に弥生時代中期の遺構が形成される。中世になると氾濫原堆積物に覆われる。遺跡の堆積環境は縄文時代晩期から中世にかけて、下部デルタ平原→上部デルタ平原→蛇行河川→氾濫原へと変化するデルタの海側への前進（プログラデーション）と蛇行河川堆積システムにより形成された（図2）。

弥生時代中期の乾燥環境を示す生物相

弥生時代中期の試料から346点の昆虫化石が認められる。陸生の食植性昆虫が242点と非常に多く産出し、食糞性昆虫14点を含む地表性歩行虫が56点出現した（図3）。食植性昆虫ではコガネムシ *Mimela splendens* が最も多く

図1　一色青海遺跡における深掘層序断面の珪藻群集組成

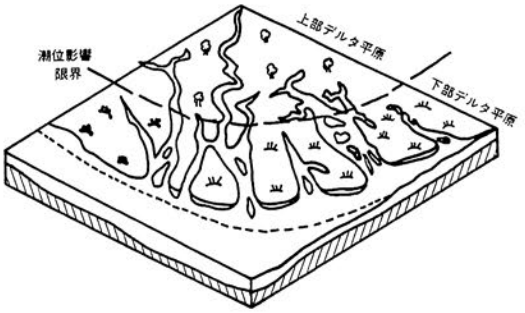


図2　一色青海遺跡の古環境模式図

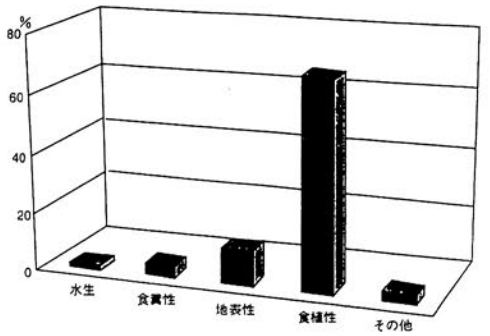


図3　一色青海遺跡における弥生時代中期の昆虫組成

114点と優占し、ヒメコガネ *Anomala rufocuprea* が44点、サクラコガネ属 *Anomala* sp. が74点、マメコガネ *Popillia japonica* の10点などが続く。地表性歩行虫ではセアカヒラタゴミムシ *Dolichus halensis*、セアカオサムシ *Hemicarabus tuberculosus*、アキタクロナガオサムシ *Apotomopterus porrecticollis*、スジアオゴミムシ *Haplochlaenius costiger*、アオゴミムシ属 *Chlaenius* sp. などが確認される。水生昆虫は全く検出されなかった。珪藻化石では、土坑堆積物から採取した試料からは29属64種（2変種を含む）が出現し、底生種が25～65%と多産する。好酸性・底生種の *Pinnularia gibba* や好止水性・底生種の *Stauroneis phoenicenteron* とともに好アルカリ性・底生種の *Hantzschia amphioxys* や真止水性・底生種の *Pinnularia subcapitata* が出現する。深掘層序断面の弥生時代中期の遺物包含層を示す層準からは真止水性・底生種の *Pinnularia subcapitata* が15%、好アルカリ性・底生種の *Hantzschia amphioxys* が10%と高率で出現する。また、同層準ではウシクサ族ススキ属の植物珪酸体が46%を占める。

一色青海遺跡の弥生時代中期の堆積物から食植性昆虫が多産し、コガネムシ *Mimela splendens* やヒメコガネ *Anomala rufocuprea* が優占した。陸生の食植性昆虫の多産は、愛知県内の大毛沖遺跡・同大毛沖遺跡・三重県六大A遺跡・宮城県中田南遺跡などの中世から江戸時代にかけての遺跡では報告されているものの（森, 1997a）、これまで弥生時代中期の遺跡からは報告がなかった。また、ヒメコガネ *Anomala rufocuprea* は台地や扇状地上などに多く発生し、沖積低地では比較的少ない種である（桑山, 1953）。乾燥化の進んだ環境を好む種ともいえる。一色青海遺跡で確認される食植性昆虫の多産は、時代や環境からも産出が予想されなかった種群である。一方、珪藻化石分析では底生種の *Hantzschia amphioxys* や *Pinnularia subcapitata* の出現率が高かった。これらは陸上のコケや土壌表面といった、珪藻の生息には適さない好気的環境に対しても耐性のある種群であり、陸生珪藻と呼ばれるものである（伊藤・堀内, 1991）。

一色青海遺跡の弥生時代中期の遺物包含層や土坑堆積物から得られる、地表性歩行虫を伴う陸生の食植性昆虫の多産と水生昆虫がまったく産出されない事実、好気的環境に耐性のある陸生珪藻の出現率の高さ、乾陸地を好むウシクサ族ススキ属の植物珪酸体の多産は、乾燥化した古環境を示すものである。

弥生時代中期の乾燥環境と遺跡の消長

一色青海遺跡では、2870±70 yrs BP頃にデルタ平原から河川へ堆積システムが変化した。淡水生珪藻種群のみからなる河川環境を表す層準は標高-0.6mであり、縄文時代晩期において若干の相対的海水準低下があったものと思われる。このような海水準の低下は、愛知県内の朝日遺跡でも報告されている（海津, 1992）。相対的海水準の低下は気候の寒冷化もその要因のひとつである。弥生時代中期の乾燥化を示す生物相の増加は、寒冷環境に置かれていたことを示す。

相対的海水準の低下によって、陸上の堆積物はより海側へ前進する。一色青海遺跡におけるデルタ平原の海側への前進は、その結果である。それは、陸側において離水した地表面の面積の増大を促すであろう。また、昆虫・珪藻といった個体サイズの小さな生物は、環境変化に鋭敏に反応し適応する。県内で最も臨海部に近い一色青海遺跡において乾燥環境を指標する生物が多産する結果は、弥生時代中期にはすでに臨海部でも乾陸地が広がっていたことを示すものである。

愛知県内において発掘調査が行なわれた弥生時代の遺跡は、弥生時代中期になると遺跡数が急激に増加する（東海埋蔵文化財研究会, 1990）。考古学的には、弥生時代中期において、都市的な拠点集落から農村的な周辺集落への分散化傾向が強まったためと捉えられている。対して、この現象を地球科学的に捉えれば、弥生時代中期の寒冷化により、乾燥環境を示す生物相の増大と乾陸地面積の拡大が生じ、人間の利用できる土地面積が急激に増大したためと結論できる。

P 9

木製品の樹種同定のいくつかの例と木材利用

金原正明（天理大学附属天理参考館）、○山本智加（古環境研究所）、金原明（環境考古研究所）

木製品の樹種同定は、多量になることもあり遺跡から出土する木製品すべての同定を行うことは少ない。いくつかの遺跡において、遺跡の用材の全容がわかる樹種同定を行う機会を得た。

1．福岡県、上鑵子遺跡（弥生時代中期）

木製品は板材や棒材などの部材を主に杓子などで構成される。弥生時代は基本的に広葉樹材利用であり、西南日本ではコナラ属アカガシ亜属材いわゆるカシ材が多用される。本遺跡においても大半がカシ材である。他にクスノキやツバキのような照葉樹林の主要要素が用いられている。針葉樹材はやや少ないがマキ属（ナギ、イヌマキ）やマツ属複維管束亜属（ニヨウマツ類）が用いられる。マキ属材は杓子や板材に用いられ、北部九州弥生時代の特徴的な用材である。

2．静岡県、山の花遺跡（古墳時代前期）

ヒノキ材が大半を占める西南日本では古墳時代以降はヒノキ材の集中利用が行われ、当遺跡も同様である。建築材や加工材を中心にスギやサワラ、マキ属が使われる特徴をもつ。広葉樹では農耕具を中心にカシ（コナラ属アカガシ亜属）が用いられる。モモは木錘に特徴的に用いられる。

3．三重県、六大A遺跡（古墳時代中期）

ヒノキ材を主に用いられるが、スギ、マキ属が多く、サワラ、アスナロも比較的多い。特に建築材ではマキ属、スギ、サワラ、アスナロや広葉樹が多くなる。広葉樹材では、カシ材が多く、ヤブツバキ、サカキ、シイ、クスノキの照葉樹材もやや多く、クリなどもやや多い傾向にある。

以上、遺跡の全容のわかる樹種同定の結果を提示した。北部九州の弥生時代では、従来よりカシを主とする照葉樹材の利用が考えられていたが、マキ属（ナギ、イヌマキ）やマツ属複維管束亜属（ニヨウマツ類）の針葉樹材も用いられる。古

カヤ	3
イヌガヤ	2
マキ属	26
モミ属	6
クロマツ	2
マツ属複維管束亜属	18
スギ	8
ヒノキ	2
針葉樹	2
ヤマモモ	2
ハンノキ属ハンノキ節	2
クリ	11
スダジイ	4
ツブラジイ	5
シイ属	12
コナラ属クヌギ節	10
コナラ属コナラ節	1
コナラ属アカガシ亜属	175
ニレ科	1
ケヤキ	1
エノキ属	1
ヤマグワ	4
クスノキ	30
タブノキ	4
ヤブニッケイ	3
シロダモ	9
クスノキ科	6
ヤブツバキ	20
サカキ	16
ヒサカキ	9
イスノキ	13
ヤマザクラ	3
サクラ属	1
キハダ	4
センダン	3
ユズリハ属	2
モチノキ属	1
ムクロジ	3
アワブキ属	5
シャシャンボ	1
ニワトコ	1
ガマズミ属	1
クロモジ属	2
環孔材	1
散孔材	5
樹皮	2
不明	5
合計	448

上鐘子遺跡(弥生時代中期)

カヤ	4
イヌガヤ	3
マキ属	10
イヌマキ	1
モミ属	26
クロマツ	1
スギ	58
コウヤマキ	3
ヒノキ	372
ヒノキ属	1
ヒノキ科	4
サワラ	38
ビャクシン属	1
針葉樹	2
ヤナギ属	1
カバノキ属	16
ハンノキ属ハンノキ節	1
クリ	11
シイ属	7
スダジイ	4
ツブラジイ	5
コナラ属コナラ節	1
コナラ属アカガシ亜属	54
アカガシ	3
ニレ科	1
ケヤキ	4
ムクノキ	5
エノキ	1
エノキ属	5
ヤマグワ	9
ニワトコ	1
クスノキ	1
クスノキ科	1
サクラ属	4
モモ	28
カエデ属	5
アカメガシワ	1
モチノキ属	1
カナメモチ	1
ヤブツバキ	1
ナツツバキ属	2
サカキ	12
ヒサカキ	5
ウツギ属	1
タイミンタチバナ	1
ハイノキ属	1
トネリコ属	1
散孔材	2
タケ亜科（マダケ属）	5
樹皮	2
ヒョウタン類果皮	3
マンネンタケ	3
モミサルノコシカケ	1
未鑑定	2
合計	737

山の花遺跡（古墳時代前期）

イチイ	1
カヤ	8
イヌガヤ	14
イヌガヤ属	1
マキ属	107
モミ属	39
トウヒ属-カラマツ	1
アカマツ	7
クロマツ	10
マツ属複維管束亜属	5
ツガ	1
スギ	295
コウヤマキ	50
ヒノキ	413
ヒノキ属	33
ヒノキ科	57
サワラ	58
アスナロ	30
針葉樹	8
クリ	26
スダジイ	21
ツブラジイ	24
シイ属	23
コナラ属クヌギ節	15
コナラ属コナラ節	27
コナラ属アカガシ亜属	193
ブナ	1
ブナ科	1
ケヤキ	6
ムクノキ	4
エノキ属	1
ヤマグワ	5
シキミ	1
モクレン属	1
クスノキ	16
タブノキ	2
ヤブニッケイ	1
クスノキ科	6
ツゲ	1
ヤブツバキ	26
サカキ	24
ヒサカキ属	11
ウツギ属	2
モモ	1
サクラ属	9
モチノキ属	1
ムクロジ	5
タイミンタチバナ	2
シャシャンボ	2
エゴノキ属	1
スノキ属	2
タケ亜科	2
環孔材	4
散孔材	10
広葉樹	5
樹皮	4
草本	2
合計	1626

六大A遺跡(古墳時代中期)

マキ属	8
モミ属	6
スギ	15
コウヤマキ	1
ヒノキ	145
ヒノキ科	3
サワラ	22
ビャクシン属	1
カバノキ属	3
シイ属	1
ツブラジイ	3
コナラ属アカガシ亜属	1
ケヤキ	2
ムクノキ	2
ニワトコ	1
サクラ属	2
サカキ	1
ヒサカキ	2
ハイノキ属	1
合計	220

山の花遺跡、加工材

イチイ	1
カヤ	2
イヌガヤ	1
マキ属	78
モミ属	10
トウヒ属-カラマツ	1
アカマツ	3
クロマツ	3
マツ属複維管束亜属	2
ツガ	1
スギ	28
コウヤマキ	7
ヒノキ	27
ヒノキ科	11
サワラ	7
アスナロ	6
針葉樹	5
クリ	17
スダジイ	13
ツブラジイ	14
シイ属	12
コナラ属クヌギ節	2
コナラ属コナラ節	10
コナラ属アカガシ亜属	9
ケヤキ	1
ムクノキ	1
ヤマグワ	3
モクレン属	1
クスノキ科	2
ヤブツバキ	4
サカキ	10
ヒサカキ属	6
サクラ属	1
モチノキ属	1
ムクロジ	1
タイミンタチバナ	1
スノキ属	1
散孔材	3
広葉樹	1
合計	307

六大A遺跡、建築部材

墳時代以降の東海地方は、ヒノキ材の集中利用の地域とされているが、スギ、マキ属、サワラ、アスナロが比較的よく使われ、近畿地方中央部とは異なる木材利用の特徴を示す。今後、各遺跡で木材利用の全容がわかり得るように、木製品全体における樹種同定の調査が必要である。また、樹種同定を簡便に行うための埋蔵文化財調査機関と自然科学分析機関との連携も必要である。

P10

古環境復元の総合化のいくつかの例の過程

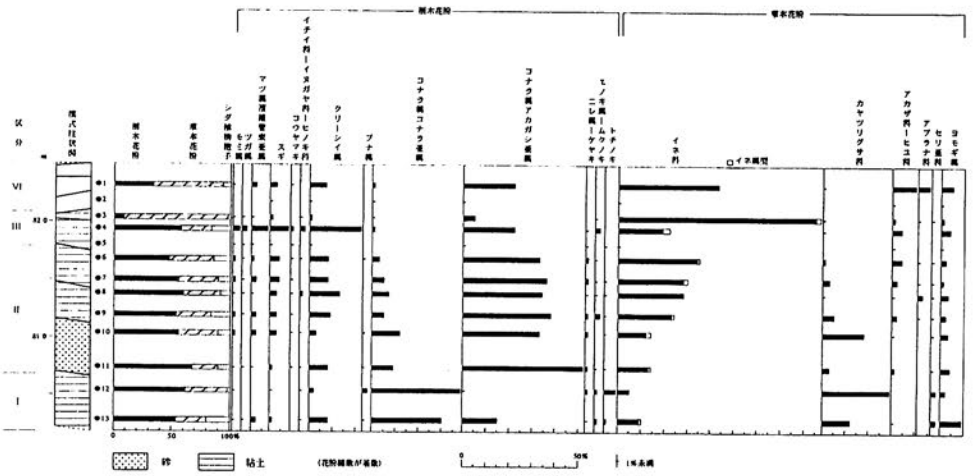
○金原正明（天理大学附属天理参考館）　金原正子（古環境研究所）

古環境復元は、花粉分析や珪藻分析などの分析に基づいて行われるが、各分析の特徴や堆積域の性格などを解析に加味することによって、より詳細な復元を行うことが可能になる。

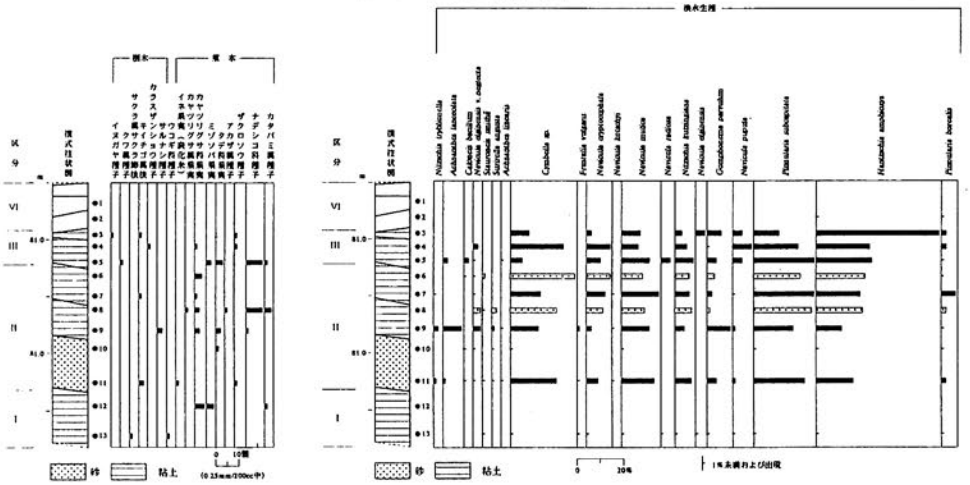
花粉分析結果は通常漠然として範囲の植生を表すように解釈されがちであるが、濠などの遺構で止水性の高い場合などは現地性の高いデータとして読みとれる。奈良県奈良市の杉山古墳の周濠は古墳時代中期に築造された後奈良時代にかけて湿地化し陸化していく。当初ジュンサイの花粉と種子が検出され、ジュンサイの繁茂する水域を呈していた。奈良時代にかけては湿地化し、墳丘側はスギを主にモチノキ属の花粉が検出され、中央ではハンノキ属が多く、外側ではマツ属複維管束亜属が多い。墳丘はスギとモチノキ属に遷移し、濠の中央部はハンノキの湿地林が分布し、外堤側はマツが分布する。奈良県南部の谷間に突き出た尾根ないし丘陵上に位置する中世の小規模な居館である居伝館跡では、環濠の北部分、東部分、南部分、環濠の内側部と外側部でデータがことなる。このことから、居館ないし周囲の比較的狭い範囲の植生とその変遷が復元される。居館にはヨモギ属やクワ科－イラクサ科（生態上からカラムシが考えられる。）の乾燥を好む草本が生育し、濠にはガマ属－ミクリ属などの水生植物が生育し滞水していた。北側からカラムシが増加し、ウコギ科（生態上からタラノキが考えられる）の低木へと遷移し、居館の廃絶と伴に二次林化が行われる。マツ属複維管束亜属、コナラ属コナラ亜属、クリが増加し、高木の二次林へと遷移する。

纒向遺跡の４世紀代の溝では、花粉分析、種実同定分析、珪藻分析、寄生虫卵分析を行った。下部でコナラ属コナラ亜属が多く、コナラ属アカガシ亜属の優勢へと移り変わりイネ科を主とする草本が多くなる。種実では水生植物と乾燥を好む人里植物が検出される。珪藻分析では上部に向かって陸生珪藻が増加し、湿った土壌の環境が多くなり、溝があまり滞水しなくなる。寄生虫卵は上部に向かって増加し、湿地化と伴に浄化作用もなくなる。

他にも花粉分析で河内平野の鬼虎川遺跡や池島福万寺遺跡の弥生時代後期から増加するシイ属や石川県能都町真脇遺跡で多いクリは、風媒花植物であり、近接した生育が考えられる。

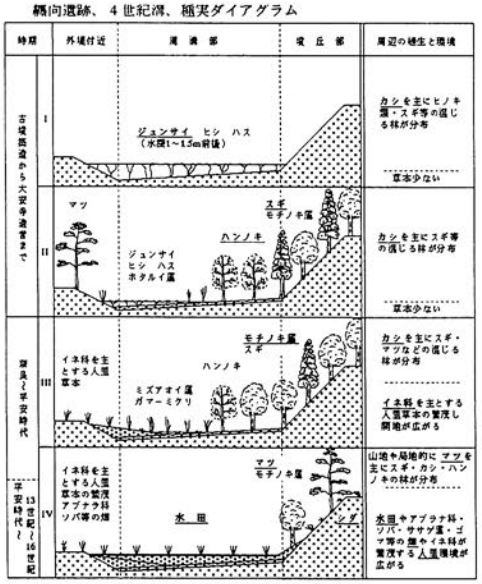


纒向遺跡、4世紀溝、花粉ダイアグラム



纒向遺跡、4世紀溝、種実ダイアグラム

纒向遺跡、4世紀溝、主要珪藻ダイアグラム



杉山古墳における植生・環境の模式変遷図

時期	推定される植生と環境の変遷					
15世紀	マツ、コナラ・クヌギの二次林	イネ科 カヤツリグサ科 イネ属型			耕地化	各時期とも周辺でソバを主とする畑が営まれる
				〔水田〕		
	マツ、コナラ・クヌギ、クリの二次林		ウコギ科(タラノキ)	イネ科 カヤツリグサ科 ガマ属~ミクリ属 〔溜水〕	二次林化	
					居館の廃絶?	
14世紀	マツ、コナラ・クヌギの二次林		カラムシ(クワ科~イラクサ科)		乾燥したところや斜面にはヨモギ属とイラクサが生育し、湿地は溜水してヨシなどのイネ科やガマ属やミクリ属などの水生植物が繁茂する	
	(マツ属複維管束亜属、コナラ属コナラ亜属)	ヨモギ属		イネ科 ガマ属~ミクリ属 〔溜水〕		
13世紀					居館の放棄	

居伝館跡(中世)における主要植生と環境の変遷

P11

真脇遺跡の環境変遷と食生活の分析復元

金原正明（天理大学附属天理参考館）　高田秀樹（能都町教育委員会）
金原正子（古環境研究所）　○岡山邦子（古環境研究所）

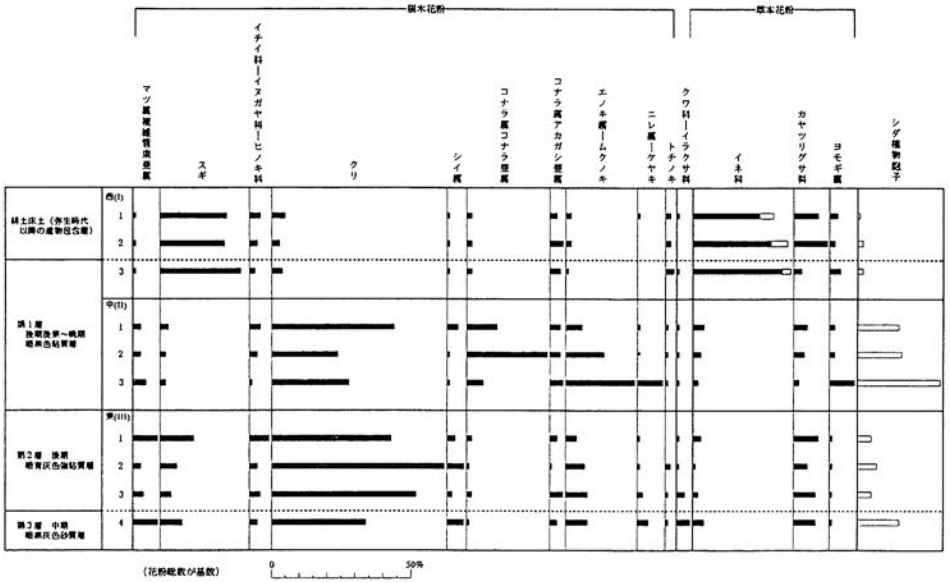
石川県能都町、真脇遺跡では史跡整備に伴い、総合的な分析を行い、環境変遷や食生活の復元を行いつつある。平成10、11年度調査では縄文時代中期ないし後期まで学術調査が進行した。

調査区の花粉分析からは、中期にすでにクリ林が遺跡周辺に成立し分布する。これらは縄文人の主要食物になったと考えられる。後晩期にはエノキ属－ムクノキやコナラ属コナラ亜属の森林もやや多くなる。居住区はクリ林の中にあったと考えられる。珪藻分析からは、中期頃まで内湾に隣接し、後晩期には海がやや後退している。

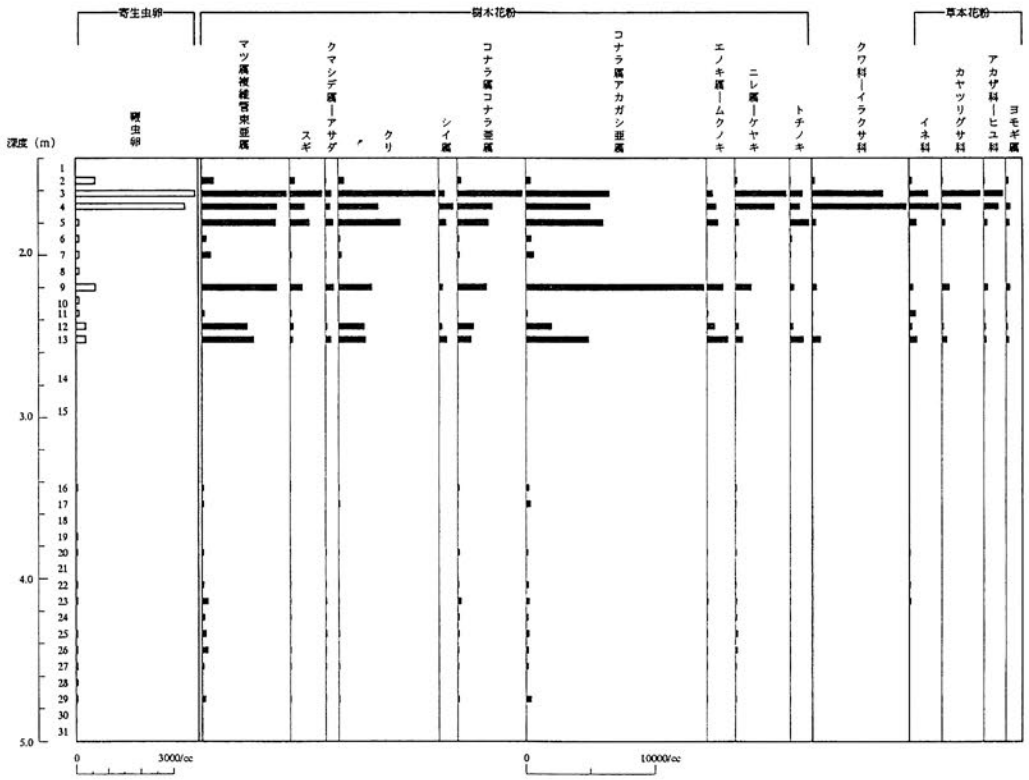
ボーリング試料からは、マツ属複維管束亜属やコナラ属アカガシ亜属も多く、マツ林とカシ林が遺跡の古真脇湾周辺に比較的多く分布していた。マツ林は生態上から沿岸林を形成するクロマツ林が考えられる。カシ林の存在は、比較的温暖であったことを示唆する。ボーリング試料にはトチノキがやや多く調査区には出現せず、沢筋のトチノキが反映されたと考えられる。ボーリング試料からは、鞭虫卵が検出され、下部の海成層では密度が低いが、上部の陸成層では密度が高く、集中して人が定住していたと推定される。

以上から、真脇遺跡は中期まで海に隣接し、クリ林に囲まれていたと考えられる。周辺には、マツ林、カシ林が分布していた。後晩期になると、エノキ属－ムクノキやナラ林がやや多くなる。トチノキは遺跡地ではなく、周辺の沢筋に生育していたとみられる。

寄生虫の鞭虫卵の検出から、集中して定住していたとみなされる。これらを支えた食糧はクリやトチノキの堅果類が考えられ、集落はクリ林と混生しているような状態であったと言っても過言ではない。寄生虫卵分析には淡水魚起源の寄生虫卵は検出されていない。なお、海産の魚類から感染する寄生虫はほとんどない。回の分析にはあらわれないが、以前の調査で出土しているイルカなどの海獣類や海産魚類が主要タンパク源であったと推定される。真脇遺跡では食糧源となる豊かな森林が分布し、タンパク源も豊富であり、定住をしていた可能性が極めて高いと考えられる。



真脇遺跡　平成10年度調査における主要花粉ダイアグラム



真脇遺跡　Ｃ２上部における寄生虫卵、主要花粉の出現密度

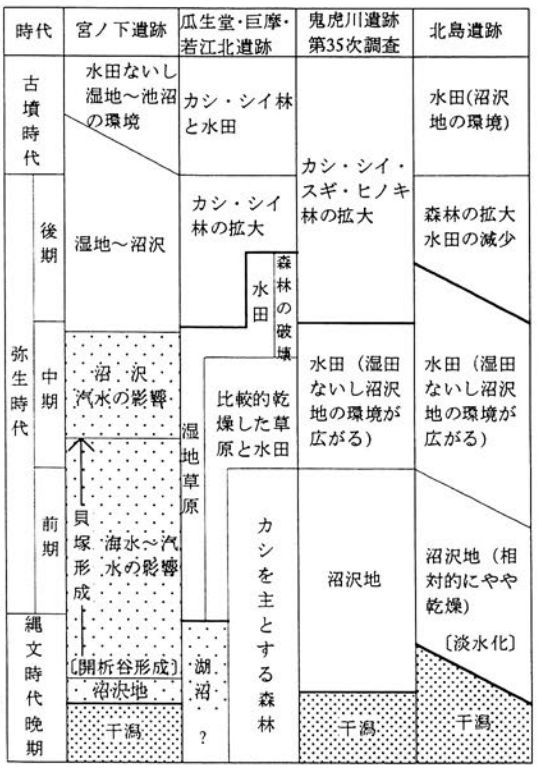
P 12

河内平野（湾）の植生史と古環境変遷の復元

金原正明（天理大学附属天理参考館）　福永信雄（東大阪市教育委員会）
金原正子（古環境研究所）　○桑名志保（同）

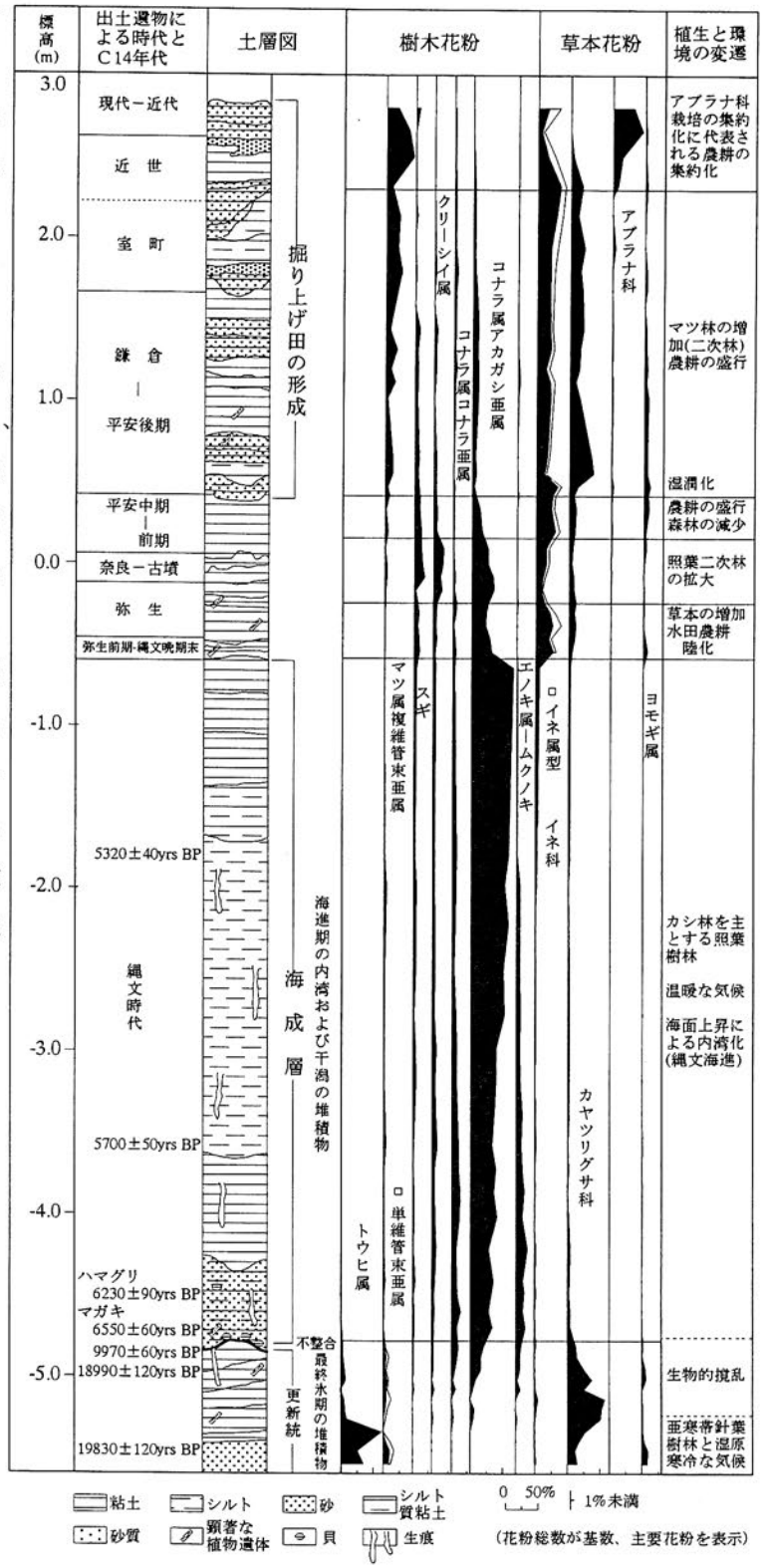
近年、河内平野（湾）では、連続してデータの得られる遺跡の調査の機会を得た。鬼虎川遺跡や池島・福万寺の調査では河内平野の下部に縄文時代の海成層が発達し、古河内湾の周辺にはカシ林が成立し分布する。縄文時代晩期後半に急速に陸化し沼沢地化し沼沢地植物ないし水生植物が分布する湿性草原になる。イネ科やカヤツリグサ科の水生植物が主体をなす。樹木はヤナギ属が疎に分布し、水田が営まれだす。弥生時代中期は氾濫が頻繁に行われ堆積が促進し、水田の盛行する時期でもある。弥生時代後期ないし古墳時代から平安時代までは氾濫があまり行われず堆積が停滞する。伴って水田がやや衰退し、沼沢地とアラカシやシイの照葉二次林が成立しやや拡大する。河内平野の遺跡では、瓜生堂遺跡や鬼虎川遺跡、北島遺跡などで森林の拡大が認められる。平安時代後期ないし中世以降は再び河川の氾濫が活発化し、湿潤化し沼沢地の環境が拡大する。伴って、水田や畑の耕地が拡大し、集約性も高くなる。森林は著しく減少する。湿潤化するのに耕地が拡大し集約性が高くなるため、農耕技術の変革を考えねばならない。畑作物としてはソバ属花粉が検出される。中世から近世にかけてマツの二次林が成立する。近世の中頃になるとアブラナ科花粉が多産し、アブラナなどの集約的な畑作が行われる。商用作物の集約的な栽培がおこなわれたとみられる。

これらの変化の中で注目されるのは、氾濫と水田稲作の関係であり、氾濫の著しい弥生時代中期には水田が盛行し、弥生時代後期ないし古墳時代から平安時代の氾濫が行われず、堆積の停滞す



河内平野の遺跡における古環境変遷

る時期は水田が停滞するか作柄が悪くなっている。平安時代の後期から中世の再び氾濫が活発化する時期は、水田や畑も拡大し集約性が高くなる。農耕の消長は氾濫と大きく関連し、氾濫が行われず堆積が停滞すると、水田や畑の老朽化が行われ、連作障害などもあらわれ、作柄が悪くなると考えられる中世以降は老朽化や連作障害を防止する施肥や深耕などの技術が確立されたと想定される。



河内平野鬼虎川遺跡(第35次調査)からみた植生、環境の変遷

P13

古墳時代の放牧跡における高精度植生復原

－植物珪酸体分析による20cmメッシュ精度の植生解析－

能登 健（財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団）・○杉山 真二（古環境研究所）

1．はじめに

群馬県子持村の白井遺跡群は、利根川右岸の河岸段丘上にあり、榛名山二ツ岳形成期の降下軽石（Hr-FP，６世紀中頃）直下から畠跡などが検出されている。遺構検出面には馬の蹄跡が無数に残されており、畠の休耕中に馬が放牧されたことが想定されている（能登・麻生，1993）。また、馬の蹄跡の中に初夏に出産期が限定される幼馬のものがあることや、周辺の遺跡で陸苗代が検出されている（能登ほか，1989）ことなどから、軽石の降下季節は初夏と考えられている。

本研究では、休閑放牧中の植生を詳細に復原することを目的として、遺構検出面から高密度に採取された試料について植物珪酸体分析を行った。

2．試料と方法

調査対象は、吹屋犬子塚遺跡Ⅲ区２面（Hr-FP直下）の南北10m、東西４mの範囲である。ここに20cmメッシュを設定し、その交点について軽石直下（約１mm深程度）の土壌を慎重に採取した。分析試料数は、計918点である。

植物珪酸体の抽出と定量は、プラント・オパール定量分析法（藤原，1976）により約20μm以上の粒子について行った。おもな分類群については、植物珪酸体密度（個/g）に土壌の仮比重と各植物の換算係数をかけて、植物体生産量（kg/m²·cm）を推定した。イネ（赤米）の換算係数は2.94、ヒエ属（ヒエ）は8.40、ススキ属（ススキ）は1.24である（杉山，2000）。

3．結果と考察

分析の結果、Hr-FP直下の遺構検出面からは、イネ科25分類群、樹木３分類群が検出された。このうち、イネ、ムギ類、ヒエ属、ススキ属の分布状況を図１に示す。

ススキ属の分布状況を見ると、直径60～80cm程度の集中部分が調査区の各所に認められた。この集中部分は、検出面の黒色の高まり部分と一致しており、ススキ属の株跡を示していると考えられている（古環境研究所，1997）。また、株跡の大きさやススキ属の推定生産量から、畠の休閑期間は数年にわたっていたと推定される。

ヒエ属には栽培種のヒエの他にイヌビエなどの野生種が含まれるが、現時点ではこれらを識別するのは困難である（杉山ほか，1988）。ヒエ属の分布を見ると、ススキ属と同様の集中部分が調査区北側を中心とした各所に認められた。このことから、ヒエ属は畠で栽培されていたものではなく、放牧地に部分的に群生していたものと考えられる。

イネは、おもに調査区北側の道の部分に集中して分布しており、とくに道の西側に集中部分が認められた。この集中部分におけるイネの密度は最大5,900個/gと高い値であり、稲作跡の検証や探査を行う場合の判断基準としている5,000個/gを上回っているが、その他の部分ではおお

むね1,000個/g前後と低い値である。また、イネの集中部分では馬の蹄跡が多数確認された。これらのことから、道の部分で集中して検出されたイネは、馬糞に由来すると考えられる。

群馬県子持村の黒井峯遺跡では、Hr-FP直下から出土した飼い葉桶とみられる遺構内からイネの植物珪酸体が多量に検出され、イネ藁が飼料として利用されていたことが推察されている（杉山・石井，1989）。今回の結果は、これを補強するものとして注目される。馬が飼い葉で飼育されていたと考えられることから、古墳時代の遺跡周辺では馬が組織的・計画的に飼育されていたと推定される。

4．まとめ

古墳時代の放牧跡の検出面において、平面的に高密度の植物珪酸体分析を行った。その結果、ススキ属やヒエ属、イネなどの分布状況が詳細にとらえられ、馬の蹄痕や遺構との関係が明らかとなった。今後、集落域などにおいて同様の手法を適用することで、遺跡周辺の植生や環境が空間的に詳細に把握されるものと期待される。

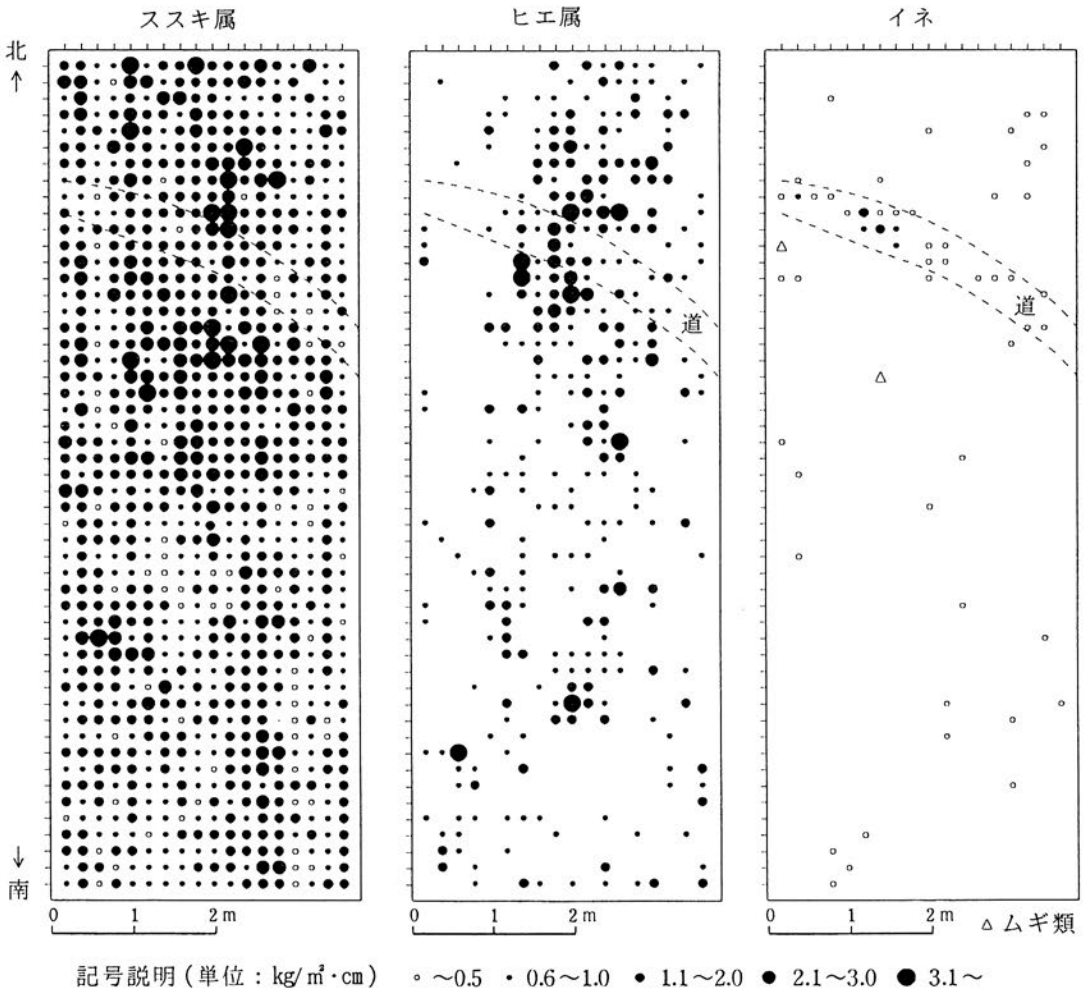


図１　吹屋犬子塚遺跡Ⅲ区２面（Hr-FP直下）におけるおもな植物の分布状況

P 14

植物珪酸体化石による古植生復原と縄文海進期の海岸線移動

江口誠一（千葉県立中央博物館）

本研究は，従来のボーリング調査などによる1地点の古植生について，より高精度に復原するための方法論を示す．特に，局地的古植生復原の得意な植物珪酸体分析を，環境変化に敏感な現生の沿岸域において行うことで運搬・堆積過程を明らかにする．さらにそれらを過去の堆積物に適用して，縄文海進期の海岸線移動の解明を目的とする．

現生の沿岸域 6 地域についてまとめた表層堆積物中の各型植物珪酸体数と母植物の分布を図 1 に示す．典型的な砂浜海岸の微地形を 8 区域，前浜（Foreshore），バーム（Berm），砂丘Ⅰ（DuneⅠ），砂丘Ⅱ（DuneⅡ），砂丘Ⅲ（DuneⅢ），湿地Ⅰ（MarshⅠ），湿地Ⅱ（MarshⅡ），湿地Ⅲ（MarshⅢ）に区分した．この各微地形区域ごとに，各植物珪酸体型について 6 地域の最高含有数の平均値と母植物分布域を示した．コウボウシバ型は母植物生育域がバーム・砂丘Ⅰ，産出域が砂丘Ⅱ・湿地Ⅰ，ハマニンニク型は母植物生育域がバーム・砂丘Ⅰ，産出域が前浜・砂丘Ⅱ・湿地Ⅰ・Ⅱ，ケカモノハシ型は母植物生育域が砂丘Ⅰ，産出域バーム・砂丘Ⅱ～湿地Ⅲ，チガヤ型は母植物生育域が砂丘Ⅰ～Ⅲ，産出域がその他の全区域，ヤマアワ型は母植物生育域が砂丘Ⅰ～Ⅲ，産出域がバーム・湿地Ⅰ～Ⅲ，ヨシ型は母植物生育域が湿地Ⅰ～Ⅲ，産出域がその他の全区域であった．これら現生の結果から，縄文海進期の堆積物より検出された化石の堆積環境をそれぞれ明らかにする．すなわち各型植物珪酸体化石が検出された場合，その含有数によって微地形区域における産出域を推定する．母植物生育域は無条件で，それ以外は現生の産出数より少ないときに産出推定域となる．

縄文海進期の海岸線はおもに侵食崖に沿って分布し，湾奥部では開析谷中に樹枝状にのびる．その開析谷は更新世以前の堆積層を侵食して形成され，特に関東平野で多く見られる．これらの谷底の微地形構成は，谷幅によって変化する．よって植物珪酸体の運搬様式についても谷幅によって左右される可能性があるので，谷幅の規模が異なる神奈川県池子（谷幅約 300m），埼玉県加須（谷幅約 1000m），三郷（谷幅約 10km）の 3 地域の開析谷で調査した．

大規模開析谷（三郷）における各型植物珪酸体の推定産出集中域は，試料 2 が砂丘Ⅰ～Ⅲ，試料 3 ・ 4 が湿地Ⅲ，試料 6 が砂丘Ⅰ～湿地Ⅰ，試料 7 が砂丘Ⅰ～Ⅱ・湿地Ⅱ～Ⅲ，試料 8 が砂丘Ⅱ・湿地Ⅲである（図 2）．これらは各層準の堆積環境を示しており，縄文海進が海退に向かっている時期の沿岸植生帯の移動を反映していると考えられる．試料 2～4 は，砂丘～湿地と堆積環境が内陸側へ移動している．しかし試料 6～8 は，砂丘あるいは湿地で停滞する．よって，堆積物の時期的な傾向として海水準の安定期であるが，少なくとも約 4000～3500 年前の間に 1 回の沿岸植生帯移動が示唆された．

他地域では，小規模開析谷（池子）において縄文晩期海退期の約 3000～2000 年前の間に少なくとも 2 回の，中規模開析谷（加須）において縄文中期海退期の約 5000～3000 年前の間に少なくとも 2 回の沿岸植生帯の移動がそれぞれ示唆された．以上のように関東の 3 地点について，縄文海進期の海岸線変化が捉えられた．

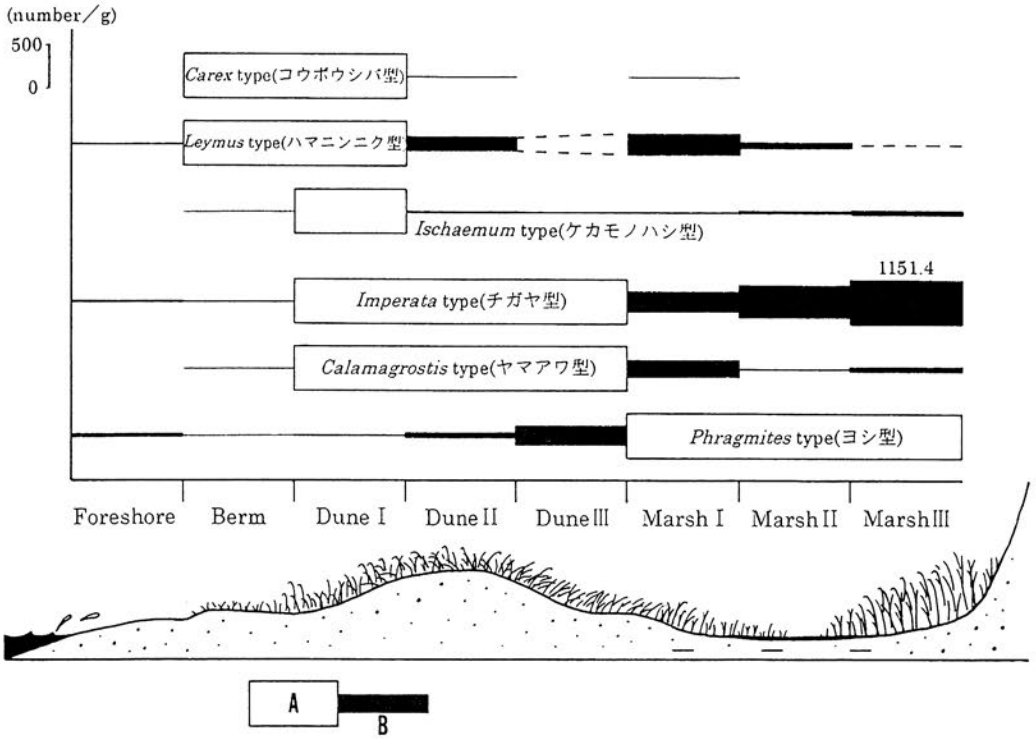


図１　現生沿岸域における各型植物珪酸体数と母植物の分布
A:母植物生育域，B:堆積物の 1g 中の植物珪酸体数

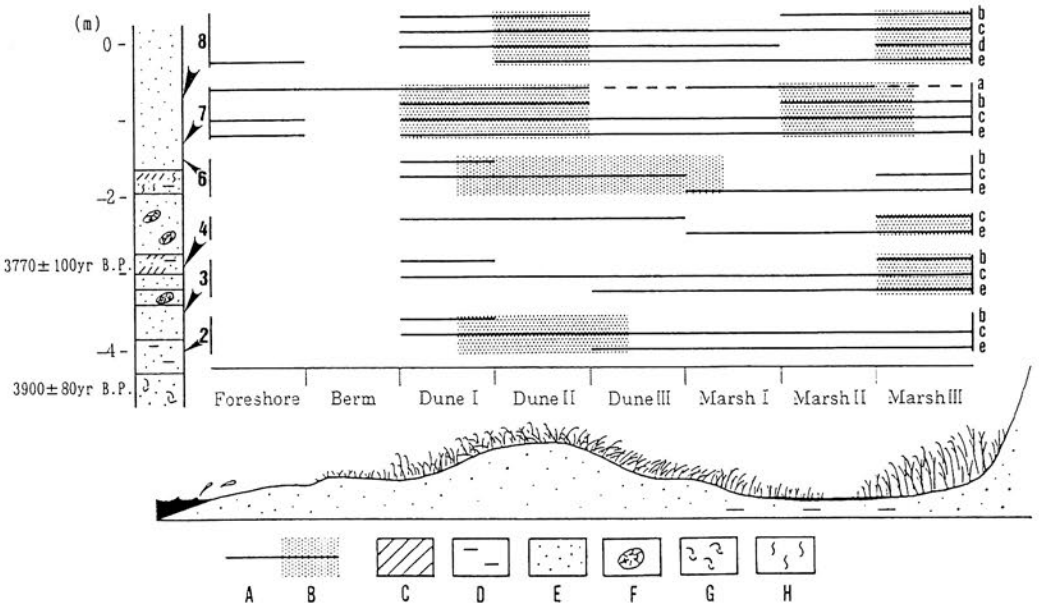


図２　三郷における海岸植物珪酸体化石群の含有数による推定産出域の層位変化
A:珪酸体含有数による推定産出域，B:推定産出集中域，C:有機質堆積物，D:シルト，
E:砂，F:木材，G:貝殻，H:高師小僧，
a:ハマニンニク型，b:ケカモノハシ型，c:チガヤ型，d:ヤマアワ型，e:ヨシ型

P 15

中国浙江省嘉興南河浜遺跡出土のイネプラント・オパール形状特性

○宇田津　徹朗（宮崎大学）、湯　陵華（江蘇省農業科学院）、
孫　加祥（江蘇省農業科学院）、藤原　宏志（宮崎大学）

１．はじめに

浙江省は、長江下流域に位置し、河姆渡遺跡をはじめ中国の稲作起源を研究する上で重要な遺跡が所在する地域である。

嘉興南河浜遺跡は、浙江省嘉興市郊区大橋郷に所在する崧沢文化期の遺跡である。同遺跡は、浙江省文物考古研究所によって発掘調査が行われ、墓址や住居址、灰坑などが検出されている。

ここでは、筆者らが、当該遺跡土壌について行ったプラント・オパール分析の結果について報告する。

２．材料と方法

１）分析試料

分析試料は、調査区（T301）の東壁から採取されたものである。東壁の土層は、１４層に分層されている。第１層は近代および現代の堆積、第２層は明清時代の堆積、第３層は良渚文化期の堆積である。第３層は安定しておらず、局部的に存在している。第４層以下は崧沢文化期の堆積である。なお、第６層以上は、崧沢文化期の土台であり、自然堆積ではないため、分析には、６層以下の土層および灰抗土壌の合計１２点を用いた。

２）分析方法

・定性および定量分析

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

・形状分析

イネプラント・オパールが検出された試料については、形状分析を行った。

形状の測定は、イネプラント・オパールの 400 倍拡大像を画像解析装置に入力し、図に示した各部形状（縦長、横長、側長、ｂ）について行った。

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

これら４つの形状値を下記の判別式に代入し、亜種（インディカ、ジャポニカ）を判別した。

図　イネプラント・オパール形状の測定部位

<イネプラント・オパール形状による亜種判別式>
判別値＝ 0.497 ×縦長-0.2994 ×横長＋ 0.1357 ×側長-3.8154 × (b/a) -8.9567
（判別値＜０：インディカ、判別値＞０：ジャポニカ）

３．結果および考察

１）定量分析の結果

定量分析の結果、８層、９層、９Ｂ層、１２層からイネプラント・オパールが検出され、当該遺跡で稲作が営まれていたと推定された。また、その検出密度から、これらの層に、当時の水田遺構が包含されている可能性が高い。

しかし、その一方で、１０層と１１層からは、ススキが少量検出される程度で、他のプラント・オパールはほとんど検出されていない。この結果から考えると、１０層および１１層の時代は自然災害など何らかの理由により、稲作が中断されただけでなく、植物が安定して生育できない状態が生じたと推定される。

長江下流域における土壌の堆積速度は緩慢で、堆積層も薄い。したがって、継続的に稲作が行われている場合には、分析的に稲作の存在が確認できても、後代の耕作によって遺構が破壊されている可能性が高い。

しかし、当該遺跡では、稲作が中断された層が存在するため、条件がよければ、１２層の時代に作られた崧沢文化期の生産遺構を検出できる可能性がある。

２）形状解析の結果

下図は、検出されたイネプラント・オパールの形状の亜種判別得点の分布を、中国の在来品種（ジャポニカ）と江蘇省草鞋山遺跡で検出されたイネプラント・オパールの判別得点分布と比較したものである。

この図からも明らかなように、プラント・オパール形状からみると、当該遺跡で検出されたイネはいずれもジャポニカに由来するものであった。

この結果から、当該遺跡でも、草鞋山遺跡と同様にジャポニカのイネが中心的に栽培されていたと考えられる。

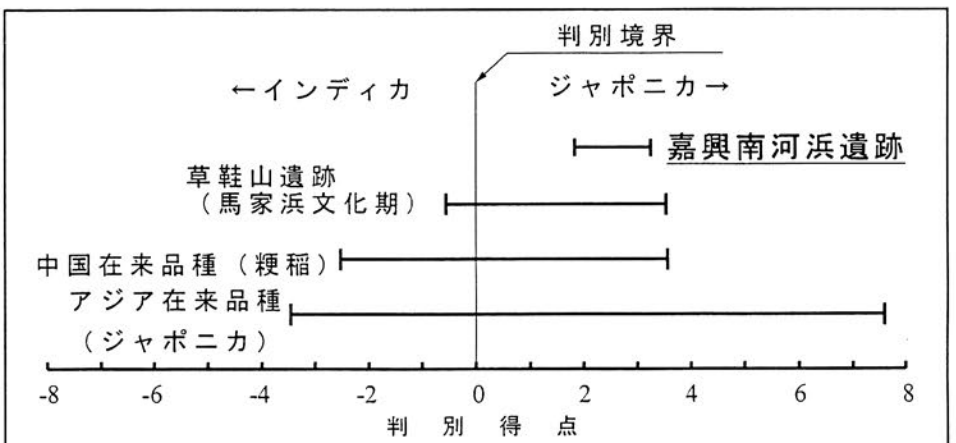


図　検出されたイネプラント・オパールの判別得点

P 16

千葉県内「新期テフラ」のテフラ分析－縄文時代研究の前提として－

○建石　徹（東京芸術大学大学院美術研究科）
松田隆夫（府中市教育委員会）

はじめに

南関東地域の「新期テフラ」層とは、本来「新期富士降下火砕層」（町田 1964）を指す術語であるが、千葉県内の遺跡層序用語においては、黒ボク土層（黒土層）に認められる特に色調の明るい部分（褐色帯、Ⅱｂ層）を指す慣習がある。本稿の「新期テフラ」層もこの範疇で用いる。千葉県内の「新期テフラ」層は、条件さえ整えば県内各地の台地上で確認が可能な土層であるが、田村（1982 他）、近藤（1993 他）等を除けば、その生成時期、生成要因等に関する議論は決して活発ではない。

本稿では、千葉県内「新期テフラ」層の層準、層相、分布、時期、土壌母材の検討をおこない、特に縄文時代研究をはじめとする考古学研究の前提を整備することを目的とする。対象は、京葉地区、東葛地区、印旛沼周辺地区を中心とした。

1．「新期テフラ」層の層準、層相

後述のように「新期テフラ」の認識自体が県内各地で異なる可能性があるが、表土層（町田 1964 の Ho を含む場合あり）以下、黒色帯（7.5YR3/2 程度）、褐色帯（7.5YR4/3 程度、「新期テフラ」層）、暗褐色帯（7.5YR3/3 程度、「縄文土層」）、漸移層、ローム層という大枠は県内各地で一致する。細分の方法は異なるが、同様の傾向は武蔵野台地、多摩丘陵、相模野台地を含む南関東南各地で確認できる。「新期テフラ」層の層準、層相は、東京都多摩ニュータウン遺跡群（TNT）の基本土層ⅡＹ層（上條 1984）との対比を検討した。（表）

表　武蔵野、多摩、千葉の黒土層の対比

テフラ層序	野川遺跡の遺跡層序	都埋文センターの遺跡層序	千葉県の遺跡層序	備考
表土層		Ⅰ層	Ⅰａ層	主に近世(1707年.A.D.)以降の遺物包含層
黒色帯上部	Ⅰ層	ⅡB層	Ⅰｂ層	主に奈良～中世・近世の遺物包含層
黒色帯下部	Ⅰ層	ⅡB層	Ⅱａ層	主に弥生～古墳後期の遺物包含層
褐色帯		ⅡY層	Ⅱｂ層	主に縄文後期～弥生の遺物包含層
縄文土層上部	Ⅱ層	Ⅲ層	Ⅱｃ層	主に縄文前・中期の遺物包含層
縄文土層中部	Ⅱ層	Ⅲ層	Ⅱｃ層	主に縄文早期の遺物包含層
縄文土層下部	Ⅱ層	Ⅲ層	Ⅱｃ層	主に縄文草創期の遺物包含層

2.「新期テフラ」層の分布

京葉地区、東葛地区、印旛沼周辺地区のいずれでも確認可能。今後の調査によりさらに分布が広がる可能性もある。また、同一地域（遺跡）でも「新期テフラ」層が確認できる地点と確認できない地点がある場合もあるようで、地形、堆積時・堆積後の自然環境・文化環境等を慎重に検討する必要がある。

3.「新期テフラ」層の時期

土壌母材の供給時期、土層の生成時期、遺物包含層の包含遺物の時期は必ずしも一致しないが、以下に発掘調査報告書等に記載された「新期テフラ」層の該当時期をまとめる。

・千葉市内（京葉地区）　縄文中期～古代（千葉市文化財調査協会 1992 他）
・市原市内（京葉地区）　縄文後期堀之内式～加曽利Ｂ１式（近藤 1993 他）
・木更津市内（京葉地区）　縄文前期後半以前（君津郡市文化財センター 2000 他）
・佐倉市内（印旛沼周辺地区）　縄文後期後半（印旛郡市文化財センター 1998 他）

cf.　多摩丘陵の TNT ⅡY層は主に縄文時代後・晩期の生成と考えられ、TNT ⅡB層の下限は現状で弥生時代後期まで遡れる（建石・松田 2000 他）。

4.「新期テフラ」層の土壌母材

「新期テフラ」層の土壌母材は県内各地で異なる可能性がある。

・武蔵野以西（TNT ⅡY層）　輝石類の卓越（安産岩質）
・東葛地区　輝石類の卓越（安産岩質）
・京葉地区　カンラン石の卓越（玄武岩質）
・印旛沼周辺地区　カンラン石の卓越（玄武岩質）、石英（風塵物質）

武蔵野以西、東葛地区で卓越する輝石類は、浅間山など北関東系の給源に由来する可能性が高い。京葉地区のカンラン石には、富士山起源の典型例より赤味の強いものが多い。印旛沼周辺地区の石英は、現利根川（古鬼怒川）下流地域や筑波山周辺からの風塵（レス）によるものと考えられる。

おわりに－縄文時代研究の前提としての「新期テフラ」層研究－

「新期テフラ」層の認識には千葉県内でも地域ごとに異なる現状があることが指摘できたが、当該土層は縄文時代後期を中心に縄文時代あるいはそれ以降の遺跡の環境、景観等を復原する際、重要な土層となる可能性がきわめて高い。近年の武蔵野以西での遺跡層序研究の成果は、徐々に考古学領域へ成果を還元しつつある。同様のことが千葉県「新期テフラ」層関連遺跡にも期待できる。今後は「新期テフラ」層がそもそも同一の土層として捉えられるべき土層なのか、「新期テフラ」層はテフラ層なのか等、根本的な問題も含めた総合的な検討が必要となろう。学際協業の場を早急につくり出す必要がある。

謝辞　本研究に際し特に多くのご教示、ご協力を得た遺跡層序研究会（代表　上杉陽）、市原市文化財センター、印旛郡市文化財センター、鎌ヶ谷市教育委員会、君津郡市文化財センター、千葉県文化財センター、千葉市文化財調査協会、東京都埋蔵文化財センター、遠部台遺跡調査団（団長阿部芳郎）、流山市教育委員会、松戸市教育委員会（50 音順、敬称略）の皆様にお礼申し上げます。

P 17

リン酸含有量測定による堆積層序に記録された旧地表面と人為的攪乱層準の認定：矢作川沖積低地 本川遺跡

○小野映介（名古屋大学大学院）
鬼頭　剛（愛知県埋蔵文化財センター）

Ⅰ．はじめに

層序区分は、発掘調査において最も基本的かつ重要な作業である。考古遺物の編年研究は型式学とともに層位学の方法論を基礎としている。にもかかわらず、層序区分の基準や記載方法は千差万別で統一的な方法は確立されていない。とくに、旧地表面の認定は、より正確な遺物や遺構の編年をおこなうために不可欠な作業であるが、その認定方法については十分な検討がなされていない。従来おこなわれてきた旧地表面の認定方法として、軟X線分析がある。軟X線分析の特徴は、肉眼では識別しにくい土壌化の痕跡を鮮明にできる点にある。こうした視覚的な認定方法に対し、化学的な認定方法としてリン酸含有量測定がおこなわれている。しかし、リン酸含有量測定による旧地表面認定の試みは更新世段丘上の遺跡に限られ、沖積低地に関しては施肥の影響によりバックグラウンドが高すぎるという理由から、おこなわれてこなかった。今回、沖積低地に立地する遺跡を対象としてリン酸含有量測定による旧地表面の認定を試みた結果、有効性が実証されたので報告する。

Ⅱ．リン酸含有量測定

リンは動植物に蓄積されている元素であり、動植物が活動をおこなった地表面には高い濃度のリンが蓄積される。リンはいったん土壌中に取り込まれると溶出しにくい。このため、土壌や堆積物に含まれるリンの濃度から旧地表面の認定、旧地表面における人間活動の有無といった判定をおこなうことが可能である。

Ⅲ．調査対象の概観

矢作川沖積低地に立地する本川遺跡を調査対象とした。本川遺跡は、矢作川によって形成された自然堤防およびポイントバー上に立地しており、弥生時代～戦国時代の遺構が良好な状態で確認されている〔図１〕。

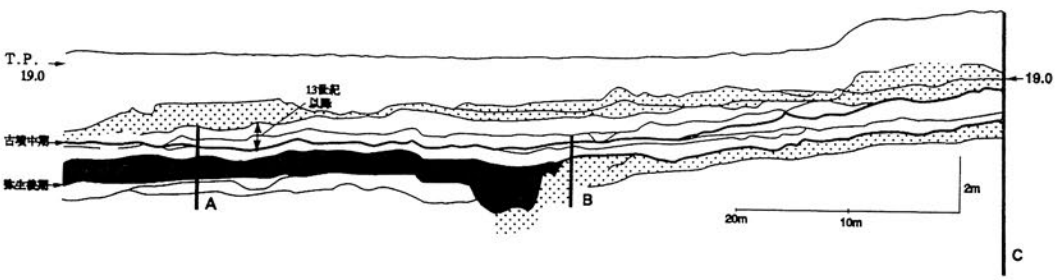


図1　本川遺跡A地区セクション

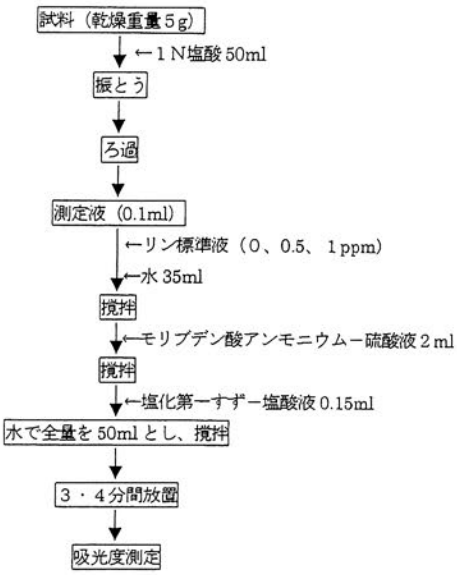


図2　分析方法

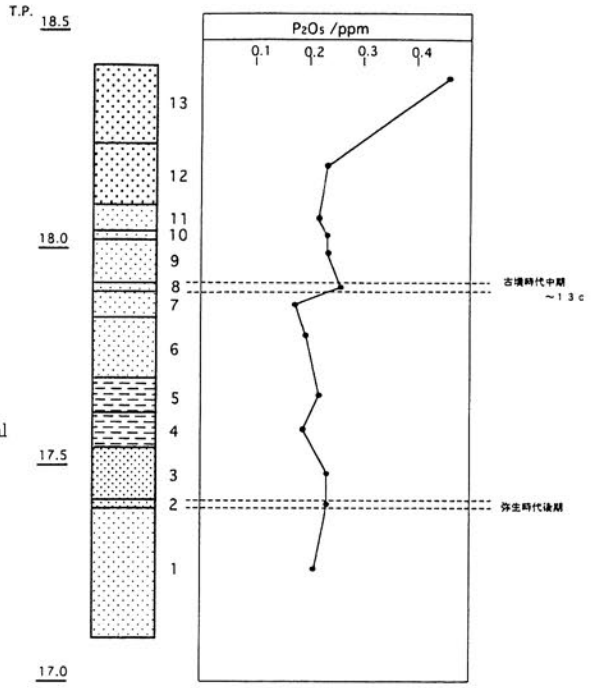


図3　地点Aの層序とリン酸含有量

Ⅳ．方法

軟X線撮影による旧地表面の認定結果と、リン酸含有量測定による認定結果を比較することにより、リン酸含有量測定の有効性を検討した。

1）軟X線撮影…地層断面から型抜法によって採取したコアサンプルを対象とした。撮影にはSOFRON製のBST-1505を使用し、サンプルに110Kv・2mAでX線を3秒間照射した。

2）リン酸含有量測定…地層断面から型抜法によって採取したコアサンプルを対象として硫酸モリブデン法による測定をおこなった〔図2〕。比色定量には、島津ボシュロム回折格子形光電比色計を用いた。

Ⅴ．分析結果

軟X線分析によって旧地表面と認定された層序において、高い濃度のリン酸が蓄積されていることがわかった。リン酸含有量の垂直的変化を図3に示す。リン酸含有量のピークは弥生時代後期と古墳時代中期～13cの層位に対応する。リン酸の濃度は弥生時代後期に相当する層序で0.235ppm、古墳時代中期～13cに相当する層序で0.26ppmであった。13c以降の層序ではリン酸含有量が急激に増加するが、これは施肥の影響と考えられる。

Ⅵ．展望

時間的制限の厳しい発掘調査では、効率よく精度の高い調査をおこなう必要がある。そのためには、試掘段階での正確な層序の把握が必要である。とくに、精査の対象とする層の設定は重要な問題であるが、リン酸含有量測定による地表面の認定方法は非常に有効な手段であると考える。今回はリン酸濃度の垂直的変化に注目した調査をおこなったが、平面的な濃度の変化を明らかにすることにより、発掘調査の範囲の設定や未知の遺跡の探査が可能となる。

P18

ウズベキスタン共和国ダルヴェルジン・テペから出土した植物遺体 第2報

○野澤樹[1,2]・佐藤洋一郎[2](1岐阜大学大学院連合農学研究科，2静岡大学農学部)

ダルヴェルジン・テペは，ウズベキスタン共和国スルハンダリヤ州にある大規模な都城遺跡である．この遺跡は，1996 年から古代オリエント博物館が研究実施機関となって調査をおこなっている．演者らは昨年に引き続き 1999 年の調査に同行し，多くの植物遺体を採取することができた．本報告では，発掘中に採取した土壌に含まれていた種子について報告する．

分析は竈の内部およびその周囲，大がめの中，道路上から採取した土壌 8 サンプルを用いておこなった(表 1)．発掘調査中に採取した土壌を秤量した後，水に懸濁して 1mm および 0.5mm メッシュの標準ふるいに通し，種子等の植物体を回収した．顕微鏡下で種子の選別・計数をおこない，土壌 1kg あたりの種子数を求めた．0.5mm メッシュで選別したものには種子がほとんど含まれていなかった．1mm メッシュで選別したものでは，種子のみられなかった大がめ内から採取したサンプルを除く 7 サンプルで，合計 1610 個の種子を回収することができた．

種子は炭化しており，熱によって変形・破損しているものも多数あった．種類を調査すると，ムギ類，イネなどのイネ科穀類が多くみられた(表 2)．中でも St1 黒色層には非常に多くの種子が含まれていた．表に示した種子に加え，ピスタチオをはじめとする核果類，クルミ属の核の破片が多く含まれていたが，破損して原型をとどめないものが多く，果実の数を推定することはできなかった．

コムギとイネの種子数が全体の種子数に占める割合について，竈の内部から採取したサンプルおよび竈の周囲から採取したサンプルの平均値を求めた．図 1 に示すように，イネの種子数の割合は竈の内部と周囲では大きく変化しないのに対し，コムギの種子数の割合では大きな差がみられた．

このように竈の内部と周囲で残された種子の種類や数に違いがみられたことは，当時の竈の利用方法を考える上でも興味深い．また部屋の外である道路からも竈の付近とは異なった，大量の植物の種子や破片が見つかったことから，今後は場所と植物の関係についても調査して行く必要があると考えられる．

表1 供試サンプル

サンプル名	重量(kg)	遺構	採取地点の詳細
R4竈内	1.35	2層 Room4	竈の内部
R4竈周囲	2.30	2層 Room4	竈の周囲の灰層
R14竈周囲	1.55	1層 Room14	竈2の周囲の灰層
2層St1	1.75	2層Street1	道路の炭化物を含む灰層
R13竈4内	1.05	1層 Room13	竈4の内部
DTC6 2層 R1	1.25	DTC6区 2層 Room1	炉の灰層
St1黒色層	1.80	2層Street1	道路の黒色の炭化物層
99DTC7019	2.30	DTC6区 1層 Room1	大がめ内の土

表2 出土した植物の種子数a

種名	サンプル						
	R4竈内	R4竈周囲	R14竈周囲	2層St1	R13竈4内	DTC6 2層 R1	St1 黒色層
コムギ	15.6	2.6	3.2	18.9	12.4	4.0	13.9
エンバク	0	0	0	0	7.6	0	3.3
ライムギ	0	0	0	0	2.9	0	5.0
カラスムギ属	0.8	0	0	0.6	6.7	0.8	33.3
その他のムギ類	1.5	0.4	0	0	2.9	0	2.8
イネ	1.5	3.0	3.2	0	2.9	0	3.9
その他	30.5	40.0	49.1	12.0	22.8	10.4	612.2
合計	50.4	46.1	55.5	32.0	58.1	15.2	674.4

a: 土壌1kgあたり推定値.

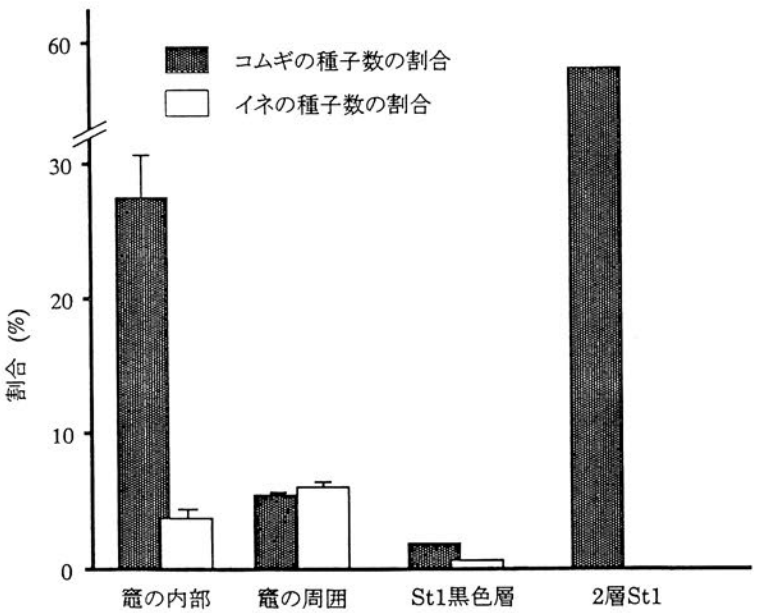


図1 コムギとイネの種子数が全体の種子数に占める割合

P 19

中国長江流域における稲作についての研究

○矢野梓[1]・佐藤洋一郎[2]・安田喜憲[1]
（1．国際日本文化研究センター，2．静岡大学農学部）

イネは東アジアでは最も重要な栽培作物であり、文化の伝播に伴って稲作農耕が各地に広まった。稲作の起源地と伝播については古くから多くの議論がなされてきており、特に、雲南アッサム地方が有力な候補地と考えられている。しかし、近年の中国での考古学上の発見により、現在では、長江の中下流域で東アジアのイネ栽培化が起こったと考えられるようになってきた。ここ数年間の「長江文明の探求」プロジェクトによる調査結果を加えると、長江上流域での稲作は年代的に新しく、長江中流域の稲作が従来考えられていたよりも古くから発達していた可能性が出てきた。最近の環境考古学やＤＮＡ分析の研究結果から、中国古代の稲作についての知見を報告する。

これまでに知られている最古のイネは、長江中流域の江西省にある仙人洞遺跡から発見されたもので、１６，０００年前のものと報告されている。それ以降の年代のものは、長江中流域の湖南省、下流域の浙江省、江蘇省などの遺跡でも大量の稲遺体が発見されており、６０００年から９０００年くらい前にはこれらの地域にイネの栽培が広がっていたと考えられる。

長江流域の遺跡から出土した稲籾には、形が丸いものと細長いものがあり大きさにもばらつきが認められる。栽培の初期には、雑多なイネを区別せずに収穫していたためと推測される。しかし、栽培により適したものが選択される過程でイネの形態も大きく変化しているために、単純に見かけだけから当時のイネを現在のイネと比較して品種を同定することは難しい。炭化米であっても保存状態が良いものはＤＮＡ分析が可能であるので、遺伝学的にイネの種類を調べることができる。

イネにはインディカ、ジャポニカという２つのグループが存在し、これらを区別するＤＮＡマーカーが知られている。長江流域から出土したイネは、現在までのところすべてジャポニカに属することが分かった。
ジャポニカの中にも、草丈が高く焼き畑に適応する熱帯ジャポニカと、背が低く水田栽培に適する温帯ジャポニカがある。この両者のＤＮＡを区別するマーカーを用いると、長江の炭化米のうち少なくとも２粒は熱帯ジャポニカであることが確認された。長江流域で最初に栽培化されたイネは熱帯ジャポニカなのかもしれない。

ＤＮＡのより多様性の大きい領域を調べることで、イネの種類をさらに詳しく分類することが可能である。中国と日本の代表的な品種を調べてみると、中国のイネの方がより多様性が高く、日本のイネは長江下流域のものと近いことが分かった。今後、より多くのサンプルについて研究がすすめば、稲作の起源地や伝搬経路についてのより詳しい情報が得られるであろう。

図1　　およそ6千年より古いとみられるイネ遺体が発見された遺跡の位置を示す

P 20

DNA マーカを用いたカシの分類

○大角信介[1),2)]・佐野五十三[3)]・佐藤洋一郎[1)]

1)静岡大学農学部

2)岐阜大学大学院連合農学研究科

3)静岡県教育委員会

1.序論

遺跡から出土した木製農耕具をみると，コナラ属アカガシ亜属の材が多く使われている．しかし，材の組織構造からは種レベルでの同定は難しく，多くはカシ類としか同定されていない．現在，カシ類の分布はシラカシなどのように宮城県南部から九州まで分布する種もあれば，イチイガシやツクバネガシのように関東以西にしか分布しないものまである．種レベルでの識別が行えると，古代の生態系や環境に関してもなんらかの知見が得られると思われる．本研究では，まず DNA マイクロサテライト領域を用いて現存のカシ類の分類を試みた．また遺物の分類も試みた．

2.材料および方法

供試材料には主に静岡県で採集されたアカガシ亜属 7 種 25 サンプルのさく葉標本を用いた(表 1)．これらのサンプルから DNA を抽出し，PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法を用いてマイクロサテライト領域を増幅した．また，鹿児島県内の遺跡から出土したカシ類の材 1 サンプルからも同様に DNA を抽出し，PCR 増幅した．増幅後，15%アクリルアミドゲルで電気泳動し，ゲル上に模様として現れるバンドの位置の違いによってカシ類の識別を試みた．

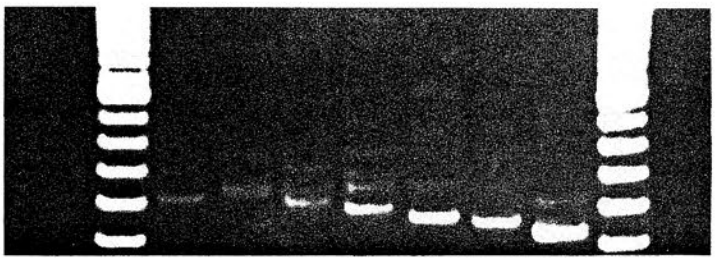
3.解析の結果および考察

調べた領域のうち 8 つの領域で，現存のサンプルはすべて PCR 増幅した．それぞれの領域では，複数の位置(3 から 7 箇所)にバンドが見られた．また，同じ種のサンプルでも，領域によっては異なる位置にバンドが見られるものもあった(図 1)．

ウバメガシを除いた 6 種を識別するため，6 種間でバンドの位置が異なる領域を調べた．その結果，本研究で用いた領域で 6 種の識別が可能だった．また，識別に最低限必要な領域の組み合わせを調べたところ，3 つの領域を組み合わせることで識別が可能であった(図 2)．また，出土した材については 1 つの領域で，アカガシだけで見られたバンドと同じ位置にバンドが見られた．現在，他の 7 遺伝子座についても実験中である．以上のことより，本研究で用いたマイクロサテライト領域はアカガシ亜属内の種の識別に有効であり，考古遺跡から出土した遺物にも応用が可能であると考えられる．今後は，サンプル数およびマーカ数を増やし，判別の精度を向上させたい．

表1.供試材料

種	サンプル数	採集場所
シラカシ	2	静岡県
アラカシ	7	静岡県(6)奈良県(1)
アカガシ	4	静岡県
ウラジロガシ	3	静岡県(2)不明(1)
イチイガシ	5	静岡県(2)奈良県(3)
ツクバネガシ	3	静岡県
ウバメガシ	1	和歌山県
	計25	



M a 1 2 3 4 5 6 M

図1. CM5における電気泳動結果

aは出土遺物，1～5は現在自生しているカシ類で検出されたバンドを表す．Mはマーカを表す．aのバンドは2のバンドと同じ位置にバンドが見られた．

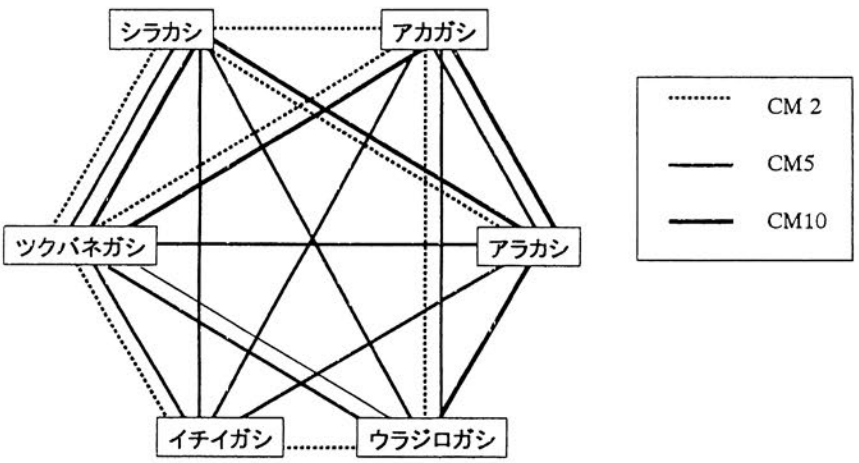


図2.3つの領域(CM2,5,および10)によるカシ類の分類
種間を結んでいる線(領域)によってその種間が識別できることを表している

P 21

地理情報システムを応用した古環境評価の試み

○ 津村宏臣(総合研究大学院大学文化科学研究科日本歴史研究専攻)
西本豊弘(国立歴史民俗博物館考古研究部)

―はじめに―

近年、考古学や文化財学などの分野で地理情報システムが注目されはじめているが、残念ながら日本においてはまだ十分に普及しているとは言い難い。本発表では、このような現状を踏まえ、地理情報システムが考古学でどのように用いることができるか、特に分析・解析の手法としてどのように応用できるかを検討する。また、自然科学諸分野の詳細な研究によって明らかにされた生態・地形などの考古学にとって有用なデータを、遺跡の評価と結びつける方法についても検討する。

―対象と方法―

青森県三内丸山遺跡周辺の縄文時代の遺跡を対象としている。

分析には地理情報システム IDRISI[1]を、基礎空間データの構築には CartaLinx[2]をそれぞれ用いた。また基礎的な遺跡分布の情報は『青森県遺跡地図』を、DEM[3]は国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ(標高)』を新納泉氏[4]によるコンバータプログラムによって IDRISI フォーマットに変換し利用した。

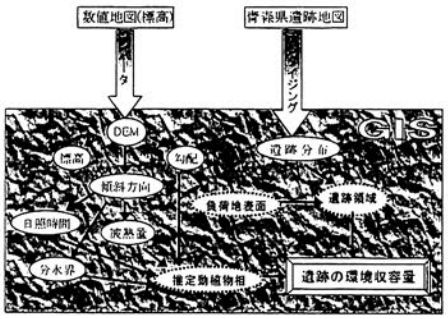
―地理情報システムを用いた環境評価の方法―

①『数値地図 50m メッシュ(標高)』から三内丸山遺跡周辺の部分を切り取り、コンバータによって IDRISI フォーマットに変換しこれを DEM とする。

②『青森県遺跡地図』から縄文時代遺跡を時期別に抽出し、CartaLinx でデジタイジングを行った後ラスターデータ形式[5]に変換する。

③生成された DEM から IDRISI のモジュールによってピクセルごとの標高・傾斜方向・勾配を抽出する。

④生成された傾斜方向から日照時間や被熱量、集水範囲(分水界)などを分析する。



地理情報システムを用いた環境評価の流れ

⑤生成された勾配から、人間の歩行負荷を考慮したコストサーフェイス[6]を生成し、DEM にプロットされた遺跡からのコスト領域を抽出する。

⑥生成された傾斜方向・勾配・日照時間・被熱量・集水量などから植生・動物相などを復元する。

⑦遺跡領域の範囲にどのような資源・空間属性が存在しているかを計量的に抽出し、評価する。

⑧遺跡の規模や内容とどのような相関があるかを検討する。

―結果と展望―

Ⅰ. 当該域では前期・後期に遺跡が多く、中期・晩期には遺跡は少ない。

Ⅱ. 遺跡形成に関して、南・東向きの緩斜面に居住するという原則は守られつつ、砂洲拡大による居住地の移動や(前～中期)、交通路の形成による中継点的性格をもつ居住地の形成(中～後期)、拠点的居住地の形成(前・中～後期)、などの特徴が認められる。

Ⅲ. 遺跡の立地条件によってその領域の範囲、利用可能な資源量に明確な差が認められる。

Ⅳ. 従って、実空間距離による領域復元やティーセン多角形によるモデル形成は見直す必要がある。

Ⅴ. 領域復元と環境収容量の算定・比較から、遺跡規模は植物資源の多寡と相関となる蓋然性が高い。

Ⅵ. 空間属性が個別に抽出でき、これを変数とした地形・空間分類が可能となる。

Ⅶ. 分類された地形・空間と遺跡分布を重ね合わせることで、先史時代人類の生活空間に対する選択性の議論が可能となる。眺望分析などとあわせて認知空間の問題へもアプローチできる。

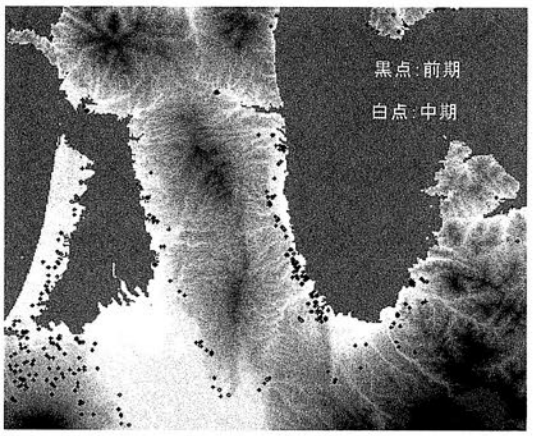


図1 当該域のDEMと前・中期の遺跡分布

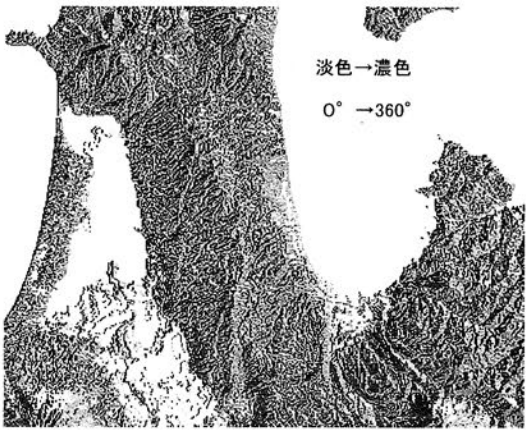
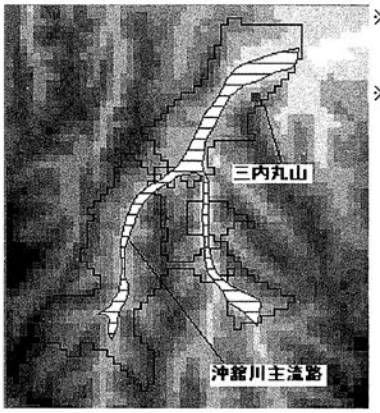


図2 DEMから生成した地形傾斜方向

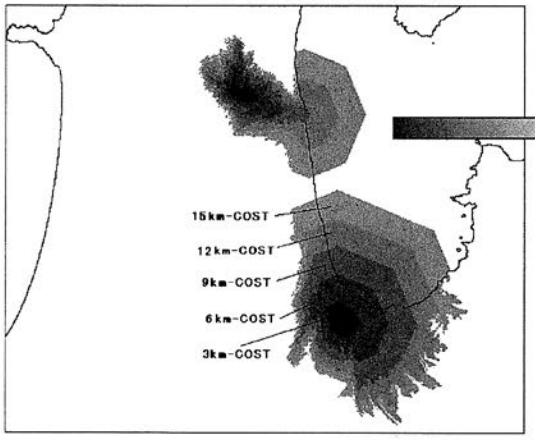
図3 DEMから生成した地形勾配



※流域分水界面積
:1803k m²
※分水界内地形
・勾配
平均:7.9°
最大:22.9°
・傾斜方向
平均174°(南)
出現頻度→
東南東>南南東
>南南西

※支流・沢単位の分析は別図

図4 沖舘川主流路の分水界分析



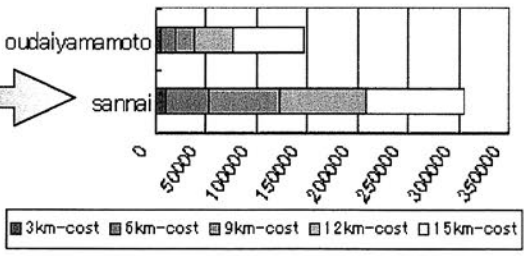


図6 各遺跡の等コスト圏の面積比較

図5 三内丸山と大平山元の等負荷領域比較

(注)

1・2. クラーク大学によって開発された個人利用を視野に入れたGISソフトウェア。

3. Digital Elevation Modelの略称。画素単位で標高値が付されたラスター形式の画像データ。

4. 氏には日頃から多くのご教示を賜っており、この場を借りて感謝申し上げる。

5. 画素単位の情報をもつ画像。方向と大きさの属性で構成される画像はベクター形式と呼ばれる。

6. 実際の空間距離はヒトの移動距離と同値にはならない。活動や対象が影響場としての空間を規定するという考えから、Waldo Toblerの「ハイキング機能式」を参考に、勾配に関わる負荷を計算した。

※なお、本研究は平成11年度青森県三内丸山遺跡特別研究推進事業(技術分野・公募研究)、「三内丸山人の資源利用モデルの構築2」(研究代表者:西本豊弘)による成果の一部である。

P22

湘南海岸の地形発達と遺跡形成

ーＣＧによる８時代の地形復元ー

上本進二・浅野哲哉

湘南低地における遺跡形成時代から湘南海岸の海岸線の推移を推定し、さらに、砂州起源の砂丘形成を中心とした地形発達史解明を試みた。その成果は８時代・３地域に分けて公表（下記）しているが、本報告では、これらを接合して、４市１町にまたがる湘南海岸東部の地形変化と遺跡形成の関係を総合的に考察した。

上本進二・浅野哲哉（1998）藤沢低地の地形発達と遺跡形成.『神奈川県藤沢市若尾山遺跡発掘調査報告書』，東国歴史考古学研究所，373-388.

上本進二・浅野哲哉（1999）茅ヶ崎低地の地形発達と遺跡形成.『文化資料館調査研究報告７』，茅ヶ崎市文化資料館，1-14.

縄文海進後の湘南海岸の変遷

上本進二（2000）鎌倉・逗子の地形発達史と遺跡形成.『神奈川県逗子市桟敷戸遺跡発掘調査報告書』東国歴史考古学研究所，227-236.

地形分類図作成にあたり、陸軍参謀本部の地方迅速測図発行の明治 15 年測量二万分の一地形図「雪下村」と明治 15 年測量・25 年修正再版の二万分の一地形図「小坪村」、大正 10 年測量の地形図をベースに、公共施設のボーリングデータ、昭和 29・39 年撮影二万分の一航空写真をもとにして地形分類図を作成した。過去の地形については、遺跡土層中のテフラ分析・遺物年代から推定した遺跡形成時期、と地形発達に関する諸文献を参考にした。図版は武相文化財研究所において Power Mac 9500;Adobe Illustrater5.0・8.0 を使用して作成した。

縄文時代前期 現在の標高 15m が縄文海進絶頂期の汀線とみられる。最終氷期の海面低下期に深い谷が形成されていた鎌倉・逗子・大船の低地は海水が浸入して「溺(おぼ)れ谷」の地形となった。出入りの激しい丘陵裾部まで浸入した海はリアス式海岸となっていたであろう。

縄文時代中・後期 縄文時代中・後期になると急速な海退が始まる。かつての溺れ谷の海底が離水した。茅ヶ崎や藤沢でも大規模な砂州や砂丘の発達があった。鎌倉湾や逗子湾に形成されていた砂州も離水して 滑川・田越川の河口を塞ぐようになった。

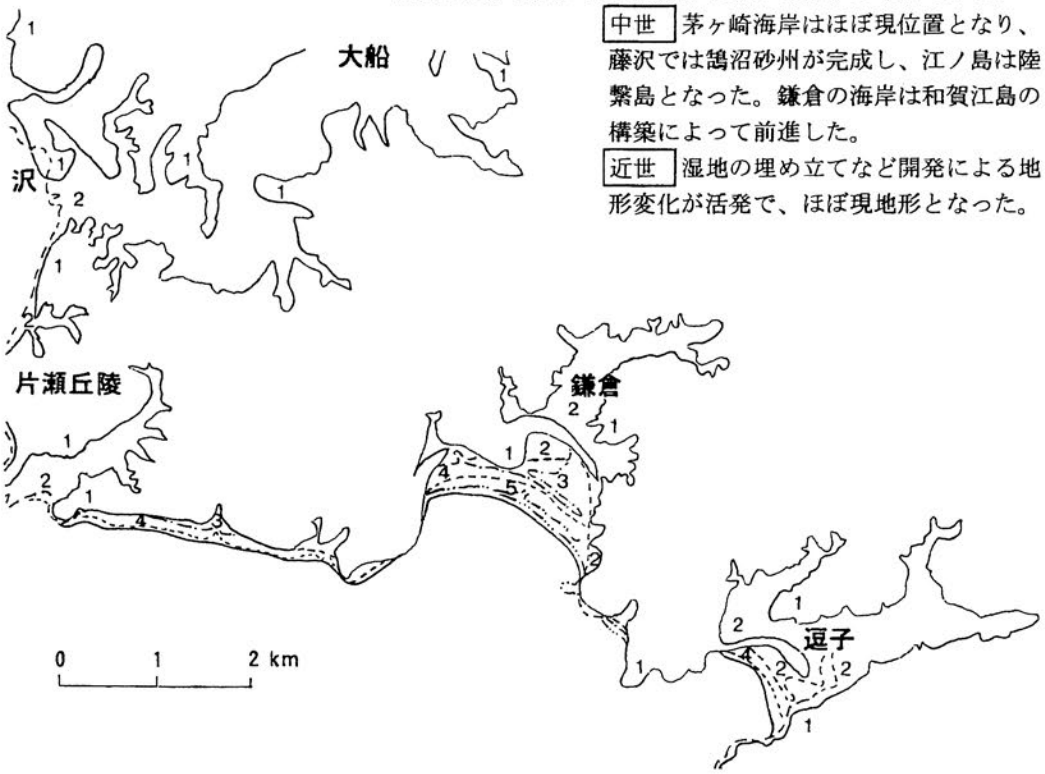
縄文時代晩期～弥生時代前期 内湾の埋積は進むものの海岸線は停滞する。短期的な海進の痕跡も認められる。

弥生時代中期～古墳時代前期 逗子の桜山と茅ヶ崎の円蔵・西久保一帯に段丘状の微高地が形成され、弥生時代の遺跡群が形成された。約 2000 年前は日本の沿岸各地で砂州が発達した時期であり、相模湾沿岸でも一斉に砂州が発達する（松原，1998）。茅ヶ崎の海岸線もこの時期にほぼ現在の位置に固定された。藤沢・鎌倉・逗子の内湾も急速に埋積が進む。

古墳時代後期～奈良・平安時代 藤沢入り江がほぼ閉塞しラグーンとなった。鎌倉の海岸線は前進した。湘南の低地遺跡が急速に増加する時期である。

中世 茅ヶ崎海岸はほぼ現位置となり、藤沢では鵠沼砂州が完成し、江ノ島は陸繋島となった。鎌倉の海岸は和賀江島の構築によって前進した。

近世 湿地の埋め立てなど開発による地形変化が活発で、ほぼ現地形となった。



P 23

フラクチャー・ウィングを利用した剥離方法の同定研究

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

1．剥離方法同定の研究の枠組み

これまでの石器製作技術研究の多くは、剥離相互の手順（工程）の把握とその比較をおこなうことが中心であった。しかし、石をどのように、何によって割ったのか、という剥離方法にかかわる基本的な問題について言及・検討されることはきわめて少ない。明示的で汎用性の高い体系的な同定基準が確立されてこなかったのが、その大きな理由と考えられる。本研究では、破壊力学の知見を利用しながら、剥離方法の同定をおこなうための新たな枠組みを提示することを目的とした。利用する属性はフラクチャー・ウィング（fracture wing）である。

フラクチャー・ウィングは、黒曜石のようなガラス質に近い性質の脆性材料に高い頻度で観察されるものである。この属性は、岩石内部の不規則な点を亀裂前線が通過する際に生じる弾性波と亀裂前線との相互作用によって形成されるもので、形成原理は Wallner（1939）が定式化したウォルナー線と呼ばれる曲線群と同じである。ウォルナー線は、フラクチャー・ウィングの片側のみが現れたものである（図１）。弾性波の伝播速度は一定であるため、フラクチャー・ウィングの角度は亀裂速度と相関することから、亀裂速度の同定をおこなううえできわめて有効な属性であることが物理学的研究によって把握されている（Poncelet 1958、Kerkhof 1975）。剥離方法の違いは亀裂速度と強い相関をみせることが、Fonseca *et al.*（1971）や Bilby（1980）による亀裂前線のエネルギー吸収効率に関する理論的考察によって、あるいは高速度写真撮影などによる実際の計測作業（Crabtree 1968、Faulkner 1972、Cotterell and Kamminga 1987）によって把握されている。したがって、フラクチャー・ウィングの計測によって亀裂速度を同定することから、剥離方法を同定していくことが可能となる。

2．実験

実験的に異なる剥離方法によって剥離された剥片の黒曜石に観察されるフラクチャー・ウィングを計測した。黒曜石は北海道置戸町所山から採取した岩屑を利用した。実験をおこなった剥離方法は、①直接打撃法（石）②直接打撃法（金属）③直接打撃法（木）④直接打撃法（骨角）⑤間接打撃法（石）⑥間接打撃法（骨角）⑦押圧剥離法（骨角）である。試料は、アルコール綿で表面を拭いたのち、金属顕微鏡（100 ～ 250 倍の倍率）で検鏡し、写真撮影をした。写真は Photoshop から Microstation のソフトウェア上に取り込み、そこでフラクチャー・ウィングの角度計測をおこなった。角度の計測は計測誤差を考慮にいれて、３回計測した値の平均を採用した。計測値の結果は、図 2-a の場合は $C/C_2 = \cos[(\Psi/2)-(\Psi/2)]$、図 2-b の場合は $C/C_2 = \cos \Psi/2$ の式に代入することで C/C_2 に変換され（Hutchings 1999）、弾性波（C_2）の伝播速度 $C_2 = 3507$m/s により亀裂速度（C）が求められることになる。

3．結果と考察

剥離方法ごとの亀裂速度に関して、それぞれ 40 以上のサンプルで計測をおこない、ｔ検定を実施した（表１）。結果的に、グループⅠ：直接打撃法（石・金属）、グループⅡ：直接打撃法（木・骨角）と間接打撃法（石・骨角）、グループⅢ：押圧剥離法（骨角）という３つのグループが析出できた。グループ相互間では亀裂速度に有意差が確認できたのに対して、グループ内のカテゴリーどうしでは有意差が認められなかった。したがって、以上の３グループに関しては、考古学資料においても剥離方法の同定をおこなうことが可能となるであろう。

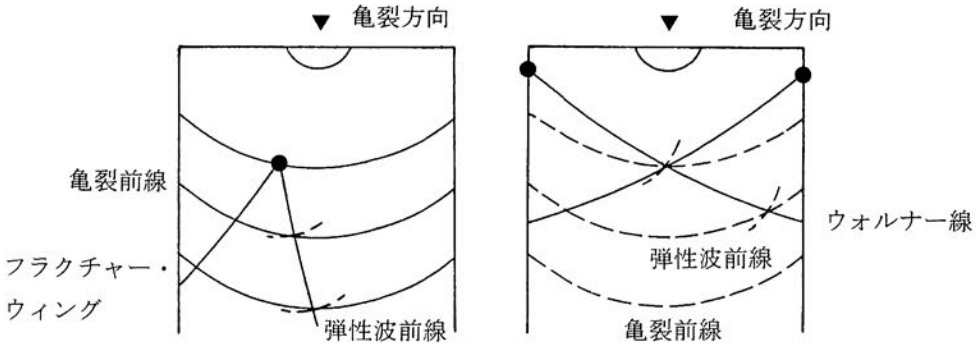


図１　フラクチャー・ウィング（左）とウォルナー線（右）

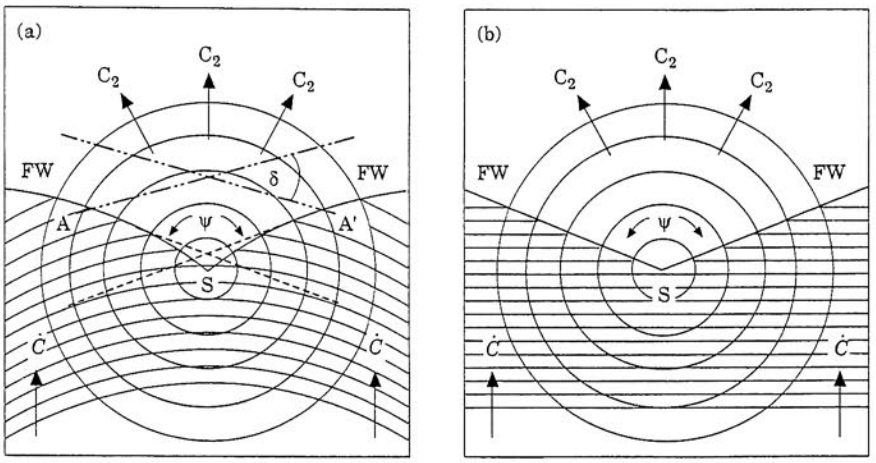


図２　フラクチャー・ウィングの計測方法（Hutchings 1999 より）
Ｃ：亀裂速度、C_2：弾性波の伝播速度、ＦＷ：フラクチャー・ウィング

表　　計測結果のｔ検定
有意水準１％で、＋は有意差あり、－は有意差なし

	直打(石)	直打(金属)	直打(木)	直打(骨角)	間打(石)	間打(骨角)	押圧(骨角)
直打(石)		－	＋	＋	＋	＋	＋
直打(金属)			＋	＋	＋	＋	＋
直打(木)				－	－	－	＋
直打(骨角)					－	－	＋
間打(石)						－	＋
間打(骨角)							＋
押圧(骨角)							

宮崎県 塚原遺跡出土 縄文草創期の赤彩土器

―― 日本最古の彩色土器に用いられた赤色顔料 ――

○ 竹井（戸髙）眞知子（ 宮崎県埋蔵文化財センター）
比佐 陽一郎　　（ 福岡市埋蔵文化財センター）

1　はじめに　～「日本最古の彩色土器」発見！～

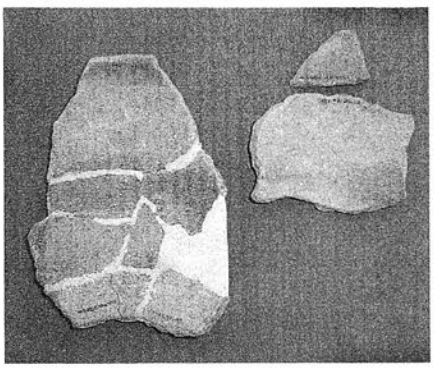
「日本最古の彩色土器が、宮崎県の塚原遺跡から出土した」というニュースが、今年の２月半ばに全国的に報道されたのをご記憶の方も多いことだろう。宮崎県国富町の塚原遺跡Ｃ区から出土し、遺物整理中に確認された「縄文草創期の隆帯文土器と同一層で出土した赤彩のある土器片」は、器形や器面調整の特徴からみた隆帯文土器編年上の位置と、年代測定値の明らかな資料との比較から、「今から約11,500年前」という年代が推定されている。海外の事情が未確認のため「世界最古」と言うには躊躇するが、「現在のところ日本最古」の彩色土器片である。

赤彩に用いられた赤色顔料が何かについては、すでに報道時に「福岡市の埋蔵文化財センターに分析を依頼」し、「酸化鉄主成分の赤色顔料（ベンガラ※）」であったと公表しているが、分析の方法や分析した試料、分析データについての詳細は未公表であった。今回は、それらについて発表したい。

なお、「赤彩を施す行為」や「赤彩の文様（塚原資料では２条の帯状施文）」、または「赤彩された土器」が「どのような性格のもので、どのような意義を持つのか」については、今後多方面から慎重に検討していくべき問題であるためここでは言及を避けたい。

※「ベンガラ」とは、近世の酸化第二鉄主成分の赤色顔料名であるが、便宜上、同じ酸化鉄系の古代の赤色顔料にも用いられている。ここでも「ベンガラ」を用いたい。

2　「赤彩のある土器」とは、どのようなものか？　～肉眼観察所見から～



↑No.0　　↗No.1（上）No.2（下）

写真1　塚原遺跡出土 赤彩土器

今から約11,500年前という年代が推定され、報道時の中心になった資料は写真１－No.0の土器片で、隆帯文土器と想定される深鉢形土器の胴部下半部にあたる。右の２点（No.1，No.2）も同一個体片である。赤彩は土器内面にあり、ほぼ水平方向に平行する２条の帯状（幅約３㎝）に赤色顔料が塗彩されている。彩色部分は摩擦によっても影響されず安定していることから、焼成前にベンガラを塗彩したことが考えられる。また、これらの外面には、最表層部のみ赤味が強い部分もあり、外面も赤彩されていた可能性もある。

これら３点は、「明らかに赤彩が施されていると認められる」資料である。

この他、塚原遺跡出土の縄文草創期隆帯文土器には、「赤彩されている可能性がある」資料（写真２ No.3・No.4）と「広義の赤彩の一種と言えるかもしれない」資料（同 No.5）がある。

No.3・No.4は、隆帯文土器の口縁部で、No.3は内外面の一部に赤色の強い部分が認められ、No.4は、隆帯部分を除く全面の最表層部に赤色面が観察される。これらはごく薄く顔料が塗彩されている可能性もあるが、色調が薄く鈍いため、顔料よりも「化粧土」と言った方が妥当かもしれない。焼成条件による赤変との混同に注意が必要である。

No.5 も隆帯文土器の口縁部であるが、隆帯のある口縁部の胎土が白っぽいのに対して、その下位の胎土が粘土紐の接ぎ目を境に濃い橙色を呈する、という特殊な資料である。意図的に赤く発色する粘土を配しているとしたら、これも広い意味での「赤彩」と言えるかもしれない。口縁部の白っぽい胎土中には、褐鉄鉱の一種である「高師小僧（たかしこぞう）」や、それに類する塊状の鉄分が赤変したものが観察される。

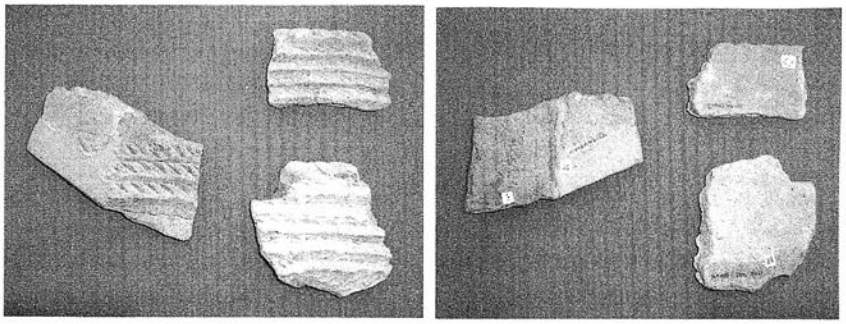


写真2　塚原遺跡出土　赤彩のある?隆帯文土器　（ 左：外面　　右：内面 ）

３　赤彩部分の調査

「赤彩のある」または「赤彩の可能性のある」上記No.１～５の資料については、次のような目的のもと、福岡市埋蔵文化財センターにて自然科学的な手法による調査を試みた（No.０については、館外への持ち出しによる事故を懸念して対象から除外した）。

目的　① 赤彩（塗彩）の有無を判定する　←No.３・４は赤彩されていると言えるのか？
② 赤彩に用いた着色材は何かを知る　←No.１～４の顔料は何か？
←No.５の赤色胎土には着色材が含まれるか？
③ 赤彩（塗彩）は、土器製作のどの段階で行われたのかを知る
← No.１～４は、土器を焼成する前（生乾きｏｒ乾燥後）か？焼成した後か？
④ 赤彩（塗彩）には、どのような道具を用いているのかを知る　←No.１～４
⑤ 高師小僧など粘土中の鉄分塊が赤色顔料の原料である可能性を探る←No.１～５

調査の方法（資料の非破壊を原則とする）

①②→ それぞれの資料の「赤彩（または赤く見える）部分」と「非赤彩部分」を試料として下記の調査をおこない、双方の「表面状態の所見」や「顔料成分の相対量」を比較する。
③④→ 赤彩確認部分の表面観察（微小部の拡大観察）を行い、塗彩面の状態を調べる。
⑤　→ No.５資料の胎土中に含まれる鉄分塊（高師小僧）と、ベンガラ（酸化鉄）と判明した試料の成分や粒子の状態を比較する。

調査の内容

微小部蛍光Ｘ線装置　による 含有元素の調査
文化財大型資料対応Ｘ線回折装置　による 含有結晶鉱物の調査
分析走査電子顕微鏡　による 表面微小部の粒子形状や含有元素の調査
実体顕微鏡　による表面微小部の観察

４　調査の結果と若干の考察

①②のNo.３・４については、鉄の含有が確認されたものの、非赤彩部分との明らかな違いが表れなかったため、成分の面からは赤彩が確実にあるとは言い難い。ただ、実体顕微鏡観察の所見からは、赤彩のある可能性は高いと思われる。

②のNo.１・２とNo.５については、赤彩部の鉄含有量が高く、前者は「ベンガラ」、後者はベンガラ又は粘土中の鉄分が着色材である。しかし、回折では赤鉄鉱の結晶を検出せず、「非晶質」であることがわかった。また、微小部観察によると、パイプ状粒子は含まない。こうした特徴は、No.５胎土中の赤変した高師小僧の調査結果と共通しており、⑤については、入手の安易さ、赤色発色の良さといった面も合わせて、可能性は十分考えられる。

③④については、比較資料がないため、今回の調査結果のみで結論を導き出すことができなかった。今後は、比較資料となるべき様々なケースの土器資料について、同内容の調査をおこなってデータを蓄積すべきであろう。

P 25

密閉して出土した須恵器蓋杯内の内容物 ― 塩利用の証拠 ―

○藤根　久（株式会社 パレオ・ラボ）
服部哲也（名古屋市見晴台考古資料館）

1．はじめに

古代における塩に関する記述は、製塩遺跡や製塩土器を伴う遺跡など限られた状況においてのみ取り扱われるのが一般的である。塩は、現代人においてそうであるように古代人にとっても必要不可欠なものであったが、遺跡調査において製塩に関する遺構や遺物などの記述はあるものの、塩利用の実体については明らかではなかった。

1997年9～10月に調査した愛知県名古屋市中区に所在する伊勢山中学校遺跡7次調査では、密閉した状態で須恵器製の蓋杯が出土した。この蓋杯内には、緑色片岩製の臼玉のほか、軽石や小石が多数入っていたことから、この須恵器蓋杯は祭祀に関わる遺物と位置付けられる。

この杯身内面には、暗オリーブ褐色で粘土質の付着物がほぼ全面に見られ、すべての臼玉や軽石などの表面にも付着していた。この粘土質物を水で溶いて顕微鏡で観察したところ、海藻に付着する珪藻化石が多く検出された。この海藻に付着する珪藻化石が多量に検出されたことから、この蓋杯内に塩が入っていた可能性を考えることができる。

ここでは、遺跡の概要とともに、この蓋杯内の内容物について記述し、塩利用の可能性について述べる。

2．遺跡概要と須恵器蓋杯の出土状況

伊勢山中学校遺跡は、名古屋市中区正木三丁目4番に所在する弥生時代から近世にかけて継続する複合遺跡で、これまで7次に渡って調査が行われている。遺跡は、熱田台地西端の島状に突出した標高約7～10mに台地上に位置する。

第7次調査では、主に古墳時代後期～奈良・平安時代の遺構および遺物が検出された。主な遺構としては、6世紀中頃と推定される住居跡、6世紀初頭と推定される住居跡、5世紀初め頃と推定される住居跡、須恵器蓋坏が出土した土坑（SK24）などである。

このうち土坑SK24は、6世紀中頃の住居跡などの3住居跡や複数のピットにより切られて検出された。このため平面形状は正確に把握できないものの、直径約1mほどの円形の土坑と推定された。この土坑は、深さ20～30cmの黒褐色粘土から構成されるが、土層の分層はできない。この黒褐色土中からは、底から10～15cmのところに完形で密閉した状態の須恵器蓋坏が水平に置かれた状態で出土した。このことから、この須恵器蓋坏は、投棄されたものではなく、意図的にこの場所に置かれたものであることが推定された。この須恵器蓋杯は、東山61号窯式と東山44号窯式の中間に位置付けられ、6世紀後半頃と考える。

3．須恵器蓋杯内の内容物

土坑SK24内から出土した須恵器蓋坏は、密閉した状態で出土した。蓋を開けたところ、臼玉6個のほ

か小石 127 個が入っていた。

このうち臼玉は、直径 9～10mm、厚さ 3.5～7mm の円筒形に 2.5～4mm の穴が開けられていた。いずれも同様の緑色片岩製であることから、1本の管玉を複数の臼玉に加工したことが考えられる。

また、臼玉以外の小石は、最大直径 28mm、最小直径 7mm の小石であり、軽石は円礫、その他は亜鉛礫であった。小石は、チャートあるいは珪質岩が 80 個と最も多く、その他軽石 13 個、泥岩 13 個、硬質砂岩 1 個、不明 20 個であった。なお、礫種の観察は、礫の付着状態を保存するために、付着物が剥がれている部分について実体顕微鏡を用いて観察した。

坏身内面あるいは臼玉や小石の表面には、暗オリーブ褐色などの粘土質物が付着し、光沢を放つ部分も見られた。

4．坏身内面付着物の分析とその結果

坏身内面に付着する粘土質物の一部を少量取り、水で溶いてスライドガラスに展開しカバーガラスを被せ、マニキュア用の溶剤トップコートをカバーガラスの周囲に塗布してプレパラートを作成した。作成したプレパラートは、生物顕微鏡を用いて倍率 600 倍～1000 倍で観察した。

その結果、珪藻化石が多く含まれ、安藤（1990）が設定した陸域指標種群の *Hantzschia amphioxys* や *Navicula mutica* など、小杉（1988）が設定した海水藻場指標種群の *Cocconeis scutellum* や *Synedra tabulata* などが多産した（第 1 表）。また、海水泥質干潟指標種群の *Navicula marina* や *Diploneis smithii* なども検出された。全体として海水藻場指標種群が約 31%、陸域指標種群が約 58%出現した。

5．考察

水平に置かれ、かつ密閉した状態で出土した須恵器蓋坏の坏身内面や小石表面には、暗オリーブ褐色の粘土質物が付着していた。これらを顕微鏡で観察したところ、海水藻場指標種群や陸生指標種群に属する珪藻化石が多産した。

森（1991）は、古墳時代～平安時代の製塩遺跡から出土した製塩土器内面に、同様のやや黒味を帯びた白色～灰白色の付着物が見られることに注目し、これら付着物中の珪藻化石について検討している。その結果、ここで検出されたのと同様の海水藻場指標種群の珪藻化石が多産することを見出し、土器製塩の海水濃縮過程において海藻が利用された可能性を指摘している。なお、陸域指標種群の珪藻化石が出現することは、製塩の作業過程の途中でその場で生育したものと推定される。

こうした事例を考慮すると、この蓋坏内には、海藻あるいは土器製塩により濃縮された塩が入っていた可能性が考えられる。なお、付着物は、坏身内面あるいは臼玉や小石の表面に一様に付着すること、粘土質物に光沢のある部分が見られること、仮に海藻を入れた場合、蓋杯内のスペースが少ない割りに珪藻化石の出現率が高いことから、製塩により作られた塩が入っていた可能性が高いものと推定される。

6．おわりに

塩は、食生活においてタンパク質、脂肪、炭水化物の三大栄養素とともに、人体機能の保全において必要不可欠なものである（平島、1973）。日本においては弥生時代以降、少なくとも農耕栽培により植物食を主体とした食生活が行われ、古代人においても塩が必要不可欠なものであったことは間違いない。かつて、塩が律令国家の下で管理がなされるなど、製塩あるいは塩が如何に大切な事柄あるいは物であったかが伺われる。こうした生活に不可欠な塩であるからこそ、祭祀においても塩が利用されたものと考えられる。

引用文献

安藤一男（1990）淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用．東北地理、42、p.73-88.
小杉正人（1988）珪藻の環境指標種群の設定と古環境復元への応用．第四紀研究、27、p.1-20.
平島裕正（1973）ものと人間の文化史 7「塩」．法政大学出版局、258p.
森　勇一（1991）珪藻分析によって得られた古代製塩についての一考察．考古学雑誌、76、3、p.62-75.

P 26

有孔鍔付壺形土器の赤彩に用いられた水銀朱

○小村美代子（パレオ・ラボ）
藤根　久　（同）

1．はじめに

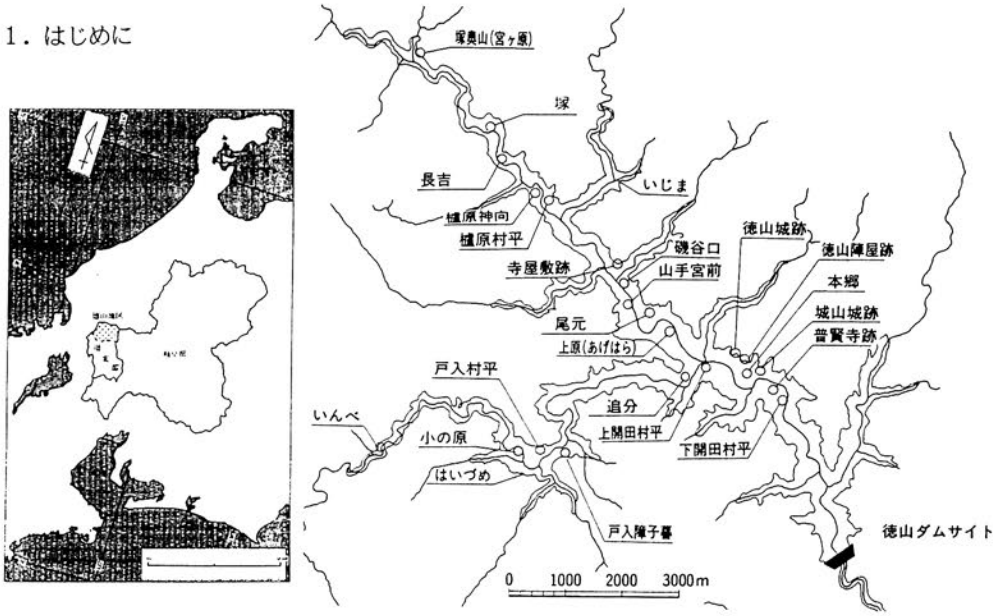


図１　塚遺跡の位置(篠田ほか、1998)

塚遺跡は、岐阜県揖斐郡旧徳山村に所在する縄文時代を中心とした遺構や遺物が検出される遺跡である。ここから赤彩された縄文中期有孔鍔付壺形土器が出土した。塚遺跡のある徳山地区では、こうもり穴、弘法穴と呼ばれる開始時期不明の水銀鉱山が最近まで鉱業されていた。また、丹生(にゅう)の語源に由来されるのではないかと言われる戸入(とにゅう)、門入(かどにゅう)、入谷(にゅうだに)という地名があることから(永江、1985)、古くからの水銀の生産地だった可能性が考えられる。近隣の縄文時代のいんべ遺跡や他遺跡においても、水銀朱が付着した磨り石が出土するなど、徳山地区が縄文時代からの水銀朱の生産地であった要素を示している。今回、出土した縄文中期有孔鍔付壺形土器の赤彩に用いられた赤色物を分析し、水銀朱の利用時期および水銀朱の生産地についての検討を行った。

2．試料と分析方法

[セロハンテープ剥離法による蛍光X線分析]

試料は、有孔鍔付壺形土器外側の赤彩に用いられた赤色物である。測定試料は、赤色部にセロハンテープを押し付け、セロハンテープの上から竹串を押し当て採取した。このセロハンテープ剥離法(大垣市教育委員会、鈴木元氏の提案による)は、遺物に付着する微量の赤色物を効率的且つ簡便に採取できる方法として有効である。測定装置は、セイコー電子工業(株)製のエネルギー分散型蛍光X線分析計 SEA－2001L である。赤色を呈すベンガラの鉄や水銀朱の水銀は重元素であるため、この装置は検出効率が高くこの種の顔料分析に有効である。

3．結果

塚遺跡出土縄文中期有孔鍔付壺形土器に赤彩された赤色顔料が明らかに水銀朱であることが分かった(図2)。なお、測定試料には純粋に赤色物のみではなく、土器表面に付着する土や土器胎土なども含まれる。そのため、水銀以外に検出された他の元素は、土器胎土及び表面に付着する土によるものと思われる。なお、ロジウム(Rh)のピークはX線発生部の管球(ロジウムターゲット)に由来するものであり、赤色物に含まれる元素とは関係がない(篠田ほか、1998)。

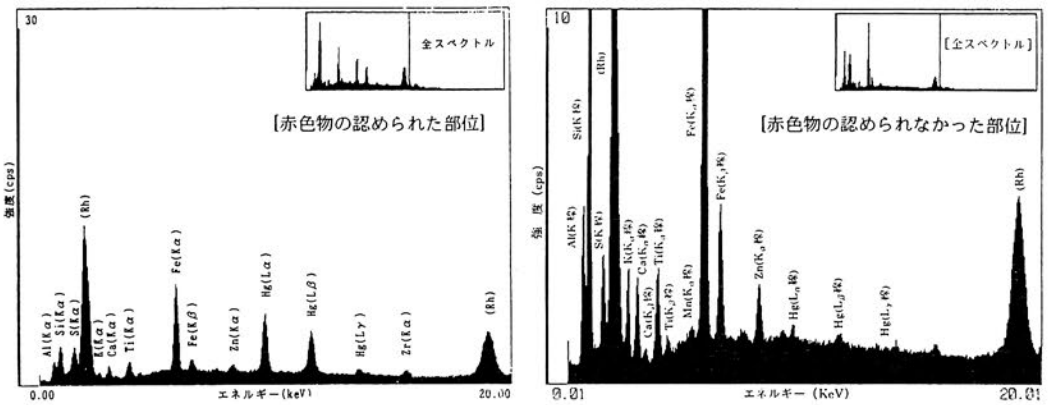


図2　赤色顔料の蛍光X線スペクトル図

Al:アルミニウム、Si:ケイ素、S:硫黄、K:カリウム、Ca:カルシウム、Ti:チタン、Fe:鉄、Zn:亜鉛、Hg:水銀、Zr：ジルコニウム、(Rh)：ロジウム(X線管球ターゲットから)

4．考察

今回の分析結果より、水銀朱が縄文中期有孔鍔付壺形土器の赤彩顔料として利用されたことから、これまでの水銀朱使用を更新するものであることが判明した。なお徳山地区は、東海地域において重要な水銀朱生産地として考慮する必要がある。徳山地区の他遺跡においても水銀朱の付着した磨り石などが出土したことから、その場で水銀朱を利用した痕跡があり、生産地的要素を高めるものである。

また、今回分析した有孔鍔付壺形土器の、赤色物が肉眼で確認できない外側の部分もセロハンテープ剥離法で採取して分析してみたところ、低いピークではあるが明らかに水銀が検出された(図2)。同様に赤色物が肉眼では確認できない内側の部分も分析したが、水銀は検出されなかった。このことから水銀朱による赤彩は外側のみ行われていたものといえる。

赤色物が一見確認されなかった遺物にも、水銀朱が残っていることが判明したことから、今後更に赤色顔料が塗布または付着していると考えられる遺物を、分析・検討してみる価値がでてきた。

謝辞　今回の発表において財団法人岐阜県文化財保護センターの方々に御協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

引用文献

篠田通弘、増子誠、安江祥司、小野木学、菱田量、植田弥生(1998)、『塚遺跡』、水資源開発公団・財団法人岐阜県文化財保護センター、219p.

永江秀雄(1985)、「門入と丹生の研究」、『徳山村－その自然と歴史と文化(2)－「徳山村の自然と歴史と文化を語る集い」編』、ブックショップ「マイタウン」、211～230p.

P 27

ベトナム産焼締陶器の化学的研究

大沢眞澄*・藤波朋子*・竹野綾*・二宮修治**
* 昭和女子大学文学部　** 東京学芸大学教育学部

ベトナム北部・中部の遺跡から出土する陶磁器（青花、青磁、白磁、鉄釉、緑釉など多種類にわたる）の自然科学的研究は、わが国において近年盛んになりつつある。これら資料の胎土・釉の化学組成の検討が中心であり、主成分元素はエネルギー分散型蛍光X線分析法で、微量成分元素は機器中性子放射化分析法などで求められ、いろいろと議論がなされている。

一方、1993 年以来ベトナム中部のホイアンを中心に無釉の日常雑器である焼締陶器（わが国で通例用いられている分類では炻器に属する）が大量に発見・出土している。このベトナム産の焼締陶器が日本においても長崎・堺・京都などの遺跡から発見されてきている。時代は 16 世紀から 17 世紀に及んでいる。これら資料の生産地・消費地間の関係が明らかになれば、当時の日本・ベトナム間の交流の実態にも迫ることが可能となろう。

日本、ベトナムで出土したベトナム産焼締陶器のうち、34 点につき機器中性子放射化分析により微量成分元素を定量し、クラスター分析に基づく生産地同定の結果は既に報告した（大沢眞澄・二宮修治・菊池誠一,『ベトナムの日本人町　ホイアンの考古学調査』, 昭和女子大学国際文化研究所紀要, 4 巻, 151-169(1998)）。今回は同一資料につき、その主成分元素組成、鉱物組成など胎土の材質を中心に検討した。

ベトナム産焼締陶器は外見上かなり粗な構造を示し、色もまた橙色に近いものから黒褐色にまで及んでいる。客観的なデータを知るために分光反射率、L * a * b * の測定も行った（ミノルタ分光色彩計 CG-404c 型を使用、測定径 4mm)。鉱物組成はX線回折法（粉末）により行ったが、殆どの資料が石英・ムライトの存在のみを示し（一部に長石、クリストバライト)、焼成が良好であることが認められた。参考のためベトナムの粘土についても検討したが、石英・長石・カオリナイトを含有し、日本のものと同様の組成であると推論される。

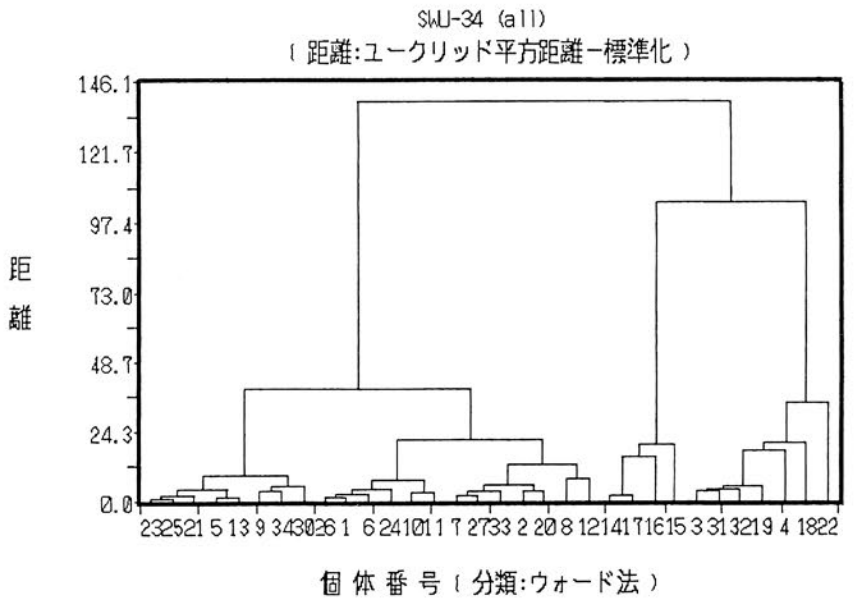
従来ベトナム産陶磁器の主成分元素に関してはエネルギー分散型微小部蛍光X線分析法を用いている報告が大半である。本研究の対象である焼締陶器は粗い組織を有しているので、切断面に沿った 3 ヶ所を径 3mm で測定を行い、その平均値を表に示す。セイコー電子工業製 SEA-2000 卓上型エネルギー分散型蛍光X線分析装置を用い、ファンダメンタルパラメータ法により計算を行い、さらに標準試料（和田峠小深沢産黒曜石を用いた）との比較も行った。定量した元素は Si、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K の 8 元素である。外見に拘わらず比較的均質な組成を示すことが認められる。

若干の試料について、外面、内面や断面の色相などを考慮して径 1.8mm、0.1mm の部位を測定した。組成の不均一さが認められる場合もある。鉱物粒子が存在する際は 0.1mm 径で測定を行った（セイコー電子工業製 SEA-5120 型マイクロエレメントモニタ使用)。

生産地の推定は、微量成分元素存在量（Rb、Cs、La、Ce、Sm、Eu、Lu、Th、Hf、Sc）と主成分元素存在量（Si、Al、K、Ti、Fe、Na）を変量としてクラスター分析により行った。その結果を樹形図として図に示す。先の微量成分元素を主とする結果と大体において一致した傾向が得られている。なお、ベトナム産でないことが判明した No.28、29 は今回は省いてある。

分析結果—蛍光X線分析（%）

		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
01	未イアン ディン・カムフォー地点	68.3	3.7	18.1	6.2	0.1	0.2	0.4	3.0
02	未イアン ディン・カムフォー地点	69.6	3.5	17.6	5.7	0.1	0.2	0.2	3.0
03	未イアン ディン・カムフォー地点	61.0	3.4	19.3	12.4	0.2	0.7	0.5	2.6
04	未イアン ディン・カムフォー地点	61.6	3.5	20.1	11.5	0.1	0.4	0.5	2.4
05	*フエ ミースェン窯跡 (16~17C)	66.9	3.8	18.9	6.1	0.1	0.3	0.6	3.1
06	*フエ ミースェン窯跡 (16~17C)	67.0	3.9	18.4	7.0	0.1	0.2	0.5	3.0
07	*フエ ミースェン窯跡 (16~17C)	67.5	3.6	18.4	7.5	0.1	0.04	0.2	2.7
08	*フエ ミースェン窯跡 (16~17C)	64.9	3.5	19.0	8.9	0.1	0.05	0.9	2.7
09	*フエ ミースェン窯跡 (16~17C)	65.6	4.0	20.2	6.1	0.1	0.1	0.6	3.3
10	フエ タインハー遺跡 (17C後半か)	67.6	3.8	18.1	6.2	0.2	0.6	0.2	3.4
11	*フエ フックテック窯跡 (時代不明)	67.5	3.8	18.6	5.9	0.2	0.2	0.8	3.1
12	*フエ フックテック窯跡 (時代不明)	68.9	3.1	18.3	6.2	0.1	0.01	0.2	3.2
13	*フエ フックテック窯跡 (時代不明)	66.4	3.8	19.9	6.2	0.2	0.2	0.4	2.9
14	クァンビン省 ミークォン遺跡 (17C後半)	66.2	2.9	20.9	6.0	0.1	0.1	0.4	3.4
15	クァンビン省 ミークォン遺跡 (17C後半)	69.6	3.5	18.3	5.4	0.1	0.00	0.2	2.9
16	クァンビン省 ミークォン遺跡 (17C後半)	61.9	3.0	21.6	9.8	0.1	0.0	0.3	3.2
17	クァンビン省 ミークォン遺跡 (17C後半)	65.7	3.0	21.2	6.2	0.1	0.2	0.1	3.6
18	長崎 長崎市内遺跡	58.9	3.8	24.7	9.4	0.1	0.3	0.5	2.3
19	長崎 長崎市内遺跡	58.7	3.6	21.9	12.1	0.2	0.6	0.4	2.5
20	堺 環濠都市遺跡 (1595~1615年)	65.8	3.5	19.2	.7.7	0.1	0.1	0.6	2.9
21	堺 環濠都市遺跡 (1595~1615年)	66.3	4.0	20.2	5.2	0.1	0.1	0.6	3.4
22	堺 環濠都市遺跡 (1595~1615年)	63.4	3.8	20.9	8.6	0.1	0.4	0.3	2.5
23	堺 環濠都市遺跡 (1595~1615年)	67.2	3.9	19.7	5.0	0.1	0.1	0.4	3.4
24	京都 京都市内遺跡 (17C)	66.1	3.9	19.2	6.1	0.1	0.2	1.0	3.3
25	京都 京都市内遺跡 (17C)	67.0	3.9	20.0	4.9	0.2	0.1	0.5	3.4
26	京都 京都市内遺跡 (17C)	65.3	3.6	18.8	8.4	0.1	0.4	0.4	3.0
27	京都 京都市内遺跡 (17C)	67.8	3.3	18.2	7.5	0.1	0.07	0.1	2.9
28	京都 京都市内遺跡 (17C)	67.9	2.8	15.7	10.3	0.2	0.1	0.4	2.6
29	京都 京都市内遺跡 (17C)	72.5	2.2	16.6	5.6	0.1	0.5	0.4	2.2
30	京都 平安京左京六条三坊七町遺跡 (17C)	67.2	3.9	20.0	4.8	0.2	0.2	0.4	3.3
31	未イアン郊外 タインチェム遺跡 (時期不明)	60.0	3.3	20.4	12.7	0.2	0.5	0.4	2.5
32	未イアン郊外 タインチェム遺跡 (時期不明)	61.4	3.3	19.1	12.2	0.2	0.7	0.6	2.4
33	*クァンチ省 フックリー窯跡(17~18C?)	66.9	3.4	16.7	9.6	0.2	0.07	0.7	2.5
34	*クァンチ省 フックリー窯跡(17~18C?)	63.9	4.0	20.9	6.5	0.1	0.06	1.1	3.3



分析結果による樹形図—クラスター分析

P 28

北部タイ窯跡採集陶磁器の素地観察

― Wiang Bua, Ban Bo Suak, Phan窯を対象として ―

佐々木 達夫（金沢大学），向井 亘（金沢大学大学院社会環境科学研究科），
楠 寛輝（松山市教育委員会）

1．はじめに

近年アジア各地のみならず日本国内でも、タイ陶磁器が中世の遺跡から出土することが多くなった。タイ国内で窯跡の発掘も増加しつつあることから、美術品や遺跡出土品と窯跡出土資料の比較検討も進められている。しかし、各地の遺跡から出土するタイ陶磁器が、どの窯跡で焼かれたかを推定することは、まだそれほど容易なことではない。

そこで今回は、まず窯跡出土の破片を肉眼観察して形態分類や特徴的な性質を図化・記述し、さらに素地を偏光顕微鏡観察して素地の定性的な特徴を捉える。その後、偏光顕微鏡観察で得られた素地の画像をコンピュータを用いて画像処理し、線画化および定量化する。この方法は考古学や美術史の日常的な観察に近い方法であり、しかも肉眼観察よりも客観的であることが特徴である。

本論で扱う資料は、北部タイのバン・ボスアック(Ban Bo Suak)，ヴィアン・ブア(Wiang Bua)，パーン(Phan)窯跡の出土品である。また本論は、東南アジア陶磁器の素地データベースを作成し、産地推定や製品の特徴を浮かび上がらせる、「東南アジア陶磁器素地分類研究」の一部である。なお今回報告する分析資料は、北部タイ地域諸窯のうちの３地点から岸良鉄英氏が採集したものである。３地点の窯跡における資料採集の状況は、すでに報告されている(岸良 1995)。

2．資料の肉眼観察

a．ヴィアン・ブア窯跡採集資料　青磁と無釉陶磁器があり、素地は同一で質が粗い。dark gray素地が最も多い。素地中には白色粒子と黒色粒子を含み、加えて多量の赤色粒子を含む場合がある。

b．バン・ボ・スアック窯跡採集資料　青磁、褐釉陶磁器、釉下黒彩陶磁器、窯道具がある。このうち、青磁、褐釉陶磁器、釉下黒彩陶磁器の素地は大部分が同一で、質が粗い。色はdark grayが最も多い。素地中には白色粒子と黒色粒子を含み、加えて褐色／赤色粒子を含む場合がある。

c．パーン窯跡採集資料　青磁と窯道具がある。青磁の素地は大部分が同一であるが、窯道具の素地とは異なる。

3．資料の偏光顕微鏡観察結果（表１、グラフ１）

全てに共通して、鉱物組成の大部分が石英で構成されることが分かった。石英のみといってもよいほど単純な鉱物組成である。そのため観察では石英を特に重視した。一般に、これほど単純な鉱物組成は地球上に存在しない。石英やジルコンは風化に非常に強い鉱物であるから、陶磁器製作に適した風化の進行した粘土を選択して使用したためであろう。このように、今回の資料の陶磁器素地には、製作者の選択が大きく働いており、偏光顕微鏡観察によって得られる陶磁器素地の特徴は、産地の一般的地質よりも製作技術を反映していることが分かる。

３窯跡を比較した全体の傾向として、バン・ボ・スアック窯跡採集資料は、鉱物粒子の粒径および量とも最大である。パーン窯跡採集資料は、鉱物粒子の量はバン・ボ・スアックと同程度だが、粒径はバン・ボ・スアック窯跡最終資料より小さい。ヴィアン・ブア窯跡採集資料は、鉱物粒子の粒径ではパーン窯跡採集資料と同程度、量は他の２窯跡採取資料よりも少ない。また３窯跡資料とも、製品の素地は、同一窯跡資料中でほぼ均一である。窯道具の素地は、バン・ボ・スアック窯跡採集資料の窯道具の素地のように、同一窯跡資料中でばらつきが見られる。

a．ヴィアン・ブア窯跡採集資料　観察した全資料が製品で、ヴィアン・ブアに分類される。全てに化粧土を確認。

b．バン・ボ・スアック窯跡採集資料　製品は、そのほとんどが石英が非常に汚れている（傷ついている）ことが特徴的なⅠ類で、一部、鉱物の量がかなり少ないⅡ類、鉱物粒子の粒径が極端に小さいⅢ類に分類される。窯道具は、珪質岩が多いⅣ類、基質が粒状化しているⅤ類、Ⅰ類ほどではないが多少の傷が石英に見られるⅥ類に分類される。

c．パーン窯跡採集資料　全ての製品は、珪質岩が多数含まれることが特徴的なⅠ類、窯道具は、極端に大きな石英粒子が含まれ、その粒子に著しいひびが見られるⅡ類に分類される。

3．討論・肉眼観察と偏光顕微鏡観察の比較

肉眼観察での素地の粗さは、基本的に偏光顕微鏡でも粒子の粒径の大きさとして確認されるなど、主観が入らざるを得ない肉眼での素地の精粗判断が、偏光顕微鏡観察と対応し、客観的数値で説明できる可能性が期待できる。ただし、肉眼観察で確認した含有物について、偏光顕微鏡では対応する含有物を見ることができないなど、肉眼で「見た」対象の全てを、顕微鏡観察で説明することができるわけではない。逆にいうと、肉眼観察で見たと思ったものは、いったい何だったかという問題もある。同じ鉱物の表面の汚れ等の状態を、別の種類の混じり物として観察している可能性もある。

今回の偏光顕微鏡観察の報告では、同じ産地で作られた陶磁器の素地に関する数値の幅にも注目した。この点は、ヴィアン・ブア、パーン窯跡採集資料で、一定の成果を示した。しかし、バン・ボ・スアック窯跡採集資料(Ban Bo Suak-9)のように、同一採集地でも素地が他と著しく異なる(肉眼・顕微鏡)資料が存在した。今回の資料は産地が判明しているという前提で分析しているが、窯跡で表面採集された資料が全てその地で生産されたものでない可能性もある(尾崎 1995)。

同一産地製品の素地に関する分析数値の広がりが明らかになると、消費地遺跡から出土する陶磁器の産地推定を、客観的数値によって判断することができる。同じ生産地でも、時代的に素地が変化することがあるが、それに対応する分析データをそろえることも必要である。

陶磁器素地には製作者の粘土選択の意図が働き、産地付近の一般的な地質と異なる、特定の粘土を使用するのが一般的である。窯跡付近の粘土と製品素地の比較も必要であるが、実際には生産当時の粘土を特定して採取することが困難である。素地形成の復原も重要であるが、実際にはどのように粘土を扱ったかが不明なため推定部分が多くなる。こうした面の研究の進展と切り離して、素地そのものの分析を進めることが現在の研究を推進するには必要となる。周辺の窯跡出土資料の追加、北部タイ地域の岩石学的特徴の調査なども並行して進めることがらである。

4．結論

タイ窯跡採集品の素地を偏光顕微鏡を用いて観察し、それぞれの素地の特徴をとらえることができた。さらに他窯跡出土品の分析データを追加することにより、消費地遺跡出土資料の生産地推定、及び特徴や性質を考えるうえで、有効なデータとして生かされるであろう。

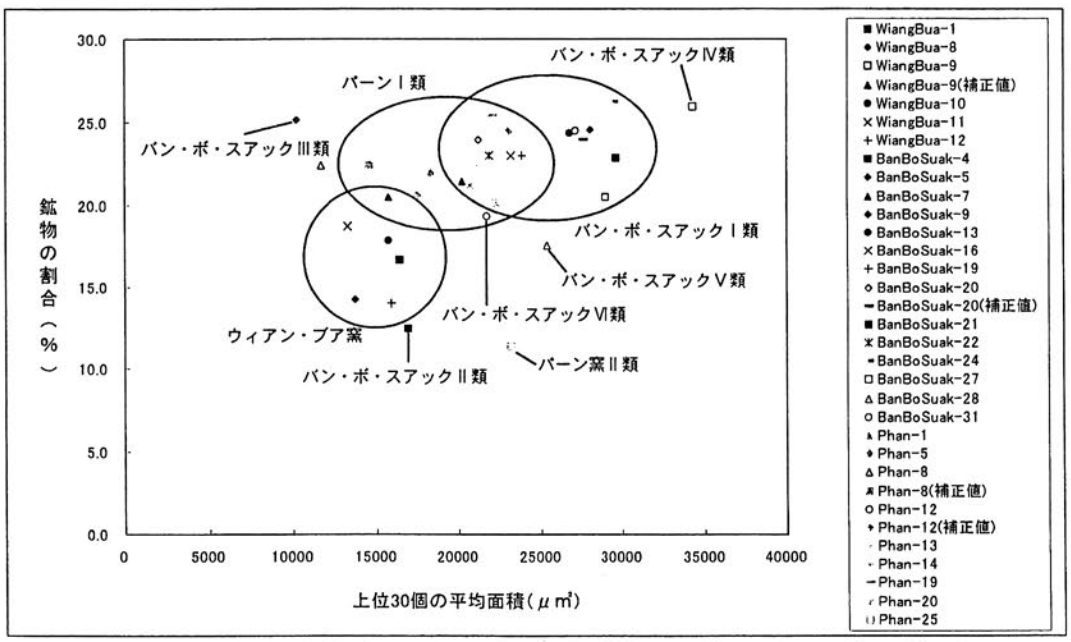
（参考文献）

岸良鉄英 1995「ラーンナー古窯址探訪記(1)～(3)」『陶説』505(1):68-74, 506(2):69-77, 507(3):60-66

尾崎直人 1995 「タイ・カンボジアの古窯址」『タイ・カンボジアの陶磁』福岡市美術館, 145-159

遺物番号	顕微鏡観察による特長	分類	基質 (Pixel:a)	基質 (a/d:%)	空隙 (Pixel:b)	空隙 (b/d:%)	鉱物 (Pixel:c)	鉱物 (c/d:%)	合計 (a+b+c=d)	総数 (Pixel:e)	再現率 (d/e:%)	最大粒子の面積(μm2)	上位30個の平均面積 (μm2)	上位30個の平均面積 (補正値：μm3)
WiangBua-1	石英の傷や珪質岩 (白化粘土有)	ヴィアン・ブア	1854366	68.8	392632	14.6	448400	16.6	2695398	2695398	100.00	82356	16440	16440
WiangBua-8	石英の傷や珪質岩 (白化粘土有)	ヴィアン・ブア	1895716	70.3	418381	15.5	383143	14.2	2697240	2697240	100.00	50063	13706	13706
WiangBua-9	石英の傷や珪質岩 (白化粘土有)	ヴィアン・ブア	1790892	66.4	353337	13.1	553011	20.5	2697240	2697240	100.00	401517	28973	15765
WiangBua-10	石英の傷や珪質岩 (白化粘土有)	ヴィアン・ブア	1830196	67.7	393131	14.5	481989	17.8	2705316	2705430	100.00	101262	15737	15737
WiangBua-11	石英の傷や珪質岩 (白化粘土有)	ヴィアン・ブア	1823630	67.2	381308	14.1	508682	18.7	2713620	2713620	100.00	34525	13293	13293
WiangBua-12	石英の傷や珪質岩 (白化粘土有)	ヴィアン・ブア	1852789	69.0	456299	17.0	376296	14.0	2685384	2685384	100.00	48562	15917	15917
BanBoSuak-4	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1735907	64.4	343549	12.7	615942	22.9	2695398	2695398	100.00	200252	29628	29628
BanBoSuak-5	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1582798	60.9	376869	14.5	638445	24.6	2598112	2598112	100.00	129458	28063	28063
BanBoSuak-7	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1666738	64.2	372245	14.3	557481	21.5	2596464	2596464	100.00	92336	20210	20210
BanBoSuak-9	石英に傷無く、粒も小さい	バン・ボ・スアックⅢ類	1829164	67.9	188512	7.0	677713	25.1	2695389	2695328	100.00	22435	10230	10230
BanBoSuak-13	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1687329	62.6	353045	13.1	655024	24.3	2695398	2695398	100.00	159844	26807	26807
BanBoSuak-16	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1742094	64.6	333173	12.4	620131	23.0	2695398	2695338	100.00	71484	23219	23219
BanBoSuak-19	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1743853	64.7	332541	12.3	619004	23.0	2695398	2695398	100.00	52903	23851	23851
BanBoSuak-20	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	989064	61.7	229669	14.3	383590	23.9	1602323	1602323	100.00	138626	21245	27593
BanBoSuak-21	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅡ類	2069547	76.8	289761	10.8	336090	12.5	2695398	2695398	100.00	67954	16969	16969
BanBoSuak-22	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1759337	65.3	316878	11.8	619183	23.0	2695398	2695398	100.00	144509	21863	21863
BanBoSuak-24	石英に著しい傷	バン・ボ・スアックⅠ類	1594826	60.5	349780	13.3	693017	26.3	2637623	2637618	100.00	174814	29500	29500
BanBoSuak-27	珪質岩が多い	バン・ボ・スアックⅣ類	1087274	40.3	907882	33.7	700242	26.0	2695398	2695398	100.00	110146	34275	34275
BanBoSuak-28	製品aに類似 (石英に多少の傷、基質が粒状化)	バン・ボ・スアックⅤ類	1683301	62.5	538837	20.0	473260	17.6	2695398	2695398	100.00	128241	25384	25384
BanBoSuak-31	製品aに類似 (石英に多少の傷)	バン・ボ・スアックⅥ類	1747079	64.8	427676	15.9	520643	19.3	2695398	2695398	100.00	69455	21717	21717
Phan-1	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1895875	70.3	205812	7.6	593711	22.0	2695398	2695398	100.00	42355	18333	18333
Phan-5	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1934212	71.8	205011	7.6	554937	20.6	2694160	2694160	100.00	39799	17495	17495
Phan-8	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1339806	69.9	147888	7.7	429012	22.4	1916706	1916695	100.00	38541	11652	14631
Phan-12	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1853847	68.6	185613	6.9	661875	24.5	2701335	2701335	100.00	133312	27130	23085
Phan-13	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1941331	72.0	181861	6.7	573292	21.3	2696484	2696484	100.00	74851	20746	20746
Phan-14	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1877851	69.8	208862	7.8	602748	22.4	2689461	2689461	100.00	56067	21176	21176
Phan-19	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1762890	66.5	214317	8.1	674199	25.4	2651406	2651406	100.00	67873	22037	22037
Phan-20	珪質岩が多い	バーンⅠ類	1988520	73.8	163717	6.1	543283	20.2	2695520	2695520	100.00	69049	22352	22352
Phan-25	石英がとても大きい	バーンⅡ類	2038394	75.5	354392	13.1	306698	11.4	2699484	2699484	100.00	421072	23186	23186

表１　偏光顕微鏡観察結果



グラフ１　鉱物の割合と、面積の大きい鉱物粒子上位30個の平均面積の比

P 29

平安初期の京都における金属工房の使用材料

長谷川雅啓（京都造形芸術大学大学院）　吉川義彦（関西文化財調査会）
河野益近（京都大学工学部）　○内田俊秀（京都造形芸術大学芸術学部）

1.はじめに

試料が出土した場所は、京都市右京区西院巽町、西淳和院町に所在する「淳和院跡遺跡」である。発掘調査は、1992 年 11 月から 1993 年 3 月にかけて、関西文化財調査会により行われた。淳和院は 823 年から 833 年にかけて在位した淳和天皇の後院で、平安京第 4 代の天皇でもある。報告書によると遺跡は、この天皇に関連の強い工房であることが伺われることから、素材や技術についても、官営の色彩が強いと言えよう。

遺跡は、大きく分けると 3 つの層位からなり、今回の試料である銅製遺物の年代は、一緒に出土した土師器の断片から平安時代初期と見られている。試料は、遺物が大量に出土した第 3 層の遺構 SD196 からのものである。SD196 は、淳和院跡地を東西に走る溝であり、鋳型、銅製品、炭が多数出土した。また、この溝中の埋土を水洗した結果、多量の銅粒等が検出された。

今回の発表は、大量に出土した銅粒等の化学成分の傾向を調査する中で得られた知見である。なお、銅粒にはばらつきがあるが、平均直径約 4 ㎜、平均重量約 0.3ｇである。

銅粒は、金属を溶解し鋳型に注ぐなどの作業中に発生するもので、失敗したときにも発生する。また鋳型に差し込んだ状態で発見される物もあり、これらは通常、回収され再度溶解し地金に供された。別の原因としては、溶解前の準備工程の一つとして、溶け易くするためにインゴット等を小型の粒に再凝固させることも知られている。

2.試料と実験方法

分析に供した試料は、80 点である。試料を観察するにあたり、表面をエメリー紙（120 番～2000 番）で研磨、アルミナパウダーを用いてバフ研摩で鏡面に仕上げ、超音波洗浄を行った後測定に供した。

今回の実験には、京都造形芸術大学に設置されている、エネルギー分散型蛍光X線装置（テクノス社製 TREX640S）を使用した。測定条件は次のとおりである。

・X線管電圧：45kv
・X線管電流：1.80mA
・測定時間：300sec
・コリメーター：0.3mm

3.結果と考察

図（1）に示すように、合金を形成している砒素と銅に着目した結果、一つの特徴が見られた。約 90%の試料に砒素が含有されていることからも、銅-砒素合金が背景にあったということが伺える。これらの合金や錫や鉛を含有する合金が本遺跡で調整されたのか、あるいは外部から持ち込まれた物なのか意見が分かれるところである。可能性としては、銅-砒素合金を母材とし、そこに他の金属元素を添加することにより、合金の幅を広げていったということが想定できる。

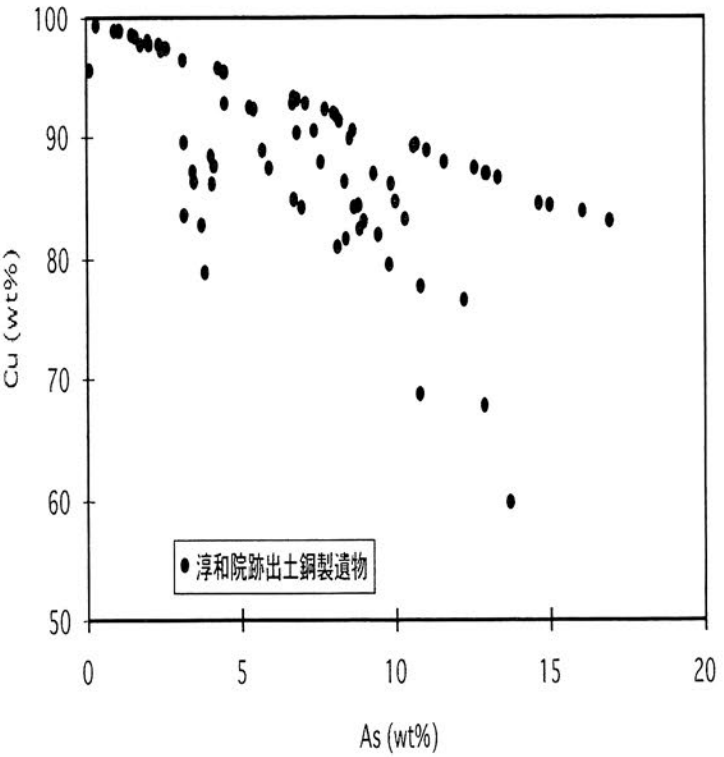


図1.淳和院出土銅粒等の銅、砒素含有率

『参考文献』

関西文化財調査会　吉川義彦：淳和院跡発掘調査報告書　平安京右京四条二坊：1997

P 30

青銅製鋤先の材質調査

－福岡市内出土例を中心として－

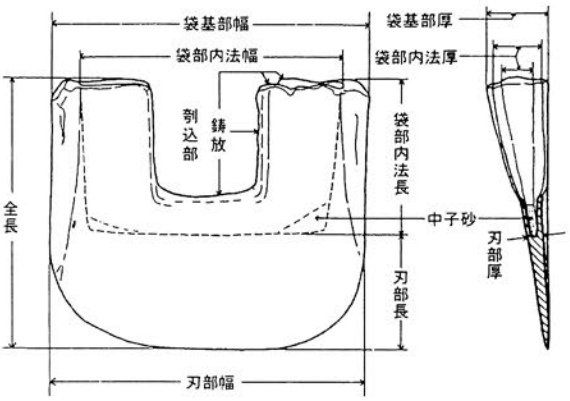
○比佐陽一郎・片多雅樹（福岡市埋蔵文化財センター）
横田義章（九州歴史資料館）

◆はじめに

青銅製鋤先は弥生時代の北部九州に分布する青銅器の一種である。しかし剣や矛、戈といった武器形祭器、あるいは鏡、銅鐸などに比べると、それほど注目されているとはいえず、用途についても断定されるには至っていない。今回は福岡市内とその周辺部から出土した資料について、蛍光X線分析装置による材質調査を行い、用途や製作地の解明等、研究の基礎データとすることを試みた。

◆青銅製鋤先の概要と研究史

青銅製鋤先は幅 10cm 弱程度の平面凹字形を呈した青銅器で、平面形に沿って柄を差し込む袋部を有する。長さは刃部から袋部まで含め、5cm 程度のものから 10cm 近いものまで様々であるが、これについては使い減りによる刃部の短小化が影響しているものと考えられる。



青銅製鋤先と各部の名称（柳田論文より）

柳田康雄氏は早くからこの遺物に着目し、数度の論考を重ねた後、1980 年にその集大成というべき論文を発表した。それによれば、時期的には弥生時代後期を中心とし、分布は、そのほとんどが北部九州に集中すること、墓地に副葬された明確な例はなく、多くは住居跡や土壙、溝からの出土であることが示された。用途については、実用品でありながらも材質や大きさから「儀器的性格の強い穴掘り、すなわち墓穴掘り」の道具とする説を導き出している。その後これを覆すような事例の発見や、新たな説の提唱は見られない。

保存科学の分野を見ると、武器形祭器や銅鐸等は過去多数の分析例があるが、青銅製鋤先の調査例は少なく、現在確認しているのは、1978 年、沢田正昭氏により佐賀県千塔山遺跡出土例５点が、また 1999 年、中山光夫氏により北九州市光照寺遺跡出土例１点が分析・報告されたもののみである。いずれも非破壊による蛍光 X 線分析で、前者は定性分析により主要成分、銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)の他、銀(Ag)、砒素(As)、アンチモン(Sb)などの微量成分が示され、後者では銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)に加え、鉄(Fe)、カルシウム(Ca)、マンガン(Mn)、アンチモン(Sb)、砒素(As)、オスミニウム(Os)、ヨウ素(I)が定量値で示されている。

◆分析方法

分析は福岡市埋蔵文化財センターの蛍光X線分析装置を用いて実施した。文化財の蛍光 X 線分析については、様々な分析機器の中でも比較的容易に材質調査ができる装置として広く普及している一方、非破壊が前提となることから問題点も指摘され、最近では村上隆氏が分析方法や目的の設定、データの解釈等について注意を促している。今回の作業も完全非破壊による表面分析であり、結果は検出された元素の X 線強度比を勘案した定性分析に止めた。当センターには平成 11 年４月から、微小領域用エネルギー分散型(EDX)と、大型資料用波長分散型(WDX)の２台の蛍光X線分析装置が稼動している。前者は分析範囲が 0.3mm φと非常に小さいため、１資料について複数箇

所の分析場所を選定し実施した。後者は分析範囲が 20mm φと大きく、資料の平滑な部分を任意に選んで分析を行った。しかし照射面積に満たない小片は分析対象から外すなど、全点に対して行っていないこともあり、EDX のデータを主とし、WDX はクロスチェック用と位置付けている。装置の条件は下記の通り。

微小領域用エネルギー分散型蛍光X線分析装置（エダックス：*Eagle μ probe*）

管球：モリブデン(Mo)／検出器：半導体検出器／印加電圧・電流：35 ～ 40kV・20 ～ 100 μA ／測定時間：500 秒／測定雰囲気：真空

大型資料用波長分散型蛍光X線分析装置（フィリップス：*PW2400*）

管球：スカンジウム(Sc)／印加電圧・電流：60kV・50mA ／分光結晶：フッ化リチウム／測定雰囲気：真空

◆結果

作業にあたり資料の集成を行ったところ、福岡県内で 29 遺跡 48 点の類例を確認し、そのうちの市内 14 遺跡 29 点、市外 7 遺跡 7 点の分析を行った（遺跡と分析結果の一覧は紙幅の関係でここでは割愛し、ポスターにて示す）。その結果、対象となった全ての資料について主要成分として銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)が検出され、「青銅製」という名称の的確さが再確認された他、それ以外には砒素(As)、銀(Ag)、アンチモン(Sb)が、更に WDX ではビスマス(Bi)の微小ピークも確認された。この他全資料で鉄(Fe)が見られるが、一部の資料に見られるマンガン(Mn)やニッケル(Ni)とともに、元々含まれたものか残留埋土に由来するものか判断が付かないため結果には含めていない。個体や測定場所でピーク強度は異なるものの、全点同じ組成を示したといえる※。これは沢田氏による鋤先の分析データとも共通し、その他過去の弥生時代の青銅器分析結果と矛盾するものも特に見られない。

また、儀器的性格の資料といえば赤色顔料、特に水銀朱(HgS)が用いられる例が多いが、今回対象とした青銅製鋤先の場合、肉眼観察では赤色の小点の見られる資料もあったものの、分析の結果、銅のピークが強く観察されるのみであり、銅錆の一種と考えられるものであった。この点からは「儀器的」要素は見て取れない。ただし、湯納遺跡の 1 点では WDX で水銀のピークが観察された。ところが顕微鏡観察でも赤色の粒子等は見られず、何に起因するのか現時点では不明である。

福岡市及びその周辺は『(通称) 魏志倭人伝』に記されたクニグニが点在し、鋤先以外にも多くの青銅製資料が出土している。しかしこれまで設備が無かったこともあり、地元での保存科学的な調査はそれほど進んでいるとはいえない状況にあった。これを機に様々な資料についてデータの採取・蓄積を行い比較検討を進めていきたいと考える。

※同じような組成といいながらも、保存科学的に見ると大きく 2 種類に分類することができる。一つは表層が残存し表面の使用痕も明瞭に見えるものの内部は粉状に腐蝕した層構造を呈し、色調は全体が緑青色を呈するタイプ。もう一つは、表層はアバタ状に一皮溶解したような状態で使用痕は観察できないものの、層構造にはならないもので、赤銅色を残しているタイプ。これらは低湿地の遺跡から出土するものによく見られる。表面観察を裏付けるように、分析でも後者は銅のピークが非常に強く表れ、相対的にそれ以外の元素は弱いピークとなっている。

参考文献

柳田康雄 1980「青銅製鋤先」『鏡山猛先生古希記念古文化論攷』鏡山猛先生古希記念論文集刊行会

村上隆 2000「蛍光 X 線分析における諸問題」『保存科学研究集会 2000』非破壊手法による考古資料の分析・観察 奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター

平尾良光編 1999『古代青銅の流通と鋳造』鶴山堂

沢田正昭 1978「青銅製鋤先の蛍光 X 線分析」『千塔山遺跡』基山町遺跡発掘調査団

中山光夫 1999「北九州市八幡西区香月・光照寺遺跡出土の青銅製鋤先の金属学的調査」『光照寺遺跡 2』北九州市埋蔵文化財調査報告書 234 集 （財）北九州市教育文化事業団埋蔵文化財調査室

P 31

朝日谷2号墳出土銅鏃の形状と製作技法の相関関係について

○渡辺智恵美　菅井裕子（(財)元興寺文化財研究所）
梅木謙一（(財)松山市生涯学習振興財団埋蔵文化財センター）

1. はじめに

わが国では前期古墳に大量の銅鏃が埋納されている例が散見される。朝日谷2号墳もその一つである。朝日谷2号墳は愛媛県松山市に所在する前方後円墳で、松山平野北西部の大峰ヶ台丘陵に営まれた前期古墳である。この古墳からは、銅鏡2面（二禽二獣鏡、斜縁二神二獣鏡）をはじめ大刀、鉄剣、鉄斧、鉄鏃等とともに 44 点の銅鏃が出土している。これらは有稜系[1]と呼称される銅鏃で、鏑や端面を入念に研磨加工し、法量的にも規格化された、『明らかに政治的意図を持って製作、配布された』[2]と考えられる系統に属するものである。

今回は規格化された銅鏃であることを考慮し、同笵の有無や製作方法等について考古学的側面と自然科学的側面（鉛同位体比分析およびケイ光X線分析）の両方から調査を行った（鉛同位体比分析についてはポスター32 で報告されています）。

2. 銅鏃の残存状態と製作技法

出土した 44 点の銅鏃は残存状態が非常に良好で、部分的にブロンズ病に侵されていたが白銅色の金属質光沢を有するものが多かった。また表面に黒い膜状の物質や赤色顔料が付着しており、保存処理に伴う調査で前者は漆膜、後者は水銀朱であることが判明している。形式的には腸抉を持たない柳葉式 43 点と腸抉柳葉式 1 点に分類され、柳葉式は鏃身の外形線が緩やかなS字状曲線を成し、中軸に縦一文字の鏑を有するタイプである。鏃身の長短によって 39 ミリ前後の一群と 35 ミリ前後の一群に分類され、前者はさらに身幅の大小によって分類が可能である[3]。丁寧に整形されており、鏃身表面や茎に研磨痕が認められる。研磨痕の粗密から最低 2 種類の工具が使用されたことが推定できる（鏃身は非常に細かな研磨がなされているのに比して茎は粗い）。また茎は面取り（8～12 面）をしながら研磨されている。一部に未調整の鋳肌や鋳バリが認められることから、整形のための研磨による形状の変化はあまり大きくないと考えられ、鋳型にいくつかのバリエーションがあったものと推定できる。茎端面にはタガネ状工具を用いて切断されたと考えられる痕跡が認められる。

銅鏃の製作工程を大まかにみると、①鋳型の製作、②鋳造、③整形、④研磨の4段階に分けることができる。鋳型に関しては、この時期に属するものが発見されていないため断定はできないが、弥生時代から行われている連鋳式（型を一列に配する）、あるいは湯口が一つで放射状に型を配するタイプが存在すると思われる。朝日谷2号墳出土銅鏃の茎には基部（鏃身と茎の境目）と端部の太さが同じもの、基部から端部にかけて徐々に細くなるもの、端部が尖っているものの 3 種類が確認できる。前2者はいずれもタガネ状工具で切断されたと考えられる。端部が尖っているもののうち1点に鋳込みの際に湯が足りなかったと思われる状態が認められることから、連鋳式の鋳型であった可能性がある。鋳型の素材については不明である。また茎側面に鋳型のズレによって生じたと考えられるバリ状の痕跡を留めているものがあることから、2枚の鋳型を合せて鋳込む「合せ型」であったと考えられる。一回の鋳造に際して何本の鏃が鋳込まれるかについては、詳細に言及されていることが少ないが、連鋳したまま切断されていない鏃を参考にすると4～5本程度と考えられる。鋳型から取り外した直後の整形は、茎や鋳バリの切断と大まかな形状の調整をタガネ状工具で行ったものと考えられる。最後に鏑の研ぎ出しや鏃身表面の研磨、関、茎部等の調整を行っている。

3. 銅鏃の分類

法量等を参考にしながら柳葉形銅鏃の分類を試みた。

まず、身部長と関角平均(左右で角度が若干違っているため平均値を使用した)および関幅と関角平均をプロットした結果、大まかに3つのグループに分けることができた(図1)。つぎに身部長、関角平均、関幅、最大幅、最小幅を要素にレーダーチャートグラフを作成した結果、大まかに5つのグループに分けることができた(写真1)。さらに要素を増やしたグラフと断面形についてそれぞれ比較した結果、同笵と思われる鏃が確認できた。

4. 銅鏃の形状と金属組成

金属組成を確認するためにケイ光X線分析および鉛同位体比の測定を行った。ケイ光X線分析については表面的な調査と鉛同位体比の測定に用いた試料の測定を行った。後者の結果より、朝日谷2号墳出土銅鏃は銅74～85%、錫7～21%、鉛4～12%を主成分とする青銅製で、微量成分として砒素、アンチモン、銀を含有していることが判明した。また№23とNo.37については鉛含有量が他と比して高く、錫含有量が低いという結果であった。この2点については形状的にも他と異なっており、製作時の状況が反映されていると考えられる。また№37については鉛同位体比も他と異なっているという結果がでており興味深い。つぎに鉛同位体比の測定結果と形状との相関関係について記す。鉛同位体比の値を細分すると銅鏃は8つのグループに分類できる(腸抉形を含む)。これらを形状と比較すると、大まかにA:身長が長く身幅の広いタイプ、B:中間の大きさでやや身幅の狭いタイプ、C:鏃身長が短く身幅の広いタイプの3グループと鉛同位体比の値がそれぞれ一致した。

5. おわりに

今回の調査では、銅鏃の形状と材質(金属組成)の相関関係の有無を探るとともに、製作に際して考えられるいくつかの疑問を想定し、解明を試みた(同笵品の同定、鋳込みの回数とグルーピング、製作順序の構築等)。形状と材質との間には関係があること、いくつかの鏃で同笵が確認できたが、鋳込みの回数などは現時点では解明するに至らなかった。今後の課題としたい。また最初に述べたようにこれらの銅鏃は規格性を持つものであり、他の古墳の出土品との比較によって原料の供給先や流通経路について解明できるものと考えている。

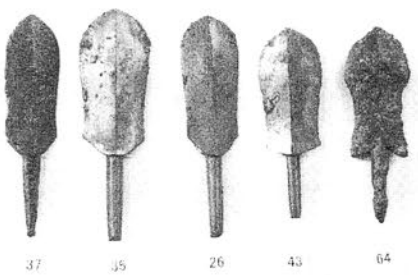


写真1　法量・形状による分類

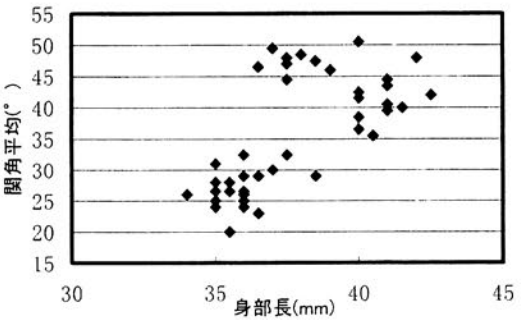


図1　身部長と関角による分類

注1)　松木武彦『前期古墳副葬鏃群の成立過程と構成―雪野山古墳出土鉄・銅鏃の検討によせて―』雪野山古墳の研究　1996　八日市市教育委員会

注2)　川西宏幸『儀仗の矢鏃―古墳時代開始論として―』考古学雑誌 76-2、1990　ほか

注3)　『朝日谷2号墳』1998　松山市教育委員会・(財)松山市生涯学習振興財団埋蔵文化財センター

P 32

愛媛県松山市朝日谷２号墳から出土した銅鏃の鉛同位体比

平尾良光[1)]、○榎本淳子[1)]、早川泰弘[1)]、菅井裕子[2)]、渡辺智恵美[2)]、梅木謙一[3)]
1）東京国立文化財研究所、2）元興寺文化財研究所、3）松山市生涯学習振興財団埋蔵文化財研究所

はじめに

近年、青銅を中心として鉛同位体比からその製品の材料の産地を求める研究が広く行なわれている。今回愛媛県松山市朝日谷２号墳から出土した銅鏃44点について鉛同位体比の測定を行なった。それらの結果が材料の産地のみならず、鋳型や製作者等考古学的な考察の一助となることを期待した。鏃を全体および幾つかのグループに分けて考察し、考古学的観察と比較した。

分析

ほとんどの試料は鏃本体内部より良好な金属末として採取された。電気分解法で試料から鉛を精製分離した。表面電離型質量分析計（サーモクエスト社製MAT262)で鉛同位体比の測定を行なった。

結果と考察

４種の鉛同位体(^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb)の量比を２種のグラフで示した(図１，２)。分析した銅鏃44点中43点が、これまでの報告例から中国華南産とされる材料の持つ値を示した。これら43点を拡大図に載せてさらに詳しくグループ分けし、誤差の範囲で同一とも考えられる試料をまとめてみた（図３，４）。

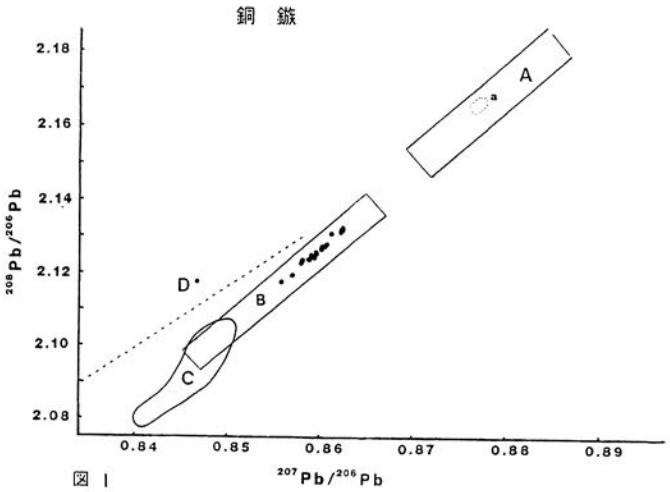


図１

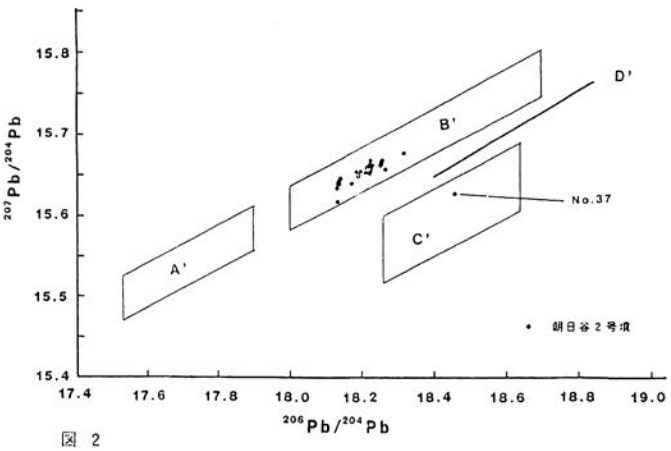


図２

すると８～９グループとなった。これらをａ～ｈとして外形から判断できる要素を加えてみると９グループとなり、考古学的見解とも良い一致がみられた。また、材料の混合や独立性についても幾つかの要素がみられた。

（図中に付けられた番号は松山市の発掘報告書の資料番号に一致する）

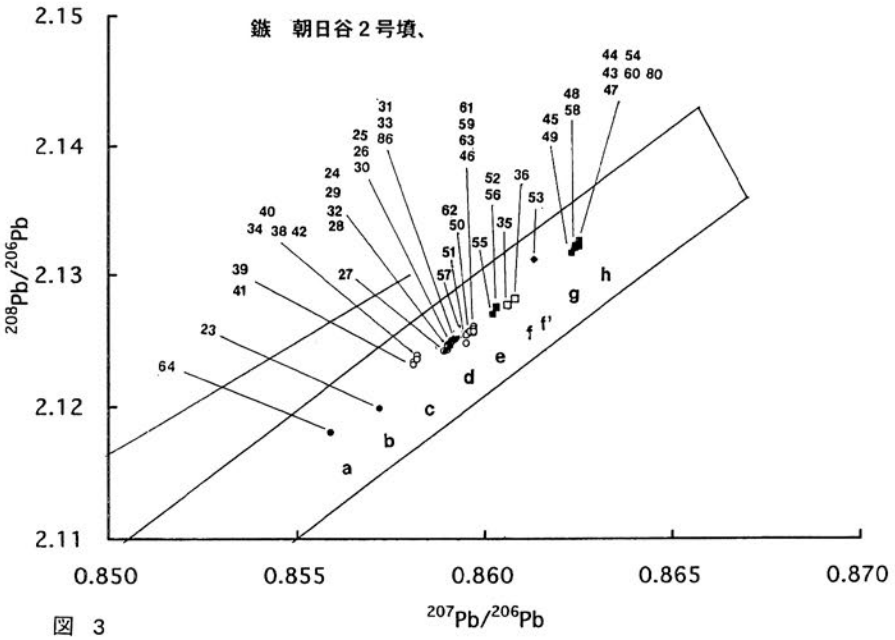


図 3

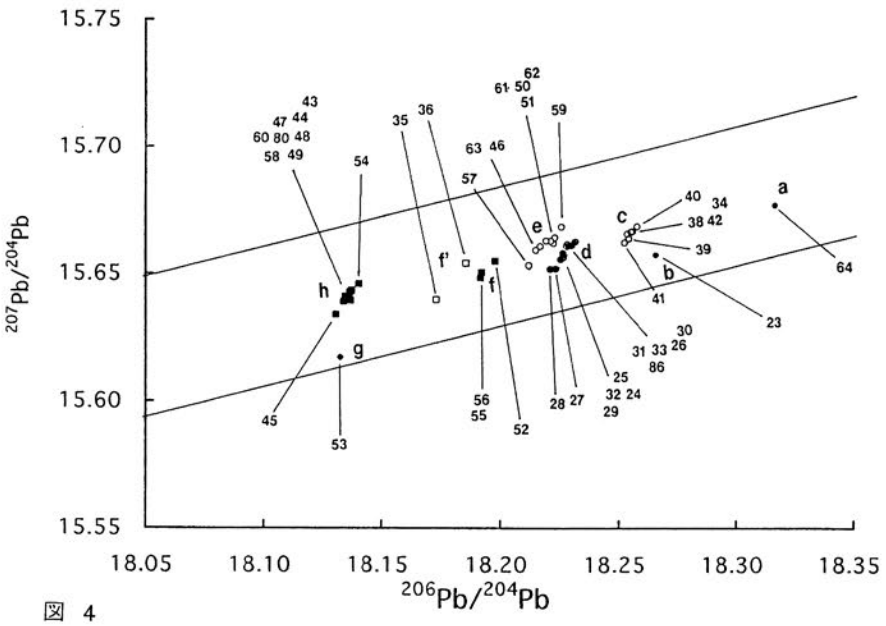


図 4

P 33

平安初期および江戸初期工房出土の銅・金属粒の金属組織学的研究

冨増喬(龍谷大学)・笠嶋聖(同)・○江南和幸(同)・内田俊秀(京都造形芸術大学)
植山茂(京都文化博物館)・吉川義彦(関西文化財調査会)

1．緒言　1992 年～1997 年にかけて大丸京都店増築の予定地と京都淳和院から銅製品の工房跡と思われる遺跡が見つかり、当時の銅製品の断片が発見された。そのうちのいくつかは、蛍光X線による成分分析は行われているが(1，2)、詳細な元素分布の様子、金属組織学的解析は、まだ充分には研究されていない。

本研究では、淳和院出土の平安時代鋳造遺物と大丸京都店増築予定地出土の江戸時代鋳造遺物の銅を主体とする金属断片の金属組織学的解析から古代～近代の銅製品鋳造技術を評価することを目的とした。

2．実験方法　実験に使用した試料は淳和院出土金属塊、大丸用地出土金属塊、およびスラグ塊である。これらの試料を樹脂に埋め込み、ファインカッターにて切断し表面研磨後、観察した。今回の研究では EPMA(電子プローブマイクロアナライザー、JEOL 製 JXA-9400)を用い、各試料の組成像(COMP 像)観察、EDS 分析、WDS 分析により成分分析、元素の分布状態を観察した。

3．結果および考察　Table 1 に上記２ヶ所出土の代表的試料で検出された主要元素を示す。平安時代の試料はいずれも As を含有するが、江戸時代の試料には一例のみ As が含有していた。Fig1～4 は、それぞれ試料①～④の EPMA、COMP 像である。面分析から試料①は平均組成が Cu-12Sn-5As-1Pb(mass%)であった。As は Cu_3As(あるいは η 相)と Cu_5As_3、γ 相の部分に分かれ、不均一に分布している。Pb(白い部分)は小さな塊として不均一に分布している(Fig1)。基地の Cu-Sn(黒い部分)固溶体部分は Cu に富む部分(色の濃い部分)と Sn に富む部分(薄い部分)とに分離している。これは本試料が、るつぼの中で充分溶解され均質化されたものでなく、溶解または注湯の過程で飛散し急冷されたことを強く示唆する。試料②の平均組成は 65Cu-25Sn-9As-1Pb であった。Fig2 から組織は

Table1 各試料の検出元素

試料名	時代	金属の種類	主要元素
試料①	平安	粒状金属	Cu、Sn、As、Pb
試料②	平安	装飾部分金属	Cu、Sn、As、Pb
試料③	江戸	粒状金属	Cu、Sn、As、Pb
試料④	江戸	粒状金属	Cu、Sn、S、Pb
試料⑤	江戸	スラグ	Cu、Sn、Si、Al、Mg、K、Ca、Fe

試料①とは大きく異なり Cu-Sn-As3 元系合金の溶湯から徐冷された組織と極めてよく対応する(3)。本試料は淳和院出土の青銅装飾品の断片からのもので、試料が砂型鋳造されたものと考えられる。江戸時代試料の試料③は平均組成が 92Cu-3Sn-2As-3Pb である。上記２つの試料と同様 As を含むが、マトリックスは純 Cu でその粒界に As を含む Cu-Sn 合金および Pb が数珠状につながって存在する。これは溶銅中に As を含む古い青銅くずを混入して作製したものであると示唆する。試料④(Fig4)は、典型的な江戸時代初期の Pb を含む青銅製品である。デンドライトの一方(色の濃い部分)は場所により Cu/Sn 比の異なる Cu-Sn 固溶体である。もう一方(薄い部分)は Cu-Sn2 相合金の中に Pb が微細に分散している。最後に凝固した Pb が白い点となって点在する。以上の結果は、この試料が固体状態でゆっくり徐冷されたのではなく、鋳造時に飛散して空冷された粒であることを示す。試料⑤はスラグであるが、組成像から Si を主体としたスラグ基質のなかに Cu と Sn とが分離して浮かんでいるという組織をもつ。おそらく、溶銅中に Sn を投入する時に外に飛散し、Cu-Sn 合金を形成しないままスラグと共に冷却したものと考えられる。当時の青銅製品鋳造工程を忠実に反映した遺物と思われる。

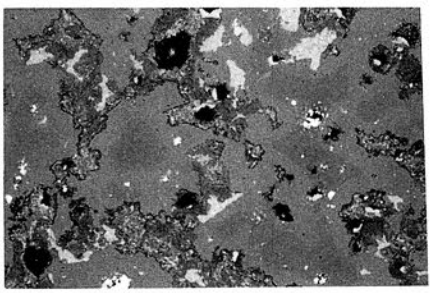


Fig1 試料①組成像 ×100

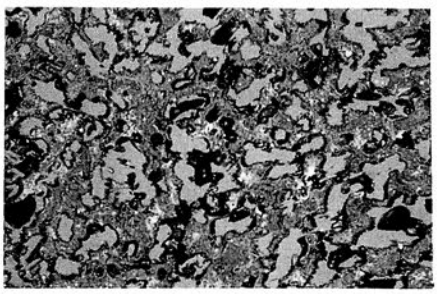


Fig2 試料②組成像 ×100

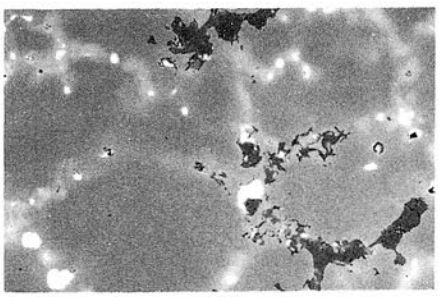


Fig3 試料③組成像 ×300

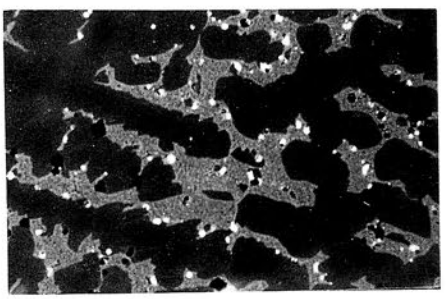


Fig4 試料④組成像 ×300

参考文献（1）「平安京右京四条坊西町(1993)」(京都府京都文化博物館)
（2）「淳和院跡発掘調査報告(1997)」(関西文化財調査会)
（3） R.Maes,R.Strycker:Trans.AIME,236(1996),1328,and1336

P 34

青銅器の復元鋳造

小泉武寛（㈲和銅寛）
増田啓（㈱スタジオ三十三）

銅鏡の鈕穴部分の鋳型構造についての考察

銅鏡の鋳造には平面的な２枚合わせの鋳型が用いられたことは想像に難くないが、鈕部分には鈕の穴を形成する第３の鋳型部品として中子が必要である。復元銅鏡の鋳造に際して、鈕部分の鋳型構造について独自の考察を盛り込み、成果を得たので報告を行う。

１：鋳型製作の発想

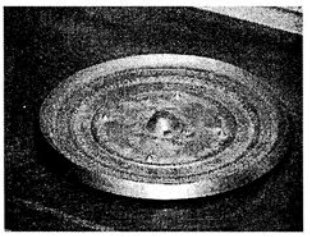
鋳物工人が鋳型を作る場合、得られる製品が悪いものとならない限り出来るだけ省力化を図り、より楽に作れる方法を求めるであろう。古代の銅鏡鋳造ではかなりの量産が行われているわけだから、工人の創意工夫が随所に盛り込まれているはずである。

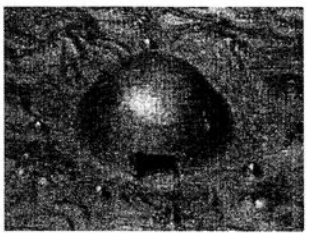
銅鏡の中子について考えると、（１）作りやすい。（２）強度的には鋳込んだ金属が固まるわずかなあいだ形状を維持できればよく、その後はかえって壊して取り出しやすいほうが良い。（３）同笵鏡に見られるように鋳型を複数回使う場合、中子はその都度必ず壊れるけれども、鋳型の他の部分は出来る限り壊れないほうが良い、という点での工夫が考えられる。

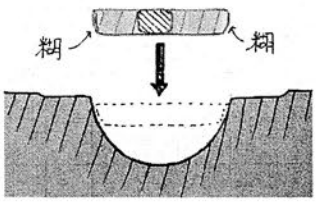
２：シンプルな中子の銅鏡鋳型の制作

上記の視点で中子を製作し、実際に鋳造を行った。

1 鋳物砂に文具のでんぷん糊（＝ごはんつぶ）を混ぜ、固める。（焼成はしない。）
2 小刀で鈕穴の形の直方体に切り、長さを鋳型に合わせて切りそろえる。
3 鋳型の鈕部分は単に半球形のへこみで、中子を受ける構造は一切もたない。
4 中子の両端に糊を付けて固定する。（粘土での固定が一般的で、耐熱性も高そうだが、実は糊を使う方が強度がある。）
5 鋳造
6 型から取りだし、鈕穴に残った中子の土を細い棒の先などで掻き出して完成。







☆今回は樹脂製原形（レプリカ）を踏み返して銅鏡を鋳造する作業であったため鋳型本体は「ガス型鋳造法」を用いて製作を行った。ガス型鋳造法は現代の鋳造法で、珪酸ソーダを混入した鋳物砂で踏み返し、炭酸ガスを通して固化させて鋳型を作る。詳細は９８年第１５回大会研究発表要旨集を参照。

３：考察

以上の方法によるシンプルな中子の鋳型で銅鏡の鋳造は可能である。この結果より以下の点を提示する。

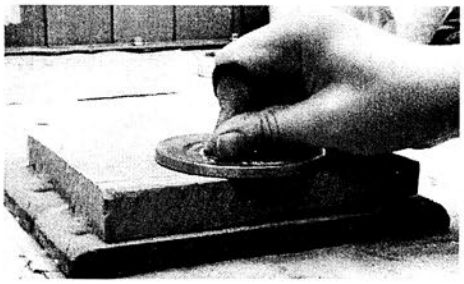
1 中子は通常は焼成した真土で作ることが考えられるが、より作りやすい方法で得ることが出来る。今回の方法以外には(a)木材(b)木炭(c)木材や木炭に泥を塗ったもの 等が候補にあげられる。
2 外型に中子を受ける構造をもたない鋳型の場合、中子の向きは取付時に自由になるので、同笵鏡であっても鈕穴の向きが異なる可能性が考えられる。鈕穴の向きは同笵鏡判定の決め手とならない場合があり得る。

４：今後の課題

1 古代銅鏡は数が多く、また鈕部分は残念ながら図録等に掲載された写真では観察出来ず、そのため今回の知見が実際の遺物でどのように観察でき、どのようなことが考えられるかと言うテーマは我々の手に余る。願わくば実地に銅鏡を研究される先学諸兄のご指導を希望申し上げる次第です。

2 今回は鋳型本体に関しては技術復元ではなく、今後は全面的な復元が課題となる。古代にあり得る技術での、特に量産方法の可能性の考察を課題としたい。

5：鈕の機能の可能性



復元銅鏡の鏡面研磨は、鈕に紐を通して手に持ち、地面に固定した大きな砥石の上で鏡の方を動かして磨く方法が大変有効である。鏡の研磨は、伝統技法である和鏡の研磨方法として、鏡を固定し、研磨工具を動かして研磨する方法が一般に紹介されている。しかしやってみると鏡を動かして研磨する方が単純な動作で効率よく短時間で磨け、また作業に熟練を必要とせず、素人でも揺らぎのない凸面の鏡面に仕上げることができる。

この作業には鏡背の中心部にひも穴があると、握るのにはすこぶる便利である。

和鏡は平面鏡が多いのに対し、漢式鏡、弥生／古墳鏡は凸面鏡が多いことの理由、古代銅鏡の研磨工具が遺物として出土しないことの理由として考えることは出来ないだろうか。

青銅製鉇（やりがんな）の復元

1：はじめに　青銅製鉇（やりがんな）は主に佐賀平野を中心とする北部九州の遺跡からの出土例が報告されている弥生時代の青銅器で、祭器が多い弥生青銅器の中で利器に位置づけられると共に、最も小さく最も簡易な弥生青銅器とも言える。出土各遺跡の調査報告書と共に片岡宏二氏による詳細な研究報告が発表されており、大阪府立弥生文化博物館での展示とも合わせて鋳型を含む出土事例報告やその分類、分布等の研究はすでに一定の成果を収めている。また昨年にはそれまでの分布圏を離れた和歌山県で鋳型の出土が報じられた事も記憶に新しい。和銅寛では銅鐸を中心とする青銅器の復元の一環としてこの「最小／最簡易」青銅器である青銅製鉇の復元鋳造を試み、興味深い知見を得たので報告する。

2：復元

1 日本出土例で最多の、刃表に突帯、裏は湾曲して窪むタイプ（片岡氏分類のＢ２類）を基に土生遺跡出土鋳型の全長 7.4 cm（両端欠失）という要素を加え、全長 11 cmの原形を樹脂で制作した。
2 ガス型法で鋳型を製作。
3 合金の比率は実物のデータが無いので、錫分が多い例にならい銅 70：錫 24：鉛 6 とした。
4 鋳造。
5 機械式の刃物研ぎ器で、刃先を研ぎ、完成。

3：復元品を使用してみて

1 錫分が多い地金だけあって、刃先は鋭く、当然ながら大変よく切れる。木を削って見たところ、使用感は鉄器と比べても遜色無いと言える。
2 通常裏側と思われている突帯の無い面を表にして用いると、かんなの様に木の表面を薄く削り取る使い方ができ、また湾曲した窪みに親指がかかり取り扱い易い。
3 硬い粘りの少ない地金だが、厚さ 3 mm 程度あるので強度的な不安は全くない。
4 鉄器に比べ切れやむのが早い感じがする。また研ぎ減りは鉄器に比べ明らかに早い。
5 出土例に多い 3 cm程度の長さにして、柄を付けてみたところ、十分使用に耐える。

4：終わりに

青銅製鉇は工具として十分実用性がある。また一方で銅鐸などの制作の傍らでついでに作る様なことが考えられるし、鋳型も比較的容易に反復使用できそうである。利器なので副葬や埋納はされにくいだろうし、研ぎ減りしたものを再度溶解してリサイクルできる。現存数は少なくても、実数はかなりあったとしてもおかしくない。使用目的としては木器の加工以外に土器の削り調整や青銅器の仕上げ加工などが想定でき、願わくば加工痕をもつ遺物からの論証が行われることを希望したい。

なお、土生遺跡の角閃石鋳型の問題、同じく土生及び庄原遺跡の鋳型は型の合わせが平滑になっていないという鋳型の構造的な問題など、鋳造の面だけでもさらに謎は多く、今後の検討の機会を期待したい。

参考文献：「青銅製鉇考　日本出土例を中心として」片岡宏二　考古学雑誌 81 巻第 2 号 1996.2
「青銅の弥生都市」大阪府立弥生文化博物館 1997

P 35

古墳時代における原料鉄の流通と鉄器製作活動について

-森戸・武田西塙遺跡出土鉄関連遺物の形状と組成を通して-

○関　博充（東京学芸大学）、服部哲則（同）、赤沼英男（岩手県立博物館）

1.はじめに

考古学の研究によって、弥生時代から律令時代に移るにつれ、日常生活の中に鉄器が普及していくことが知られるようになった。茨城県那珂郡那珂町森戸遺跡、ひたちなか市武田西塙遺跡出土の鉄器ならびに鉄関連遺物の金属考古学的調査を通して、それを可能にした要因に、他地域から供給された原料鉄を清純な鋼にし、生活に必要な鉄器を製作するという一連の生産システムが整備された可能性を考えることができた。以下に金属考古学的調査によって得られた知見について述べる。

2.出土鉄器と検出された鉄関連遺構

森戸・武田西塙両遺跡では5世紀中葉～7世紀初頭に比定可能な武具、農具、および漁具が見いだされている(表1)。日常の生産活動に鉄器が使用されていたことがうかがえる。

5世紀中葉に比定される森戸70号住居跡(以下MR70という)からは、炉底が赤褐色に焼け、平面が円もしくは楕円を呈する炉跡が4基確認された。一方、5世紀後半の武田西塙60号住居跡(以下TK60という)ではMR70とほぼ同形状の炉跡に加え、平面が長軸約120cm、短軸約80cmの楕円形を呈し、床面から最も深いところで約40cm掘り窪められた炉跡(TK60-1炉)が検出されている。炉底面は青灰色に焼け、床面から炉底中央付近に向かって傾斜した溝跡が1基付設されている。いずれの炉跡にも側壁の立上がりはみられない。両住居跡からは高坏脚部を転用した羽口に加え、先端部の内径が1.2～2.1cm、外径が3.6～4.2cmを測り前者に比べやや肉厚の羽口が出土しており、さらにMR70では破断面をもつ少量の塊状滓が、TK60では鋼表面が酸化し剥離した鍛造剥片や破断面を持つ塊状滓とともに、平面が楕円もしくはやや円形を呈し、資料の最大厚が2～3cmを測るほぼ完形の椀形滓が相当数検出されている(表2)。

底面が赤褐色を呈する炉は開放形の構造をとっていたと推定され、破断面を持つ鉄滓や鍛造剥片の出土をふまえると、その炉を使って加熱・鍛打が行われていたものと推定されるが、炉跡の残存状況が異なり、周辺からほぼ完形の椀形滓が出土しているTK60-1炉では、それとは別の操作が行われていた可能性を考える必要がある。

3.出土遺物の金属考古学的調査結果ならびに考察

金属考古学的調査を実施した7点の鉄器には、銅含有量に20倍以上もの差異がみられ、鉄チタン酸化物の有無という点で非金属介在物（鋼中に残存する不純物）組成が異なるものも確認された(表1)。時代の経過とともに地金の製造地域、または製造方法が変わった可能性があることを示している。

MR70出土鉄滓は、ウスタイト（化学理論組成FeO）、Fe-Al-O系化合物、鉄かんらん石からなり、T.Feは48.19%にある。鉄分に富み、溶融もしくは部分溶融状態にあったスラグが冷却し固化したものと推定される。TK60から出土した塊状滓や椀形滓も、MR70出土鉄滓とほぼ同様の組成をとることが金属考古学的調査によって確かめられている[1]。さらにTK60では、銅粒が残存した錆と鉄滓が混在した鉄塊系遺物が見いだされており、摘出した試料片には0.161%もの銅の含有が確認された。

MR70･TK60出土鉄滓を製錬時の生成物とした場合、両者の製錬原料はともにチタン鉱物をほとんど含まない鉄鉱石の可能性が高く、とりわけTK60では脈石中に銅鉱物を随伴する鉄鉱石の使用が有力視される。しかし、両遺跡内およびその周辺に鉄鉱石資源はなく、製錬に不可欠な気密性を有する炉跡も未検出であるため、製錬の実施を主張することは難しい。

表1　資料の概要と分析結果

分析No.	資料名	検出遺構・層位	推定年代	化学組成(mass%) T.Fe	Cu	Ni	Co	n.m.i
1	刀　子	MR102号住居跡覆土下層	5世紀中葉	58.70	0.020	0.009	0.006	S
2	鎌	MR73号住居跡床面	5世紀後半～6世紀初頭	64.65	0.014	0.035	0.068	XT
3	銛	MR100号住居跡覆土下層	6世紀前半	86.94	0.028	0.015	0.061	-
4	板状鉄器	MR100号住居跡覆土下層	6世紀前半	50.16	0.007	0.006	0.005	no
5	鉄　鏃	MR80号住居跡床直	6世紀後半～7世紀初頭	54.64	0.105	0.016	0.010	no
6	鎌	MR104号住居跡床直	6世紀後半～7世紀初頭	80.76	0.150	0.022	0.014	S
7	板状鉄器	TK60号住居跡床面	5世紀後半	60.11	0.048	0.033	0.014	no

注1)　資料名は筆者ら、推定年代は発掘報告書による。検出遺構のMRは森戸遺跡、TKは武田西塙遺跡。
注2)　化学組成はICP-AES法による。n.m.iは非金属介在物組成。Sはガラス質けい酸塩、XTは鉄チタン酸化物。

TK60では金床石とともに細片状鉄滓、粒状滓、および鍛造剥片も確認されている。上述の鉄塊系遺物の存在をも加味すると、鉄滓と鋼とが混在した組成不均一な鉄を加熱・鍛打して純化し、目的とする鋼とした後、それを使って製品鉄器を製作するという一連の操作をまず第一に考えることができる。この場合、出発物質である組成不均一な鉄は、他地域からの供給品であることが前提となるが、価値換算という問題を考慮すると、そのような組成の鉄を流通品とみることは危険である。むしろ、武田西塙遺跡直轄の製錬所が列島内のいずれかに確保され、そこで製錬された組成不均一な鉄が遺跡内に運び込まれた後、上述の一連の操作が実施されたと考えることによって、はじめて鉄塊系遺物、ならびに鉄滓の形状とその組成の説明が可能となる。また、製錬所周辺では、脈石中に銅鉱物を随伴する鉄鉱石の採掘が可能であったとみなければならない。

しかしながら上述の生産工程では、TK60-1炉の機能、椀形滓の成因、および形状の異なる羽口の使用方法を説明することは困難である。遅くとも平安時代には、銑鉄を脱炭し鋼を製造する方法がとられていた可能性のあることが指摘されている[2]が、TK60においても同様の操作の実施を考える必要がある。炉底部に溶銑を準備し、付設された溝跡に装着した羽口から炉内に送風を行い、必要に応じて造滓材を使用しながら、銑鉄の脱炭が計られていたと考えることによって、一応調査結果の説明が可能となる。検出された鉄塊系遺物はその操作の過程で生成し廃棄されたものと思われる。MR70ではTK60-1炉に類似する遺構は未検出にあるが、遺構の状況や遺物の組成がTK60とほぼ同様にあることをふまえると、やはり銑鉄の脱炭による鋼の製造について検討する必要があろう。

森戸・武田西塙両遺跡出土鉄器の組成に差異がみられた要因として、ｱ)製品鉄器を複数の地域から入手した、ｲ)製品鉄器の素材となる原料鉄の供給地域が異なっていた、ｳ)鋼製造法、設備、道具、設備材料に差異があった、の3つが想定され、原料鉄として、鉄鋌といった鋼素材に加え、銑鉄をも考慮に入れる必要のあることが示された。製品鉄器、原料鉄が複雑に流通し、それらを使って生活に必要な鉄器を製作するという生産システムが整備されていく中で、古墳時代における鉄器の普及が進んだものと推定される。類似する遺跡の調査によって、銑鉄塊はもとより、炉構造の復元につながる遺構や遺物が検出され、鋼製造法の解明が進めば、古墳時代における鉄器普及の状況がより明確になると思われる。

おわりに臨み、本調査を遂行するにあたって貴重な資料を提供していただいた那珂町教育委員会、ひたちなか市埋蔵文化財調査センターに厚くお礼申し上げる。

1)関・白石・服部・赤沼「武田西塙遺跡にみる古墳時代における鉄器製作活動について」日本文化財科学会第16回大会研究発表要旨集、1999、pp.110-111。
2)赤沼英男、福田豊彦「鉄の生産と流通からみた北方世界」『国立歴史民俗博物館研究報告』72、1997、pp.1-40。

表2　調査した鉄関連遺構の概要

遺跡名		森戸遺跡				武田西塙遺跡			
所在地		茨城県那珂郡那珂町				茨城県ひたちなか市			
遺構名		第70号住居跡				第60号住居跡			
住居跡の平面形		8.1m×8.1m　方形				5.5m×5.5m　方形			
炉跡	名称	MR70-1炉	MR70-2炉	MR70-3炉	MR70-4炉	TK60-1炉	TK60-2炉	TK60-3炉	TK60-4炉
	平面形	円形	円形	楕円形	楕円形	楕円形	楕円形	円形	円形
	長軸もしくは直径	約20cm	約14cm	約38cm	約70cm	約120cm	約100cm	約60cm	約40cm
	短軸	-	-	約29cm	約40cm	約80cm	約70cm	-	-
	床面から炉底までの深さ(最大)	約4cm	約2cm	約6cm	約6cm	約40cm	約20cm	約10cm	約15cm
	炉底の色	赤褐色				赤褐色*	赤褐色		
	炉底部に向かう溝跡の付設(法量[cm])	無				有(40×14×10)	無		
先端部分の形状が把握できる羽口		先端部分の内径2.1cm、外径4.2cmのもの1点 高坏脚部転用のもの３点(うち２点はMR70-1炉直上から出土)				先端部分の内径1.2～2.1cm、外径3.6～4.2cmのもの2点 高坏脚部転用のもの１点			
金床石(法量[cm])		未検出				TK60-1炉南東側ﾋﾟｯﾄ内より1点検出(15×13×3)			
鉄滓※		破断面を有する塊状滓、塊状滓				椀形滓、破断面を有する塊状滓、流状滓			
鍛造剥片※		未確認				金床石北西側に密集して検出。 (粒状滓・細片状鉄滓を含む)			

＊　中央部分は青灰色を呈する。
※　塊状滓は拳大から小指の先程度の大きさで形状が不定形の鉄滓、椀形滓はお供え餅を逆さにした形状の鉄滓、流状滓はほぼ溶融状態にあったスラグが固化した鉄滓、粒状滓は直径5mm以下のほぼ球状を呈する鉄滓、細片状鉄滓はフレーク状の鉄滓。

P 36

古代韓国と日本における金属象嵌線の製作技法

林志暎(イム ジ ヨン)(奈良大学大学院)

1.はじめに

古代韓国と日本における4～6世紀の象嵌線の製作技法を明らかにする。今回は環頭大刀の観察から製作実験を行い、遺物に見られる製作痕跡と比較してみた。

2.象嵌線の製作技法

象嵌線として使われた針金は、一般的には金属塊を叩き細くしたものと考えられている。しかし、製作方法に関する考察は、東京国立博物館所蔵の韓国昌寧出土と伝える有銘環頭大刀の修理報告書のみで、そこでは幅0.4mmの細い線を作るのに引板を使用する必要が説かれている(註1)。

既に嵌められている象嵌線から針金の製作方法を判断するには制約があるので、同時期の遺物に使われた針金の製作技法を参照するならば、日本の奈良県藤ノ木古墳の場合、冠と履に歩揺を取り付けた針金の製作実験により叩いたもの(註2)、韓国では周炅美氏による耳飾製作研究で土製の引き板の使用によるもの(註3)が想定されている。W.A.Oddy氏は、BC2000年ウルから出土した針金をhammering（叩き）・block-twisting（捻り）・strip-twisting（巻き）の三つの技法に分類した(註4)。また、Stefan GuBman氏はメロリンガ朝の象嵌遺物の観察から、銀塊を打って板を作った後捻ったものと棒に巻いたものの二つの可能性をあげる(註5)。

3.象嵌線の復元製作

象嵌線の製作技法として、叩いたもの、線引きしたもの、板状に叩いて捻ったもの、そして棒に巻いたものの四つのパターンを設定し、純銀と純銅を使い以下のように製作実験を行った。

製作技法	製作手順			
A. 叩き	断面正方形を維持しながら伸ばす ⇒	焼なましながら製作したい太さまで反復 ⇒	溝台に置いて軽く叩き円形に仕上げ	
B. 引き	引板の孔に先端を尖らせた棒を裏から引き抜く ⇒	焼なましながら一段小さい孔を通し作りたい太さまで反復 ⇒	仕上げ	
C. 捻り	板になるよう叩く ⇒	金冠バサミで細く切る ⇒	線の両側から捻る	
D. 巻き			棒に巻いて仕上げ	

4. 象嵌遺物の製作痕との比較

写真1～3の1は象嵌遺物から観察された製作痕、2はそれと比較できるように製作した象嵌線である。写真1と2は象嵌線の表面から観察される痕跡で、線を嵌めた当初は認められなかったが、研磨後の状態は写真1･2-2のようになった。特に、写真2-2は研記過ぎで銀線の巻いた中空が観察される。一方、遺物に観察された1･2-1は各々1･2-2と非常に似ていることがわかる。従って、これらの象嵌線は板状に叩き巻いて製作したものである可能性が大きい。

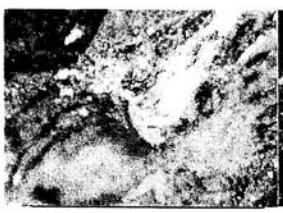


写真1-1.韓国慶尚南道昌寧桂城明里Ⅲ-1号墳出土大刀の象嵌表

写真1-2.C技法により製作した象嵌線の表面

写真3-2(1)～(3)は、D技法による象嵌線を嵌めた断面の様子で、それぞれ断面に巻いた痕跡が観察できないもの、断面の中央に空穴がみえるもの、磨きすぎにより空穴が表面でみえるものである。写真3-1(2)は、象嵌線のサビによりできた凹部に鉄サビが入ったものと報告されているが、3-2(2)と比較してみると、CまたはD技法で製作した線の空穴に鉄サビが入り込んだ可能性が高いと考えられる。

写真 2-1.韓国慶尚南道 項里馬甲塚出土 大刀の象嵌表面

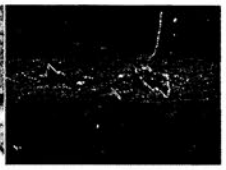


写真 2-2.C 技法により製作した象嵌線の表面

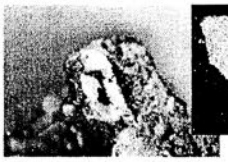


写真 3-1. 昌寧桂城明里 Ⅲ-1 号墳出土 大刀の象嵌断面

写真 3-2.鳥取県 西穂波 3 号墳 出土銀象嵌頭 椎柄象嵌断面

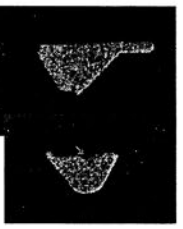


写真 3-3.C 技法により製作した象嵌線の断面

5. 考察

象嵌大刀から観察できる象嵌線は、幅がほぼ0.3～1.0mmで、このように細く一定の幅の線を叩いて作るにはかなりの時間と努力が必要とされる。一方、引板を利用すると、短時間で簡単に線を作ることが可能であるが、引板を作るためには、鉄板や石板に直径0.3mm前後の穴を穿たなければならない。それは引板材より硬い何らかの細く鋭い道具がある場合に可能なことであって、引板の使用自体が金工技術で画期的なできことであったと考えられる。ヨーロッパではstrip-drawingとして表記され、中世以降に使われたと考えられており(註4)、中国では『天工開物』に引板のような物を使っている様子が描かれていることから、明代末期には引板の使用を確認できるが、その上限がわかる資料はない。韓国では周昇美氏が6世紀の耳飾りの観察から土製の引板を想定している(註3)が、針金を引く時、かなりの力で穴を通すので、土製の板を想定することは難しい。また、先述の藤ノ木古墳出土針金の実験結果や飛鳥池遺跡から出土した一部の銅線の観察からも引板による製作を指示する積極的な根拠は見当たらなかった。従って、少なくとも7世紀までの韓国と日本では引板を使用可能性は少ないと考えられる。

さて、金属塊を板状にし、捻ったり巻く方法は、叩いて円形の断面を作るわけではないので、製作時間を大幅に短縮でき、象嵌線製作にも利用された可能性が高いものと考えられる。なお、同じ工程で製作された例として、韓国の忠清南道公州陵山里古墳や千葉県金鈴塚古墳、長野県双六古墳出土の金糸などをあげることができる。今回観察できた象嵌遺物の中でこの技法が確認されたものは、韓国では5世紀中葉の馬甲塚出土大刀が最も早い例で、明里Ⅲ-1号墳出土大刀、日本では奈良県梨本2号墳出土大刀、西穂波3号墳出土大刀である。しかし、板状に巻いたり捻って製作した象嵌線の認定は、金鎚で叩いて溝に嵌める過程で断面の空穴や重ね部分の観察が往々にして困難になることから、より細かい観察が必要であると考えられる。

註

1. 東京国立博物館、『修理報告書有銘環頭大刀』1981
2. 勝部明生・鈴木勉、『古代の技』1998　吉川弘文館
3. 周昇美、「三国時代耳飾の製作技術」『古代研究』5、1997
4. W.A.Oddy、「Hand-made Wire In Antiquity」『MASCA Journal』1-2、1979
5. Hermann Bone、『TAUSCHIERARBEITEN DER MEROWINGERZEIT』
MUSEUM fur Vor-und Fruhgeschichte 1994

P 37

盾の造形技法とその系譜(3)
ー木盾から革盾へー

滋賀県文化財保護協会　　中川正人

1．はじめに

弥生時代の朱塗り木盾から古墳時代初頭に登場する黒漆塗り木盾について、その造形技法をさぐる目的で継続的に材質調査を実施している。これまで明らかになった盾の造形技法は、各時代を通して木地にモミ材を使用するが、弥生時代においては多くの木盾に鮮やかな朱による彩色がおこなわれ(本学会15回大会発表1998)、古墳時代初頭にはそれまでの盾の製作法を継承しながら綴じ紐の素材に革、絹などが使用され表面に黒漆の塗布がはじまる(本学会16回大会発表1999)。今回の発表は、古墳のなかに副葬された革盾につながる可能性のある新たな木盾の出土例について調査成果を報告する。

2．調査資料の現状観察

滋賀県能登川町石田遺跡における古墳時代前期とされる環濠から出土した黒漆塗り木盾について材質調査を実施した。盾の木地は厚さ約9㎜のモミの板材を使用し、3㎜間隔で規則正しく多数の孔を穿け、表と裏から二本の糸で刺し縫いして文様を表出している。さらに全体に黒漆を塗って綴じ糸を固定し仕上げている(写真-1)。盾の綴じ糸の撚りはゆるく、S字撚りである。

3．漆塗膜の調査結果

綴じ糸の材質および漆の混和物を調査する目的で、盾の断片から綴じ糸を横断する部位で漆膜試料を採取し、エポキシ樹脂に包埋し耐水性サンドペーパーなどで薄片化し観察試料とした。顕微鏡による観察の結果、一辺が約10μmで角のとれた不等辺三角形の空洞部分が多数検出された(写真-2)。この空洞部は漆で固められた繊維が埋蔵環境下で分解し漆のみ残存したため生じたもので、その形状的特徴から用いられた繊維は絹(家蚕系)と同定される。また、漆層に含まれる黒色顔料は夾雑物が少なく、光学顕微鏡では顔料の形状が判別できないほど微細で、一部木地の木質細胞内まで浸透していることから、油煙ないし松煙などからなる精製された炭の微粒子であると考えられる。

4．まとめ

黒漆塗り木盾の材質調査の成果から、次のような特徴が認められた。

(1)木地には弥生時代からの伝統であるモミ材を使用している。

(2)綴じ糸に用いられた繊維は家蚕系の絹で、断面形状とその配列から未精錬糸である可能性がある。

(3)黒色顔料には油煙ないし松煙などを調達し使用したと考えられる。

(4)装飾性を高めるため表出された文様は、古墳に副葬された革盾や盾形埴輪に通じる。

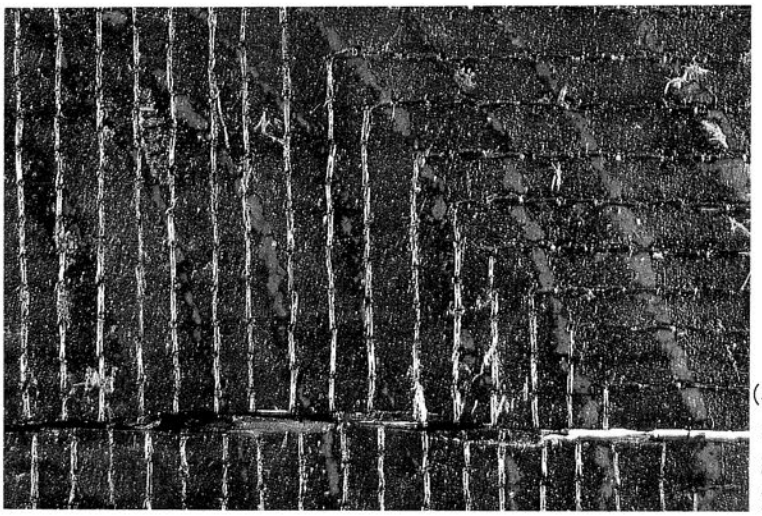
弥生時代の彩色された木製品には漆の使用は少ないが、古墳時代にはいって急に黒漆の使用が盛んになるとともに彩色としての赤色顔料の使用が途絶える。また、黒漆に混和された黒色顔料の素材は、木炭の粉末から始まりしだいに管理して製造されたであろう掃墨(油煙など)の使用へと発展していくことが、古墳時代の漆製品の調査例の増加により確認されつつある。盾の造形技法においてもこうした技法と材料の変遷が顕著に認められる。

本報告では、木盾に刺し縫いされた繊維質の痕跡が漆により保護され、素材が絹であると同定された。今後も低湿地の発掘調査により漆製品、繊維製品の出土が増えることが予想され、造形技法の観点から材質調査を継続していきたい。

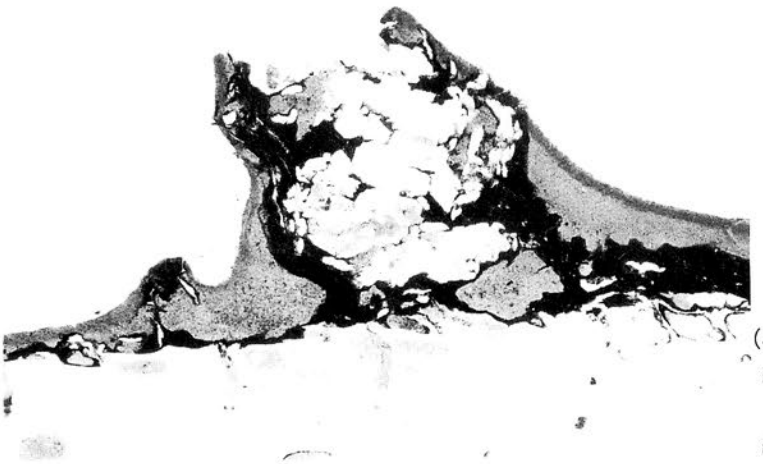
今回の報告にさいし協力いただいた能登川町教育委員会杉浦氏、繊維調査について貴重なコメントをいただいた奈良国立文化財研究所佐藤昌憲氏に感謝いたします。

滋賀県内盾出土地名表

	遺跡名	所在地	素材・造形的な特徴	点数	時　代	遺構
1	下長遺跡	守山市	モミ・黒漆・朱塗り	3	古墳初頭	旧河道
2	酒寺遺跡	守山市	モミ・朱塗り	2	弥生中期	
3	服部遺跡	守山市	モミ・朱塗り	2	弥生後期	環濠
4	赤野井湾遺跡	守山市	モミ・朱塗り・無彩色	7	弥生中～末期	溝跡
5	新開古墳	草津市	革盾？	1	古墳前期	溝跡
5	柳遺跡	草津市	モミ・朱塗り・黒漆・革綴じ	1	弥生中～古墳前	溝跡
6	下鈎東遺跡	栗東町	モミ・朱塗り・樹皮綴じ	1	弥生後	環濠跡
7	斗西遺跡	能登川町	モミ・クスノキ・無彩色	2	古墳前～中期	溝跡
8	石田遺跡	能登川町	モミ・黒漆・絹糸綴じ	1	古墳前期	溝跡
9	大戌鴨田遺跡	長浜市	黒漆・糸綴じ	1	古墳初頭	溝跡



（写真－1）
黒漆塗り木盾
綴じ糸部分
刺し縫いの文様



（写真－2）
綴じ糸の漆膜断面
×400
繊維は絹（家蚕系）

P 38

非破壊・非接触によるアイヌ絵の顔料調査

○朽津信明（東京国立文化財研究所）・下山進（（株）デンマテリアル）

【はじめに】　函館は幕末に開港したことにより外国からの材料が入手しやすい環境にあったと言われ、市内に残る開港以降の絵画には、特徴的な顔料が用いられている場合があることが推定されていた。特に同時代のアイヌ絵師・平沢屏山の青色については、輸入顔料であるウルトラマリンブルーのような特殊な顔料が用いられた可能性が従来から指摘されていた。筆者らは、従来より非破壊・非接触による文化財試料の彩色調査を行っているが、今回は函館市内に残る幕末から明治にかけて描かれたアイヌ絵試料を調査する機会を得たので、その結果に基づいてアイヌ絵の顔料を考察する。

【試料】　今回対象とした試料は、まず函館の開港以降に描かれたと考えられ、従来からウルトラマリンブルーの使用が推定されていた典型的試料である、市立函館博物館蔵の平沢屏山作の蝦夷風俗十二ヶ月図屏風である。またこれと比較するため、同じく屏山作で比較的初期に描かれたと言われる市立函館図書館蔵のウイマム図絵馬、そして開港以降とされる市立函館博物館蔵の神祈り図も調査した。また屏山前後の時代の他の作者のアイヌ絵として、いずれも市立函館博物館蔵の村上貞助作のアイヌ狩猟の図と沢田雪渓作のアイヌ熊祭狩猟図屏風とを比較試料として調査した。これらを作者の活動時期から推定すると、貞助は開港以前、雪渓は開港以降と判断される。

【方法】　まず非接触型分光光度計を用いて、対象となる部分の可視光反射スペクトルを測定した。これは朽津他（1999）が報告しているとおり、カメラのようなファインダーを覗きながら、対象となるエリア（今回の場合には径約 5mm の円）の分光反射率を測定する方法である。またその部分に対して、アメリシウム 241 を線源として用いた、低レベル放射線による蛍光X線分析にて元素分析も行った。これは下山他（1999）が報告しているとおり、約 10mm 径の円の対象に対して非破壊・非接触の状態で放射線を照射し、得られる特性X線から簡易的な元素分析を行う方法である。

【結果】　ここでは特徴的な結果が得られた、青と緑の状況を記載する（表１）。まず開港以降の屏山の青は、いずれも人造ウルトラマリンブルー（$Na_8Al_6Si_6O_{22}S_4$）のスペクトルと酷似し（図１）、元素としては微量の鉄とカルシウムが検出されるのみで、銅は全く見られなかった。これに対して屏山初期の作品の青は、吸収や反射がはっきりせず（図１）、元素としては銅が顕著に検出された。雪渓の作品の青は、プルシアンブルー（$Fe_4(Fe[CN]_6)_3$）のスペクトルと類似し（図２）、元素としては鉄が明瞭に検出され銅は全く見られなかった。貞助の作品の青は、スマルト（含 Co ガラス）のスペクトルとやや類似した部分を持ち（図２）、元素としては砒素、カルシウム、コバルト、鉄が僅かずつ検出された。緑色については、開港以降の屏山の緑では、

エメラルドグリーン（$Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3Cu(AsO_2)_2$）と類似したスペクトルが得られ（図３）、銅に加えて多量の砒素が検出されたのに対して、初期作品の緑は、緑青（$Cu_2CO_3(OH)_2$）のスペクトルと類似し（図３）、銅以外の元素はほとんど検出されなかった。

【考察】　今回調査を行った、開港以降の屏山の青は、いずれもウルトラマリンブルーと同様の発色を持つ顔料で描かれていると判断される。天然ラピスラズリと人造ウルトラマリンブルーとは、反射スペクトルからも成分からも区別は困難であるため、これが従来からの指摘通り人造ウルトラマリンブルーであるかどうかは明言できないが、少なくとも同じ屏山作でも初期の作品で観察される青（エジプシャンブルーの可能性が考えられる）とは発色としても材料的にも全く異なっていることが言える。また緑色についても、開港以降には緑青とは異なり、人造顔料であるエメラルドグリーンが用いられた場合があると推定される。すなわち、屏山の創作活動の後半には、函館の開港に伴って入手が容易になったであろう輸入顔料が頻繁に用いられるようになった可能性が考えられる。これに対して、雪渓の作品ではプルシアンブルーが、貞助の作品についてはスマルトに関係した材料（石黄との混色か？）がそれぞれ用いられた可能性が、その反射スペクトルと成分とから推定される。これらはいずれも開港以前から知られていた顔料であり、妥当な結果と言える。このように、今回用いた方法を併用することにより、試料に対して完全に非破壊・非接触の形で顔料の推定を行うことが可能であることが確認されたことになり、周辺分野への貢献が期待される。

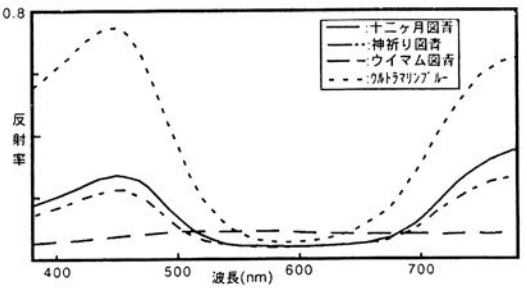


図１．屏山の青とｳﾙﾄﾗﾏﾘﾝﾌﾞﾙｰのスペクトル

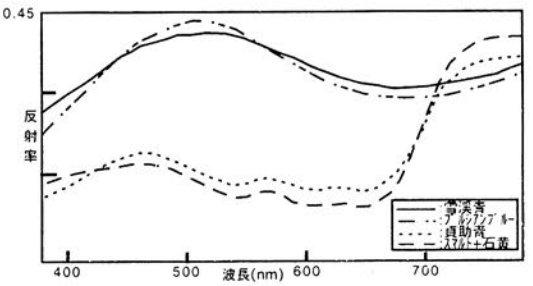
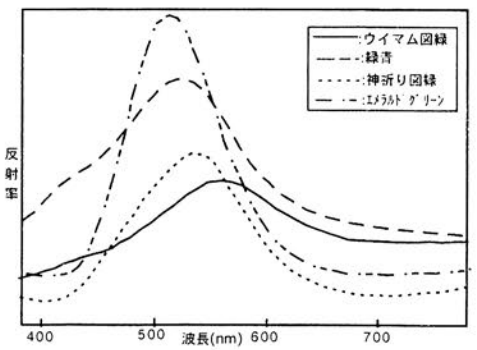


図２．その他の青色のスペクトル



←図３．屏山の緑と緑色顔料のスペクトル

試料	作者(時期)	色	主要元素	解釈
ウイマム図	屏山(初期)	青	Cu	ｴｼﾞﾌﾟｼｬﾝﾌﾞﾙｰ?
		緑	Cu	緑青
十二ヶ月図	屏山(開港後)	青	(Fe, Ca)	ｳﾙﾄﾗﾏﾘﾝﾌﾞﾙｰ
神祈り図	屏山(開港後)	青	(Fe, Ca)	ｳﾙﾄﾗﾏﾘﾝﾌﾞﾙｰ
		緑	As, Cu	ｴﾒﾗﾙﾄﾞｸﾞﾘｰﾝ
狩猟の図	貞助(開港前)	青	(As, Ca, Co, Fe)	ｽﾏﾙﾄ+石黄?
熊祭図	雪渓(開港後)	青	Fe, (Ca)	ﾌﾟﾙｼｱﾝﾌﾞﾙｰ

表１．分析結果と解釈

(文献：朽津他(1999)保存科学, 38,108、下山他(1999)文化財保存修復学会第 21 回大会講演要旨集,42)

P 39

ギリシャ・アッティカ白地レキュトスの顔料施色技術研究

○ 谷口陽子（東京芸術大学）
David A. Scott (The Getty Conservation Institute)

1．はじめに

アッティカの土器は特徴的なオレンジ色と黒色を基本とし，なかには人物像，器物像の上に赤，青，緑などによって施色されるものもある。現在までの研究から，800-945℃で酸化-還元-酸化というプロセスを経て焼成されたことが知られている（Noble 1960）。ここでは赤像式ペリケ壺に関する研究報告（谷口 1999）の続きとして，同じくＪ．ポール・ゲティ美術館のコレクションの中から５点の白地レキュトス（500-430BCE）を分析対象とした。レキュトスとは黒像式陶器のひとつであるが，白色下地とよばれる表面層とその層の上に様々な図像をもっていることを特徴としており，オリーブオイルなどの容器として用いられ交易にも供されたものである。ここではレキュトスの素地や輪郭線の描画に利用された粘土，また，輪郭線の上に加えられた顔料に関する調査結果を報告する。調査にあたっては偏光顕微鏡，蛍光Ｘ線装置，マイクロ蛍光Ｘ線装置，粉末Ｘ線回折装置，顕微鏡付 FTIR, ESEM を用いた他，クロスセクションを作成し観察を行った。

2．試料

それぞれの土器から粘土素地，白色下地，黒柚，また輪郭線描画の柚状部分として金，赤，赤系，赤褐色，褐色，茶色，さらに白地の上に加えられた色として白，赤，黒の部分から試料を採取した。白色顔料の被熱の影響を明らかにする目的でカオリナイト，硫酸カルシウム（$CaSO_4$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$），カルサイト，イライト，ドロマイト，ドロミティックライムストーン(NBS スタンダード）をそれぞれ 200，400，600，800℃で２時間加熱し参考試料とした。

3．結果

3-1）蛍光Ｘ線分析

マッピング：まず，非破壊条件での分析試験として，微小部用蛍光 X 線分析装置に直接レキュトスを入れ，試験的に定性も行った（図１）。黒柚部分は特に鉄の含有量が高い。現在は目に見える色の残っていない部分から水銀が検出され，かつて水銀朱によって赤色に彩色されていたことがわかった。

3-2）クロスセクションの観察

断面：黒柚は 0.03mm，白色下地は 0.075-0.08mm で非常によく接着している（図２・３）。

3-3）粉末Ｘ線回折

粘土素地：イライト　白色下地：カルサイト，アルバイト，（メタカオリナイト？）白：カル

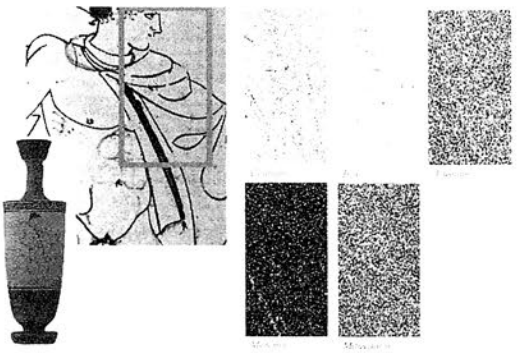


図１　蛍光Ｘ線分析装置による元素マッピング

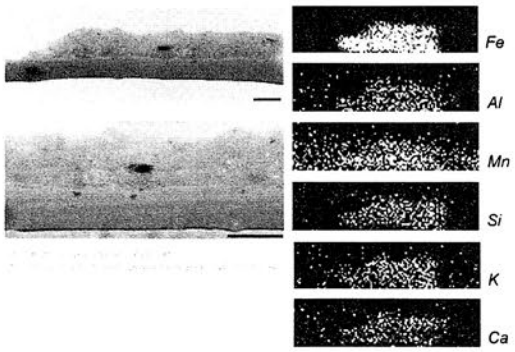


図２　レキュトスのクロスセクションと蛍光Ｘ線装置による元素マッピング

サイト，ジプサム　赤：水銀朱，黒色柚：ヘルシナイト，(マグネタイト，スピネル)，輪郭・金色，赤褐色：ヘマタイトなど

3-4）顕微鏡付 FTIR

白色下地：イライト（800℃）に特徴的なピークが得られた（図４）。

3-5）電子顕微鏡 (ESEM: Environmental Scanning Electron Microscopy)

４．考察・結論

アッティカの土器の場合には，顔料を施す場合に基本的に二通りの方法がある。素焼きした段階で顔料を塗布し本焼きする場合と本焼き後に顔料を施す場合である。同じ白色でも上に各種の色を塗布するためにつくる下地としての白と，その上に施される白の二種類があり，イライト，カルサイト，カオリナイト，硫酸カルシウムというように数種類の材料を用いていることが明らかになった。また，熱を受けたカオリナイトはＸ線回折，FTIR では検出できないが，今回電子顕微鏡下でその層状構造を観察できた。650℃以上の焼成により，白色下地として施されたカオリナイトが仮像であるメタカオリナイトになっている可能性(Noll et al. 1974)がある。輪郭線の描画における色味の違いは，水でゆるめた粘

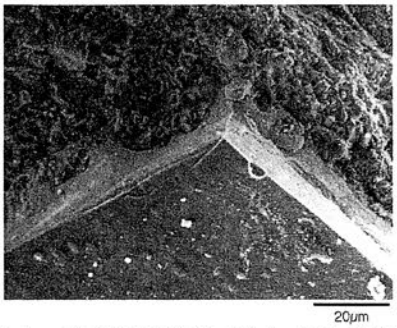


図３　白色下地部分（上）と黒柚部分（下）の NSEM 像

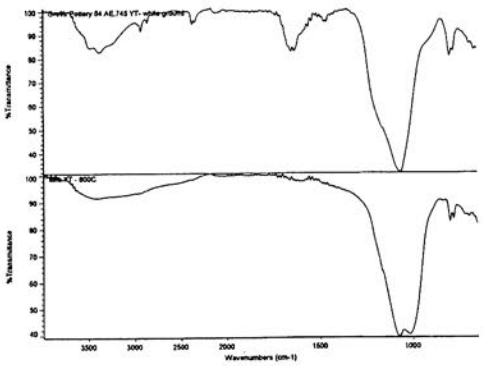


図４　白色下地（上）とイライト（下）の赤外吸収スペクトル

土への添加剤（Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO）の違いによって変化すると推定される。また，ギリシャ陶器において赤色は通常ヘマタイトが使用されているという報告が多いが，今回は５点総てから水銀朱が検出された。これらは陶器の焼成後に施されたものといえる。

参考文献

Noble, Joseph V. (1960) The technique of Attic vase-painting, *American Journal of Archaeology*, **64**, pp.307-318.

Noll, W., Holm, R. and Köln L. Born (1974) Die Malerei auf polzchromen attischen Lekzothoi als Dokument antiker keramischer Technik, *N.Jahrbuch f. Mineralogie Abhandlugen*, **122**, pp. 119-144.

谷口陽子他（1999）「ギリシャ・アッティカ赤像式 Pelike の顔料施色技術研究」『文化財保存修復学会第21回大会講演要旨集』　pp. 92-93.

P 40

染色用媒染剤としての明礬の成分について

共立女子大学　○上原瑞穂　齊藤昌子

1、目的

布を染めるという作業は人類が布を作り、着用しはじめた頃から行われ、19 世紀に合成染料が使用されるようになるまでの長い期間、天然の素材を用いて染織品が作り出されてきた。天然の染料を用いて染色を行う際には、多くの場合染料を繊維に結合させるための媒染剤が使われ、用いられる媒染剤によって色相が異なるため、多くの色相を得る上でも媒染剤は染料と同様に重要な素材であった。古くから用いられた媒染剤には、明礬、灰、泥があり、明礬は世界中で使われてきた。本研究では、世界各地の明礬の成分にはどの程度の違いがあるのか、その成分の違いは染色布の色相にどの程度影響を与えるのかを知る第 1 段階として明礬の成分を明らかにした。

2、試料

表 1 に示す 12 種の明礬を用いた。

表 1　試料

試薬明礬	M-C-1　試薬明礬	染色材料店より購入
	M-C-2　試薬明礬	硫酸カリウムアルミニウム（カリウム明礬） Alk(SO4)2・12H2O=474.39　純度99.5%　和光純薬
	M-C-3　漬物用焼き明礬	三幸　成分表示：硫酸アルミニウムアンモニウム
明礬石	M-I-1　インドジャイプール	これらの明礬は、 いずれも染色用媒染剤として 販売されていたものを入手した ものである。
	M-I-2　インド	
	M-I-2-透明 M-I-2-紫 M-I-2-茶	
	M-I-3　インド	
	M-U-1　ウルムチ	
	M-U-2　ウルムチ	
	M-U-3　ウルムチ	
	M－Tur　トルコ	
	M－P　ペルー	
	M－Tun チュニジア	

3、実験方法

蛍光X線法で測定を行なった。

測定装置：蛍光X線分析装置　(RIX3100)

試料調整：試料を乾燥後、0.62g 秤量し、めのう製ミキサーで粉砕した。1 KN で加圧したセルロースパウダー 4 g 上で、アルミリング 20mmφを使用し、20KN で加圧成型した。含有率の算出は、ファンダメンタルパラメーター法[1)]を用いた。

4、結果と考察

測定結果を表 2 に示す。

・明礬はアンモニアミョウバン、カリミョウバン、ナトリウムミョウバンの 3 種に大別され、これらの主成分がいずれの試料においても 97%以上を占めていることがわかった。

・アンモニアミョウバン、カリミョウバン、ナトリウムミョウバンでは含まれるアル

表２　染色用媒染剤として用いられている明礬の成分

	試料		主成分(%)	微量成分(×10^{-3}%)																	
				Na_2O	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	Cr_2O_3	Fe_2O_3	NiO	Ga_2O_3	TiO_2	ZnO	ZrO_2	MgO	Rb_2O	Cl	SO_3	CuO	Al_2O_3
アンモニアミョウバン	試薬明礬	M-C-3漬物用焼き明礬	NH_4/Alum 99.9	24	10	2	17	—	4	20	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	インド	M-I-2 インド																			
		M-I-2-透明	NH_4/Alum 99.9	14	24	—	25	16	7	32	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
		M-I-2-紫	NH_4/Alum 99.7	31	33	2	18	53	27	86	2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	
		M-I-2-茶	NH_4/Alum 99.9	34	47	2	11	69	7	51	1	1	13	—	—	—	—	—	—	—	
		M-I-3 インド	NH_4/Alum 99.9	19	10	1	11	10	7	90	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	ウルムチ	M-U-1ウルムチ A	NH_4/Alum 99.0	62	13	7	817	5	5	51	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
		M-U-1ウルムチ B	NH_4/Alum 91.6 K/Alum 8.3	62	14	7	—	5	5	51	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	ペルー	M-P ペルー	NH_4/Alum 99.9	47	16	2	40	8	5	18	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
カリミョウバン	試薬明礬	M-C-1 試薬明礬	K/Alum 99.9	44	6	—	—	3	8	28	1	1	—	—	—	56	2	—	—	—	
		M-C-2 試薬明礬	K/Alum 99.8	26	103	—	—	8	7	33	4	1	—	—	1	—	3	4	—	—	
	ウルムチ	M-U-2 ウルムチ	K/Alum 99.9	51	14	3	—	3	9	40	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
		M-U-3 ウルムチ	K/Alum 99.8	5	46	5	—	14	8	31	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	
	トルコ	M-Tur トルコ	K/Alum 99.8	64	45	2	—	3	7	57	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
	チュニジア	M-Tunチュニジア	K/Alum 99.9	48	22	2	—	20	8	18	—	—	—	—	—	—	11	—	—	—	
ナトリウムミョウバン	インド	M-I-1インド・ジャイプール A	Na_2O 96.9		444	15	83	83	51	296	21	—	—	—	—	695	—	130	1480	7	461
		M-I-1インド・ジャイプール B	Na_2CO_2 99.0		151	5	27	27	17	94	7	—	—	—	—	239	—	43	495	2	158

ミニウムの量は全く異なることから、染色用媒染剤としての働きには大きな差があると予想される。

・これらの明礬に含まれる共通の微量成分には、Na_2O、SiO_2、Fe_2O_3などがあること、インドジャイプールのナトリウムミョウバンには他の明礬には含まれていないMgOが含有されていることがわかった。

引用文献

1）表寿一、河野久征、戸田勝久，ファンダメンタル・パラメータ法を利用した蛍光X線分析法による植物の元素分析とその有効性，日本生態学会誌 45，9－18(1995)

P 41

文化財に用いられた青色系天然染料の分析

○佐々木良子（奈良国立文化財研究所）、佐藤昌憲（同）、高妻洋成（同）
中嶋鉄利（中嶋プランニング）

1. はじめに

文化財染織品には種々の天然染料が用いられている。多くは植物から抽出されるが、動物から抽出されるものもある。その色素成分の化学構造は染料を抽出した動植物の種類を超えて共通した骨格を有する場合がある。例えば、アントラキノン骨格を有する赤色色素成分は、茜（植物）のほかにコチニールやラック等の昆虫由来の染料からも見いだされる。また、中米や中近東で用いられたアカニシ貝から抽出された染料（貝紫）の色素成分の化学構造は、インジゴに２つ臭素がついた構造であり、化学的によく似た成分が、藍（植物）とアカニシ貝（動物）に含まれていることは興味深い。

今回、この化学的な性質の似ている藍と貝紫の色素成分の化学分析について考察し、更に、イラク共和国カルバラ沙漠アル・タール遺跡（紀元前後 2-3 世紀）から出土した毛織物に用いられていた紫色の染料の分析結果を報告する。

2. 実験

標準試料として、化学的に合成したものと植物や貝から抽出したものの両方の染料を用いて、染料のＤＭＦ溶液と、染色布からＤＭＦを用いて抽出した溶液の紫外・可視スペクトル、及び染色布の反射可視スペクトルを測定した。この結果を基に出土品の紫外・可視スペクトルを測定した。更に、インジゴと貝紫の違いを明らかにするため、蛍光Ｘ線分析で臭素の分析を行った。

3. 結果と考察

図１にインジゴ及びその２カ所の水素がハロゲンで置換された誘導体(6,6'-diF、6,6'-diCl、6,6'-diBr（貝紫)）ＤＭＦ溶液の紫外・可視スペクトルを示す。インドール環にハロゲンがつくことにより 615nm 付近のピークがが短波長側へシフトしていくのが分かった。

次いで図 2 に貝紫と藍のスペクトル（DMF 抽出液及び布）を示す。両者とも反射スペクトルのピーク位置は DMF 溶液と比べて長波長側にシフトするという共通の性質を示し、また反射スペクトルも同様に臭素のついた貝紫の方のピーク位置がインジゴよりも短波長側であった。

アル・タール遺跡の出土毛織物に用いられた紫色の染料の分析結果を図３に示す。DMF 抽出溶液の紫外・可視スペクトルのピークが 607nm で、蛍光Ｘ線による元素分析を行ったところ臭素の存在が確認された。従って、この毛織物に用いられている紫色の染料は貝紫であることがわかった。

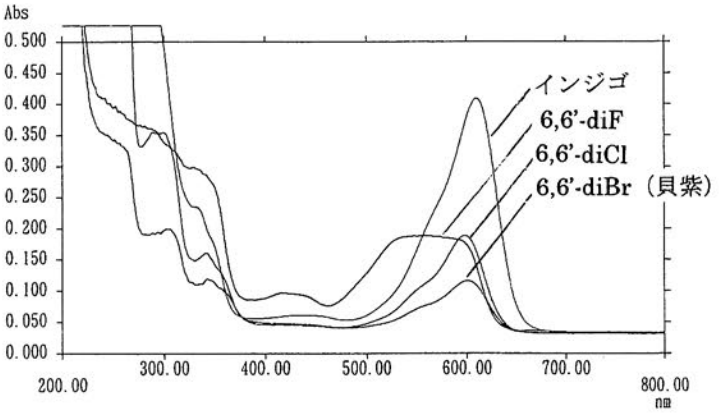


図１　インジゴとその誘導体（DMF 溶液）の紫外・可視スペクトル

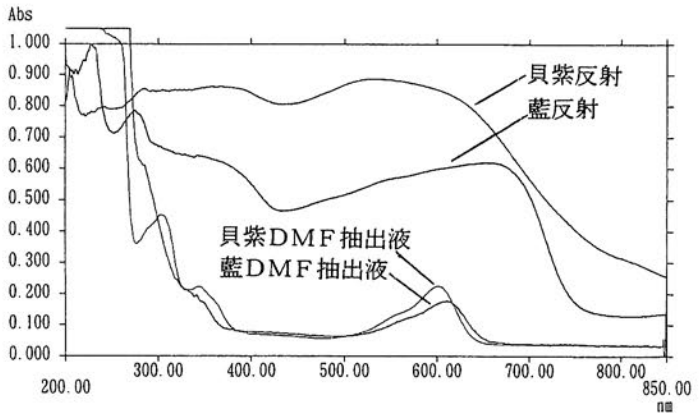


図２　貝紫染色布と藍染色布の紫外・可視スペクトル

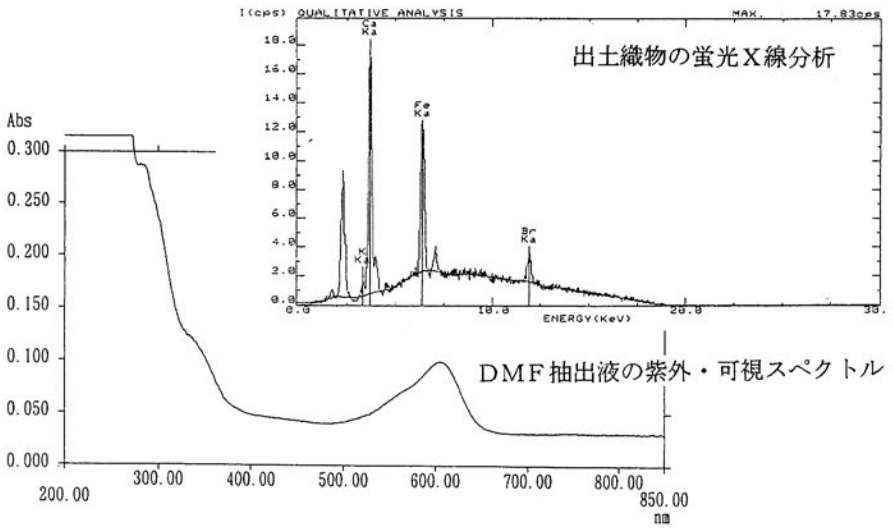


図３　アル・タール遺跡出土毛織物に用いられた紫色染料の分析

P 42

古墳時代にみられる砂鉄蒔き漆工技法

○岡田文男（京都造形芸術大学）
中川正人（滋賀県文化財保護協会）
成瀬正和（宮内庁正倉院事務所）

1．はじめに

近年、光学顕微鏡による漆塗膜構造の調査によって、古墳時代の槍や矢の柄にみられる漆塗装に砂鉄が蒔かれている事例がいくつか発見されるようになった。「砂鉄蒔き漆工技法」と仮称するこの方法が初めて確認されたのは滋賀県雪野山古墳（古墳時代前期）出土の矢柄の末矧ぎ部分の調査時で、漆に蒔かれた粒子が砂鉄であることが蛍光X線分析によって化学的に裏付けられた。この知見を踏まえ、その後注意してきたところ、古墳時代前期では石川県国分尼塚１号墳出土の槍柄と矢柄や島根県神原神社古墳出土の矢柄、古墳時代中期では福井県十善の森古墳出土の漆膜等、類例が増加しつつある。

上記の地域的広がりからすると、この技法は当時の普遍的な漆工技法の一つであった可能性がある。そこで、今回は光学顕微鏡観察およびEPMA分析による塗膜構造調査の結果について報告する。

2．調査方法

砂鉄様粒子の付着が確認された漆塗膜から数mm角の塗膜片を試料として採取した。試料を硬質樹脂に包埋し、薄片に仕上げて検鏡し、さらに走査型電子顕微鏡を用いてEPMA分析を行った。EPMA分析には日本電子㈱製走査型電子顕微鏡JSM-5800LVにエネルギー分散型X線分析装置JED-2140Xを付設した装置を用い、樹脂包埋した試料を無蒸着、低真空(70Pa)加速電圧20kVで行った。

3．調査結果

(1)顕微鏡観察（写真はすべて国分尼塚１号墳出土の遺物による）

写真１は矢柄の末矧ぎに砂鉄が蒔かれた状態を示す。塗膜断面には漆層が数層観察され、その表面に光を透過しない砂鉄粒子が疎らに１層分布する。粒子の上面には漆がほとんどかかっていない（写真２）。

一方、槍の柄では塗膜断面に砂鉄粒子が密につまった状態で重なり、粒子の周囲には膠着剤としての漆が見られる。粒子の中には砂鉄以外に無色鉱物も含まれる。漆は透過光下で褐色を呈している。漆の塗り重ねは確認できなかった（写真３）。

(2)EPMA分析

図には尼塚古墳から出土した槍の柄の漆塗膜の反射電子像（写真４）、鉄(Fe、写真５)、チタン(Ti、写真６)の各分布像を示した。この結果から、粒子には鉄(Fe)とチタン(Ti)が含まれる砂鉄と判断できる。砂鉄の粒径は200μm程度のものが多い。

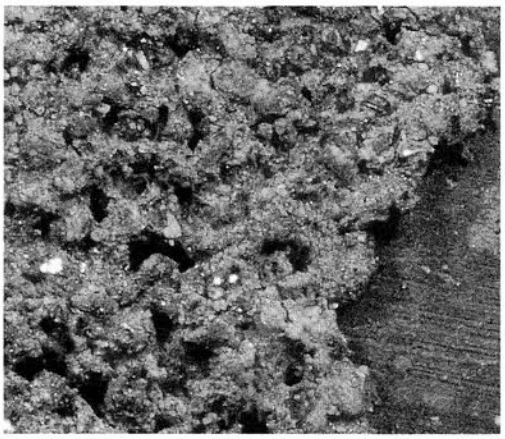


写真１　砂鉄が蒔かれた矢柄の塗膜表面

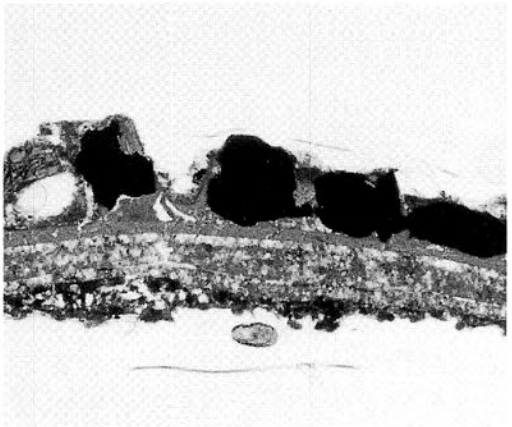


写真２　砂鉄が蒔かれた矢柄の塗膜断面

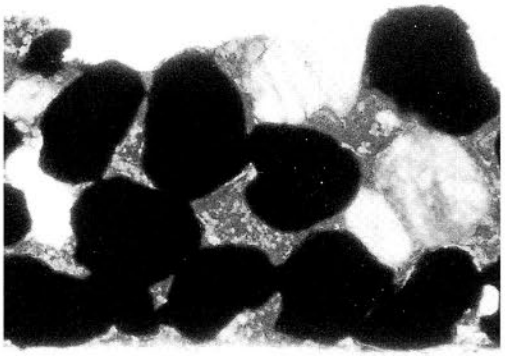


写真３　砂鉄が蒔かれた槍柄の塗膜断面

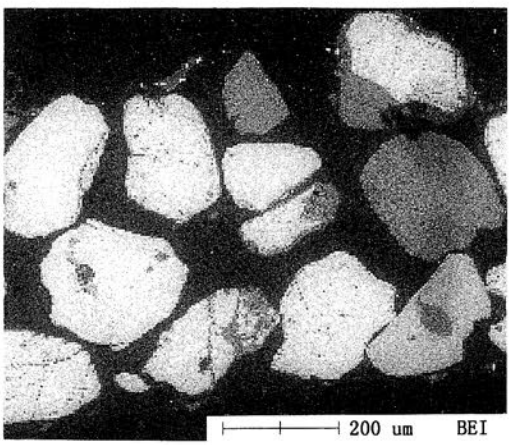


写真４　同、走査型電子顕微鏡像（反射電子像）

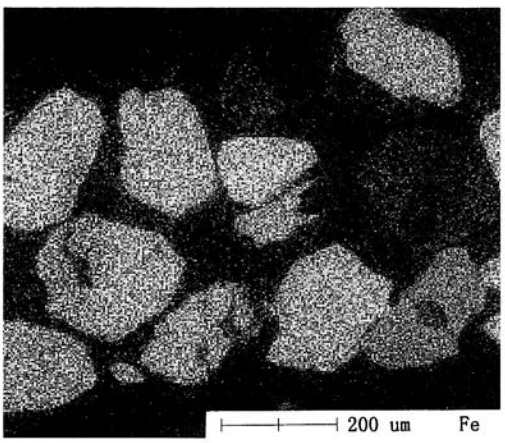


写真５　同、鉄(Fe)の分布（元素マッピング像）

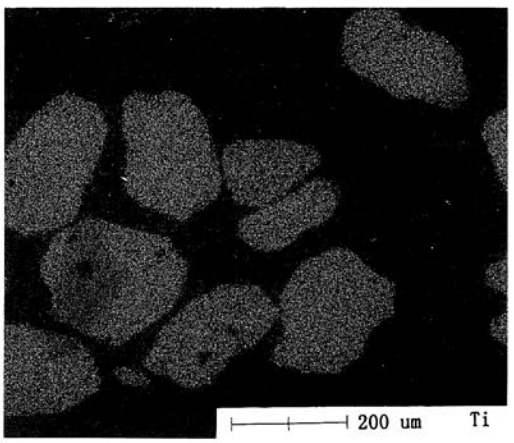


写真６　同、チタン(Ti)の分布（元素マッピング像）

P 43

日本における初期漆文化の諸様相

永嶋正春（国立歴史民俗博物館）

はじめに

ここでは日本の初期漆文化として、縄文時代前期の漆文化が持つ技術的内容、文化史的意味合いを検討する。そのための基礎情報として、いくつかの具体的な調査事例を紹介する。

縄文時代前期の漆技術の内容は、その後の時代を通して維持されており、縄文時代の漆技術、漆文化を研究する上での基盤となるものと理解している。また弥生時代以降を比較検証する上でも重要である。

縄文時代前期の漆文化の要点は、以下のようになる。

1. 縄文時代前期の段階で、すでに高度な利用状況に達していた。
   - 漆液の調製加工（クロメ漆の調製）に関する知識の獲得
   - 漆と熱との関係を熟知し、積極的に利用していたこと
   - 赤色漆の使用
   - 漆文化の広域化
2. その背景に高度で複合的な文化体系を見ることができる。
   - 有用植物の選択的栽培管理
   - 定住性の強い生活形態
   - 予定的、計画的生活
   - 知識やモノの広域的交流
   - 各種技術の高度な発展段階

出土漆資料の調査事例から

島根県松江市夫手（それて）遺跡出土の漆液容器（土器）

縄文時代前期初頭、尖底のある小型鉢形土器（西川津式）、ほぼ完形。内面の付着物は漆、なかでもクロメ漆（黒目漆）の性状に一致する。当時であっても上塗り漆としての質の改善がなされていたことになる。加えて、顕微鏡的には良質な赤色顔料（パイプ状ベンガラ）が認められ、赤色漆が機能していたと推察できる。

本資料については、漆膜を試料とした炭素１４年代測定を実施し、その結果を補正した実年代として、概ね今から6800年前のものであることが判明した。

したがって日本においては、少なくとも今から７千年近く前にすでに漆液を調製加工し、その質の改善をはかり、赤色漆をも使用した漆文化が存在したと

言える。小片ではあるが、ほぼ同時期の漆資料は長野県御代田町下弥堂遺跡でも確認されており、縄文前期初頭段階での日本の漆文化の広がりは、相当広範囲に及ぶものであったと考えられる。

またこれらの資料からは、漆の技術が縄文時代を通して直線的に発展したものではなく、縄文時代前期あるいは前期初頭段階でほぼ完成の域に達し、その後はその水準を継続維持していたと言うことができる。

新潟県和島村大武（だいぶ）遺跡出土漆製首飾り、漆塗り土器

標記遺跡出土漆製品の内、縄文時代前期前半に属する資料について検討する。漆製首飾りは、外観並びに層断面の観察から、太さ1.5㎜前後の紐（あるいは糸）をＺ方向に２本撚り合わせたものを芯にし、そこに漆を塗りつけて円筒状に整形した後、ベンガラ漆で仕上げている。縄文時代の遺跡から時折出土する赤色漆塗りの糸玉につながる例として注目される。なお本首飾りについては、断片の一部を使用しての炭素１４年代測定の結果、実年代としては今から概ね6600年程前のものであることが判明している。

この首飾りに密接して検出された土器小片には漆塗りが施されているが、それは焼き付けの技法で塗布されたものである。焼き漆（焼き付け漆）の先行例と捉えることができる。なお、山梨県大泉村甲ッ原遺跡で出土した縄文時代前期後半の土器片では、器表面全体にベンガラ漆を焼き付けた後、漆で彩文を施しており、このことからすれば、福井県鳥浜遺跡や山形県押出遺跡の漆彩文土器の塗布技法も、大方このような手法によるものとの推察が成り立つ。

縄文時代に属する多くの漆液容器を調査した結果、縄文時代の人々は、概ね天日に頼らず火を使用してクロメ作業を行っていたものと考えられ、漆を加温、加熱した時に漆液がいかなる挙動を示すのかをよく承知していたと思われる。貴重な漆液を、天候の変化に左右されることなく計画的、合理的に使用していたのであり、焼き付け漆の技法は、当然の存在である。古墳時代の鉄製武具への漆塗りや、土師器表面の漆処理技法は、後世に至るまで必要に応じて漆の焼き付け技法が用いられていることを示すものである。漆利用のあり方としては当然の姿である。

漆文化は、高度な文化的背景があって初めて充実した内容を持ちうるのであり、その意味で漆技術、漆文化のあり方を通して歴史的諸状況に迫れることになる。漆の木の栽培管理、漆液の採取、漆要具の存在すなわち箆、刷毛、筆や漆漉し布のあり方、漆が塗られるべき良質な木胎や土器、編組製品の存在、良質な赤色顔料の入手など、文化のあり方や文化の伝播、交流の視点から多くの情報を引き出しうるものが漆技術、漆文化であると考えている。

P 44

アムール川下流域の山丹交易に関わる漆器の調査

○ 北野信彦（くらしき作陽大学）
加藤博文　(島根県立大学)
山田昌久　(東京都立大学)

1、はじめに

ロシア連邦共和国のアムール川は、上流部を遡ると中国旧満州地域に源を発する中国名黒竜江、最下流部は間宮海峡近くのオホーツク海日本海に注ぐ世界有数の大河である。

かつて中・近世にはこの大河アムールの船運を通じて、中国明清朝とサハリン（樺太島）～北海道の蝦夷地～日本を繋ぐ『山丹交易』と呼ばれる一大貿易ルートが存在していた。日本の内地（和人地）から北海道アイヌ、さらにはサハリンアイヌの方々に大量の漆器類が交易品として入っていたことは文献、史料にも記録されているが、実体はほとんどわかっていない。今回民俗調査を行った結果、かつて『山丹交易』の舞台であったアムール川下流域に位置するブラバ村およびバガロツコイ村において、数多くの漆器が存在しており、実際に使用されていたことがわかった。さらに、これらの形態や材質・技法に関する文化財科学的調査を行う機会を得たので、結果を報告する。

2、漆器資料の調査

(1) 調査対象資料

今回調査を行った漆器資料は、ブラバ村立博物館所蔵の 12 点、バガロツコイ村立博物館所蔵の 2 点の合計 14 点である。これらはいずれもブラバ村内で収集された記録を持つ漆器資料である。

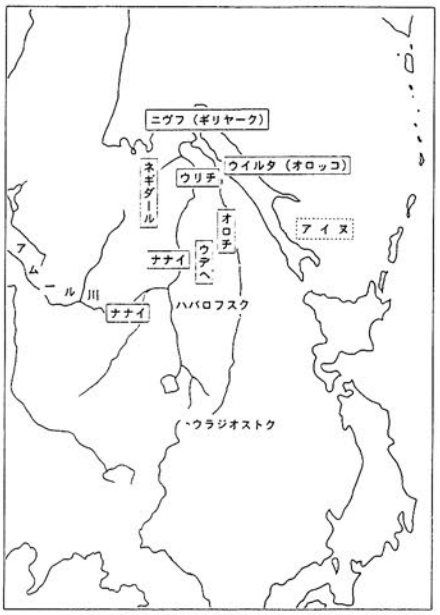
(2) 調査結果

器形・表面塗り形態および加飾技法の観察

・天目台および椀のセット関係を持つアイヌ漆器との関連性が想定される漆器資料群
(資料 No.1,2,3,4)
・内外赤色漆を施す根来手もしくは根来塗りと呼称される地塗りのみの朱漆器(資料 N0.11,14)
・内外赤色漆を施すが地外面に黒漆で蔦紋様を描く資料(資料 No.13)
・沈金・梨子地・蒔絵技法等を地外面に施す漆器椀類(資料 No.6,7,8,9)
・基本的には近世漆器の加飾絵柄に題材を求めるもののそれらをミックスさせるなど加飾自体はやや異質な漆器椀資料(資料 No.5,10,12) 。[なおそれぞれのモチーフは、高台寺蒔絵＋南部箔椀＋くずし家紋(資料 No.5)・ 変型鶴紋(資料 No. 10) ・琳派の菖蒲絵柄(資料 No. 12)] 、など幾つかのグループに分類された。

生産技術面（材質・技法）の調査

・木胎と上塗り漆の間の下地は、布着せ補強を行いかつ多層の堅牢なサビ下地を施す堅牢なもの、やや脆弱なドロ下地を施すもの、炭粉下地を施すものに分類された。上塗りの漆層も、薄く一層施すものから数層の多層塗り構造を有するものまでさまざまであった。
・加飾技法は、沈金・梨子地・蒔絵・箔絵など多岐にわたっていた。
・赤色漆の使用顔料には、朱（HgS）もしくはベンガラ(Fe_2O_3)が検出されたが、朱の粒子は資料によって若干異なっていた。
・蒔絵や沈金の加飾材料には、金(Au)自体を用いるものの他、金＋銀合金(Au+Ag)、錫（Sn)、石黄 As+S)等、種々選択されていた。
・資料 No.3 は地外面に緑色漆が塗布されていた。これは塗膜の断面観察の結果、やや緑色の強い青色の漆層の中に黄色い顔料粒子が観察された。そして無機分析の結果、黄色の顔料粒子は石黄（硫化砒素）、紫外可視分光分析法の結果、漆層からはインジゴ（植物藍）成分が抽出された。



ロシア極東地方の民族分布図（19世紀～20世紀）

アムール川沿いのサンタン人の居住地

『北方から来た交易民』 佐々木史郎 NHKブックスより

(資料 No.1,2,3,4)

(資料 No.12)

(資料 No.5)

(資料 No.10)

漆器資料の分析結果一覧表

No.	器型	表面塗り技法			塗り構造		使用顔料			樹種	木取り	備考
		内	外	文様	内	外	内	外	加飾紋様		方法	
1	天目台	赤	赤	外一絵一黒	5	6	朱	朱		バラ科	C	絵柄一葛文様
2	椀	赤	赤	外一絵・紋一黒	5	6	朱	朱		ミズメ	B	絵柄一葛文様・紋
3	天目台	赤	赤	外一絵一黒	5	6	朱	朱		バラ科	C	絵柄一葛・菊文様
4	椀	赤	赤・緑	外一紋一金	5	6	朱	朱・As+S／藍	Au+Ag・朱	ミズメ	C	家紋一太鼓紋
5	大形椀	赤	黒	外一絵・紋一金・赤	5	6	朱		Au・朱・ベンガラ	ケヤキ	A	加飾一漆絵．箔
6	椀	赤	黒	外一沈金一金	5	6	朱		Au・As+S	ケヤキ	B	縁一石黄加飾
7	椀	赤	黒	外一高蒔絵一金	7	6	朱		Au	ケヤキ	A	絵柄一梅花、布着せ補強
8	椀	赤	黒	外一梨子地・赤絵	5	8	朱		Sn・ベンガラ	ホオノキ	A	
9	椀	赤	黒	外一絵一金	1	2	ベンガラ		Sn	トチノキ	A	
10	椀	赤	赤	内外一家紋絵一黒	5	6	朱	朱		ブナ	B	家紋絵一鶴紋変型
11	椀	赤	赤		7	7	朱	朱	朱	ケヤキ	A	根来手、布着せ補強
12	反端椀	赤	赤	外一絵一黒	6	6	朱	朱		未調査	―	絵柄一琳派菖蒲
13	椀	赤	赤		5	5	朱	朱	Au	ケヤキ	B	根来手（再利用）、布着せ
14	椀	赤	赤	外一絵一黒	3	4	朱	朱		ブナ	B	絵柄一葛文様

P 45

黒曜石産地推定における試料の厚みの影響とその補正

○髙橋章太（沼津工業高等専門学校）、望月明彦（同）

はじめに

黒曜石試料の蛍光Ｘ線分析による産地推定において、試料の厚さが薄くなると、高エネルギー側の領域にある元素より得られるスペクトルが変化する。従って、産地推定において重要な元素である Rb, Sr, Y, Zr にこの影響が及ぶため、遺跡出土の黒曜石試料の分析に蛍光Ｘ線分析を使用するには、細石刃の様に試料がの厚みが薄いと、正確な産地推定結果が得られにくいのが難点であった。

そこで、本研究では数箇所の黒曜石産地原石から様々な厚みの薄片試料を作成し、それらの蛍光Ｘ線強度を測定することにより、高エネルギー側の元素への厚みによる影響の補正式を作成した。この方法により、遺跡出土試料は今までの方法と同様な測定を行なった後、この補正式を用いる事で正確な産地推定が可能になった。

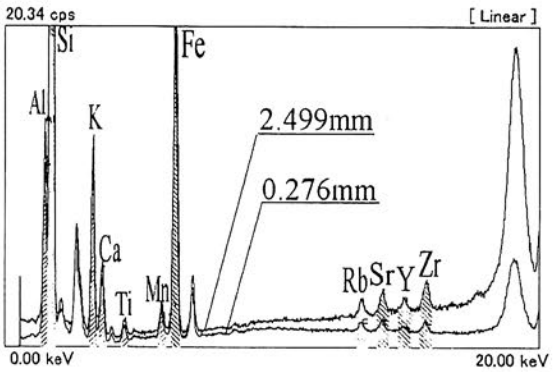


図1.　厚みによる蛍光X線スペクトルの様子

実験方法

日本中部地方各産地（６ヶ所―和田鷹山、和田ぶどう沢、諏訪星ケ台、神津島恩馳島、蓼科冷山、箱根畑宿）の黒曜石を切断機（マルトー 研究試料小型切断機 ミニラボカッター MC-110）で薄片に切断した後、研磨機（丸本工業 丸本ディスクサンダー61234）で約 3mm～0.2mm の厚さになるまで研磨した。厚みをマイクロメーター（Mitutoyo マイクロノギスメーター MDC-25M）で正確に測定し、照射経は３ｍｍで蛍光 X 線装置（Seiko Instruments 蛍光Ｘ線分析装置 SEA-2110L）にて測定（電流値 130μA（固定）、測定時間 500sec、３回同点測定）した。

実験結果

分析の対象とした６つの産地全てにおいて、試料の厚み約 1mm を境にして蛍光Ｘ線強度減少の傾向が認められた。

また、全産地ともに一様な減少の様子を示したので、Rb, Sr, Y, Zr の各元素について、X 軸には試料の厚み(mm)を、Ｙ軸には１mm 以上の試料より得られる強度を平均して１とし、それ以下の試料の強度(強度比)をとり、グラフにまとめた。これより、得られたグラフの曲線部分が直線部分の外挿と一致するような近似式を算出した。（対数グラフ）

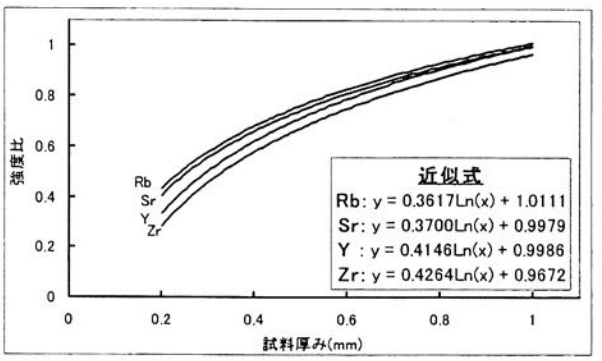


図2.　1mm 以下の厚み試料より得られる強度比

近似式による補正

得られた近似式と、試料の厚み x(mm)、補正前[I_0]、補正後[I]の各元素強度には次のような関係が成り立つ。(Rb の場合)

$$[0.3617\mathrm{Ln}(x) + 1.0111] : I_0 = 1 : I$$
$$I = I_0 / [0.3617\mathrm{Ln}(x) + 1.0111]$$

以上の関係より、高エネルギー側４元素の補正式を算出した。

補正式

Rb	$I = I_0 / [0.3617Ln(x) + 1.0111]$
Sr	$I = I_0 / [0.3700Ln(x) + 0.9979]$
Y	$I = I_0 / [0.4146Ln(x) + 0.9986]$
Zr	$I = I_0 / [0.4264Ln(x) + 0.9672]$

補正効果の確認

表1.原石判別群とのマハラノビス距離

産地	箱根畑宿HNHJ	神津島恩馳島KZOB	諏訪星ヶ台SWHD	蓼科冷山TSTY	和田鷹山WDTY	和田ぶどう沢WOBD
補正前	**25.49**	16.01	15.28	10.23	19.79	31.38
補正後	7.84	7.68	5.77	4.09	15.65	11.85

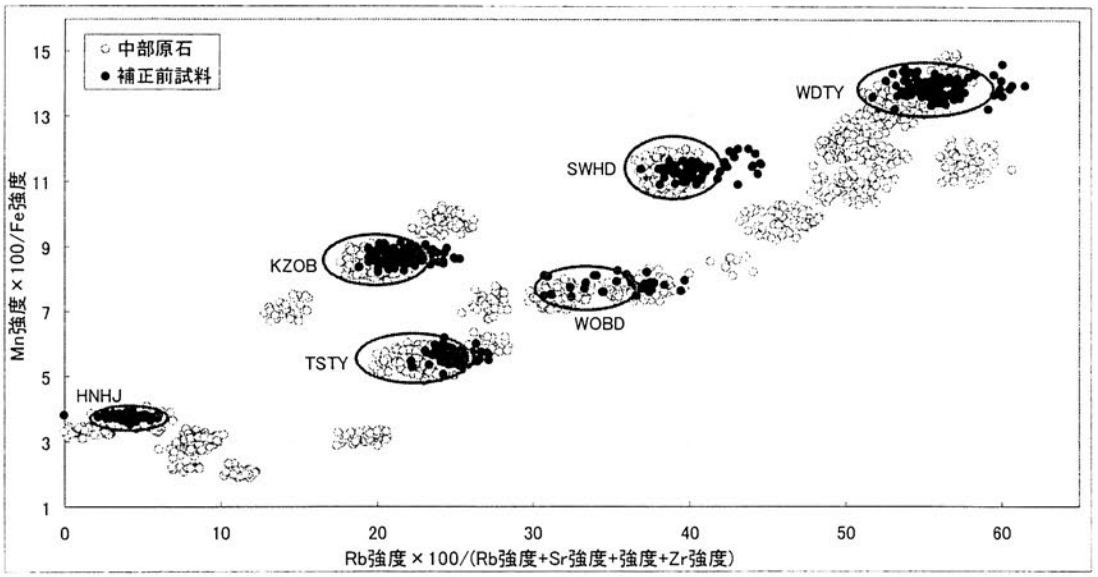


図3.　補正前の判別図

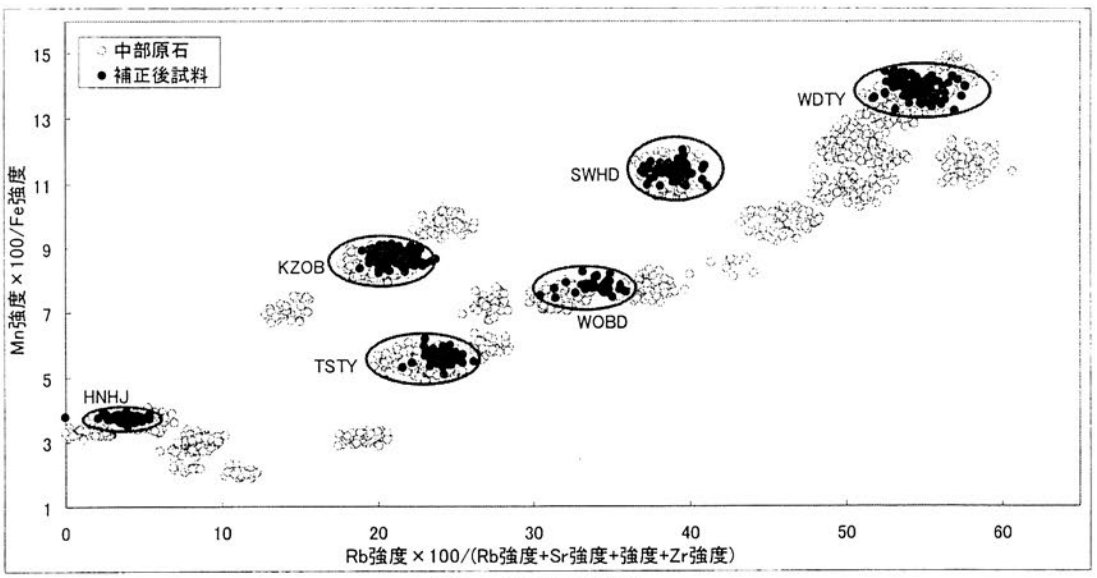


図4.　補正後の判別図

P 46

蛍光X線分析による九州地方の黒曜石の検討（2）

○高橋　豊（沼津工業高等専門学校）・望月明彦（同）

はじめに

本研究の目的は九州地域の原石産地から採集した黒曜石の蛍光X線分析値を用い、考古遺跡から出土する黒曜石の産地分析をすること、同黒曜石の岩石学的な特徴と産状の地質学的背景を把握することにある。

分析試料

図1に示した鹿児島を中心に熊本との県境地域、九州北西部の佐賀・長崎地域、姫島等の各産地の試料に加えて、今回は、九州中央部を占める阿蘇カルデラから噴出した火砕流(Aso1-4)に伴う黒曜石、広大な火砕流台地から洗い出された原石産地の黒曜石を検討した。特にAso-4は西は島原半島、北は豊後高田・山口県宇部、東は臼杵に達する。これらに挟在する黒曜石に注目した。

産地分析試料として、九州地域の南北の2遺跡、鹿児島県喜入町帖地遺跡（ＡＴ層準上下）と大分県日田市天瀬町五馬大坪遺跡（先土器時代の層準）の黒曜石片を取り上げ、図2A,B の判別図の有為性を検討した。

分析方法

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

測定条件－電圧:50kV 、電流:3μA 、照射径:10 ㎜、測定時間:300～240sec、雰囲気: 真空

産地分類

蛍光X線分析スペクトル強度から計算される次の指標を用い、望月(1997)の指標により図2-A,Bを作成した。指標：Rb分率＝Rb強度×100/A 、Sr分率＝Sr強度×100/A 、(ただしA= Rb強度＋Sr強度＋Y 強度＋Zr強度とする）、Mn強度×100/Fe強度、logFe/K 。

結果

九州地域の黒曜石の分析値は比較的良いまとまりをみせる。一部重複するが図2と3の判別図から、その帰属はほぼ明らかである。

遺跡出土黒曜石の産地分析をし、表1、2の結果を得た。

五馬大坪遺跡の層準には、表2の黒曜石を含め、阿蘇火砕流（Aso1-4）に伴う下記のA，B，Cの黒曜石が認められる。

Ａ： Aso-4火砕流に伴う黒曜石: ガラス火山灰のマトリックスと軽石に混じって非溶結堆積物中に認められる1 ～数cm径の黒曜石。島原半島の国見に達し、熊本の宇土・黒石・太郎迫、県境の玉名南関の立山、福岡県八女

図1　九州地方の黒曜石原石産地

市昭和溜池で個別の産地としては峻別しがたい化学組成をみせる。Aso-4 火砕流に伴う黒曜石と考える。（図1，2A, B, 表2）

B：阿蘇手野のカルデラ壁のAso-2 の上位の層準には、火砕流を流出する大規模噴火サイクルの間に、火山砕屑物を噴火するやや小規模な噴火サイクルが認められる。大量のスコリヤが噴出され、高温のまま集積し、急冷した部分は黒曜石に変わる。これは、表面が茶褐色に風化する漆黒の黒曜石として、五馬大坪遺跡では特異な素材をなす。（図2）

C：阿蘇カルデラの北東部の杖木原に代表される黒曜石で、火砕流台地から洗い出された、漆黒でコークス様の塊状の黒曜石。五馬大坪遺跡では、この素材を用いた遺物は、表層が茶褐色に風化した岩片として多用される。（図2）

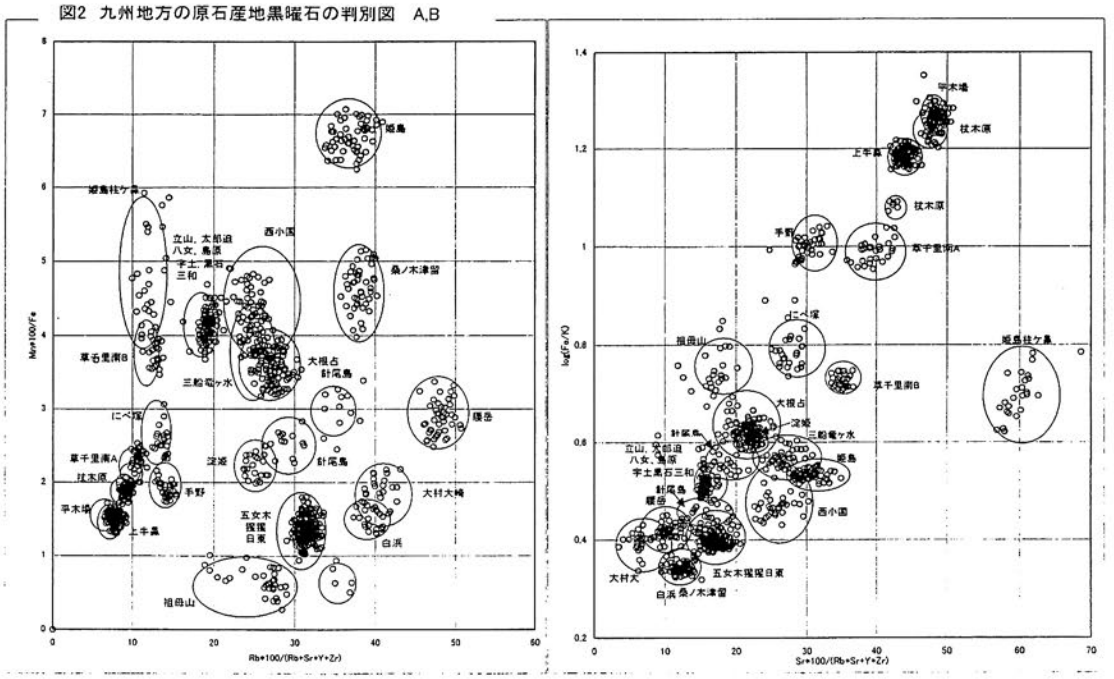
表1 遺跡出土黒曜石片の産地分析結果(試料数組成、%)

遺跡名	産地	西小国 KNOG	淀姫 NYOD	腰岳 SKSD	針尾島 KHAR	桑ノ木津留 KHKW	五女木 KGOM	上牛鼻 KUSS	平木場 KHIR	黒石等 KKKR	三船 KMIF	不明
鹿児島県喜入町帖地		0	3.3	26.7	20	10	10	13.3	3.3	0	0	13.3
大分県日田天ヶ瀬町大坪		76	0.6	10.3	0.6	0	4	0.6	0	0.6	0.6	6.9

表2 阿蘇火砕流(Aso-1～4)に伴う黒曜石の分類指標

産地名, 記号	群	Rb分率	Sr分率	Zr分率	log(Fe/K)	Mn/Fe	産地名	群	Rb分率	Sr分率	Zr分率	log(Fe/K)	Mn/Fe
島原国見,NSKT	A	19.28	15.73	56.66	0.51	4.19	八女昭和,FYST	A	19.37	15.77	56.72	0.50	4.30
宇土,KKUD	A	19.02	15.82	56.67	0.52	4.11	三和,KASN	A	19.06	15.65	56.68	0.56	3.77
黒石,KKKR	A	19.59	14.72	57.24	0.51	4.09	阿蘇手野,KATE	B	13.77	31.70	48.47	1.01	1.97
太郎迫,KTRO	A	19.40	15.10	57.41	0.50	4.11	御船,KMHM	C	8.90	49.09	37.62	1.26	1.85
立山,KTTA	A	19.34	15.43	57.11	0.50	4.14	杖木原,KKTE	C	9.41	47.58	38.61	1.24	1.93

図2 九州地方の原石産地黒曜石の判別図 A,B



P 47

蛍光X線分析によるガラス質黒色安山岩の産地推定に関する研究

○大越秀明(沼津工業高等専門学校)、望月明彦(同)、藤根 久(パレオラボ)、

はじめに

ガラス質黒色安山岩は旧石器時代に石器としてよく用いられた石材の 1 つで、その産地推定法を確立することは当時の地域間交流の様子を探る上で貴重な手がかりとなりうる。この石材は産地が限定されている上に、その産地毎に成分に特徴がある。このことを利用し、本研究では四国、近畿、中部地方の合計 15 ヶ所で採取された安山岩原石 129 点を蛍光X線分析し、そのデータから得た指標をグラフにプロットすることによって安山岩の産地別分類を行った。

分析試料

ガラス質黒色安山岩の原石の産地と試料点数は以下の通りである。

四国地方：	香川県坂出市北峰道路脇金山の麓転石	10 点
	香川県高松市国分台演習場付近国分台の転石	10 点
近畿地方：	奈良県香芝市穴虫峠(手前)二上山北側谷転石	9 点
	大阪府南河内郡太子町太子飛地谷転石	5 点
	大阪府南河内郡太子町春日　春日山みかん畑内転石	10 点
中部地方：	長野県星糞峠 14 点、長野県八風山	12 点
	岐阜県益田群下呂町大林河川転石	11 点
	神奈川―静岡県：箱根天狗沢 18 点、箱根火打沢 15 点、箱根清水川 2 点、箱根白糸川 2 点、箱根玉川 8 点、箱根二ノ塔沢 3 点	

方法

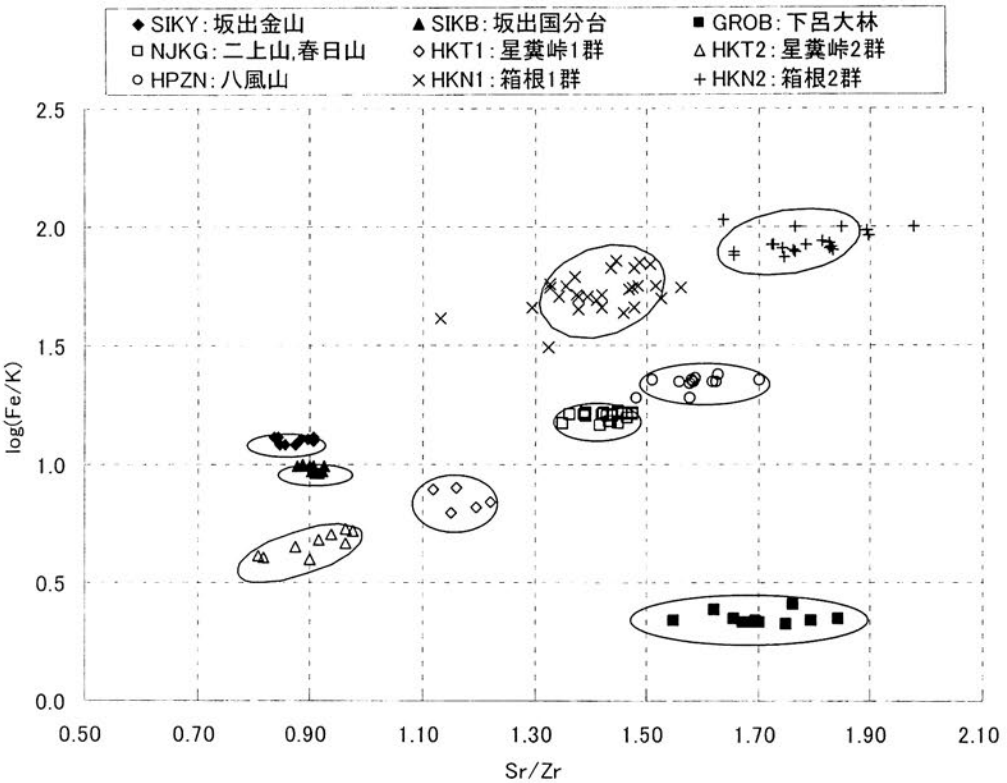
安山岩の原石をハンマーで割り、できるだけ平らな新鮮面を出してそこを測定面とした。

測定装置　SEIKO Instruments 製 エネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA2110L

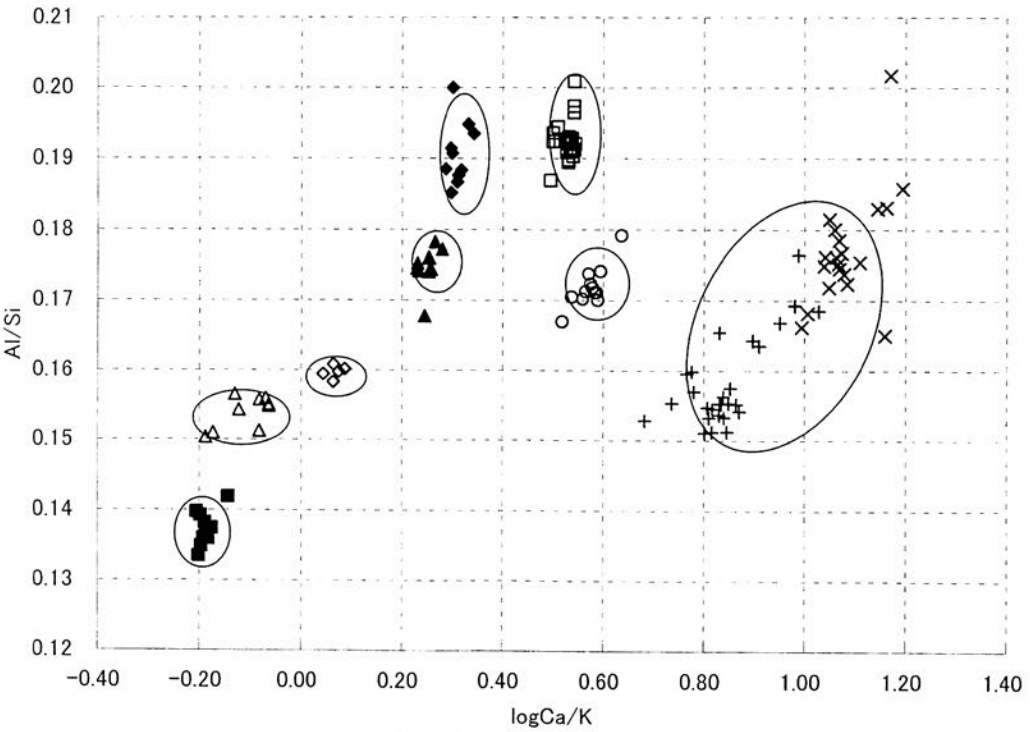
分析条件　管球：ロジウム(Rh)、電圧：50kV、電流：自動設定、雰囲気：真空
照射径：10mm、測定時間：500 秒

結果

分析の結果、Sr/(Sr+Rb+Y+Zr)、log(Fe/K)、log(Ca/K)、Sr/Zr、Ti/Fe、Ca/Ti、log{K/(K+Ca+Ti+Mn+Fe)}、log(K/Ti)、Al/Si の元素比指標が有効であることがわかった。この指標を元にグラフをプロットすることで、9 つの群に分けることができた。産地の数はまだ少ないが、今までのところこれらの指標を用いた 2 つの図を使うことによって安山岩の産地を充分判別することが可能である事がわかった。



Sr/Zr と log(Fe/K)によるプロット



Log(Ca/K) と Al/Si よるプロット

P 48

アイヌ玉の化学組成と産地

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

【1．はじめに】日本の北方に広く居住したアイヌ民族は、地理的条件から大陸の諸民族や和人との間で盛んに交易を営み、特色ある豊かな文化を生み出した。アイヌ文化の特徴的な資料のひとつであるアイヌ玉は、赤、青、黄、緑、乳白色と多彩なガラス玉の装飾品で、アイヌ民族の交易の範囲や歴史といった考古学的考察において重要な意味を持っている。本研究では、自然科学的手法を用いてアイヌ玉を分析することで、これまでの考察に新たな情報を与えることを目的とした。試料が貴重であるため化学組成の測定には、主として非破壊的手法を利用した。得られた化学組成からガラスの種類と着色元素を検討した。試料採取が可能な玉については結晶同定や鉛同位比測定を行ない、玉の製造技術や、鉛ガラスの鉛材料について考察した。

【2．資料と測定】資料はアイヌ玉約 600 玉（東京国立博物館所蔵 43 資料，アイヌ民族博物館所蔵 6 資料，児玉マリ女史提供 143 資料）である。1 資料が 50～200 玉からなる首飾りの場合もあり、色や大きさの違いで玉を選択し測定試料とした。化学組成の測定はエネルギー分散型蛍光X線分析装置を主に用い、試料採取可能な場合には ICP 発光分光分析装置も用いた。結晶同定は粉末X線回折装置、鉛同位体比測定は表面電離型質量分析計で行なった。

【3．考　察】アイヌ玉を化学組成で分類すると、ガラスの種類はアルカリ珪酸塩ガラスの K-Ca-Si 系と[Na,K]-Ca-Si 系、鉛珪酸塩ガラスの K-Si-Pb 系と［Na, K]-Si-Pb 系の 4 種に分けられ、一様に K_2O 含有率が高いガラスであった。各系の化学組成の平均値を表-1 に示す。アイヌ玉の中で一番多かった K-Pb-Si 系のガラスは、日本の平安・鎌倉時代の鉛ガラスの化学組成と似ている。さらに、K-Pb-Si 系の乳濁青玉は、図-1 に示した鉛同位体比組成の比較から、日本産の鉛と一致するものがあった。よって、これらの玉が日本産の鉛材料で作られた可能性が示された。考古学的に乳濁青玉には日本産と言われるものがあり、この知見との一致が確認されたことは興味深い。

表-1：化学組成の平均値　　(wt%)

ガラスの種類	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	MnO	Fe_2O_3	CuO	PbO	SnO_2	Sb_2O_3	玉数
K-Ca-Si	1.1	0.6	1.7	67	18	9.9	0.0	0.4	0.7	0.2	0.1	0.0	52
±σ	0.6	0.7	0.4	3	3	1.2	0.1	0.1	0.4	0.2	0.0	0.0	
[Na,K]-Ca-Si	5.8	1.1	1.7	66	15	8.8	0.0	0.5	1.0	0.2	0.1	0.0	40
±σ	1.8	0.9	0.4	2	4	0.9	0.0	0.3	0.4	0.2	0.0	0.1	
K-Si-Pb	0.4	0.1	0.3	49	9.5	0.4	0.3	0.4	0.5	38	0.3	0.5	288
±σ	0.3	0.1	0.0	3	0.9	0.3	0.0	0.9	0.3	3	0.0	0.2	
[Na,K]-Si-Pb	6.7	1.1	0.1	53	6.0	1.2	0.5	0.3	0.8	30	0.0	0.4	187
±σ	2.1	1.0	0.1	3	2.4	1.6	0.8	0.2	0.5	4	0.0	0.6	

また、乳濁青玉は玉の大きさとガラスの種類に傾向があり、K-Ca-Si系に属する玉は大玉が多く、[Na,K]-Ca-Si系に属する玉は小玉が多い。中玉は鉛珪酸塩ガラスに属していた。このような玉の形状による化学組成の違いが何を意味するのかは、今後、微量元素分析や鉛同位体比測定が進められることで解決されるかもしれない。

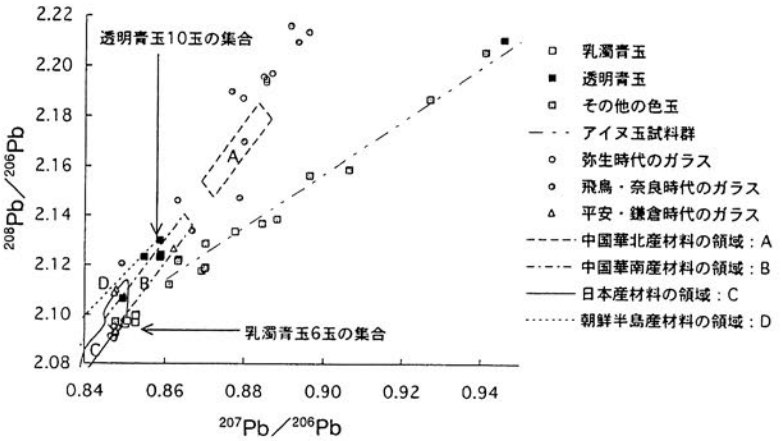


図-1：鉛同位体比分布図（$^{207}Pb/^{206}Pb$—$^{208}Pb/^{206}Pb$）

アイヌ玉各色の着色元素は次のようにまとめられる。Cuによる青～緑色着色は、乳濁青～緑、透明青～緑のガラスで用いられている。このときCu-Sn間には、図-2ような相関が確認されたことから、Cu材料にCu-Sn合金が使われたガラスがあると推測される。透明青の着色にはCuの他にCoが用いられた場合もあり、Co原料に付随してMnが混入している。その他、黒～濃紫色の着色はMnによるものが多く、赤，茶，黄の着色はFeによるものが多い。

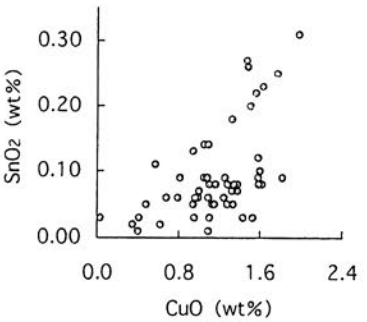


図-2：青～緑系統ガラスのCu-Sn分布図（EDX）

また、粉末X線回折法により、乳濁した玉には結晶性物質が存在することが分った。図-3より、アルカリ珪酸塩ガラスの玉にはCaF_2と$KCaF_3$の結晶が存在したことから、CaF_2（蛍石）が乳濁剤として用いられたと推定される。一方、鉛珪酸塩ガラスの玉には、アンチモンの酸化物やアンチモン酸塩等が存在したことから、Sb化合物が乳濁剤として用いられたと考えられる。

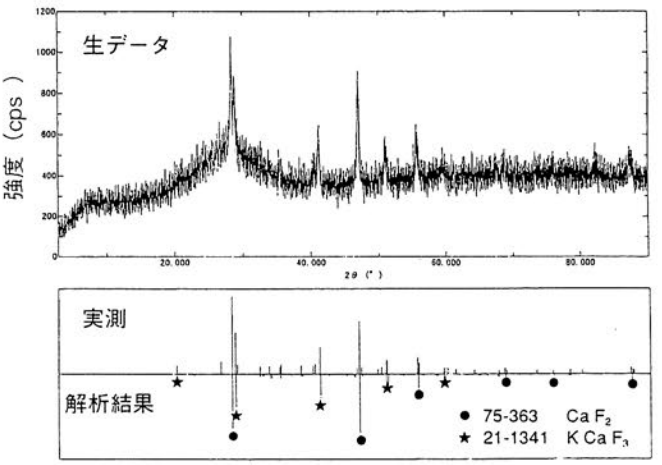


図-3：乳濁アルカリ珪酸塩ガラスの回折パターン

これらの自然科学的な解析が、日本の北方領域の文化と、本土及び大陸の文化との交流や関係の解明に貢献できることを期待したい。

P 49

カマン・カレホユック遺跡出土土器の含有鉱物による分類の試み　第2報

○宮野　理（東理大・理）・松永　将弥（同）・中井　泉（同）

【はじめに】

トルコ共和国のカマン・カレホユック遺跡は長年の人々の生活により台形状に隆起した建築遺構である。現在新しい時代から第 I 層(オスマントルコ時代)、第 II 層(鉄器時代)、第 III 層(中後期青銅器時代)、第 IV 層(前期青銅器時代)に至る 4 つの文化層が確認され、おおよそ5千年の歴史が包含されていることが明らかになっている。本研究室では出土遺物の自然科学的情報から考古学的な知見を得ることを目的として、これまで多角的な研究を行ってきた。昨年から、土器に含まれる鉱物種から土器の分類の研究を始め、Cooking Pot では時代ごとに石英、長石類、くさび石、角閃石類、赤鉄鉱の出現率が異なり、これら鉱物組成が各文化層の胎土の指標となることが分かった。今回は Cooking Pot に加えて彩文土器、日干し煉瓦の含有鉱物の分析結果について述べる。また、本遺跡周辺の河川からサンプリングした(図 1)川砂利に含まれる鉱物組成を調べ、胎土についての分析結果と比較しその原料産地について考察した。

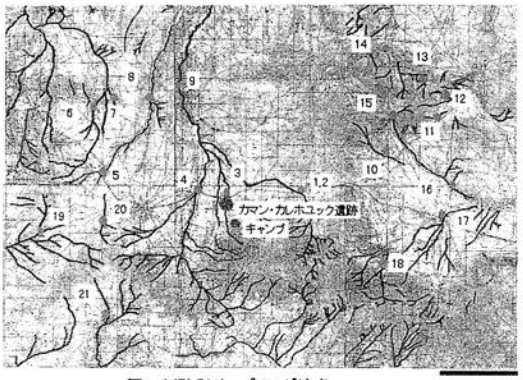


図1 川砂利サンプリング地点

【実験方法】

分析に用いた試料は Cooking Pot 57 点、彩文土器 39 点、日干し煉瓦 48 点、川砂利 21点である。試料はハンマーとめのう乳鉢を使用して砕いた後、ふるいにかけ一定の粒径(直径 0.3～1.0mm)に選別した。鉱物に付着している微細な粘土質の除去には 10%硝酸、10%フッ化水素酸を用いた。酸処理後 100℃で 3 時間乾燥させ、さらに 150～250 μm に鉱物の粒径に揃えたものを 4mg 採取し、測定用試料とした。

測定用試料はクレリチ溶液(d=3.82)、テトラブロモエタン(d=2.95)、N,N-ジメチルホルムアミド(d=0.95)の重液により比重選鉱した。重液選鉱で選別した鉱物は、顕微鏡、粉末 X 線回折計、SEM-EDX を用いその鉱物種を同定した。各鉱物の出現頻度はポイントカウンタにより計測した。

【結果及び考察】

1.Cooking Pot、彩文土器、日干し煉瓦に含まれる鉱物の出現率について

Cooking Pot の構成鉱物の出現率についは前回報告したが、今回は分析試料を増やし一般化を行った(図 2)。すべての試料において石英の含有率は 70%を越えていた。また、IIa 層出土の Cooking Pot は長石類を多く含む傾向があり、また IIc 層から出土したものは角閃石に富み長石類が少ないこと、IId 層出土のものは石英の含有率が 90%越え極めて石英に富む傾向があること、III、IV 層に比定される Cooking Pot は長石類が欠如していること等が明らかとなった。

彩文土器では Cooking Pot と同様ほぼ石英の含有率が 70%を越え、何点かの試料では石英の含有率が 100%といった特徴的な鉱物組成を示した。また、IIa 層の彩文土器は長石類を多く含む傾向があること、IId 層では角閃石類を多く含む傾向があることなどが分かった。

以上の結果は、Cooking Pot 及び彩文土器に含まれる鉱物の種類とその含有率が時代ごとに異なっていることを示している。この事は遺跡周辺で制作されていたとされる Cooking Pot においても同一の材料を用いていたのではなく、時代と共に土器の原料である粘土或いは混和剤の採取場所が変化していったことが分かる。一方、日干し煉瓦に含まれる鉱物の出現率を分析した結果、日干し煉瓦に見られる一般的な鉱物の組み合わせとしては、長石類を 3～10%含むものとそうでないものの二群に分けられることが分かった。

2.川砂利との比較

川砂利の構成鉱物の出現率を図 3 に示す。サンプリングしたすべての川砂利で石英の含有率は 70%を越え、土器胎土の特徴と共通していた。また、石英以外の鉱物としては、長石類、角閃石類、赤鉄鉱、くさび石、普通輝石、石榴石、金雲母等が含まれていた。また、サンプリング地点ごとに鉱物の含有量の差を確認することが出来た。一部のサンプルでは石英が 100%と非常に特徴的な組成を示すことが分かった。これらの特徴と日干し煉瓦、Cooking Pot、彩文土器についての結果との比較を行った。Cooking Pot と川砂利の鉱物組成が完全に一致するものは確認できなかったが、Cooking Pot の何点かとポイント 4 の川砂利の鉱物組成が似ていることが明らかになった。今回すべての川においてサンプルは各地点で一カ所ずつしか行っておらず川の場所によって鉱物組成が異なると考えると、今後ポイント4の川を調査することでさらに良い一致を示す川砂利を見出すことができる可能性がある。ポイント4は遺跡に近く、水量も豊富な場所であることから原料供給地としては立地条件が良く、今後上流から下流まで数点ずつサンプリングを行うことで本遺跡出土 Cooking Pot の産地についてのより詳細な知見が得られるものと期待される。

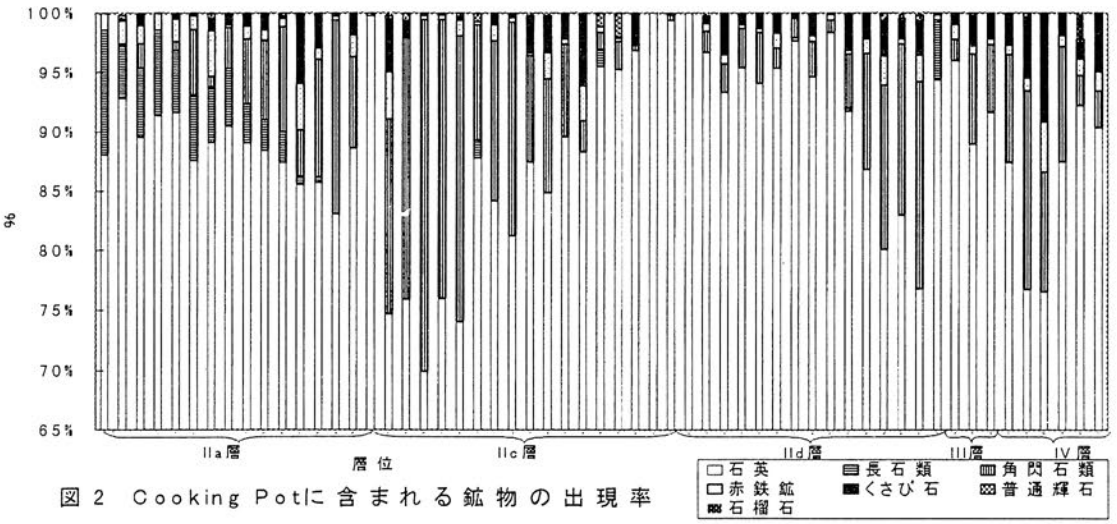


図 2　Cooking Potに含まれる鉱物の出現率

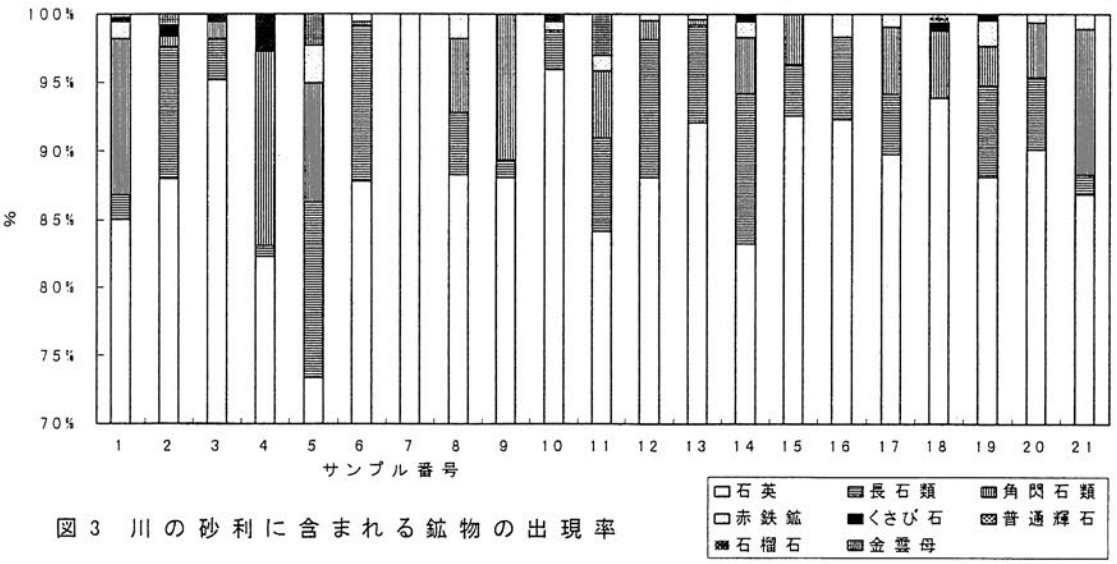


図 3　川の砂利に含まれる鉱物の出現率

P 50

土器型式変革期における人・モノ・情報の移動

－群馬県内加曽利Ｅ式成立期の胎土分析の成果より－

○建石　徹（東京芸術大学）、西本豊弘（国立歴史民俗博物館）、小林謙一（金沢大学）

1．目的

縄文時代中期の群馬県地域は、土器型式の吹き溜まりともいうべき複雑な土器型式組成が、以前から注目されてきた地域である。特に加曽利Ｅ１式土器成立の直前段階にあたる勝坂式・阿玉台式後半期にはこの傾向が顕著である。型式学的多様性を持つ当該期の土器群が、細かな地域性は有しながらも汎関東地域でより均質化した型式学的特徴を持つ加曽利Ｅ１式土器に集約されていく過程やその背景を検討することは、当該地域の地域研究にとどまらず、土器型式が急激に変化する場合の考古学事象全般に還元できる事例研究ともなり得る。

国立歴史民俗博物館では、1996 年より開始した特定研究「生産と流通に関する歴史資料の多角的分析」（研究代表者　今村峯雄）の一環として、胎土分析と型式学的分析の協業による北関東・東信地域を主な対象とした当該期土器群の共同研究を実施してきた。本稿では、群馬県長沼町沼南遺跡（建石 1999）、同宮城村鼻毛石中山遺跡（建石他 1996）における胎土分析の成果をもとに、勝坂式・阿玉台式後半期における多様なレベルにわたるであろう情報交換の実態を検討する。

2．試料（資料）

分析に供した試料は、群馬県長沼町沼南遺跡出土縄文土器 33 点と、同宮城村鼻毛石中山遺跡出土縄文土器 37 点の、計 80 点。いずれも勝坂式・阿玉台式後半期土器の体部片が大半で、すべて別個体から採取した。

3．分析方法

土器胎土の原料が、マトリクスである「粘土」部分（以下、粘土）と、河川砂等の「混和材」部分（以下、混和材）の混合土と仮定する。粘土の分析としてエネルギー分散型蛍光Ｘ線分析、混和材の分析として肉眼、実体顕微鏡による器面、破断面にみられる鉱物、岩片の観察を実施した。分析法の選択理由等の詳細は建石他（1996）を参照されたい。

蛍光Ｘ線分析の分析装置、分析条件は次の通り。分析装置　セイコー電子工業製エネルギー分散型 SEA-2001、Ｘ線発生部ターゲット　Rh 管球、電圧　15kV、電流　80 ～ 190 μ A（試料ごとに変更）、照射径　3mm、検出器　Si(Li)半導体検出器、室内雰囲気　真空、測定時間　300 秒、測定回数　５回以上。定量分析は装置装備のファンダメンタルパラメーター法によった。分析対象元素は、Si、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、K、Mn の８元素。Na は本条件での定量が困難なため測定しえなかった。

4．分析結果と考察

蛍光X線分析の結果のうち、粘土母岩の推定に特に有効なSiとFeの相関を示す（図）。

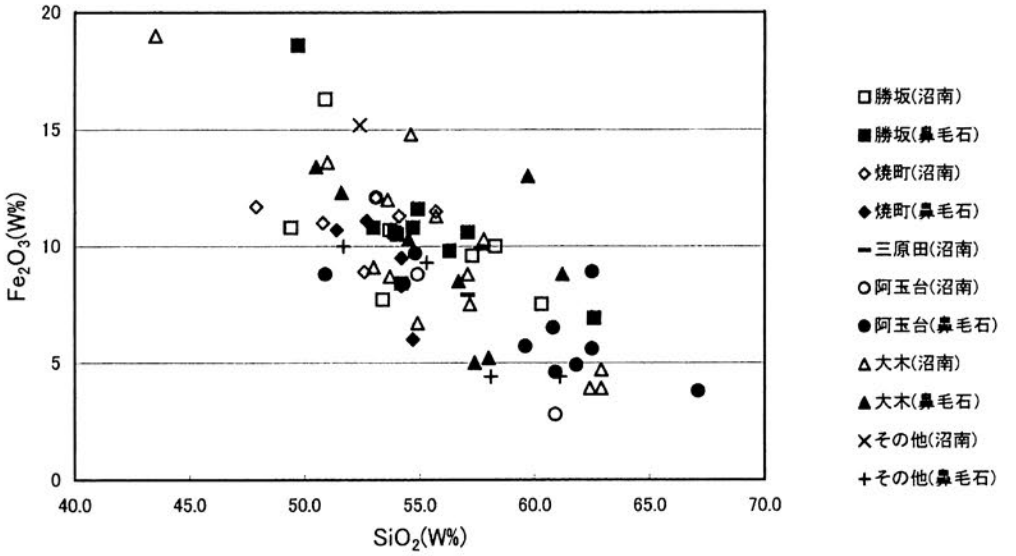


図　沼南遺跡、鼻毛石中山遺跡出土縄文土器のSi－Fe比

両遺跡周辺の代表的な地質は安山岩質である。遺跡周辺の在地地質と比べ、酸性より、塩基性よりの粘土を持つ個体は、遺跡周辺以外の地域で産出した非在地粘土である可能性がある。なお、「在地」「非在地」の用語は建石他（1998）に準ずる。

両遺跡とも、勝坂式、焼町類型の多くは、在地的な胎土を持つ。

東関東地域に分布の中心をもつ阿玉台式や、一部の勝坂式には非在地的な粘土、混和材を持つものがある。特に勝坂式には、両遺跡からみれば南側に位置する藤岡市周辺や秩父地域での産出が知られる片岩類（混和材の可能性が高い）が含まれる個体や、東関東地域に特徴的な酸性よりの地質と一致する粘土を持つ個体が確認できる。同じ「勝坂式」の範疇に括られる土器群であっても、個体ごとに土器や情報の移動が想定される方向は一様ではないことが理解できる。

また、南東北地域に分布の中心がある大木式は、沼南遺跡では非在地的な粘土を持つ個体が多いのに対して、鼻毛石中山遺跡では在地的な粘土を持つ個体が目立つ。この結果は、群馬県内におけるより細かな地域性や、同一地域（遺跡群）内での各遺跡の性格、役割の違いがある可能性を示唆する。

今後、胎土分析と型式学的分析を重ねることにより、人・モノ・情報といった多様なレベルでの情報交換の実態が復原できることが期待できる。

P 51

陶邑産須恵器の指紋

三辻利一（奈良教育大），中村　浩（大谷女子大）

1）はじめに

各地にある５世紀代以後の古墳からは必ずといってもいいくらい，須恵器が出土する。古墳時代の須恵器窯が最も多く見つけられているのは大阪府堺市にある「陶邑」である。これに対して，古墳時代の地方窯の数は少ない。この点から，古墳時代の須恵器生産の中心は「陶邑」にあったと考えられる。「陶邑」の製品は何処へ供給されたのか，これに対して，地方窯の製品はどの古墳から出土するのかという「古墳時代の須恵器の生産と供給」に関する問題は古墳時代の須恵器研究として重要な問題である。演者らは過去，２０数年間にわたって胎土分析による須恵器の生産と供給に関する基礎研究を推進してきた。その結果，この研究を進める上には，古墳時代と平安時代に分けて研究を進めるほうが有効であることがわかった。その理由は須恵器の窯の数とその分布の広さが古墳時代と平安時代では異質とも思えるくらい，大きく異なる点にある。当然，その用途にも大きな違いがあったに違いない。古墳時代の須恵器の窯数は平安時代に比べて，著しく少ないので，生産と供給に関する研究はし易い。しかも，古墳から出土する須恵器の産地問題に焦点を絞ることによって，研究の性格をかなり明確にすることができる。この時期の須恵器生産の中心が「陶邑」にある点を重視すると，「陶邑産」の須恵器の指紋はどんな特徴をもっているのか，また，地方窯の製品との相互識別がどのように可能であるのかをまとめておくことは必要である。本報告ではこれまでに得られている結果をまとめる。

2）結果

２－１）「陶邑」内の地域差

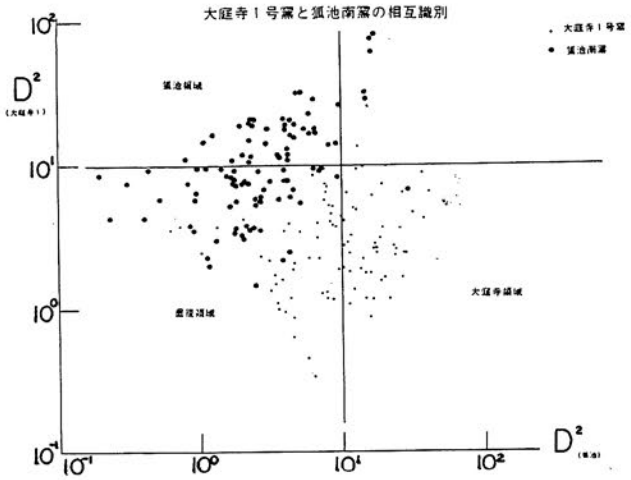
「陶邑」内の，５０基ほどの窯跡から出土した須恵器が１０００点ほど分析されている。図１にはＴＧ－２３２号窯とＯＮ－２３１号窯の須恵器の判別分析の結果を判別図として示してある。一部に重複する部分があるものの，両者の相互識別は可能であることを示している。このように，「陶邑」の窯でも相互識別ができる場合もあるが，一般には，「陶邑」内のどの窯の製品もＫ，Ｃａ，Ｒｂ，Ｓｒの指紋では類似しており，「陶邑群」としてまとめておく方が，地方窯の製品との相互識別をする上には便利である。演者はこの研究の当初から，「陶邑群」という母集団を設定している。

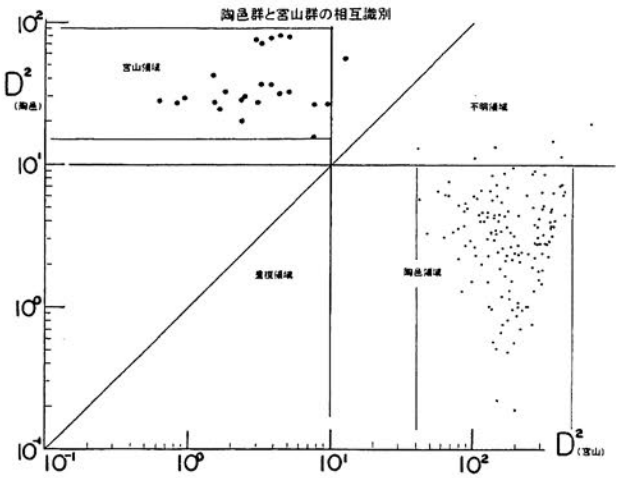
２－２）地方窯の製品との相互識別

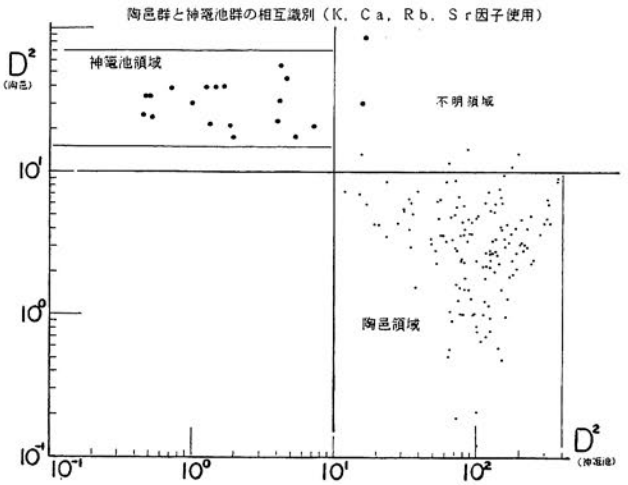
既に見つけられているほとんどの地方窯の製品と「陶邑群」の製品との相互識別は検討されている。その一例として，図２に四国の宮山窯と陶邑群との相互識別を，また，図３には佐賀市の神籠池窯と陶邑群の製品との相互識別を示す。完全に相互識別できることがわかる。このようにして，ほとんどの地方窯と陶邑群の製品の相互識別ができることがわかった。この結果は各地の古墳出土須恵器の産地問題を研究する上に，十分活用できる。

５－７世紀代の須恵器窯が見つかっていないところについては，８－９世紀代の新しい時期の地方窯の製品の指紋を使って陶邑群との相互識別をすることができる。

陶邑産の須恵器はＣａ，Ｓｒ量が少ないという特徴がある。これが大阪層群の粘土のもつ特徴なのであろう。







P 52

筑後平野北部の甕棺の胎土分析

○中園　聡（鹿児島国際大学）・三辻利一（奈良教育大学）
赤川正秀（大刀洗町教育委員会）・松尾　宏（甘木市教育委員会）
鐘ヶ江賢二・時津裕子（九州大学）

1　はじめに

弥生土器・甕棺を用いた胎土分析をわれわれが開始したのは，筑後平野北部域からであった．当初は手探りの状況であったが，小地域内の各遺跡の試料を分析した結果，遺跡もしくは遺跡群ごとにわずかに特性が異なることが把握されてきた．それにより土器の生産と流通の仕組みを考える上で重要な手がかりが得られつつある．しかし相互に重複が大きく，また同一遺跡内でも須恵器などとくらべてばらつきが大きい．したがって，産地推定という観点からは遠隔地間では有効であるものの，小地域内での産地推定は困難な面がある．

そこで，そのような弥生土器の性質を不利ととらえるのでなく，一方で産地推定の可能性を視野に入れつつも，他方でむしろその他の考古学的テーマの解決に役立て，胎土分析の可能性を広げようと企てている．土器の生産・流通システムの解明はそれだけで意義ある課題であるが，器種間での胎土の差を明らかにすることにより製作者の認知構造に迫ることも可能であるし，甕棺のように葬送システムとも結びついたものは，胎土分析を用いた実証的研究によって意味深長な結論を導き出す可能性がある．

例えば専用甕棺の胎土はその遺跡で出土した小型土器と類似する傾向があること，また専用甕棺の上甕・下甕（上下棺）の胎土が同一といっていいほど類似するものも多く，そうしたものは2個1対でセットとして作られた可能性が高いことなどである．さらに，甕棺の上下棺の一致度の差が遺跡や個人の階層差による可能性も考えられ，甕棺製作の契機が葬送に関する儀礼となんらかの関係があることも想定されてきている．

とくに福岡県大刀洗町や甘木市を中心とする遺跡のデータは充実しつつあり，それらの比較を行える段階にある．また大刀洗町では近接する2遺跡間（甲条神社遺跡，高樋塚添遺跡）での比較も計画的に行うことができており，遺跡間の微差や時期的微差が把握されている．最近新たに分析できた大刀洗町甲条神社遺跡2次調査の例も加えて検討を行う．

2　方法

試料の採取部位は任意であるが，基本的に胴部の一部である．調整や胎土など大まかな観察を行った後に以下の測定に供した．

試料の表面の付着物や汚染を除去するために研削を行い，その後タングステンカーバイド製乳鉢を用いて100メッシュ以下に粉砕し，粉末にした．その粉末試料を内径20mm，厚さ5mmのビニール製リングの枠に入れて約13tの圧力をかけてプレスし錠剤試料を作成して蛍光X線分析を行った．

波長分散型蛍光X線分析装置（理学電気製3270型機）を用いて，K，Ca，Fe，Rb，Sr，Naの6元素を測定した．なお，ここで用いる分析値はすべてJG－1の各元素の蛍光X線強度を使った標準化値で表示する．測定値の解析にあたっては，K－Ca，Rb－Srの2次元分布図の視察をはじめとして多変量解析を用いる．

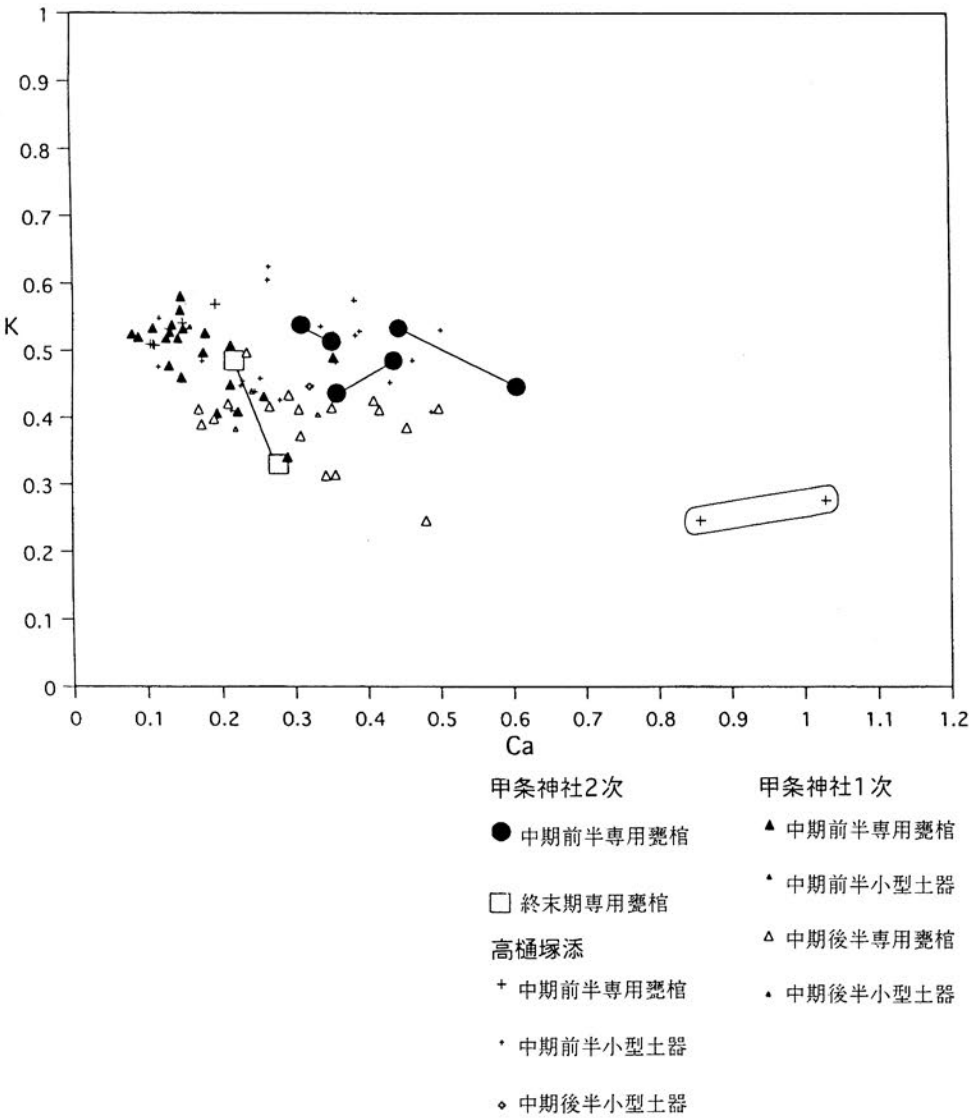
3　結果と考察

やはり遺跡ごとに化学特性に差があること，そして遺跡間で甕棺の上下棺の一致度にも差があることが確認された．したがって，これまでの結果を支持することになる．

また甲条神社遺跡と高樋塚添遺跡に関しては，弥生時代中期前半では胎土に差はなく，中期後半に微差があることがわかっていたが，今回新たに分析した甲条神社遺跡2次調査分（中期前半）は，両遺跡と重なりつつもずれがあった．一連の墓地であっても，列状に長く展開することの多いこの時期の甕棺墓群に内包されるサブグループを反映している可能性が指摘できる．甕棺の形態等の特徴からもそれを支持できそうである．

この程度の胎土の差は粘土採取地点のわずかなズレや，混和材の量など胎土の調整法によって生じる可能性が考えられ，このように墓群間で，胎土の差や，上下棺の組み合わせの差な微差の追求も新たなテーマである．

今後は墓域を全掘した遺跡も対象にして，墓群間の比較などの研究を行っていきたい．



P 53

肥前産磁器の流通に関する自然科学的研究

澤田正昭・○村上　隆（奈良国立文化財研究所）、
二宮修治（東京学芸大学）、降幡順子（京都工芸繊維大学）、
野上建紀（有田町歴史民俗資料館）、中野雄二（波佐見町教育委員会）、
成瀬晃司・堀内秀樹（東京大学埋蔵文化財調査室）

【目的】

肥前産磁器は、17 世紀中ごろから中国磁器に替って大量に輸出された。中でも「見込み日字鳳凰文」、「見込み荒磯文」と呼ばれる染付皿椀類は、時代・地域性を限る特徴がある。本研究は、これらの染付磁器に着目し、生産地である窯跡から出土した資料と消費地の遺跡から出土した資料の胎土を分析し、当時の陶磁器流通の実体を明らかにすることを目的とする。考古学における従来の形式的分類に自然科学的手法による知見を加えて陶磁器研究をより深いものにすることをめざしている。また、陶磁器の胎土分析においては従来別々に行われていた熱中性子放射化分析と蛍光X線分析の成果を比較し、双方の分析手法が相互補完的に取り扱えるかどうかの検討を行い、分析への信頼性を高めることを目指した。

【資料】

生産地・消費地から出土した陶磁器計 270 点の胎土分析をした。その内、蛍光 X 線分析と熱中性子放射化分析との比較を行った陶磁器は 44 点である。生産地資料の詳細は、表 1 に示す。また、特に、生産地から出土した見込み荒磯文・日字鳳凰文碗皿類について、有田の 3 窯跡出土資料各 5 点、波佐見の 4 窯跡出土資料各 5 点の計 35 点、消費地から出土した見込み荒磯文・鳳凰文碗皿類計 4 点について報告する。消費地から出土した資料は、いずれも東京大学本郷構内の遺跡より出土した資料であり、1 点は 1680 年代後半～90 年代前半に比定でき、2 点は 1665 年を下限に求めることが出来るなど、比較的年代が明らかな資料である。分析に供した生産地出土資料は、推定年代が有田では 1650～1670 年代、波佐見では 1660 年代～1680 年代である。

【分析方法】

蛍光X線分析では、まず陶磁器片を厚さ約 5mm となるようにダイヤモンドカッターにて切り出し、切り出した面を耐水研磨紙＃1500 まで研磨し表面を調整した。測定条件は、管電圧 40kV、管電流 2mA、測定時間 500 秒、コリメーター1mmφ、装置はテクノス製 TREX650（エネルギー分散型）を用いて測定した。また、同一資料に対して 3 ヶ所測定し、元素 Rb、Sr に注目し各測定値を Zr で規格化したのち平均をとった。熱中性子放射化分析は、従来二宮らがおこなってきた手法による。（「新しい研究方法は考古学になにをもたらしたか」クバプロ、1995 等を参照）

【結果】

今回比較・検討の対象とする 44 点に対する蛍光 X 線分析の結果を図 1 に示す。同じく熱中性子放射化分析によるクラスター分析の結果を図 2 に示す。尚、比較・検討を容易にするために、分類はクラスター分析の結果を用いた。分類Ⅰ～Ⅳは磁器、Ⅵ～ⅩⅠは陶器、Ⅴは磁器と陶器が含まれる結果となった。44 点のうち、陶器と磁器は明瞭に分類でき、またⅤは両者の中間に分布する結果が得られた。磁器ではⅡ、Ⅲのように有田における違いや、Ⅰ（朝妻）、Ⅳ（波佐見）各窯の分布の違いを示すことができた。陶器の場合は、ⅦとⅩⅠの区別はつかなかったが、出土地域での分布の違いは示すことができた。熱中性子放射化分析によって得られたﾃﾞｰﾀと、蛍光X線分

析での成果を比較するために、蛍光 X 線で用いた元素（Rb,Sr）が、同一資料を分析した放射化分析（Rb、Eu（Sr に対応する））においてどうような挙動とるのかも調べた。

また、生産地・消費地出土の見込み荒磯文・日字鳳凰文碗Ⅲ類についての、蛍光X線分析の結果を図 3 に示す。波佐見は、窯によって分布領域に違いがみられ、また山辺田窯・多々良の元窯の資料は、内山資料の分布と重なる資料とそれとは別の領域に分布する資料というように違いがあることがわかった。このグラフ中に消費地から出土した資料をプロットすると、2 点が有田の分布、あとの 2 点は波佐見の分布の近傍になり、産地が異なる可能性を示唆し、今後は放射化分析との比較をおこない、より相互補完的な指針を得られるようにしたい。

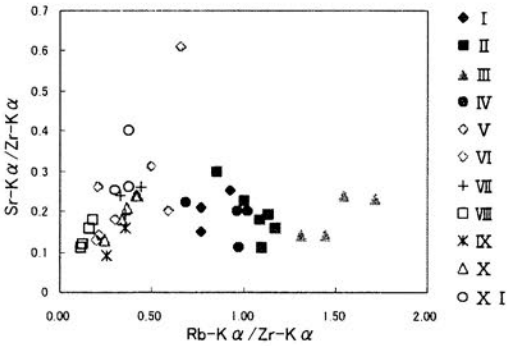


図１：蛍光 X 線分析による結果

表１：出土窯跡（放射化分析の結果による分類）

Ⅰ	朝妻焼	Ⅶ	山瀬上窯・山瀬下窯
Ⅱ	楠木谷窯・中白川窯・平床窯・多々良の元窯	Ⅷ	元屋敷大窯・連房式登窯・定林寺西洞２・３号窯
Ⅲ	山辺田窯・掛の谷窯	Ⅸ	元屋敷大窯・清安寺窯（窯ヶ根窯）
Ⅳ	中尾上登窯・咽口窯・木場山窯・高尾窯	Ⅹ	ベトナム(Chu Dau 窯)
Ⅴ	九谷本窯・宮本屋窯・吉田屋窯・帆柱窯	ⅩⅠ	帆柱窯・飯洞甕窯
Ⅵ	朝妻焼陶器・吉田屋窯		

資料提供：菊池誠一氏(X)、北波多村教育委員会（Ⅴ・Ⅶ・ⅩⅠ）、土岐市美濃陶磁歴史館（Ⅷ・Ⅸ）、加賀市教育委員会（Ⅴ・Ⅵ）、久留米市教育委員会（Ⅰ・Ⅵ）

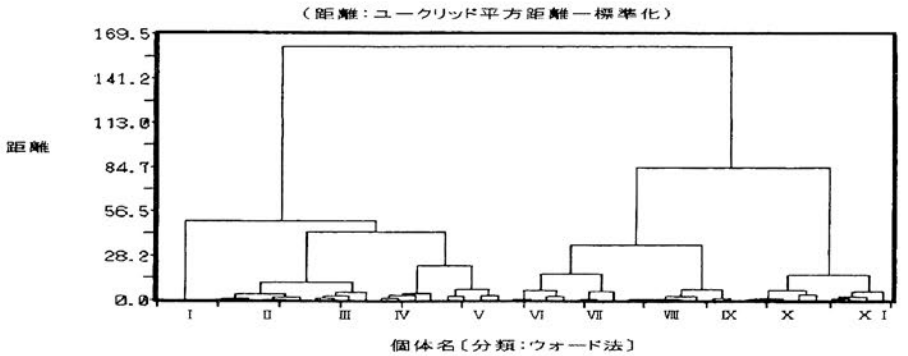
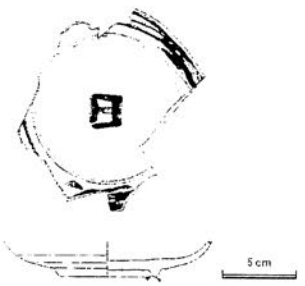


図２：放射化分析によるクラスター分析の結果



分析資料の一例

（東京大学本郷構内出土日字鳳凰文Ⅲ）

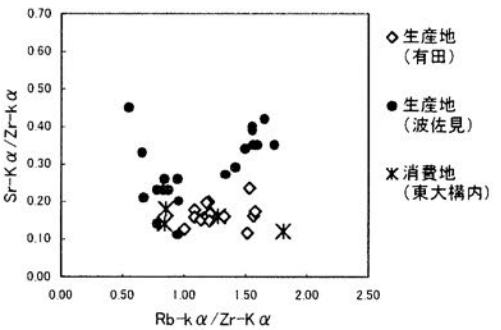


図３：見込み荒磯文・日字鳳凰文の結果

P 54

原産地不明石器・玉類の組成分析による使用圏

○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

石器、玉類の原材産地分析は蛍光X線分析で行う元素比法により元素の相関を考慮したマハラノビスの距離を求めて行うホテリングの検定からそれぞれの原石群（黒曜石原石群178群、安山岩群７０群、玉類関係20群）に帰属する信頼度を求めて産地を同定する。碧玉製玉類はＥＳＲ分析法を併用し色中心とかイオンの信号を指標に加えより正確に同定できるようにした。蛍光X線分析法により、遺物の原材産地が特定できない場合がある。原因として、遺物の異常風化、または細石刃のように非常に薄い遺物のとき、特に1mm以下の厚さのとき（注：励起線源の種類で変る）には、本来の分析値が測定できないことにより原石産地が特定できない。黒曜石製遺物で被熱の経歴による異常風化の遺物では、風化層内のK元素が黒曜石表面に移動濃縮し、マトリクッス効果の自己吸収によるK元素蛍光X線の減衰が減少するかの様に、K元素のピークが大きく観測される。従って、風化の程度にもよるがCa/K、Ti/Kの元素を除いて同定すると産地が特定できる。薄い遺物の分析のとき、比を取っている元素の線吸収計数の差が大きいほど比値に大きく影響が現れる。厚さ補正値は、本来各原産地毎に求めることが必要であるが、黒曜石の比重が同じであれば、マトリックスの線吸収計数も同じと考え、腰岳産黒曜石で求めた補正値では、薄い遺物が0.75mmでは、厚い遺物の分析値に比較してCa/K、Ti/K比値は影響がほとどないが、Mn/Zrは約35%、Fe/Zrでは約21%大きくなる影響を受ける。しかし、Rb/Zr=0.97、Sr/Zr=0.98、Y/Zr=0.99、Nb/Zr=1.01程度で誤差範囲の影響である。影響は遺物の薄さに対して指数関数的に変化し、これ(約0.75mm)より0.25mm薄いときFe/Zrが約66%大きくなるが、0.25mm厚いとき(1mm厚)では約11%で、1mm厚さあれば推定確率は低くなるが原産地の同定は可能と思われる。また、1.25mmあれば問題なく産地同定ができる。厚さ補正では、不定形で薄い遺物の分析されている部分の厚さが何ミリであるかを求めること（不可能？）、さらに、分析されている部分における分析元素の濃度分布を推測することなどが、正確に行われなければ誤判定の危険性がある。しばしば、適当な厚さを仮定して補正を行うと、一見、考古学的に考察して矛盾のない結果が得られるが、この結果に誤りがないかどうかは、厚さを何の方法で測定した値を使用したかによる。濃度分布は同定された原石と同じと仮定して推測している。神津島産と信州産黒曜石遺物の区別は比較的容易であるが、霧ヶ峰産と和田峠産の区別では仮定した厚さにより誤判定の可能性が推測される。未発見の産地の原石を使用した遺物についても産地が特定できない。現在、未発見産地の原石を使用した遺物で作った黒曜石製遺物群は、北海道では北進遺跡のHS1、HS2遺物群、東麓郷遺跡のFR1～4遺物群、東9線8遺跡のFH遺物群、北区1遺跡のKI1,KI2遺物群、キウス遺跡のKS1、KS2遺物群、青森県では日和山遺跡のHY遺物群、三内丸山遺跡のSN1、SN2遺物群、秋田県では此掛沢遺跡のKN遺物群、戸開川遺跡のTB遺物

群、岩手県では相ノ沢遺跡のAI1～5遺物群、房の沢遺跡のFS遺物群、下舘銅屋遺跡のSD遺物群、長野県では中ッ原遺跡のNK遺物群、鹿児島県では桐木遺跡のKI遺物群、内屋敷遺跡のUT遺物群、志風頭遺跡のSG遺物群、奥名野遺跡のOK遺物群があり、本第１５回大会では報告した北朝鮮の会寧城外遺跡遺物群、ロシアではイリスタヤ遺跡遺物群などが作られ、使用圏が示された。これら遺物群の使用圏で、北海道白滝遺跡ではKS1、FR2、HS2遺物群、富良野市頭無川遺跡でKS2、FH1遺物群、９線８遺跡でFR4遺物群がそれぞれ使用され、三内丸山遺跡ではHY遺物群、秋田県松ノ木台Ⅲ、古開の各遺跡でTB群が使用され、宮崎県餅田遺跡でUT遺物群の使用があきらかになった。次にサヌカイト・安山岩製の遺物群は北海道では頭無川遺跡の頭無川遺物群、石川県では酒見遺跡の酒見遺物群で、同群の遺物は福井県の鳥浜貝塚で使用されている。岐阜県の野笹遺跡では６個の野笹遺物群が、愛知県では朝日遺跡の遺物で２個の朝日遺物群がそれぞれ作られている。大阪府では向出遺跡の遺物で２個の向出遺物群、中の社遺跡では５個の遺物群が、鬼虎川遺跡では２個の遺物群がそれぞれ作られた。島根県では平田遺跡の平田遺物群、香川県では六ツ目遺跡の遺物群と庵の谷遺跡の遺物群があり高知県では松ノ木遺跡の松ノ木遺物群が作られている。東大阪市鬼虎川遺跡では向出No.6遺物群が使用され、向出No.49遺物群は兵庫県太子町亀田遺跡、岐阜県野笹遺跡での使用が確認されている。また、松ノ木遺物群のサヌカイト製遺物は、島根県の平田遺跡で使用が確認されている。

玉類では産地不明の片岩様緑色岩（緑簾石岩？）製の玉類で、最近の得られた結果から、大阪府向出遺跡に伝播した玉の元素比組成が鹿児島県上加世田遺跡の玉類と一致し（表１）、さらに、独特のＥＳＲ信号ピーク（図１）も一致することからこれら玉類が九州南部で作られたものが各遺跡に伝播したと推測した。

表１　向出遺跡出土片岩様緑色岩製小玉の緑色側産地推定確率
（61689～61693：分析場所を変えて5回測定の中で
4回は信頼限界の0.1%以上で上加世田第1群に一致）

分析回番号	上加世田遺物群			
	第１群	第２群	第３群	第４群
61689	11%	0.08%	1×10^{-7} %	1×10^{-4} %
61690	6%	0.02%	1×10^{-8} %	1×10^{-5} %
61691	5%	0.08%	1×10^{-7} %	1×10^{-5} %
61692	9%	0.005%	1×10^{-7} %	1×10^{-5} %
61693	0.002%	0.001%	1×10^{-14} %	1×10^{-7} %

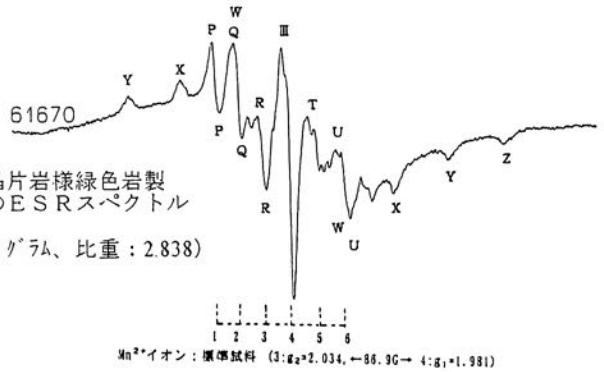


図１　向出遺跡出土結晶片岩様緑色岩製
小玉の信号（Ⅲ）のＥＳＲスペクトル

（小玉重量：0.15364ｸﾞﾗﾑ、比重：2.838）

P 55

朱鉱石の微量元素分析
－産地同定のための基礎的研究－

○南　武志（近畿大学 豊岡短期大学）
豊遙秋（通産省 工業技術院地質調査研究所 地質標本館）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

１．はじめに

古代より朱（硫化水銀）は貴重な赤色顔料として埋葬儀式に用いられており、主に古墳時代初期の全国各地の遺跡より出土している．時には何十ｋｇという朱が１つの遺跡から出土しているが、いったい古代において全国各地で同じ様な風習がどのようにして伝わったのか、いまだ解明が不十分である．これを解き明かすためには、用いられた朱がどこで生産されたかを調べることが重要と考えられるが、全国の朱鉱山から鉱石を入手することは困難であった．また、たとえ入手しても何を指標に産地の違いを特定することができるか、疑問であった．これに対し、われわれは全国各地の朱鉱山の鉱石標本を入手することができた．また、朱鉱石中の微量元素成分を測定することにより、産地ごとに特徴が観察された．今回はその中で、過去に多量の朱を産出したことが報告されている奈良県、三重県、徳島県、および北海道の鉱山鉱石を比較した結果を報告する．

２．材料と方法

朱鉱石は、通商産業省地質調査所地質標本館に分類、保管されていた標本を提供していただいた。内訳は、奈良県大和水銀鉱山鉱石４３検体、北海道イトムカ鉱山鉱石３０検体、三重県丹生鉱山鉱石２３検体、徳島県由岐鉱山鉱石８検体、北海道ウッツ鉱山鉱石６検体である。

各々の鉱石より朱部分をカッターナイフではぎとり、重量を測定後、王水１ｍｌを加え、さらに２０％過酸化水素水０．５ｍｌを加えて１週間放置して充分に反応させ水銀が溶解したことを確認、超純水で全量を１０ｍｌとした。

図１，　分析に供した鉱石の採取地

微量元素の測定はプラズマ誘導発光分析装置（ＩＣＰ－ＡＥＳ）で行い、亜鉛、砒素、タングステン、金、タリウム、鉛、マンガン、ニッケル、バリウム、カルシウム．鉄、水銀の１２種類を測定し、水銀に対する各元素の割合を比較した。

３．結果

大和水銀鉱山、イトムカ鉱山、丹生鉱山、由岐鉱山の４鉱山から採取された朱鉱石に含まれる微量元素の割合を比較した。砒素は丹生鉱山から採取された全サンプルから検出されたが、大和水銀鉱山から採取されたサンプル中の２２サンプルで検出され、イトムカ鉱山の２０サンプルでも検出された。由岐鉱山では１サンプルだけ砒素を検出した。大和水銀鉱山の鉱石は、鉛、カルシウム、鉄の割合が他鉱山に比べて高く、由岐鉱山鉱石の微量元素の挙動は大和水銀鉱山に似ているが、鉛が検出されにくく、金は全く検出されなかった。イトムカ鉱山鉱石は、バリウム以外の元素は殆ど検出されたが他鉱山鉱石に比べ低値を示した。丹生鉱山鉱石は鉛をほとんど含んでいなかった。

次に、大和水銀鉱山とウッツ鉱山の採掘場所が判明している鉱石を使用し、同じ鉱山坑道の採掘場所によって微量元素の値に違いが生じるかを調べた。ウッツ鉱山では露頭鉱と坑道内のサンプルが入手できたが、各元素とも鉱山間の違いに比べれば大きな差は認められなかった。また、大和水銀鉱山では地下４４ｍから地下１９８ｍの地点から採取された鉱石を比較したが、いずれの元素も鉱山間の差に比べれば大きな差は認められなかった。

４．考察

今回用いた水銀鉱床の地質を比較してみると、大和水銀鉱山は白亜紀の黒雲母花崗岩類中に発達している鉱脈鉱床で、丹生鉱山も大和水銀鉱山と同じ鉱脈鉱床である。イトムカ鉱山は新第三期の火成活動に関連した鉱床で、堆積岩と安山岩の分布する地域の変質した安山岩中の鉱脈または鉱染鉱脈で、由岐鉱山は中世代から古生代の泥質岩、石灰岩、輝緑岩などからなる三宝山層中の網状、脈状鉱床である。このように大和水銀鉱山と丹生鉱山は、地域的にも、またその発生からも、非常によく似ている。

鉱石中に含まれた微量元素の割合を比較したところ、丹生鉱山鉱石には砒素が多量に含まれていたが、大和水銀鉱山鉱石でも砒素は検出されており、朱中の砒素の存在の有無だけで丹生鉱山産であるとは断定できない。しかし、同時に検出される鉛やカルシウムなどを総合的に比較することによって産地を特定することは可能であることを、本研究結果は示している。

次に、各鉱山とも広い範囲にわたり鉱石を産出しており、しかも古代では露頭採掘が主であったと考えられることから、各鉱山のわずかな鉱石、しかもほとんどは坑道内採取鉱石を比較して鉱山間の差を議論することが可能であるかという疑問が生じる。これに対し、採取場所が判明しているウッツ鉱山と大和水銀鉱山鉱石を比較したところ、採取した場所が露頭であっても、坑道深浅であっても、鉱山間の違いに比べれば小さいことが明らかになった。

以上より、朱鉱石に含まれている複数の微量元素の割合を比較することによって採取鉱山を特定することは可能であると考える。また、鉱山間の朱鉱石鉱山内の採取場所の違いは鉱山間の微量元素の割合の違いに比べれば小さいと考えられ、遺跡から採取された朱に含まれる微量元素を測定することで産地を特定する可能性が示唆された。

P 56

縄文時代のアスファルトの交易範囲
ー礼文島から新潟までー

○小笠原正明・宮尾晃(北海道大学高等教育機能開発総合センター、同大学院工学研究科)

1. はじめに

アスファルトは主に炭化水素からなる複雑な混合物であるが、HPLCによりパラフィン成分を抽出し、質量（マス）スペクトルを測定した上でZ数解析を行うことにより、定量的に比較を行うことができるようになった（小笠原1999a）。本研究では、この手法を用いて、従来の秋田県周辺に加え、北海道礼文島から新潟県にかけて分布する試料の産地推定を行った。その結果、礼文島から出土したアスファルトは日本産ではない可能性が高いとわかった。また、新潟、秋田両産地のアスファルトは、主に産地周辺の遺跡に分布していることがわかった。

表1. 各遺跡の試料のR値と相対偏差

遺跡及び原産地名	R値	新潟県大入産試料を基準とした相対偏差	秋田県二ツ井産試料を基準とした相対偏差
秋田県二ツ井	0.632±0.036	-3.386	-
新潟県新津市大入	0.837±0.060	-	5.275
秋田県伊勢堂岱	0.650	-3.090	0.497
岩手県赤坂田	0.706	-2.160	2.042
岩手県川口	0.698	-2.301	1.808
岩手県君成田	0.637	-3.302	0.145
岩手県寺久保	0.709	-2.117	2.113
秋田県潟前	0.781	-0.925	4.090
秋田県小袋岱	0.666	-2.816	0.952
岩手県相ノ沢	0.930	1.546	8.192
岩手県沢田Ⅰ	0.646	-3.149	0.399
北海道キウス4Ｂ②	0.641	-3.234	0.258
秋田県昭和町②	0.953	1.925	8.821
岩手県塩ヶ森	0.869	0.540	6.522
北海道キウス4Ｂ①	0.758	-1.299	3.470
北海道南茅部	0.685	-2.516	1.450
磨光Ｂ①アスファルト工房	0.797	-0.661	4.529
新潟村尻包含層下部	0.859	0.366	6.234
新潟村尻ＤＫ2-5	0.769	-1.122	3.764
新潟村尻土坑	0.796	-0.671	4.513
大坂上道	0.868	0.516	6.483
青森二枚橋(2)No1①	0.639	-3.268	0.210
青森二枚橋(2)No1②	0.599	-3.937	-0.909
青森二枚橋(2)No2①	0.894	0.951	7.205
青森二枚橋(2)No2②	0.857	0.333	6.180
礼文船泊B10-16Ⅲ②	1.051	3.547	11.514
礼文船泊C17-13Ⅴ	1.038	3.328	11.150
礼文船泊C6-8Ⅲ	1.250	6.832	16.965
岩手県長谷堂貝塚No1	0.708	-2.125	2.099
岩手県長谷堂貝塚No2	0.696	-2.330	1.760

2. 実験操作

アスファルトを溶媒に溶かし、HPLCによってパラフィン成分のみを分取してFI-MSスペクトルを測定した。詳細は別の文献に示されている(小笠原1999a)。

3. 結果と考察

得られたスペクトルはZ数ごとに分割され、炭素環数4環、5環にあたるZ数-6、-8の成分の比をR値として比較した。Z数分析の詳細については、文献を参照されたい(小笠原1999a,b)。

産地のR値は秋田県二ツ井が0.632±0.036、新潟県新津市が0.837±0.060であった。R値の測定値の分布が正規分布に従うとすれば、両者は明確に区別できる。表1には各遺跡の試料のR値及び産地である秋田県二ツ井、新

潟県新津市の試料に対する相対偏差を示した。

相対偏差とは遺跡の試料のR値から産地のR値の平均を引き、産地の標準偏差で割った値である。相対偏差が3以上（表中白ヌキ）ならばその産地の試料とは異なるものであるという判断が誤りである確率は0.2％程度となるため、異なるものとしてよいといえる。

分布の様子を図1に示した。秋田県の産地周辺から岩手県沿岸にかけての試料は新潟県産とは異なり秋田県産である可能性が高い。同様に新潟県の産地周辺から東北南部の試料は新潟県産である可能性が高い。そのほぼ中間地点には、どちらの産地からの可能性も考えられる試料が分布している。あるいは、これらは新潟県、秋田県両産地の中間値となるようなR値をもつ産地の存在によることも考えられる。また、青森以北では、同一地域の遺跡から発掘されたアスファルト塊でも、それぞれ異なる産地に帰属される場合がある。

図1．試料の分類図

礼文島船泊から発掘されたアスファルト3点（他に、ただの砂の塊であったものが1点あった）については、他の試料とはR値が全く異なり、1を超えている。当然相対偏差も大きく、新潟県、秋田県どちらの試料に対しても3を超えており、該当しない試料である。地理的な面から、国内の産地だけでなく、サハリン方面のアスファルトとの関連も考えられる。

文献

小笠原正明「アスファルトの化学分析と原産地」『考古学ジャーナル 452』2-5頁,1999a

小笠原正明「アスファルトがたどった道ー縄文時代のハイテク材料ー」『化学　9月号』28-30頁,1999b

P 57

蒸発法による遺跡レンガの水分特性推定

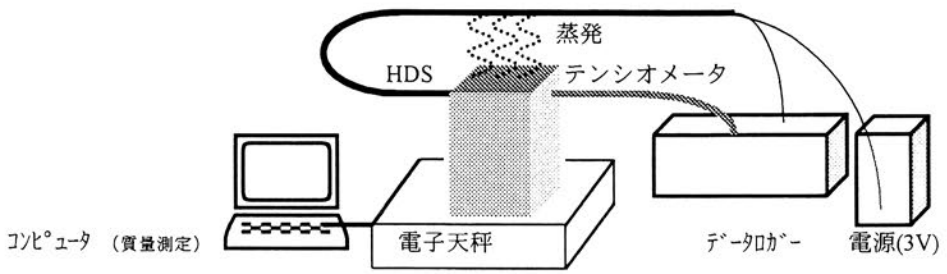
○登尾浩助（岩手大学）、佐々木博子（同、（株）北日本ソイル総合研究所）
石崎武志（東京国立文化財研究所）

1. はじめに

レンガやモルタル等の多孔質体で作られた遺跡の劣化原因の一つとして、多孔質体から水分が蒸発することにより孔隙に塩類が集積、結晶化することにより発生する風化がある。このような風化を定量的に把握するために、数値モデルを使うことが有効であることが示された(石崎ら 1999)。数値モデルの使用には、対象となる多孔質体の水分特性を把握しておく必要がある。吸引法や加圧板法といった従来法によるレンガやモルタルの水分特性の測定には、多大な時間と労力を要する。しかし、近年のコンピュータと数値モデルの発達により、数値モデルを使った逆解析手法による土壌水分特性の推定が可能となった(Simunek ら 1998)。本研究では、タイ国アユタヤ遺跡の補修に使われているレンガの水分特性を、蒸発法と逆解析法を使って推定した。

2. 実験方法と材料

実験装置の概要を図－1に示す。蒸発面(9.7×4.8cm, A=46.56cm²)から 2cm 下の側面にテンシオメータ（ϕ=10mm, L=27mm）と熱伝導ポテンシャル計(HDS)（ϕ=14mm, L=28mm）を埋設して、レンガの水ポテンシャルの経時変化をデータロガーで1時間毎に測定した。テ



図－1 蒸発法によるレンガの水分特性推定のための実験装置

ンシオメータの圧力変化は、圧力変換器を用いて測定した。実験に先立って、HDS の熱伝導係数と水ポテンシャルの関係を求め、熱伝導係数の変化から水ポテンシャルを推定した。電子天秤の上に置いた試料レンガの質量変化から、蒸発面における水分フラックスを算出した。レンガの質量変化は、コンピュータで1時間毎に記録した。測定期間を短縮するため、扇風機を使って蒸発速度を高めた。実験終了後、Simunek ら(1998)が開発した数値モデル HYDRUS_1D を使って、測定した水ポテンシャルと水分フラックスの経時変化を生じさせるようなレンガの水分特性曲線と透水係数を逆解析法によって求めた。

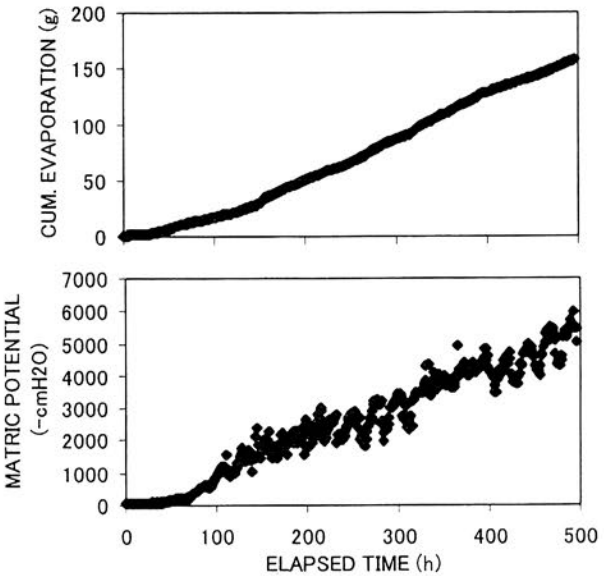
実験には、アユタヤ遺跡の遺跡補修用レンガ(約 30×14×5cm)を三等分にしたうちの 1

つ(9.7×14.2×4.8cm)を使用した。テンシオメータと HDS 埋設用の穴を空けた後、デシケータに蒸留水とレンガを入れ、負圧(約－90kPa)をかけてレンガを飽和させた。飽和後、蒸発面以外からの蒸発を抑制するために、側面と底面をプラスチックラップで包んだ。使用したレンガの仮比重と飽和含水率は、それぞれρ_b=1.64 Mg/m^3, θ_s=0.348 m^3/m^{3}であった。

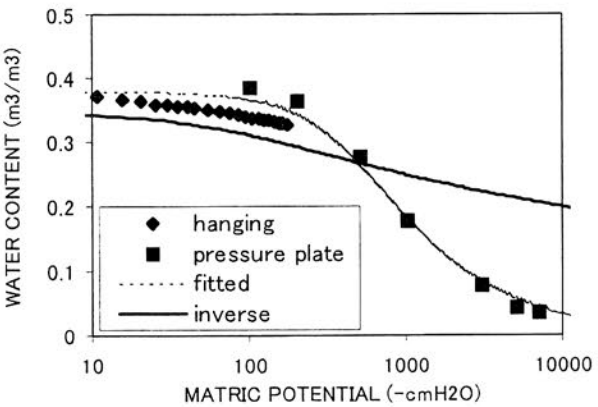
3. 実験結果

マトリックポテンシャルは、図－2に示すように、時間と共に蒸発が進むに連れて低下した。HDS によるマトリックポテンシャルの測定は、0 から-6000cmH$_2$O 程度の範囲(飽和付近から比較的乾燥した状態) まで可能であった。テンシオメータでは、通常 0 から-800cmH$_2$O の範囲で測定可能とされている。

逆解析法により推定した補修用レンガの水分特性曲線を、従来法による遺跡レンガの測定結果とあわせて図－3に示す。補修用レンガは、吸引法による遺跡レンガに近似した性質を示した。加圧板法による遺跡レンガでは、h=-150cmH$_2$O 以下のマトリックポテンシャルにおいて急激に含水率が低下した。実測値も h=-6000cmH$_2$O 付近まで低下していることから (図－2)、図－3に見られる補修用レンガの推定値は妥当と思われる。比較的短時間で精度良い結果が得られる本法は、レンガの水分特性の推定に有効であろう。



図－2 累加蒸発量とマトリックポテンシャルの時間変化



図－3 レンガの水分特性曲線

4. 謝辞

遺跡レンガの実測値を提供していただいた、東京大学大学院の溝口勝博士と井本博美氏に感謝致します。

5. 引用文献

石崎武志, 朽津信明, 西浦忠輝, ユッカ シムネック:タイ国アユタヤの歴史的レンガ構造物中の水分移動解析, 保存科学 38:154-162 (1999)

Simunek, J., O. Wendroth, M.Th. van Genuchten: Parameter estimation analysis of the evaporation method for determining soil hydraulic properties, Soil Sci. Soc. Am. J. 62:894-905 (1998)

P 58

強化保存剤（ＴＯＴ）による文化財の保存処理 - III
－野島断層および玉名五輪塔－

○豊田昌宏（福井工業高等専門学校）　深井亮太（（株）田中地質コンサルタント）
川吉知子（野島断層保存北淡町震災記念公園）　丸山武水（遺跡整備計画）

はじめに

土と石の強化保存剤（TOT)の遺構、遺物への適用を評価するとともに[1-4]，その強化機構の解明についても行ってきた[5]．野島断層では，地震（阪神淡路大震災）により出現した断層を後世に伝えるため，そのままの形で保存処理が行われている．また，玉名五輪石塔では，石塔の現状での保存が要求されている．それらを強化保存剤（TOT）で処理を行った．評価項目として，野島断層では，処理後の経時変化，玉名五輪石塔では，硬度および乾湿繰り返しによる強度・形態変化，また，処理に伴う色彩変化についても検討を行った．それら処理結果について報告を行う．

実験方法

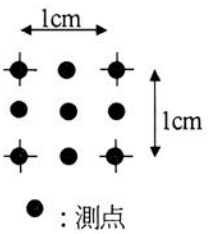
玉名五輪塔（玉名市立願寺大字松尾，立願寺松尾遺跡）の試料は，石塔の一部（破片）を玉名市教育委員会よりお借りした．石片の試料は TOT 溶液中にそれぞれ，1 h，24 h 含浸させた．比較のために，ワッカー社製OH に1 h 含浸させた試料を準備した．試料の詳細をTable 1 に示す．

Table1　阿蘇凝灰岩試料

供試体番号 No.	見掛体積 $V_{app}(cm^3)$	見掛比重 $\rho_{app}(g/cm^3)$	有効空隙率 n(%)	吸水率 p(%)	処理方法
1-4（火輪）	1040	1.42	29.81	21.05	未処理
1-5（火輪）	1171	1.25	35.18	28.18	TOT 24h 含浸
2-4（火輪）	2120	1.28	34.25	26.74	TOT　1h 含浸
3-3（風輪）	395	1.32	35.19	26.68	OH　1h 含浸

表面硬度の測定

携帯用万能硬さ試験機（エコーチップD 型，スイス製）を用いて薬液処理前と3 週間養生（常温）後の表面硬度を測定した．供試体の一部に1cm 四方のグリットをうち，そのグリット内9 箇所を測定し，その平均値を表面硬度として用いた．



色彩比較試験

遮光筒式色彩計（色彩計 520-02，横河インスツルメンツ株式会社）で薬液処理前と 3 週間養生（常温）後の色度値および明度（a*b*l*表色系）を測定した．

乾湿繰返し試験

薬液処理後3 週間養生（常温）した供試体で試験を行なった．まず，供試体を乾燥炉（120℃）で24 時間乾燥し，デシケータ内で常温まで冷ましたのち，乾燥重量（W_d）を測定する．その後供試体を 72 時間水浸したのち，水中重量（W_s）と表乾重量（W_w）を測定する．これを10 サイクル繰返した．

○見掛体積　$V_{app} = W_W - W_S$　　○見掛比重　$\rho_{app} = W_d / (W_W - W_S)$

○含水比　$\omega = W_W / (W_W - W_S)$　　○有効間隙率　$n(\%) = (W_W - W_d) / (W_W - W_S) \times 100$

○吸水率　$P(\%) = (W_W - W_d) / W_d \times 100$

野島断層の TOT 処理は，断層面を中心とした約 1.5×10m の部分を処理した．使用量は，約 $1m^2$ ご

とに 1.5 L を目安として処理を行い，15m^2 の処理が終わった後，約 1.5 時間乾燥させた．同様の処理を 2 回繰り返し，最終的には 4kg/ m^2 の分量で処理を完了した．処理の際，断層面とその周辺 10cm 幅に関しては，洗浄瓶(500ml)による処理を，断層の上面および下面の平らな所に関してはじょうろにより処理を行った．

結果と考察

石塔試料の強度試験を行った結果，強化保存処理を行うことにより，110～130 %の強度の増大が認められた．

色彩計による色度の変化は，いずれの試料に於いても，処理直後に色度値の変化は認められるが，処理後時間の経過と伴に（処理した薬液の乾燥と伴に），元の色に近づいて行き，処理による色の変化は，ほとんどないと考えて良い．

乾湿繰り返し試験の結果を Table 2 に示す．10 回まで試験を繰り返したところ，初期状態と比較して際立った変化は認められない．OH 処理品では，処理に伴い吸水率に大きな変化が認められた．一方，TOT 処理では，初期とほとんど変化がなく，極めて本来の形に近い，自然の状態で保存できると推察した．

Table 2 乾湿繰り返し試験

Sample #	1サイクル			10サイクル		
	V_{app} (cm^3)	$\rho_{app.d}$ (g/ cm^3)	ω (%)	V_{app} (cm^3)	$\rho_{app.d}$ (g/ cm^3)	ω (%)
1-4	1039	1.41	1.71	1050	1.39	1.68
1-5	1165	1.29	1.62	1164	1.28	1.61
2-4	2109	1.32	1.65	2107	1.32	1.64
3-3	395	1.44	1.71	394	1.43	1.68
	n (%)	p (%)		n (%)	p (%)	
1-4	29.93	21.21		28.57	20.53	
1-5	33.39	25.88		33.25	25.97	
2-4	33.05	25.00		32.08	24.32	
3-3	27.85	19.40		25.38	17.76	

野島断層では，地震により出現した断層の経時変化を観察した．処理後 1 年間が経過したが，処理した断層部分では，ほとんど変化がなく，極めて良好な保存結果を示しており，断層の保存に対しても極めて有効であることが明かとなった．

まとめ

石塔への強化保存処理では，乾湿繰り返しに伴う際立った変化も認められず，色彩の変化も小さく，石材に対しても有効な処理手段であると結論づけた．また，野島断層では，処理後１年が経過したが，経時変化は認められず，断層の保存に対しても極めて有効であり，断層等，遺構・遺跡以外の保存にも適用できることが明かとなった．

参考文献

1）日本文化財科学会第１５回大会要旨集（1998）

2）日本文化財科学会第１６回大会要旨集（1998）

3）大井邦明；チャルチュアパ1997、エルサルバドル総合学術調査報告書、京都外国語大学国際文化資料室発行、66-68（1997）

4）福井市、柴田神社下層石垣部分強化保存業務、（株）田中地質コンサルタント技術報告書（1998）

5）日本文化財科学会第１５回大会要旨集（1999）

P 59

熱帯雨林気候下における土製構築物の保存
ーエル・サルバドル，チャルチュアパ遺跡をフィールドとしてー

○加藤 つむぎ （京都造形芸術大学）
柴田 潮音（ｴﾙ･ｻﾙﾊﾞﾄﾞﾙ共和国政府文化庁遺産局）

はじめに

発掘調査によって露出した土製構築物の保存方法は様々な試行錯誤が重ねられている．発表者は，中米エル・サルバドルのチャルチュアパ遺跡をフィールドとし，現地で実際に行われている遺跡の修復方法をもとに，アドベレンガを用いた試験体を作製し，1999 年より 1 年間にわたって屋外暴露試験を行っている．この実験では，アドベレンガに様々な異なる条件を与え，遺跡公園内に設置し，その経過観察を行った．同時に，温湿度，降雨量等の気候条件を調べ，基礎データを得た．また，現在遺跡公園内で行われている修復方法だけでなく，覆屋を架けた場合，地下水を遮断した場合，化学薬品を用いて硬化処理を行った場合などの修復方法の有効性と問題点を調べた．これらの実験の経過と，測定した環境データを示す．

実験方法

実験サイトに設置した試験体（アドベレンガ，以下アドベと略）は以下の 10 種類である．

試験体 1：無処理，試験体２：土壌硬化剤Ｔ*をスプレー散布したもの，試験体３：土壌硬化剤Ｔを含浸させたもの，試験体４：消石灰水を散布したもの，試験体５：アドベに泥漆喰で上塗りし，乾かしたもの，試験体６：アドベに泥漆喰で上塗りし乾かした後，土壌硬化剤Ｔをスプレー散布したもの，試験体７：アドベに泥漆喰で上塗りし乾かした後，消石灰水をかけたもの，試験体８：アドベに泥漆喰で上塗りする際に,オリジナル壁材の破片を埋め込み，乾かしたもの，試験体９：底がメッシュ状になったコンテナに土を入れ，排水をよくした後，その中にアドベを立てたもの，試験体１０：地面に直接アドベを設置し，覆屋を架けたもの

これらの試験体が劣化していく様子を１年間にわたり記録し，劣化速度の違いと要因，薬剤処理による保存効果を比較検討した．

*商標 TOT（田中地質コンサルタント），金属アルコキシドを主成分とするセラミック溶液

実験サイトの環境測定

屋外暴露試験と平行して，実験サイトの温湿度変化と雨量の測定を行った．温湿度測定にはデータロガー（HOBO H8 温度湿度２チャンネル：米国オンセット社）を使用し，シグマⅡ型温湿度計（佐藤計量器社製）を用いてデータの補正を行った．雨量測定には転倒マス雨量センサー（モデル 7852M 米国ディビス社製）と転倒マス雨量計接続ロガー（ホボ・イベント：米国オンセット社製）を使用した．

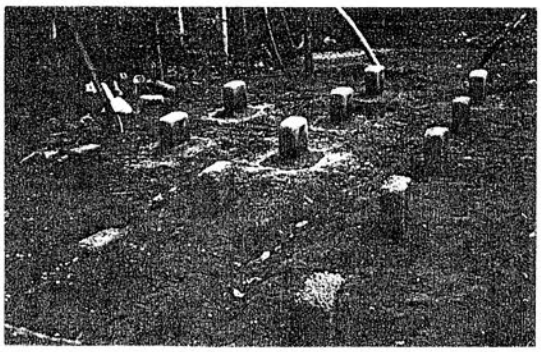
実験の経過と考察

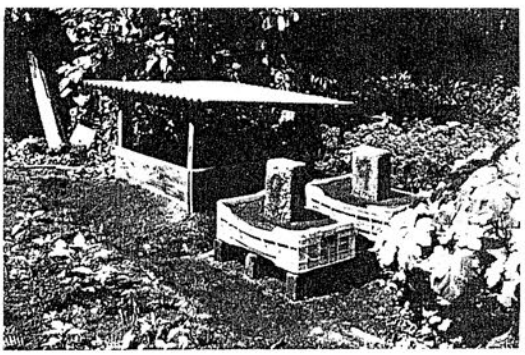
雨期には，降雨により試験体側面に泥が跳ねあがり，試験体表面にうっすらと泥の層が形成される．ここに植物の種子などが付着・発芽し，試験体内部にまで根を張って成長する様子が観察された．これは実際の遺跡でも起こっている現象であり，降雨による泥の付着を除去する作業，つまり遺構の清掃が，植物劣化を予防する一つの手だてであることを示している．泥漆喰をかぶせた試験体５～８については，1 年が経過した後もすべて良好な保存状態を維持しており，有意な差はみられなかった．また，化学薬品によるアドベの硬化処理は，熱帯雨林気候下でも効果が期待できることがわかった．

修復部分がオリジナル部分より強固であれば，両者の継ぎ目に当たる部分へのストレスが大きくなり、オリジナル部分の崩壊を進めてしまう結果になりかねない．これらの劣化要因を減らすためには，修復材のさらなる検討と定期的なメンテナンスが不可欠であろう．

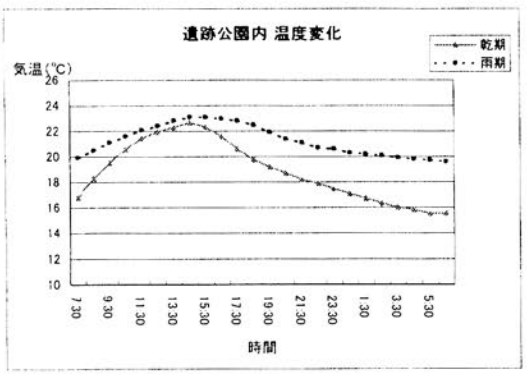
この実験は，平成 11 年度・ 12 年度笹川科学研究助成を受け，エルサルバドル共和国政府文化庁遺産局（CONCULTURA）局長マリア・イサウラ女史の援助のもと実施することができた．ここに記して感謝したい．

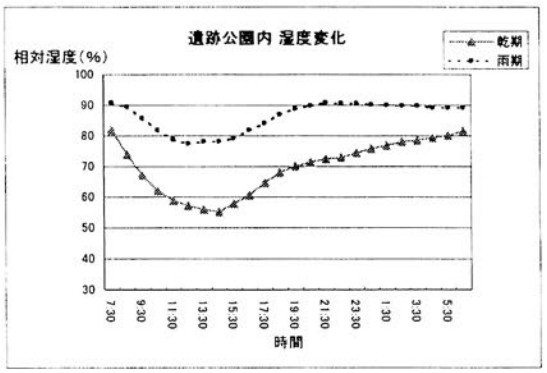
実験サイト

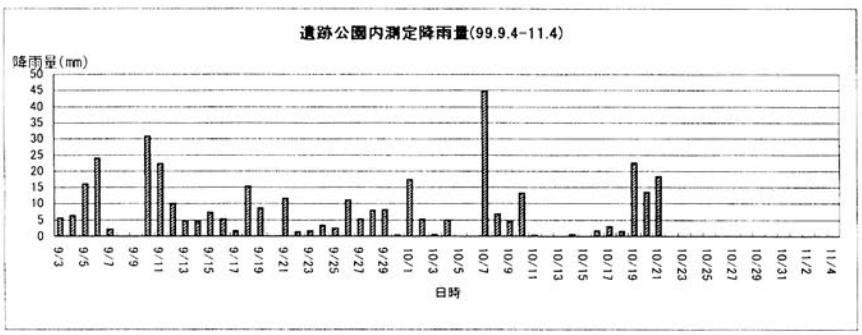




遺跡公園内 環境データ







P 60

海洋遺跡出土鉄製品の腐食に関する研究

～開陽丸遺跡出土鋳造鉄製品について～

○松井敏也（東北芸術工科大学芸術学部），村上　隆（奈良国立文化財研究所），
高田　潤（岡山大学工学部），藤島一巳（江差町教育委員会）

【はじめに】

海洋遺跡から出土する金属製遺物は海水中に含まれる塩化物の影響を大きく受けている．それゆえ，海洋遺跡から出土した金属製遺物の保存は非常に困難を極めている．海洋遺跡から出土した鉄製遺物の腐食の状態などについてはいくつかの報告[1-3]があるが，それらは表面の腐食生成物の種類とそれらの除去方法などが主であり，遺物の金属組織やその構造，脱塩が与える金属部分への影響などについてはほとんど検討されていない．更に，形状が崩壊した鉄製遺物についてもその原因は十分に明らかにされてはいない現状にある．従って，これらの現象の要因を把握して腐食のメカニズムを解明することは，海洋遺跡出土文化財を保存する上で極めて有意義であると考えている．

本報告では，我が国を代表する海洋遺跡である北海道江差町開陽丸遺跡から出土した鋳造鉄製品を中心に，その腐食促進因子の分布状態と組織との構造について調査を行なった．特に，海中より引き揚げた後崩壊したために，保存が困難であった遺物について報告する．

【実験資料】

実験に供した資料は次のとおりである．これらの資料は出土後，15年以上経過している．

1. **鉄製遺物（保存状態が悪かった遺物）**
   砲弾（尖頭榴弾）破片：未処理資料(図1)と処理後に崩壊した資料．
   球形，葡萄弾：保存処理を終えると崩壊する．現在も保存処理液に浸せきされたまま保管．
2. **遺物表面に形成された被覆物質（通称：アマバン）**：ほとんどの鉄製遺物の表面に付着する．遺物表面との剥離は容易である．被覆された遺物は比較的良好な状態で残存している．

【結果と考察】

1. **出土鉄製遺物**

これらの遺物の金属組織はすべて片状黒鉛組織(C量4.3%以上)を持ち，徐冷された鋳造鉄製品であることがわかった．砲弾の表面では片状黒鉛量が多く，粉状を呈していたが，剥離面近傍では片状黒鉛量は少なく比較的堅牢であった．しかし，偏光観察により偏光層が帯状に存在し，かつEDX分析からはその層中に塩素が検出され，腐食の要因となっていることが推測された(図2)．球形弾では急冷組織(ﾚｰﾃﾞﾌﾞﾗｲﾄ組織)も見られ，冷却速度の差があることが明らかとなった（図3）．これも崩壊の要因になるものと考えられるが，今後の課題としたい．葡萄弾では耐食性のあるｽﾃﾀﾞｲﾄ組織(Fe_3P)が見られたが，その構造は3次元に大きく成長してはおらず，片状黒鉛が原因となる崩壊を抑止する機能がないと思われた．また，これらの遺物に施された脱塩処理法(NaOH水溶液法)を検討した結果，リン酸ｲｵﾝが検出され，ｽﾃﾀﾞｲﾄ組織の溶出の恐れがあることがわかった．

2. **遺物表面のアマバンの構造**

アマバンは大きく2層で構成され，砂礫混じりの白色を呈する外層と茶褐色を呈する内層（遺物との剥離面側の層）から成っていた．更に，剥離表面には幅1mm以下の帯状の偏光層が存在した．XRD分析などにより外層からは石英や長石類，炭酸ｶﾙｼｳﾑなどが，内層からは石英や長石類のほかにβ-FeOOHやα-Fe_2O_3などが検出された．各層から抽出された可溶性陰ｲｵﾝの結果とpH，XRD分析結果を表1に示す．pHは弱アルカリ性を示し，内層からは大量の塩化物イオンが検出されたことが明らかになった．これらのことから，溶出した鉄イオンは周辺の砂礫を遺物表面に固着させるが，出土による乾燥後，その皮膜は非常に硬質となって遺物表面への酸素供給

を遮る機能を持つものと推測された．また，外層が中性からアルカリ性を保つために腐食が抑制される作用も考えられた．しかし，海中での被覆物質の物性などについては今後の課題である．

【まとめ】

海洋遺跡から出土する鋳造鉄製品では，その保存処理の事前調査として金属組織の同定をする必要性があり，被覆物質の除去は保存処理の指針が定まるまでは慎重な対処が必要であろう．

図1　亀裂が入り崩壊が進む未処理砲弾破片

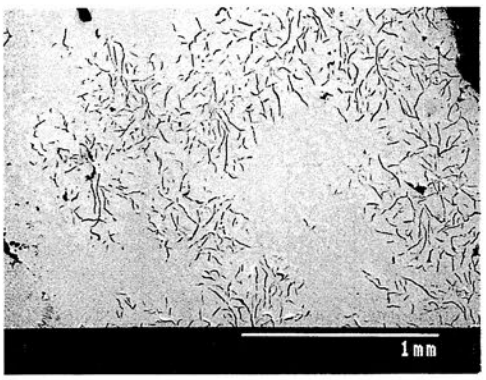


図3　球形弾の金属組織．黒色は片状黒鉛．灰色領域はレーデブライト組織．

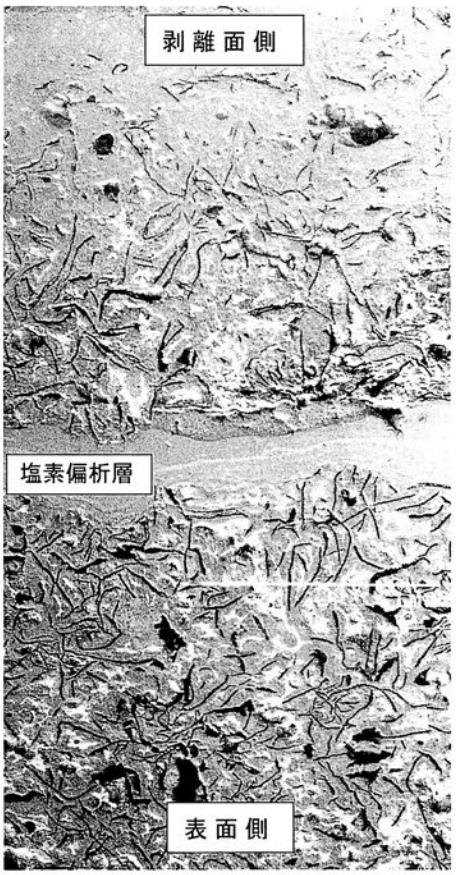


図2　未処理砲弾破片の金属組織．片状黒鉛(黒色)とステダイト組織（白色）

表1　アマバン各層のXRD，可溶性陰イオン(ppm)，pHの測定結果

	XRD	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	F^-	pH
内層	β-FeOOH，石英，長石類，α-Fe_2O_3	8712	9369	37.0	24.8	7.10
外層	石英，長石類，$CaCO_3$	1124	8405	37.9	26.7	7.56

[1] North, N. A. , "Corrosion products on marine iron" Studies in Conservation, 27, p.75-83 (1982)

[2] Mark R. Gilberg and Nigel J. Seeley, "The identity of compounds containing chloride ions in marine iron corrosion products: A critical review", Studies in Conservation, 26, p.50-56 (1981)

[3] James Argo, "On the nature of `Ferrous corrosion products on marine iron", Studies in Conservation, 26, p.42-44 (1981)

P 61

有錆鉄器の脱塩処理に及ぼす含フッ素オリゴマーの添加効果とその速度論的研究

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

諸　言

含フッ素オリゴマーは表面張力を低下させ、かつ優れた表面処理機能を持つことが知られている。これまでに、我々は含フッ素オリゴマーを添加した脱塩溶液を用いて、無錆試料からの脱塩速度を測定し、含フッ素オリゴマーが処理液の含浸量と含浸速度を向上させる効果があることを見出した[1]。本研究では、有錆試料の脱塩処理に及ぼす含フッ素オリゴマーの添加効果を調べた。

実　験

試料は鉄粉とNaClの混合物を100MPaで圧縮成型した直径20mm、厚さ10mmの円盤状成型品（含塩率0.32wt.%、空隙率40%）を湿度100%の状態で２週間放置して錆びさせたものである。含フッ素オリゴマーとして、無錆試料の結果から有望と考えられるベタイン型の2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸（HFPO2）を用いた。25mlの溶液を入れた50mlのビーカーの中に試料を懸垂し、溶液中の塩濃度の時間変化を測定した。脱塩溶液系として、KOH(0.01M) とセスキカーボネート(0.5wt.%)の水溶液系、および各溶液にオリゴマーを添加した系の合計４種類の脱塩系を用いた。

実験結果および検討

(1)脱塩曲線　セスキカーボネート水溶液にオリゴマーを添加した系ではほとんど脱塩されないことがわかった。Fig.1にはこの系を除く3つの系についての脱塩率Ψと時間tの関係を示した：$\overline{\Psi}=((\overline{W}-W_0)/(W_\infty-W_0))$。$\overline{W}$は時間tまでの脱塩量、$W_\infty$は最終脱塩量である。$W_0$は表面付着量で、浸漬１分後の脱塩量とした。KOH水溶液系の脱塩速度は他の溶液系よりも大きいが、液中に溶出した鉄錆のため溶液が黄濁しており、錆が発生していた。しかしKOH水溶液にオリゴマーを加えると、錆は発生しなくなり、かつセスキカーボネート系よりも脱塩速度は大きくなることが分かった。

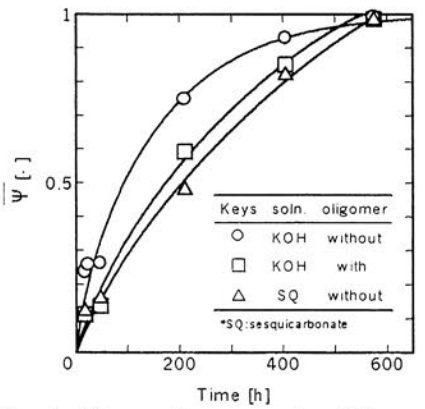


Fig. 1　Removal curves of salt for rusted specimens

(2)有錆試料の有効拡散係数　脱塩曲線を拡散理論に基づいて解析した[2]。有効拡散係数D_Aは場所と時間によって変化するとすると、基礎式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial W}{\partial t}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rD_A\frac{\partial W}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(D_A\frac{\partial W}{\partial z}\right) \qquad (1)$$

ここで、Wは試料内の局所塩濃度である。Fig. 1に示した脱塩曲線は、脱塩の進行と共に錆による細孔の閉塞が解除されてるため、D_Aが脱塩の進行と共に増加することを示唆している。そこで、D_Aは脱塩率によって変化すると考え、次式で近似した。

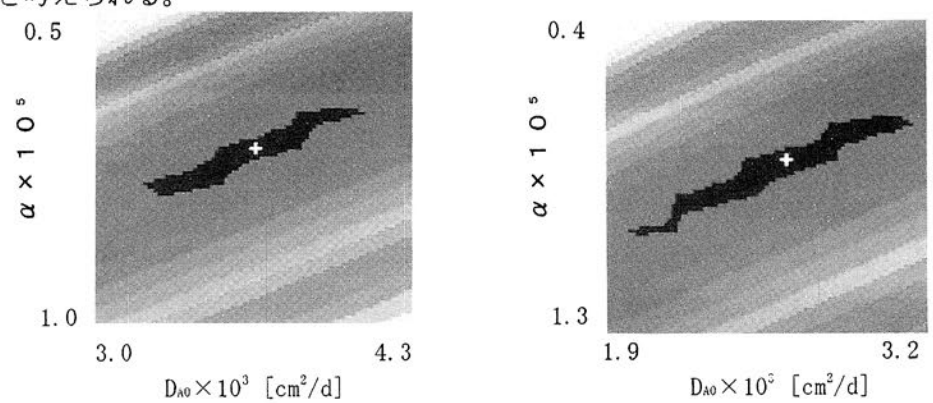
$$\frac{D_A - D_{A0}}{D_{A\infty} - D_{A0}} = \left\{1 - \exp\left(-\alpha \frac{\Psi}{1-\Psi}\right)\right\} \qquad (2)$$

ここでD_{A0}は初期有効拡散係数、αは実験定数である。$D_{A\infty}$は浸漬末期の有効拡散係数である。ここでは簡単化のため、無錆試料の有効拡散係数の平均値0.605cm²/dとして、次式で定義される実測値と計算値の偏差△が最小となるαとD_{A0}の組み合わせを探索した。

$$\Delta = \left\{ \frac{\sum^{n} (\overline{\Psi}_{obs} - \overline{\Psi}_{cal})^2}{n} \right\}^{1/2} \times 100 \ [\%] \qquad (3)$$

Fig. 2は偏差△の等高線図である。＋印の点で偏差が最小となる。このαとD_{A0}を用いて求めた$\overline{\Psi}$の計算値をFig. 1に実線で示した。

0.5 wt.%セスキカーボネート水溶液の場合、Na_2CO_3と$NaHCO_3$の所要量は1L当たり合計で5g程度であるのに対し、オリゴマーを添加したKOH水溶液系の場合、KOHは0.9g程度ですむ。従って、脱塩速度、薬品所要量のいずれの面からも含フッ素オリゴマー添加KOH水溶液系の方がセスキカーボネート水溶液系よりも脱塩液として実用的であると考えられる。



(a) For 0.01N KOH aq. soln. with oligomer (b) For 0.5% sesuquicarbonate aq. soln.

Fig 2. Deviation map to determine the parameters of α and D_{A0} in Eq. (2)

結　言

含フッ素オリゴマーを添加した脱塩系に対して、有効拡散係数の変化を考慮したモデルを提出した。含フッ素オリゴマー添加KOH水溶液系は、脱塩速度と薬品所用量の点から、現在実用化されているセスキカーボネート水溶液系よりも有望であることが分かった。

文　献

1) 吉原・河越・澤田・川本：日本文化財科学会第16回大会要旨集，p. 170～171（1999）
2) 河越・吉原・安木・川本：日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」，第36号，29～41(1998)

P 62

浮力を利用した出土大型木製品の新しい取り上げ法

下野聖　○塚本敏夫　雨森久晃（財団法人　元興寺文化財研究所）
千葉敏郎　石川正行（東村山市教育委員会）
駒井利定（日本通運株式会社　奈良支店）

1．はじめに

東京都東村山市の下宅部遺跡から出土した縄文時代後期の大型加工木製品（丸木舟未製品）の取り上げ作業を行う機会を得た。下宅部遺跡では大型加工木製品の下に、舟のドックの様な木組み遺構があった。大型加工木製品とともにこの木組み遺構の性格を明らかにすることが考古学的に重要となった。従来の取り上げ方法では遺物の下にある遺構を破壊する事が前提条件であった。今回、下の遺構を最小限の破損で抑える大型木製品の新しい取り上げ方法として浮力を用いた工法で施工し、良好な結果を得た。ここではその概要について報告する。

2．取り上げ対象遺物と下宅部遺跡の概要

遺跡概要：

下宅部遺跡は東京都東村山市多摩湖町に所在する縄文後期から晩期前葉にかけての低湿地遺跡である。特に、河道部では川の流れを制御する堰状遺構や大型木材の加工場遺構が見つかっており、木材加工、漆工、石器製作、粘土採掘など縄文人の様々な生業活動の実体やシカ・イノシシの狩猟・解体とそれに伴う狩猟祭祀儀礼を復元する事のできる貴重な遺跡である。

写真－1　大型加工木製品出土状況

遺構の概要：

取り上げ対象となった第３号水場遺構は取り上げた大型加工木製品（丸木舟未製品）を載せたコの字形の木組み遺構を中心に容器の未製品や半割材が多数出土しており、縄文後期の木材加工場と位置付けられている。

遺物の概要：

大型加工木製品はケヤキ材でその法量は全長 6.6m、最大径 0.8mを測り、推定重量で 1.5ｔ以上が見込まれた。形状は両端が細く加工されており、東端部は滑らかに仕上げられているのに対し、西端は荒削りのままである。側面から底面にかけては明瞭に加工させており、断面形Ｕ字形を呈している。それに対し、表面は平坦で未加工面が多い。状況から丸木舟未製品と推定させている。

3．取り上げ条件と取り上げ法の選定

取り上げに際しての条件と問題点

取り上げ条件として大型加工木製品下の木組み状遺構の性格を知るため、できる限り下部遺構を壊さないことが最大の課題とされた。更に、コンクリートの基礎杭列が南側に平行に走り、北側には下水管が施設されており、原位置では 15ｔクレーンでの吊り上げ作業はアーム最伸長時の許容荷重から不可能であることが検討の結果判明した。このことから従来工法では取り上げできないため新たな

取り上げ工法を検討した。

取り上げ工法の選定

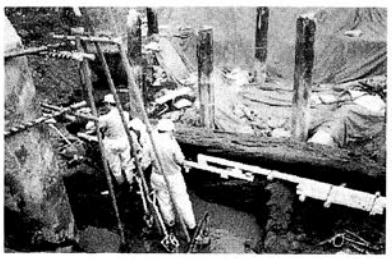
上記問題点をクリアする方法として大型加工木製品の底面を除く５面を発泡ウレタン被覆し、その発泡ウレタンの浮力を利用して遺構から遺物を縁切りさせる方法を採用した。そのため遺構全体をプールとしてクレーン吊り上げ可能な地点までプール上を浮かして移動させたのち、反転させて補強面を下にして安全に取り上げ作業を行う工法を考案した。この際、問題となったのは浮力により、ウレタン被覆のみが抜けてしまうことであった。幸い、底面の断面がＵ字形のため側面のウレタン被覆により底面の 1/3 弱を残してほぼ全体を包み込むことが可能であった。このために計算上は底部には抜け落ち防止の垂木を数箇所通すのみの最小限の破壊で取り上げが可能となる画期的な取り上げ工法となった。

４．施工手順

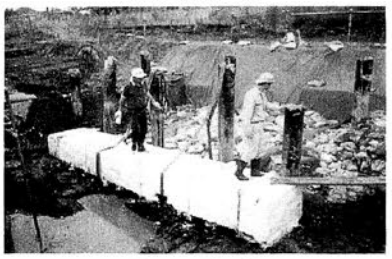
① 底部に遺物面側にクッション材を貼付た抜け落ち防止用の垂木（物）を下部に遺物が無い 12 カ所に通し、フレームを組み立てる。底部を補強する。
② 遺物表面の養生を行い、ウレタン型枠を組み立てる。
③ 発泡ウレタンを注入する。途中、上面の補強材を埋め込む。
④ 発泡ウレタン硬化後、型枠を外し、５カ所で固定し、ウレタン養生完成
⑤ 遺構に水を張り、発泡ウレタンで養生された大型加工木製品をウレタンの浮力で縁切りする。
⑥ プール上を移動させ、レッカーを使って反転させる。
⑦ クレーンで水面より持ち上げ、架台に移動し、架台ごとトラックに載せ移動
⑧ 遺物裏面を確認し、クリーニング後にウレタン養生して密封
⑨ 水の汲み上げ後、取り上げた遺構面を確認する。

５．おわりに

大型木製品の取り上げに発泡ウレタンの浮力を利用して遺構面と縁切りをする新しい取り上げ方法を試みた。その結果、従来の方法に比べて下の遺構をほとんど壊さずに取り上げることができた。今回はたまたま、湧水地でもあり、水を確保することが比較的容易であったためプールを作ることが可能であった。この方法は全ての現場で対応可能な工法ではないが下部遺構の情報をどうしても残したいケースには有効な取り上げ手法の一つ成りうるであろう。今後各地の現場で同様の取り上げ工法にチャレンジして工法を確立し、取り上げ作業による遺構破壊をできるだけ少なくしていきたい。

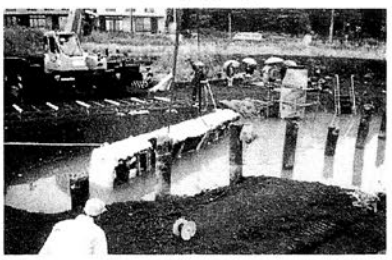


施工手順　①

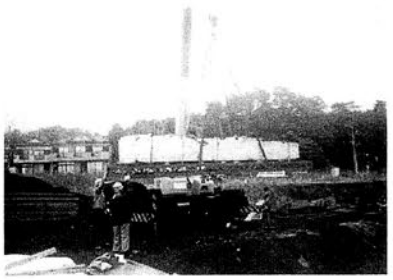


施工手順　④

施工手順　⑤



施工手順　⑥



施工手順　⑦

P 63

大型出土木製品のさまざまな保存処理法

○川本耕三、下野聖、大国万希子、伊藤健司、植田直見
（（財）元興寺文化財研究所）

0. はじめに

大型の出土木製品を保存処理するためにはいくつもの解決すべき問題点がある。

a. 取り上げ　遺物寸法・重量・遺跡の立地条件・重機が使えるか？

b. 処理場所　保存処理を専門機関の施設で行うか、現地で行うか？

c. 輸送　車両の選択・付近の道路状況

d. 含浸　処理槽の大きさ、薬剤の選択、養生（保護材）の方法

e. 展示　展示台・ケースの作製

本報告では、近年元興寺文化財研究所で保存処理された遺物を具体例として、これらの問題点について述べたい。

1. 処理例

① 鳥取県桂見遺跡出土 丸木舟 2 隻（縄文時代後期中葉・鳥取県立博物館収蔵）

遺物概要　これまで出土した丸木舟のうち、最大級のものがほぼ完形で 2 隻出土した。どちらも樹種はスギで、舟底の深い外海航行用の大きな舟の寸法は長さ約 7240mm、幅約 740mm、舟底の深さ約 400mm。舟底の浅い内海用の小さな舟は同 6410mm、700mm、100mm であった。

保存処理　どちらもステンレス鋼材で保護枠を作製し、PEG 含浸法により約1年かけて含浸処理した。破損部や欠損部はシアノアクリレート系およびエポキシ系接着剤で接着・補填した。処理後展示用の支持台を作製した。全処理期間は約 4 年だった。

② 石川県能都町真脇遺跡出土 彫刻柱（縄文時代前期後葉・真脇遺跡縄文館収蔵）

遺物概要　丸太材の上半に抽象的な彫刻を施すトーテムポール状の木製品で、立てて用いた。長さ 2425mm、長径 355mm、短径 250mm、樹種クリ、含水率は部位による差が大きく 390～1680%

保存処理　クリの芯持ち材、含水率が不均一なので PEG 含浸処理では期間 2～3 年を要し、さらに収縮・変形の発現が予想される。表面の彫刻をよりよく残すことが期待できる、脂肪酸エステル法を用いることとした。薬剤処理に約 1 年、全処理工程約 2 年を要した。処理後、展示台を作製した。

③ 熊本県天草空港予定地出土 埋木（8～20 万年前・熊本県天草空港収蔵）

遺物概要　1m を超える広がりをもつ 4 つに分割された針葉樹の根の部分でシルト層に覆われ、化石化が始まりつつある遺物。

保存処理　ステンレス鋼材で保護材を作製し固定、60%までの PEG に含浸したうえ、アクリル樹脂（水系エマルション）を塗布して表面を保護した。接着復元を含めた全保存処理に 3 年間を要した。処理後、幅奥行き各 1100mm、高さ 1800mm の展示用支持台を作製した。

④ 大阪府高槻城跡出土 木棺（戦国時代・高槻市教育委員会所蔵）

遺物概要　いくつもの断片状ではあるが、天板、側板、底板ともに残存し、長さ1600mm、幅 350mm、板厚平均約 10mm、底板には人骨が残存している木棺である。樹種はモミである。

保存処理　人骨が散逸しないようにFRPで固定養生し、PEG含浸法により処理した。全処理期間は約2年、現在展示ケースを作製して返却準備中である。

⑤ 熊本市出土 木製水道管（明治時代・熊本市水道局所蔵）

遺物概要　断面が弧の板材8枚を円柱状に組み合わせてある。外周には鉄帯をスパイラル状に巻いて補強し、アスファルトを塗って固定している。長さ 1950mm、直径250mmの針葉樹である。

保存処理　アスファルトが塗布されているので、常温処理が望まれたが、管の内側の劣化が予想以上に進んでいたので、常温で濃度を高くできる糖アルコール含浸法（ラクチトール:トレハロース=8:2、合計 60%水溶液）を用いて、現在処理中である。処理後は展示台を作製する（全処理期間半年の予定、今秋終了予定）。

⑥ 新潟市出土 旧万代橋基礎杭（明治時代末・建設省国道7号線地下歩道収蔵）

遺物概要　遺物は信濃川に架かり明治41年に焼失した初代万代橋の丸太の基礎杭で、含水率はスギの現生材とあまり変わらない150～300%であった。計6本あり、うち5本は長さ約3000mm、直径約400mm。残りの1本は長さ約14000mm、直径約400mmである。

保存処理　劣化は軽度で表面付近のみであったため、現地で人手を借りて処理することとした（生駒の研究所まで運んで処理すると、輸送費などを含めて数倍の処理費用が必要になる）。20～40%の PEG 水溶液を塗布し、背割りを入れて 60℃で人工乾燥した。なお、3 本は人が手で触れることができるような展示をするので、表面のささくれや突起を取り除いて滑らかにした。全処理期間は約3ヶ月だった。

2. まとめ

以上のようにそれぞれ PEG 含浸法・脂肪酸エステル法・糖アルコール含浸法で保存処理した大型木製品を例にあげた。

出土木製品、特に丸木舟や建築材等、大型の木製品を博物館等で公開するまでには、取り上げ・輸送・保存処理・展示などの各段階で個々の遺物や地理的環境など多様な条件を考慮し、最善の方法を選択しなければならない。人手・経費等の大きな損失を生じさせないよう、事前に周到な計画を立てる必要がある。

なお、③⑤⑥については考古遺物というより記念碑的な考え方で処理を行った。

文献

酒井温子，植田直見，川本耕三，平田敏彦，新潟初代万代橋の橋脚杭の保存処理と展示，木材保存，Vol.24-6，385-390，(1998)

謝辞

遺物写真等の掲載を快諾いただいた各団体の皆様に心より御礼申し上げます。

P 64

銚子市波止山地区産琥珀をモデルとした出土琥珀の劣化について

○植田直見（(財）元興寺文化財研究所）
室賀照子（橿原考古学研究所共同研究員）

1．はじめに

松柏科の植物から流れ出た樹脂が固化し化石化した琥珀は、赤外分光分析では主産地ごとに特徴のあるスペクトルが得られている。しかし、いずれの琥珀も様々な要因でその成分が変化し、スペクトルも変化すると考えられる。

前回は、国内産琥珀の主産地である銚子市、久慈市、いわき市産の代表的な標準琥珀をサンプルとし、紫外線・酸・アルカリ水溶液による劣化を調べた。その結果、全ての琥珀が紫外線照射により成分が変化し劣化することが判明し、要因の一つである可能性を見出した。一方、出土琥珀は紫外線照射による変化がほとんど見られなかった。

今回、同一産地ではあるが異なる吸収パターンを持つ銚子市波止山地区産出の琥珀をモデルとして、出土琥珀が変化しない原因を追求した。さらに、出土琥珀の主な劣化要因を明らかにするため、前回の結果に加えて今回の試料も劣化促進実験を行い、その生成物を、赤外分光分析を中心に比較検討したので報告する。

2．劣化促進実験

2－1．試料

今回対象とする出土琥珀は長野県岡谷市梨久保遺跡（縄文時代中期初頭）および岐阜県丹生川村丸山遺跡（縄文時代前期）より出土したものを用いた。また標準琥珀としては銚子市波止山地区より産出したものを用いた。これらは黄色から深紅までの様々な色味を持ち、硬いものからかなり脆いものまであった。その中で、赤外分光分析で異なるパターンを示した４種類の琥珀を実験に使用した。

2－2．方法

（1）紫外線照射による劣化

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

（2）酸による劣化

15%塩酸水溶液雰囲気中に試料を置いた。そのまま室温で１０日間放置し容器から取り出した後、自然乾燥させた。

3．測定

赤外分光分析による成分分析を行った。測定は、促進実験前後の試料の破断面から数 mg を採取し、日本電子（株）製フーリエ変換型赤外分光光度計（JIR6000）を用いKBr 錠剤法、分解能2cm^{-1}で分析した。図に銚子市波止山産琥珀の促進実験前の代表的なスペクトルを示した。これらはそれぞれ特徴的な吸収位置と強度を持つ。

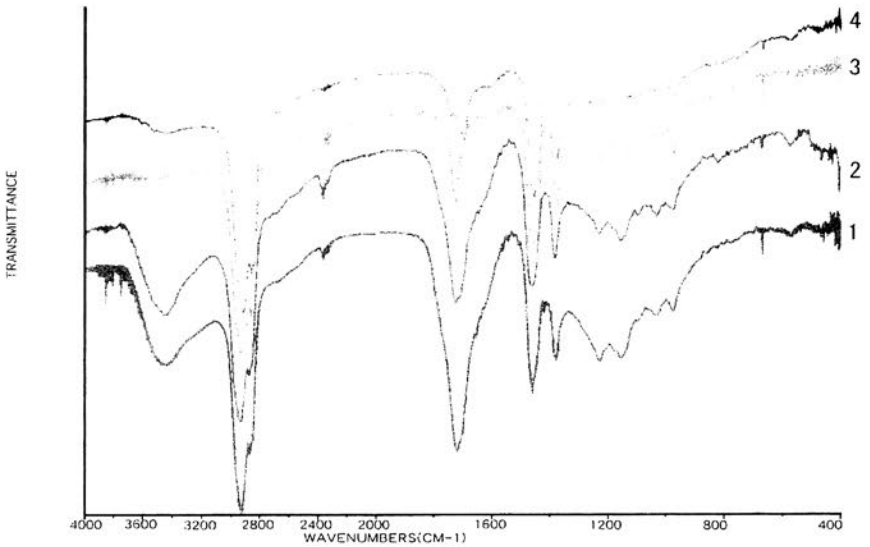


図　銚子市波止山産琥珀赤外吸収スペクトル

4．結果・考察

同一産地ではあるが赤外分光分析では異なる吸収位置および強度を持つ琥珀について、劣化促進実験を行った。その結果、紫外線照射後のFT-IRスペクトル（No.2～4）はNo.1のスペクトルに近づき、3000 cm^{-1} および 1700 cm^{-1} 付近、1200cm^{-1} 前後の吸収が増大し 980～1230cm^{-1} 付近の吸収位置や強度が類似した。また、今回同様に測定を行った出土琥珀のスペクトルと非常に近い吸収位置・強度を示した。一方、出土琥珀を同様の条件で促進実験を行ったが実験前後で大きな変化は見られなかった。

これらの結果は同一産地の琥珀については、色や強度および赤外分光分析の結果が異なっても、琥珀を構成する起源となる樹脂は同一でありその後の環境の違いなどの履歴によってそれぞれが変化したものであると推測した。また、図に示したスペクトルはNo.4からNo.1に向かって紫外線照射によって順次変化していく過程と同様であると考えた。

5．1おわりに

同一産地であるにも係わらず非常に多様な赤外分光分析結果の得られた銚子市波止山地区産琥珀はその多様性にもかかわらず起源となる樹脂は同一である可能性が高いと考えた。そして、紫外線照射後のスペクトルが出土琥珀のそれと非常に近いスペクトルになったことより、表面部分を除いて出土琥珀は土中での劣化より、採取後、加工し、使用されていた時期に劣化した可能性が高いのではないかと思われる。また、劣化要因を検討した結果、紫外線が前回と同様に、その要因であることがわかった。しかし、単独ではなく複数の要因が係わっていると考えられるため、今後さらに他の要因についても検討したい。

さらに、日本産の琥珀は劣化すると赤外吸収スペクトルでは判別できなくなることも確認できた。

最後に、標準試料を提供していただきました銚子市山田勝彦氏のご厚意に感謝いたします。

P 65

糖アルコール含浸法における処理効率の向上

○伊藤幸司・鳥居信子（財団法人 大阪市文化財協会）
今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）
西口裕泰（株式会社 京都科学）

1. はじめに

私たちは糖アルコールの一種であるラクチトールを用いた出土木製品の保存処理について研究し、実用化を図ってきた。ラクチトールの含浸処理は有機溶剤などの危険物を使用しないこと、処理期間が短縮できること、金属と一体となった遺物も処理可能なこと、PEG 含浸処理装置が転用できることなど、幾つかの利点があげられる。また、樹種や劣化状態によっては最終含浸濃度が 75％程度であっても 50℃の環境下で固化・乾燥すれば良好な結果が得られるなど、様々な利点、効果が明らかになり各地で実用化が進んできている。

このような中で、処理上のトラブルを引き起こす原因のほとんどは三水和物の生成によるものであることが明らかになった。三水和物の生成を抑え、結晶化を図ることが良好な結果を得るためのポイントである。

これまでもオリゴ糖の一種を添加することにより三水和物の生成を抑えると共に、漆製品への適用にむけて低温度下での含浸処理の可能性を探ってきた（註 1）。

今回は、常温に近い環境で低粘度を保って含浸処理を行うこと、低濃度段階での処理の終了と安定した仕上がりを得ること、常温で固化・乾燥することを目的に、いくつかの糖の中からトレハロースに着目（註 2）して実験を行い、その結果を受けて実際に遺物の処理を行ったので紹介する。

2. 常温乾燥時における寸法安定性

糖アルコール含浸処理で最終含浸濃度が 85％に至らない場合、通常ならば 50℃の環境で固化・乾燥を行うところであるが、トレハロースの添加による寸法安定性を比較するために常温での乾燥実験を行った。また、温度環境による含浸処理への影響を調べるために常温と 50℃の環境で含浸した。

実験の結果、最終の含浸濃度が高いほど良好な寸法安定性を示した。同じ含浸濃度の場合はトレハロースを添加した方が寸法安定性が良好であった。常温での乾燥によりラクチトールのみの場合は亀裂を生じたが、トレハロースを添加した試料は異常なかった。

また、処理液中への結晶の析出もトレハロースを添加した方が遅かった。

3. 大型木製品への実施

対象としたのは前期難波宮の水利施設から出土した板材や杭で、比較的大型の木製品である（註 3）。含浸は PEG 含浸処理装置（有効寸法 2m × 1m × 1m）を用いて 2 回に分けて行った。

3-1. 1 回目の処理

①ラクチトールのみを用いて 150 日間含浸
②最終含浸濃度は 78％
③含浸終了後、洗浄してラクチトールの粉末で被覆
④ 50℃の環境をつくり固化・乾燥

固化・乾燥の工程では、大型木製品のため乾燥庫を簡易につくって理想温度である50℃の環境に近づけようとしたが、床に接した部分など熱風が循環しなかったところに部分的に三水和物が生成されだした。このため三水和物が噴出した部分をドライヤーなどで加熱することで結晶を再溶解して安定させる処置を施し事なきを得た。

3-2. 2回目の処理

①ラクチトールにトレハロースを10%添加した糖を使用して140日間含浸
②最終含浸濃度は80%
③含浸終了後、洗浄してラクチトールの粉末で被覆
④常温で固化・乾燥

三水和物の生成が懸念されたため状態の観察を続けたが、3ヶ月が経過した現在も全く三水和物は見られず、良好な結果を得ることができた。

4. まとめ

他の糖類、トレハロースを添加することは、ラクチトールに結晶阻害を起こさせ、常温でより高濃度まで液状を保ち、固化・乾燥段階では三水和物の生成濃度領域を結晶することなく越えさせることによりトラブルを防ぐ効果を期待したものである。

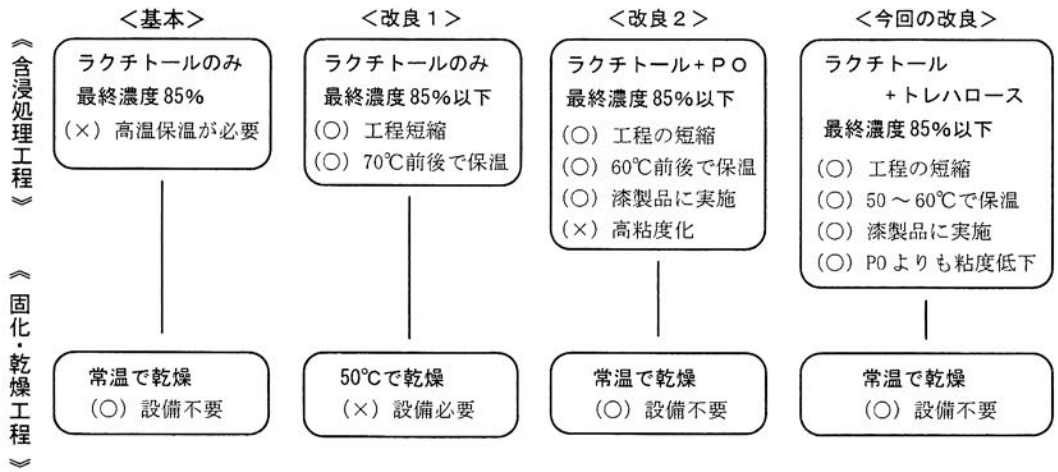
大型木製品に実施したところ、50℃の環境をつくることなく、常温での固化・乾燥によって良好な結果を得ることができた。

今回得られた最大の成果は、トレハロースを添加することで三水和物の生成を抑えることができたことにある。その結果、50℃の固化・乾燥環境をつくる必要がなくなり、保存処理方法を簡素化することができた。このことは、糖アルコール含浸処理法で安全に、かつ効果的に処理することができる対象物および処理手法の「許容範囲」を広げる事につながるものと考えている。

今後はラクチトールの特性が失われることがないよう、混合する糖の種類・比率を検討しなければならない。

註 1) 日本文化財科学会第16回大会発表要旨集p174-175参照
2) 今津節生「糖の混合による糖アルコール含浸法の改良」(当要旨集収録) に基づく
3) 財団法人大阪市文化財協会 『難波宮址の研究』第十一 2000.3

—含浸処理工程、固化・乾燥工程の改良と処理条件—



P 66

4種類の蛍光ランプによる天然色素染色布の変退色挙動

―素材、後処理、色素、媒染剤による違い―

○霜鳥(片野)　真意子　　齊藤　昌子　(共立女子大学)

1. 始めに

染織文化財の材質は、主に繊維と染料から成っており、このような染織文化財に外部から加わる光、水分、大気汚染物質などが劣化を促進することが知られている。劣化促進要因の中では光による影響が最も大きく、博物館等の展示の際に用いる照明によって、染織品への影響が大きく異なる。筆者らは天然色素染色布の変退色に及ぼす光の影響について、分光分布の異なる蛍光ランプを用いて研究を行ってきた[1)-4)]。これまでの実験では、光源から与えられるエネルギー量を一定にするために、試料面における照度は異なるが、光源から試料面までの距離を一定にし、実験を行った。その結果、変退色にはその布の最大吸収波長の影響が大きいこと、紫外線をカットすることにより変退色を30～40%抑制できることを明らかにした。本研究では、4 種類の蛍光ランプを用い、試料面に与える明るさを一定(500 lx)にし、天然色素染色布の基質、染料、媒染剤、後処理の有無と変退色挙動との関係について定量的に明らかにした。

2. 試料

2-1. 染色布

試料には、絹（生織物、後練り織物）と綿（糊抜き処理、精練漂白処理）を、クルクミン（うこんの主要色素）とヘマテイン（ロッグウッドの主要色素）を用いて染色し、明ばんと硫酸第一鉄で媒染したものを用いた。

2-2. 光源

光源には広範囲の分光分布をもつ「色比較・検査用ランプ D_{65} 蛍光ランプ」(東芝ライテック㈱、略称：D_{65})、「白色蛍光ランプ」(東芝ライテック㈱、略称：W)、400nm 以下の波長をカットした「美術館・博物館用蛍光ランプ」(東芝ライテック㈱、略称：NU)、450nm 以下の波長をできるだけカットした試作品の「試作 FA 蛍光ランプ」(東芝ライテック㈱試作品、略称：FA)の4種を用いた。

3. 実験方法

暴露は、上部に 20W の蛍光ランプを一灯取り付けた四角形の暴露装置を作成し、底部にガラス製の暴露チャンバーを設置して行った。染色布は円形暴露台に固定し、これを暴露チャンバー内に設置した。チャンバー内は環境大気で満たし、硫酸水溶液により中湿にコントロールした。実験中の温湿度はチャンバー内に設置したデータロガーと、温湿度計で記録した(22.5±2.5℃、49.5±6.5%RH)。チャンバーの蓋として用いたガラス板については透過率を測定し、特定の波長の吸収がないことを確認した。試料面に与える明るさを一定(500 lx)にし、350 時間の暴露を行った。暴露前、210、350 時間において分光光度計(マクベス COLOR EYE 7000)を用いて測色し、暴露前後の色差(⊿E)を算出し、評価を行った。

4. 結果と考察

変退色の一番大きかった D_{65} ランプによるクルクミン染色布の変退色結果を一例として挙げた(図1)。

変退色に及ぼす要因についてみると、「絹」、「綿」では「綿」の方が 1.4 倍退色が大きく、後処理については、絹は「後練り」、「生織物」間に大きな差はないが、綿は「精練漂白」が「糊抜き」より 1.5 倍大きいことが認められた。染料、媒染剤別では、「ヘマテイン」よりも「クルクミン」の方が 2.5

倍退色が大きく、「硫酸第一鉄」よりも「明ばん」の方が7倍退色が大きいことがわかった。

D_{65}ランプに対するNU、FAランプの変退色防止効果は平均43%、56%、Wランプに対するNU、FAランプの変退色防止効果は平均24%、34%であった(表1)。中でも「ヘマテインの鉄媒染・精練漂白処理布」は86%と高い効果が認められた。450nm以下の波長をできるだけカットしたFAランプは、NUランプよりも変退色防止効果が高く、演色性(Ra)も85であるが、美術館用として使用出来るかどうか、今後視感評価実験を含めた実際的検討が必要である。

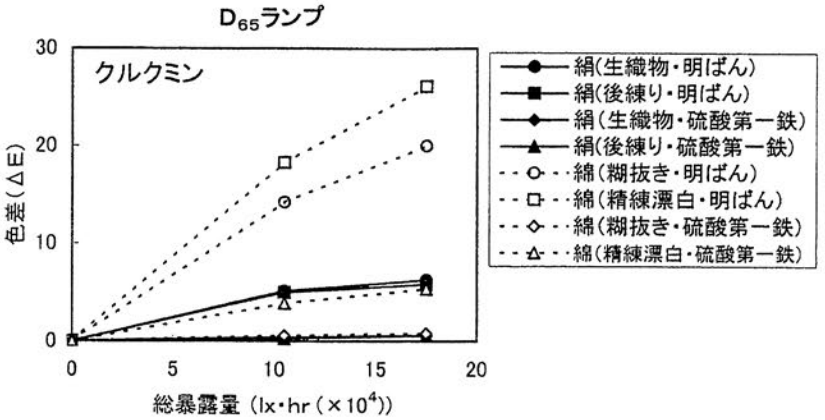


図1. D_{65}ランプによるクルクミン染色布の変退色

表1. D_{65}、Wランプに対するNU、FAランプの変退色防止効果

試料				相対値					
色素	素材		媒染剤	D_{65}	NU	FA	W	NU	FA
クルクミン	絹	生織物	明ばん	1.00	0.63	0.67	1.00	1.01	1.07
		後練り		1.00	0.73	0.76	1.00	1.07	1.12
		生織物	硫酸第一鉄	1.00	0.25	0.10	1.00	0.50	0.20
		後練り		1.00	0.62	0.25	1.00	—	0.71
	綿	糊抜き	明ばん	1.00	0.54	0.50	1.00	0.87	0.80
		精練漂白		1.00	0.51	0.47	1.00	0.79	0.72
		糊抜き	硫酸第一鉄	1.00	1.12	0.27	1.00	1.41	0.33
		精練漂白		1.00	0.46	0.41	1.00	0.65	0.59
ヘマテイン	絹	生織物	明ばん	1.00	—	—	1.00	—	—
		後練り		1.00	0.47	0.72	1.00	0.43	0.66
		生織物	硫酸第一鉄	1.00	1.00	0.28	1.00	—	0.50
		後練り		1.00	0.60	0.50	1.00	0.55	0.50
	綿	糊抜き	明ばん	1.00	0.55	0.54	1.00	0.90	0.89
		精練漂白		1.00	0.51	0.40	1.00	0.78	0.61
		糊抜き	硫酸第一鉄	1.00	0.43	0.58	1.00	0.63	0.85
		精練漂白		1.00	0.14	0.14	1.00	0.33	0.34
平均				1.00	0.57	0.44	1.00	0.76	0.66

1)片野,森川,齊藤,河本,高橋:「美術・博物館用光源による天然色素染色布の変退色防止効果」,日本文化財科学会第13会大会研究発表要旨集,pp156-157

2)片野,齊藤,河本:「美術館・博物館展示用光源による天然色素染色布の変退色防止効果」,照明学会誌,83,pp314-319(平成11年)

3) M.Katano., M.Saito. and K.Kohmoto. : An Investigation of Correlation between Spectral Absorptance and Discoloration Degree of Dyed Fabrics, 24th Session of the CIE Proceedings(1999)

4) M.Katano., M.Saito. and K.Kohmoto. : The Effect of Light Sources for Galleries and Museums on Prevention from the Discoloration of Fabrics with Natural Dyes, Lux Pacifica'97 Proceedings, E74-E78(1997)

P 67

古糊生成時に関与する微生物の調査

藤波朋子*・藤岡春樹***・飯野久和**・大沢真澄*
* 昭和女子大学文学部
** 昭和女子大学生活科学部
*** 株式会社　光影堂

目　的

掛軸や巻物等の表装に、伝統的に使用されてきた糊料に、古糊と呼ばれるものがある。

古糊は、生麩（しょうふ）と呼ばれる小麦粉からグルテンを取り除いたものと水とから作られるデンプン糊である。これを1年間を通じて最も寒い大寒の時期に調製し、容器に入れ長期間貯蔵したものが古糊と呼ばれる。古糊の物性は、長期間の貯蔵とともに粘度が低下することから、作りたての新しい糊を使用するよりしなやかな仕上がりになることが特徴とされている。その用途は、現在では軸物等の紙質文化財の修復の分野においてわずかに使用されるのみで、使用される機会はごく一部に限られているものの、用途・適性における信頼から優れた評価を得ている。

古糊の生成は、単に長期間の貯蔵のみでなされるというわけではなく、貯蔵の過程でほとんどの場合、容器中の糊または糊上に張ってある水の水面にカビの膜が形成されることから、古糊生成過程においては微生物の何らかの関与があるものと考えられる。しかしながら、時には過度の微生物関与による褐変あるいは糊の加水分解などから、大量の糊の廃棄を余儀なくされる結果となることもある。

古糊に関する研究は、保管期間と糊料原料となるデンプンの物性及び分子量などの観点からアプローチされたものはあるものの、微生物学的観点からの研究は少ない。そこで、本研究では使用に適した古糊を生成するには、どのような微生物関与が適しているかを考察することを目的とし、その基礎的調査として実際に保管過程にある糊容器中に生育する微生物の分離を行った。

方　法

試料として平成 11 年 1 月下旬に行なわれた保管中の古糊容器中の水交換時に上澄液、糊ならびに菌膜の採取を行った。採取対象とした容器は、昭和 55 年～平成 9 年に調製された糊が保管された容器であり、主な 16 試料を表 1 に示した。

試料採取は SYP 寒天培地上に、糊上に張ってある水に生育した菌膜を接種し、常温にて培養し、出現した微生物の純粋分離を行った。純粋分離された菌株中のカビ・酵母に対しては、スライドカルチャー法にて観察を行った。また、分離された微生物を SYP 液体培地中で 3 ～ 4 日間前培養を 2 回行った後、1%小麦デンプン溶液中に接種し、25 ℃で約 1 か月間培養し、その生育を観察した。なお、上澄液および糊は、一般細菌（標準寒天培地）、カビ・酵母（PDA 培地）、生酸菌（GYC 培地）の生菌数を求めた。

また、1 %小麦デンプン溶液中で生育の良好な分離菌株を選択し、その菌株に対し、酵素活性（液化力活性、糖化力活性、イソアミラーゼ活性）を測定した。選択した菌株を SYP 液体培地で培養後、遠沈し、その上澄液を粗酵素液として使用した。なお、液化力活性は

ヨウ素呈色法、糖化力活性は Somogyi-Nelson 法で、イソアミラーゼ活性はヨウ素呈色法を一部改変して行った。

結果および考察

1 ～ 17 年間貯蔵された古糊を試料としたところ、貯蔵期間の短いものはカビを主体とした菌膜形成が顕著であった。その分離されたカビは *Penicillium* 属、*Aspergillus* 属、*Aureobasidium* 属がほとんどであり、期間が長くなるに従い菌膜が薄くなり、単一菌種のみの生育になる傾向があった。中～長期間貯蔵されたものは肉眼的にもカビの菌膜は認められず、その上澄液および糊からは菌糸状酵母が優勢的に分離された。このことから、貯蔵初期段階では、カビが主体的に関与しデンプンの低分子化を司るものと推察した。一方、菌糸状酵母の酵素活性を検討したところ、その活性は酵素工業的な意味からの活性としては微弱であるものの、イソアミラーゼ活性を有することが特徴であった。

古糊の一つの特徴として、pH が低いことがあげられるが、これは貯蔵過程で微生物が発酵産物として有機酸を産出するによって現れるものである。乳酸や酢酸などの有機酸は静菌作用があるため、これらが容器中に存在すれば細菌などの微生物の生育を抑制し、古糊貯蔵上の環境の形成において、一義的な意味としては主要な働きをするものと推察された。

また、デンプン分解能が顕著であるカビは菌体内外の酵素によってデンプンを分解し、その分解物を栄養源として使用するため、デンプンの分子量を低下させると同時に、低分子糖を自身で利用すると考えられる。このことは、アミノ酸と単糖やオリゴ糖のような低分子糖とが結びついて生じる褐変現象を防いでいるということができる。また、微生物がデンプンの分解物を利用して生育するという視点から見ると、数十年の貯蔵期間を経て古糊として残存したデンプンは、ある意味ではレジスタントスターチと同様のものであると推察することも可能である。

このようなことから、糊調製後 1 年間の微生物動態をより詳細に調査・検討すること、および最終産物としての古糊のデンプン科学的考察を行うことが重要な課題であると考える。

表 1　保管容器中の菌膜の状態とサンプリング箇所

容器 No.	調製年代 —No.	菌膜の有無	菌膜の状態	サンプリング箇所
1	昭和55年-1	無		容器の水面部分の縁
2	昭和55年-2	無		容器の水面部分の縁
3	昭和58年	有	膜は極薄く局在。黒茶色。	容器の水面部分の縁
4	昭和60年-1	無		容器の水面部分の縁
5	昭和60年-2	有	膜は薄く局在。黒色の部分と白色の部分あり。	菌膜
6	昭和60年-3	無		容器の水面部分の縁
7	昭和61年	無		容器の水面部分の縁
8	平成 3年-1	有	膜は極薄く局在。黒茶色の点が散在。	菌膜
9	平成 3年-2	有	全面に張っている。クリーム色の膜上に茶色の点あり。	菌膜
10	平成 3年-3	有	全面に張っている。赤茶色の極薄い膜。	菌膜
11	平成 6年-1	有	全面に張っている。白色の膜中に灰緑色の部分あり。	菌膜上
12	平成 6年-3	有	全面に張っている。深緑色の膜。	菌膜
13	平成 8年-3	有	全面に局在。白色の膜上に深緑色の点が散在。	菌膜
14	平成 9年-1	有	全面に局在。ベージュ色の薄膜。	菌膜
15	平成 9年-2	有	青緑色、白色の厚い膜。全面に張っている。	菌膜
16	平成 9年-3	有	膜は極薄く局在。クリーム色、黒茶色。	容器の水面部分の縁

P 68

文化財科学研究史の一端—考古科学の周辺—

大沢眞澄（昭和女子大学文学部）

多岐にわたる考古試料に対して自然科学的研究は種々の面からなされてきている。それらの方法はどのような研究分野で、どのようにして発見され、いかにして実際に適用されていったのか、いくつかの領域についてその発展の流れを辿り概観する。

1) 層序—化石による地層の同定、年代観：N.ステノ(1631-1687)。イタリア、トスカーナ地方の堆積状況の変化（図 1；F.D.Adams, 1938(1954)）。地層累重の法則(1764)といわれ、のち W.スミス(1769-1839)により進展。第 4 紀旧象化石の例として F.P.フォン・シーボルト(1796-1866)『江戸参府紀行』に記された山口県屋代島ジャコツを示す（図 2、旧象歯；ライデン国立自然史博物館）。日本の考古学においては宮城県里浜貝塚の古生物学者松本彦七郎による分層的発掘が、層序的文化層の評価の最初といわれる(1918)。

2) X線による研究：1895 年 W.C.レントゲン(1845-1923)による発見。X線の透過・写真作用の例としてレントゲン夫人の指と指輪（図 3, 1895.12.22 撮影；W.R.Nitske, 1971)、長岡半太郎によるX線写真の日本伝来（図 4、東洋学芸雑誌 174 号, 1896.3.25；天野良平, 1993)、日本に現存する最古の手のX線写真（図 5 , 1896.5.15, 水野敏之丞・山口鋭之助による；天野, 1994)。X 線が現在、文化財科学の各領域で最も活用されていることは周知の通りである。

3) 放射能・放射年代の研究：1896 年 A.H.ベクレル(1852-1908)による放射能の発見。E.ラザフォード、F.ソディーらによる放射壊変理論の確立(1903)、Th-ThX（図 6)、U-UX（図 7）の壊変・生成曲線の例を示す(E.Rutherford, 1913)。半減期のちがいが明瞭である。1907 年 B.B.ボルトウッド(1870-1927)による U-Pb 年代の測定が放射年代法の最初といわれる（コネチカット州グラストンベリ近郊のペグマタイト中の閃ウラン鉱、410my）O.ハーン、ボルトウッド、ラザフォードらの写真を示す（図 8, 1910 年, 左より；L.Badash, 1969)。陰極線の研究から陽極線へと進み、同位体の質量分析が行われる。F.W.アストン(1877-1945)の最初の質量分析計を図 9 に示す(Aston, 1924)。放射化分析、同位体質量分析は現在最先端の分析法である。

4) 分析化学的研究：M.H.クラプロート(1743-1817)はウランの発見者、分析化学の創設者、古代貨幣、古代ローマガラスの分析など考古資料を最初に分析した人。子息 H.J.クラプロートは東洋学者として高名。H.デービー(1778-1829)はローマ、ポンペイ出土顔料の分析、ヘルクラネウム出土炭化パピルスの研究でも知られる。R.W.ブンゼン(1811-1899)はブンゼンバーナーで周知であるが、炎色反応からプリズムを用いる分光器によりスペクトル分析を創始(1859)。最初の分光器を図 10 に示す(H.E.Roscoe, 1870)。機器分析の初期を代表するものといえようか。ブンゼンの共同研究者ロスコーは明治初期わが国の理科教育に多大の影響を与えた人として知られている（彼の教科書の翻訳は市川盛三郎、杉浦重剛)。さらに P.E.M.ベルトロに(1827-1907)の多方面にわたる業績も顕著である。

5) 幕末～明治初期のお雇い外人の活躍：お雇い外人教師、東大教授 E.S.モース(1838-1925)や大阪造幣局技師 W.ガウランド(1842-1922)の活躍は周知である。人類の鉄利用の起源として隕鉄が問題にされるが、札幌農学校の W.S.クラーク(1826-1886)のゲッチンゲン大学での学位論文は隕鉄の分析に関するものである(1852 年)。幕末に北海道の地質・鉱山調査に来日した R.パンペリー(1837-1923)はパンペリー石に名を残すほどの研究者であるが、のちのトルキスタン、アナウ遺跡の調査は著名である。中国の地質学・考古学界で活躍した J.G.アンダーソンの彩陶の研究には、その起源を考察する資料としてアナウのものが引用されている（図 11, 左側は河南出土、右側はアナウ出土である；J.G.Andersson, 1934)。パンペリーにはアナウの“Stratigraphic Chronology of the Cultures”(1908)もある。

1

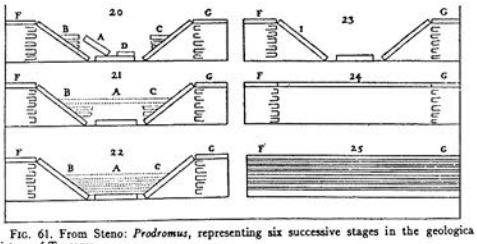


FIG. 61. From Steno: *Prodromus*, representing six successive stages in the geologica history of Tuscany.

2

3

5

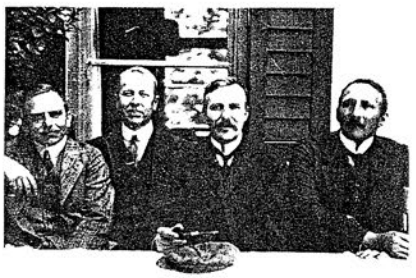
(1) 人の手

図1. 日本に現存する最古の「手のX線写真」

4

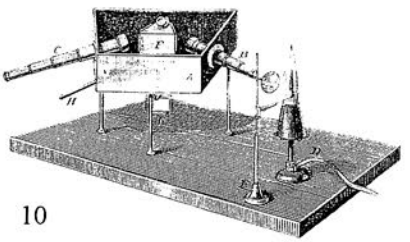
図1 長岡半太郎が送付した「手のX線写真」

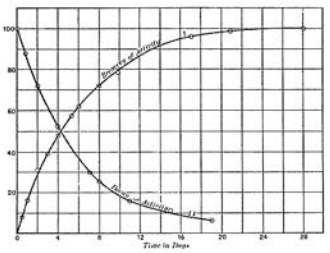
8



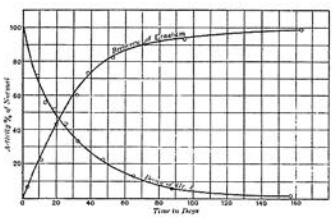
7. Otto Hahn, Bertram Boltwood, Ernest Rutherford, and Otto von Baeyer in Munich, 1910, after the completion of Boltwood's year in Manchester. Courtesy of Otto Hahn.

10

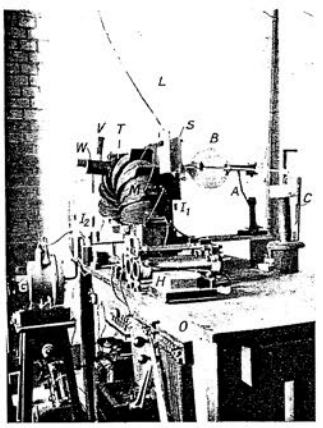




6



7



9

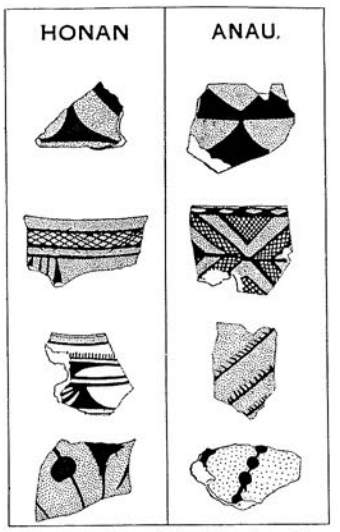


FIG. 78.—Comparison between painted ceramics from Honan and Anau.

11

P 69

赤外線イメージスキャナの開発と考古学への応用

宮原 健吾　　一ノ瀬 修一　　小川 紋弘　　武広 正純

(財)京都市埋蔵文化財研究所　　アイメジャー(有)　　(有)ダット　　㈱埋蔵文化財サポートシステム

・ はじめに

発掘調査において出土する遺物は非常に多種多様であるが、その中でも木簡や墨書土器漆紙文書などの文字の書かれている遺物は、土器や石器では決定できない絶対年代を決める重要な基準資料となりえる。そのような遺物を判読するときは赤外線写真を撮影したり赤外線カメラを使うのが一般的である。その理由は、文字を書くために使用した墨（不定形炭素）が赤外線領域で資料ベースである木材や紙と比べると高い吸収率を持ち、かつ表面に付着している汚れも赤外線に対して高い透過率を持つからである。

しかし、赤外線カメラなどを用いた資料の判読は、ライティングなど撮影に特殊な技能を要求され、使い易いとはいい難く、得られる画像もアナログ情報なので、最近のようにコンピュータでの画像処理を前提としたデータの取得に不向きだという欠点があった。

さらに重大な問題点は、貴重な文化財を長時間にわたり熱線（赤外線）下にさらすことである。これは資料の観察時に通常の室内光源では赤外線量が不足しているので「赤外線投光器」を使用して、大量に赤外線を資料に照射することに起因し、結果的に不要な温度上昇を資料に与え、資料の劣化を加速させる。また、実際の作業環境においても、真夏に「赤外線投光器」を使っての作業は厳しく、さらに赤外線が赤外線白内障や網膜剥離など健康障害を引き起こすことも確認されている。

今回、筆者らは、普及型フラットベット型イメージスキャナを赤外線イメージ専用に改造し従来の赤外線装置とは全く異なる斬新な発想で「赤外線イメージスキャナ」を開発しその考古学への応用の一部をここに紹介する。

・イメージスキャナの取り込み原理

画像は次のプロセスを経て、取り込まれる。原稿を照らす光源、原稿からの拡散反射光をセンサ上に結像するレンズ、像の濃淡を光電変換するＣＣＤリニアイメージセンサ、センサのアナログ出力をデジタル信号に変えるＡ／Ｄコンバータ、シェーディング補正を経てインターフェースを帳じて、接続したパーソナルコンピュータに画像を送る。ＣＣＤリニアイメージセンサは、リニアという名の由来の帳り、フォトダイオードを１次元配列したセンサであり、同時に短冊状の画像をサンプリングする。そして、このセンサをまるごと、短冊の長手方向とは垂直の方向にメカニカル走査により移動しながらサンプリングを続けることで、２次元画像を得る。

・赤外線イメージスキャナへの改造

一般的なＣＣＤリニアイメージセンサでは、眼の分光感度域は、３８０～７８０ｎｍと考えられているから、７８０ｎｍ～１１００ｎｍの「赤外線」領域の光は、イメージスキャナとしては不要光となる。通常はこの領域の光は、色再現性劣化やコントラスト低下を招くため、センサにたどりつかないように分光学的に遮断する。　また、光源においては赤外線を発生するほど発光効率は低下するため、投入した電力がなるべく可視光となるように改良を続ける。今回、イメージスキャナを構成する光学要素部品において、赤外線ランプを利用し、またセンサの赤外線感度領域のみを使うことで、赤外線イメージスキャナを構成することに成功した。

・赤外線 vs 可視光

可視光に対する赤外線の長所は次の点があげられる。

ア）散乱が少なく透過性が高い

赤外線は可視光に比べ波長が長いため散乱されにくい特徴を持つ。そのため、紙の繊維や、陶器などの微粉末による散乱を受けずに、奥にある画像情報を引き出すことが可能となる。

イ）染料、顔料などに吸収されにくい。

染料、顔料などは、可視光の特定の波長を吸収することで色を出す。しかし、これらの材料も多くの場合、赤外線を吸収しない。一方、古くから記録用に使われる墨は炭素からできており、可視光域から赤外線領域までの広い範囲で光吸収特性を持つ。

・使いやすさ

今回の開発で一番念頭に置いたのは、「Easyto Use」である。過去に筆者らのように赤外線写真を撮影したり、赤外線カメラを操作したした経験がある方には良く理解できると思うのだがある程度電磁波の特性を理解し、それなりの経験を積まないとなかなか思うような結果が得られない。一番苦労するのは赤外線投光器のライティングである。赤外線は不可視光なので、なかなか資料に均一に照射するのが難しく、外光の混入などもあるので、いつも同じ条件で観察するのはほとんど不可能である。その点、今回開発した赤外線イメージスキャナは安定した光源をスキャナの内部に持っており、いつでも反復精度の高い条件の整った観察が可能である。また、スキャナはカメラに比べ、歪みの少ない高画質の画像が簡単に得られる。

・資料の安全性

赤外線イメージスキャナでは、観察時に資料に対して必要最小限しか赤外線の照射が行われない。赤外線カメラを使用した時には、ほとんど赤外線投光器を消さないで作業を行うことを考えると、資料に照射する累積赤外線量は圧倒的に微量であり、貴重な文化財が極端に嫌う不要な熱はほとんど与えず、資料に含まれる水分が蒸発にすることによる資料の劣化も皆無である。

・考古学への応用

■墨で書かれた遺物の判読

■スキャニングデータを実測図として使用する

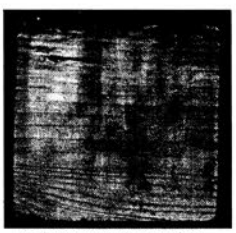
スキャナの正射投影に近い歪みのない画像は、計測データとして使用可能である。

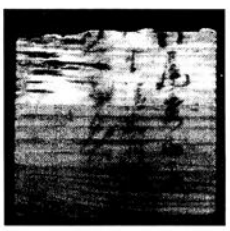
■鉛筆で書かれた実測図の方眼抜き

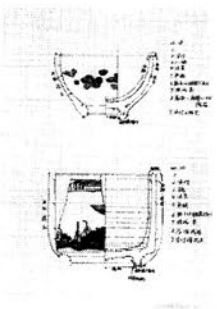
染料系の塗料で印刷されている方眼は赤外線に対して透明なために、通常の鉛筆で描かれた線だけを取り出すことが可能になる。

■画像処理や画像解析

イメージスキャナから得られるデータは、当然のことながら高精細なデジタルイメージなので、そのまま画像処理ソフトに持ち込んで、画像処理や画像解析が可能である。また、その画像は報告書や出版物にそのまま利用できる。さらにデータベース化も容易である。







画像提供；関西文化財調査会の吉川義彦氏、佐賀県多久市教育委員会引用

文献１）東芝,CCD リニアイメージセンサ TCD シリーズデータブック,1993 年
２）応用物理学会光学懇話会編,朝倉書店,色の性質と技術,1986 年

感謝します。
また、赤外線イメージスキャナの試作に尽力して頂いたセイコーエプソン株式会社の百瀬喜代治氏に心から感謝致します。

P 70

中性子ラジオグラフィの文化財への応用（VI）

—青銅の錫濃度の違いと絹・和紙の画像濃度の定量的関係—

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

1．　はじめに

文化財を中性子ラジオグラフィで調査することは、X線透過試験を補完するものとしての意味を持つ。特に、金属器中の有機物の観察では、これまで数多くの成果をあげてきた。最近では、和歌山県隅田八幡神社の経塚出土経筒の筒内に残っていた、経巻が剥がれ経筒の内側に張り付いた紙と軸を検出することができた[1]（写真１）。これまでの研究において、文化財に使われている青銅成分と鉄、ならびに羽二重と黒谷紙を用いてそれらの厚みとの関係を追求して、金属 2mm 厚の場合、おおよそ 150 μm 以上あれば紙や布が認識出来、かつ厚みとフィルム濃度との相関性があることが判明している。

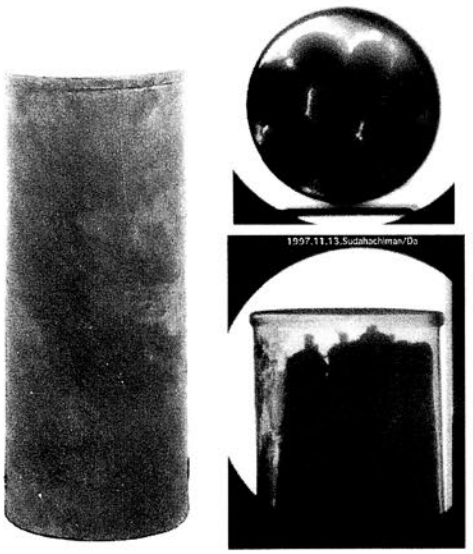


写真１．隅田八幡神社経塚出土経筒：
左：経筒　　右：中性子ラジオグラフィ

しかし一方、鉄刀や馬具など鉄地に付着している有機物は、肉眼では繊維や織物のように見えても、中性子ラジオグラフィの結果とX線透過試験ならびに分析結果からほとんどの場合、錆またや無機物がそれらの形を示しており、本来の状態でないことが明らかになってきた[2]。そこで中性子ラジオグラフィの対象として最も効果がある青銅に着目して、錫の含有率を変化させた階段状の試験片を作成し、厚みと錫含有量とフィルム濃度との関係を求めた。あわせて、それら厚みの異なる青銅と絹、和紙とが共存するものの画像濃度との関係を追求した。

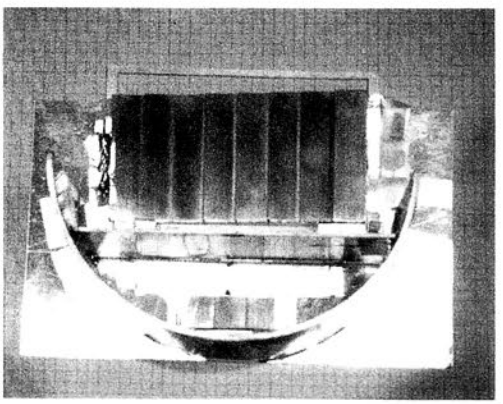


写真２．中性子ラジオグラフィに用いた階段状試験片

2．　試験方法

錫の含有率を 5, 10, 15, 20% の４種類のサンプルそれぞれに、厚さを約１mmから 15mm の間に、８段の階段状にした試験片を、三宝伸銅株式会社に委託し作成した（写真２）。

最近特に注目されている青銅鏡などに付着している繊維、経筒内の紙本経などを考慮し、

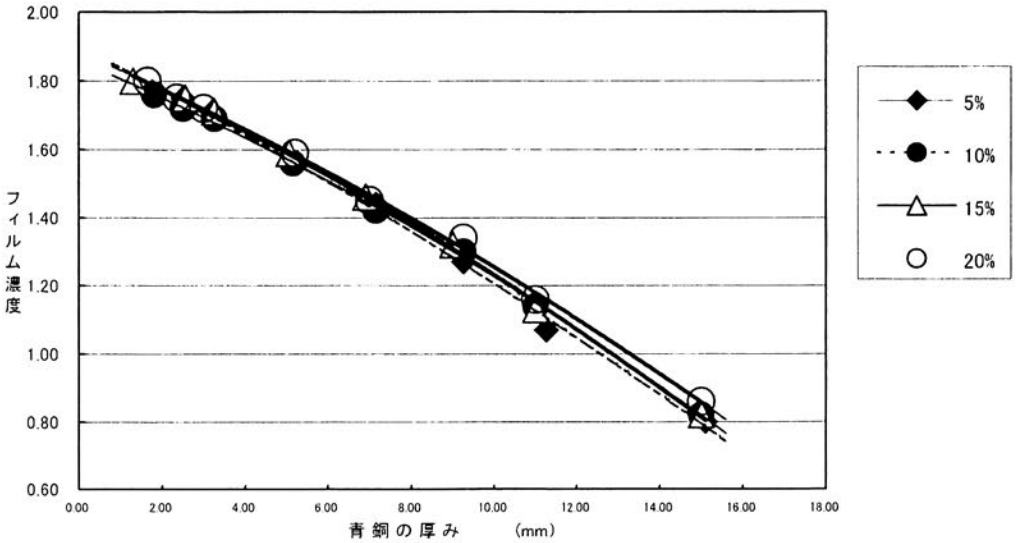


図1．含有率の異なる4つの試験片とフイルム濃度との関係

かつ最も単純な薄地のものとして以前報告した羽二重（厚み 85μm）と黒谷紙（厚み 77μm）を用いた。中性子ラジオグラフィは、京都大学原子炉実験所 E-2 孔（熱中性子）で行った。

3．　結果と考察

錫の含有量が異なる青銅の試験片の厚みとフィルム濃度との関係を図1に示す。このグラフから青銅の厚みとフィルム濃度とは良好な相関性がある。しかし、錫の含有率との関係では、フィルム間のばらつきや、バックグランドの補正を行っているにもかかわらず、5％の差をグラフから推定することは困難であった。銅や錫が単独の場合は厚さ 8mm まできれいな直線になることから、青銅内における錫の含有率の影響が考えられる。

黒谷紙ならびに羽二重と重ね合わせた青銅との関係では、フィルム上の画像を肉眼で判断できるかどうかを確認した結果、青銅の厚みや黒谷紙、羽二重の重ね枚数等の条件による差が最も大きかった。黒谷紙は1枚だけでは確認ができず、羽二重の場合は青銅の厚みが約 3mm 以下の条件でのみ、画像を確認できた。2枚重ね、4枚重ねの場合それぞれ、青銅の厚みが 7mm、9mm 厚以上になると画像の確認が困難となった。8枚重ねの場合はすべての画像を確認できた。なお、黒谷紙、羽二重と青銅との関係は、ポスターにて報告する。

謝辞

宇佐美松鶴堂社長、宇佐美直八氏から黒谷紙、羽二重を頂き、京都造形芸術大学教授、内田俊秀、岡田文男両氏から青銅についての助言を頂きました。心からお礼申し上げます。

参考文献

1) 村田忠繁他、和歌山県隅田八幡神社経塚出土経筒の保存処理（概要）、文化財保存修復学会第 22 回大会講演要旨集、pp42-43（2000）

2) F.Masuzawa et al, Neutron radiography application to ancient arts(IV),5th World Conference on Neutron Radiography 694-701 (1997)

P 71

レプリカ製作における３Ｄデジタルデータ利用の可能性

○塚本敏夫、増澤文武（財団法人　元興寺文化財研究所）
斎藤伸治（株式会社スタジオ三十三）
松本岩雄（島根県教育庁文化財課）
吾郷和宏（加茂町教育委員会）

１．　はじめに

文化財は有限なものであり、とりわけ変形の激しい埋蔵文化財は資料的な価値を失わないうちに一刻も早く保存することが大きな課題である。当研究所では文化財の３Ｄデジタルアーカイブに関する研究開発を行ってきた。そこではアーカイブされた３Ｄデジタルデータをどの様に活用・公開していくのかという問題が残されている。３Ｄデジタルデータの有効的な活用法の一つとしてレプリカへの応用があげられる。現在のレプリカ製作技術は直接遺物から型を取る方式であり、脆弱な遺物に対しては対応できなかった。しかし、従来の技術では型取りできない遺物でも非接触で計測した３Ｄデジタルデータからレプリカを作製することが可能となってきている。

我々は加茂岩倉遺跡から出土した入れ子状態の土付銅鐸のレプリカを作製する機会に恵まれた。そこで、非接触式のレーザーレンジファインダで計測した３Ｄデジタルデータを使ってレプリカを作製してきた。当初は全てデジタルデータで再現してきた。しかし、遺物よっては持っている情報の精度が落ちる場合が見られた。

本報告では土付きの３Ｄ デジタルデータとクリーニング後の型取りデータで作った原体を合成し、よりリアルなレプリカ製作法を開発した。この事例を中心にレプリカ製作における３Ｄデジタルデータの利用法の可能性について報告する。

２．　３Ｄデジタルデータと光造形によるレプリカ製作の問題点

前回の問題点：

土付き銅鐸の計測では計測時に土が剥がれ落ちてしまわないように計測時間を優先した。このため、粗いデータしか撮れず、光造形によるレプリカ原体では銅鐸本体の紋様等が表現できなかった。これにより仕上げ加工に時間がかかり、細部のデータは正確なものとは言えず、立体データとしての価値が低かった。

今回の改良点：

今回は事前に計測した土付きの３Ｄデジタルデータとクリーニング後の銅鐸本体の型取りデータを合成してよりリアルなレプリカとし、立体データとしても活用できるものと考えた。

３．　土付き銅鐸のレプリカ製作工程

（１）　レプリカ製作対象

今回は６号銅鐸と３６号銅鐸のレプリカを作製した

（２）　土付き銅鐸の３Ｄデジタル計測

計測には計測時間を考慮してエリアセンサー方式を選定した。

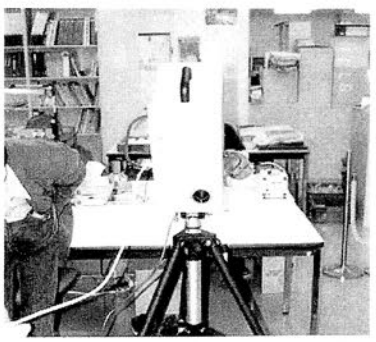
（ａ）計測装置：ﾐﾉﾙﾀ製 vivid700
　　計測方式：レーザースキャン方式
　　計測精度：視野の±0.13%
　　計測時間：約 0.6Ｓ/台

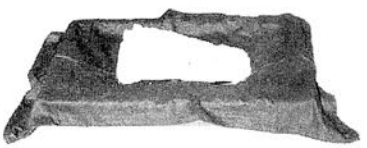
（ｂ）計測方法：多視点（５方向分割計測）

（３）光造形によるレプリカ原体の作製

３Ｄデジタル計測で得られた３Ｄデジタルデータを ＤＸＦデータに変換後，ＳＴＬデータに変換し、光造形装置を使ってレプリカ原体を作製した。

（ａ）造形装置：米３Ｄシステム社の SLA-250
　　造形方法：紫外線レーザ照射積層式
　　スポット：0.2～0.25mm





写真―１　銅鐸の撮影風景

（b）成形素材：エポキシ系光硬化樹脂

（4）銅鐸本体の型取りによるレプリカ原体の作製

クリーニングして土を落とした銅鐸に従来の型取りによる方法でレプリカ原体を作製する。

（5）レプリカ原体の合成・成形

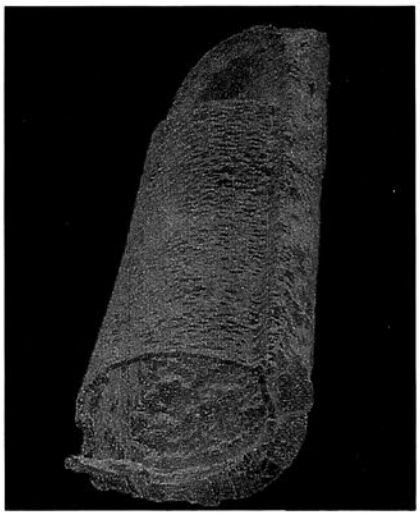
型取りによるレプリカ原形をベースにし、光造形による土付き部分のレプリカ原体を張り合わせ一つのレプリカ原体を作製する。その後、仕上げ加工を施す。

（6）彩色・仕上げ加工

付着していた土を貼り付け、彩色仕上げを行いレプリカとして仕上げた。

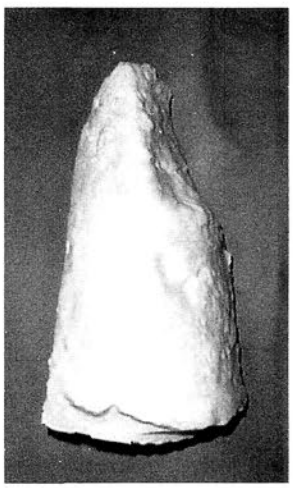
4．　おわりに

取得した３Ｄデジタルデータと既存のレプリカ製作技術とをうまく協業することによって、従来レプリカが製作できなかった遺物・遺構に対してより精度の高いレプリカが製作できる様になってきた。今回の製作法により精度という点においては前回の課題をクリアできた。今後は前回の課題の一つである立体物の自動彩色等の研究を進めていきたい。



図―１　３６号銅鐸のSTLデータ

写真―２　銅鐸（３６号）



写真―２　光造形

写真―４　レプリカ

参考文献

増澤文武・塚本敏夫他「三次元形状計測による文化財のデータ保存システム構築と応用－考古学分野を中心として－」『平成7－8年度文部省科学研究費補助金　基盤研究(A)(2)研究成果報告書』1997年

塚本敏夫「考古遺物の三次元デジタル化の現状とその応用」『元興寺文化財研究所３０周年記念論集』pp224～232、1997年

塚本敏夫他「三次元形状計測による文化財のデータ保存システム構築と応用（３）」『日本文化財科学会　第１４回大会　研究発表要旨集』ｐｐ188～189、1997年

P 72

三重県明和町坂本１号墳出土金銅装頭椎大刀の分析と復元

○塚本敏夫、菅井裕子、井上美知子（財団法人　元興寺文化財研究所）
中野敦夫（明和町教育委員会）

１．　はじめに

古墳時代後期は大陸からもたらされた新しい金工技術が定着し、国産化がなされた時期である。金工品は古代のハイテク品であり、青銅器、鉄器に比べてより人間のイメージに近い精巧で複雑な製品の創出が可能となった。金工技術の定着は経済史における大きな技術革新の一つであり、その後の手工業生産の発展や社会への影響は計り知れないものがある。したがって、当時の金工技術を明らかにすることは技術の国産化の実態や手工業生産体制の実態解明の糸口になりうる。

今回、三重県明和町坂本１号墳出土の金銅装頭椎大刀の保存処理、分析、復元模造品製作を行う機会を得た。金銅装頭椎大刀は遺存状況が極めてよく、外装をほぼ完全な形で復元できる貴重な資料であることから、各種の分析を行い、できるだけ古代の製作技法に基づいて復元品の製作を行った。ここではその分析・復元製作から得られた若干の知見を報告する

２．坂本１号墳と金銅装頭椎大刀の概要

坂本古墳群は櫛田川と宮川との間に広がる洪積台地の先端に築かれた約１５０基からなる大群集墳である。坂本１号墳は坂本古墳群の盟主的古墳であり、全長３０ｍの前方後方墳で後方部の埋葬施設の割竹形木棺から金銅装頭椎大刀１振、鉄刀１振、須恵器が出土した。須恵器の型式から年代は７世紀前半と考えられ、現在確認されているもっとも最新の前方後方墳である。金銅装頭椎大刀の出土から被葬者はかなりの有力者であり、斎宮の成立に深く関わりのあった人物の可能性が指摘されており、注目されている遺跡である。

金銅装頭椎大刀は全長約 105 ㎝で、柄頭は金銅製で無畦の頭椎形式で中央に懸通孔が貫通している。柄間は銀線で柄巻きされている。鍔には透孔が６個あけられている。鞘は漆塗りで、鞘口，鞘間，鞘尻の３箇所を金銅製の筒状金具で覆っている。足金具が無いのが特徴である。切羽縁金具付近の柄間の銀線が欠損している以外はほぼ完形に近い。

３．金銅装頭椎大刀の分析

分析は金具の元素分析と、鞘木.柄木の樹種鑑定、鞘の塗膜の成分分析と断面構造の顕微鏡観察を行った。

金具の元素分析

分析可能な金具６点について、ケイ光Ｘ線分析装置を使用して含有元素の分析を行った。
【分析装置】エネルギー分散型ケイ光Ｘ線分析装置（セイコーインスツルメンツ㈱製　SEA5230）
【測定条件】モリブデン管球使用、大気条件下測定、コリメータ 0.1 ㎜、管電圧 50kV、管電流 1000μA
【測定個所】表面と母材部分と接合部分の３カ所
【測定結果】分析結果の一覧を表―１に示す。

母材は銅製であった。接合部は、いずれも母材よりも相対的に銀(Ag)のピークが高い。銀単体か銀ロウ（銀と銅の合金）を用いて接合しているとみられる。表面は金アマルガムによる鍍金と推定される。柄巻は銀線と推定される。

表―１　金銅装頭椎大刀の各部位の検出元素

No.1大刀の部位	表面金色	母材	接合部
頭椎	Au、Cu、Hg、Fe、Ag	Cu、Ag、Se	Cu、Au、Ag、Hg、Fe
切羽	Cu、Au、Hg、Ag	Cu、Hg、Au、Ag、Ca、Ti、Fe	―
切羽縁金具	Cu、Au、Hg、Ag、Fe	Cu、Fe	―
金属線	―	Ag、Cu	―
鞘間金具	Cu、Au、Hg、Ag	(裏面)Cu、Fe、Ag	Cu、Fe、Ag
鞘尻金具	Cu、Au、Hg、Ag、Fe	Cu、Au、Hg、Ag、Fe	Cu、Fe、Ag

樹種鑑定
鞘木と柄木について樹種鑑定を行った。
【鑑定結果】鞘木はトチノキ、柄木はサカキと同定した。

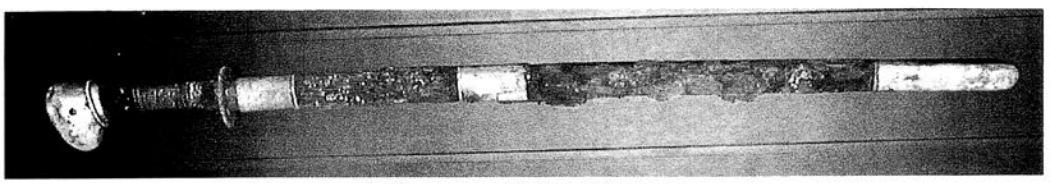
鞘間の塗膜構造
【分析結果】塗膜はFT—IRの結果、漆であることがわかった。
【塗膜断面観察結果】塗膜断面観察の結果、木胎の上に厚い1層があり、その上に炭下地層、その上に三層の漆膜が確認された。木胎の上の層はサビ化し、FT—IR で成分分析をすることができなかったが、組織観察から革張りの可能性が考えられた。

4．金銅装頭椎大刀の復元製作

分析結果を基にできるだけ、古代の製作技術に近い技法で復元製作を行った。
刀身：刀身の形状は鞘で確認できないのでX線ラジオグラフィから推定した。尚、鉄分析を行っていないため、材質はSS材を用い、形だけで焼き入れは行わなかった。
金具：金具は銀線以外、全て銅に金アマルガム技法で鍍金し、仕上げは磨き仕上げで行った。
鞘尻金具の打ち出しには規型を作製して倣い式の型鍛造で成型した。柄頭は内面の観察からは倣いと推定できたが今回は内面の比較観察のため型を使わず鳥打のみで成形した。また、鞘間金具のみ半割構造でなく、板を巻いて佩裏側の一箇所でロウ付けされていた。これは製作工程から漆を塗布した鞘に合わせて作製し易くしたたであろう。
鍔の透孔は角を穿孔した後に裁断するタイプの製作技法ではなく、直接，鏨裁断しており、製作でも十分裁断できた。角の穿孔は帯金具等の透彫りと同様配置を決める罫書きの役割が高いと思われる。そのため直接裁断では透孔の形状や配列がシンメトリーでない。
銀線：銀線は断面が山形で幅2㎜，高さ約0.5㎜で、2条の刻みを0．5㎜ピッチで施してあった。「連珠銀線葛捲」と呼ばれるもので全長6mである。製作には圧延伸展して2㎜の平たい銀線にし後、山形の溝を彫りこんだ抑え治具で線引きして断面山形を成型した。その上を山形にテーパ状に加工した二枚の刻みの入った鏨をリベットで留め、幅1㎝の専用鏨を作製して手打ちで刻みを施した。
鞘：鞘木はトチノキを使用し、半切で佩表側と佩裏側を別々に加工し、膠で接着した。その上に革（今回は鹿革を使用）を膠で付け、炭下地を施したあと2回漆を塗布した。鞘口，鞘間，鞘尻金具を装着した後、仕上げ塗りを一層施し完成させた。
柄：柄木はサカキを使用し、鉄刀の茎を落とし込む溝を棟側に彫り、目釘で留める「茎落込み技法」で作製した。鉄刀に鋼、鍔，鍔縁金具を順にはめこみ、目釘で柄木を固定した。銀線に先端を溝に差込、溝に蓋木を被せて、鍔縁金具に銀線を叩いて押し込みながら一周して銀線を固定した。そこから膠（一部接着剤を併用）を塗りながら銀線を捲く。端部は鋲で固定し、その上から切羽縁金具を被せてかしめ留めた。切羽と、麻布を詰めた柄頭を嵌め、懸通孔金具を嵌めこみ固定して完成させた。

5．おわりに

金銅装頭椎大刀の分析と復元を通してある程度古代の金工技術の解明に迫れた。特に，今回は銀線の製作ではさまざまな方法で試作品を作製した結果、線引きの技術を使っていた可能性が浮かび上がってきた。今後はこの技術が他の製品にも使われていたのか検証していきたい。また、接合技術については明確な回答を今回も得ることができなかった。今後の検討課題として引き続き考えていきたい。
尚、復元製作については大阪大学の藤井氏、中村工芸の中村氏、遠藤氏，森地氏にお世話になった。記して感謝いたします。



写真—1　金銅装頭椎大刀

写真—2　金銅装頭椎大刀の復元模造品

P 73

スキアボール博物館所蔵の金属小立像に関する研究

○小瀬戸　恵美（国立歴史民俗博物館）David A. Scott (Getty Conservation Institute)
Ran Boytner (UCLA Institute of Archaeology, Getty Conservation Institute)
Erin Clancy (The Skirball Museum) Aniko Bezur (The University of Arizona)

1．はじめに

1983年、個人収集家から5体の金属小立像(4体：ヒッタイト、1体：カナン期とされる)がスキアボール美術館に寄贈された。しかし、修復にともなう分析が行われた1体に関して贋作の疑いがでたため、1999年、ゲティ保存研究所において5体すべての分析が以下の3つの目的をもって行われた。5体の真贋とその起源を明らかにすること、少なくとも何体かは贋作であるという推測のもとに、これらの小立像を作りあげた贋作技術を明らかにすること、そして、分析はすべて非破壊で行われることである。本研究では以上を考慮しつつ、様式および分析の両面から、これらの小立像の考察を行った。

2．分析

分析方法としては金属組成をエネルギー分散型蛍光X線分析(XRF)、腐食生成物をSiemen社製X線回折装置(XRD)によって同定した。(Table.1) 同時に、X線撮影を行うことによって、立像自体が完全な1体であるかの観察も行った。

資料はA/1245、A/1246、A/1247、A/1248、A/1249（Fig.1～Fig.5）である。

3．結果と考察

A/1245は2つの部分からできており、様式的にヒッタイト像の特徴である動的所作を示しておらず、むしろ上部はIsin-Lausaにおける古バビロニア時代の男性裸像、またはビブロスのエジプト式戦士グループにみられる身体様式を持っている。また、下部は紀元前4000年頃のスーサに見られる瀝青壺の形式に似ている。分析においても、上部は鉛混合の銅、下部はヒ青銅でできており、双方にアタカマイト、パラタカマイトといった考古遺物によくみられる腐食生成物を持っている。これから、上部はヒッタイト期以降のもの、下部は後期青銅器時代のものと考えられるが、ヒッタイトのものとは断定できない。A/1246もまた、2つの部分からなり、様式的には上部、下部ともカナンやアナトリアの様式を持っている。分析的にもヒ青銅と分析されアタカマイト、パラタカマイトを腐食生成物として持っている。しかし、双方とも考古金属であるとはいえるがヒッタイトのものとは断定できない。A/1247は完全な1体で様式的にヒッタイトの“豊穣の女神”の様式をとっており、銅97.2%のヒ青銅からなっている。また、腐食生成物として特異なテノライトを持っており、ヒッタイト帝国の都市が焼かれたことを考えると、様式、分析結果双方からヒッタイト像である可能性が極めて高いと結論付けられる。A/1248もまた完全な1体であるが、様式的にはヒッタイトおよびシリア後期青銅器時代の様式の複合したものである。金属組成では非常に高い鉛と亜鉛の含有率を示しており、この像が青銅器時代に上記地域において技術的に製作不可能であったことを示唆している。これより、この像は後世に既知の様式に従って製作されたものと考えられる。最後のA/1249はすくなくとも7箇所の異なる部分からできており、それぞれヒッタイト像やカナン像の様式のヴァリエーションを持っている。分析結果から、それぞれが異なった金属組成を持つことがわかり、すべて制作年代、場所も異なるものであると考えられえる。

4．結論

以上より、本研究においては5体の中では1体のみ、本物のヒッタイト像（A/1247）と考えられるが、残る4体は像としては贋作の可能性が高いと考えられる。4体のうち、2体は最近製作されたものであり、他の2体は1種類以上の考古青銅を集めて作られたものと考えられる。この考古青銅のなかのいくつかが鉛を含むヒ青銅であるのは興味深いが、後期青銅器時代のものと考えられる鉛像の存在もあるため、鉛が後期鉄器時代あるいはローマ期以前に使用されていないとは限定できなくなり、これらの鉛含有ヒ青銅の時代を決定するのは困難である。しかし、X線写真、蛍光X線分析法、X線回折法がこの種の分析手段として有用であることを明らかにするとともに、多くの博物館が考古遺物の贋作を持つ可能性があるにもかかわらず、その同定と作成に関する研究が発表されるのが稀であるなかで、様式、分析の両面より考察を行ったことは意義深いと考える。

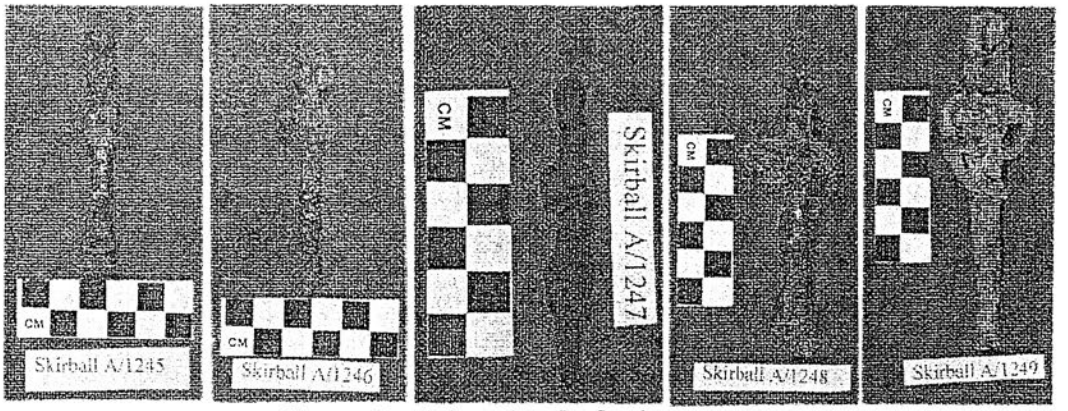


Figure1: Fontal photo of the five figurines

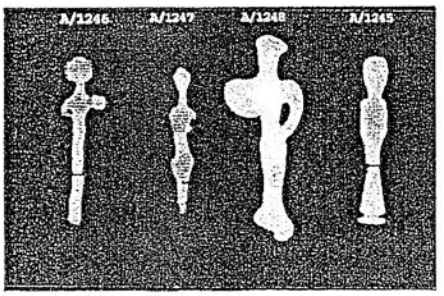


Figure2: Frontal X-ray imagery of figures A/1245-1248

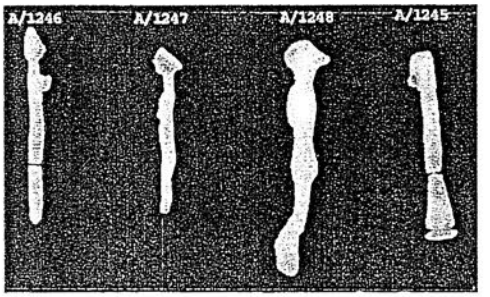


Figure3: Profile X-ray imagery of figures A/1245-1248

Figure4: Frontal X-ray imagery of figure A/1249

Figure5: Profile X-ray imagery of figure A/1249

Description of area	% Fe	% Ni	% Cu	% Zn	% As	% Sn	% Sb	% Pb	Mass balance
A/1245 head	1.14	0.36	80.54	0.51	0.35	nd	0.29	16.81	100.00
A/1245 foot	1.05	0.26	91.31	0.32	4.63	0.05	2.05	0.33	100.00
A/1246 head	0.86	0.28	92.68	0.35	1.20	nd	0.64	3.99	100.00
A/1246 foot	0.79	0.12	97.40	0.29	1.10	0.11	0.10	0.09	100.00
A/1247	0.12	0.12	97.19	0.28	1.00	0.82	0.32	0.09	99.94
A/1248	0.27	0.26	39.19	4.63	0.30	3.44	0.26	51.64	99.99
A/1249 left hand	2.63	0.19	93.58	0.47	1.00	0.20	0.36	1.57	100.00
A/1249 right hand	1.16	0.17	85.06	2.06	nd	2.89	0.20	8.46	100.00
A/1249 nose	1.22	0.13	78.18	0.41	nd	0.89	0.14	19.03	100.00
A/1249 face	1.17	0.10	86.80	0.37	2.50	0.07	0.13	8.85	99.99
A/1249 body	1.28	0.14	89.31	0.83	nd	1.52	0.24	6.69	100.01
A/1249 head top	2.51	0.09	60.92	0.90	0.90	1.07	0.26	33.36	100.01
A/1249 leg	0.82	0.11	76.36	0.43	nd	4.65	0.15	17.47	99.99
A/1249 foot	0.59	0.14	96.42	0.49	nd	1.44	0.11	0.82	100.01

Table1: X-ray fluorescence analysis by using energy dispersive method for five figurines

P 74

東京大学本郷構内出土の金属遺物について

原　祐一[1)]　小泉　好延[2)]　伊藤　博之[3)]　小林　鉱一[4)]
1）東京大学埋蔵文化財調査室　2)武蔵野文化財修復研究所　3)和光金属技術研究所
4)東京大学原子力総合センター

はじめに

近世遺跡の遺構年代は実年代のはっきりしないものが多く、東京大学本郷構内遺跡も例外ではない。その中で医学部附属病院病棟地点ＳＫ０３遺構は遺構調査と出土遺物から１６８３年頃と実年代を確定できる数少ない貴重な遺構である。この遺構は東西２０m、南北５０m、深さ５mと極めて大規模であり、各種の遺物が出土した。本研究ではSK03遺構出土の銅製品を中心に、東京大学本郷構内遺跡全域から出土した鋳造年代の明確な寛永通宝真鍮四文銭、江戸時代全時代を通して出土したキセル等について材質分析及び製作技法の考察を行った。また、製作技法の差異と材質組成の主成分、微量成分との関係も検討した。

分析方法

分析方法はAm-241（60kev）γ線を用いた蛍光X線分析と、一部試料はPIXE分析(荷電粒子励起X線分析　Particle Induced X-ray Emission)を行った。出土遺物は埋蔵環境により表面腐食が生じている。試料処理は試料本体を損なわないよう配慮し、パワーコントロール可能なサンドブラストによって錆の除去を行った。分析は錆部と錆除去部について行い、埋蔵環境による錆の影響についても考慮した。

分析結果(以下に主成分の概略を記す)

1．　銅亜鉛合金（真鍮）

・竿秤の錘(SK03遺構)－鋳造品で成分はZn21 wt％、Cu78 wt％、天和２年の火傷を受けた錘の成分はZn15 wt％、Cu84 wt％であった。
・しゃもじ（SK03遺構)－鍛造品で成分はZn12wt％、Cu88wt％であった。
・匙(SK03遺構)－鍛造品で成分はZn14wt％、Cu85wt％であった。
・匙(SK03遺構)－鍛造品で成分はZn16wt％、Cu83wt％であった。
・毛抜き(SK03遺構)－表面に「石川　喜平衛」の刻印がある。鍛造品で成分はZn20 wt％、Cu78 wt％、Pb 1 wt％であった。
・鈎(SK03遺構)－壁などに嵌め込む鈎である。鍛造品で成分はZn18wt％、Cu82wt％であった。

棹秤の錘　銅亜鉛合金

・鈎(SK03遺構)－釣針状に切った板材の両面に文様がある。鍛造品で成分はZn12wt％、Cu87wt％であった。
・すくい網(SK03遺構)－銅線を芯に真鍮線を巻きつけ柄にし、網部分は真鍮線を亀甲に編んでいる。真鍮線の直径は0.2mmである。成分はZn約30wt％、残部Cuの高亜鉛合金であった。
・仏飯器形容器(病院地点)－鋳造品で成分はZn15wt％、Pb6％、Sn1％、Cu68wt％であった。
・キセル(SK03遺構、御殿下グラウンド地点)－キセルはすべて鍛造品でZn10～30wt％、Cu70～90wt％であった[GE1～4]。
・寛永通宝真鍮四文銭(弥生門地点ほか)－鋳造品で、成分は明和期 Zn20wt％、Cu78wt％、Pb,Sb,Ag,Fe5wt％の銅亜鉛合金、文政期はZn7wt％、Pb10wt％、Cu82wt％の銅鉛亜鉛合金であった[GE5・6]。

2．銅

・鈎(SK03 遺構)－鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

・金具円盤部(SK03 遺構)－調度品の金具であろう。鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

・棹秤の錘(SK03 遺構)－球形で、外面は Cu99wt％以上であった。

・小柄の柄(SK03 遺構)－板材を鍛造溶接して柄にし、真鍮製の家紋を配している。成分は Cu99wt％以上であった。

・水滴(SK03 遺構)－板材を鍛造、溶接、成分は Cu99wt％以上であった。

・切羽(SK03 遺構)－鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

・箸状製品(SK03 遺構)－鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

・蝋燭立脚部(SK03 遺構)－鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

・笄(SK03 遺構)－鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

・簪(SK03 遺構)－鍛造品で成分は Cu99wt％以上であった。

3．砒素青銅

・鏡(SK03 遺構)－裏面に竹、虎の文様がある。鋳造品で成分は As7wt％ Cu91wt％であった。

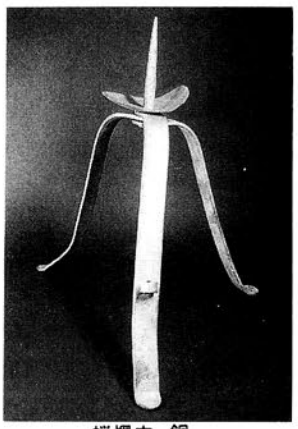
・鏡(病院地点)－裏面に草花文がある。鋳造品で成分は As6wt％、Cu92wt％であった。両鏡ともその他 Pb,Sb,Ag を検出した。

4．錫青銅

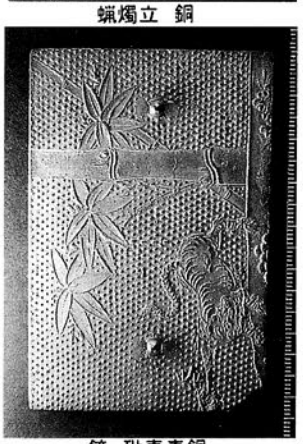
・鈴(SK03 遺構)－鋳造品で成分は Sn20wt％以上、残部 Cu の高錫合金であった。

5．鉄

・鋏(SK03 遺構)－刃に「巳守」の刻印がある。鍛造品で鉄製であった。



蝋燭立　銅



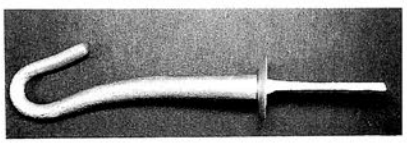
鏡　砒素青銅

鈴　錫青銅

まとめ

東京大学本郷構内遺跡出土の銅製品を中心に 1683 年以前製作の遺物 25 点明和期・文政期鋳造の四文銭 73 点、キセル 73 点、合計 171 点の成分分析を行い合わせて製造方法も考察した。その結果、鍛造材と鋳造材では微量成分に差異の存在することが見出された。鏡は 2 面とも砒素青銅鏡であり、砒素の多いことも見出された。

謝辞　東京大学原子力総合センター中野忠一郎氏、松崎造之氏に御礼申し上げます。



左　鈎　銅亜鉛合金

右　小柄　銅

註　1．原祐一 小泉好延 伊藤博之 寺島孝一「東京大学本郷構内遺跡(旧加賀藩邸)から出土したキセルの材質分析」日本文化財科学会第16 回大会発表要旨1999

2．伊藤博之 小泉好延　原祐一『日本における真鍮の歴史』1999

3．小泉好延 伊藤博之 原祐一「近世の遺跡から出土したキセルの材質分析」産業考古学会 1999 年度大会発表講演論文集

4．原祐一「東京大学本郷構内のキセル材質及び亜鉛輸入」第 1 回考古学科学シンポジウム発表要旨999

5．小泉好延 伊藤博之 原祐一「江戸期四文銭の科学的研究」産業考古学会第4 回大会総会研究発表講演論文集 2000

6．原祐一 小泉好延 伊藤博之「近世の真鍮四文銭における亜鉛の研究」同上000

P 75

「石見銀山遺跡」における科学調査

奈良国立文化財研究所　○村上　隆
岡山大学　高田　潤・鳥越俊行
島根県教育委員会　広江耕史・目次謙一・松尾充晶
大田市教育委員会　大国晴雄・遠藤浩巳・中田健一

・はじめに

島根県大田市南部に位置する石見銀山は、16世紀後半から17世紀初頭にかけて多量の銀を産出した世界有数の銀山で、日本の近世期を代表する鉱山である。この銀山を取り巻く関連諸遺跡からなる「石見銀山遺跡」に対して、島根県を中心に大田市など関係市町による発掘調査委員会(田中琢委員長)が設置され、平成8年から本格的調査が始まった。調査は、発掘調査、文献調査、城跡・港湾・街道調査、民俗調査、石造物調査、間歩調査、さらに科学調査も加えて多岐にわたる。

・石見銀山における科学調査の意義

科学調査は、銀採掘と製錬の中心となる仙ノ山における発掘調査と同時進行的におこない、近世における銀製錬技術の実体の解明をめざしている。発掘調査と平行して科学調査をおこなうことは、いわゆる生産遺跡の調査では特に重要である。科学調査と相互補完的に調査成果を活用することが、発掘調査の充実にもつながる。石見銀山遺跡において、現在までの発掘調査で明らかになった多数の炉跡や建物遺構とともに、灰吹法に用いられたとみられる「鉄鍋」も発見された。戦国時代後期のこの鉄鍋は、近世における銀製錬技術を解く手掛かりとなると考えられる。本報告では、石見銀山遺跡でおこなってきた科学調査の概要と成果を報告する。

また、石見銀山における科学調査の一環として、鉱山作業に用いる道具類などの出土遺物や、戦国時代後期の製錬作業小屋の壁体を保存処理するなど、遺物や遺構の保存も視野に入れている。今後遺構の保存と活用を考えていく上で、保存処理の重要性が増してくると考えている。

・調査対象の資料

銀山において、鉱石から銀を得る作業は概ね①[採鉱～選鉱]、②[製錬～精錬]に分かれる。①,②の工程を大きく分けるのは「加熱」の有無である。①の工程では「熱変成していない資料」として、鉱石、ズリ(捨石)、ゆりかす(比重選鉱後の捨石)、土(作業面に関するもの)などが挙げられ、②の工程では「熱変成した資料」として、炉跡、羽口やカラミ(鉱滓)などの製錬に関するものが挙げられる。従って、①の工程では鉱山学、地質・鉱物・鉱床学、②の工程では冶金学、金属学の見地からの検討が必要となる。その他に、発掘で出土した金属製品や木製品などの道具類や生活用具なども調査対象に加えている。

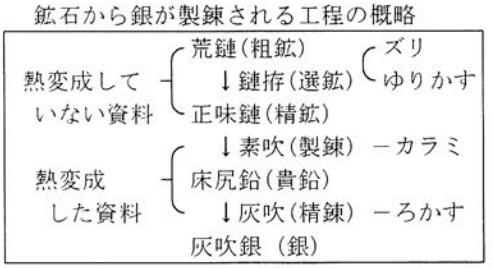
・科学調査の手法

定性分析として蛍光X線分析(XRF)、定量分析として原子吸光分析(AAS),誘導結合高周波プラズマ分光分析(ICP)など、そのほか必要に応じてX線回折(XRD)、電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)などの機器分析をおこなった。分析は主に㈱大館分析技術センターによる。

また、銭や生活用具などに対する非破壊的なXRD による材質分析や、鉄鍋に対するX線 CT 観察などは奈良国立文化財研究所で実施した。

出土遺物

鉱石から銀が製錬される工程の概略



・現在までの成果

①熱変成していない資料

鉱石：採掘跡に残る鉱脈中に銀や鉛が含まれることと石見銀山では産出しない鉱石を確認。

ズリ：銀の含有量が 100g/t を越えるものが認められ、細かい脈を含む石にも少量の銀が含まれていた。

ゆりかす：大部分が銀鉱石を賦存している母岩の破片よりなり、粒子の粒径が 2 ～ 3 ㎜前後とほぼ一定で、形状から金槌などで叩いて粒度を整えたものであること、脈の部分を破砕したものが含まれていること、銀を含む黒色粒子が存在することなどが分かった。

作業面の土：通常の土間面と、製錬関係の作業面では銀や鉛の濃度が有意に異なる。

②熱変成した資料

鉄鍋：内部に残留している土状粒子は２層に区分でき、カルシウムやリンが多く含まれることが明らかとなった。これらは主に方解石や水酸化アパタイトよりなり、獣骨も含まれる。少量ながら鉛なども認められた。

炉跡：内部を充填する土のうち、微量の銀や鉛の残存する層や、カルシウムやリンを多く含む層のあることが分かった。

カラミ：鉄を多量に含むもの、マンガンを顕著に含むもの、銀と鉛を含むものなど、幾つかに区分できる。ウスタイトは普遍的に存在し、鉄橄欖石(ファイヤライト)を含むことも多い。

・まとめ

石見銀山における出土遺物などの科学調査では、以下のような結果を得た。

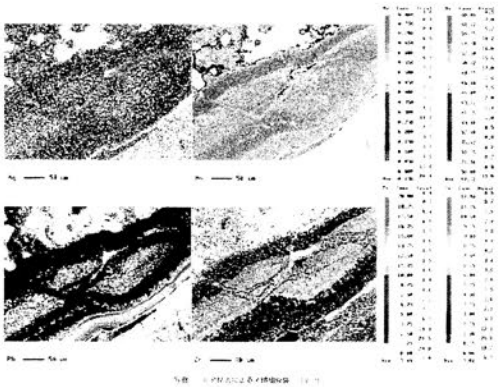
①熱変成していない資料

ズリやゆりかすなどの捨石より、現代では採算のとれるような品位のものが認められた。中世末から近世ではこれよりも高品位のものを採掘･製錬していたと考えられる。また製錬に伴い、作業現場には鉛などが飛散していたことも明らかとなった。

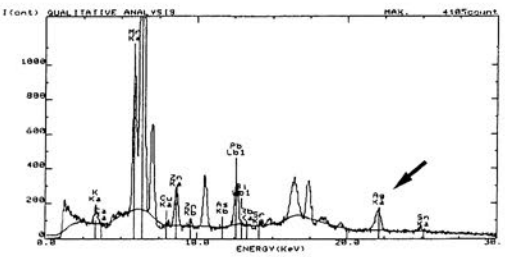
②熱変成した資料

鉄鍋の内部を充填している土は、獣骨を焼いて粉末にした骨灰といわれるものの可能性が高いこと、また微量ながら鉛を確認したことなどから、この鉄鍋は灰吹に使用した炉の可能性が高い。さらに、素吹の工程で排出されるカラミにも幾つかの種類があることも明らかとなった。

これらの結果から、ズリやゆりかすなどの捨てられたものを調べることにより製錬前の工程の一部が把握できたこと、鉄鍋は文献に書かれている灰吹に用いられたものの可能性が高いことなどの成果が得られた。今後は継続的にデータを蓄積するとともに、他の分野や地域と意見を交換することが重要である。



ズリに含まれる元素分布(EPMA)
左上:銀　右上:マンガン　左下:鉛　右下:亜鉛



銀を含むゆりかすの XRF(非破壊)結果

鉄鍋の CT スキャナー撮影写真

P 76

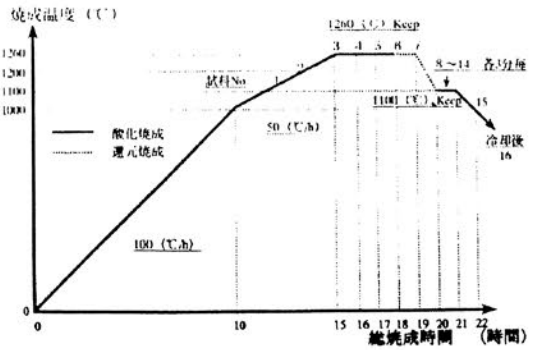
油滴天目釉の斑点構造に関する科学的研究（続）
―実験的再現から考古資料への展望についての基礎調査―

○田村　哲（愛知県陶磁資料館）、稲葉政満（東京芸術大学）
鈴木　稔（帝京大学山梨文化財研究所）

はじめに：

日本文化財科学会第14回大会では油滴天目釉の実験的再現を試み、製作過程と釉表面に形成される斑点構造の経過について報告した。本研究では、この資料を光学顕微鏡、電子顕微鏡でさらに細部まで観察し、発掘された油滴天目釉の陶片を観察した結果を比較検討した。

さらに、実験的再現を試みた資料が考古資料への検討材料として活用する有意性についても概略する。



焼成過程１　調製試料４～６　褐色斑点形成
焼成過程２　調製試料７～８　斑点消失（釉表面の黒色化）
焼成過程３　調製試料９～16 銀色斑点形成

＜図１＞ 焼成実験の温度、雰囲気

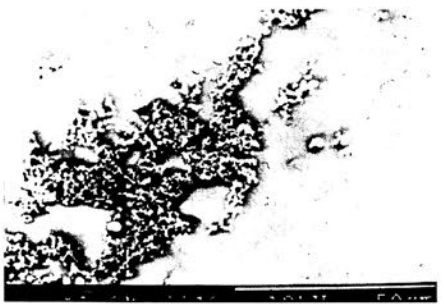
実験：

過去の分析、研究例を集約し再現した油滴天目製作工程を再考する。特に、焼成過程に注目し、資料を調製した。本研究では、山崎一雄著「古文化財の科学」曜変天目の項を参考に、釉を調製した。＜下記組成表＞

なお、＜図1＞の焼成曲線に付記した数字は採取した資料番号で、計16点を採取した。

$$\left.\begin{array}{l}0.21KNaO\\0.55CaO\\0.24MgO\end{array}\right\}\ \left.\begin{array}{l}0.90Al_2O_3\\0.17Fe_2O_3\end{array}\right\}\ \begin{array}{l}4.44SiO_2\\0.03TiO_2\end{array}$$

＜釉の組成：ゼーゲル式＞

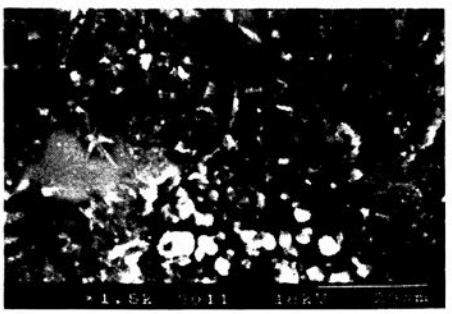


＜図２＞焼成過程１（調製試料４）の電子顕微鏡像
（18kV,1000倍）

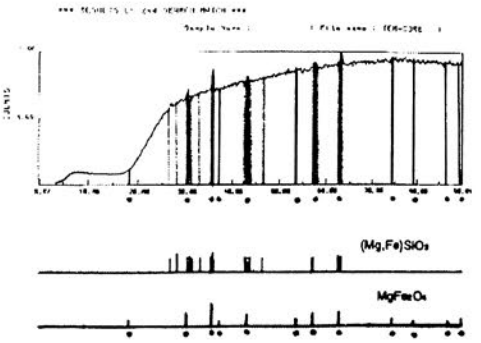
結果：

上記調製釉を焼成したところ、この釉の融点は1260℃付近で、その手前、1200℃付近で激しい発泡が見られた。＜図２＞はその発泡により表面に析出した酸化鉄粒子の集合体で、釉表面および斑点部は褐色を呈していた。＜図３＞は、資料番号７～８にかけての還元冷却と再酸化焼成により形成された斑点で、銀色を呈していた。顕微鏡下、斑点形成部を観察すると、両者、異なった斑点構造であった。

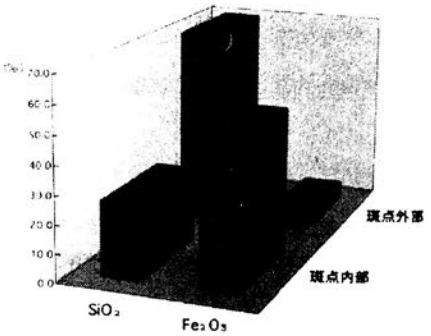
さらに、＜図４＞に示す像は考古資料の油滴天目斑点を拡大したものであり、＜図３＞の像と類似していた。



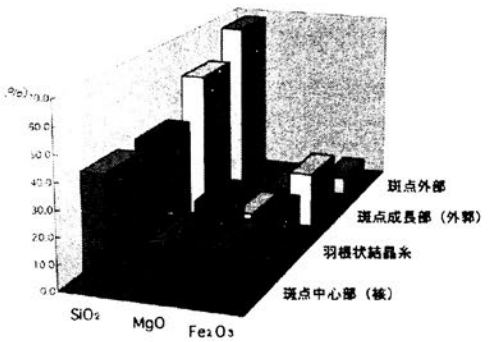
＜図３＞焼成過程３（調製試料９）の電子顕微鏡像
（18kV,1500倍）



<図４>考古資料、油滴天目の電子顕微鏡像　<図５>羽根状結晶のＸ線回折結果（Cu.50kV,2000 秒）



<図６> 焼成過程１：斑点内外の元素測定結果



<図７> 焼成過程３：斑点内外の元素測定結果

考察：

実験的に調製した油滴の斑点形成試料は、焼成段階それぞれの温度、時間、注入空気量といった違いにより、釉表面に形成される色調や斑点構造等に違いが出ており、表面に形成される斑点の呈色にも違いが出ている。特に、調製試料９の斑点構造を顕微鏡観察した結果<図３>と、考古試料の油滴天目陶片の斑点観察の結果<図４>の両者に共通して羽状結晶が確認でき、調製試料の焼成結果を考古試料の比較・検討材料として活用できる可能性を得た。しかし、実際の考古試料を科学的に分析するには考古学の知見も必要であり、実験的再現の研究への活用には慎重さが求められる。

ただ、鉄を呈色材とした釉の比較検討にに応用することは望める。たとえば様々な鉄濃度の釉（灰釉、古瀬戸（黒釉）、黄瀬戸、鉄絵など）を多く生産していた瀬戸、美濃窯であるが、焼成に用いた窯の歴史変遷が明確であり、釉の基本となるアルカリ金属、希土類元素等の配合比によって焼成温度が推測できるため、鉄製分の濃度変化における呈色反応の違いや溶融状態などから焼成温度が検討できる。

この実験例は焼成条件の違いによる未だ一元的な検討ではあるが、鉄濃度の変化といった科学的知見や、考古試料の更なる観察、検討を含めた考古学知見を融合し、鉄釉の分析・検討用指標への材料として活用できるよう展望を開けたい。

P 77

FTIR 微分スペクトルによる繊維の劣化状態の評価

谷田貝麻美子（千葉大学教育学部）

1　はじめに

フーリエ変換赤外分光分析法（FTIR）は、古代染織品を構成する繊維の同定や、その劣化状態を評価する方法としてしばしば用いられる。しかし、劣化により生じた繊維分子の化学構造変化にもとづくスペクトルの変化はいっぱんに微小で、見い出しにくいことが多い。ここでは、近年、その有用性が注目されている FTIR 微分スペクトル法を用いて、繊維の劣化状態について検討することを試みた。人工的に熱劣化または光劣化させた種々の天然繊維を試料とし、FTIR スペクトルを全反射（ATR）法により測定し、さらにその２次微分スペクトルを求めて解析した。

2　実験

（1）試料：セルロース繊維として綿および麻、たんぱく質繊維として絹および羊毛の実験用平織白布を用いた。これらを 150℃の恒温器中での熱処理またはキセノン光照射（300～800nm における放射照度 663W/m²）により人工的に劣化させ、10 ㎜×35 ㎜に裁断して試料片とした。

（2）FTIR スペクトルの測定：試料片を ATR（KRS-5）プリズムの両側に密着させ、島津 FTIR-8200PC により、FTIR/ATR スペクトルを測定した。波数範囲 4000～400 cm^{-1}、積算回数 100 回、分解 2 cm^{-1} とした。得られたスペクトルの 2 次微分を計算し、2 次微分スペクトルにおける各バンドの強度を求めた。

3　結果と考察

図１に羊毛の未処理試料および 240h 露光試料の FTIR スペクトルを示す。露光試料では、アミドⅠ（1620 cm^{-1}）、アミドⅡ（1515 cm^{-1}）、アミドⅢ（1230 cm^{-1}）に由来する各バンドの吸収強度が相対的に変化し、また、S-O に由来する吸収が多数現れる 1300～1000 cm^{-1} 領域において微小な変化が認められる。これらの２次微分スペクトル（図２）では近接したバンドが分離し、極大位置の決定やバンド強度を用いた定量的な取扱いが可能となる。図３は、露光時間の異なる羊毛試料について、アミドⅠのバンド強度に対するシスチン酸（1040 cm^{-1}）のバンド強度比を示したものである。露光によってシスチン残基のジスルフィド結合（-S-S-）が開裂し、シスチン酸（$-SO_3^-$）を生じる様子がうかがえる。

その他の熱劣化または光劣化試料についても同様に検討を行った。セルロース繊維においては、酸化によるカルボニル基またはカルボキシル基の生成が示唆された。

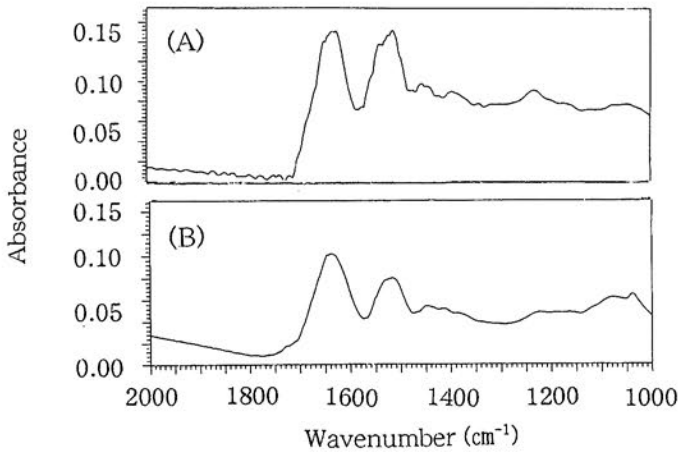


図 1

未処理羊毛（A）・
240h 露光羊毛（B）の
FTIR スペクトル

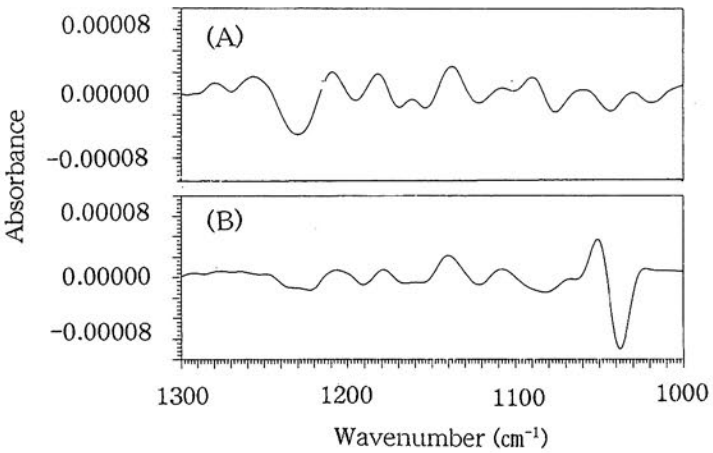


図 2

未処理羊毛（A）・
240h 露光羊毛（B）の
FTIR 2 次微分スペクトル

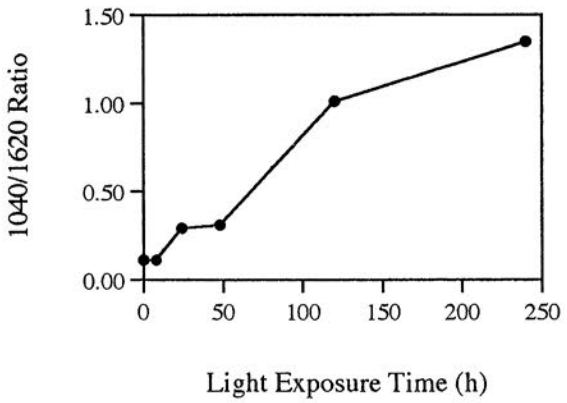


図 3

シスチン酸/アミド I
バンド強度比の
露光時間に伴う変化

P 78

古麻布を用いた古代中国麻紙再現の試み

江南　和幸（龍谷大学理工学部）,○笠嶋　聖（同），井上　晃宏（同），田中　利生（龍谷大学図書館），河野　益近（京都大学），成子　哲郎（成子紙工房）

はじめに　日本に現存する製造年代の確かな最古の紙は中国楼蘭将来の李柏文書に用いられた麻紙（A.D.328）とされている．文書表面には，製紙工程で偶然に残存した布片が付着し，この麻紙が麻布を原料として作られたことを示している．付着している麻布片は，1 cm^2に満たない小片ながら平織りのしっかりした織物である．紙の他の部分は，麻布片と同じ繊維からできている．したがって，この紙は，古代中国の紙の原料としてしばしば文献，例えば（1），にも紹介される，古い魚網，縄などの粗悪原料を含まない，かなり上質の紙ともいえる．これまで，中国でも（1），また日本でも（2），それぞれの国の古代紙再現の試みがなされているが，麻布のみを用いた紙の復元に関する詳しい報告はない．本研究では，上記の先駆的研究を踏まえて，李柏文書用紙に見られるような上質の紙がどのような工程によりる作られたかを調べるために，原料に麻古着断片を用い，古代麻紙再現を試みた．

実験方法　用いた原材料は日本製の麻古着(久留米絣古着)である．この布片は長年にわたり着古された形跡があり，そのためかえって糸の太さも良く揃い，麻表皮などの夾雑物が見られない．（1）によれば，ぼろ布などから紙を作る場合には，長期間水に晒し，さらに灰汁で煮出して，リグニン質を除去したとあるが，本研究ではそのような前処理を施さずに麻布断片を直接乳鉢によりすり潰した．これまでの研究（1，2）では，原料を臼，杵で搗く，また，すり潰す工程が記載されているが，（1）では，その際の原料の量，叩解時間などが明らかではない．（2）は叩解時間までの記述はあるが，装置の出力が不明のため，工程に要した仕事量（エネルギー）の評価があまり明確ではない．そこで，本研究では，出力の分かっている実験室用自動乳鉢(41W)を用い，一定質量の布（平均2．0g，10cm^2）を，5種類の大きさに切り分け，それぞれの大きさの布片の叩解に要するエネルギーを求めた．

次に得られた紙料液をよく攪拌し，180μmのメッシュにより，厚さが均一となるように漉きあげて，布を当てて水分を除去した後，自然乾燥した．また糊料は使用しなかった．フィブリル化の状態を調べるため，叩解繊維を光学顕微鏡により観察した．紙の表面状態を調べるために，SEM により紙表面の組織観察をおこなった．また得られた紙に打紙を施し，打紙による麻繊維の変形を調べた．

実験結果　Fig. 1は今回用いた麻布断片の叩解に要する仕事量と単位麻布断片面積との関係を示す．今回の実験では，叩解度を定量化する装置がないため，叩解度は布片がほぼ全体に渡りほぐれた状態になった時点で，繊維を抜き出して光学顕微鏡で観察し，同程度の繊維の分離とフィブリル化を確認できたところで，それぞれの叩解に要した時間を記録し，自動乳鉢モーター出力から仕事量を算出した．図から明らかなように仕事量は布片単位面積に対して直線的にに上昇する．面積0（すなわち最初からほぐれた状態）の外挿値は約４７０ＫＪ／ｇとなり，０ではない．以上の結果は布片の叩解が２段の過程に分かれることを示す．すなわち，１段目は布をほぐす過程で，２段目はフィブリル化の過程である．ほぐし過程は織り目を解くプロセス，糸のよりを解き，単繊維にほどくプロセスとの重ね合わせであり，２次元に近い運動となる．一方フィブリル化それ自体は最初の布の面積に依存せずに，むしろ布全体の質量に依存す

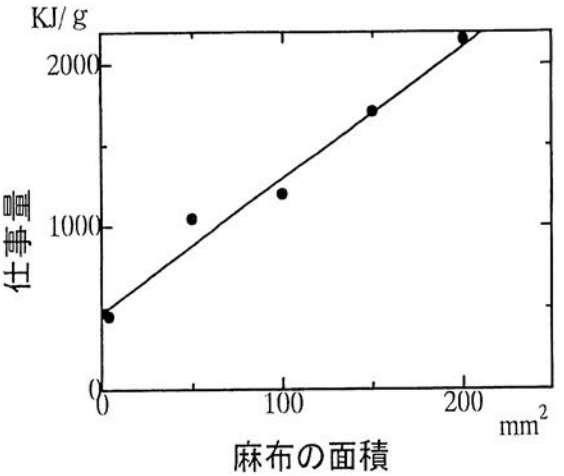


Fig. 1　麻布片の叩解に要する仕事量ｖｓ．布片単位面積（麻布全質量は一定：２ｇ）

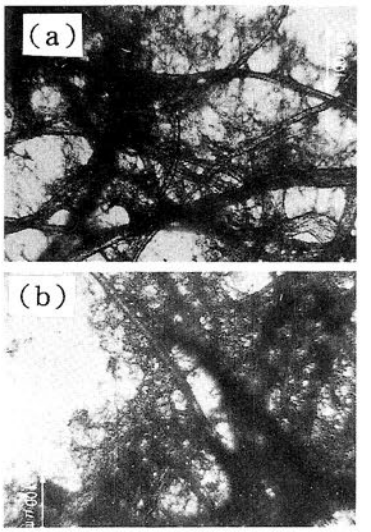


Fig. 2　布片叩解後の繊維組織（光顕）(a)2x2mm²，６ｈ，(b)10x10mm²，１６ｈ

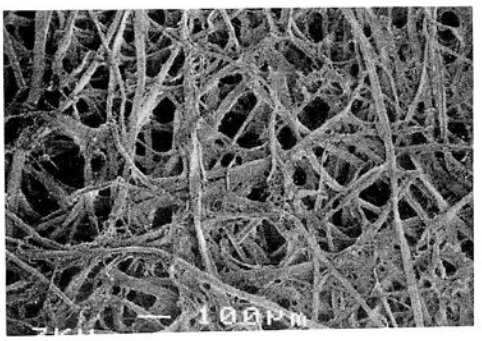


Fig. 3　1x1cm²布片を１２ｈ叩解して漉いた紙のＳＥＭ写真

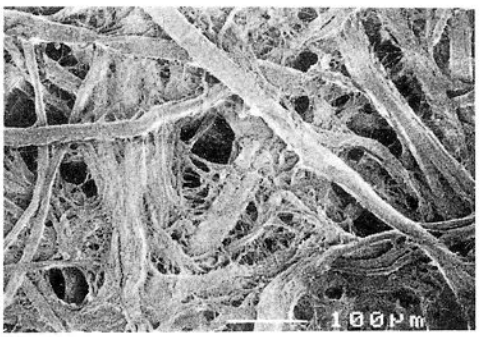


Fig. 4　同じ布片を１６ｈ叩解して漉いた紙の打紙後のＳＥＭ写真

る．本実験では，布全体の質量は一定（２．０ｇ）であるので，同一程度のフィブリル化に必要なエネルギーはどの試料に対しても一定であると考えられる．

Fig. 2は，2x2mm²，1x1cm²の単位面積をもつ布片を，それぞれ6ｈ，16ｈ叩解した後の繊維の状態の光学顕微鏡写真である．繊維のほぐれ具合，フィブリル化の度合いがほぼ同じであることが分かる．これらは，Fig. 1の各点（仕事量）に対応している．

Fig. 3は，1x1cm²の布片を12ｈ叩解した紙料液を漉いて得た紙の表面組織のSEM写真である．繊維がよく絡み合い，良質の紙が得られた．またこのようにして得た紙に打紙による表面処理を施したものが，Fig.4である（1ｘ1cm²ｘ16ｈ叩解）．繊維がよくつぶれ，敦煌将来の唐時代の麻紙に良く似た表面組織を示すことは興味深いものがある．

参考文献

（1）　潘　吉星：中國製紙技術史　佐藤　武敏訳，１９８０年，平凡社
（2）　大川　昭典，　増田　勝彦　製紙に関する古代技術の研究　保存科学,No. 20, (1981), pp. 43－56.

P 79

墨に含まれるPbの起源について
ー PIXE分析法の考古試料への応用 ー

○河野益近(京大・工)、吉田紘二(京大・工)、森谷公一(京大・工)、法澤惠造(京大・工)、江南和幸(龍谷大・理工)、内田俊秀(京都造形芸大・文化財科学)、松井孝成((株)墨運堂)、森暢弘((株)墨運堂)

はじめに

我々は現在、加速器応用の一つであるPIXE法 (Particle Induced X-ray Emission Method) という分析手法を用いて考古試料、例えば古文書、古墨、考古銅遺物等の微量元素分析を行う際に必要な基礎的データの測定・収集、技術的改良を行っている。PIXE法による墨の元素分析に関してはこれまでにいくつかの報告を行ってきた[1][2][3][4][5]。古文書片のPIXE分析[3][6]によれば、文書に含まれるPbが文書に使用されている和紙の起源 ーバージン紙か再生紙かー を知る上での一つの情報になるものと推測される。しかし、このPbがどこからきたものであるかはよくわからなかった。

墨はおおむね同量の煤と膠に1～2%程度の香料を混ぜて作られる。今回、(株)墨運堂の協力を得て、墨の原材料 ー煤・膠・香料ー ごとにその中に含まれる微量元素の分析を行った。ここでは墨の原材料に含まれるPbに注目し、墨に含まれるPbの起源について、定性的な範囲で報告する。

測定システム

PIXE法は加速器を用いた元素分析法で、加速ビームを小さく絞ることが可能であり、分析感度に影響を与えるバックグラウンドが電子やX線・γ線を用いた測定手法に比べて非常に低いため、微小試料の微量元素分析には特に優れた手法である。

今回の測定は、京都大学工学部原子核工学教室に設置されているバン・デ・グラーフ加速器を用い、2MeVのプロトンを試料に照射することにより行った。試料から発生する特性X線はSi(Li)半導体検出器で測定することにより同時多元素分析を行なった。Si(Li)検出器で得られるスペクトルでは、PbのLa線はAsのKa線と重なるため、PbのLa線の他にLb線を検出することでPbの存在を確認した。

測定試料

測定試料は、煤・膠・香料である。その内訳は、さまざまな種類(菜種油・ごま油・大豆油・ヤシ油・綿実油・ヒマシ油・鉱物油等)の油煙から作られた煤が19種類、松煙 (松葉・小枝・表皮・根等) から作られた煤が11種類、その他 (桐・ナフタリン等) から作られた煤が4種類、水牛・馬・犬・兎・鯨・鹿等の膠が28種類、香料が2種類である。

煤と香料の試料は接着剤と混ぜ合わせた後、また膠は数ミリ大に砕いた後、高純度カーボンの板上に貼り付けた。これらの試料は、8個を1つのグループにしてPIXE専用ホルダーの固定した後、真空チェンバーの中で測定する。

測定結果と考察

全電荷量50～120μCのプロトンを照射して得られたPIXE分析結果によれば、Pbは松煙で作られた煤の全てからか検出されたが、油煙や松以外から作られた煤や全ての膠・香料からは検出されなかった。この事実は、まだ定性的な段階ではあるが、墨に含まれるPbのは松煙によって作られた煤がその起源であると考えることができる。すなわち、PIXE法で分析した際に、Pbの検出される墨は松煙墨であると考えることができる。

今後は墨に含まれるPbの定量的な分析を行い、古文書に含まれるPbと墨に含まれるPbとの関係をさらに追及し、文書の紙質に関する情報をPbを検出することによって得られるかどうかの検討を試みるつもりである。紙質はその当時の文書の重要性に関する情報を与えてくれるかもしれない。

典型的な煤(油煙・松煙)・膠・香料のPIXEスペクトルを図1～4に示す。

図1. 松煙（根松混合）

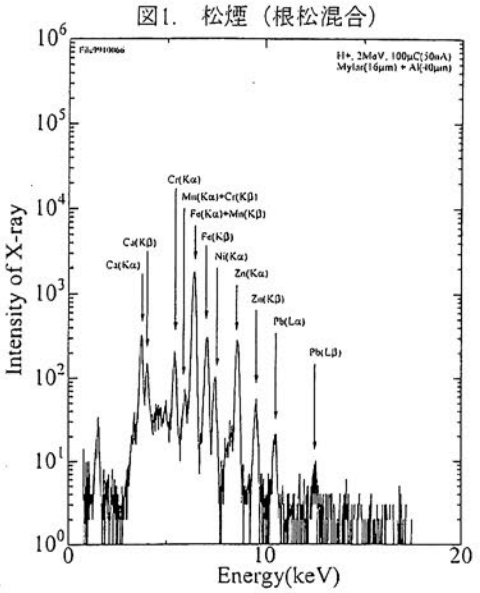


図2. 菜種油

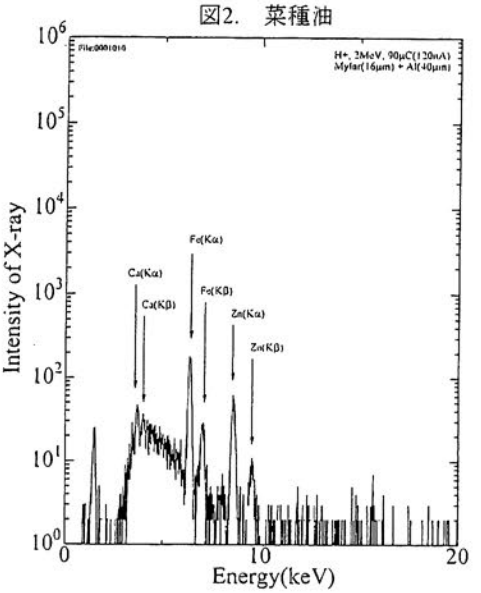


図3. 馬膠

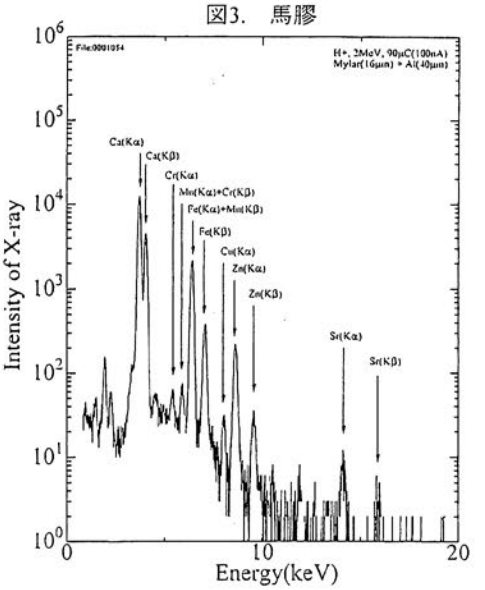
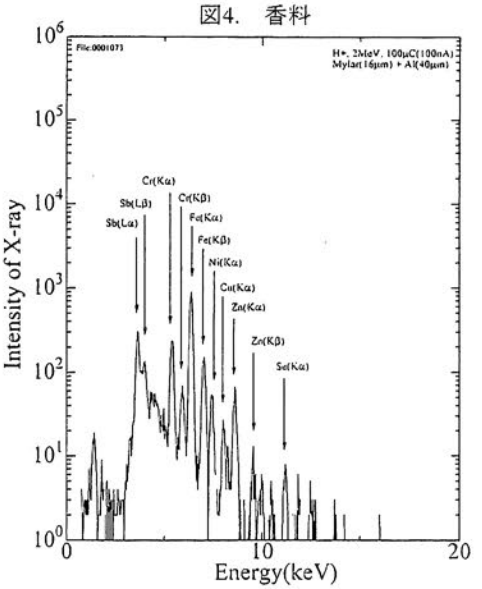


図4. 香料



参考文献

[1] 「墨に含まれる微量元素のPIXE法による非破壊分析」、河野益近ら、*第13回日本文化財科学会*(1996; 小金井).

[2] 「PIXE法による中国明代と推定される墨の元素分析」、河野益近ら、*第13回PIXEシンポジウム*(1995).

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

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

[5] 「物理・化学的に非破壊の手法を用いた古墨の微量元素分析」、河野 益近ら、*第16回日本文化財科学会*(1999; 奈良).

[6] "Physical Analysis of Ancient Manuscripts of the Otani Collection", M.KOHNO *et. al*, *The International Dunhuang Project at The British Library WORKSHOP* 'Forgeries of Dunhuang Manuscripts in the early Twenty Century' (London in 1997).

P 80

鎌倉市由比ヶ浜南遺跡出土骨資料の損傷の分析

○鵜澤和宏　（立教大学），西本豊弘（国立歴史民俗博物館）
斉木秀雄（鎌倉考古学研究所）

1．はじめに

１９９６年度に行われた由比ヶ浜南遺跡の調査では、中世の包含層から人骨とともに多量の動物遺体が検出された。これらについて実施した分析結果を報告する。

従来から、鎌倉市街海浜部では材木座遺跡の調査など数箇所で発掘調査がおこなわれ、人骨にともなってウマなどの動物骨が多量に出土していた（鈴木 1954)。しかし、人骨と動物遺体が同一土壙内に混在することの意味については十分な検討がなされず、中世の戦乱にともなうもの、通常の埋葬によるもの、またはゴミとして廃棄されたものなど様々な可能性が指摘されていた。そこで、出土した人骨の残存状況を中心に動物考古学的分析を行い、骨資料の形成過程について考察した。

2．資料と方法

由比ガ浜南遺跡から出土した哺乳動物骨資料，約６０００点について，①動物種別に残存部位の出現頻度を算定したのち，②骨表面の肉眼観察をおこない損傷要因を推定して埋蔵にいたる過程を検討した。

3．　結果と考察

＜部位別出現頻度＞

ヒトの骨格部位頻度をみると、体幹部の骨が少なく四肢骨が多い傾向を示す（図１)。特に寛骨から大腿骨、脛骨までの後肢の出現頻度が高くなる傾向が複数の土壙で共通して認められる。四肢に比べて骨密度が低い体幹部は保存バイアスの違いにより消失したとみることもできるが、この場合、厚い緻密質をもった上腕骨などの上肢の部位が低頻度であることが説明できず矛盾が生じる。人骨が土壙に埋納される以前にすでに骨格部位に偏りが生じていた可能性を考える必要があるだろう。この要因を骨損傷の観察から検討した。

＜骨の損傷＞

（1）骨の人為的骨損傷

ヒト、ウマ、ウシ、イルカ類、イヌの主要５種すべての骨表面には、人為的な刀傷、切断・加工痕が認められた。概して動物骨に人為的損傷の頻度が高いが、それらはおもに骨細工に関係するものであった。一方、人骨には戦闘によって生じた刀創の他、上腕骨遠位部や大腿部の骨幹部などに解体されたとおぼしき例もある。ただし遺体損壊の理由は現時点で判断できない。以上のことから、動物骨には骨細工の残滓が多く含まれ、人骨は暴力的な破損を被っていることが考えられる。

（2）イヌによる損傷

人骨を中心に骨端部を噛りとられたものが多く、イヌが本資料の形成に及ぼした影響は大きいことが予測される。種別に集計した頻度を図２に示す。人骨に頻度が高く動物骨に低頻度である。このことから、人骨の保存に関してイヌによる消費は大きな影響があったといえるだろう。結論すれば、人骨は長時間放置されてイヌによる消費、散逸をこうむった後、残る部位を土壙に埋納されたと考えられる。一方、供伴した動物骨にイヌの歯痕が少ないことは、地表にさらされる時間が短く、消費後、短時間で廃棄、埋蔵されたことを示しており、人骨埋納時に骨細工工房などからだされたものが混入したものと解釈できる。

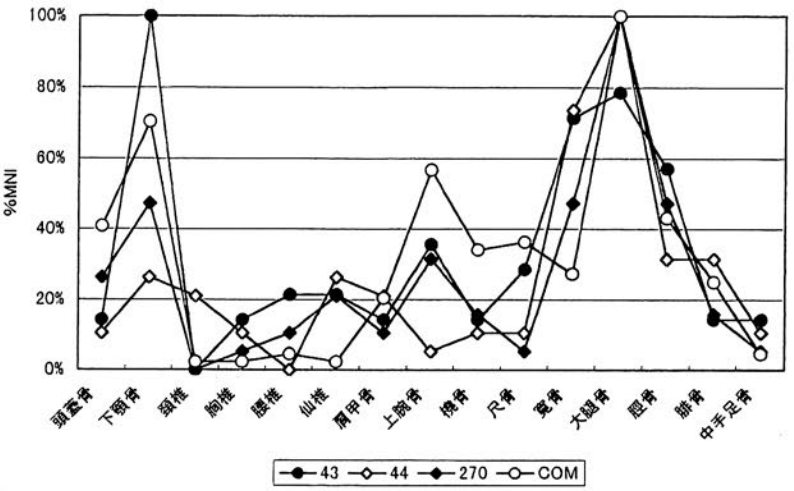


図１　ヒトの骨格部位出現頻度

４ヶ所の土壙から出土した人骨はいずれも下肢骨が多く，体幹骨，上肢骨が少なかった．

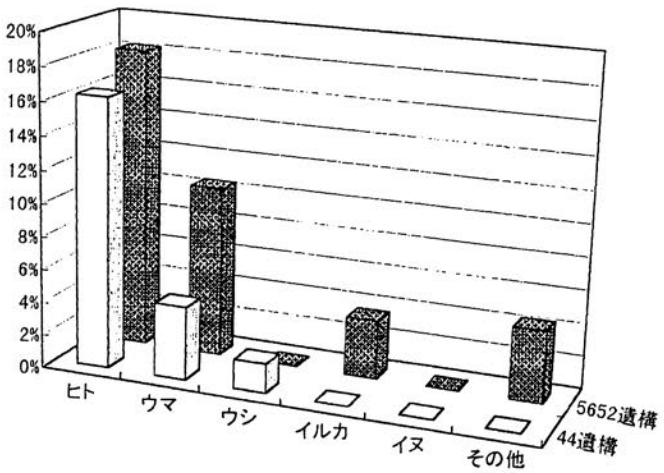


図２　イヌによる骨損傷の頻度

２ヶ所の土壙について，出土したヒト・ウマ・ウシ・イルカ・イヌの主要な種についてイヌの歯痕の頻度を比較した．いずれの土壙においてもヒトに歯痕の頻度が高く，人骨はイヌによる消失の影響が高いことが示唆される．

P 81

展示空間内の環境状態の数値解析

佐藤豊°・武田昭子・中島利誠（昭和女子大学）

展示空間での展示物は、空間内の環境条件すなわち、温度・湿度の影響を受けるために、環境のコントロールを行うことは重要である。また、展示物の配置により、温度・湿度などの環境は大きく変化するために、適切な配置を考慮することは不可欠である。既報では、展示空間内の温度と空気の流れの観点から、温度、圧力、速度ベクトルの計算により、展示計画段階での展示物の最適な配置条件の検討の可能性について述べた。[1] 本報告では、湿度に対する検討を明らかにした。

本報告では、展示空間内の流体現象を解析するについて、非圧縮性流体として取り扱った。解析に当たり、（1）質量保存の式、（2）運動量保存の式、（3）エネルギー保存の式、（4）乱流エネルギー・乱流消失率の式、（5）拡散物質の式、（6）状態方程式の以下の各式を用いて、計算を進めた。[2]

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

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

$$\frac{\partial \rho C_P T}{\partial t} + \frac{\partial u_j \rho C_P T}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} K \frac{\partial T}{\partial x_j} + \dot{q}$$

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

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_i}{\sigma_i}\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i}\right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k}(G_S + G_r)(1 + C_3 R_f) - C_2 \frac{\rho\varepsilon^2}{k}$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial u_j C}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_J} D_m \frac{\partial C}{\partial x_j} + \dot{d}$$

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial u_j C}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_j}D_m\frac{\partial C}{\partial x_j}+\dot{d}$$

ρ ＝一定

式中に現れる変数x,uは位置変数、流体速度であり、ρは流体（または固体）の密度、pは流体の圧力、μは粘性係数($=\mu_l+\mu_r$：分子粘性係数＋渦粘粘性係数)、gは加速度、βは体膨張率を意味している。 また、T,T_0は流体(または固体の)温度、基準温度であり、C_p,Kは定圧比熱、熱伝導率、さらに、$\dot{q}$ は発熱量である。k,εは乱流エネルギー、乱流消失率であり、Cは拡散物質濃度、D_mは拡散係数、$\dot{d}$は拡散物質の発生項であり、Rは気体の状態定数を意味するものである。

湿度を計算するに当たっては、水分の移動モデルを考慮し、空気中の水分子の拡散をモデル化し、結露を考慮して、湿度の状態を検討した。すなわち、空気中に水蒸気は展示空間内の温度が高くなるほど、その最大量が増加し、温度が低いほどその最大値は減少する。従って、展示空間内の空気は展示物の温度が低い場合にはその温度の飽和水蒸気量以上の水蒸気を含むことが出来ずに、結露を起こす。結露は空気中に含まれる飽和水蒸気がその飽和温度以下のものに接したときに凝縮し、水滴となる現象であり、空気中の水蒸気の状態は絶対湿度と相対湿度により表現できる。

展示空間モデルは　展示室空間を設定し、その天井上部に　吹き出しのある空調装置３基が置かれているものと想定し、環境状態について計算を試みた。さらに、この空間内に展示物が置かれた場合に展示物の環境条件の変化について， simulation を行い、これより、温度・湿度の影響が予測される場合について　展示状態の検討が事前に行うことが可能であることを示した。

（１）　佐藤豊・武田昭子・中島利誠：展示空間の温熱環境の解析、日本文化財科学会、第１５回大会、１９９９年

（２）　佐藤豊・武田昭子・中島利誠：展示空間の温熱環境の解析、文化財保存修復学会、１９９８年

P 82

千葉県君津市浅間神社古墳の地中レーダ探査

○亀井宏行，森正人，宮本朋範（東京工業大学）
工藤博司（桜小路電機有限会社），（財）千葉県史料研究財団考古部会

君津市浅間神社古墳は，小櫃川中流域にある上新田古墳群の南端に位置する前方後円墳で，開析谷右岸の丘陵傾斜面に構築されている。後円部墳頂に浅間様を祭る社殿と神楽殿があり，この名で呼ばれている（別名，上新田 1 号墳）。測量調査の結果，全長 103.1m，後円部径 66.3m，主軸上の前方部長 42.4m，前方部前面幅 47～50m の大型前方後円墳であることが判明し，墳丘形態から前期古墳と推定されている。墳丘構造及び内部施設の確認のため地中レーダ探査を実施した。使用したレーダは，光電製作所製 KSD-3AM 型レーダで，中心周波数 166MHz のアンテナを用い，幅6ns（ns はナノ秒の略，1ns=10^{-9}秒）のパルス波形の電波を送受するパルスレーダである。

（1）墳丘構造の探査

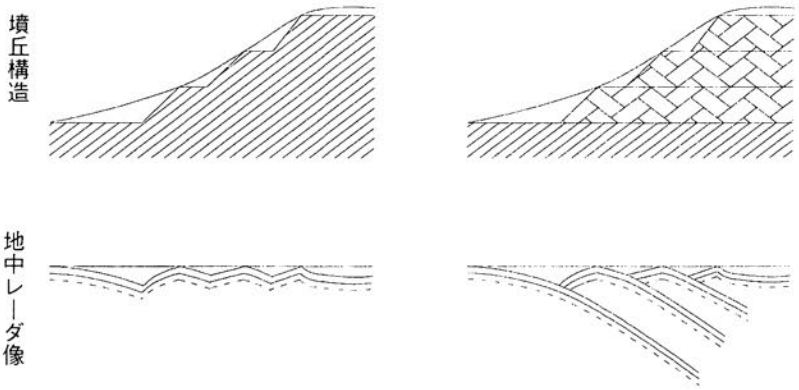
浅間神社古墳は山上に築かれた古墳であり，墳丘が地山を削り出して構築されたものか，あるいは盛り土により構築されたものかを知ることは重要である。墳丘が削り出しにより構築されたものと盛り土により構築されたものでは，レーダ像にどのような違いが現れるかを模式的に示したものが図1である。図1上段が墳丘構造を模式的に表したもので，3 段構築の墳丘が表土堆積によりなだらかな斜面を構成しているものとする。下段がそれぞれのレーダ像で，レーダ像では斜面も水平に表示されることに注意する。図1の左列(a)列が削り出し構造を，同左列(b)列が盛り土構造を示している。盛り土構造では，墳丘各段間に境界面が存在するために，レーダ像では斜め深部方向に沈み込んで行く反射像が見られることが特徴的である。

図2(a)に浅間神社古墳の墳丘主軸上前方部端（A1 地点）から後円部方向くびれ部（A7 地点）に至る測線のレーダ像を示す。A1 地点から 13m（A2 地点から右へ 3m）の地点から右下方へ入り込む強い反射像が見られる。さらに A4 地点（A1 から 20m），A5 地点左 1m 付近（A1 から 29m）にも弱いながら同様の反射像が読み取れる。このことから 3 層の境界面が存在することがわかる。図2(b)はこのレーダ探査結果から，実地形断面を推定したものである。最下層の境界面での反射が最も強いことから，これが地山と墳丘最下段の境界であると推定されるので，前方部表面は 3 段の盛り土整形で構築されていることが推測される。ここで，「表面」と記述したのは，このレーダ探査では高々地表下 2m あたりまでの情報しか得られていないためで，墳丘深部に地山がどのように取り込まれているかは判読できない。

後円部についても，盛り土整形の可能性を示す反射像が得られている。

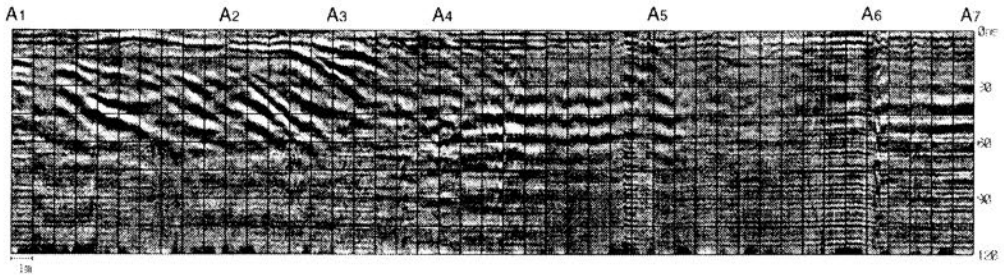
（2）内部施設の探査

後円部墳頂中央には，社殿および神楽殿があり，そのために旧墳頂面より 2m 以上削平されている。そのために内部施設はすでに破壊されている可能性もある。また，レーダの走行できる測線も限られ，得られたレーダ像にも建物の影響が大きく，十分な探査は行うことができなかった。判読は非常に困難であるが，内部施設として意味のありそうな異常個所を抽出すれば，墳丘南北主軸に沿った内部施設を想定できるのではないかと思われる。今回の探査は非常に制限された状況下で行われ，測線数も少なく，その結果の精度は著しく低い。神楽殿改築の際など，墳丘上の構造物が撤去された条件の整ったときに再度探査を行い確認する必要がある。

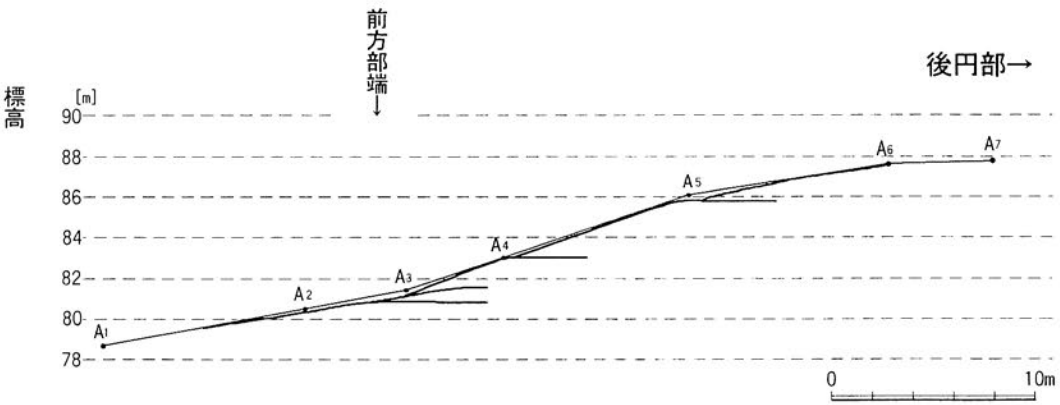


(a)削り出し墳丘　　(b)盛り土墳丘

図 1. 墳丘構造の模式図とその地中レーダ像.



(a)地中レーダ像



(b)解釈図

図 2. 墳丘主軸上前方部端からくびれ部に至る測線の地中レーダ像とその解釈.

P 83

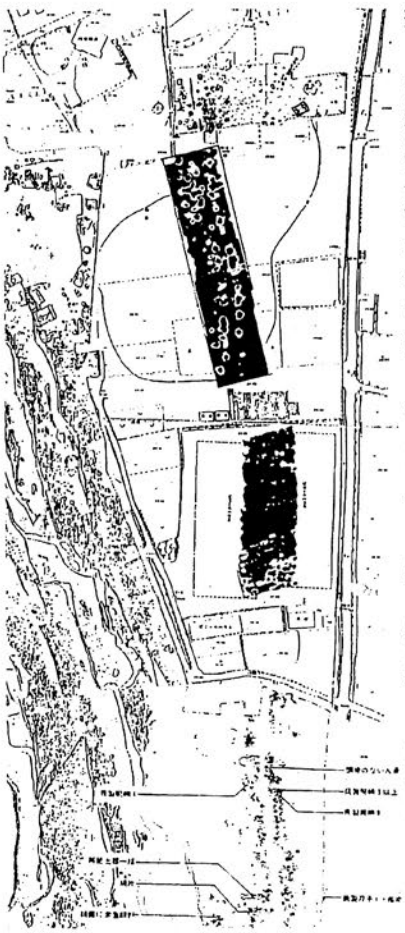
吉野ヶ里遺跡における甕棺探査

○西村康（奈良国立文化財研究所）、置田雅昭（天理大学）、桑原久男（同）、
七田忠昭（佐賀県教育庁）、呉炫徳（韓国文化財研究所）

はじめに

佐賀県所在の吉野ヶ里遺跡は弥生時代の大規模集落として著名で、竪穴住居、掘立柱建物、環濠あるいは甕棺墓など各種遺構が発見されている。今までの発掘面積も広く、遺構分布の詳細が明らかである。今回、ここで甕棺墓を選び、地中レーダー探査（GPR）、電気探査、磁気探査を用いた実験的測定をおこなったので結果を報告する。

甕棺墓を対象としたのは、まず、それ自体が探査で捉えられるかどうかを検証したかったからである。空洞を保つ例では比較的容易に特定できると思われるが、崩落しておれば、軟質土器である甕棺は周囲の土と材質的には大きな差異を示さない可能性があり、探査では検出が困難ではないかと考えていたことによる。また、空洞を保つ状態でも、時代の異なるものは深さを違えて重層的に存在すること、それらは斜めに傾斜した形で埋葬されることがあり、このような状況の詳細がどの程度明らかにできるかも大きな関心であった。さらに、箱式棺も存在することが知られるので、それと甕棺とは差異を示して判別可能かどうかも検証の課題であった。



第１図　遺構分布と探査対象範囲

探査の方法

探査対象とした範囲は、従来知られる吉野ヶ里遺跡の中心部分から北へ約800mほど離れた箇所で、従来からの知見によれば、幅約20mの甕棺群の列が分布する北端に近い部分である。測定に際しては、対象範囲を北と南に二分して実施したが、南側では表面の削平が進んでおり、甕棺墓の残存状況の悪いことが判明したので、ここでは、北側の測定区における結果を紹介する。なお、地中レーダー探査では南北95m、東西20mの広さで測定したが、電気探査と磁気探査では、それぞれ25m×20mの範囲で測定できたにとどまる（第１図）。

採用した探査の方法は、上に述べたように三種類である。GPRではG.S.S.I.社製の装置により700と400MHzのアンテナを用いて測定、断面画像と平面図（Time Slice）にもとづき、甕棺がどのように捉えられるか比較検討した。アンテナは50cmの測線間隔で南北方向にスキャンした。

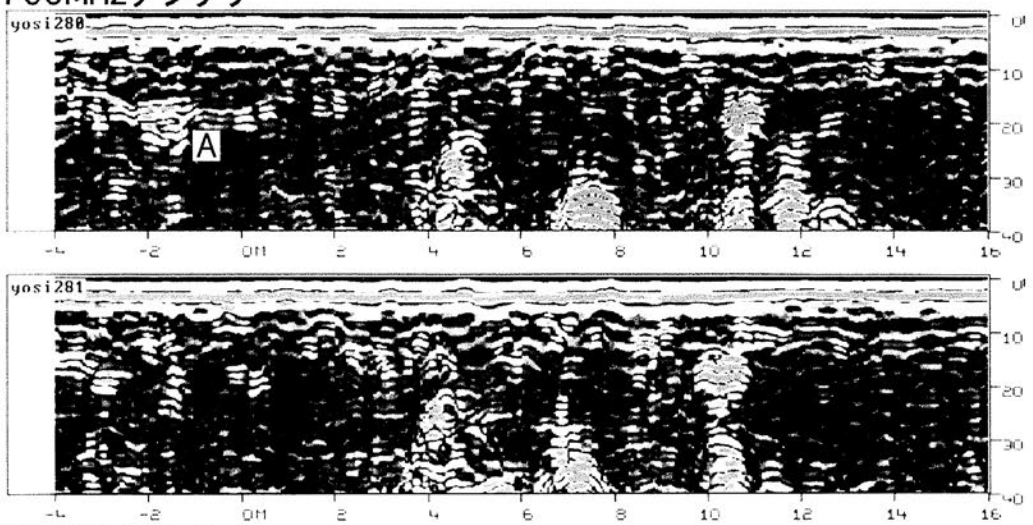
電気探査では、Geoscan社製RM15装置により２極法で測定した。移動電極の間隔は1.5mである。磁気探査も同じくGeoscan社製のFM18フラックスゲート磁力計による測定で、両方法ともに測定間隔は0.5mの格子点である。

探査の結果

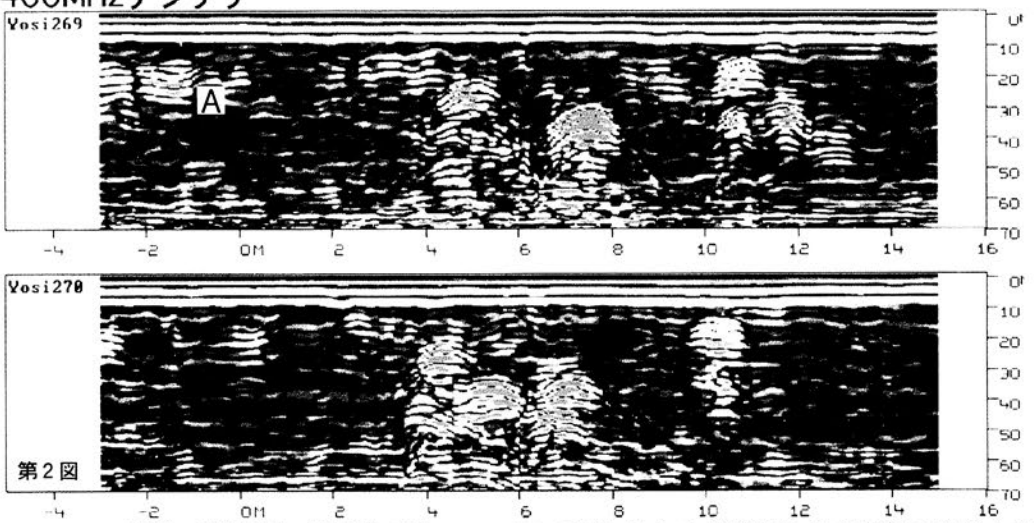
まず、GPRにおける結果では、空洞を保つ甕棺は空洞反応といわれる形状の典型的な形で捉えられていることが、断面画像で観察できる点をあげることができる。すなわち、この方法で少なくとも空洞の甕棺は十分に捉えられる。また、崩落した状態にある甕棺も認識できるという感触を得ることができた。

700MHzと400MHzで比較してみると、当然ながら後者の方が漠然とした反射箇所として表現されている。本遺跡に限っていえば、深い層位まで有効なデータがとれて

700MHzアンテナ



400MHzアンテナ



第2図

いるので、甕棺の詳細を知る目的では、700MHzのアンテナを使用する方が有効であるということも指摘できる。甕棺の個々を比較すると、この点は明確である（第2図）。例えば、700 MHzでは崩落した甕棺らしいと見える位置が、400MHzでは通常、土層変化の一部らしいと考えるような変化となっている（第2図A）。

電気探査では、甕棺の個々を判別することが困難で、東西あるいは南北方向に区分された異常の範囲が強調された形でみえる。この傾向は磁気探査でも同じである。これらのことからは、地中レーダー探査との比較データ採集を試みたこの範囲には、遺構の詳細を探るに際して、何らかの障害となる要因があって、十分な成果とはなっていない可能性を示唆する。例えば、最近の土壌改良あるいは鉄製品の存在である。

両方法の有効性を検証するためには、測定範囲を別に設定して自然条件の良好な部分で、再度探査を試みる必要性があると考えている。それに際しては、電気探査で複数の電極配列による結果の違いも比較することを計画している。磁気探査では、より測定感度の高い装置を用いることも予定している。

竪穴式石室における三次元スキャナー計測と空間撮影
-岐阜県大垣市昼飯大塚古墳の事例から-

○ 木村寛之（㈱ イビソク）・中井正幸（大垣市教育委員会）

■はじめに

昼飯大塚古墳の竪穴式石室に非接触型の三次元スキャナーを入れて内部の実測を行い、さらに魚眼レンズを付けたデジタルカメラを遠隔操作することによる補足撮影と、管内を検査するＣＣＤカメラによる部分的なビデオ撮影を実施した。

データ解析は、実測データや魚眼の画像データをコンピュータ処理により行った。

■昼飯大塚古墳

昼飯大塚古墳は墳丘の長さが150mで、 さらにまわりの周壕を含めると全長が約180mほどになる岐阜県最大の前方後円墳である。墳丘は後円部、前方部とも三段で築成され、それぞれの段斜面には葺石を、平坦面には埴輪を備えている。周壕は現在埋まっておりその面影を残していないが、前方後円形をなすようにあった。

埋葬施設は竪穴式石室と粘土槨が約11m四方の墓壙内で確認されている。石室は明治年間に盗掘を受け、そのときに副葬品の一部が持ち出されたとする。その行方は不明であるが、わずかな玉類が東京国立博物館に現存する。古墳の築造は埴輪などから４世紀後半頃と考えられる。

■石室内の現状

石室への盗掘坑は３箇所に認められた。このうち南側の盗掘坑から内部へ侵入したと思われ、測定機器はここから持ち込んでいる。

石室の大きさは内法で長さ 4.5m、幅 1.2m～ 0.8mをはかり、天井石は８枚が確認できる。

石室の内部は人が寝そべって入れる程度の空間であったが、天井石や側壁の崩壊の危険が伴うことから通常の撮影・実測作業は困難であった。そこで、盗掘坑からの操作が可能な機器で石室の記録を図った。

■石室内部の計測・記録の手法

石室内部の状況を考慮して、次の機器を利用した。

1）三次元スキャナー：石室内部の立体計測に利用。
（レーザープローブタイプを利用）

2）空間撮影カメラ：東小口・西小口・盗掘坑入り口で空間的に撮影
（魚眼レンズとデジタルカメラを組合せたシステム）

3）ＣＣＤカメラ：盗掘坑付近から両小口を見た時に死角になる部分の補足調査に利用。
（管内調査用の光源一体型ＣＣＤカメラ）

以上の機器を、センサーを石室内部に設置して、地上からの遠隔操作により計測・記録の作業を進めた。

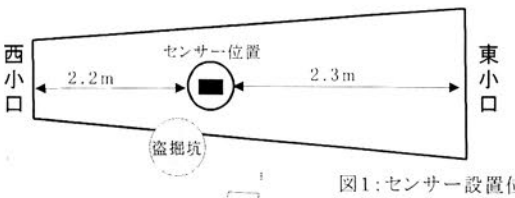


図1：センサー設置位置 模式図

センサーの制御風景

センサーの設置風景

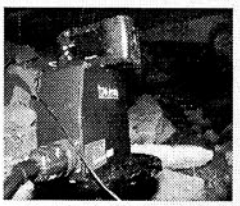

センサーの設置状況

図2：昼飯大塚古墳墳丘測量図（地形図）

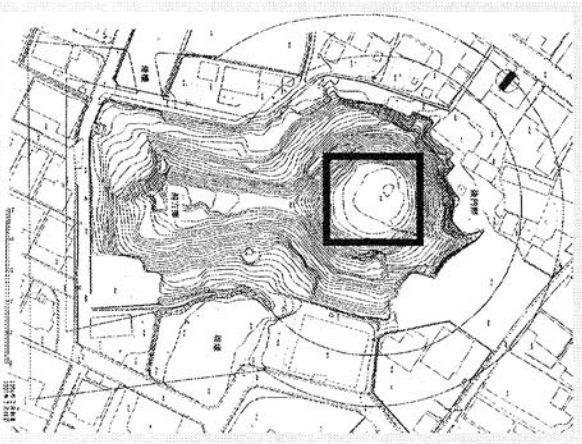
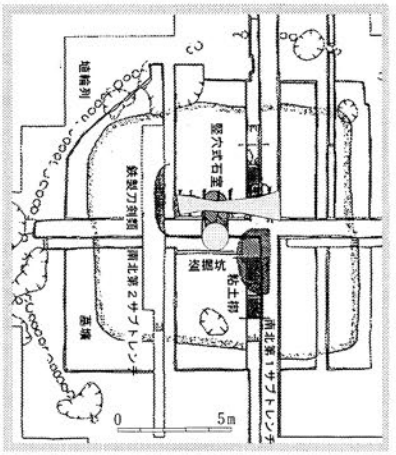


図3：墳頂平面図



現況写真：西小口

図4：データ解析結果

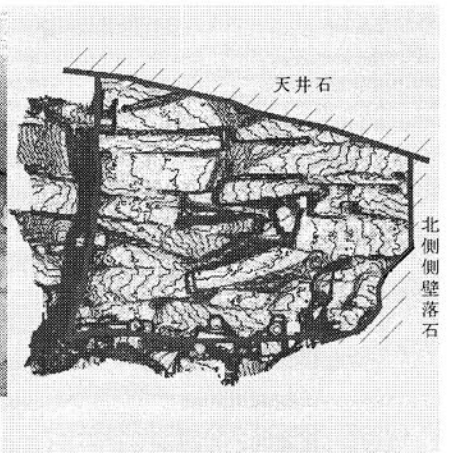
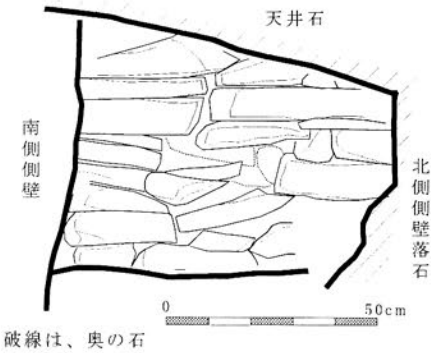


図5：図化素図



■石室内部の解析と図化

計測データは点群で得られるため、これを解析処理することで図4のデータ解析結果ができた。この解析結果をさらに加工することで図5の図化素図ができる。

実際には石室内部の現状から、レーザー機器の設置は現況写真の位置にしか設置できない状態であった。そのため、天井石や北面側壁の落石など障害物により西小口の北側と天井石付近が計測できていない（斜線部分）。

しかし、図化素図は位置を変えて計測したデータや補足用の写真データを付加して行うことができた。

三次元デジタイザーを利用した遺構実測とデータ加工

○ 木村寛之・兼康保明（（株） イビソク）

三次元デジタイザーを発掘現場の実測に導入してから４年余りになります。その間に手がけた立体計測は古墳の横穴式石室（天井の残るものを含む）計測が最も多く、その他に井戸の無半切計測・石垣の計測・遺物出土状況計測・窯跡の計測と多種にわたっています。データ加工処理も計測時に三次元データを持っている事から、色々な利用法が考えられています。今回はその中でも、代表的な事例を紹介します。

三次元デジタイザーを利用した立体計測手法 ---計測「点から線へ」---

● 三次元デジタイザーについて

この計測システムは接触式三次元計測器で、アームが５関節構造になっているため計測の死角が少なく立体計測に向いている。

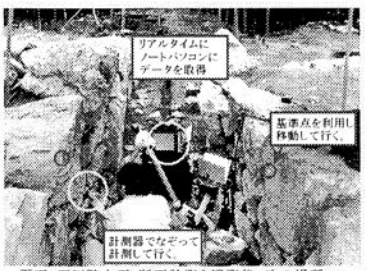
計測はプローブ（計測位置を指示する物）の先端の位置（x, y, z）を各関節の三次元ベクトルから計算して求める。

これを移動させると、あらかじめセットしたピッチで線データとしてリアルタイムにＣＡＤに取り込まれます。

● 計測・図化方法の紹介

基準点により計測器を移動させながら、全体を立体的に計測します。

図面化には三次元CADでモデリング（視点変更）を行い、展開図などを作成していきます。



平面・両側壁立面・断面計測を観測後、次の場所へ移動して行く。

古墳の横穴式石室

● 計測方法

計測方法は側壁・奥壁の立面図作成を基本に計測していきます。その後、平面図・見通し図に利用する為の補足計測を行います。

計測時に属性を与えて行きます。例として奥壁（外周稜線）・右側壁（外周・稜線・プラン）などです。

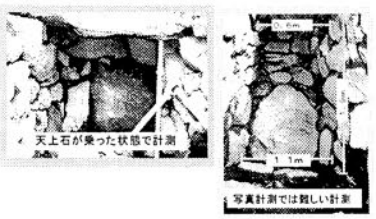
● 図化方法

三次元ＣＡＤを利用し、モデリングと属性の表示・非表示を利用し展開図を作成します。

図1の構造図は、モデリングをしながら構造の特徴がでる視点方向を探します。

● 応用事例

・天井石をはずした状態で計測
・天井石をはずさない状態での計測
・墳丘を残した状態での計測
・天井石から随時、解体しながら計測
　（危険石を解体）



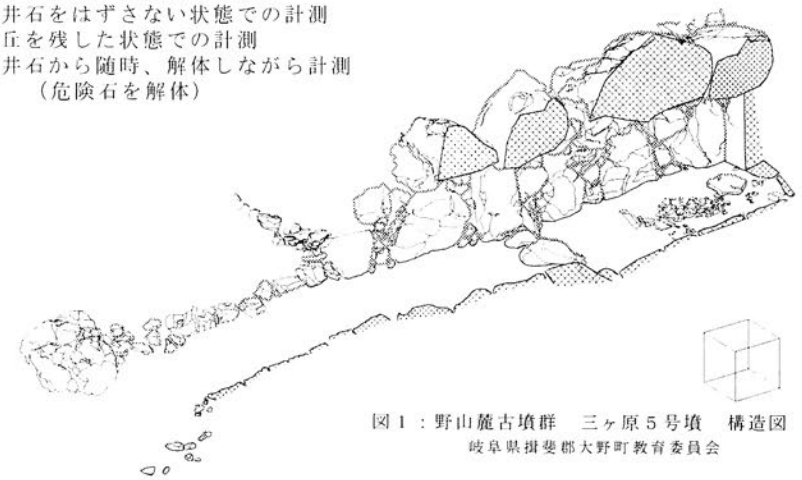


図１：野山麓古墳群　三ヶ原５号墳　構造図
岐阜県揖斐郡大野町教育委員会

井戸の立体計測（限られた場所での立体計測）

● 計測方法

以下の手順で計測作業を進めます。

写真の様に石組井戸を無半切でアームの届く範囲を立体的に計測します。

計測した石を取り除いても、基準点が残る場所に基準点を設置します。

計測した石を取り除き、さらに下を発掘します。

基準点とアームの座標をマッチングさせて続きを計測します。

----- 以上の繰り返しを行います。

計測終了後、内業処理で立面図や展開図（図３）を作成する。

● 応用事例

・井戸の半切計測
・木組井戸の計測（板に取り上げてから計測）
・狭いトレンチの計測
・石組水路の計測

図3：岐阜城 千畳敷遺跡（SE2）展開図

（財）岐阜市教育文化振興事業団

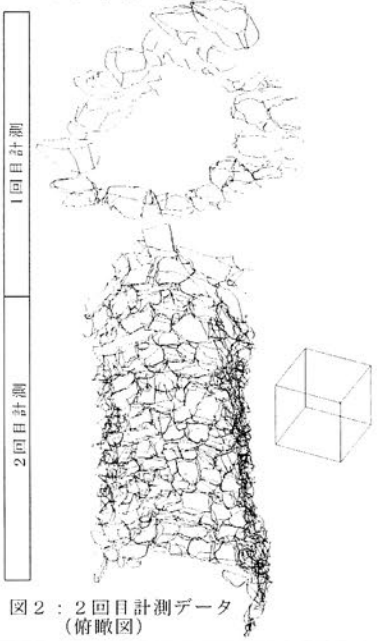
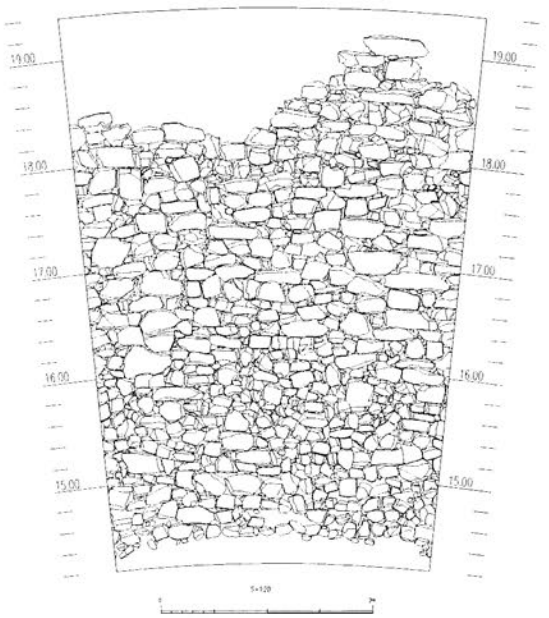


図２：２回目計測データ（俯瞰図）



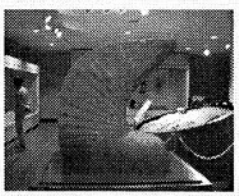
三次元スキャナーを利用した立体計測手法の研究　---計測「線から面へ」---

● 研究内容

非接触の三次元計測機器の実験を色々研究しています。計測方法はレーザー計測・光計測（モアレ）・画像解析を行ってきました。計測対象は、土器・石器・埴輪・鏡・土偶・鴟尾・石室で行いました。結果としては、形状記憶には威力を発揮しますが図面化には難しい対象物もあります。

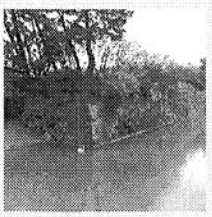
現在では、屋外での実験に入ってます。

計測鴟尾

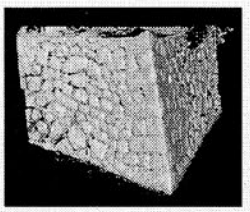


計測結果

計測現場



計測結果



P86

ウイグルマッチング法による白頭山噴火時期の検討

○中村俊夫（名大年代測定セ），丹生越子（同），小田寛貴（同），太田友子（同），
成瀬由紀子（鳥取気象台），光谷拓実（奈良国立文化財研）

1．はじめに

1980 年代に加速器質量分析（Accelerator Mass Spectrometry; AMS）が放射性炭素（^{14}C）年代測定に広く使われるようになって，ごく微量の試料を用いた研究が盛んに実施されるようになった．樹木試料についても，必要とあらば1年輪毎の年代測定が可能である．

しかしながら，1年単位の ^{14}C 年代測定にも問題がないわけではない．試料の ^{14}C 年代測定で，最終的に得たいのは暦年代である．^{14}C 年代から暦年代への換算には，放射性炭素年代測定実験室の国際的なコミュニティーである"Radiocarbon Community"から提供されている"^{14}C 年代－暦年代較正法"（INTCAL98）が現在よく用いられている．これは主として，年輪年代学で暦年代が決定された樹木年輪を，従来法である液体シンチレーション計数法やガス比例計数管法を用いて多量の炭素試料について長時間の高精度 ^{14}C 年代測定を行って作られたものである．液体シンチレーション計数法やガス比例計数管法では，通常数グラムの炭素が用いられるため，単一年輪の年代測定は実際上困難であり，10 年分あるいは 20 年分の年輪がまとめて測定されてきた．従って，現在用いられている"^{14}C 年代－暦年代較正曲線"には，1年ごとの分解能はない．

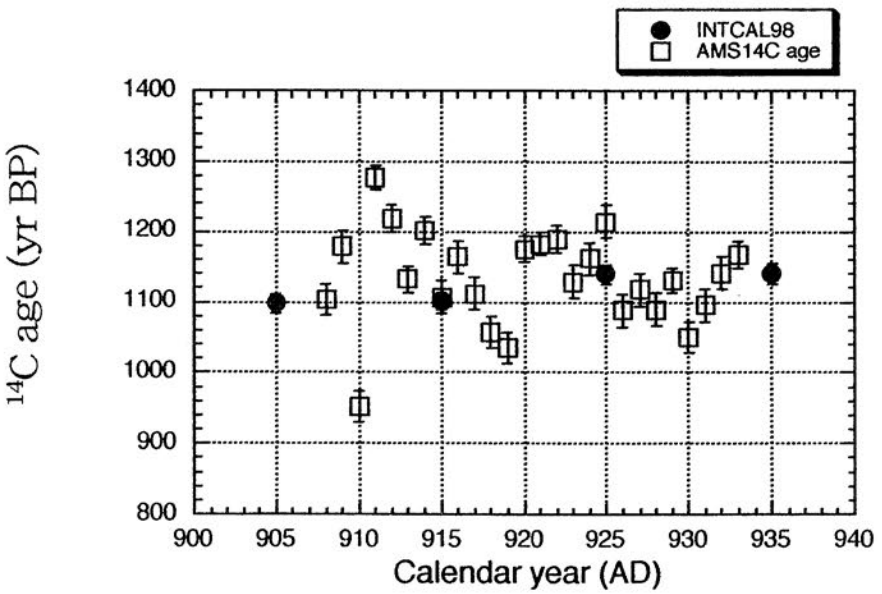
もし1年輪についての ^{14}C 年代データが得られても，その有効利用には限界がある．1年輪ごとの暦年代較正曲線がまだ完備していないからである．しかし，連続した数十年分の ^{14}C 年代データがあれば利用の可能性は広がる．10 年分の平均を取れば，"^{14}C 年代－暦年代較正曲線"（INTCAL98）との直接比較が可能となる．さらに，1年ごとの ^{14}C 濃度の微細な変動を調べることができる．大気中二酸化炭素の ^{14}C 濃度変動については，太陽活動の周期と関連する 11 年周期や 22 年周期を示す±1%程度の経年変動が存在することが報告されている(Kocharov, 1992)．このような ^{14}C 濃度の微細な経年変動はウイグルと称される．年輪年代学における年輪幅の変動曲線と同様にして，^{14}C 濃度の変動曲線（ウイグル）を絵合わせ（ウイグルマッチング）に用いて，1年単位の年代決定ができる可能性がある．その第一歩として本研究では，火砕流堆積物に埋没して炭化した木材試料を用いて，連続した 30 年分の年輪を名古屋大学年代測定総合研究センターに設置してある最新型

タンデトロン年代測定システムを用いて ^{14}C 年代測定し，そのデータの有用性について調査した．

2．試料及び測定結果

連続した 30 年分の ^{14}C 年代測定を図１に示す．本研究に使用した埋没炭化材試料は，中国・北朝鮮国境に位置するチャンパイ（長白）山脈のペクト（白頭）山（標高 2744 m）の噴火によって埋没したものである．同噴火は 10 世紀始めで，西暦 926 年の渤海国の衰亡に大きな影響を与えたとされる（町田，1990）．一方，福澤（1999）による青森県小川原湖の湖底堆積物の縞状堆積物の解析から，西暦 937-938 年の噴火とされている．そこで，図１では，最外の夏材部が西暦 937 年に形成されたものとした．図１には，今回測定した ^{14}C 年代のうち，最外年輪から５番目から 30 番目までの結果がプロットしてある．最外年輪は，年代測定のための試料調製において 1M NaOH 処理で失われた．2, 3, 4 番目の年輪では，回収されたフミン酸はそれぞれ 9345±25，10150±30，1855±20 yr BP と予想よりもずっと古いを示した．これは，炭化材が地中に埋没していた間に外来の炭素により汚染したフミン酸を回収して測定に用いたためであると考える．５番目から 30 番目までの年輪では化学処理で残った木炭を用いた．図１には，^{14}C 年代-暦年代較正曲線である INTCAL98（Stuiver et al 1998）のデータを合わせて示した．これらの結果を基に，１年ごとの ^{14}C 年代測定の意義について議論する．

図１　西暦 908 から 933 年にかけての炭化材年輪の ^{14}C 年代と INTCAL98 による ^{14}C 年代の比較



P 87

Optical dating of archaeological samples using a single aliquot of quartz stimulated by blue light

D.G. Hong[a], S.B. Yi[b], T. Hashimoto[a] and S.B. Park[c]

[a]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Niigata University, Niigata, 950-2181, Japan*

[b]*Department of Archaeology, Seoul National University,Seoul, 151-742, Korea*

[c]*Department of Archaeology, Chungnam National University,Daejon, 305-764, Korea.*

1 Introduction

The kingdom of Paekche flourished in the southwestern part of the Korean peninsula for about 700 years from the first century BC. Its early archaeological sequence, however, is poorly known due to rapid urbanization of the earliest centers of the kingdom during the 1970s and subsequent destruction of buried remains. However a surprisingly well-preserved burial site of the early Paekche was discovered in 1994 at the site of Mahari in the vicinity of Suwon, south of Seoul. Four seasons of archaeological excavation have been conducted since 1995, from which more than one hundred burials and settlement related features were revealed. Typological assessment of ceramics put the age of these remains sometime between ca. AD 250 to 450. Historically, this era is very important in Japan as well. The dating of heated materials from Paekche, Korea using single aliquot additive dose blue light stimulation of quartz is performed. Additionally, some luminescence images from quartz samples using a CCD camera are presented and relationships between AGTL, TL and OSL are discussed.

2 The experimental equipment

Luminescence measurements were made using an automated system, with computer control of sample position, exposure to ^{90}Sr beta source, a heater and 16 Nichia blue light emitting diodes (LEDs) for stimulation. Luminescence was detected by a photomultiplier (EMI type 9635QA) preceded by a combination of filters, Chance HA3 and Schott DUG11, at room temperature. In addition, a charge coupled devices (CCD) camera (Hamamatsu Ltd. type C5810) was used for luminescence imaging, which has a wavelength performance from blue to red regions.

3 Age determination

The single aliquot additive dose method was applied to a single aliquot prepared from each quartz sample to determine the equivalent dose. The total dose rates take account of the beta dose rate, the gamma dose rate and a cosmic ray component. For the pottery samples the beta dose rate was obtained from the material of the pottery and the gamma dose rate from the

surrounding soil. The beta dose rate was measured using the calibrated plastic scintillation counter. A factor of 0.9 was considered appropriate to allow for beta dose attenuation within the grains of quartz. Gamma dosimetry was made by spectrometry using a high resolution hyper-pure Ge detector. A small correction for probable water content was applied to both the beta and the gamma measured dose rates. The cosmic ray contribution was taken as 0.15 mGy yr^{-1}.

Table 1 Luminescence dating results

Sample	n	ED(Gy)	Gamma dose rate(Gy/ka)	Beta dose rate(Gy/ka)	Cosmic radiation (Gy/ka)	Total dose rate corrected(Gy/ka)	Age(yr)
No. 1	10	5.4±0.6	2.37±0.07	2.00±0.08	0.15±0.01	3.80±0.09	587±101AD
No. 2&3	10	5.3±0.4	1.43±0.04	2.28±0.08	0.15±0.01	3.20±0.07	330±93AD
No. 4	5	8.2±0.3	1.63±0.04	n.d	0.15±0.01	n.d.	n.d.
No. 5	10	6.0±0.2	1.58±0.04	2.34±0.09	0.15±0.01	3.45±0.08	267±48AD
No. 6	10	5.8±1.0	1.12±0.03	2.41±0.09	0.15±0.01	3.32±0.09	252±184AD
K1	10	6.0±1.5	1.56±0.04	2.37±0.09	0.15±0.01	3.67±0.09	365±254AD

4 Conclusions

Results obtained using the single aliquot method were found to be in satisfactory agreement with archaeological age estimates. The single aliquot method enables ages to be found when insufficient sample material is available for the conventional multiple aliquot optical or thermoluminescence dating. From luminescence images using a CCD camera, for a few of the quartz samples the brightness of the AGTL and TL was not directly connected with the intensity of the OSL signal.

References

1) Hong D. G. and Galloway R. B. *Nucl. Instrum. Meth. B*, 160, 59-64 (2000).

2) Hong D. G. et al., *Japanese Journal of Applied Physics* (in press) (2000).

日本文化財科学会第 17 回大会研究発表要旨集

発行日　2000 年 7 月 29 日
編集者　日本文化財科学会第 17 回大会実行委員会
委員長　佐原　真

委　員　阿部義平　阿部芳郎　今村峯雄
上條朝宏　河原純之　齋藤　努
阪田正一　坂本　稔　杉山晋作
鈴木　稔　永嶋正春　西本豊弘
二宮修治　三浦定俊　矢島國雄

事務局　国立歴史民俗博物館情報資料研究部　気付
〒285-8502　千葉県佐倉市城内町 117
電話：043-486-4226
：043-486-4224
FAX：043-486-4299