第 二 部

ポスターセッション

PS1

近世土人形の胎土分析

鈴木忠貴（愛知県埋文）・八木佳素実（同）
三辻利一（奈良教育大）

1) はじめに

古代・中世土器の産地推定法の開発研究では分析作業は粘土からではなく，窯跡出土土器から出発した。この理由は窯跡出土土器の化学特性がよくまとまることが判明したからである。この事実は古代，中世では比較的狭い地域内で粘土を採集したことを示している。もし，現代窯業にみられるように，遠方のあちこちから粘土を運び込んでいると，1ヶ所で作った土器といえども，その化学特性はそろわないはずである。近世の焼き物にはその可能性もある。もし，1ヶ所で焼成された土器の化学特性がまとまらないと，この方法を使って産地問題を論じることは困難となる。この点を確認するため，近世，愛知県下で広く使用された土人形の胎土を分析してみることにした。

2) 分析結果

尾張側では清洲城下町，名古屋城三の丸跡から，また，三河側では西尾城，吉田城，古渡城跡から出土した土人形の胎土を蛍光X線分析法で分析した。

清洲城下町出土土人形のK-Ca分布図を図1に，Rb-Sr分布図を図2に示す。大部分の試料はよくまとまって分布するので，これらは同じ素材を使った土人形と考えられる。これらを包含するようにしてA群領域とした。この領域を使って，名古屋城三の丸跡から出土した土人形の胎土を比較することにした。図3，4には名古屋城三の丸跡から出土した土人形のK-Ca分布図とRb-Sr分布図を示してある。大部分の試料はA群領域に分布し，清洲城下町出土のものと同じ胎土であること，したがって，同じところで作られた土人形であると推察さ

れた。

次に，三河側から出土した土人形の分析結果をみてみよう。図5，6に，それぞれ，K-Ca分布図とRb-Sr分布図を示してある。No.68のみは尾張側の胎土であるが，他はすべて別胎土である。No.68は尾張側で作られた製品が持ち込まれたものとみられ，No.63，64，66，67の4点は意図的土須恵器の分析データを参考にすると，三河側で作られた可能性が高い。このように，近世の焼き物でも胎土分析が有効である場合があることがわかった。

図1　清州城下町出土人形のK-Ca分布図

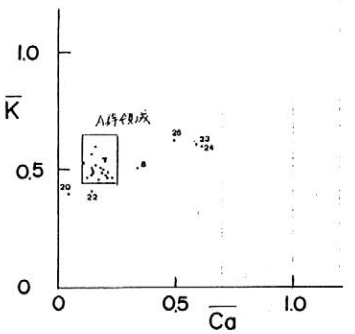


図2　清州城下町出土人形のRb-Sr分布図

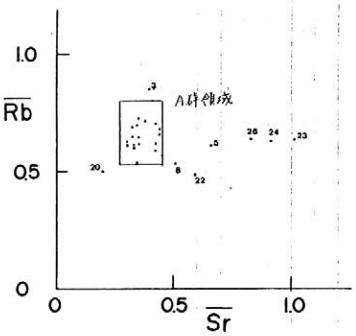


図3　名古屋城三の丸出土人形のK-Ca分布図

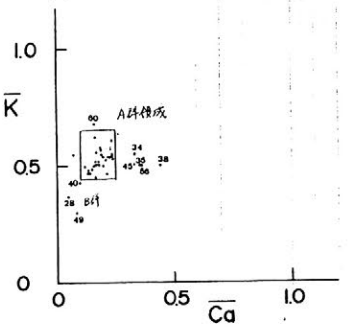


図4　名古屋城三の丸出土人形のRb-Sr分布図

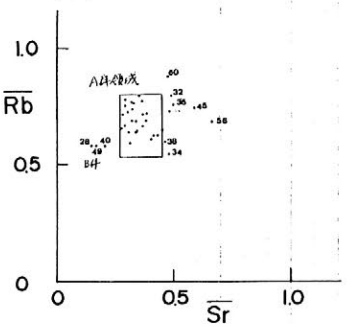


図5　亜光城，芳田城，古渡城跡出土人形のK-Ca分布図

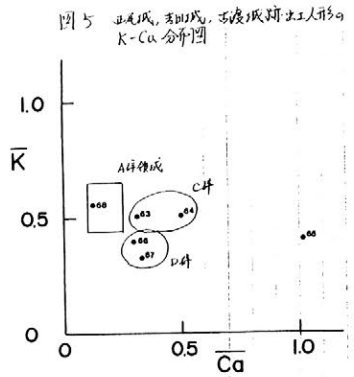
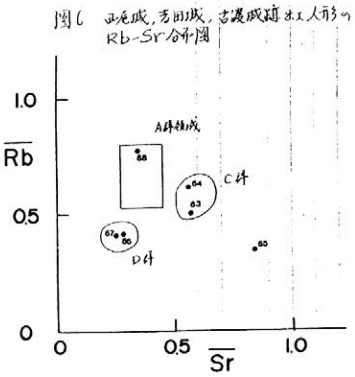


図6　亜光城，芳田城，古渡城跡出土人形のRb-Sr分布図



PS2

施釉陶器の自然科学的研究

○山本さぎり（東京学芸大学）・齊藤孝正（文化庁美術工芸課）
齋藤努（国立歴史民俗博物館）・高塚秀治（東京工業大学）・田口勇（専修大学）

１．はじめに

陶器が日常食器として全盛期にあったのは桃山時代から江戸時代前期と推測され、それを支えたのは瀬戸焼，美濃焼と唐津焼である。

本研究では、室町～江戸期（１５～１９Ｃ）の瀬戸，美濃と唐津三地域の出土陶器資料を用いて、エネルギー分散型Ｘ線マイクロアナライザー付き走査型電子顕微鏡による分析を行ない、得られた結果から胎土と釉薬の地域による比較を行なう。

２．分析方法

実験の対象となる試料は、瀬戸，美濃と唐津地域の諸窯から採取したものである。試料切断後、試料片の観察する面を下にし、内径１インチのプラスティック枠を設置する。２液混合のエポキシ系樹脂を加えて、一晩静置して固める。自動回転研磨器にかけ、鏡面まで研磨する。真空蒸着装置に入れて炭素を蒸着する。走査型電子顕微鏡の分析室に入れ、排気して真空とする（$10^{-4\sim-6}$Ｔｏｒｒ）。組織の観察は反射電子像で実施した。元素の分析は、走査型電子顕微鏡の倍率を低く設定することによって、比較的広い観察視野内の平均組成をエネルギー分散型Ｘ線マイクロアナライザーで測定した。（標準電子線加速電圧：２０ＫＶ、標準蛍光Ｘ線積算時間：１００秒間）。

３．結果と考察

ａ）地域による比較

胎土の元素分析結果を図１，２に示す。図１から、唐津焼はK_2O，Fe_2O_3ともに瀬戸焼，美濃焼より濃度が高いことが分かる。SiO_2 －Al_2O_3の分布図（図２）では一部重なるものの、右上に瀬戸焼，美濃焼が、左下に唐津焼がプロットされる。これらの図から主成分組成によって、瀬戸焼，美濃焼と唐津焼という二つのグルーピングが可能であるといえる。

釉薬の元素分析結果を図３，４に示す。灰釉では唐津焼のFe_2O_3が瀬戸焼，美濃焼より濃度が高く、見た目の色が瀬戸焼，美濃焼の灰釉より黒みが強いことと一致する（図３）。また長石釉については、$CaO-K_2O$の分布図（図４）で、瀬戸焼，美濃焼は左上に、唐津焼は右下にプロットされる。瀬戸焼と美濃焼の長石釉は「志野」と呼ばれ乳白色または灰白色なのに対し、唐津焼の長石釉は透明であることと大いに関係があると考えられる。

ｂ）美濃唐津

美濃唐津の元素分析結果を図５，６に示す。胎土は、K_2Oの濃度は美濃焼と等しいが、Fe_2O_3の濃度は、唐津焼と同じくらい高い（図５）。釉薬は美濃焼の長石釉の組成とほぼ同様である（図６）。美濃唐津は美濃で焼かれた唐津焼風のやきものをさすが、その制作技法の一つとして、鉄を多く含む胎土を用いていたことが分かった。

４　まとめ

瀬戸，美濃と唐津三地域の陶器資料を対象として、自然科学的手法により胎土および釉薬の地域による違いを、下記の通り明らかにすることができた。

①胎土では、主成分組成によって、瀬戸焼，美濃焼領域と唐津焼領域というグルーピング

が可能である。
②釉薬では、灰釉と長石釉は主成分組成によって、瀬戸焼，美濃焼領域と唐津焼領域というグルーピングが可能である。
③美濃唐津は唐津焼風に仕上げるため、鉄を多く含む胎土を使用していたことが分かった。

本研究は平成4~6年度科学研究費補助金（国際学術研究）「科学技術を利用した文化財研究法の開発」（研究代表者：東京国立文化財研究所長 西川杏太郎）の一貫として実施したものである。

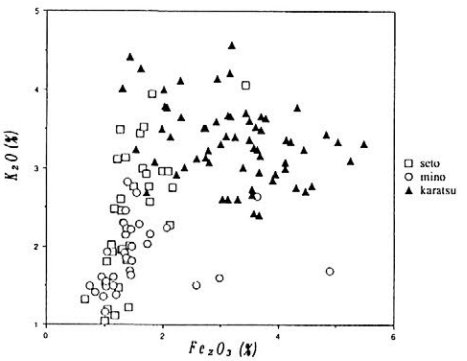


図1　胎土比較①　Fe_2O_3-K_2Oの分布

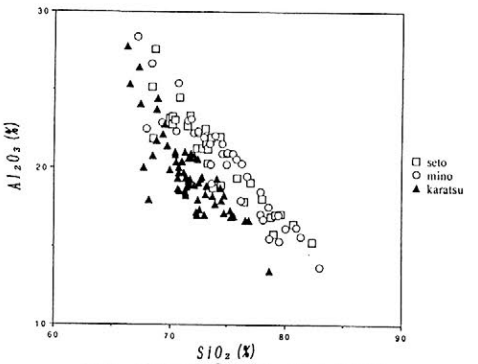


図2　胎土比較②　SiO_2-Al_2O_3の分布

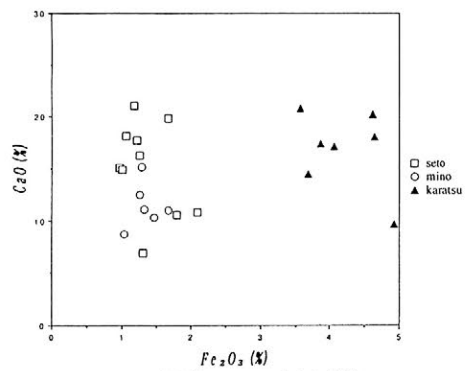


図3　灰釉比較　Fe_2O_3-CaOの分布

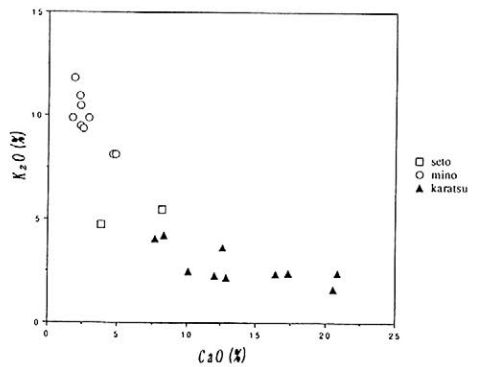


図4　長石釉比較　CaO-K_2Oの分布

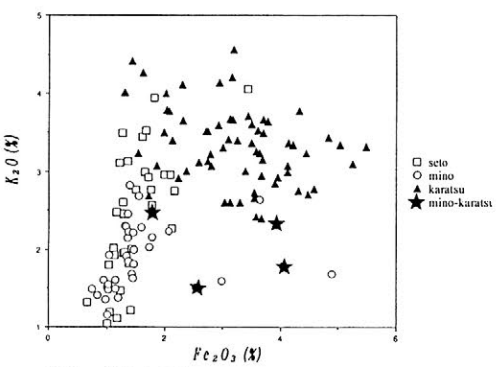


図5　美濃唐津①　胎土　Fe_2O_3-K_2Oの分布

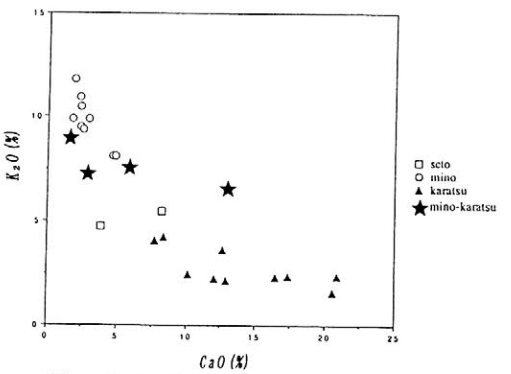


図6　美濃唐津②　釉薬　CaO-K_2Oの分布

PS3

微量成分元素存在量－クラスター分析による陶磁器片の生産地推定

網干　守（成城学園高等学校）・二宮修治（東京学芸大学教育学部）

1. はじめに

遺跡から出土する陶磁器の生産地を推定することは，その遺跡と他の遺跡との関係を見いだすための重要な情報を提供する。さらに，陶磁器の生産地推定により得らた結果は，当時の生産地の規模や交易・貿易などの実態を追究する際の基礎的データとなる。現在，遺跡より出土した陶磁器の生産地推定は，考古学，美術史学の分野で一般的に行われている様式分類による方法と分析化学的な手法を用いた胎土（素地）や釉の化学組成にもとづく方法の両面から検討されている。

ここでは，微量成分元素の有効な定量法の一つである機器中性子放射化分析の陶磁器への適用の実際と，分析結果の解析法としてのクラスター分析について報告する。

2. 機器中性子放射化分析

分析に供する陶磁器片資料は，考古学，美術史学的研究に問題が極力最小限に留めることができる部分から，ダイアモンド付着ブレードの切断器（マルトー製マイクロカッター MC-201）を用いて3～5mm角程度の小片に切断した。さらに，純水中で超音波洗浄し，乾燥した後，ステンレス・スチール製粉砕器で粉砕しながら，実体顕微鏡下で ハンド・ピック法により釉部分を含まない素地のみを回収した。回収された素地は再びステンレス・スチール製粉砕器で粉砕にし，メノウ乳鉢で細粉にして分析試料とした。

陶磁器片の詳細な識別・分類，生産地推定には，できるだけ多くの元素存在量に関する情報が必要である。本研究では，ケイ酸塩物質に一般的に用いられている機器中性子放射化分析での定量される元素の数，定量性の問題から，図1に示した分析条件で行うこととした。熱中性子照射は，立教大学原子力研究所 TRIGA Mark Ⅱ原子炉にて行い，定量のための比較標準には，アメリカ合衆国地質調査所標準岩石を用いた。定量性の検討には，工業技術院地質調査所標準岩石を用いて行い，良好な結果が得られた。

本法により得られた遺跡出土磁器片資料の諸種微量成分元素の定量結果の一例を表1に示す。

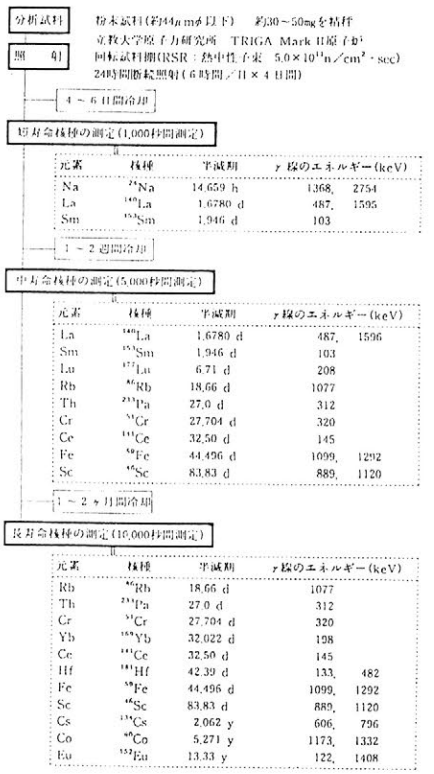


図1　機器中性子放射化分析の条件

表1　消費地遺跡出土磁器片（素地）の諸種微量成分元素存在量

No.	遺跡-No.	Na(%)	Fe(%)	Rb	Cs	La	Ce	Sm	Eu	Lu	Th	Hf	Sc
1	東大-01	0.82	0.71	180	11	34	51	5.0	0.24	0.44	21	3.3	3.3
5	東大-05	0.98	1.18	200	11	36	59	5.1	0.29	0.47	24	3.8	3.9
16	東大-16	0.49	0.93	200	3.0	54	75	4.6	0.52	0.34	20	2.4	2.8
22	東大-22	0.88	0.69	220	8.6	36	58	4.6	0.26	0.45	22	3.4	3.4
36	吹上浜-01	0.24	0.45	360	18	100	55	29	1.4	4.9	19	3.5	5.7
37	八田中-01	0.29	0.57	160	6.2	43	66	5.5	0.89	0.35	14	4.8	6.8

3. クラスター分析による識別・分類，生産地推定

近年，パーソナル・コンピュータソフトの統計パッケージの普及により多くの分野で多変量解析が広く用いられるようになり，考古学資料のデータの取扱いや解析においても，多変量解析を利用した報告が増えている。

本研究では，生産地遺跡出土あるいは消費地遺跡出土陶磁器の識別・分類，さらに消費地遺跡出土陶磁器の生産地推定に，多変量解析の一つであるクラスター分析を導入し，その適用法について，分類方法の観点から検討した。

一例として，消費地遺跡出土磁器片についての分類方法の違いによる比較を図２に示す。磁器片資料（表１に一部分析結果掲載）は，東京都・東京大学本郷構内遺跡理学部７号館地点（個体番号１～32），鹿児島県・吹上浜遺跡（同33～36），石川県・八田中(はったなか)遺跡（同：37～38）の38点で，分類方法としては最近隣法（Ａ），最遠隣法（Ｂ），ウォード法（Ｃ）の３種である。分類方法（クラスター間の非類似度の定義のしかた）により，当然，併合の様子が異なっているものの，類似度が高いものの併合関係は一定の傾向を示している。しかし，類似度が小さいものの併合関係は分類方法により大きく異なっている。

従って，このようにクラスター分析による陶磁器片の生産地推定を行うには，幾つかの分類方法を用いて総合的に検討する必要がある。実際の分析結果により幾つかの例について報告する。

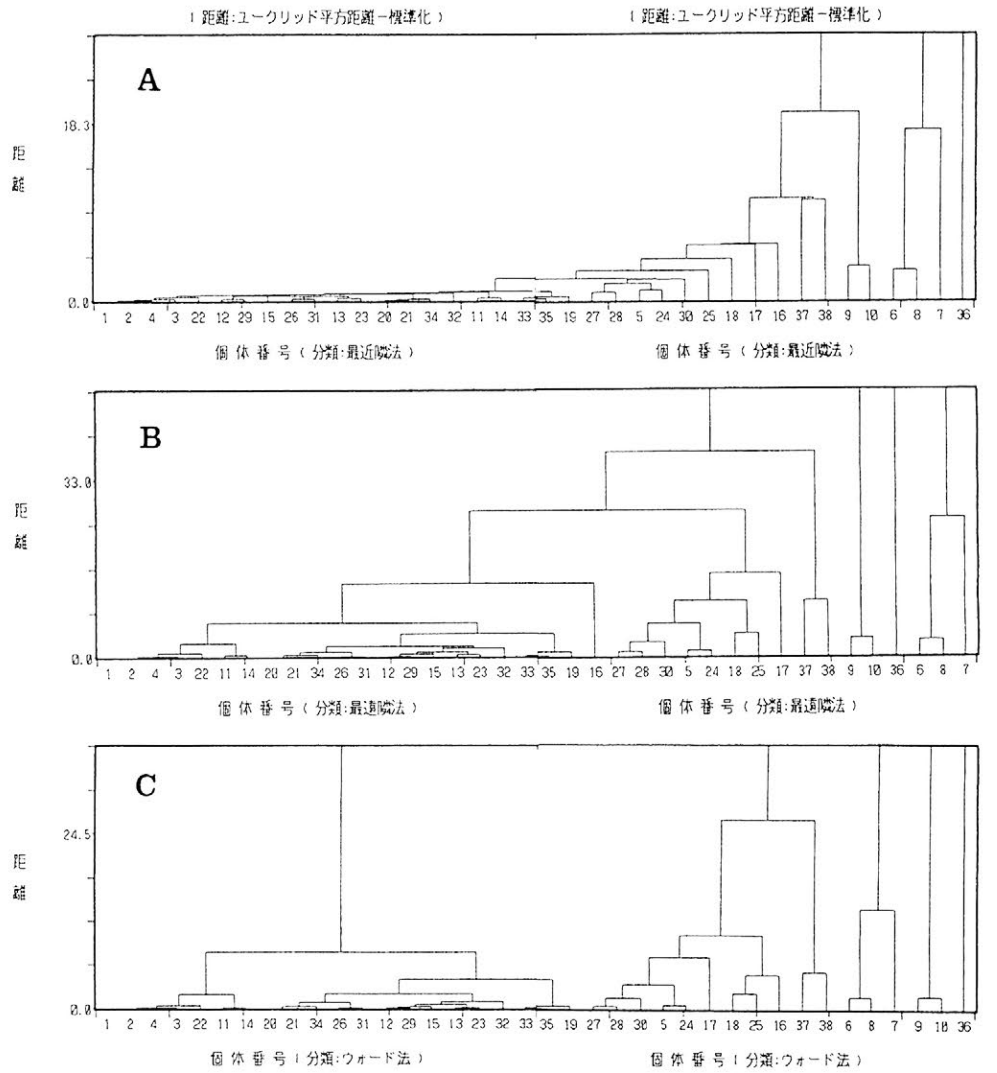


図２　消費地遺跡出土磁器片の微量成分元素存在量－各種クラスター分析の比較
消費地遺跡　個体番号１～32：東京大学本郷構内遺跡理学部７号館地点，33～36：吹上浜遺跡，37～38：八田中遺跡
推定生産地（考古学・美術史）６～10,36：中国，37～38：九谷，16～18,25：肥前・波佐見，それ以外：肥前・有田

P1

年輪年代法の推定で生じる問題点とその解決法の試みについて

野田真人（北大農学部）

はじめに

年輪年代法は標準年輪幅系列と対比させることにより、生育年代の不明な供試木の年輪が形成された絶対年代を推定する手法である。手法はきわめて単純な方法にも関らず、その研究が進展しない理由は、年代決定の物差しとなる標準年輪幅系列を各気候圏ごとに作る必要があること、木材が多く使われるような場所でしか適用できないこと、精度を高めるため、多数の供試木を用いて解析しなければならないなどの難点がある、と考えられてきた(東 1979)。

本報告は、3次多項式とハイパスフィルタを併用した指標化法、年輪指標年の有用性、採取地間の距離と t－値の関係などの知見をアカエゾマツへ適用し、年輪年代学の問題点とその解決法を試みることが目的である。具体的には、伐採年や伐採地が不明な北海道大学農学部雨龍地方演習林母子里旧学生宿舎の柱材（以後柱材と称する）の伐採年と伐採地点の推定を通して目的の検証を試みた。年輪幅の広狭変動を利用した伐採地の推定の試みは初めての例になる、と思われる。

供試木

昭和16年3月31日（1941年）に落成された旧学生宿舎の柱材は、50余年の間に腐朽が進み、平成5年に解体された20個体を年輪年代と伐採地の推定に用いた。

絶対年代を推定するための基準になる雨龍標準年輪幅系列は北海道大学農学部雨龍地方演習林の（北海道雨竜郡幌加内町）母子里、白樺、添牛内、政和の4地点の年輪幅系列の平均である。さらに伐採地の推定のために約70km北に位置する天塩地方演習林（北海道天塩郡幌延町）の河東地点の年輪幅系列も用いた。解析に用いた年輪系列は全て上述の指標化法によって規格化されている。

結果

1)統計的なクロスデーティングと年輪指標年

地点ごとに有意水準にある個体の年輪系列を積算平均したものを地点の標準年輪幅系列とし、さらに、雨龍地方演習林の4地点の標準系列を積算平均したものを雨龍地域を代表する雨龍標準年輪幅系列とした。雨龍標準年輪幅系列と年代不明の柱材との統計的なクロスデーティングでは、20個体中17個体が1939年に推定された。t—値の高さから推定できなかった3個体を詳細に見ると、t－値が高く表れた年代が数カ所出現し、建築以後の年代に出現したり推定ができなかった。そこで西暦1800年～1939年(140年間)における年輪指標年(80％レベル)の19ヶ所(野田1996)の出現年を問題のある3柱材に適用した。

1939年に伐採されたと仮定して照合すると、3個体中2個体について19ヶ所中18ヶ所で完全な一致がみられた。従って、19個体の柱材は1939年の伐採に推定された。この

ような問題点が生じるケースでは、視覚的な角度から検証する年輪指標年の照合が、年代推定の解決の1方法になることが判明した。また、単木あるいは数本の供試木を解析する場合は、間違った推定年代になる可能性が高く、推定結果の信頼性も低く、慎重な取り扱いが必要である。

2) 伐採地点の推定

白樺、母子里、添牛内、政和、河東の5地点の標準年輪幅系列間の相関分析を行い、地点間の距離に対するt－値の変化を1次式の最小2乗法で近似すると、

$$t = -0.0301x + 5.8388$$

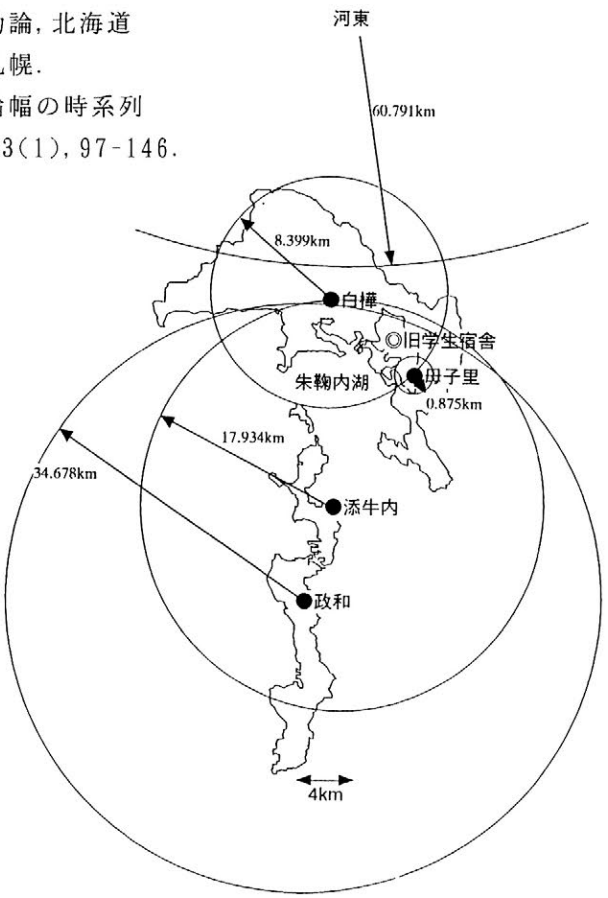
であった(野田1996)。この式は、2地点間のt－値が得られると、地点間の距離xが求められるという関係式を表している。

1939年に伐採年を推定した17柱材の標準年輪幅系列と現生木の5地点の標準年輪幅系列間との相関分析のt－値から得られた柱材の伐採地点までの算出距離を図に示す。図中の円の半径が算出距離を表している。その結果、柱材は、円の重なりが多い母子里地点の近傍から伐採された可能性が高い、と推定された。

引用文献

(1)東　三郎(1979):地表変動論,北海道大学図書刊行会,280pp,札幌.

(2)野田真人(1996):樹木年輪幅の時系列変動の解析,北大演研報,53(1),97-146.



P2

福井県三方町埋没スギ材；古年輪試料の^{14}C年代測定

柴田せつ子[1)] ○川野瑛子[1)] 木村勝彦[2)]
1）大阪府立大学・アイソトープ総合研究センター
2）国立環境研究所

目的

^{14}C年代測定法にとっては年輪年代法からの試料の提供は貴重なものである。我々は三方町黒田の水田下の埋没林より出土したスギ材の相対的生育年代を年輪年代法で決定した樹木の測定を試みる機会があったので報告する。

大気中には宇宙線起因の放射性^{14}Cが極めて低レベル濃度で炭酸ガスとして存在している。生物はこの^{14}Cを体内に取り込み、生きている生物体内の^{14}C濃度は大気中の^{14}C濃度とほぼ等しくなっている。しかし、生物の枯死により大気から新しい^{14}Cの供給が止まると、生物遺体の^{14}C濃度は一定の速度で時間の経過と共に減少し続ける。試料としての生物遺体の^{14}C濃度とその生物が生きていたときの^{14}C濃度を測定することによって、その生物体の枯死から現代まで経過した年数が計算できる。この^{14}C年代測定法は、大気中の^{14}C濃度が地域差、時代差に関係なく一定であったという前提条件が満たされねばならない。これらの前提条件はほぼ正しいことがLibby[1)]によって確かめられている。最近この前提は、詳細にみると宇宙線の強度変化等による^{14}C生成量の変動や生物体内に取り込む炭素の同位体分別などにより完全には満たされていないことが報告されている。アメリカ、ドイツ、アイルランド等においては、Stuiverら[2)]によって年輪年代法で年代決定した樹木を10～20年単位で精度よく測定する事によって、現在から約１００００年前に遡って過去の大気中の^{14}C濃度を決定し^{14}C年代から暦年代を算出する計算ソフトも開発されている。日本においては、２０００年を越える部分については今後の報告が待たれている状況である。我々は年輪年代試料（７１本）より抽出した６本（約1500年輪数）について各２０年巾に分割し、メタノール液体シンチレーション法で^{14}C年代測定を行い、浮遊している試料年代と前述のStuiverらのデータとの相関をもとめ、極めて良好な結果を得た

試料調整および測定方法

試料は1N-塩酸処理を行い、マッフル炉600℃にて3時間加熱した炭化物を、反応に供した。炭化物試料からメタノールの合成は燃焼管中で燃焼させCO_2とし、このCO_2を$LiAlH_4$と反応させメタノールを合成する[3)]。合成の化学反応式は次のとおりである。

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$4CO_2 + 3LiAlH_4 \xrightarrow[\text{室温}]{\text{ジエチルカルビトール}} LiAl(OCH_3)_4 + 2LiAlO_2$$

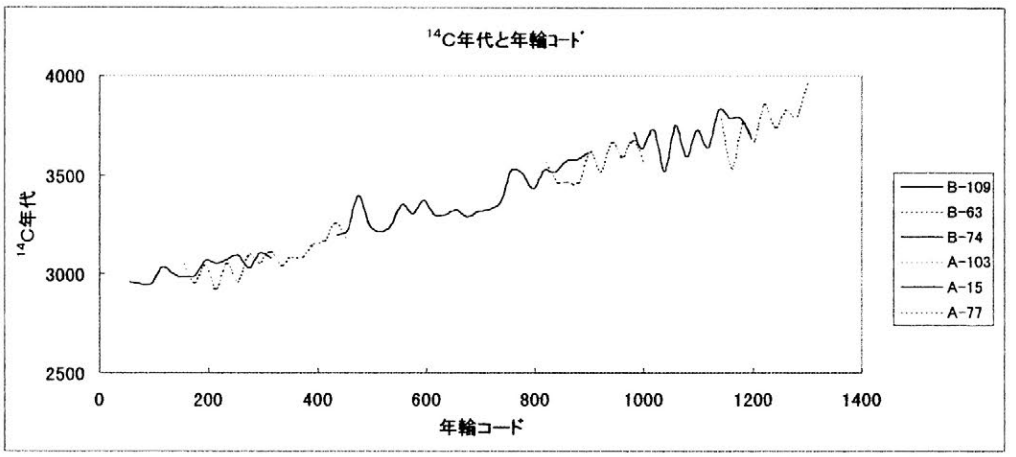
$$LiAl(OCH_3)_4 + 4ROH \xrightarrow[\sim 5℃]{} 4CH_3OH + LiAl(OR)_4$$

ROH ；n-ブチルカルビトール

メタノールの^{14}C放射能測定はパッカード社製のトライカーブ2260XL型を使用、測定領域は 18.4～84.0 KeV に設定。シンチレーターとしてはButyl-PBDの30g,bis-MSBの0.9gをキシレン1Lに溶かしたものを用いた。各試料から合成、精製したメタノールの約7gを市販の20ml-低カリガラス製バイアルに入れ、キシレンシンチレーターを加え全量11gとし測定用の試料カクテルとした。各試料は200分測定に設定し全測定時間が5000分になるまで繰り返し行った

結果

年輪解析の結果ＡＢＣのｸﾞﾙｰﾌﾟに分類されＡＢについては連続した１５００年のスパンを持つことがわかった。実験に先だちＡＢｸﾞﾙｰﾌﾟから各一点を選び^{14}C年代測定を行った。年輪年代値の差（８０８年）とほぼ一致し、我々の^{14}C年代測定法が適用できることを確認した。 ^{14}C年代測定用に抽出した試料６本、約９０点の^{14}C年代値と年輪コードの関係をグラフに示す。年輪コードとは全年輪試料の最若年をゼロ年とした時の値である。さらに^{14}C濃度は,RadiocarboN,Vol.19,No3P.355に定義される方法により Delta^{14}C値に導きStuiverらとパターンの照合を試み相関をもとめた。年輪コードゼロ年は２９４５年という値を得た。その結果スギ材の生育した年代はＢＣ１０５０年～と推定される。



参考文献

1) W.F.Libby ; Radiocarbon Dating, 2nd Ed., the Univ. of Chicago Press, Chicago(1950))
2) CAL1B rev 3.03, Stuiver,M. and Reimer,P.J.,1993,Radiocarbon,35,p.215-230
3) S.Shibata,E.Kawano,T.Nakabayashi,S.Kawamura and O.Yamada,Ann.Rep.Rad. Ctr.Osaka 27,99(1986/1987)

P3

ベンゼン合成-液体シンチレーション計数法による放射性炭素年代測定

○川村秀久[1)]、村山美保[1)]、佐伯国夫[1)]、松岡信明[1)]、高尾真一[1)]、高島良正[1)]、百島則幸[2)]
1) (財)九州環境管理協会
2) 九大・理

【はじめに】

放射性炭素年代測定には放射性炭素が放出するβ線を計数するβ線計数法と、放射性炭素の原子数を直接計数する加速器質量分析法がある。β線計数法には、試料中の炭素から二酸化炭素やアセチレン、メタンを合成し気体封入型計数管でβ線を計数する気体計数法と、有機溶媒を合成し液体シンチレーションカウンターでβ線を計数する液体シンチレーション計数法がある。気体計数法は放射性炭素による年代測定が確立された初期の頃から採用され、考古学をはじめ幅広い分野にわたり貢献したことは周知の通りである。また、加速器質量分析法は1970年代後半に開発された手法であり、β線計数法に比較すると検出感度が高く必要な試料量も1/1000以下で済むことから、新たな研究分野を開拓し成果をあげている。しかし、気体計数法は気体試料に特有な取り扱いの煩雑さを伴い、また加速器質量分析法は非常に高価で規模の大きい加速器を必要とする。

一方、β線計数法の一つであるベンゼン合成-液体シンチレーション計数法は、(1)ベンゼンの取り扱いが容易である、(2)ベンゼンに含まれる炭素量が92%(重量%)と多く、比較的高感度の測定が可能である、(3)近年の低レベル測定技術の向上により低バックグラウンド測定が可能である等の特徴を有している。本研究では、この方法を年代測定のルーチン分析に適用するための基礎的事項について検討したので報告する。

【実験】

一連の手順を以下(1.前処理～6.放射能測定試料の調製及び測定)に示した。なお、ベンゼン合成にはTASK社製のベンゼン合成装置を、またβ線計測にはPackard社製の低バックグラウンド液体シンチレーションカウンターTRI-CARB 1050 TR/LLを使用した。

1.前処理

試料は1N塩酸及び2%水酸化ナトリウム水溶液を用いて洗浄を繰り返すことにより不純物を除去した。最後に蒸留水で十分に洗浄し乾燥後、保存した。

2.二酸化炭素(CO_2)の生成

前処理を終えた試料は酸素気流中で燃焼することによって試料中の炭素を二酸化炭素として回収した。なお、標準試料となるNBSシュウ酸RM49については、過マンガン酸カリウムの硫酸酸性溶液中で分解することによってシュウ酸中の炭素を二酸化炭素として回収した。

3.リチウムカーバイド(Li_2C_2)の生成　　；$2CO_2+10Li \rightarrow Li_2C_2+4Li_2O$

回収された二酸化炭素は700℃で融解したリチウム金属と反応させることによってリチウムカーバイドを生成させた。この後、排気しながら約30分間850℃で加熱することによってリチウム金属中にわずかに含まれるラドン等の放射性核種を除去した。

4.アセチレン(C_2H_2)の生成　　；$Li_2C_2+2H_2O \rightarrow 2LiOH+C_2H_2$

室温でリチウムカーバイドに水を反応させることによってアセチレンを発生させた。このとき同時に発生する水素は液体窒素に対する凝固点の違いを利用して除去した。

5.ベンゼン(C_6H_6)の生成　　；$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$

回収したアセチレンから三価クロムアルミナペレットを触媒とする三量体化によって、ベンゼンを合成した。

6.放射能測定試料の調製及び測定

試料中の炭素から合成されたベンゼンの3.0mlを7ml低カリガラスバイアルに分取し、シンチレーター溶液0.5mlと良く混合させ放射能測定試料とした。なお、シンチレーター溶液は、市販のベンゼン500mlに2,5-Diphenyloxazole 21.0g及び1,4-Bis［2-(5-phenyloxazolyl)］benzene 0.7gを溶解したものを使用した。また、バックグラウンド試料には市販のベンゼンをそのまま用いた。液体シンチレーションカウンターによるβ線計数は100分測定を10回繰り返した。

以上の方法で合成されたベンゼン中の放射性炭素濃度の測定結果の信頼性を確認するために、NBSシュウ酸RM49に含まれる放射性炭素の定量を試みた。このとき計数効率の算出には自動効率トレーサー法で値付けした既知濃度試料を用いた。次に放射性炭素濃度により年代が値付けされた木片試料の年代測定を行い、前処理を含めた本手法の信頼性を確認した。なお、半減期は5568年を使用した。

【結果】

本法では、試料から調製したベンゼン3.0ml(約2.630g)を測定に供する場合、バックグラウンド0.9cpm、計数効率62%で放射性炭素濃度を定量できる。ベンゼン3.0mlは植物試料で約10g、貝試料で約30gに相当する。また、これらの条件で測定時間を1000分とすると、測定可能な最古の年代は約40700 years BP となる。

放射性炭素の濃度または年代が既知の試料の測定結果を表1に示した。NBSシュウ酸RM49についてはベンゼンの合成を3回繰り返し、それぞれについて測定した結果である。3試料の測定結果は標準偏差(1σ)の範囲内で一致した。木片についても試料の個体差があること、また、値付けされた年代に相応の誤差があることを考慮すると、本法で得られた結果との間に大きな隔たりは見られない。

以上の結果より本法は前処理を含め信頼性、再現性に優れ、年代測定のルーチン分析に適していることが確認された。

表1　本法による測定結果

試料名	試料	既知濃度及び年代	測定結果
NBS RM49	シュウ酸	306±2 mBq/g-C	305±6 mBq/g-Carbon
〃	〃	〃	305±6 mBq/g-Carbon
〃	〃	〃	304±6 mBq/g-Carbon
Gak-13935	木片	2870±110 years BP	2630±100 years BP

※誤差は1σ

P4

光ルミネッセンス（ＯＳＬ）年代測定の基礎研究

――遺跡文化層の年代測定――

長友恒人（奈良教育大学）

はじめに

熱ルミネッセンス（ＴＬ）年代測定において測定試料とする石英や長石などの鉱物は、加熱によらず可視から赤外領域までの光によっても励起されて発光する（ＯＳＬ：Optically stimulated luminescence）ことが知られている。ＴＬ年代測定が加熱された試料を対象とするように、ＯＳＬを年代測定に応用すれば、露光した試料を対象とすることができる。ＯＳＬ現象を引き起こす励起波長は太陽光の波長に含まれているので、レスなどの堆積層に応用されているが、遺跡の文化層の年代を直接測定することが可能であると期待される。

測定装置とスペクトル

光ルミネッセンスの測定対象は石英・長石粒子および各種鉱物が混在する微粒鉱物である。励起光源の波長と検出される発光波長を表に示す。Xeランプ＋光学フィルター、赤外ダイオードを石英、長石の励起光源とし、700℃まで昇温可能な試料台を備えたＯＳＬ／ＴＬ測定装置を製作した（ブロックダイヤグラムを図１に示す）。

表.　光ルミネッセンスにおける励起波長と発光波長

光　源	励起波長 (nm)	発光波長 (nm)
石英試料の場合		
アルゴンレーザー	514.5	320
クリプトンレーザー	413, 468, 531, 568, 647, 753, 799	320, 365
ランプと光学フィルター	420-560	
ダイレーザー	615-684	青－紫
長石の場合		
赤外ダイオード	880	330, 400, 570
クセノンランプ	800-1000	400
ヘリウム・ネオンレーザー	633	330, 400, 570
クリプトンレーザー	413, 468, 531, 568, 647, 753, 799	330, 400, 570
アルゴンレーザー	514.5	330, 400, 570
方解石の場合		
赤外ダイオード	950	300-450

赤外ダイオード（波長880nm）を励起光源として測定した長石（オーソクレイスとマイクロクリン）のスペクトルを図２に示す。図は250Gyを照射したときのスペクトルであるが、マイクロクリンはオーソクレイスの100分の１程度の感度である。照射線量が増えるとマイクロクリンの感度はオーソクレイスの10分の１程度であった。

線量依存性と年代測定への応用について

ＯＳＬの線量依存性をオーソクレイスとマイクロクリンについて測定した（図３）。いずれも照射線量10kGyまでの線量依存性は指数関数的であるが、鉱物が吸収する自然放射線量は１

も照射線量10kGyまでの線量依存性は指数関数的であるが、鉱物が吸収する自然放射線量は1万年当たり10-50Gy程度であるから、実際の年代測定で問題とされるされる放射線量の範囲では直線的な線量依存性が期待される。

現在、ＯＳＬ年代測定を試験的に試みるために、湖底堆積物および遺跡文化層から石英／長石粗粒子と微粒子の測定試料を調整している。

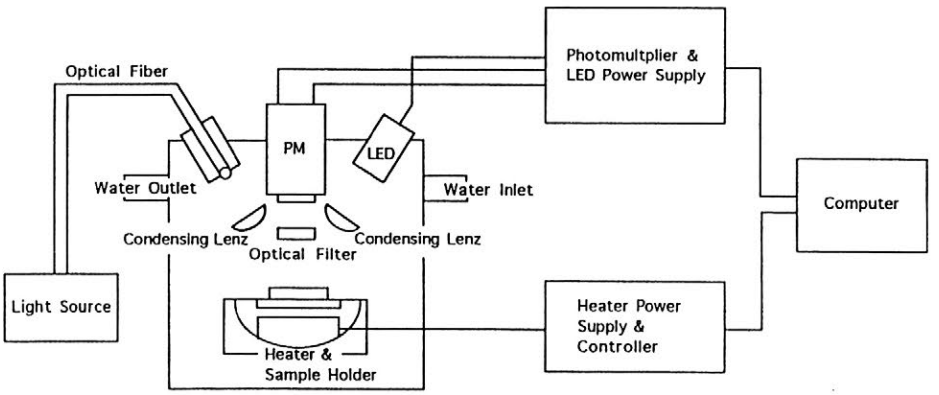


図１．ＯＳＬ測定装置のブロックダイヤグラム

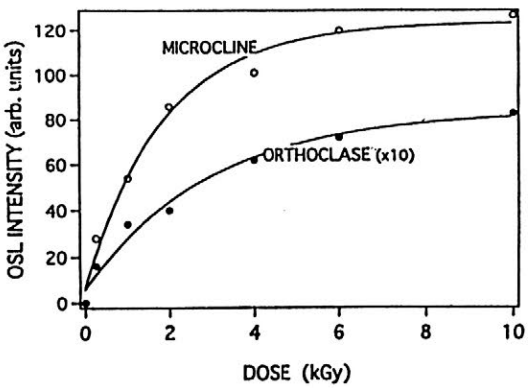


図２．長石のＯＳＬスペクトル
（測定試料はアニール後、250Gy照射）

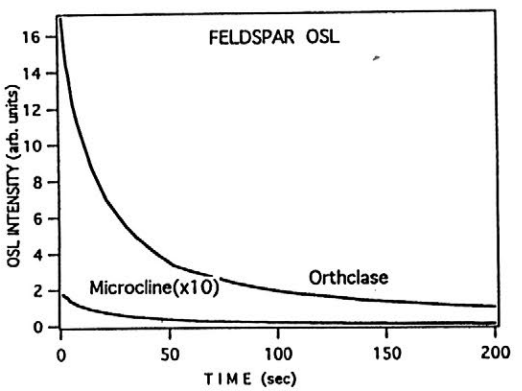


図３．長石ＯＳＬの線量依存性

P5

糞石および水田土壌の土壌微細形態学的研究

松井　章（奈良国立文化財研究所　埋蔵文化財センター）
平山良治（国立科学博物館筑波実験植物園）
宮路淳子（京都大学人間・環境学研究科、日本学術振興会特別研究員）
リチャード・マックフェイル（ロンドン大学考古学研究所）

研究史

土壌微細形態学とは、土壌の薄片を顕微鏡によって観察する研究方法である。土壌微細形態学は岩石分類学と同様の原理をもち、薄片と偏光顕微鏡を利用して行う。この方法は、クビエナの`Micropedology`(1938）に始まり、ブリューワーの`Fabric and Mineral Analysis of Soils`（1964）の出版によって、土壌学において1分野を占めるようになった。その後研究が進展しさまざまな用語が氾濫するなどして用語の統一が望まれていたが、1985年の国際土壌学会におけるビューロックなどの`Handbook for Soil Thin Section Descriotion`(1985)の記載統一で現在に至っている。

考古学への応用は、1950年代にイギリスのイアン・コーンウォールによって初めて試みられた。コーンウォールは、人間が撹乱した堆積物を土壌学的に観察することによって、先史時代の人間活動に関する情報を得ようとした。その後、特にイギリス・オランダ・スペインにおいて遺跡土壌の資料が蓄積され、大型の薄片を作成する技術が進歩し、ヨーロッパでは土壌微細形態学の考古学への応用の研究は着実に進展しつつある。

Dr.マックフェイルらは、ヨーロッパにおける初期農耕の諸様相を遺跡土壌から検証しようとする研究を進めている。この研究は、人間による土地の開墾・耕作や人間の居住その他の諸活動が土壌に与えた影響を、土壌薄片の観察から読みとろうとするものである。

本研究の共同研究者の一人である平山は、日本における土壌微細形態学の研究者であり、大型薄片の微細形態学的手法を利用し関東ローム中の埋没腐植層の生成についての研究をすすめている。そのなかで、連続切片方法にもとづく連続した土壌薄片の積み上げによる三次元再構築を試み、コンピューターを利用した研究をおこなっている。今回の発表は、日本では初めて試みられた、土壌微細形態学と考古学との共同研究の成果の一部についての報告である。

方法

土壌微細形態学とは、土壌の薄片を顕微鏡によって観察する研究方法である。遺跡から土壌/堆積物のブロックを採取し、土壌の成分、粒度、土壌に含まれる有機物、ガス/水の含有率を顕微鏡観察によって明らかするものである。

土壌試料は、後世の撹乱を受けていない地点から採取する。採取した土壌は乾燥処理し、合成樹脂（エポキシ或いは不飽和ポリエステル）を用いて真空含浸させる。硬化した土壌から、ダイヤモンド切断機と研磨機を用いて薄さ20-30μmの薄片を作成する。作成した薄片は、偏光顕微鏡によって観察を行う。日本においては、平山の研究によって現在では15.0×30.0cmという大きな土壌薄片を作成することが可能となっている。これまで地質学などで通常用いられてきた薄片の大きさは、2.2×4.0cmというものであった。この研究で用いた大きな土壌薄片は、その情報量が多さが特徴であり、遺跡に堆積した土壌の構造や層位観察に非常に有効な手段となる。

成果

今回は、岐阜県高山市垣内遺跡（縄文中期）の住居跡に伴う炉跡の土壌断面、愛媛県大三島所在の萩ノ岡貝塚（縄文後期）から出土した糞石、大阪府八尾市池島・福万寺遺跡で検出された弥生時代から近世の水田遺構の土壌について発表を行う。糞石からは魚類の鰭刺、水田土壌からは潅漑水湿性水田の特徴である糸根状斑鉄、茎痕周辺の被熱炭化などが確認されている。また、参考試料としてイギリスで行われている研究の成果を紹介する。

土壌微細形態学を考古学に応用することによって、粒土、鉱物、珪藻、花粉、軟体動物、骨、種実、炭化物などを包含する遺跡の土壌/堆積物について多くの情報を引き出すことができる。特に、水洗などによって失われかねない脆弱な遺物や土壌の性質・性格を、堆積したままの状態で観察することができるということが、この研究法の大きな特徴である。我々はそこから得られた情報を用い、過去の人間がその土地でどのような活動をおこなったのかについての解釈の助けとすることができる。

これまでに世界各地のさまざまな地域の遺跡において試料採取が行われており、諸処で人間が土壌におよぼした影響が観察され、分析・研究が始まっている。対象とされている遺構も耕作地、住居跡、焼畑林地など多様である。耕作地では、クリアランス（開地・開墾）・焼畑の検証、農耕具による耕作が土壌に与える影響、住居跡では床面や炉跡の位置、炉で何が燃料とされていたかなどが分析されている。こうした視点で縄文時代の後晩期の集落付近の土壌微細形態学的研究を行うことができれば、水田稲作に先行する焼畑農耕の存在を証明できる可能性がある。イギリスのバッツァーヒル古代実験農場や西ドイツのハンバーチャーホルスト実験農場などでは、復元した古代の農耕具を用いながら土壌微細形態学的方法を取り入れた種々の実験・観察が行われている。

このように土壌微細形態学を考古学へ適用することによって、遺跡におけるさまざまな人間の活動の痕跡を微細形態学的な観点から明らかにすることが望める。また、分析結果に三次元的広がりをもたせれば、土壌中のさまざまな情報を多面的に解析することも可能となるであろう。

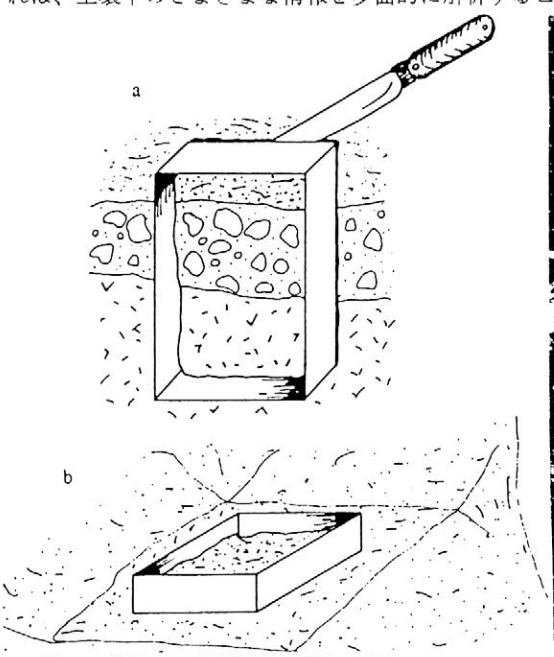


図1．遺跡での土壌薄片用試料の採取

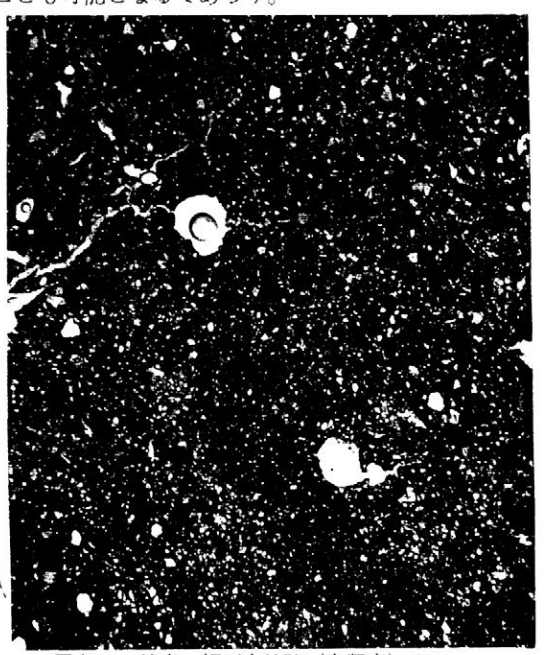


写真1．池島・福万寺遺跡（大阪府）の
近世水田平面の薄片試料

P6

北橘村田ノ保遺跡の古環境復元（２）

○長谷川福次[1] 辻本　裕也[2] 高橋　敦[2]
1)北橘村教育委員会2)パリノサーヴェイ株式会社

1　はじめに

前回、縄文時代後期泥流層下の自然木試料の分析を通して当時の古環境を考察した。その結果、田ノ保遺跡周辺の谷沿いには豊富な種類構成の落葉広葉樹林が分布することが判明した。しかし、トウヒ属材の^{14}C年代測定値が14,360±660y.B.P.を示し、古い地層からの再堆積が考えられ、課題を残している。今回は、Ａ区縄文時代後期泥流下堆積物について木材以外の植物化石の検討を行い、同時に古墳時代の水田が構築されている堆積物と、それに伴うＣ区２号水路と命名した河道堆積物について分析を行った。Ｃ区２号水路堆積物中には植物遺体等の残存状態が良く珪藻・花粉・植物珪酸体の分析、樹種同定、種実遺体同定、昆虫遺体同定を実施した。これらの分析を通して古墳時代の古環境を復元し、縄文時代後期の環境との違いを考察する。

2　遺跡の概要

遺跡は群馬県赤城山西南麓に位置し、標高185mを測る。台地と河岸段丘の間を開析する東川に面した谷地である。縄文時代中期末の集石遺構、後期の低湿地面、古墳時代後期の水田２面（６世紀代Hr-FA下・Hr-FP下）、平安時代末の水田１面が検出されている。植物珪酸体分析によると４世紀前半（または３世紀後半）に降下した浅間Ｃ軽石層より上位で初めてイネのプラントオパールが見られ、古墳時代前期より水田経営が始まったと考えられる。これは隣接する河岸段丘上の北町遺跡の集落形成とよく呼応している。ただし、形状として検出される古墳時代後期の水田と同時期の集落は本村では未発見であり今後の調査課題である。

3　調査地点

調査地点の層序を模式柱状図として図１に示す。このうち、Ｃ区２号水路は、両脇をHr-FAに覆われた水田に接し、南北に流路をとる。水源は東の山麓崖に発生する自然湧水からと考えられている。また、本水田は1995年６月の調査で山麓崖ぎりぎりのところまで広がることが判明した。

調査層準は、Ａ区東壁が縄文時代後期泥流層直下の材を含む砂混じりシルトである。Ｂ区中央がHr-FAとHr-FP直下水田堆積物である。前者が最下部に炭化物の濃集層を狭在する腐植質シルト、後者がラミナの発達するシルト質砂で上部は水田耕作の攪乱によりラミナは認められない。Ｃ区が２号水路内堆積物である。水路の基底は2～3mmの円礫を主とする砂礫である。水路内堆積物は粗粒砂、暗褐灰色砂混じりシルトないし砂質シルトなどからなり、部分的に灰色を呈した中～粗粒砂をレンズ状に挟む。この水路堆積物の主に上半部から流木・種実遺体・昆虫遺体等が検出されている。上位を覆う泥流は有馬火山灰に伴う泥流であることが推定されている。

4　古環境（図２参照）

古墳時代堆積物より出土した木材の多くは落葉広葉樹である。木材や種実遺体の種類は多くが共通しており、エゴノキ属やアブラチャンなど林縁部に生育する種類が多い。おそらくナラ類はクリやエゴノキ属などとともに遺跡近くの林縁部に生育していたと考えられる。この樹種構成は里山林などの代償植生にみられることから、林縁部での水田開発が影響している可能性がある。

草本類も比較的多く検出され、花粉化石ではイネ科やヨモギ属が多い。種実遺体の結果と合わせると水生植物が比較的少ないことから、河道周辺には草地が広がっており花粉化石や種実遺体はそこから供給されたと考えられる。また、縄文時代の堆積層と比べると草本類の割合が高いことから水田等の開発に伴って付近の草地化が進んだことが示唆される。このような草地には、植

物珪酸体の分析の結果からタケ亜科やヨシ属、ウシクサ族などのイネ科植物も生育していた。

落葉広葉樹林は比較的林内が明るく、このような林内から草地にかけてゴミムシ類・コガネムシ類・コメツキムシ類・カメムシ類等の昆虫が生育していたと推定される。動物の糞に集まる昆虫（オオセンチコガネ・ハエ）も認められることから、周囲にシカやイノシシなどの獣が生息していた可能性がある。

以上のように古墳時代の古環境は、縄文時代後期の頃と比較して、人間の影響が及んだ環境であったことが推定される。

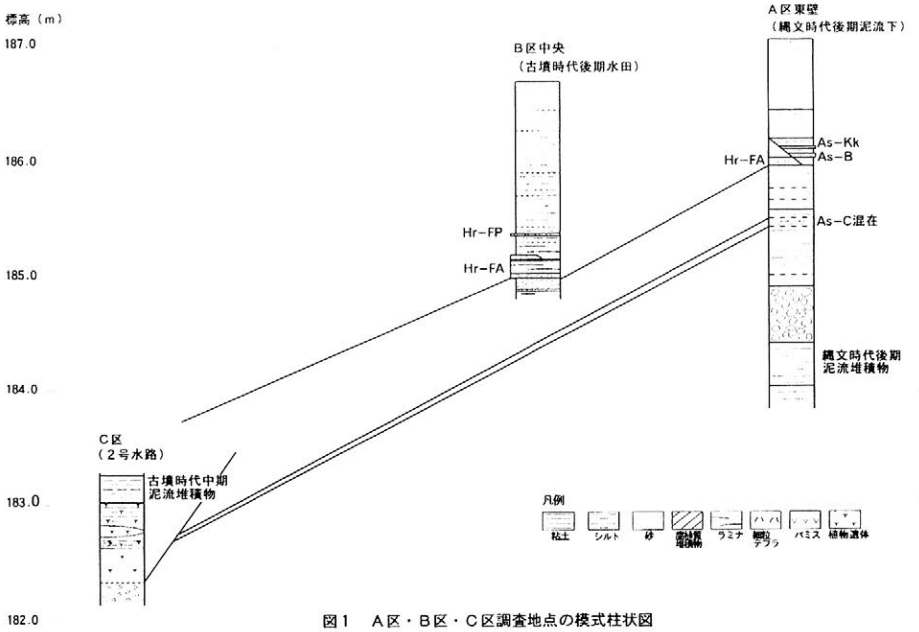


図1　A区・B区・C区調査地点の模式柱状図

年代 y.B.P.	時代区分		遺物・遺構	テフラ・層序	調査層準	化石群集の特徴						古環境	
						珪藻化石	花粉化石	植物珪酸体	種実化石	木材化石	昆虫化石	低地の堆積域	森林植生
	古墳時代	後期	← 水田（畝立中） ← 水田	←Hr-FP降灰 ←Hr-FA降灰	水田耕土	水生珪藻が卓越。中～下流性指標種群のほか、好塩性種・好汚濁性種も多産する。	化石の保存状態悪い。	テフラ直下で栽培種イネ属卓越、その下位でヨシ属が多産する。	未調査	未調査	未調査	水田地帯。水田はヨシ属が繁茂していた場所を切り開いて構築されている可能性がある。	花粉化石の保存状態が悪いため不明。
1500		中期	← 和泉式高杯	←C区側に泥流堆積（有馬火山灰に伴う）	2号水路堆積物	水生珪藻が卓越。中～下流性指標種群の多産。	コナラ亜属の卓越。針葉樹のモミ・ツガ属・マツ属の多産。草本花粉の多産。	ヨシ属の卓越。栽培種イネ属の比較的多産。	木本ではエゴノキ属、ニワトコ属、クリ、オニグルミ、草本ではカヤツリグサ科が多産。栽培種イネも認められる。	ｷﾝｷﾞﾝﾊﾞｲ節、クヌギ節、クリ、トネリコ、クスノキ科、ケンポナシ属、エゴノキ属などが認められる。	ｷﾝｼﾞｭｳｺﾞﾛｳなどの水辺・水中の種類、ｺﾒﾂｷﾑｼ類など明るい草地や樹林・畑地の種類が混在	2号水路近辺には、ヨシ属やヨモギ属、カヤツリグサ科などが生育する草地が存在。また、周辺で稲作が行われていた可能性がある。	コナラ亜属、クリ、エゴノキ属など落葉広葉樹からなる植生。 樹種構成より人間の植生干渉の影響が考えられる。
		前期	（後背の河岸段丘上に位置する北町遺跡では住居跡構築） ← S字甕B類	←As-C降灰									
2000	弥生時代												
3000	縄文時代	晩期											
		後期	← （北町遺跡で住居址土坑（堀之内II）） ← 集石（加曽利E4）	← 泥流堆積	泥流下堆積物	陸生珪藻と水生珪藻が混在する	コナラ亜属の卓越。モミ・ツガ属など針葉樹の多産。	タケ亜科の卓越。ヨシ属を伴う。	オニグルミ・ブナが出現。	ｺﾅﾗ節,ｷﾊﾀﾞｲ節,ｶｼﾜ属,ﾄﾈﾘｺ属が多産。ﾊﾝﾉｷ属,ｸﾏｼﾃﾞ属,ブナ,クリ,エノキ属,サクラ属,クスノキなどを伴う。	未調査	土砂供給の多い場所（化石の二次堆積）	コナラ亜属を中心とした樹種構成の豊富な落葉広葉樹林
4000		中期											
5000													

図2　田ノ保遺跡の各化石群集からみた古環境

P7

珪藻化石群集による低地堆積物の古環境推定について

―混合群集の認定と堆積環境の解釈―

堀内　誠示・高橋　敦・橋本真紀夫
（パリノ・サーヴェイ（株））

１．目的

遺跡調査における古環境の解明、特に水域あるいは堆積環境の推定には、珪藻分析が極めて有効である。

筆者らは、遺跡の発掘によって得られた堆積物から、珪藻化石を抽出し、堆積時の環境の推定を行ってきた。これまで環境解析を行った遺跡は、低地から台地上あるいは山地に至るが、低地部の遺跡が最も多い。低地の遺跡における堆積物に認められた珪藻化石群集は特徴が掴みにくく、当初から堆積環境の推定では困難を極めていた。特に遺跡を被覆する堆積物で、塊状の砂質シルト層あるいは砂質粘土層といった細粒の堆積物中の群集である。これらの堆積環境は、これまで分析が行われた遺跡の結果をみると沼沢地、湿地あるいは池沼といった実に様々な環境が推定されている。しかし、沼沢地、湿地および池沼等の環境に推移するには、地下水位の上昇を考えなければならないが、海進などの特別な場合を除いては考えにくく、それまで人間が生活していた場所と考えれば不自然と言わざる得ない。

そこで、多くの遺跡の遺構の産出状況とそれを覆う層準の分析結果の再検討を行ってみると、珪藻化石群集に特徴のあることが分かった。特徴とは、遺構面を被覆する堆積物中の珪藻化石は、複雑な群集であり、特徴を捉えにくく解釈の仕方によっては、どのような環境にでも見える群集である。細かい点に注意すれば、堆積物中に含まれる化石の絶対量自体が少ないこと、種数は多いがいずれの種も低率で優占種が認めにくく、生育環境にばらつきがあることに気づくのである。一般に湿地・池沼・河川等の限られた環境に生育する珪藻は、逆に種数自体は少なく、数種が優占し、生態性が同様な種群が共生している。このことから考えて、先の群集は、明らかに「混合群集」であると考えられる。

遺跡を覆う堆積物中の混合群集は、優占種が認めにくい等の特徴から、二次化石の混入といった程度のものではなく、河川の氾濫により上流から流されてくるものに加えて、低地部の地表の物質を巻き込むような状況下で、著しく攪拌されたことによるものと考えられる。すなわち、混合群集が認められた堆積物は、氾濫時における一過性の堆積物の可能性が示唆される。

本研究は、低地遺跡の混合群集が洪水に起因すると仮定し、混合群集の特徴を認識し、現在の堆積物の群集との比較により検証を試みる。また、珪藻分析におけるタフォノミーを意識した群集の捉え方の重要生について問題提起し、解決策を提案する。

２．試料と方法

試料は、現在の群集を把握するため河川の流れのある水底（礫）に付着する種群を採取した。河川は利根川水系の烏川と神流川を選定した。また、流水中にも珪藻の遺骸等が含まれることが予想されることから、群集とその量を知るため流水(10ﾘｯﾄﾙ)も採取した。一方、最近起こった洪水の堆積物中の群集を把握するために、氾濫が確認された河川敷の断面観察を行うと共にその堆積物を採取した（図１）。それぞれの採取試料のうち現生の試料については、生態と遺骸を区別するためにエオジン、ヘマトキシリン液を用いて細胞の染色を行った上でプレパラートを作製した。

なお、過去の堆積物に適用するための対照資料として詳細な研究が行われた東京都の前津遺跡のデータを使用させて頂いた（図２）。

３．結果および考察

河川の礫に付着した種群は、種数は9～10分類群と少なく、烏川で *Nitzschia frustulum*、*Gomphonema parvulum* および *Nitzschia amphibia* の３種、神流川で *Cocconeis ppediculus*、*Diatoma vulgaris* の２種が優占し、それ以外の種は低率であった。また、烏川、神流川の流水中に含まれる珪藻の数は、遺骸が1ﾘｯﾄﾙあたり10^3～10^4個に対して生体が10～30個体という結果が得られた。この結果から、河川の流水中には、遺骸・生体を含めるとかなりの数の珪藻殻が含まれていることが確認された。

一方、洪水に起因する堆積物１ユニット中の中下部層準には、珪藻化石は少ないが、流水不定性種が優勢であり、好流水性種も卓越する傾向にあるほか、好止水性種および陸生珪藻と伴う群集が認められた。また、個々の種の産出率は低く10％以下であるが、検出された種数は、20～30分類群と多い傾向にある。一方、１ユニットの堆積層の最上部では、中下部層準に比較して化石の絶対量が多い傾向にある。群集は、陸生珪藻が優占し、他の種群は低率で生態性がばらつく傾向が認められた(図１)。これは、河川から流出した堆積物は洪水の鎮静化後に、表層が乾いたことを示していると考えられる。

以上のように、流水中の遺骸群集および氾濫堆積物中の群集は、特定の水域（池、河川または湿地等）に生育する群集と異なり、生育環境を異にした本来は共存しえない種群の集合といえる。すなわち、これが混合群集であり、前津遺跡で認めた遺構を被覆する堆積物中の群集と同様のものである。したがって、前津遺跡で混合群集が認められた層準は、洪水堆積物の可能性が高いと言えよう。

４．群集解析の注意点

このような混合群集の特徴を把握した上で低地における堆積物の珪藻分析結果の解析方法および注意点として、次のようなことが上げられる。

①混合群集と特定の水域の群集には、種数および優占種の産出状況に歴然とした差があることから、ダイヤグラムの読みとりの際に念頭においておく。また、低地部の堆積物中の群集は、殆どが混合群集であり、群集から直接的に水域環境を特定できる群集が認められることは極めて少ないと考えておいたほうが妥当である。

②生態性別の産出率を求め、それぞれの産出率にばらつきがある際には、混合群集の可能性を考えてみる。特に、次のようなパターンの群集はさらに注意してみる。

パターンその１：優占種群は流水不定性種でやや好流水性種が卓越し、好止水性種、陸生珪藻も低率に伴う。

パターンその２：優占する種群が陸生珪藻で好流水性種・好止水性種その他が稀産する。

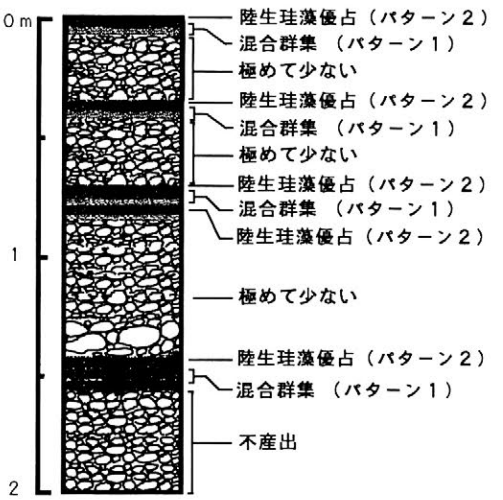


図１．神流川河川敷の洪水堆積物の断面および各層の珪藻化石群集の特徴

パターンその１は洪水性、パターンその２は洪水の後の乾いた表層やある程度の期間に地表として露出した時期がある層準と推定される可能性が高い。なお、堆積物との関係は、洪水堆積物は氾濫源に近い場合は礫・砂層などの粗粒な堆積物であるが、氾濫源から遠ざかるに従い細粒化する。砂質のシルトあるいは粘土層は静穏な環境下に堆積したと錯覚されがちであるため、混合群集に注意して環境を推定すべきである。また、洪水堆積物は相対に化石含有量が少ないが、その少ない層準の最上部にパターン２の群集が多産する場合、逆にその単層が一過性の堆積物である可能性を疑ってみたほうが良い。それには、分析の際に単層中から一層準では不十分で少なくとも中部と最上部の２層準の群集をみる必要がある。

５．おわりに

冒頭で述べたように低地の堆積物の珪藻化石群集の殆どは混合群集であり、河川の氾濫堆積物あるいはその影響を受けた堆積物と考えられることから、そのことを念頭において化石群集をみていくことが大切である。これまで、植生の変遷等を考える研究者の間では、低地の堆積物が敬遠されがちであった点からも、低地が不安定な環境下に置かれていたという予測によるともと思われ、本研究の結果は当然と言えるのかもしれない。しかし、遺跡が低地に多く存在することも事実であり、低地部の堆積環境の解明は、低地における人間の生活（遺跡の放棄・廃絶）を考える上では重要なテーマと考えられる。そのため、今後も解明の方法について模索し、精度の向上を追求していく必要があるが、その際に化石のタフォノミーを考えたものでなければ意味のないものになってしまう可能性が高い。

最後に、混合群集は、洪水等の一過性の堆積物みならず水田のような攪乱を受けている堆積物でも認められる。水田の場合は、混合群集でも洪水堆積物に比較すれば種群のばらつきは小さく特徴を捉え易いが、これについては次の機会に報告したい。

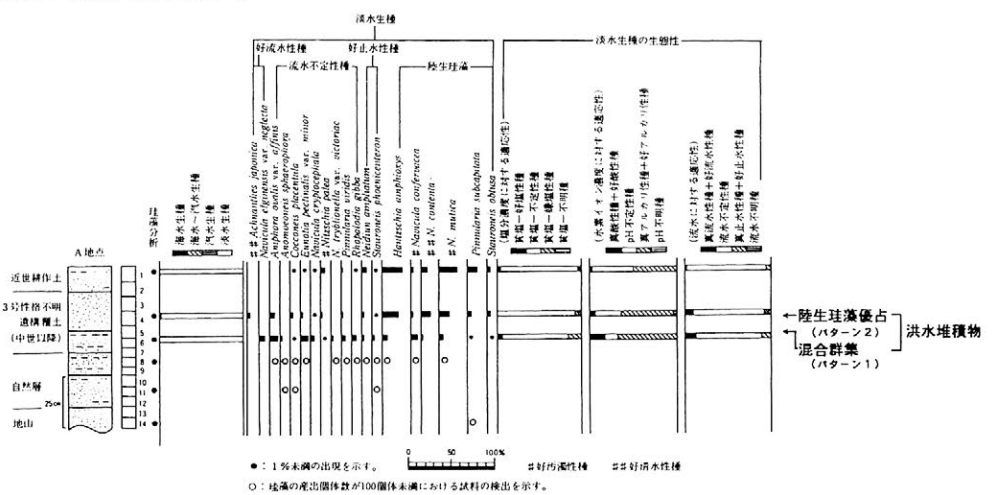


図２．前津遺跡Ａ地点の珪藻化石群集の変遷

P8

中国・温帯ジャポニカの珪酸体密度およびその珪酸体係数

○宇田津徹朗[1)]、鄭雲飛[2)]、王才林[1)]、川尻佳文[1)]、藤原宏志[1)]
1）宮崎大学農学部
2）鹿児島大学連合農学研究科

1．はじめに

1989年から、宮崎大学、国立遺伝学研究所、江蘇省農業科学院による中国新石器時代の稲作に関する共同研究が開始された。以来、92年には南京博物院も加わり、93年からは文部省国際学術調査「揚子江下流域における古代水田址に関する調査研究」が開始され、現在も継続中である。これまでの調査により、現在から6000年前の水田遺構の検出をはじめ、新石器時代の稲作に関する数多くの成果があがっている。

これら一連の調査においては、プラント・オパール分析法が重要な役割を果たしてきた。特に同法の重要な分析法である定量分析法は、水田遺構の包蔵層および包蔵域の推定において極めて有効である。定量分析法では、ガラスビーズ法を用いて試料１ｇ中に含まれるプラント・オパールの数を定量する。土層の堆積速度によって異なるが、おおむねこの数が5000個を越えると水田遺構が存在する可能性が高いと判断される。さらに、定量分析法では、検出されたプラント・オパールの量から由来する植物体の生産量を算定することも可能である。この際に用いられる係数（１個のプラント・オパールが代表する給源植物の各部植物体重）は珪酸体係数（ｇ／個）と呼ばれる。

イネについては、従来、日本の在来品種（対馬赤）のものがその係数として用いられてきた。しかし、中国での調査に定量分析法を適用してゆくには、中国の在来品種の珪酸体係数を明らかにしておく必要がある。

そこで今回は、中国の在来品種のうち特に温帯ジャポニカのイネについてその珪酸体密度および珪酸体係数について調査した結果を報告する。

2．材料および方法

○供試試料

供試したイネは、中国の温帯ジャポニカ２０品種である。なお、この試料は、静岡大学農学部の佐藤洋一郎氏より提供いただいたものである。

イネは、宮崎大学農学部実験圃場で普通期栽培し、各品種について５個体を実験用試料とした。

○方法

供試イネ２０品種について珪酸体係数を求めた。求めた珪酸体係数は、全重、葉身重、籾重の３つについてである。手順は以下の通りである。

①風乾したイネ試料について全重、葉身重および籾重を計測する。

②葉身中に含まれる機動細胞珪酸体の量を定量する。

③全重、葉身重、籾重を機動細胞珪酸体の数で割り、各部位の珪酸体係数（ｇ／個）を算出する。

なお、機動細胞珪酸体の定量は、ガラスビーズ法を用いて行った。具体的な手順を図１に示す。

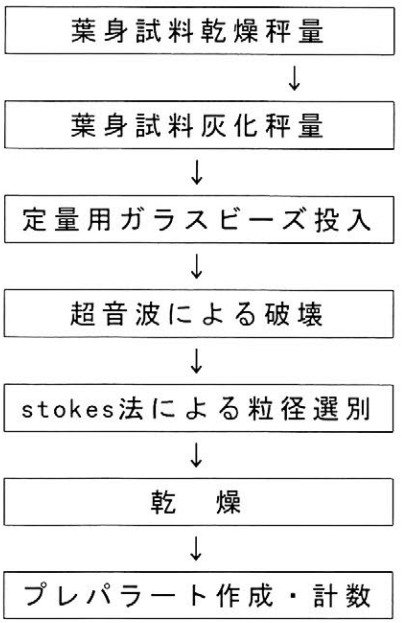


図１　機動細胞珪酸体の定量

３．結果

２０品種について求めた各部の珪酸体係数は、以下の通りであった。

全重の珪酸体係数：1.12×10^{-5}～1.12×10^{-4}　平均：5.15×10^{-5} g/個

葉身の珪酸体係数：3.75×10^{-6}～2.97×10^{-5}　平均：1.25×10^{-6} g/個

籾部の珪酸体係数：1.72×10^{-6}～3.79×10^{-5}　平均：1.43×10^{-5} g/個

（分散分析の結果、品種間には有意差（有意水準１％）が認められたが、個体間には認められなかった。）

これは、これまで用いられてきた在来イネ（対馬赤）の珪酸体係数（全重：1.35×10^{-5}、葉身：2.65×10^{-6}、籾重：6.25×10^{-6} g/個）に比べ、大きな値となっている。

４．考察

中国・温帯ジャポニカの珪酸体係数を調べたところ、これまでの係数に比べ、大きな値をとる（同じ珪酸体密度の場合、推定生産量が多くなる）という結果を得た。しかし、品種間による珪酸体係数の変異が大きく、今回の結果から新しい珪酸体係数を設定するのは困難である。さらに多くの珪酸体係数を調査する必要がある。また、今後、生産量を中心に議論する場合には、調査地域の在来イネの珪酸体係数を明らかにしておくとともに、珪酸体係数のもつ品種間の変異を十分に考慮することが重要である。

P9

イネの機動細胞珪酸体形状に及ぼす環境の影響

○王才林（宮崎大学農学部）・宇田津徹朗（同）・藤原宏志（同）
鄭雲飛（鹿児島大学大学院連合農学研究科）

1．はじめに

近年、プラント・オパール分析法が中国における古代稲作址の検証に応用され、数多くの成果が挙っている。その一方で、プラント・オパール分析法における基礎的研究も進んできている。これまでの研究により、イネの機動細胞珪酸体の形状特性及び遺伝的特性が明らかにされ、珪酸体形状及びその主成分による亜種判別式が確立されている。機動細胞珪酸体は、機動細胞の細胞壁に珪酸が沈積することによって形成されたガラス質の殻であり、その形状は、機動細胞に由来するものである。一般に細胞の大きさは、その成長環境に多少とも影響されるものである。したがって、環境による機動細胞の形状変異が大きければ、亜種判別式の一般性に問題が生じることになる。

そこで本報では、栽培環境による珪酸体形状の変異を明らかにし、亜種判別法の実用性を検討した。

2．材料及び方法

供試材料は、中国を主として、アジア諸国から集められた改良イネ30品種であり、うちIndicaとJaponicaはそれぞれ15品種である。これらの品種を中国の海南と南京及び日本の宮崎の３つの環境で栽培した。海南と宮崎は、それぞれIndicaとJaponicaの代表的な栽培環境とみなし、南京では、IndicaとJaponicaの両方とも適応する環境である。いずれの環境においても、当地の慣行栽培法により栽培を行った。

それぞれの環境で栽培した材料から、出穂後30日を経過した止葉を５枚程度採取し、藤原（1976）の方法で機動細胞珪酸体を抽出し、形状解析を行った。各品種の珪酸体の形状値とその亜種判別得点を用いて分散分析及び相関分析を行い、珪酸体形状の栽培環境による変異を検討した。

3.結果

○栽培環境による珪酸体形状の変異

海南、南京、宮崎の３つの環境で栽培された30品種の珪酸体形状解析結果について、環境及び品種を要因とした二元配置分散分析を行った。その結果、品種間、栽培環境間及び栽培環境と品種の交互作用の差は、４つの形質形状において、いずれも１％あるいは５％の水準で有意であった。全分散に占める割合を見ると、環境による変異はわずか0.41～8.18%であった。４つの形質についてみると、縦長と横長の変異はやや大きいのに対し、側長とb／aのそれはやや小さかった。

それぞれの環境で栽培された30品種の珪酸体形状の相関分析を行った結果、３つの環境間の相関係数は、各形質においていずれも５％あるいは１％の水準で有意であった。また、４つの形質について、環境間の相関係数を比べてみると、縦長と横長よりも、側長とb／aの相関のほうが大きいという傾向が見られた。

○栽培環境による亜種判別結果への影響

海南、南京、宮崎の３つの環境で栽培されたイネ30品種について、それぞれの環境の下の珪酸体形状値を用い、アジア在来イネ97品種の珪酸体形状の主成分分析結果から作成した亜種判別式

$$Z4=0.4947VL-0.2994HL+0.1357LL-3.8154b/a-8.9567$$

VL:縦長、HL：横長、LL：側長、b/a：縦長分割比

（Z4＜0: *indica*; Z4≧0: *japonica*）

による判別得点を求めた。

それぞれの環境について判別得点の分布を見ると、３つの環境において判別得点の分布は重なる部分が多い。また、判別率は、海南、南京、宮崎はそれぞれ83%、80%、83%となり、ほぼ同じであった。このように環境によって、各品種の判別得点には若干の変異が認められるものの、判別結果には大きな違いが認められなかった。また、供試試料の73%にあたる22品種の判別結果は、いずれの環境でも一致している。さらに、環境間における判別得点の分布をみると、南京と宮崎、海南と宮崎及び海南と南京の間には、いずれも高い相関関係が見られた。

４．考察

機動細胞珪酸体は、機動細胞の細胞壁に珪酸が沈積することによって形成されたガラス質の殻である。したがって、機動細胞珪酸体の形状は、機動細胞の形に由来するものである。一般に細胞の大きさは、その成長環境に多少とも影響されるものである。そこで、本研究では、海南、南京、宮崎の３つの環境で栽培したイネ30品種の機動細胞珪酸体形状を調べ、環境が機動細胞珪酸体形状に与える影響を明らかにするとともに、亜種判別式の一般性（栽培環境の異なる調査地域への適用の問題）を検討した。

その結果、４つの形質とも、栽培環境によって有意差が見られた。なかでも、珪酸体の大きさを表す縦長と横長の変異が珪酸体の形を表す側長とb／aよりも大きくなる傾向が認められた。これは、供試した試料の止葉の成長期において、宮崎と海南の環境が機動細胞の成長に有利に作用したためであると考えられる。

葉の成長を支配する環境要因には、温度、日照、水分、養分などがある。なかでも、温度が細胞の大きさに及ぼす影響が大きい。本実験で認められた珪酸体の大きさの変異は、おそらく温度によるものと考えられる。

しかし、これら環境による変異を珪酸体形状における全変異の割合からみると、縦長と横長において約 8%、側長とb／aにおいてはそれぞれ0.41%と0.84%に過ぎない。相関分析では、珪酸体形状において、環境間に高い相関関係が認められた。また、珪酸体形状による亜種判別得点は、栽培環境によって若干変異がみられるものの、亜種判別結果には大きな違いが認められなかった。

以上の結果から、栽培環境は珪酸体の形状、とくに大きさに影響がみられるものの、亜種判別結果には大きな影響がなく、亜種判別式を様々な地域への調査に適用することが可能であると判断される。

P10

植物珪酸体分析による遺跡周辺の古環境推定（第３報）

－宮城県高森遺跡周辺における約50万年間の気候変動－

杉山真二・早田　勉（古環境研究所）

植物珪酸体分析による古環境復原の試みは、これまでおもに最終氷期以降の堆積物について行われ、関東周辺ではおよそ１万年前を境にクマザサ属主体からメダケ属（ネザサ節）主体のイネ科植生に変遷していることが知られている（佐瀬ほか，1987，杉山ほか，1992）。ネザサ節はクマザサ属よりも比較的温暖なところに生育していることから、この植生変化は完新世初頭の気候温暖化に対応しているものと考えられる。

宮城県築館町高森遺跡では、多くの層準から石器が検出され、下位の石器包含層は放射年代測定の結果などから約50万年前と推定されている（東北歴史資料館，1993）。また、高森遺跡が位置する佐沼丘陵の火山灰土には多くのテフラ層が認められ、テフロクロノロジーによる層序学的検討が行われている（早田，1993）。ここでは、佐沼丘陵の火山灰土の50層準から採取された67試料について植物珪酸体分析を行い、約50万年間における古環境の推定を試みた。

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）をもとに、おもに機動細胞珪酸体について行い、おもな分類群について植物体生産量を算出した。結果は次の通りである。

１．植物珪酸体の保存状態は全体的に比較的良好であり、クマザサ属やメダケ属（ネザサ節）などのタケ亜科が普遍的に検出された。

２．クマザサ属とネザサ節の生産量の比率（ネザサ率）は層位によって大きく異なり、その変遷には明らかな周期性が認められた（図１）。これは約10万年周期の気候変動サイクル（氷期－間氷期）に対応するものと考えられる。

３．高森遺跡の下位の石器包含層は、ネザサ率が高いことから間氷期に相当すると考えられ、ネザサ率の変遷および水成堆積物の花粉分析結果などから酸素同位体ステージ13あるいは15に対比される可能性が考えられる。また、少量ながらメダケ節（現在は福島県以南に分布）が見られることから、当時の気候は現在よりも比較的温暖であったものと推定される。

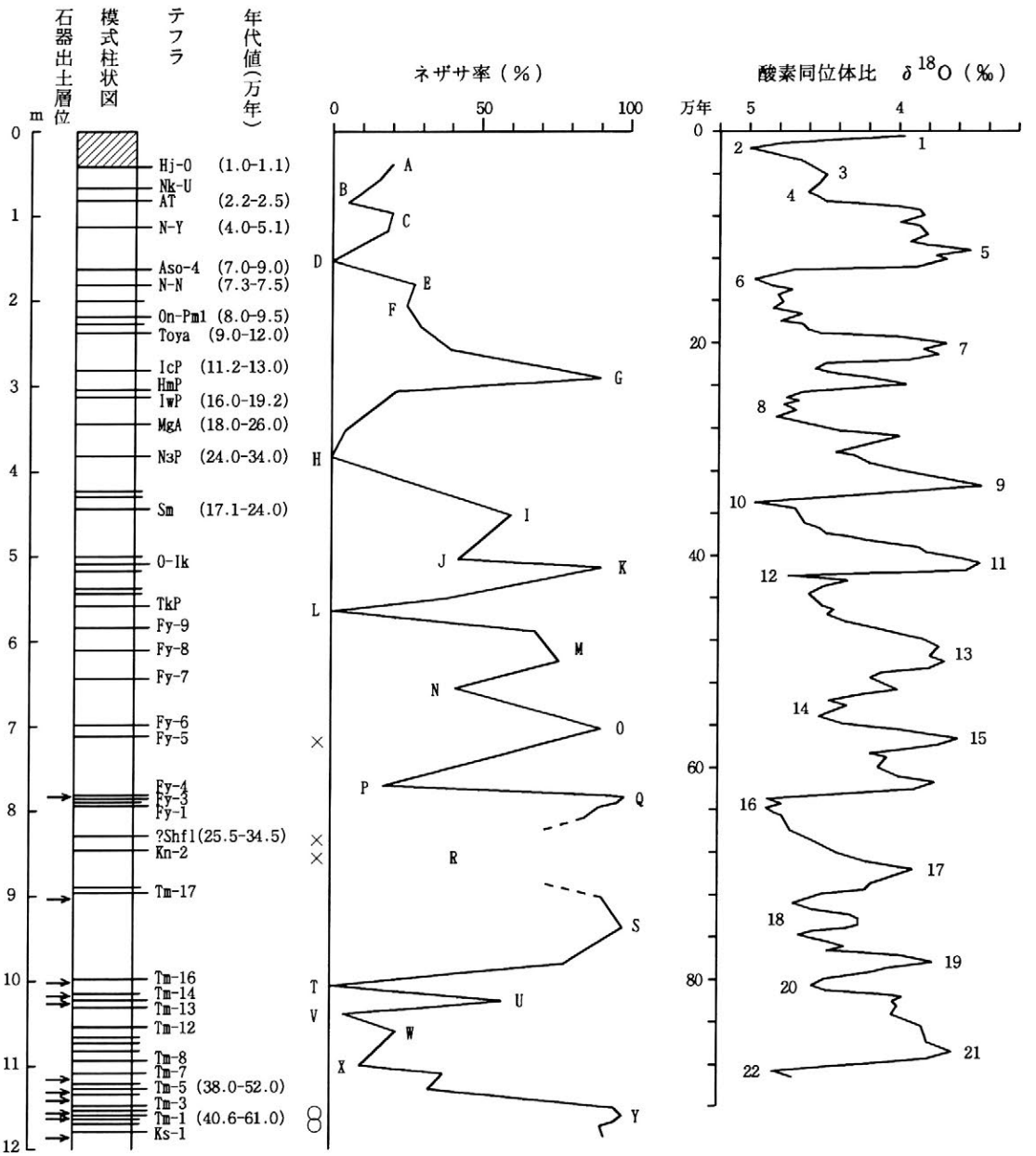


図1　宮城県佐沼丘陵の火山灰土におけるネザサ率の変遷および深海底コアの酸素同位体比曲線

×：植物珪酸体未検出，○：メダケ節検出．酸素同位体比のデータはODP Site 677 (Shackleton et al.,1990).

P11

遺跡から見た濃尾平野の地震発生履歴

服部　俊之　（（財）愛知県埋蔵文化財センター）

1．はじめに

愛知県西部から岐阜県南部に広がる濃尾平野は、木曽川・長良川・揖斐川の木曽三川が形成した広大な面積を有する沖積平野である。古くから人々はこの不安定な地盤の上に生活の場を広げてきた。1995年の兵庫県南部地震以来、こうした軟弱地盤地帯における地震災害の恐ろしさが注目されているが、濃尾平野地域での過去の地震災害については未だ明らかにされていない。

今回は、遺跡の発掘調査において確認した地震の痕跡から推定される、濃尾平野における歴史時代の大規模な地震発生の時期について報告する。

2．地震痕を確認した遺跡

今回の報告で地震痕を確認した遺跡は、図１に示した24遺跡である。すべての遺跡において1891年に発生した濃尾地震の地震痕を確認しているが、図２に示した遺跡においては、さらに近世以前の地震痕を確認した。

・北道手遺跡

古墳時代初頭の遺物包含層を変位させ、上位の地層には影響を与えていない小断層が確認された。

・田所遺跡

古墳時代後期の水田耕作土上に広がり、奈良・平安時代の遺構に掘り込まれた噴砂が確認された。（白鳳南海地震；684年に対応する東海地震か？）

・大毛池田遺跡

古墳時代を中心とする３時期の噴砂を確認した。このうち古墳時代前期～後期の間と推定される噴砂は幅2m、上昇量1m以上に及ぶ大規模なものであった。

・大毛沖遺跡

８～12世紀の間に発生した地震による地盤の水平移動が観察された。

・門間沼遺跡

古墳時代前期、後期の２時期および中世（14世紀中頃）の噴砂が観察された。特に14世紀中頃のものは1361年の正平南海地震に対応する東海地震によるものか？

・一色青海遺跡

弥生時代中期の方形周溝墓の周溝内に噴き出す噴砂が確認された。

・地蔵越遺跡

平安時代前期の遺構に上端部を削られた砂脈と平安時代前期頃の地層堆積面に広がる噴砂が観察された。それぞれ745年の美濃国府を震源とする地震、887年の仁和南海地震に対応する東海地震に相当するものと推定できよう。

・荒尾南遺跡

弥生時代前期の地盤の水平移動により切断された杭列と、直後に打ち直されたと考えられる切断されてない杭列が確認された。

3．まとめ

濃尾平野地域の遺跡の発掘調査では図２に示すように1891年の濃尾地震、1944年の東南海地震を含め少なくとも10回の地震発生の痕跡が確認できた。この後はさらに複数の遺跡において、より精度の高い年代決定資料が得られることを期待したい。

図１．地震痕を確認した遺跡

（東海三県地盤沈下調査会、1985 を改変）

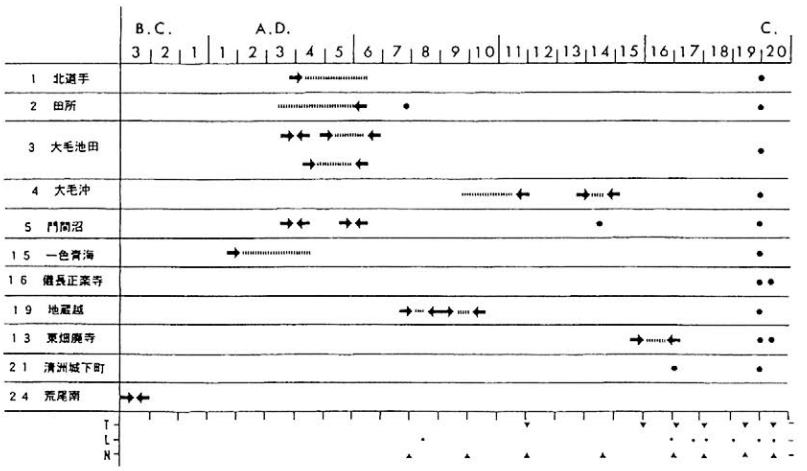


図２．地震発生年代推定図

下段は地震史料による主な地震の発生年代を示す。

Ｔ；東海地震、
Ｎ；南海地震、
Ｌ；内陸型地震

P12

大阪府八尾市田井中遺跡の泥質堆積物にみられた地震による変形構造

松田順一郎
(財団法人 東大阪市文化財協会)

はじめに
大阪府中央部の河内平野沖積低地では、完新統沖積上部砂層相当層と頂部泥層の累重中に過去の地震による変形構造が、いくつもの層準に見い出される。沖積低地の堆積盆中央では、堆積空間が大きいため、変形構造をなす層準は累重の垂直範囲に離散的に分布することが多い。しかし、堆積盆の縁辺では、とくに頂部泥層の層厚が小さく、約2千数百年間の堆積層が収斂する傾向を示す。沖積低地表層地質の層序対比のマーカーとして、地震による変形構造を用いる試みのなかで、このような垂直範囲の狭い累重中の、一見連続する変形構造から複数の地震動による変形イベントを識別する方法については充分に検討してこなかった。沖積低地南部の堆積盆の縁辺に近く、沖積頂部泥層の層厚が小さい田井中遺跡では、2・3の変形構造の重複ないし切りとり(truncaion)を観察することができた。また、上位層の変形と同時に形成されたと考えられる、下位層の水平せん断面が見い出された。
変形ゾーン
1回の地震動(変形イベント)で変形した堆積物の垂直範囲を変形ゾーンと呼ぶ。田井中遺跡では、出土遺物から相対年代が知られる、以下のような、少なくとも5つの変形ゾーンが観察された(図2)。
変形ゾーンI
地表下約2.8～3.25m(現地表面は標高約10m)までの砂層、砂質シルト質粘土層・炭酸鉄結核に富むシルト質粘土層にまたがって、上位よりロードキャストおよびボールアンドピロー構造・フレーム構造・ロード構造がみとめられた。最上位の砂層に載るわずかに砂質のシルト質粘土が変形構造をなさないので、この変形ゾーンの上端は、砂層の上面付近になる(層準a)。変形ゾーンの下端は、ロード構造(水平方向の堆積物の流動を伴う)の下底が、炭酸鉄結核に富むシルト質粘土層中で下位のフレーム構造を切っており(層準b)、この層準と判断できる。最上部の砂層直下は、平安時代初頭の水田跡で、これを変形イベントの年代とする。この変形ゾーンの下半は古墳時代後期～奈良時代の相対年代が与えられ、この期間には沖積低地中央部の累重には2・3の変形構造がみとめられており、堆積状況の異なる場所では、さらに区分される可能性が高い。
変形ゾーンII
地表下約3.25～3.4mまでの植物遺体・炭酸鉄結核に富むシルト質粘土層、植物遺体・炭酸鉄結核に富む砂質シルト質粘土層、シルト質粘土層にまたがって、上位よりフレーム構造・ロード構造および水平のせん断面(層準c)がみとめられた。この変形ゾーンの上端は、上位の変形ゾーンで切られており、その(層準b)の直上、で、その相対年代は古墳時代後期頃と考えられる。下端は水平方向のせん断面の直下と考えられる。変形ゾーンIIIのフレーム構造や上位から発達した根の跡の変位からみて、上位堆積物が、全体に北北西に10～15cm相対的に移動したと考えられる。せん断面の上下の構造が変位方向に傾いていることから、粘塑性変形から不可逆的な破壊変形に発展したと思われる。せん断面上位のロード構造の下に凸な形に注目すると、上位堆積物の変位方向に押しつけたような非対称形をなし、せん断はこの変形ゾーンに伴うものと判断される。(せん断面付近の微細な構造については、さらにその形成機構をあきらかにすべく現在観察・分析をすすめている。)
変形ゾーンIII
地表下約3.3～3.5mまでのシルト質粘土層・有機物に富むシルト質粘土層に、フレーム構造・ロード構造およびフィッシャーがみとめられた。本変形ゾーンの上端は、上述の水平せん断面の直上にあると考えられる。また、従来からの観察で、フィッシャーが変形ゾーンの下部に発達することが知られているので、その及ぶところが変形ゾーンの下端となる。変形ゾーンII中部の砂質シルト質粘土の直上で古墳時代前期、布留式土器が出土することから、本変形ゾーンはそれよりもやや遡り、古墳時代前期庄内式土器の時期ないし弥生時代後期末の相対年代が与えられると考えられる。
変形ゾーンIV
地表下約3.45～3.6mの有機物に富むシルト質粘土層・有機物に富む砂質シルト質粘土層にフレーム構造・ロード構造がみとめられた。本変形ゾーンの上端は不明瞭であるが、上位の変形ゾーンのフィッシャーが本変形ゾーンのフレーム構造を切っているので、その起点となる面(層準d)の直下と考えられる。下端は砂質シルト質粘土中で、変形をこうむっていないと考えられる層準eの直上である。上下の変形ゾーン中の相対年代が知られる堆積層から判断して、本変形ゾーンは弥生時代中期、上端の位置からその後半と想像される。
変形ゾーンV
地表下約3.65～3.75mの2枚の有機物を含むシルト質粘土層に、フレーム構造・ロード構造がみとめられた。本変形ゾーンの上位の砂質シルト質粘土との境界が変形をこうむっていないので、ゾーンの上端はこの層準(e)と判断される。下端は下位層の上部と考えられる。層準e以下は、弥生時代前期の集落に

隣接する窪地に、集落が廃棄された直後までの期間に堆積した泥で、変形イベントの相対年代は、前期後半と考えられる。

変形ゾーンVI

調査区の異なる地点では、柱状図(図2)下部の砂礫層は上面の高度が下がり、シルト質砂(極細粒砂～細粒砂)層の下位に伏在するようになる。シルト質砂の上位には、層厚数cmの粘土質シルトと、さらに層準fに対応する有機物・植物遺体に富む粘土薄層が載る。後者を挟んで上下には、フレーム構造・ロード構造がみとめられ、たがいに不調和的な変形の形態をなすことから、下位の変形構造は上位のそれとは異なるより古い変形イベントによる変形ゾーンVIとみなされる。また、シルト質砂を割って、その下に伏在した砂礫層から発達したダイク(砂脈)は、本変形ゾーンの下部で、ロード構造の下に凸な形態に沿って変形している。弥生時代前期の堆積層(層準e～f)の直下に位置する層準fからは縄文時代晩期末の長原式土器、その下位の砂礫層上部では、縄文時代晩期後半の滋賀里Ⅳ式土器が出土している。この下位層からのダイクはより上位の変形ゾーンを切って発達しておらず、ダイクと本変形ゾーンの形成時期が異なるとしても縄文時代晩期末に少なくとも1回の変形イベントがあったと考えられる。

以上、現地での観察結果を中心に述べたが、ポスターセッションでは、上述した水平せん断面の検討結果や、沖積低地中央部の変形ゾーンとの対比結果を示すことにする。

'96/4

図2 田井中遺跡 柱状図

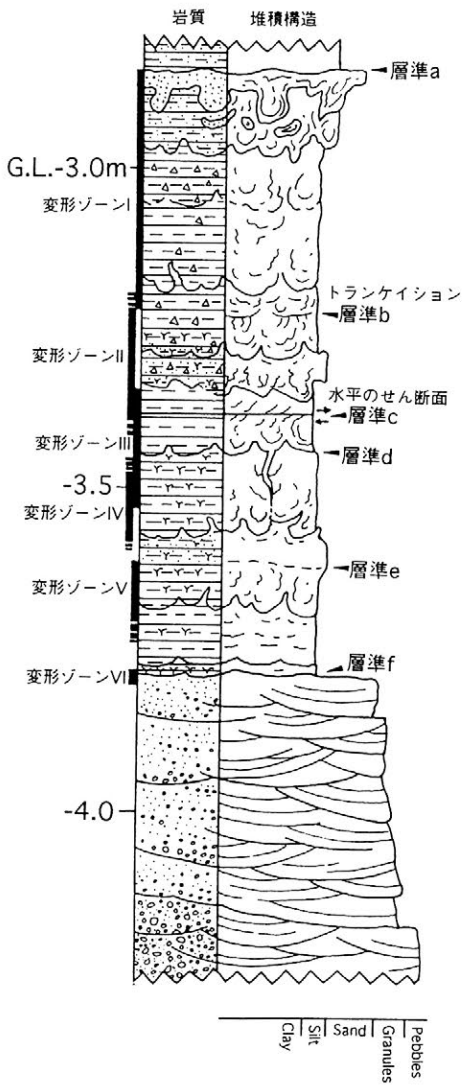
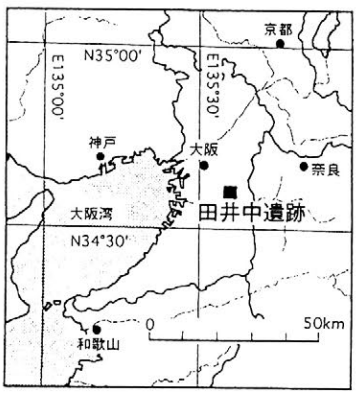


図1 田井中遺跡の位置



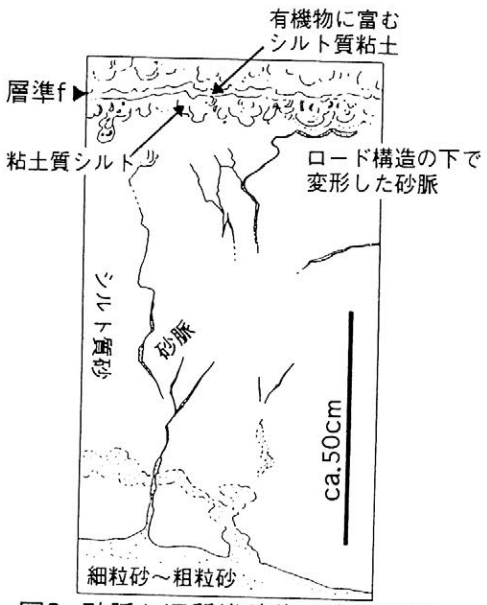


図3 砂脈と泥質堆積物の変形構造

P13

土器に吸着された脂質の基礎的研究　（3）

押川克彦、堀内晶子
国際基督教大学理学科

1．はじめに

古代遺跡からは多くの土器が発掘されるが、これらはどのような用途で用いられていたのかを断定するのは困難な作業である。そこで、これらの推測に科学的根拠を見い出そうと考えて行われてきたのが脂質分析である。

脂質分析は、古代文明の食生活を推定する上での重要な科学的根拠になりうる。しかし、それは脂質の組成が変わらないという前提のもとで始めて成立する。そこで、組成が分かる植物種子から採取した脂質を土器モデルに吸着させ、それを回収した後の脂質成分とを比較検討した。

2.分析方法

試料：ツバキ油、オニグルミ油、及びにオニグルミの脂肪酸組成に似せた脂肪酸標準物質の混合物を用いた。土器モデルには、ICUキャンパス内から採取した粘土を板上に加工し、電気炉で800　、5時間焼いたものを一辺約1cmの立方体にして用いた。

回収実験：オニグルミ、ツバキ及びに標準物資混合試料をそれぞれ以下の要領で吸着させ回収した。その後、Shimadzu/Kratos社のGC-MS Profileを用いて半定量的な分析を行った。

1）脂質を約0.100ｇを土器モデルに滴下し、吸着させた。

2）土器モデルが置かれた系による回収率及びに脂質組成の変化を調べるため、吸着させた土器が空気中に放置された場合と土壌中に埋められた場合の回収実験の結果を比較した。尚、この実験を繰り返し、土器が放置される日数が回収結果にどのように影響するのかを追ってみた。回収は従来の方法に従い、CH2Cl2 : MeOH = 2 : 1 の溶媒を用い、メチルエステル化はBF3 / MeOH と NaOMe / MeOH を用いた。

3．結果と考察

土壌中に土器を埋めた場合、回収実験の結果は図1の示す通りであった。脂質を吸着させてすぐに回収した場合は97±2%の回収率だったが、土壌中に埋めてから１０日間でこの値は49±3%へと急激に減少した。しかし、それ以降は減少の仕方は緩やかになることが分かった。これを空気中に置かれた土器の回収実験結果と比べてみた。（図２参照）すると、空気中の場合、土壌中よりも回収率が約10％高いことが分かった。また、オニグルミとツバキとでは回収率の減少の仕方が異なることが分かった。１３日後のツバキの回収率は78±3%であり、減少の度合いはオニグルミよりかは緩やかであった。また、オニグルミの組成を持つ標準物質混合試料の回収率はツバキの回収率と似ていることも興味深い。

土壌から回収したオニグルミの総脂質組成は図３のように大きく変化することが確認できた。オニグルミの主成分であるＣ18 : 2は土壌中９９日間で８６％から１％程度に減少することが分かった。逆に、Ｃ16 : 0は１％から組成の58％まで増加することが分かった。尚、空気中の場合においても、Ｃ18 : 2は減少し、Ｃ16 : 0は増加する傾向にあることが確認できた。（図４参照）

オニグルミとツバキの回収結果の違いは、１）組成の違い、あるいは２）脂肪酸以外の物質の作用に由来すると考えられる。１）Ｃ18 : 2を主成分とするオニグルミ油は、Ｃ18 : 1を主成分とするツバキ油より不安定であると考えられる。よって、ツバキ油よりも分解が速く進んだのであろう。この論理に従えば、天然脂質の分解速度は均一ではなく、それに含まれている成分に依存すると予測される。土器の保護作用もさほど大きくはないと考えられる。２）GCMSの検出限界を下回る量の物質、または上記の実験方法では検出できない物質（酵素等）の作用も考えられる。同じ脂肪酸組成を持つ天然オニグルミ油と標準物質混合試料の回収率の違いはこれにより説明できる。

今後の課題としては、回収率の変化は何に由来するのかを追及しなければいけない。これには脂質の種類や土器が置かれている系を変え、実験を再度行う必要がある。尚、土壌中の実験の場合も同様に、標準物質混合試料を含め、様々な種類の脂質で組成の変化を比較検討する必要がある。

図1　土壌中に埋められた土器からのオニグルミ脂質回収結果

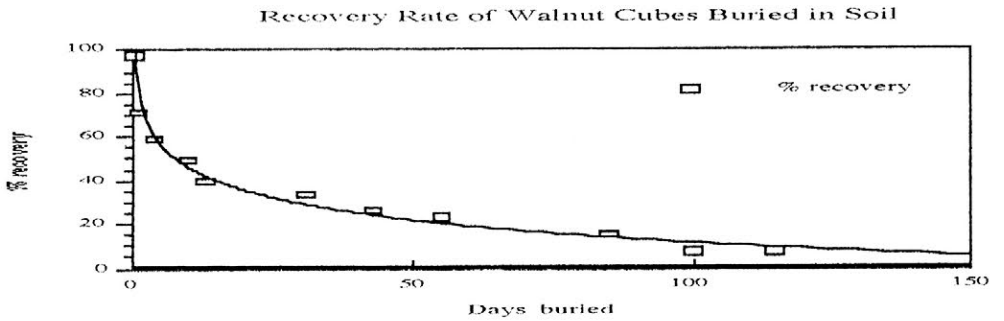


図2　空気中に放置された
土器モデルからの回収結果

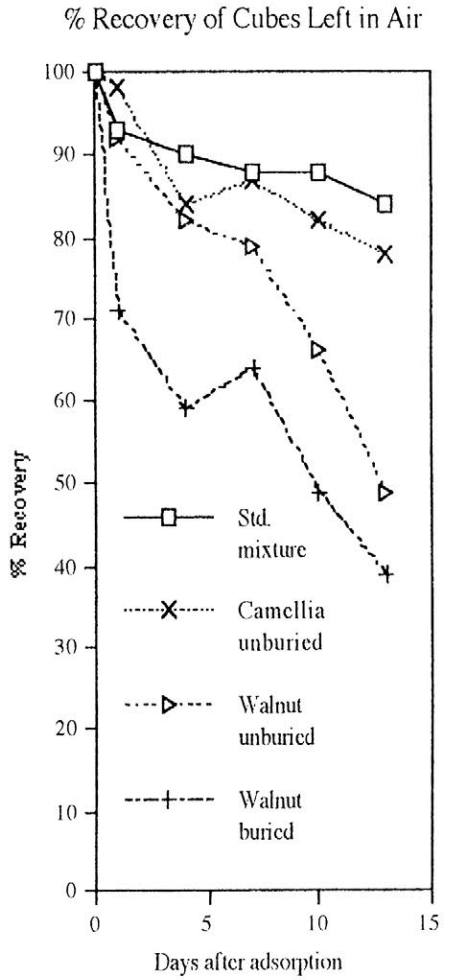


図3　土壌回収実験における
オニグルミの組成変化

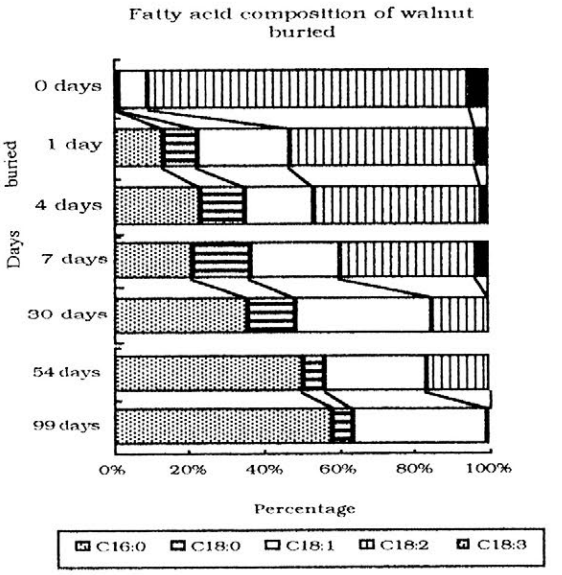
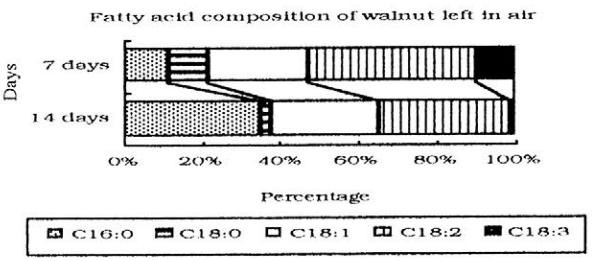


図4　空気中の回収実験のオニグルミ組成



P14

カマン・カレホユック遺跡出土灰色土器の焼成環境の推定

○松永将弥　中井　泉　（東京理科大学・理学部）
松村公仁　（ベルリン大学）

1.はじめに

灰色土器はフリュギア人によって発明されたと考えられている。この土器は灰色の無文土器であり、一部表面に鉛光沢を持つものが認められる。当初はフリュギアに特徴的な土器とされていたがカマン・カレホユック遺跡調査隊によりその認識に誤りがあることが指摘され、[1]考察が求められている。本研究ではカマン・カレホユック遺跡から出土した灰色土器の胎土や表面について分析化学的手法を用いて研究を行い製法について考察した。

2.原理

・焼成雰囲気の推定

土器の発色の多くは成分として含まれる鉄の酸化状態によるものと考えられる。また土器の色は焼成環境によって大きく異なることから土器中の鉄の酸化状態を知ることによって土器の焼成時の環境の推定が可能となる。そこで本研究では土器中の鉄の酸化状態を状態分析法であるシンクロトロン放射光を用いたX線吸収端スペクトル(XANES)の測定から明らかにし、その焼成環境の推定を試みた。

・焼成温度の推定

土器はその焼かれた温度より低い温度で加熱されてもあまりその物性は変化しないが、焼成温度以上で加熱された場合、ガラス化の進行や鉱物の消失や新たな鉱物の生成等の変化が起こることが知られている。そのため土器を再焼成してその物性を調べることによって焼成温度の上限を見積もることができる。

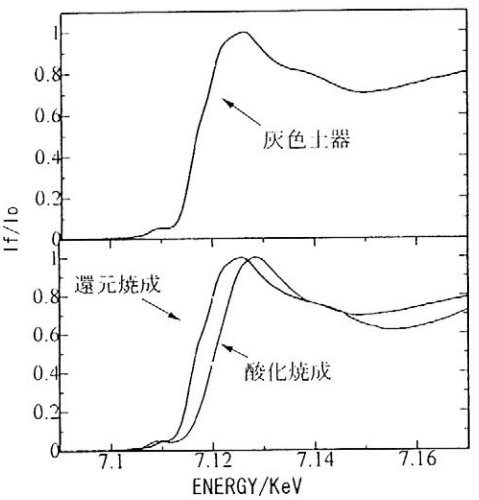
3.実験

遺跡から出土した灰色土器8点について断面を用いてFe-K XANESスペクトルを測定した。また比較のため鉄を成分として含む種々の珪酸塩、酸化物の鉱物試料、様々な条件で焼成した粘土、遺跡から出土した他の土器についても同様にスペクトルを測定した。また試料をダイヤモンドカッターを用いて1cm～2cm大に切断した後、電気炉により300℃～1200℃の温度で再焼成した。焼成は通常の酸化雰囲気と、窒素雰囲気中で黒鉛粉末と共に焼成する還元雰囲気の２種の雰囲気下で行った。生成物について粉末X線回折パターンを測定し、結晶相を同定した。また灰色土器の表面に銀色の光沢が見られるものに関してはSEM-EDXによる組成分析を行った。

4.結果と考察

比較の為に測定した種々の土器試料のFe-K XANESスペクトルは土器の色が灰色→茶色→オレンジ色となるに従ってが高エネルギー側(酸化側)へシフトしていくことが分かり、土器の色と鉄の状態の間には相関関係があることが確認された。図1に灰色土器、酸化雰囲気、還元雰囲気で焼成した粘土の3つのスペクトルを示す。灰色土器のFe-K XANESスペクトルは酸化焼成された粘土に比べより低エネルギー(還元)側に位置し、還元焼成された土器であることが明らかとなった。次に粉末X線解析の結果を図2に示す。灰色土器の回折X線のパターンはいずれも再焼成を行う前の試料と500℃以下で再焼成を行った試料では回折パターンに変化は見られなかったが、500℃から700℃の間の焼成により鉱物の変化が観察された。また別に行った炭素の燃焼する温度、粘土の焼成実験や土器のX線吸収端スペクトルによる研究などから土器を還元焼成するためには600℃度以上の温度が必要と見ら

れるため、実際には600℃から700℃で還元焼成が行われたのではないかと推定される。また表面に光沢を持つ土器も同様の結果が得られ、焼成環境はほぼ同じであることがわかった。同じ灰色の土器でもイラン地域の灰色の土器は950℃程度で焼成されたと報告されている[2]。時代も地域も違う灰色の土器ではあるが、イラン地域のものとは焼成温度に違いがあることが分かった。また図3に光沢を持つ灰色土器のSEM-EDXによる組成分析の結果を示す。スペクトルから胎土部分に比べ表面はアルミニウムやカリウムに富むことが分かった。この光沢は今までは食塩釉によるものと考えられてきたが食塩釉は食塩が蒸発して土器の表面に付着しなければならない為少なくとも融点(m.p. =801℃)以上は必要である。今回測定した灰色土器の焼成温度は700℃以下であり、さらに表面がナトリウムによりガラス化する食塩釉ではこのような極端な組成の変化は起こらないと考えられることから、別の製法による可能性が高い。



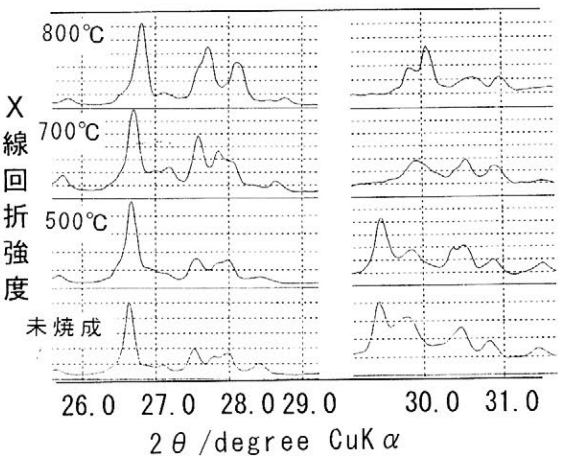
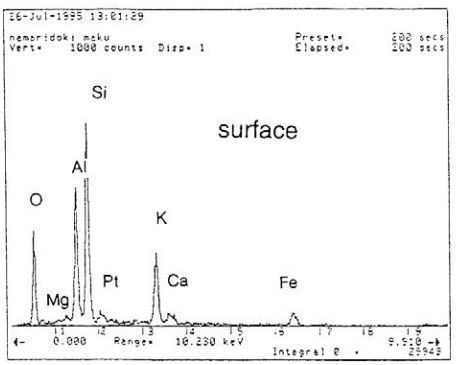


図1 Fe-K XANESスペクトルの比較　図2 再焼成土器のX線回折パターン



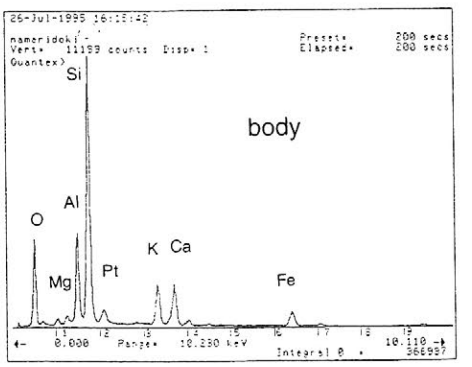


図3 光沢をもつ灰色土器の表面の組成分析

参考文献 1)松村公仁:アナトリア考古学研究vol. III p.5-20
2)富永　健:化学の領域31-9 p.78-88(1977)

P15

ベトナムで発掘された陶磁器片の化学分析

松田泰典（東北芸術工科大学芸術学部）・塚田全彦（同）

（1）はじめに

ベトナム古陶磁は東南アジアは勿論のこと、アジア各地で出土されており、古くから交易が盛んであったことを窺わせる。本邦へは17世紀朱印船時代より紹介され、安南絞手の茶碗など茶道の世界に広く取り上げられ、また各地の美術館の収蔵品として多数存在している。とくにベトナム古陶磁は中国陶磁の殆ど全てを踏襲しており、その上でベトナム独自の美意識をもつ優れた作品が大量に作られてきた。そのため器形や文様など形態的な判定ではベトナム産と中国産の区別がつかないこともあるという。

ベトナム古陶磁界において画期的な出来事となったChu Dau窯址の発掘は青花磁の生産の事実を明らかにし、その後いくつかの窯址の発掘により新たな知見も提出された。しかし、これまでは窯址出土遺品の形態による編年研究がわずかにおこなわれてきたのみで、古陶磁の化学組成から察た材質研究はようやく端緒についたばかりである。ましてこれらの事実を基にした古陶磁製作法の解明は殆ど進んでいないのが現状であり、科学的な材質調査が待たれている。本研究では、近年窯址から発掘されたベトナム古陶磁資料の含有元素を化学組成を分析し、それらの特徴を明らかにした。

（2）分析試料と方法

ベトナムの窯址（Pho Hien，Hop LeおよびChu Dau）で発掘された陶磁片（合計35点）を試料に分析をおこなった。試料は小片を樹脂に包埋した後、断面を鏡面研磨仕上げした。各試料は無蒸着のまま低真空で走差型電子顕微鏡（日立製Ｓ2360Ｎ）により適切な倍率(胎土は300倍，釉は800倍）で拡大観察した。その後、胎土と釉の各部分について付属のエネルギー分散型蛍光Ｘ線分析装置（堀場製ＥＭＡＸ5770）で化学組成の定量分析をおこなった。測定は各試料（胎土・釉）を代表する３地点についておこない、とくに釉については、色調の異なる部分で別個に分析した。定量は装置付属のプログラムを利用し、得られた各点の元素濃度（酸化物の形で表示）は平均をとって代表値とした。

（3）分析結果と考察

＜胎土について＞

各試料の胎土組成の主要元素はAl、SiでありK、Feも数%含まれている。そのほかCa、Tiが検出された試料もある。そこで本研究ではAlとSiの濃度比に注目し、Al_2O_3およびSiO_2の濃度（重量%）を各々横軸と縦軸にとった図を作成した（図１）。その結果、ベトナム陶磁片はAl_2O_3が14～22%、SiO_2が71～82%の比較的狭い範囲に集中することがわかった。しかし、各窯の特徴はこの図からは抽出できなかった。これを二神らのベトナム陶磁片元素分析測定データや中国産青磁のデータ[1]と比較したところ、演者らの測定結果は二神らの測定データとほぼ一致し、また中国南部の窯と重なりあうことが判明した。白色化粧土は一部の資料で存在が確認された。

＜釉について＞

ベトナム陶磁片の釉の多くには、大小の気泡が観察された。これは木灰の使用を示唆している。また図１と同様の方法で、釉について作成したのが図２である。ベトナム陶磁片はAl_2O_3が12～18%、SiO_2が60～82%の縦に長い帯のなかに分布することがわかった。そのうち青花資料をみると、青色部分の測定結果はMnとCoの存在を示した。また明らかにMnの方がCoより多く含有していることが判明した。青料としては、コバルト土鉱石（土青、旧呉須）あるいはスマルト（蘇麻離青、回青）が想定されるが、どのような青料を使用していたかの解明は今後の研究に委ねられよう。

参考文献

１）二神葉子、青柳洋治、杉下龍一郎：北部・中部ベトナム出土陶磁器の元素分析、日本文化財科学会第12回大会講演要旨集、p.80-81

図１　陶磁片（胎土）の化学組成

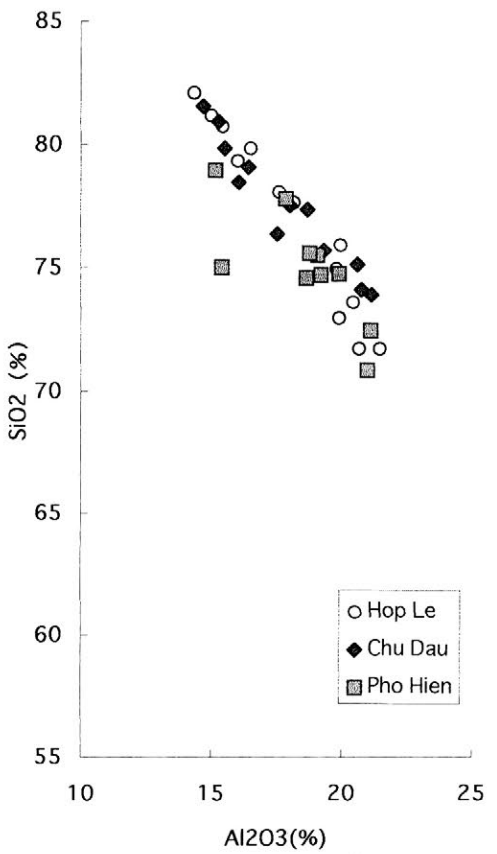
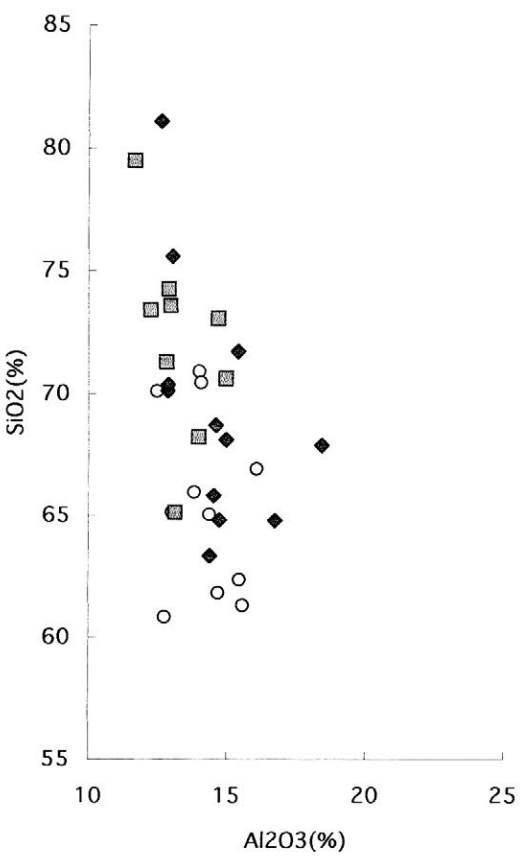


図２　陶磁片（釉）の化学組成



P16

ベトナム窯址出土青花の化学組成の分析 －Chu Dau 窯の遺物を中心に－

二神 葉子（東京国立文化財研究所国際文化財保存修復協力センター）
青柳 洋治（上智大学アジア文化研究所）

はじめに

ベトナム陶磁は東南アジア各地から大量に出土し，西アジアへも輸出されているなど，アジアの陶磁史の中で重要な位置を占めており、今後の研究課題も多い。

ベトナム陶磁は，中国の陶磁器の影響を強く受けており，器形や文様も類似のものがみられる。ベトナム陶磁を中国陶磁などと明確に区別することは，アジア各地から出土する陶磁器の生産地を正しく認識し，アジアにおける当時の貿易面での交流の様相を知る上で重要であると考えられる。しかし，地元ベトナムでは本格的な発掘調査は一部の遺跡についてしか行われておらず，窯址出土の遺物を用いた陶磁器の編年や化学組成に関する研究は最近始まったばかりである。ベトナム陶磁の研究の遅れによって，ベトナム陶磁の製作技法の起源や，貿易史におけるベトナム陶磁の位置づけに不明瞭な部分が数多くある。

本研究では，ベトナムの Chu Dau（チューダウ）から出土した青花（染付）を試料として，その化学組成の分析を行った。さらに，本研究での分析値を中国の青花の分析値と比較した。

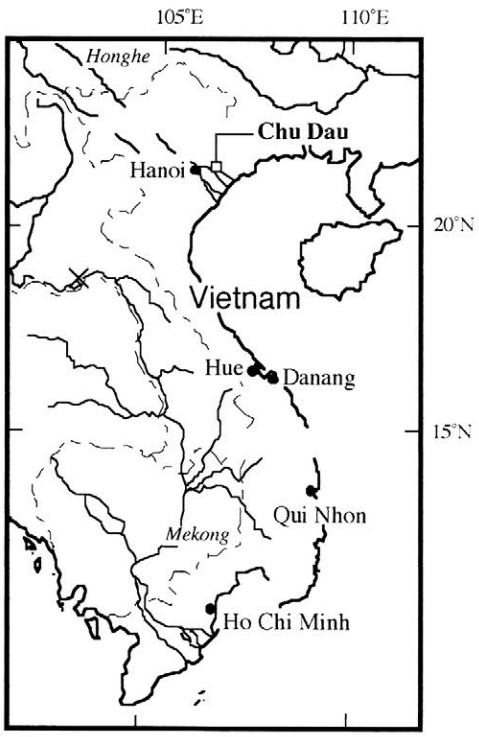


fig.1 Map of Vietnam

試料について

本研究で分析したのはベトナム北部の窯址である Chu Dau から表面採集によって得られた青花 11 点で、年代は 14 世紀から 16 世紀であると考えられている（図１）。

試料の分析方法

素地および釉の化学組成を，国立歴史民俗博物館の JEOL 製JSM-820 走査型電子顕微鏡付属のフィリップス製 EDAX（エネルギー分散型Ｘ線分析装置）を用いて分析した。測定条件は加速電圧 20kV，ワーキングディスタンスは 39mm である。試料には炭素蒸着を施し，真空度の高い状態で分析を行った。定性分析の後，付属の定量用プログラムを用いてスタンダードレスで定量を行った。その際，各成分は慣例に従い酸化物の形で表した。測定は３回行い，定量結果の算術平均をとって分析結果とした。

分析結果

素地の分析値を見ると、FeO の値が 0.9～1.6%、TiO_2 の値が 0.8～1.7%と比較的高い。ベトナムの青花の素地の色は薄い黄色や灰色をしている。これらの成分の値が比較的高いために素地に色がついている。素地の断面を観察すると素地を白く見せるために化粧土が施されていることがわかる。

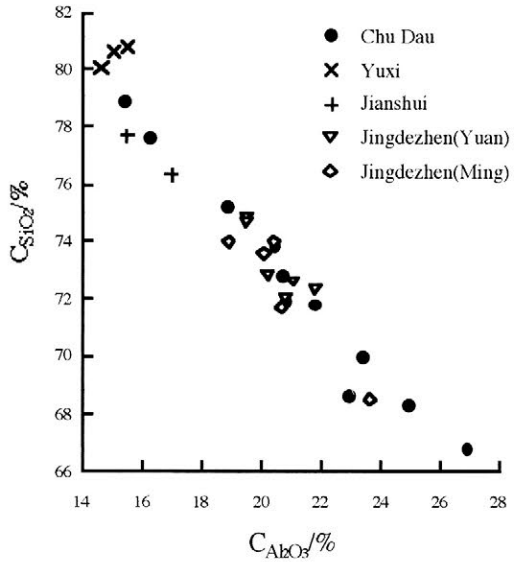


fig.2 Chemical Composition of Vietnamese and Chinese Celadon(body)

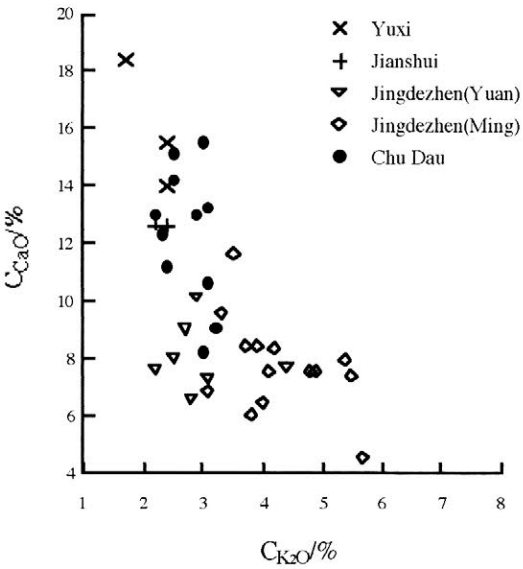


fig.3 Chemical Composition of Vietnamese and Chinese Celadon(glaze)

釉は、CaO の値が他の融剤成分（K_2O、MgO、Na_2O）に比べて高く、石灰釉である。今回の分析ではFeO の値にはかなりばらつきがあったが、これは青花の着色している部分が測定部位に含まれたか否かに起因すると思われる。FeO、MnO、CoO という着色部分の性質に大きく関わる成分について、今後改めて分析を行う予定である。

中国との分析値の比較

本研究で分析したベトナム産青花の分析値を、中国産青花の文献による分析値と比較した。

素地については、主成分である SiO_2 と Al_2O_3 の重量％を縦軸と横軸にとり、グラフとした（図２）。Chu Dau 窯の試料の分析地は、試料ごとの差が大きく、グラフ上の点がばらついているのに対し、中国製青花は同一の産地内での値の差が小さく、比較的点がまとまっている。SiO_2 と Al_2O_3 は主成分であり、Chu Dau というひとつの遺跡から出土した遺物においてこのような値のばらつきが存在することには、原料の違いが起因していると考えることが可能である。原料の違いが生じる原因としては、試料の年代の違い、工房の違いなどが考えられるが、推論の検証には考古学的なデータの利用が必要である。

釉については融剤成分（原料の融点を下げる成分）である CaO と K_2O を縦軸と横軸にとり、グラフとした（図３）。Chu Dau 窯の試料は景徳鎮の試料に比べて CaO の含有量が高いが、雲南省の窯の試料とは値の範囲が重なっている。しかし、CaO の値の範囲は 8%～16%と中国、特に試料数の多い景徳鎮の試料の値に比べてばらつきが大きい。素地の場合と同様、試料ごとの原料の違いを表している可能性がある。

まとめ

本研究で分析したベトナムの Chu Dau 窯の青花は、素地は着色させる成分である鉄、チタンが多い。釉は石灰釉を用いている。中国の青花と比較すると、素地、釉とも中国の試料が窯ごとにまとまっているのに対し、値のばらつきが大きい。このことは、原料のバリエーションが大きいことを表していると考えられる。今後は他の成分についても比較を行い、より詳細に特徴を明らかにする予定である。

また本研究では簡便で分析時間の短いエネルギー分散型Ｘ線分析を行ったが、より検出限界値が低く分析精度が高いとされる波長分散型Ｘ線分析を行い、分析値の分析法による比較も行う予定である。

P17

古代色ガラスの再現実験と放射光状態分析による発色機構についての考察

○足立　峰子、中井　泉　（東京理科大学）

はじめに

ガラスは、成分中の微量な金属元素の酸化還元状態、配位構造の変化により様々な色を呈すると考えられている。本研究においては、トルコ、エジプトなどのいくつかの遺跡や建造物から得られた古代ガラス中の遷移金属の状態をＸＡＦＳ法を利用して調べ、呈色現象との関連性を明らかにした。ＸＡＦＳ法はＸ線吸収スペクトルを利用する状態分析法で、吸収原子のＸ線吸収端（図１でスペクトルが急に立ち上がるところ）近傍のスペクトルの微細構造（ＸＡＮＥＳ）と吸収端より高エネルギー側のスペクトルの振動構造（ＥＸＡＦＳ）を解析する方法である。色ガラスに応用すると前者からは着色剤となる吸収原子の酸化状態が、後者からは吸収原子の周囲の配位構造がわかる。また同時に、色ガラスを実際に合成して考古試料と比較することにより、着色剤、焼成環境などの推定を行った。

実験

試料には、中近東の６ヶ所の遺跡や建造物より得た古代ガラス１３点と合成ガラス２０点を用いた。まず、蛍光Ｘ線分析装置を用いて、古代ガラス中の主な化学成分を測定した。次に、色の呈色原因になると思われる遷移金属のＸ線吸収スペクトルを高エネルギー物理学研究所放射光実験施設の蛍光ＸＡＦＳ測定装置を使用し測定した。

色ガラスの原料は、炭酸ナトリウム、炭酸カルシウム、二酸化珪素を$Na_2O:CaO:SiO_2 = 15:10:75$の重量比で混合した一般的なアルカリ石灰ガラスをベースに、遷移金属の酸化物などを様々な比率で添加し、乳鉢でよく混合して調製した。焼成は最高温度1080℃で約15時間、電気炉の雰囲気を制御して行った。

結果と考察

蛍光Ｘ線分析より古代ガラスの試料に含まれる遷移金属元素は、主にマンガン、鉄、コバルト、銅であることが判明した。そのため、アルカリ石灰ガラスをベースにこれらの元素を比率を変えて添加、焼成し、発色させた。（表１）
アルカリ石灰ガラス中の鉄は３価のみでは黄褐色を、２価と３価の共存下では青～緑色を呈すると言われている。焼成して得られたガラスの鉄のＸＡＮＥＳスペ

クトルを図１に示す。酸化雰囲気中で焼成した黄褐色のガラスの方が還元雰囲気中の緑色ガラスよりもスペクトルが高エネルギー側に現れ、前者の方が酸化状態が高いことがわかった。また、吸収端の前に存在する小さなプリエッジピーク（図２）の位置も鉄の価数を示すことが知られているが、酸化雰囲気中で焼成したものは鉄が３価、還元雰囲気中のものは２、３価の混合物であることが明らかとなった。さらに、ＥＸＡＦＳの振動構造の解析から求めた動径構造関数（図３）からは、鉄とその周りにある酸素との距離が酸化焼成と還元焼成では変化し、ガラス中の配位構造が異なることがわかった。ＸＡＦＳスペクトルを用いることによりガラスの着色原因が鉄に寄与するかどうかが確認でき、また、測定したいくつかの古代ガラスが何らかの還元作用の下で焼成されたことが推測できた。

表1．合成ガラス

原料		色
Mn	2%	紫色
Fe_2O_3	5%（酸化雰囲気）	黄褐色
Fe_2O_3	5%（還元雰囲気）	緑色
CoO	1%（酸化雰囲気）	群青色
CoO	1%（還元雰囲気）	濃紺色
CuO	2%	水色

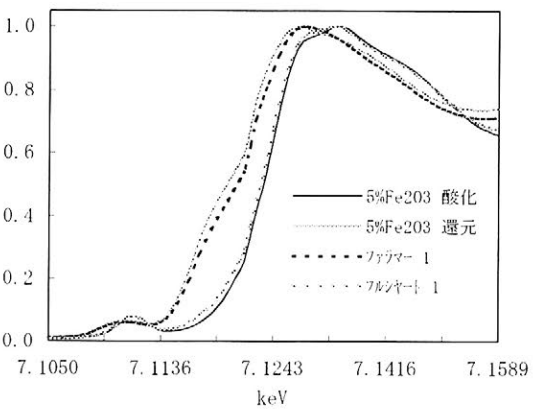


図1．鉄XANESスペクトル

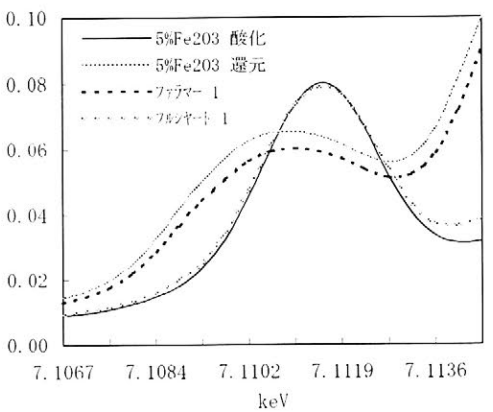


図2．鉄プリエッジピーク

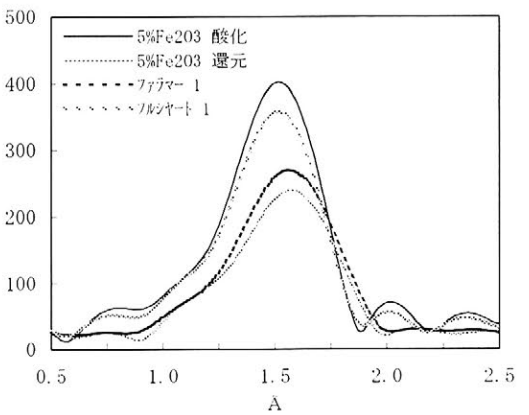


図3．鉄動径構造関数

（横軸は鉄と周囲の酸素との距離を示す）

P18

PIXE 分析による古代ガラスの元素組成

小泉好延　（東大アイソトープ総合センター）小林紘一　（東大原子力研究総合センター）

発表者たちはこれまでPIXE分析法（Particle Induced X-ray Emission）とエネルギー分散蛍光X線分析法、放射化分析法を用いて、群馬、神奈川、長野、福島県の弥生期、古墳期遺跡から出土した古代ガラスの材質元素分析を行ってきた。1).,2),3)　それらの結果にもとづき、現在、主に関東地域の弥生期および前期古墳出土のガラス玉材質分析を進めている。今回の発表は埼玉県、東京都の同時代の6遺跡から出土したガラス玉の材質分析について行う。

われわれのガラス玉材質分析は、主に非破壊法である加速器によるPIXE分析法を用いている。また、重元素についてはγ線照射によるエネルギー分散蛍光X線分析法も併用し、微小部分の分析を要する場合は、EPMA分析（Electron Probe Micro Analysis）を行っている。

分析したガラス玉試料の出土遺跡名は次の通りである。

弥生期：埼玉県大宮市土屋下遺跡（住居跡）、浦和市井沼方遺跡（方形周溝墓）、同市子野上遺跡（住居跡）、北宿遺跡（住居跡）、日向北遺跡

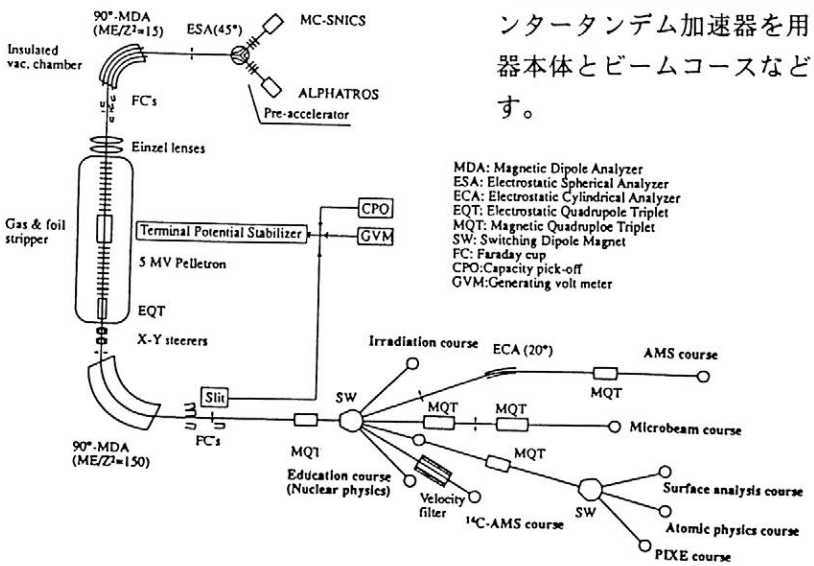
前期古墳期：東京都大田区宝莱山古墳

分析試料サイズと色調など

色調は紺、紺青、青、青緑色、サイズが4mm～7mm径、重量は50mg～650mgである。試料は表面の汚れを除去するために、蒸留水・エタノール1：1溶液で3分間の超音波洗浄を行った。

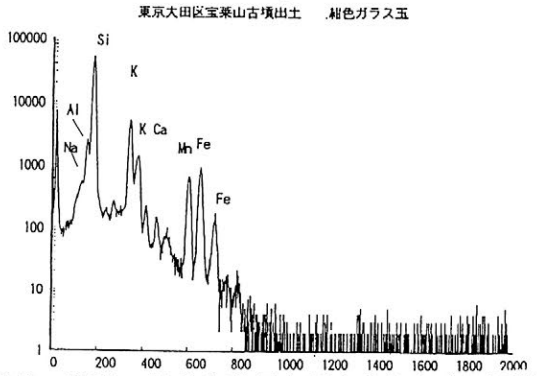
分析条件と分析装置

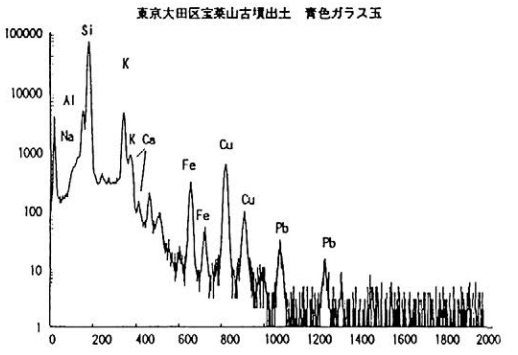
PIXE分析装置は東京大学原子力研究総合センタータンデム加速器を用いた。図1．に加速器本体とビームコースなどの測定システムを示す。



プロトンビームサイズは0.5mmおよび2mm径、エネルギーは3MeV、ビーム電流0.5～1 nA、照射電荷量、200～500nCである。真空チャンバーにセットされた試料にプロトンを照射、特性X線を高純度Si検出器で測定、元素の同定定量を行う。4）

結果と考察　弥生期、埼玉県大宮市土屋下遺跡の同一住居跡から出土した2つの紺色のガラスは1試料が今回分析した紺色ガラスとほぼ同じ元素成分であったが、1試料はNa2O、CaOが14ｗｔ%、5．9ｗｔ%であり、ソーダライム系のガラス組成であった。、この試料はMnO濃度が0．2ｗｔ%と他の紺色ガラスより低濃度であり、CuOも認められ、青色系に近い組成であった。浦和市井沼方遺跡の方形周溝墓から出土した紺色ガラス31試料と同市の子野上遺跡の住居跡、北宿遺跡の住居跡、日向北遺跡出土の紺色ガラス各1試料は、全てMnOが1%前後、BaOを微量含有するカリライムガラスである。前期古墳出土のガラス玉は、１９３４年、多摩川流域最大の前方後円墳宝莱山古墳（4世紀末）が調査された際、四獣鏡、紡錘車形碧玉製品などと出土したガラス玉である。分析は紺、青色のガラス玉７５試料を分析した。測定されたスペクトルを図2．図3に示す。Na2O、CaOがそれぞれ、1wt%以下と0．2～1．2wt%で低濃度であり、全てカリライム系ガラスであった。紺色7試料はK2O、4..8～10．3ｗｔ%で、MnO、Fe2O3が0．78～1．69ｗｔ%、1．1～1．95wt%であった。紺色系統のガラスにおいて、これまでの我々の分析結果でも認められた高濃度のMnOが得られた。また、この系統のガラスで多くの場合検出されているBaOも0．15～0．2wt%検出された。青色ガラスはCuO、PbO、1．7wt%前後、0．52ｗｔ%前後、Fe2O3が0..５４ｗｔ%検出された。K2Oは3．8～12．5ｗｔ%で、濃度値の分散が大きい。なお、発掘時に可能性が指摘されていた水銀朱は、ガラス分析の際、微量Hg元素ピークとして2例確認された。





謝辞　試料の提供と助言を頂きました大田区教育委員会、郷土資料館、大宮市教育委員会、浦和市教育委員会、埼玉県博物館ならびに各担当諸兄の皆様にお礼申し上げます。

1）富沢威、富永健、小泉好延「有馬遺跡出土ガラス玉の材質分析」関東自動車道地域文化財発掘報告書第３２集　有馬遺跡二　　１９９０

2）小林直子、高橋春男、小泉好延、佐藤和朗「長野県大室２５号墳出土の古代ガラス玉の見かけ密度と化学組成－完全非破壊法による定量化の試み」長野県埋蔵文化財センター発掘報告書１３　　１９９２

3）小泉好延、小林紘一他「PIXE法による考古学試料の元素分析に関する研究」東京大学原子力研究総合センター第5回東京大学タンデム加速器による研究会要旨集　　１９９０

4）田口勇、斉藤努編　「考古資料分析法」考古学ライブラリー６５　１９９５

P19

東京都新宿区下戸塚遺跡（西早稲田地区）出土の銅釧に観察される繊維組織の材質および技法にかかわる研究

永嶋　正春（国立歴史民俗博物館）　板倉　歓之（新宿区教育委員会）
小林　青樹（岡山大学文学部）　徳澤　啓一（國學院大學大学院）

1,経　緯

弥生時代の繊維資料は、北部九州地方における甕棺から出土する青銅器、鉄器あるいは人骨に付着した状態で検出されている。これは、繊維資料が埋没埋蔵される環境などによって大きく左右されることから、ほとんど検出されることはない。遺跡地から発見される繊維遺物については、苧麻、大麻、木綿、そして絹などがあげられるものの、低湿地遺跡などの特殊な環境にあるもののほか、繊維資料そのものが検出されることは難しい。

しかしながら、東京都新宿区下戸塚遺跡（西早稲田地区）では、C区環濠中層から検出された銅釧外表面において、φ1.0㎜未満という微細ながら繊維組織が明瞭に観察された。

これは、小林・徳澤によって、青銅器の器面に観察される気泡痕の状態からその製作技法の特徴を同定するにあたって発見されたものである。

こののち、徳澤による金属顕微鏡による繊維組織の検鏡をおこない、繊維組織の分布状態および劣化状態の把握とともに、経緯糸の数および幅から1㎝あたりの織密度の算出をおこなった。

そして、澤田むつ代氏（東京国立文化財研究所）、井上洋一氏（東京国立博物館）に鑑定いただいただくとともに、永嶋による織密度の追試をおこない、およそ永嶋と徳澤による測定値に誤差の少ないことが確認され、およそ織密度から絹であることが想定された。

2,観察と分析

金属顕微鏡（オリンパスBHSM－MU）によって、12.5倍から100倍にかけて精査したところ、銅釧の外表面および内表面ともに、およそ器面のほとんどに繊維組織が著しく劣化した状態が認められ、とくに、銅釧外表面のほぼ中央部において、明瞭な繊維組織(a)(b)(c)(d)が確認された。

これらの繊維組織の経緯糸の状態から、1㎝あたりの織密度を算出したところ、表1のような測定値となった（徳澤による(c)の測定値）。

(a)(b)(c)(d)の測定値から、1㎝あたりの織布の織密度を算定すると84.21～98.96％となり、(a)の測定値が卓越するものの、いずれも同一の織布であったことが想定される。

また、緯糸数と経糸数がほぼ同数であるものの、経糸の間隔が緯糸の間隔より密であることから経地合である。これは、織布の一種である平織りによる平絹であることが想定される。

3,考　察

弥生時代の絹は、織密度が1㎝あたり経糸数17.0～35.0、緯糸数11.0～27.0とあり、緯糸数/経糸数47.0～87.0％であることに対して、漢代の絹は経糸数61.1～125.8本、緯糸数33.0～70.8本とある（布目1979）。しかしながら、(a)(b)(c)(d)の1㎝あたりの織密度は、弥生時代の国産の絹あるいは漢代の絹の織密度をはるかに越え、江陵馬磚1号墓出土のN23彩色動物文の経緯密度158/70という数値から、少なくとも、弥生時代における最高水準の糸織技法が想定される。

弥生時代の絹については、弥生時代前期後半から認められ、福岡県有田遺跡、吉武高木遺跡、比恵遺跡、栗山遺跡、三雲遺跡、立岩遺跡、須玖岡本遺跡、門田遺跡、吉ヶ浦遺跡、樋渡遺跡、長崎県三会遺跡、景化園遺跡、佐賀県朝日北遺跡、吉野ヶ里遺跡などかあげられるものの（布目1985　王1992）、これまで、東日本では、静岡県登呂遺跡の麻布をはじめとして、繊維資料の検出は認められるものの、絹の検出事例は認められない。

4,展　望

このように微細な繊維組織は、顕微鏡検鏡による精査から発見される。これまで、考古資料の顕微鏡精査は、肉眼観察の内容の補強のためにおこなわれ、可視的な状態にない資料の検出を見通したものは少な

(a) 0.75×0.32㎜
緯糸幅0.70㎜、緯糸数12本
経糸幅0.27㎜、経糸数5本
1cmあたりの織布の織密度
緯糸数171.43本、経糸数185.19本
緯糸数/経糸数84.21%
(b) 0.32×0.38㎜
緯糸幅0.32㎜、緯糸数5本
経糸幅0.38㎜、経糸数6本
1cmあたりの織布の織密度
緯糸数156.25本、経糸数157.90本
緯糸数/経糸数98.96%
(c) 1.27×0.92㎜
緯糸幅1.33㎜、緯糸数20本
経糸幅0.92㎜、経糸数14本
1cmあたりの織布の織密度
緯糸数150.38本、経糸数152.17本
緯糸数/経糸数98.82%
(d) 0.53×0.50㎜
緯糸幅0.38㎜、緯糸数5本
1cmあたりの織布の織密度
緯糸数131.58本

表1　繊維組織の1cmあたりの織密度

く、今後、考古資料の低倍率観察による検出事例の増加をはかる必要がある。

また、織布の状態での糸織技法と単繊維状態での紡糸技法の検討については、極めて微細な状態であることから難しく、今後の分析をお待ちいただきたい。（参考文献省略）

写真1　C区環濠銅釧に観察される繊維組織（10.0×）

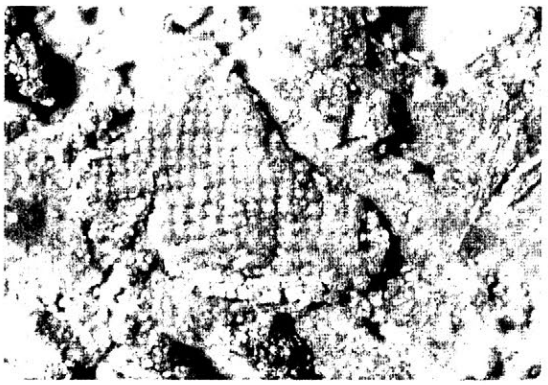


写真2　繊維組織(c)の顕微鏡検鏡（12.5×）

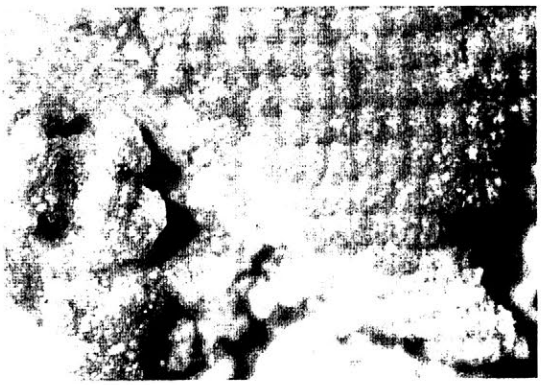


写真3　繊維組織(c)の顕微鏡検鏡（25.0×）

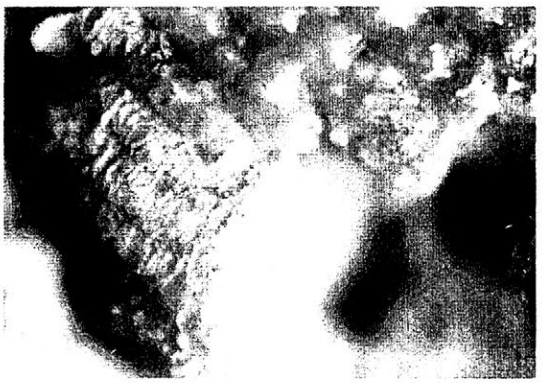


写真4　繊維組織(c)の顕微鏡検鏡（50.0×）

写真5　繊維組織(c)の顕微鏡検鏡（100.0×）

P20

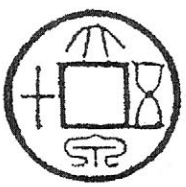
大泉五十の重畳式鋳造技術の復元

伊藤博之(和光金属技術研究所)・斎藤努(国立歴史民俗博物館)
大橋一隆(同)・高橋照彦(同)・西谷大(同)

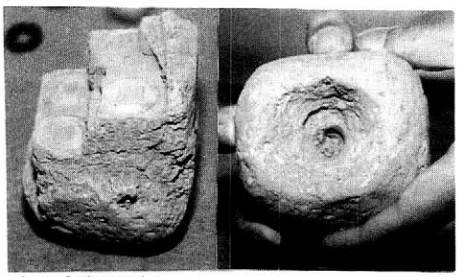
はじめに

大泉五十は前漢と後漢の間にはさまれた王莽の新代に鋳造された銭貨である。その鋳造には樹枝状銭笵を用いた上注法と、写真2．3．に示す銭笵を用いた重畳法とが用いられたと言われている。それぞれの鋳型は中国各地から出土しており、日本においても日本銀行、国立歴史民俗博物館等において所蔵されている。今回それらのうちの重畳法による大泉五十の復元製作に成功したので以下に報告する。

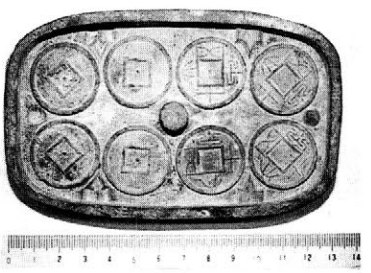
大泉五十銭貨と鋳型類



2. 日本銀行蔵重畳式土製鋳型



3. 国立歴史民俗博物館蔵銅製陽文銭笵



鋳型の観察から以下の事柄が解った。

- 湯口部はルツボ状で上面全面に深さをもって作られており、一般の鋳型の湯口に比べ、異常に大きい。
- 湯道の直径は銭笵の大きさに比べ小さく、アガリは無い。
- 銭笵部の土は直径0.01㎜と微細で均一、緻密で焼成度も高く、変色部分は無かった。
- 中国での発掘報告を見ても、鋳型の高さは40cm弱と大量生産を目的とした割りには小形である。(秋山信午・王莽銭の技術と意義)
- 外壁部のみ植物性のスサが入っていた。

鋳造実験

実験1． 従来法による鋳造　鋳型を加熱焼成し、溶解炉で金属を溶し、注湯する方法。

1．国立歴史民俗博物館蔵銅製陽文銭笵の樹脂製複製品を作り、それより土製銭笵を作成。
2．土製銭笵2枚1組で銭笵1セットとし、18枚8セットを積み重ねた。
3．稲スサを混ぜた粘土で外壁及び上部湯口部を作成した。
4．土製鋳型を自然乾燥し、鋳造時600° Cに加熱焼成し、鋳造用鋳型とした。
5．鋳造用合金は、実際の組成に近似した銅90%、錫5%、鉛5%とし、ガス炉で溶解し、上記鋳型に注湯した。

結果と考察

鋳造は全くの失敗に終わった。湯は湯道の上下の部分に入ったのみで、中間部は空洞であった。又銭文部には全く湯が回っていなかった。その原因としては、鋳型の通気性が悪く、鋳造物も4ー5gと軽い。大きさは2×25㎜、縦横比は1:12と極端であり、難鋳造性な形態である事などが考えられる。これらの事を併せ考えると、大銭五十の重畳式鋳造法は我々が知っている鋳造方法とは異なった方法であった事がうかがえる。

実験２． 上記実験結果を考慮し、下記の実験を行った。

1. 鋳型製作法は実験１と同様に行った。
2. あらかじめ材料合金の小塊を製作し、冷却固化しておいた。
3. 自然乾燥した鋳型のルツボ状湯口部に材料合金の小塊を必要量入れ、電気炉に挿入し1,050℃迄昇温加熱した。鋳型の焼成と金属の溶解を同時に行い、自然冷却した。
4. 熔融金属の酸化を防ぐため、鋳型の周囲に炭を置き還元雰囲気とした。

結果と考察

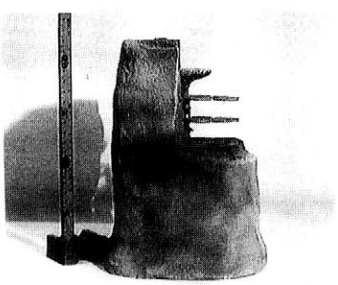
鋳造は成功し重畳法により大泉五十を復元製作できた。

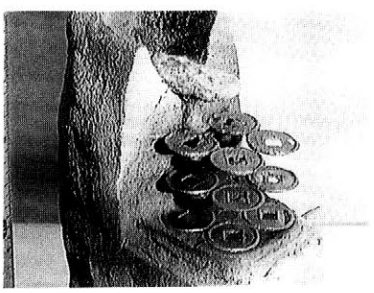
これらの鋳型は中国では窯跡の中からも出土しており、この窯は従来鋳型の焼成・加熱の為の予熱窯であると考えられていた。しかし今回の研究の結果、予熱窯ではなく、鋳型の焼成、金属の溶解、注湯の工程を自動的に一度に同時に行う銅銭製造窯である可能性が高くなった。この鋳造法には、従来鋳造には不可欠と思われていた人力による注湯工程が無いので、大型の溶解炉は不要であり、材料の小塊を製造する小型炉が有れば良い。又熟練鋳造技術者も不要である。窯の中に多数の鋳型を並べて入れ、加熱すれば自動的に銅銭が出来上がるのであるから、非常に量産性に富んでいる。この様な鋳造技法は今日の鋳造工学にも知られていない。今回の研究の成果が歴史学のみならず、現代の工業技術にも貢献する事を願うものである。

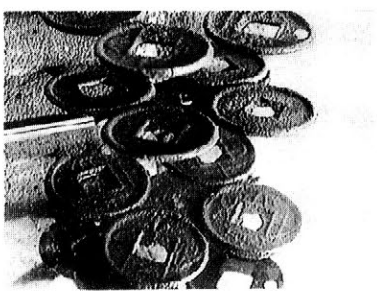
本研究は平成9年3月ー5月に開催予定の国立歴史民俗博物館企画展示『貨幣をめぐる歴史と文化(仮)』の為のプロジェクトの一環として実施したものである。

最後ご協力頂いた日本銀行、佐倉草ぶえの丘、同所押尾誠二様に感謝致します。

復元製作された大泉五十







P21

汐留遺跡出土の鉄道資料の分析

大橋一隆、齋藤　努（国立歴史民俗博物館）
高塚秀治（東京工業大学）、岩崎　廉（神奈川高度技術支援財団）

１．概要

汐留遺跡（東京都港区東新橋）出土の犬釘資料について、A）X線マイクロアナライザー付走査型電子顕微鏡分析法、B）グロー放電質量分析法、C）ビッカース硬度測定法により、分析を行った。

２．資料

分析を行った資料は、1）ＪＣ５２１出土の英国製犬釘資料（資料番号１８０７０）2）ＪＣ５２１出土の英国製犬釘資料（資料番号１８０７１）、3）ＩＶ５１２出土の日本製犬釘資料（資料番号１８０１２）である。それぞれの外観を写真１～３に示す。英国製の犬釘の頭部は、犬の頭の形をしており、その名称の由来となっている。

３．方法

A）X線マイクロアナライザー付走査型電子顕微鏡分析法：資料の一部をエポキシ樹脂に埋包したものを分析試料とした。使用した装置はX線マイクロアナライザー付走査型電子顕微鏡（日本電子製ＪＳＭ－８２０およびPhilips製のＥＤＡＸ４）であり、反射電子像による表面観察とX線マイクロアナライザーにより元素分析を行った。

B）グロー放電質量分析法(GD-MS)：使用した装置はＶＧ　ＥＬＥＭＥＮＴＡＬ社のＧＤ－ＭＳ装置（ＶＧ－９０００）である。この分析法では、試料の表面にグロー放電を行い、スパッターリングおよびイオン化をする。生成したイオンを質量分析することにより、主成分～微量成分の定量分析を行うことができる。表１に、元素組成の定量分析結果の一部を示す。

C）ビッカース硬度測定法：　試験荷重１ｋｇｆで、犬釘頭部について硬度分布（約１５０点）を測定した。

４．結果

走査型電子顕微鏡による観察結果から、すべての資料の介在物は釘の長軸方向に平行に細長く延びた形状をしており、資料は長軸に垂直な方向から力を加えて引き延ばされて作製されたと考えられる。介在物の量は、英国製の２点に比較して日本製のものは少量である。

資料番号１８０７０の介在物の反射電子像およびを元素組成スペクトルを写真４、図１、２に示す。ビッカース硬度測定の結果は、１１０～１６０ＨＶである。

介在物の組成およびＧＤ－ＭＳによる結果は下記の通りである。

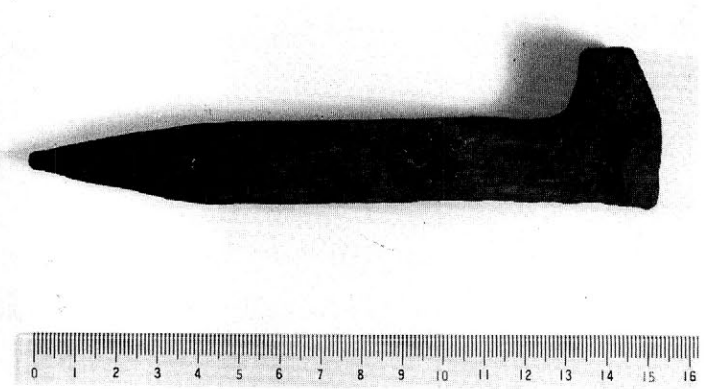


写真１　資料番号１８０７０　犬釘（英国製）

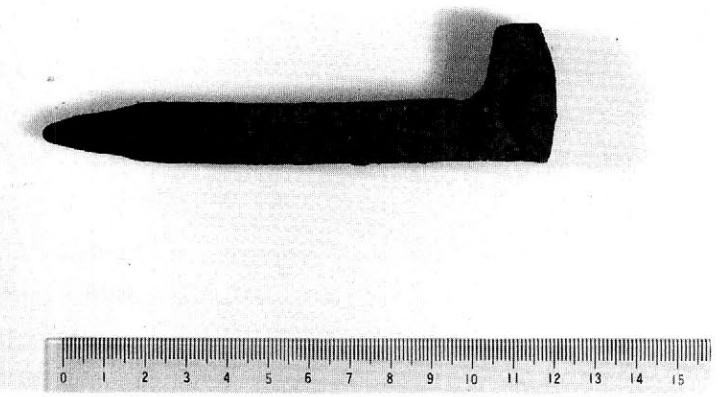


写真２　資料番号１８０７１　犬釘（英国製）

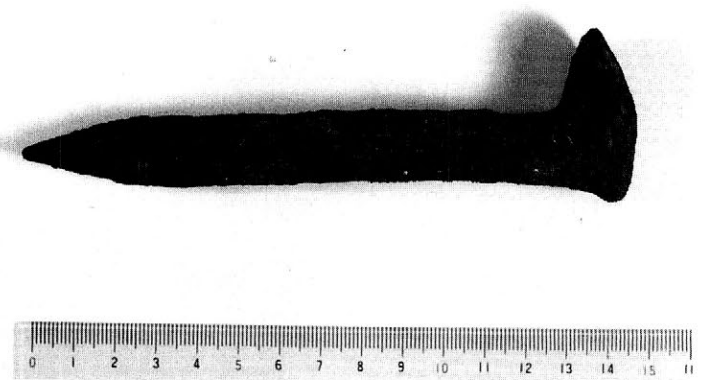


写真３　資料番号１８０１２　犬釘（日本製）

1）資料番号１８０７０　犬釘（ＪＣ５２１出土、英国製）
写真４の介在物中のグレーの結晶のスペクトルを図１に示す。これは、鉄の酸化物である判断される。写真４の介在物中のガラス質部分（黒い部分）には、図２に見るとおり、Ａｌ、Ｓｉ、Ｐ、Ｃａが含まれている。表１のＧＤ－ＭＳの結果にもあらわれているとおり、Ｐ、Ｓ、Ｃａの濃度が高いのが特徴である。
2）資料番号１８０７１　犬釘（ＪＣ５２１出土、英国製）
資料の介在物中には、Ａｌ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｋ、Ｔｉ、Ｖが含まれている。表１のＧＤ－ＭＳの結果にもあらわれているとおり、Ｐ、Ｓ、Ｔｉの濃度が高いのが特徴である。
3）資料番号１８０１２　犬釘（ＩＶ５１２出土、日本製）
資料の介在物中には、Ａｌ、Ｓｉ、Ｓ、Ｃａ、Ｃｒ、Ｍｎが含まれている。ＧＤ－ＭＳの結果からもわかるように、この資料にのみ、Ｃｒ、Ｍｎが多く含まれている。

５．まとめ

1）　資料中の介在物は釘の長軸方向に細長く延びており、資料は長軸に垂直な方向から力を加えて引き延ばされて作製されたと考えられる。日本製資料中の介在物の量は、英国製資料２点と比較して少ないことがわかった。
2）　ＧＤ－ＭＳの測定結果から、資料番号１８０７０では、Ｐ、Ｓ、Ｃａの濃度が高く、資料番号１８０７１では、Ｐ、Ｓ、Ｔｉの濃度が高く、資料番号１８０１２では、Ｃｒ、Ｍｎが多く含まれていることがわかった。これらの特徴は、介在物の組成の元素分析結果と整合する。
3）　ビッカース硬度測定の結果は、１１０～１６０ＨＶ（試験荷重：１ｋｇｆ）であった。

６．謝辞

資料のご提供にたいして、東京都教育庁生涯学習部文化課ならびに東京都埋蔵文化財センターに感謝致します。

表1　ＧＤ－ＭＳによる定量分析結果の一部（単位：ｐｐｍ）

元素（同位体）	18070	18071	18012
C (12)	12.2	38.9	1380
Al (27)	754	1290	19.2
Si (28)	322	550	54.7
P (31)	2830	1160	139
S (32)	1030	720	144
K (39)	98	160	0.15
Ca (44)	903	70	0.60
Ti (48)	19.5	393	0.28
V (51)	6.59	73.3	5.18
Cr (52)	18.8	120	1180
Mn (55)	39.1	166	6710
Co (59)	155	75.1	179
Ni (60)	321	195	950
Cu (63)	221	152	1920
Zn (66)	0.036	3.5	3.1
Pb (208)	0.017	0.007	2.86
Th (232)	0.015	0.023	<0.0005
U (238)	0.009	0.012	<0.0005

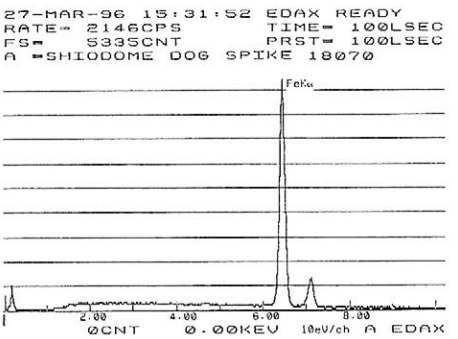


図１　資料番号１８０７０　介在物のスペクトル
写真４中のグレーの部分①

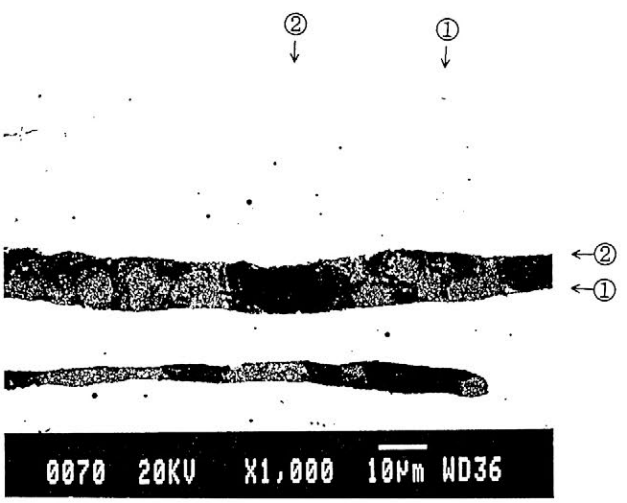


写真４　資料番号１８０７０　反射電子像

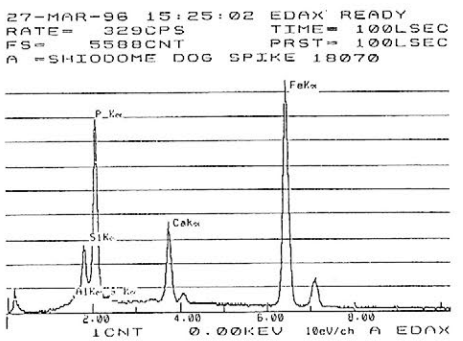


図２　資料番号１８０７０　介在物のスペクトル
写真４中の黒い部分②

P22

群馬県榛名山東麓地域における縄文時代から平安時代の住居構築材の用材

橋本真紀夫[1)]・高橋　敦[1)]・大塚昌彦[2)]
1. パリノ・サーヴェイ株式会社考古学研究室
2. 渋川市教育委員会

1．はじめに

群馬県榛名山東麓地域では、これまでに縄文時代から平安時代にいたる住居跡から出土した炭化材の樹種同定が行われてきた（図１）。その結果、同時期における遺跡間の用材の差異や、同じ集落内の建物の形態や使用目的による用材の差異などが明らかになりつつある。今回は、渋川市に位置する中筋遺跡第１次～第３次および第７次～第９次、行幸田山遺跡、中村遺跡、半田中原・南原遺跡、石原東Ⅰ遺跡で行われた住居構築材の樹種同定結果（表１）を例にして、本地域における過去の用材選択について紹介する。

2．縄文時代中期

縄文時代中期では、行幸田山遺跡の５軒の竪穴住居で行われた例が知られている。同定された種類は多くがクリであり、関東地方から東北地方にかけて所在する縄文時代の遺跡で得られている樹種同定結果とも調和的である。クリは、強度および耐朽性が高いことから、構築材の用材としては適材といえる。また、クリが多用される背景に半栽培が指摘されてることがあるが、本地域では半栽培を確定できるだけの物証は得られていない。

２号住居ではケンポナシ属が確認されているが、各住居の出土点数が少ないため、この結果のみで住居間の用材の違いを指摘することはできない。

3．古墳時代

古墳時代では、中筋遺跡第１次・第２次・第７次・第８次の竪穴住居および平地式建物で資料が得られている。これらの住居は全て同じ集落内の建物である。集落は、５世紀末に榛名山が噴火した際の火砕流に覆われており、検出された炭化材は全て同時期の住居構築材である。

竪穴住居は屋根の上に土をかぶせる土屋根構造であったと考えられている。第８次調査の際には、各木材の径を計測しているが、垂木には径10cmを越えるものが多数確認されている。これらの竪穴住居では、

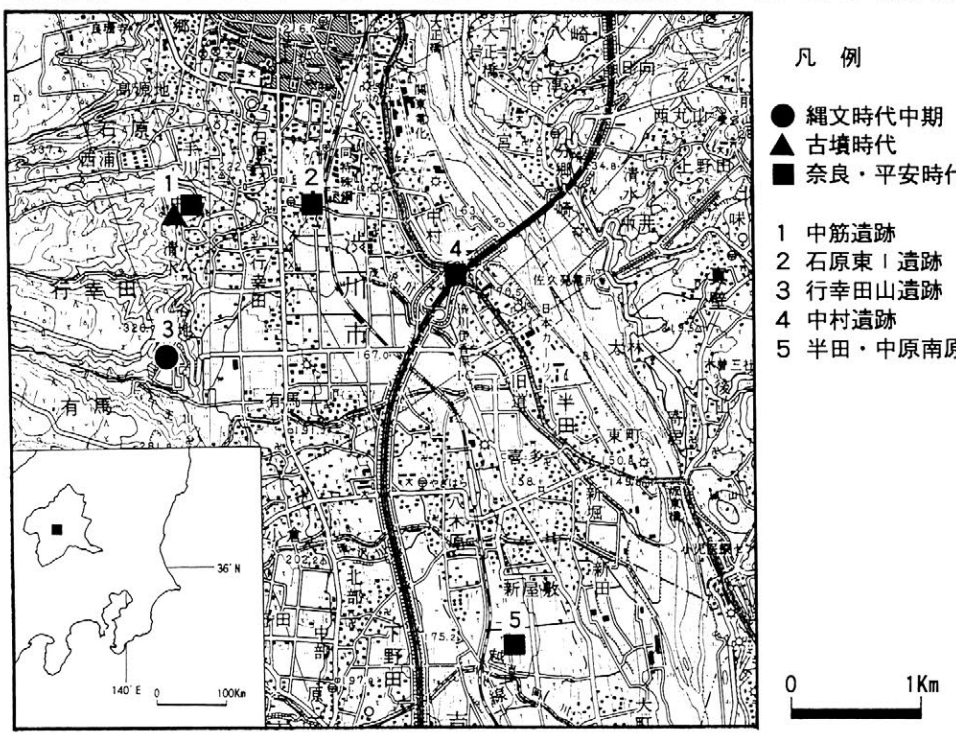


図１　調査地域および遺跡の位置図

表1　遺跡別・遺構別樹種構成

時代・時期	遺跡名	遺構名		住居の形態	住居の用途	マツ属複維管束亜属	マツ属	モミ属	オニグルミ	カバノキ属	クマシデ属	コナラ亜属クヌギ節	コナラ亜属コナラ節	コナラ亜属	クリ	ケヤキ	ニレ属	ヤマグワ	カツラ	モモ	サクラ亜属	サクラ属	キハダ	コクサギ	ヌルデ	カエデ属	ケンポナシ属	エゴノキ属	トネリコ属	ムラサキシキブ属	種類不明	合計
縄文中期	行幸田山	2号住		竪穴	居住																						1					1
		7号住		竪穴	居住										6																	6
		13号住		竪穴	居住										1																	1
		16号住		竪穴	居住										3																	3
		28号住		竪穴	居住										1																	1
古墳時代	中筋遺跡	2次	1号住	竪穴	居住				14	1		3	1									1		2						5	1	28
			2号住	竪穴	居住							2	14																			16
		7次	5号住	平地	倉庫					1			1		2	1	1				1										3	10
			6号住	平地	倉庫							2	4		6						2			1		2		1			4	22
		8次	5号住	竪穴	居住			1	13			12	32									2				1					5	66
奈良時代	中村	5号住		竪穴	居住							3	3			1																7
	中筋遺跡	3次	1号住	竪穴	居住						4															1						5
			4号住	竪穴	居住						3	2																				5
		8次	1号住	竪穴	居住						1		2										5		8				1		6	23
		9次	1号住	竪穴	居住							8	2					3							2	2					2	19
			3号住	竪穴	居住																					1						1
	半田	85号住		竪穴	居住								9																			9
		98号住		竪穴	居住		1					9	28		7	3		1	1		2					1					4	57
		120号住		竪穴	居住							4			1			1		1												7
平安	石原	4号住		竪穴	居住							68		1	27																	96
	半田	130号住		竪穴	居住	1					1	1						1										2			1	7
合計						1	1	1	27	2	9	114	96	1	54	5	1	6	1	1	5	3	5	3	10	8	1	3	1	5	26	390

中村：中村遺跡，半田：半田中原・南原遺跡，石原：石原東Ⅰ遺跡

住居によって多少違いはあるものの、基本的にはオニグルミ・クヌギ節・コナラ節が多い。これらの種類はいずれも強度が高い材質を有しており、屋根の重さを支えるために強度が高い木材を使用したことが推定される。

平地式建物では、1号および2号平地式建物でコナラ節が多いが、5号および6号平地式建物では特に多く使用されている種類は認められず、合計で10種類の木材が使用されている。5号および6号平地式建物では、構築材の径は多くが5㎝以下であった。平地式建物の構造は、現在の枠組み壁工法（いわゆる2×4工法）であったと考えられている。このことから、竪穴住居に比較して構築材の径や強度がより低い木材でも使用可能であったことが推定され、5号および6号平地式建物で種類数が多い背景の一つと考えられる。また、1号および2号平地式建物と5号および6号平地式建物では、建物の使用目的が異なっていた可能性があり、そのことも樹種構成が異なる背景に考えられる。

4．奈良時代

奈良時代では、中筋遺跡第3次、第8次、第9次、中村遺跡、半田中原・南原遺跡で資料が得られている。樹種同定結果を見ると、基本的にはクヌギ節・コナラ節が多いが、遺跡によって樹種構成は多少異なる。とくに半田中原・南原遺跡と中筋遺跡では、他の遺跡に比較して種類数が多く確認され、半田中原・南原遺跡では栽培種であるモモも認められる。

種類数が多い中筋遺跡では、周辺の山地斜面を中心に豊富な種類構成の落葉広葉樹林が存在した可能性が指摘されている。一方半田中原・南原遺跡では、周辺低地の植生を反映する可能性が指摘され、モモが確認されたことから周囲でのモモ栽培も推定されている。木材の種類構成が遺跡によって異なる背景には、各遺跡の周辺植生などを含めた立地環境に由来する可能性がある。

5．平安時代

平安時代では、石原東Ⅰ遺跡と半田中原・南原遺跡で各1軒づつ資料が得られている。石原東Ⅰ遺跡ではクヌギ節とクリが資料のほとんどを占めるが、クリについてはカマド付近に集中することと試料がクヌギ節に比較して小さいことから、カマド上の構築物（棚など）に由来する可能性も指摘されている。一方半田中原・南原遺跡では7点の試料に種類不明も含めて6種類が確認されている。この違いは、奈良時代の中筋遺跡・中村遺跡と半田中原・南原遺跡の間に見られた違いとも似ており、同様のことが指摘できる。

6．おわりに

以上、これまでに行われてきた住居構築材の結果から、推定される各時代の用材について紹介した。これだけの限られた地域内においても時代や立地環境による用材の違いが表れることが明らかとなった。このことから、住居構築材の用材についてはより高い密度で調査することが必要といえよう。本地域では、今回紹介した遺跡のほかにも、現在数遺跡で構築材の樹種同定が継続して行われている。これらの結果が明らかになれば、本地域における用材の時代差・地域差等がより詳細にできよう。

P23

北橘村北町（きたまち）遺跡焼失住居の構築材について

○長谷川福次[1)] 高橋　敦[2)]
1)北橘村教育委員会2)パリノサーヴェイ株式会社

1　遺跡の概要

北町遺跡は群馬県勢多郡北橘村大字八崎に所在し、利根川に面し緩やかに南に傾斜する河岸段丘上に位置する。標高は190～203mである。第２次大戦前、村道建設の際、住居の炉跡と土器が発見され弥生時代後期の遺跡として周知されていた。その工事の際し、土器が数層にわたって掘り出されたと言い伝えの残るほど密度の濃い遺跡地である。

県道バイパス工事に伴い1993年11月から1995年３月にかけて北橘村教育委員会により発掘調査が実施された。この結果、旧石器時代の文化層２面、縄文時代草創期の爪形紋・多縄文系土器100片、縄文時代前・中・後期の住居跡９軒、弥生時代終末～古墳時代前期の住居跡40軒等が検出され、重要な複合遺跡であることが確認された。なかでも当初予想されたような弥生時代後期ではなく、住居のほとんどがテフラ分析の結果、浅間Ｃ軽石降下（４世紀前半または３世紀後半）以降であることが注目された。これは田ノ保遺跡の水田経営開始時期とも一致する。群馬県北部における弥生時代から古墳時代への変遷でも重要な鍵を握る遺跡である。また、古墳時代前期の住居より鍛冶滓・鉄鎌・ヤリガンナ・鉄鏃・鉄片が出土しており鍛冶技術集団の群馬県への移入を示している。

2　試料を検出した遺構

古墳時代前期の住居のうち15軒が焼失住居であり、炭化材や種実が出土している。この時期の植物利用については、周辺地域の類例が乏しく詳細は不明である。今回、これらの炭化材や種実の種類を明かにし、当該期の植物利用に関する資料を得、用材選択を考察する。

3　構築材の用材選択

住居構築材と考えられる炭化材は、基本的にクヌギ節が多い結果が得られたが、Ｃ区H-10では全点がクリであり、他の住居とは樹種構成が異なる。

古墳時代前期の本遺跡では、主としてクヌギ節が構築材に利用されていたことが推定される。コクサギやタケ亜科は、その材質や樹木の形状等を考慮すれば、構築材の中でも横木や壁などに利用されたことが推定される。

本遺跡に隣接する田ノ保遺跡で行った花粉分析では、花粉化石の保存状況が悪いもののコナラ亜属は比較的高率で検出される。コナラ亜属が多い組成は赤城山南麓に位置する二之宮千足遺跡でも得られている。この結果から、住居構築材にクヌギ節が多い背景に、遺跡周辺での入手が容易であったことが挙げられる。コナラ亜属以外の木材についても、花粉分析で確認された種類が多くいずれも周囲に生育していた種類を利用したことが推定される。

Ｃ区H-10で確認されたクリは、縄文時代に構築材として広く利用されていたことが知られている。古墳時代ではコナラ亜属が種となり、クリの出土例は減少する。この背景には様々な理由が指摘されているが詳細は不明である。しかし本地域では、対岸の渋川市でも古墳時代にいくつかの確認例があり、周囲で入手可能であったことが推定される。住居による違いは、特に種類を意識したものではなく、構築材として条件を満たしていれば、樹種に関係なく利用したことを示唆する。

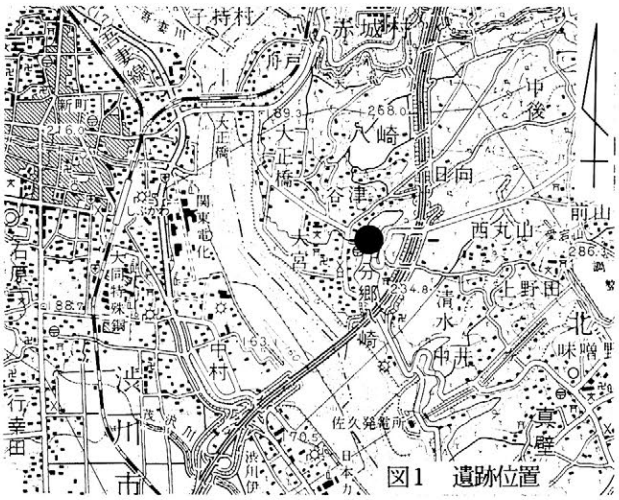


図1　遺跡位置

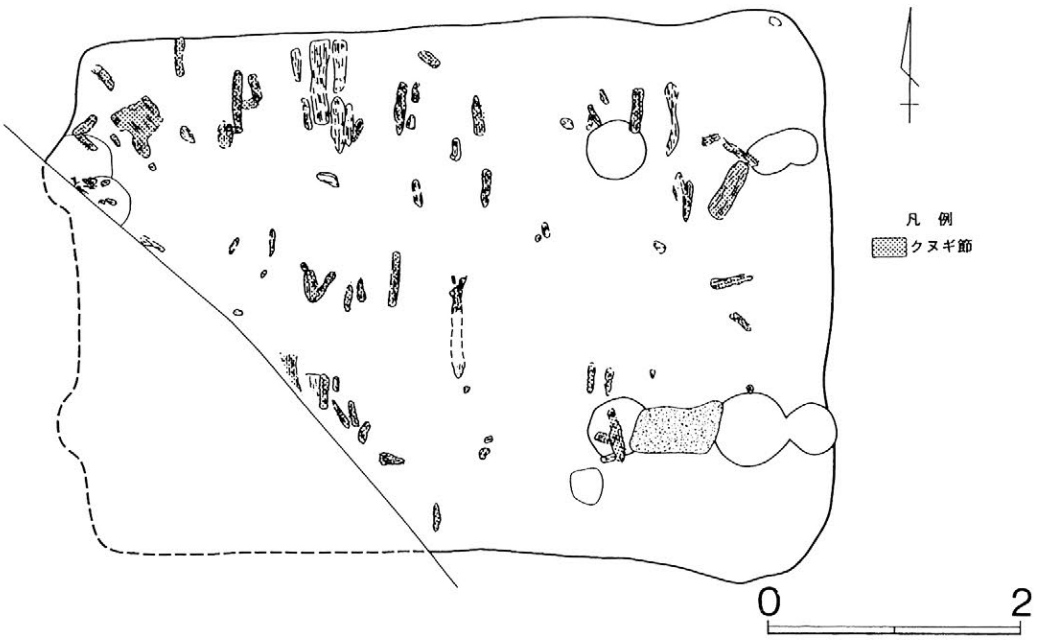


図2 A区H-8住居跡における炭化材の出土状況および樹種

表1　住居別樹種構成

	A区		B区	C区										D区	E区		合
	H- 7	H- 8	H-20	H- 1	H- 2	H- 3	H- 4	H- 5	H- 6	H- 7	H-10	H-12	H-17	H- 6	H-27	H-28	計
オニグルミ									1								1
カバノキ属												1	1				2
クヌギ節	5	51	1	2	4	2		1		1		4			13	1	85
コナラ節				1					1					1	3		6
クリ											4						4
ヤマグワ	2																2
コクサギ	1																1
カエデ属							1										1
散孔材						1									1		2
広葉樹															1		1
タケ亜科						1											1
合　計	8	51	1	3	4	4	1	1	2	1	4	5	1	1	18	1	106

P24

滋賀県内出土赤色顔料関連資料調査（１）

中　川　正　人（滋賀県文化財保護協会）

１．はじめに

赤色顔料関連資料調査として、滋賀県内における赤色顔料に関する考古資料の収集および材質調査を開始した。赤色顔料関連資料とは、彩色のある土製品、木製品、漆製品をはじめ、顔料の原材料、加工具、さらに祭祠関連資料などを含め、古代における赤色顔料の材質分析と利用形態を体系的にとらえることを目的としている。今回の発表は、赤色顔料資料の収集状況と基本的な材質調査についての中間報告である。

２．資料調査法

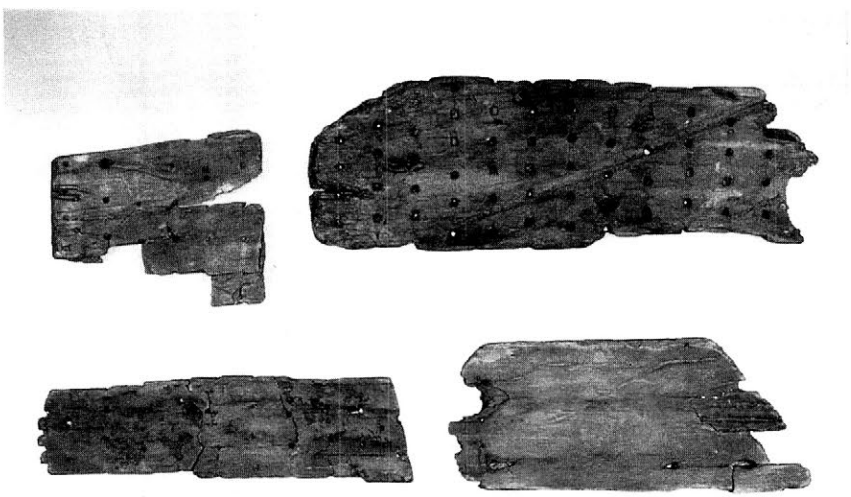
赤色顔料関連資料は、顔料素材の形態として塊や粉末としての資料、土器や木製品、漆製品に塗布された資料、さらに二次的に付着した資料などに大きく分類される。いずれも材質技法や考古学的資料研究に重要な情報を提供するものと考えられる。資料調査法として、顕微鏡による観察、分析機器による材質構造調査などが必要とされる。今回の一次調査では、蛍光Ｘ線分析装置での定性分析をふまえ資料の出土地名表として紹介する（資料一覧参照）。

３．収集資料の特徴

現在収集を終えている赤色顔料関連資料件数は 200件以上にのぼっている。これらの収集した資料のなかで特徴的な資料について概説する。縄文時代中期における粟津湖底遺跡出土の漆製品はすべて鉄系顔料の使用が認められ、縄文時代後期の正楽寺遺跡では、朱とベンガラの原材料をそれぞれ貯蔵したとみられる小型壺が検出されている。弥生時代の中期以降では、守山市酒寺遺跡、下長遺跡、虎姫町五村遺跡などから朱の精製に使用されたとみられる石杵が出土している。古墳時代では古墳の葬送儀礼としての朱の使用が認められ、雪野山古墳石室内での赤色顔料の利用形態が注目される。

４．今後の課題

機器分析法の進歩、分析所見の解釈、新資料との関連性など今後の調査に負うことが多い。とくに関連資料との材質的調査、生産地や交流の問題への関心も高いが、機器分析法や調査法の精度、資料の制約など課題もなお多く存在するのが現状である。こうした現状をふまえて顔料研究者の指導を仰ぎ今後の調査を進展させたい。



赤野井湾遺跡出土朱塗り楯 ／モミ材（HgS 検出）

滋賀県内出土赤色顔料資料一覧（抜粋）　　◎：検出多い　○：検出あり　1996/03

No	遺跡名	所在地	遺物名	材質	時代	ベンガラ	水銀
1	穴太遺跡	大津市	土製耳栓	顔料	縄文	◎	◎
2	粟津湖底遺跡	大津市	漆塗り樹皮製品	漆器	縄文	◎	
3	粟津湖底遺跡	大津市	漆塗り土器	顔料	縄文	◎	
4	粟津湖底遺跡	大津市	漆塗竪櫛(5)	漆器	縄文	◎	
5	粟津湖底遺跡	大津市	耳栓	漆器	縄文	◎	
6	滋賀里遺跡	大津市	土偶	顔料	縄文	◎	
7	粟津湖底遺跡	大津市	漆塗り腕輪	漆器	縄文	○	
8	松原内湖遺跡	彦根市	土製耳栓	顔料	縄文	○	◎
9	松原内湖遺跡	彦根市	石棒	顔料	縄文	○	◎
10	松原内湖遺跡	彦根市	朱塗木盤	顔料	弥生	○	◎
11	奥松戸遺跡	長浜市	高杯	顔料	古墳	◎	
12	高木遺跡	近江八幡市	石皿	顔料	縄文	○	○
13	高木遺跡	近江八幡市	注口土器	顔料	縄文	◎	○
14	雪野山古墳	八日市市	鞍	顔料	古墳	◎	◎
15	北萱遺跡	草津市	環状土製品	顔料	縄文	◎	◎
16	北谷古墳群	草津市	顔料	顔料	古墳	◎	◎
17	烏丸崎遺跡	草津市	漆塗り高杯	漆器	弥生	◎	
18	酒寺遺跡	守山市	石杵	顔料	弥生	◎	◎
19	服部遺跡	守山市	木棺	顔料	古墳	◎	◎
20	下長遺跡	守山市	石杵	顔料	古墳	◎	
21	赤野井湾遺跡	守山市	耳栓	顔料	縄文	◎	○
22	小津浜遺跡	守山市	丹塗土器	顔料	弥生	◎	
23	赤野井湾遺跡	守山市	朱塗り木槽断片	顔料	弥生	○	◎
24	赤野井湾遺跡	守山市	朱塗り短甲断片	顔料	弥生	○	◎
25	長束遺跡	守山市	弥生土器	顔料	弥生	◎	
26	赤野井湾遺跡	守山市	朱塗り楯	顔料	弥生	○	◎
27	下長遺跡	守山市	柄頭	漆製品	古墳	○	◎
28	播磨田東遺跡	守山市	石杵	石器・顔料	古墳	◎	○
29	酒寺遺跡	守山市	朱塗り楯	木製品	弥生	◎	◎
30	吉身西遺跡	守山市	赤色顔料	顔料	古墳	◎	
31	新堂遺跡	五個荘町	石冠	顔料	縄文	◎	
32	斗西遺跡	能登川町	石皿	顔料	縄文	◎	
33	斗西遺跡	能登川町	顔料	顔料	縄文	◎	
34	林石田遺跡	能登川町	耳栓	土器	縄文	◎	○
35	中沢遺跡	能登川町	小型壷	顔料	古墳	◎	
36	正楽寺遺跡	能登川町	結歯竪櫛	漆器	縄文	◎	◎
37	正楽寺遺跡	能登川町	耳栓	漆製品	縄文	○	○
38	正楽寺遺跡	能登川町	縄文土器（鉢）	顔料	縄文	○	
39	正楽寺遺跡	能登川町	土面	顔料	縄文	○	
40	斗西遺跡	能登川町	小型壷	土製品	古墳	◎	
41	正楽寺遺跡	能登川町	赤彩土器	土製品	縄文	◎	◎
42	正楽寺遺跡	能登川町	小型壷器	土製品	縄文		○
43	正楽寺遺跡	能登川町	耳栓	土製品	縄文後期	◎	◎
44	北落遺跡	甲良町	顔料	顔料	古墳	◎	○
45	塚原古墳	甲良町	顔料	顔料	古墳	◎	
46	北落古墳	甲良町	須恵器	顔料	古墳	◎	
47	尼子南遺跡	甲良町	須恵器（坏身）	顔料	古墳以降	○	○
48	浄蓮寺	近江町	土製円板	顔料	縄文	◎	
49	五村遺跡	虎姫町	赤彩土器	土製品	弥生末	◎	
50	五村遺跡	虎姫町	壷	土製品	弥生末	◎	
51	五村遺跡	虎姫町	赤彩土器	土製品	弥生末	◎	◎
52	五村遺跡	虎姫町	石杵	石製品	弥生	◎	○
53	五村遺跡	虎姫町	竪櫛	木製品	弥生	◎	

P25

細石刃に付着したタール状物質と伴出有機物の化学分析

小笠原正明（北大高等セ）・菊池強一（岩手埋文）

1. はじめに

1993年の岩手県金ケ崎町柏山館跡の発掘調査で，旧石器時代の地層から，黒いタール状の異物が付着した細石刃が出土した。また同じ地層から，その付着物と外見のよく似た有機物の塊が出土した。これらの異物または有機物は，細石刃を固定するための接着剤であった可能性が高いことから，これらの有機物の組成について化学的な分析を行った。

2. 実験

細石刃付着物の電子顕微鏡観察や蛍光X線測定は完全に非破壊的に行った。蛍光X線測定には北海道大学理学研究科設置のエネルギー分散型装置（フィリップス社製EDAX9100型）を使用した。伴出有機物の成分分析は，天然アスファルト分析の場合と同じ方法で行った（小笠原その他，1994）。

3. 細石刃の付着物

出土した細石刃は，縦が 10 mm，横が 3-5 mm，厚さが 1 mm程度の小型のものである。この細石刃の下端から中央部にかけて黒いススのようなものが付着していた。電子顕微鏡で観察すると，直径が 100 mμ 程度の煎餅のように平たい付着物が多数観察された。この部分の蛍光エックス線スペクトルを測定したところ，表 1 に示すようにナトリウム，アルミニウム，けい素，リン，硫黄，塩素，カリウム，カルシウム，鉄の存在が確認された。この中でアルミニウムとけい素は石または土によるもので，細石刃の表面のどこでも観測された。

タール状の付着物は、その外見から有機物が固化したものであろう。残存する有機物が何であるかは断言できないが，ナトリウム，リン，いおう，鉄などのいわゆるミネラル分が多く含まれていることから，動物性のものと推定される。多量に検出されるカルシウムは，動物性の有機物にもともと含まれていたものか，あるいは骨製の柄から剥離したものであろう。

4. 伴出有機物

伴出有機物は長径が 8 mm程度の米粒のような形をしている。表面は粘土のようなもので覆われているが，内側はやや褐色を帯びた黒色である。試料の大部分は炭素よりなるが少量の水素と硫黄が含まれている。 窒素は元素分析の精度では無視できる量で

ある。すなわち，この試料は少量の硫黄を含む炭化水素であり，石炭またはアスファルトに近いものであるが，溶媒分割やイヤトロスキャン分析によっても，それ以上の同定はできなかった。

表１　細石刃付着物のミネラル成分

元素	スペクトル強度（任意単位）
Ｎａ	９．１
Ａｌ	７０．１
Ｓｉ	３７．３
Ｐ	１７．５
Ｓ	１５．０
Ｃｌ	１６．１
Ｋ	１７．５
Ｃａ	４５．４
Ｆｅ	９．７

5. 考察

細石刃の付着物は，動物起源のペーストである。動物性の生体物質の１つの例として人間の血清または血しょうを取り上げてみると，この中にはナトリウム，カリウム，カルシウム，鉄，銅，亜鉛，マグネシウムなどのイオン，無機リン，カルシウムなどが含まれている（金井，金井，1993）。細石刃に付着したペーストにはこれらのミネラル成分のほとんどが含まれている。有機物でこのようなミネラル成分を含むものとしては，動物性の生体物質以外にはありえない。このような動物性物質の起源として第１に考えられることは，細石刃をとりつけていた獣骨のシャフトに残存していた髄または肉質が付着して乾燥固化したのである。また，動物の肉や皮を切断・剥離したときに付着したものかも知れない。第２に考えられることは，細石刃をシャフトの細溝にとりつけたときに使用した動物性の接着剤である。問題の細石刃には，付着物が特定の部分に張り付いて残存しており，その境界線が斜めになっている。このように付着物の境界線がはっきりしていていることも接着剤と考える根拠２になる。１つの作業仮設として，ニカワ類似の接着剤で骨製の柄に取り付けていた可能性を指摘したい。

謝辞：本稿の執筆にあたり長野県御代田町教育委員会の堤隆氏，北海道開拓記念館の野村宗氏，北海道大学医学部の斎藤永仁博士からは貴重な助言と資料をいただきました。また北海道大学大学院理学研究科の佐々木直樹博士からはニカワ・コラーゲンについてご教示をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

文献

小笠原正明・阿部千春・前川靖明・横山晋　1994「豊崎N遺跡出土の天然アスファルト塊」『考古学ジャーナル』373号．pp. 25-29

金井正光・金井　泉　1993　「臨床検査法提要」pp. 8. 金原出版

P26

浮世絵などに使用されている着色料の非破壊的同定を目的とした光ファイバーによる三次元蛍光スペクトルの測定法について

○下山　進[1)]、　野田　裕子[1)]、　勝原　伸也[2)]
1) デン マテリアル 株式会社色材科学研究所、2) 版画家

1．はじめに

古文化財として貴重な染織物や絵画などには、植物あるいは動物由来の染料や絵の具(着色料）が使用されている。著者らは、植物や動物由来の染料で染色した染織物に励起光を直接照射して、三次元蛍光スペクトルを測定し、その蛍光強度にしたがって等高線図を描けば、そこに現れた等高線のピークの位置とパターンから染織物に染着している染料が直接同定できることを明らかにした[1~2)]。そして、この非破壊同定法によって、吉野ヶ里遺跡甕棺内から出土した貝製腕輪に付着している染織物の染料を“貝紫(6,6'-ｼﾞﾌﾞﾛﾓｲﾝﾃﾞｺﾞ)”と同定し報告した[3~4)]。また、古代の赤色染料として使用された植物染料“茜”には、アジア原産のものとヨーロッパ原産のものがあり、同じ母核構造（アントラキノン構造）を有する染料化合物が含まれている。このような場合でも、染色に用いられた染料植物“茜”がいずれの産地に属するものか同定可能であると報告した[5~6)]。
しかし、これまで測定の対象と成り得た試料は、全て分光蛍光光度計本体の試料室内に納められる大きさのものに限られていた。

そこで、著者らは、大型の試料、例えば歴史的に貴重な小袖などの染織物や絵画などであっても、三次元蛍光スペクトルを直接測定することができる光ファイバー装置を開発し、浮世絵などの絵画に使用された着色料（植物染料）の同定を可能としたので報告する。

2．光ファイバー装置と測定方法

開発した光ファイバー装置は、図１に示したように分光蛍光光度計に取り付けて使用するもので、その先端部の構造は、図２に示したように、内側に束ねた光ファイバーＦ１と、それを取り巻くように束ねた光ファイバーＦ２の二層構造を成し、Ｆ１は光度計本体から励起光を取り出し試料に送光して照射する光ファイバー、Ｆ２は励起光が照射されたときに試料から放出される蛍光スペクトルを取り込み、これを光度計本体の光検知管に送光する光ファイバーである。そして、測定時にはこの先端部をホルダーで遮光して用いる。

測定試料は、古来の浮世絵版画制作工程に従い[7)]、それぞれ下記に示した着色料を水に溶いた懸濁液と米糊を版木の上で混ぜ、その上に“礬水引き”を施した和紙（江戸期の和紙“奉書”）をのせ、馬連で押しつけながら擦り、着色料を和紙に摺り込んで調製した。

着色料	染料成分	備考
A：紅花（ベニバナ）	カルサミン	伊勢半（株）より入手
B：鬱金（ウコン）	クルクミン	近藤薬草店より入手した“ウコン末”を使用
C：雌黄（シオウ）	天然レジン	森荘画材店より入手
D：黄蘗（キハダ）	ベルベリン	近藤薬草店より入手した“オウバク末”を使用
E：藍（アイ）	インジゴ	矢野和仁氏が染色した藍染布片より煮出して調製[7)]
F：露草（ツユクサ）	コンメリニン	田中直染料店より入手した“青花紙”を使用

上記の光ファイバー装置を図１のように日立Ｆ－４５００形分光蛍光光度計に取り付け、遮光ホルダーに納めた光ファイバー先端部の下に図２のように各試料Ａ～Ｆを置き、それ

ぞれ三次元蛍光スペクトルを測定し、既報[2)]と同様にして等高線図を求めた。

3．結果と考察

光ファイバーを用いて測定された各試料の等高線図を図３に示した。各試料の等高線図Ａ～Ｆが示すとおり、和紙に刷り込まれた浮世絵の着色料は、その等高線のピークの位置とパターンによって識別できる。このことは、今回開発した光ファイバー装置によって、試料室内に収納することができない浮世絵のような大型の試料であっても、所望する箇所を自由に選択して三次元蛍光スペクトルを測定することができ、浮世絵等に使用された着色料を非破壊で同定分析することが可能となったことを示している。

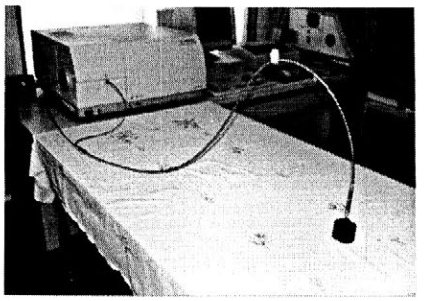


図１　光ファイバー装置を装填した分光蛍光光度計

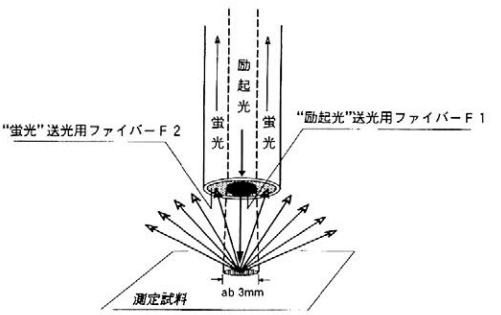
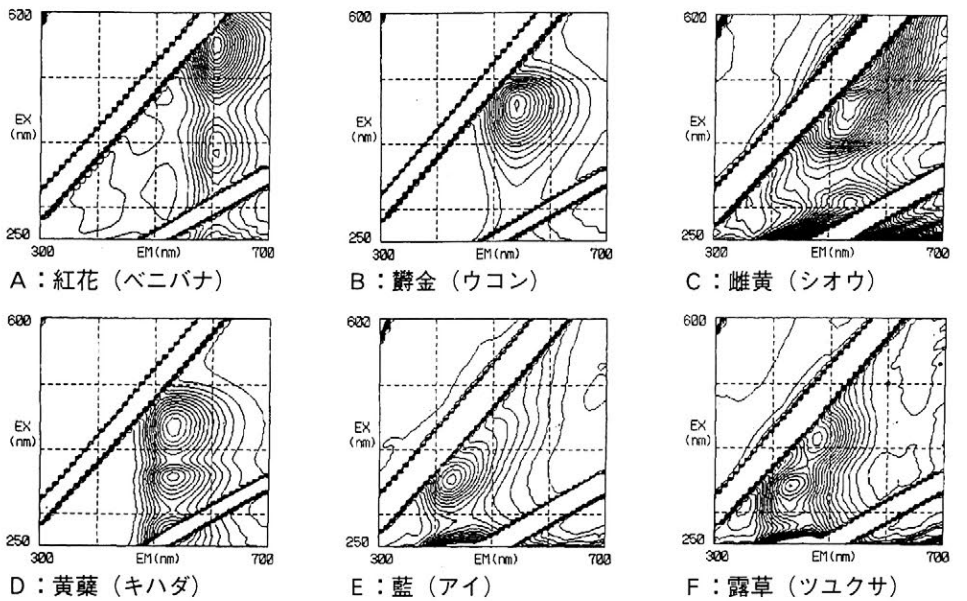


図２　光ファイバー先端部の構造



Ａ：紅花（ベニバナ）　Ｂ：欝金（ウコン）　Ｃ：雌黄（シオウ）

Ｄ：黄蘗（キハダ）　Ｅ：藍（アイ）　Ｆ：露草（ツユクサ）

図３　和紙に摺り込まれた浮世絵の着色料Ａ～Ｆから得られた三次元蛍光スペクトルの等高線図

文献
1）下山進，野田裕子：分析化学，４１，２４３（１９９２）
2）下山進，野田裕子：分析化学，４３，４７５（１９９４）
3）Shimoyama S., Noda Y,; Dyes in History and Archaeology, １２, ４５（１９９３）
4）下山進，野田裕子：古文化財科学研究会第１７回大会，講演要旨集，２７（１９９５）
5）Shimoyama S., Noda Y,; Dyes in History and Archaeology, １３, １４（１９９４）
6）下山進，野田裕子：日本文化財科学会第１２回大会，研究発表要旨集，１８（１９９５）
7）石井研堂："錦絵の彫と摺"（1994年：1929年初版／1965年再版本の改訂復刻版）（芸艸堂）

P27

ヒスイ・碧玉製玉類の産地分析（５）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）
東村武信（関西外国語大学）

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

２、ヒスイ製玉類の原材原産地分析

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

Ⅰ）．北海道千歳市、美々４遺跡（縄文後期中葉）出土のヒスイ製など玉類９７個の中で糸魚川産原石が８３個、日高産軟玉製が２個であった。

Ⅱ）．北海道乙部町市、小茂内遺跡（縄文後期末～晩期初）出土のヒスイ製勾玉２個が糸魚川産原石であった。

Ⅲ）．北海道苫小牧市、柏原５遺跡出土の勾玉と垂飾の２個で糸魚川産原石と推定された。

Ⅳ）．新潟県朝日村、元屋敷遺跡（縄文後・晩期）出土の棗様玉および小玉の２個が糸魚川産ヒスイと判明した。

Ⅴ）．兵庫県神戸市、玉津田中遺跡（弥生中期）出土の勾玉および丸玉の産地分析の結果丸玉は糸魚川産と特定されたが、勾玉については糸魚川産の可能性が非常に高いと推測された。

Ⅵ）．大分県安心院町、飯田二反田遺跡（縄文後期）出土の丸玉１個および、国東町、羽田遺跡（縄文前期～後期）出土の石斧の破壊片１個でそれぞれに糸魚川産ヒスイが使用されていると推測された。

３．碧玉製玉類の原材産地分析

産地分析に用いる元素比組成は、Al/Si、K/Si、Ca/K、Ti/K、K/Fe、Rb/Fe、Fe/Zr、Rb/Zr、Sr/Zr、Y/Zrである。Mn/Fe、Ti/Fe、Nb/Zrの元素比は非常に小さく、小さい試料の場合測定誤差が大きくなるので定量的な判定の指標とはせず、判定のときに、Ba、La、Ceのピーク高さとともに、定性的に原材産地を判定する指標として用いる。各原産地ごとに多数の原石を分析し原石群を作る。碧玉は同じ産地の碧玉原石であっても組成の変動幅が大きく、不純物元素の組成で産地を区別するときに、

各産地ごとの原石群の平均値が、大きく離れているにもかかわらず、それぞれの産地を明確に区別できないときは、定性的な判定では間違った結果を導く。従って同定は相関を考慮した多変量解析法であるマハラノビスの距離D^2を求めてから、遺物試料が原石群に帰属する確率を、ホテリングのT^2の検定を行ってから求める。花仙山、玉谷両原石群の組成の一部分が重なり区別が困難なところがあり、しばしば、遺物を同定した場合に両原産地に原材産地が特定され両者を区別できない場合がある。幸いにも、この場合ＥＳＲ分析法により求めた花仙山、玉谷産原石のＥＳＲ信号（Ⅲ）は大きく異なり、原石の信号と遺物のそれを比較して、似た信号の原石の産地の原材であると推測する。また、ＥＳＲ信号のみで産地を区別することはできない場合がある。しかし、蛍光Ｘ線分析法では両者を容易に区別することができ、両方法を併用することで、より信頼性の高い産地分析の結果が得られる。

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

今回、原石産地が判定された碧玉製遺物は、

Ⅰ）．北海道余市町、入舟遺跡の遺溝外出土の１個の碧玉製管玉に佐渡、猿八産原石が使用されていることが明らかになった。

Ⅱ）．北海道七飯町、大中山１３遺跡（続縄文）出土の管玉１個にも佐渡、猿八産原石が使用されていることが明らかになった。

Ⅲ）．兵庫県神戸市、玉津田中遺跡（弥生中期）出土の碧玉原石片、管玉各１個に女代（Ｂ）群の使用が確認され、管玉１個には玉谷産原石が使用されていることが明らかになった。

Ⅳ）．鳥取県羽合町、長瀬高浜遺跡出土の弥生中期中葉の６個の管玉の中で５個に女代（Ｂ）群の原石が使用されていることが明らかになった。

Ⅴ）．香川県坂出市、龍川五条遺跡出土の管玉２個には、愛媛県今治市、持田町３丁目遺跡出土の弥生前期の碧玉製管玉と同じ原石が使用されている可能性が推測されたが、この原石の産地は特定できていないが、今後の使用圏の研究の資料とした。碧玉原石の原産地の情報提供をお願い致します。

P28

石器原材の産地分析（１３）

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）
東村武信（関西外国語大学）

１、方法　　黒曜石製石器は超音波洗浄器で水洗するだけの完全な非破壊で、また、サヌカイト製石器は風化面にアルミナの粉末を圧縮空気で吹き付けて、表面の風化物を取り除いて、蛍光Ｘ線分析法によって元素分析を行った。現在、遺物の産地推定は、日本全国の黒曜石産地を分類した９８個の原石群と、サヌカイト産地を分類した３９個の原石群と遺物試料を、元素の相関を考慮したマハラノビスの距離を求めて行うホテリングのＴ^{2}検定から、それぞれの群に帰属する確率を求めて行った。未発見黒曜石ＮＫ群の産地を探索しているので、情報の提供を切望している。表１に産地同定を行った結果を示す。

表1　黒曜石、サヌカイト製遺物の石材産地分析結果

遺跡名　（所在地）	時代	原石産地（個数）
滝里4（北海道芦別市）	縄文早期	十勝(133)、白滝(31)、近文台(13)、赤井川(12)、滝川(5)、美蔓(2)、置戸(1)、＊旭山(4)、不明(3)、＊不明(3)
上芦別1（〃　〃）	縄文前期	白滝(54)、十勝(36)、置戸(2)、近文台(2)、滝川(1)、名寄(1)、不明(4)
苫　別（〃えりも町）	縄文早期～続縄文	十勝(22)、置戸(6)、不明(2)
ｶﾝｶﾝ2（〃　平取町）		十勝(55)、置戸(12)、赤井川(11)、白滝(8)、不明(14)
ｷｳｽ5（〃　千歳市）	縄文前期	白滝(56)、赤井川(9)、十勝(7)、置戸(4)、不明(7)
ﾕｶﾝﾎﾞｼC9（〃　〃）	縄文中期	赤井川(17)、豊泉(2)、不明(1)
美沢16（〃 苫小牧市）	縄文前期	赤井川(13)、十勝(3)、白滝(2)、置戸(1)、不明(1)
高岡1（〃　豊浦町）	縄文中期	赤井川(35)、豊泉(11)、十勝(3)、白滝(4)
高岡2（〃　〃）	縄文早期	赤井川(1)
高岡2（〃　〃）	縄文中期	赤井川(12)、豊泉(7)
東　雲（〃　〃）	縄文後期	赤井川(67)、豊泉(8)
ﾅｲﾍﾞｺｼﾅｲ2（〃長万部町）	縄文早期後半	赤井川(28)、不明(2)
小茂内（〃　乙部町）	縄文早期末	赤井川(1)
〃　（〃　〃）	縄文後期末～晩期初	赤井川(40)、出来島(4)、十勝(2)、置戸(1)、不明(1)
大中山13（〃 七飯町）	続縄文	赤井川(1)
茂　別（〃　上磯町）	続縄文	赤井川(24)、赤井川？(7)、白滝(3)、近文台(1)、置戸(1)、不明(1)
中野B（〃　函館市）	縄文早期	赤井川(23)、豊泉(7)、白滝(2)
西桔梗1（〃　〃）	縄文早期	赤井川(7)、十勝(1)
石　倉（〃　〃）	縄文前期	赤井川(96)、置戸(24)、十勝(1)、白滝(1)、出来島(1)、不明(5)
柏山館（岩手県金ヶ崎町）	旧石器	男鹿(3)
樽　口（新潟県朝日村）	ﾅｲﾌ形	深浦(9)、和田峠(4)、月山(2)、高原山(1)、不明(2)
〃　（〃　〃）	細石器	男鹿(17)、和田峠(1)
中ツ原（長野県南牧村）	旧石器末	双子池・麦草峠(23)、霧ケ峰(15)、和田峠(3)、未発見ＮＫ群(13)、不明(1)
柏　垂（〃　川上村）	旧石器	双子池・麦草峠(1)、霧ケ峰(8)、和田峠(3)、未発見ＮＫ群(2)
矢出川（〃　南牧村）	旧石器	双子池・麦草峠(6)、霧ケ峰(5)、和田峠(2)、神津島(5)、＊下呂(1)、未発見ＮＫ群(4)
中条峯（〃　佐久市）	縄文前期	霧ケ峰(5)、麦草峠(4)、和田峠(1)、＊八風山(2)、＊御船山(1)
寄　山（〃　〃）	縄文中期中葉	霧ケ峰(13)、和田峠(7)、＊八風山(1)、＊御船山(1)
勝負沢（〃　〃）	縄文中期後葉	霧ケ峰(16)、和田峠(4)、＊八風山(1)、＊不明(1)

菅原神社台地上（東京都板橋区）武蔵野台地土層第Ⅵ層	柏峠西(1)、和田峠(3)
府中市No.29（〃 府中市）立川ローム第Ⅵ層	和田峠(1)
菅原神社台地上（〃 板橋区）武蔵野台地土層第Ⅴ層	柏峠西(56)、畑宿(25)、和田峠(32)、男女倉(2)、麦草峠・双子池(5)、神津島(1)、高原山(1)
府中市No.29（〃 府中市）立川ローム第Ⅳ下層	和田峠(1)、麦草峠・双子池(1)
〃（〃 〃）立川ローム第Ⅳ中層	柏峠西(44)、畑宿(1)、和田峠(4)、麦草峠・双子池(3)、霧ケ峰(1)
菅原神社台地上（〃 板橋区）武蔵野台地土層第Ⅲ層	霧ケ峰(1)、神津島(4)、不明(1)
落川・一の宮（〃 多摩市）縄文晩期	霧ケ峰(11)、柏峠西(1)
宮之前南（神奈川県横浜市）旧石器	高原山(4)、柏峠西(3)、霧ケ峰(1)、和田峠(1)
宮之前（〃 〃）縄文草創期	神津島(1)
〃（〃 〃）縄文早期後半	神津島(2)
玄海田（〃 〃）縄文前期後半	神津島(3)
〃（〃 〃）縄文前期～中期	神津島(13)、霧ケ峰(3)、双子池・麦草峠(1)、不明(1)
〃（〃 〃）縄文中期後半	霧ケ峰(1)
住撰No.5（〃 〃）縄文中期主体	神津島(89)、霧ケ峰(19)、和田峠(2)、柏峠西(1)、高原山(1)、不明(7)
玄海田（〃 〃）縄文	神津島(53)、霧ケ峰(7)、柏峠西(1)、不明(10)
玄海田南（〃 〃）縄文	神津島(15)、霧ケ峰(13)、和田峠(3)、畑宿(1)、不明(4)
宮之前（〃 〃）縄文	神津島(1)
寺尾（〃 綾瀬市）ナイフ形．前半	柏峠西(5)、霧ケ峰(2)、和田峠(28)
田名稲荷山A（〃 相模原市）ナイフ形．中葉	畑宿(1)
早川天神森（〃 綾瀬市）ナイフ形．中葉	柏峠西(1)、畑宿(2)
上原No.13（〃 宮ヶ瀬村）ナイフ形．後半	柏峠西(1)、畑宿(5)、和田峠(7)
中原No.13C（〃 〃）〃 〃	柏峠西(3)
田名稲荷山B（〃 相模原市）〃 〃	和田峠(1)、麦草峠・双子池(1)
寺尾（〃 綾瀬市）〃 〃	柏峠西(1)、畑宿(1)
当麻（〃 相模原市）ナイフ形．終末	柏峠西(1)、霧ケ峰(1)
田名稲荷山A（〃 相模原市）〃 〃	和田峠(1)、麦草峠(1)・双子池(3)
田名稲荷山B（〃 〃）〃 〃	和田峠(1)、霧ケ峰(3)
早川天神森（〃 綾瀬市）〃 〃	柏峠西(1)、畑宿(7)、霧ケ峰(1)、麦草峠・双子池(2)
寺尾（〃 〃）〃 〃	柏峠西(2)、畑宿(3)
上溝（〃 相模原市）〃 〃	畑宿(2)、麦草峠・双子池(1)
上原No.13（〃 宮ヶ瀬村）槍先形尖頭器	柏峠西(4)
早川天神森（〃 綾瀬市）〃	柏峠西(1)
寺尾（〃 〃）〃	畑宿(2)、麦草峠・双子池(1)、高原山(1)
〃（〃 〃）細石器	神津島(1)
中原No.13C（〃 宮ヶ瀬村）縄文初頭	神津島(1)
表の屋敷（〃 〃）縄文後期	麦草峠・双子池(1)
東名No.35（〃 大井町）縄文前期	柏峠西(22)、畑宿(16)、神津島(13)、和田峠(2)、霧ケ峰(1)、不明(1)
東名No.25（〃 秦野市）縄文中期	神津島(35)、霧ケ峰(2)、畑宿(1)、不明(2)
川尻（〃 城山町）勝坂Ⅰ	神津島(12)、霧ケ峰(2)、不明(1)
〃（〃 〃）勝坂Ⅱ・Ⅲ	神津島(14)、霧ケ峰(5)、不明(1)
〃（〃 〃）勝坂Ⅲ	神津島(8)、霧ケ峰(3)
〃（〃 〃）曽利Ⅰ	神津島(10)
〃（〃 〃）加曽利E3	神津島(15)、霧ケ峰(9)、和田峠(1)、畑宿(1)、不明(4)
西ヶ洞（岐阜県白鳥町）縄文早・晩期・弥生	霧ケ峰(14)、和田峠(2)、不明(2)、＊二上山(3)、＊不明(3)
長瀬高浜（鳥取県羽合町）縄文時代	＊金山(1)、＊不明(1)
光昌寺（大分県大野町）縄文後期	＊金山(47)、＊多久(1)、＊老松山(1)
向屋敷（宮崎県高岡町）縄文	出水（日東）(1)

＊印はサヌカイト石材で、他は黒曜石石材。

P29

武田石高遺跡（茨城県）から出土したガラス質黒色安山岩製石器の石材産地について

山本　薫（筑波大学歴史・人類学系、日本学術振興会）・柴田　徹（都立青山高校）
高松武次郎（国立環境研究所土壌環境研究室）・鈴木素行（ひたちなか市文化・スポーツ振興公社）

1．はじめに

蛍光X線分析法・判別分析法による石材産地推定法および偏光顕微鏡を用いた岩石プレパラートの観察による石材産地推定法（以下「プレパラート法」と記す）の二つの方法を用いて、茨城県の武田遺跡群武田石高遺跡（旧石器時代のIV層中部・上部段階）から出土したガラス質黒色安山岩製石器の石材産地を推定する。さらに、遺跡周辺の河川、海岸や礫層などにおける調査結果を伴せて検討することにより、武田石高遺跡における石材の入手元を復元する。

2．分析試料

ガラス質黒色安山岩とは、これまで発表者らが緻密黒色安山岩という石材名称で呼んでいた石材のことである。

石材産地推定を試みた資料は、武田石高遺跡のA・B・CおよびD地点（茨城県ひたちなか市、1988年度調査）のIV層中部・上部段階（旧石器時代）の文化層から出土したガラス質黒色安山岩製のナイフ形石器5点、石刃1点および剥片28点である。石材産地推定に用いたガラス質黒色安山岩の産地試料は、発表者らが1995年4月に新たに確認した大洗海岸周辺（茨城県）の産地の試料を含む約500点である。ガラス質黒色安山岩の産地および武田石高遺跡の位置を図1に示す。図示した地域以外に、栃木県木須川周辺、同県小貝川周辺および長野・新潟県境付近の飯山周辺において採集した試料についても検討した。

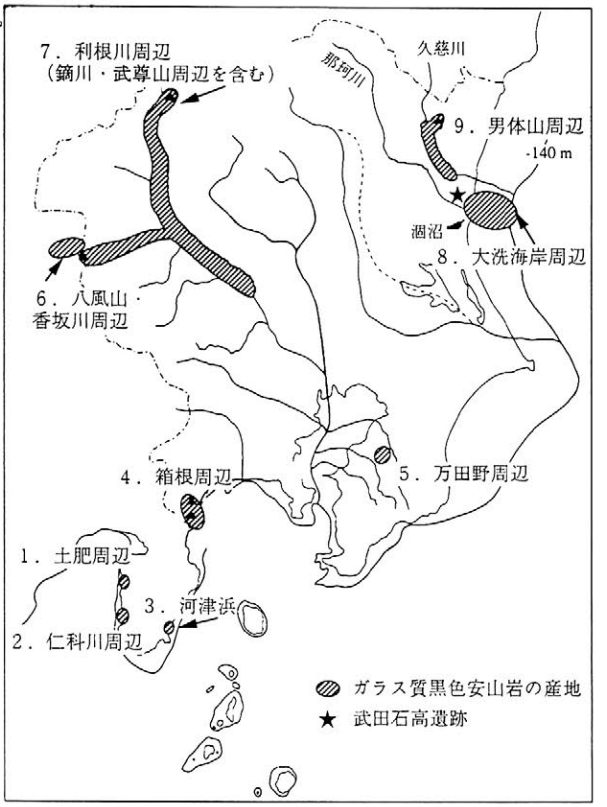


図1　関東地方周辺におけるガラス質黒色安山岩の産地および武田石高遺跡の位置：河川の分布および海岸線については千葉県文化財センター(1987:p.159)を参照した

3．石材産地推定方法

蛍光X線分析法・判別分析法およびプレパラート法の二つの方法を用いて石器石材の産地を推定した。

蛍光X線分析法・判別分析法は、山本（1993）の方法によるもので、石材の元素濃度比（便宜的に蛍光X線分析法で測定したK、Ca、Mn、FeのX線強度のTiのX線強度に対する比、およびTi、Zn、Rb、Sr、ZrのX線強度のYのX線強度に対する比を用いる、以後「元素比」と記す）が産地ごとに異なっていることを利用して、判別分析法により石器石材の産地を推定した。プレパラート法では、石器資料および産地試料を岩石プレパラートにし、偏光顕微鏡下で組織などを比較することにより石材産地を推定した（柴田ほか　1996）。

4．分析結果

紙数の制限から産地試料の分析結果を示す余裕がないため、石器の石材産地推定結果のみを示す。

表1の通り、蛍光X線分析法・判別分析法による石材産地推定（表1中では「XRF分析」と記す）では、ナイフ形石器5点を含む34点の分析資料の全てが、茨城県の大洗海岸周辺が産地であると判別された。しかし、資料番号34は、大洗海岸周辺が産地であると判別されたものの、大洗海岸周辺の産地試料の元素比の値と違いの見られる元素比が複数あった（たとえばK/Ti、Ti/Y、Zr/Yなど）。この資料は、それ以外の資料と風化面の顔つきが異なり、表面がややなめらかな手触りである。

蛍光X線分析法・判別分析法によって石材産地を推定したガラス質黒色安山岩製剥片のうち12点（資料番号7～9、11～18、34）について、プレパラート法によっても石材産地推定を試みた。その結果、蛍光X線分析法・判別分析法によって大洗海岸周辺が産地であると判別された11点（資料番号7～9、11～18）は、プレパラート法によっても大洗海岸周辺が産地であると推定された。また、1点（資料番号34）は、同方法では今回は石材産地を特定することができなかった。この点については今後の課題としたい。

5．考察

大洗海岸周辺が産地であると判別された34点の資料のうち10点において、資料の一部に自然の営力により琢磨され丸みを帯びた面（礫面）が認められた。そのうち7点において、礫がローリングを受けた際に生成されたと思われる線状で弧状の爪形紋様のようなキズ痕（凹み）を観察することができた。このことは、武田石高遺跡から出土したガラス質黒色安山岩製石器の石材の多くは、露頭ではなく川原などの転礫や河川堆積物もしくは礫浜の礫に限定でき、同遺跡におけるガラス質黒色安山岩の入手元が大洗海岸周辺である可能性が高いことを示す。武田石高遺跡から大洗海岸周辺までは直線距離にして約10kmであり、直接、石材産地まで赴くことが可能な距離である。

また、調査の結果、直線の最短距離にして武田石高遺跡から約15kmにある涸沼周辺の礫層にはガラス質黒色安山岩の存在を確認できず、同遺跡から直線の最短距離にして約15kmに位置する那珂川の川原では同石材はほとんど見られないことが明らかになった。これらを考えあわせると、武田石高遺跡におけるガラス質黒色安山岩の入手元は大洗海岸周辺である可能性が高いと言えよう。

表1　武田石高遺跡から出土したガラス質黒色安山岩製石器の分析結果

資料番号	地点	遺物番号	器　種	礫面	XRF分析による産地推定結果	ﾌﾟﾚﾊﾟﾗｰﾄ法による産地推定結果
1	A	1	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
2	A	2	ナイフ形石器	なし	大洗海岸周辺	未分析
3	A	3	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
4	A	5	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
5	A	22住No.9	剥片	あり	大洗海岸周辺	未分析
6	A	22住表土	石刃	なし	大洗海岸周辺	未分析
7	B	58	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
8	B	75	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
9	B	81	剥片	あり	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
10	B	109	ナイフ形石器	なし	大洗海岸周辺	未分析
11	B	136	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
12	B	140	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
13	B	322	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
14	B	345	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
15	B	346	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
16	B	372	剥片	あり	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
17	B	383	剥片	なし	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
18	B	399	剥片	あり	大洗海岸周辺	大洗海岸周辺
19	C	3	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
20	C	9	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
21	C	12	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
22	C	22	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
23	C	27	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
24	C	39	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
25	C	47	剥片	あり	大洗海岸周辺	未分析
26	C	19住ﾌﾗ土	ナイフ形石器	なし	大洗海岸周辺	未分析
27	C	23住No.1	ナイフ形石器	なし	大洗海岸周辺	未分析
28	D	13	ナイフ形石器	あり	大洗海岸周辺	未分析
29	D	25	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
30	D	27	剥片	あり	大洗海岸周辺	未分析
31	D	46	剥片	あり	大洗海岸周辺	未分析
32	D	53	剥片	あり	大洗海岸周辺	未分析
33	D	127	剥片	なし	大洗海岸周辺	未分析
34	D	155	剥片	あり	大洗海岸周辺	不明

6．おわりに

蛍光X線分析法・判別分析法により石材産地推定を行なった結果、茨城県ひたちなか市の武田石高遺跡から出土したガラス質黒色安山岩製石器の石材産地は、分析した資料のほとんどが、遺跡から10kmと近い大洗海岸周辺であると推定された。この結果は、プレパラート法による石材産地推定結果とも一致している。

本研究の意義は、同一の石器資料について異なる二つの方法により石材産地を推定した点であり、また、本研究が大洗海岸周辺産のガラス質黒色安山岩の利用を跡づけた最初の分析例でもある。今後は、ガラス質黒色安山岩製石器の石材産地推定をさらに精度良く行うために産地の情報を蓄積するとともに、中部地方・南関東地方の様々な地域および様々な時期の遺跡から出土した石器の石材産地推定を進め、同石材の利用の地域性や広がり、時期的変遷について考察を深めてゆきたい。

なお、本研究は、文部省科学研究費・奨励研究費（課題番号：０９４４、研究代表者：山本薫）による成果の一部である。

引用文献

柴田　徹・山本　薫・鈴木　素行　1996　「武田遺跡群石高遺跡出土のガラス質黒色安山岩製石器の岩石学的検討」、『武田IX』、ひたちなか市文化・スポーツ振興公社、PP.120-123

千葉県文化財センター　1987　『自然科学の手法による遺跡、遺物の研究5－先土器時代の石器石材の研究』、千葉県文化財センター研究紀要11、千葉県文化財センター

山本　薫　1993　「緻密黒色安山岩製石器の石材原産地推定方法について」、『筑波大学先史学・考古学研究』、第4号、pp.45-96

P30

石材利用の検討から見た縄文草創期の様相について（2）

――千葉県市原市南原遺跡の石器石材の再検討結果を中心として――

柴田徹（都立青山高校）・山本薫（筑波大学歴史・人類学系・日本学術振興会）
大塚達朗（東京大学文学部）・高松武次郎（国立環境研究所土壌環境研究室）

Ⅰ．目的

１９９３年に検討した南原遺跡の石器石材についての分析結果に、その後発見された新たな産地のガラス質黒色安山岩を加え再検討を行った。更に神奈川県内の縄文草創期の遺跡における石材利用の検討結果を加味し、石材利用の地域性についての考察も行う。

Ⅱ．使用石材の地域性

千葉県の南原遺跡（市原市）と神奈川県の花見山遺跡（横浜市）・南鍛冶山遺跡（藤沢市）の石材組成（表１）の対比を行った。

表１　各遺跡の石質組成表（％で表示）

石質 / 遺跡名	ガラス質安山	トロトロ石	黒曜石	硬質細粒凝灰	ﾁｬｰﾄ	頁岩	ﾎﾙﾝﾌｪﾙｽ	黒色頁岩	硬質頁岩	珪質岩	その他	計
南原(1638)	38.4	25.2			7.3	0.1	7.3	8.6		3.2	9.9	100
花見山(603)	22.7			14.4	50.5	2.2	4.5		0.5	1.2	4.0	100
南鍛冶山(275)	32.4		0.7	64.0			2.9					100

１．検討した３遺跡における石材利用の特徴

１）両地域に共通して、黒曜石はほとんど又は全く使用されていない。
２）両地域に共通して、ガラス質黒色安山岩は多用される石材。
３）両地域に共通して、ホルンフェルスは一定量使用される石材。
４）トロトロ石は南原遺跡では多用されるが、神奈川の２遺跡では全く使用されない石材。
５）黒色頁岩は南原遺跡では使用されるが、神奈川の２遺跡では全く使用されない石材。
６）硬質細粒凝灰岩は神奈川の２遺跡では多用されるが、南原遺跡では全く使用されない石材。
７）チャートは花見山遺跡では５０％以上と著しく多用されるが、南鍛冶山遺跡では全く使用されず、神奈川の中での違いを示す石材。

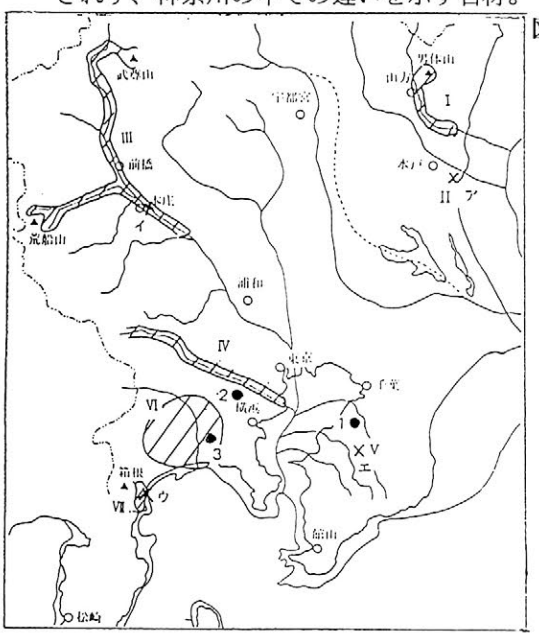


図１　検討した遺跡・検討試料の採集地点・石材採集可能地（千葉県文化財センター1987 p159を参照した）

●：検討した遺跡
１：南原遺跡　２：花見山遺跡　３：南鍛冶山遺跡
×：ガラス質黒色安山岩の試料を採集した場所
ア：大洗　イ：利根川　ウ：箱根　エ：万田野礫層
Ⅰ～Ⅶ：石材採集可能地と主要石材の石質
Ⅰ：久慈川（トロトロ石，メノウ）
Ⅱ：大洗海岸（ガラス質黒色安山岩）
Ⅲ：利根川（ガラス質黒色安山岩，黒色頁岩 ）
Ⅳ：多摩川（チャート）
Ⅴ：万田野礫層（ガラス質黒色安山岩）
Ⅵ：相模川（硬質細粒凝灰岩）
Ⅶ：箱根山周辺（ガラス質黒色安山岩）

2．検討した遺跡出土石材の採集可能地

ア）ガラス質黒色安山岩は採集可能地が大洗海岸・利根川の河原・万田野礫層・箱根山の白銀山,明神岳から流れ出す河川の河原と相模湾の海岸に限られる（II，III，V，VII）。

イ）トロトロ石は採集可能地が茨城県の男体山周辺・久慈川の河原に限られる（I）。

ウ）黒色頁岩は採集可能地が利根川の河原に限られる（III）。

エ）硬質細粒凝灰岩は採集可能地が丹沢山地から流れ出す河川・相模川・かつての相模川が堆積した礫層に限られる（IV）。

オ）チャートは相模川以西の川では採集できない。

以上の事から、千葉県の南原遺跡と神奈川県の花見山遺跡・南鍛冶山遺跡とでは、ガラス質黒色安山岩以外の石材については、採集地に共通する地点を想定する必要がないことは明らかである。ガラス質黒色安山岩については以下に検討する。遺跡と採集地との関係を図１に示す。

III．ガラス質黒色安山岩の採集可能地について

ガラス質黒色安山岩について、肉眼及び実体顕微鏡下での特徴・岩石薄片の偏光顕微鏡下での特徴と蛍光X線分析・判別分析の３つの方法で別々に石器石材の採集地の推定を行い、比較検討をした。筆者らが1995年4月に発見した大洗海岸のガラス質黒色安山岩を加えた結果を以下に示す（神奈川の２遺跡については肉眼及び実体顕微鏡下での特徴のみによる推定である）。

表２　ガラス質黒色安山岩の採集地推定結果（各方法で検討した実数を示す。共通に検討した遺物は１７点）

	肉眼・実体顕微鏡（３７点）			偏光顕微鏡（３０点）			蛍光X線・判別分析（２７点）		
	大洗	利根川	箱根	大洗	利根川	万田野	大洗	利根川	万田野
南原	２５	１２	0	２０	１０	0	１６	１０	1
花見山	0	0	全点						
南鍛冶山	0	0	全点						

南原遺跡ではガラス質黒色安山岩は大洗および利根川で採集できるものを使用し、箱根のものは使用していないとの結論を得た(図２参照）。ガラス質黒色安山岩以外の石材の採集地と整合性のある結論である。前回も問題にした利根川と万田野礫層のガラス質黒色安山岩との識別は難しく、今回利根川とした遺物は少なくとも一部が万田野である可能性は否定できなかった。

花見山遺跡・南鍛冶山遺跡では肉眼・実体顕微鏡による方法以外での採集地推定を行っていないので、南原遺跡に比べ精度は落ちる。しかし、旧石器時代の全く同じ顔つきのガラス質黒色安山岩との比較から、箱根との推定にかなりの精度はあるものと確信している。

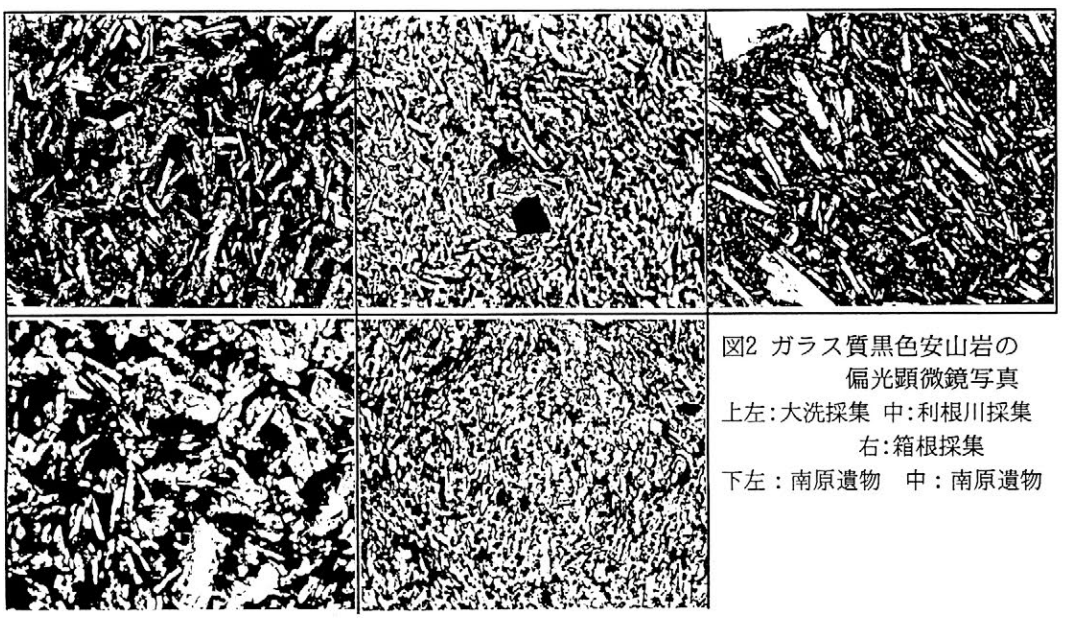


図2 ガラス質黒色安山岩の偏光顕微鏡写真
上左:大洗採集 中:利根川採集
右:箱根採集
下左：南原遺物　中：南原遺物

P31

北伊豆の縄文時代住居址から出土した黒曜石石器の原石産地

高橋　豊（沼津工業高等専門学校）・西田史朗（奈良教育大学）

目的　静岡県北伊豆地域の，指標土器で時代が決められた縄文時代住居址覆土から出土した黒曜石石器の原石産地を検討した．これは指標土器と黒曜石石器原石の伝播範囲から，当時の人と物の交流を知る手がかりを得たいためである．

遺跡の層準　愛鷹山南麓から北伊豆地域にかけては，図1の標準柱状図に示した愛鷹ローム層に被われる．縄文時代の住居址は，図1の地表から50-150 cmの現世腐植質火山灰の層準4，5の栗色土層(KU)と富士黒土層(FB)にみられる．これらの層準は，上限を3000年前のカワゴ平軽石(Kgp)で，約10,000年前の下限との中間を6,300年前のアカホヤ火山ガラス(Ah)で二分される．この3,000 年間に出土した指標土器年代を参照してより細かな尺度で，上記の指標土器の原産地と黒曜石石器の原石産地を確認しようと試みる．ちなみに，分析を進めている休場層以下の先土器時代遺跡を包含する黒色土層は，放射性炭素年代値により約3,000 年の間隔でみられ，この間の遺跡と遺物は一括して扱われる場合が多い．

分析方法　黒曜石の主要元素組成は，エネルギー分散型マイクロアナライザー（EDS）により，非破壊で定量分析した(高橋･西田，1986)．原石産地の推定はVAISによった(西田，1992)．

試料　分析は図3 に示した12遺跡の，土器を伴う縄文時代住居址の覆土から出土した石鏃を中心とした黒曜石石器(A試料)と，縄文時代住居址の覆土中の石鏃に同層準の黒色現世腐植質火山灰層から出土した石鏃が加わった黒曜石石器試料(B試料)からなる507点の試料を対象とした．

遺跡と土器編年
1　IHJL-伊東市東大室クズレ遺跡，縄文中期，A試料43個片
2　NIKJ-中伊豆町甲之背遺跡，縄文早期～早創期，B試料83個片
3　NISJ-中伊豆町上白岩遺跡，縄文中期～後晩期，B試料44個片
4　OOCJ-大仁町 長者原大平C遺跡，縄文早期～前期，A試料37個片
5　OOBJ-大仁町 長者原大平B遺跡，縄文早期～前期，A試料10個片
6　OCOA-大仁町 長者原大平 A(Ⅱ) 遺跡，縄文早期～前期，A試料12個片
7　OOAJ-大仁町 長者原大平 A(Ⅱ) 遺跡，縄文早期～前期，A試料21個片
8　MNSJ-三島市 夏梅木猪追面遺跡，縄文中期，加曽利E式(第5号住居址覆土中)，A試料57個片
9　MGHZ-三島市 夏梅木源平山遺跡，縄文中期，勝坂式･加曽利E式，B試料75個片
10　MHTJ-三島市 乾草峠遺跡，縄文早期～前期，天神山式，B試料35個片
11　NFO5-沼津市二ツ洞遺跡，縄文早期～前期，B試料56個片
12　SIKO-芝川町 小塚Ⅱ遺跡，縄文早期～前期，諸磯a式等，A試料34個片

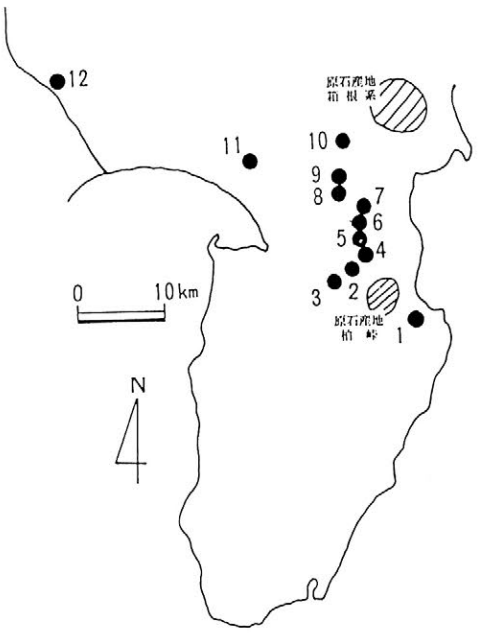


図1　**扱った遺跡の分布**
番号は本文中に示した遺跡名と対応する

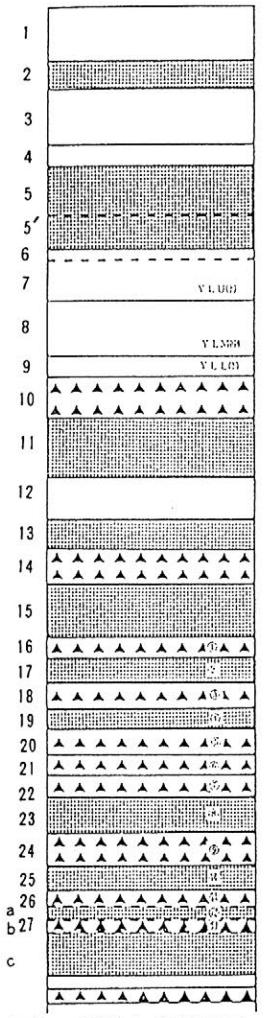


図2　**愛鷹山南麓地域の標準層序断面**

1:表土，　2:黒色土層，3:黄褐色土層，4:栗色土層(KU)，5:富士黒土層(FB)，　5'-6:漸移層 7-9:休場層(YL);7:YLU 8:YLM，9:YLL，10:第1スコリア層(SCI)，11:第Ⅰ黒色帯(BBI)，12:ニセ・ローム(NL)，13:第Ⅱ黒色帯(BBII),14:第Ⅱスコリア層(SCII) 15:第Ⅲ黒色帯(BBIII) 16-27b: 第Ⅲスコリア帯（SCIII)，27c:第Ⅳ黒色帯（BBIV)

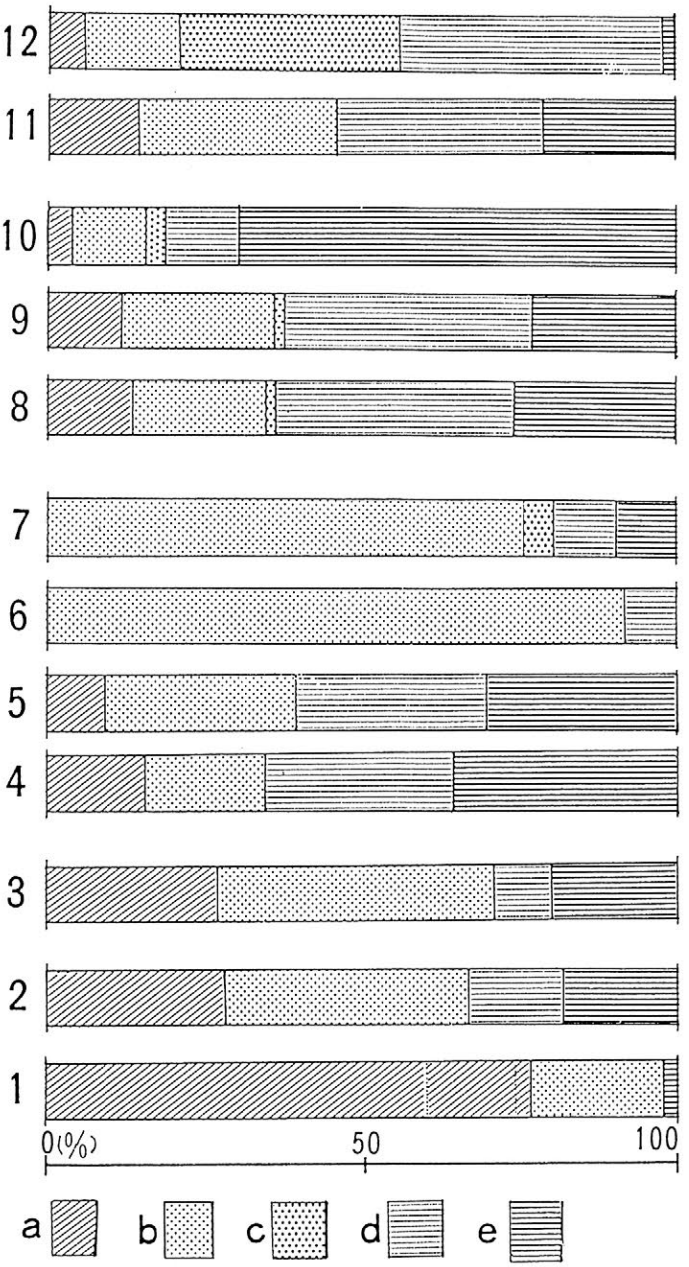


図3　**黒曜石石器原石の産地別出現頻度**

a:神津島系，b:伊豆柏峠，c:箱根系，d:和田峠系，　e:蓼科系
番号は本文中の遺跡名と対応する

P32

黒曜石の産地推定による南関東の細石刃文化の研究（Ⅰ）

○望月　明彦（沼津工業高等専門学校）・堤　隆（御代田町教育委員会）

1．はじめに

旧石器時代の最後にあたる細石刃文化は、組み合わせて用いる石器（植刃器）が加わる時代であり、また、最近では土器と共存して出土する例も見られ（南関東では月見野遺跡第１地点、勝坂遺跡）、旧石器時代から縄文時代へと移行する段階の非常に特徴のある時代である。石器の器種の変化だけでなく、神津島産の黒曜石が非常に増えるなどの産地との関連の変化も認められる。従って、細石刃に用いられる黒曜石の産地を詳しく検討することによって、この時代の交易や地域差などを知ることができると予想される。本研究では南関東とそのすぐ西隣にあたる箱根・愛鷹地域の細石刃時代の遺跡から出土する黒曜石の産地推定を蛍光Ｘ線分析法により行った。

2．遺跡・遺物

分析した遺跡は相模野台地に位置する神奈川県大和市の上草柳遺跡第１地点・第３地点、同じく神奈川県海老名市柏ヶ谷長ヲサ遺跡第Ⅳ文化層、愛鷹地域の静岡県沼津市中見代第Ⅲ遺跡の４つの遺跡（図１．）で、分析した試料数はそれぞれ、336, 141, 347, 143 で合計 967 点である。いずれも細石刃文化の前半の段階の遺跡と考えられ、細石刃核として野岳・休場型の石刃核のみか、これに船野型石刃核を伴う。

3．産地推定法

セイコー電子工業社製エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析装置 SEA-2001 を用いて測定を行った。産地原石試料は割って、新鮮面をそのまま測定した。遺跡出土試料は超音波洗浄機で 15 分間洗浄し、そのまま測定した。測定条件は次の通りである。

電圧：50kV　電流：3-30 μA　雰囲気：真空　測定時間：240 秒　照射径：10 or 3mm

得られた蛍光Ｘ線強度から次のような指標を計算して産地推定に用いた。

Rb*100/(Rb+Sr+Y+Zr)　Sr*100/(Rb+Sr+Y+Zr)　Zr*100/(Rb+Sr+Y+Zr)

Mn*100/Fe：Mn と Fe の強度比　　K*100/Fe：K と Fe の強度比

4．結果と考察

横軸に Rb*100/(Rb+Sr+Y+Zr)、縦軸に Mn*100/Fe 原産地原石の分類を図２．に、上草柳第１地点の遺物の同様のプロットを図３に示す。これらの図と全ての指標を用いたマハラノビス距離による判別分析により産地推定を行った。その結果、各遺跡における遺物点数で表した産地組成は表１のようになった。柏ヶ谷長ヲサ遺跡と中見代第Ⅲ遺跡はほとんどが神津島系であった。上草柳第１地点では 77%が神津島系、残りのほとんどが伊豆・箱根系の黒曜石であった。また、上草柳第３地点では全てが長野県の和田峠系であった。

上草柳第１地点では石器ブロックが２つ存在する。これらのブロックには神津島系、伊豆・箱根系が混在していたが、遺物の器種との関連の検討から、細石刃製作の際に生じる細石刃、削片、細石刃核、砕片はほとんど全て神津島系であった。伊豆・箱根系の黒曜石はほとんどがナイフ、尖頭器、削器、剥片で、１点だけ長野県の蓼科系の尖頭器が混在していた。このように器種・産地がともに異なる石器群

が同一ブロックに存在することをどのように解釈したらよいのだろうか。異なった時期の遺物がたまたま同一のブロックとして発掘されたという可能性もある。遺物の出土位置の深さは神津島系 62.62m、箱根系（畑宿）平均 62.58m とほとんど差がないが、伊豆系（柏峠）だけは 62.76m と少し差が認められ、平面分布も若干偏っている。

まだ、分析した遺跡数が少なく、各遺跡とも少数の石器ブロックからの遺物を分析したのみであり、確実なことはいえないが、さらに分析数を増やしてこの時代の特徴や地域ごとの違いを明らかにしていきたい。

図１．分析試料出土遺跡の位置

表１．各遺跡の産地組成

産地	上草柳第１	上草柳第３	長ヲサ	中見代第Ⅰ
和田峠系（点数）	0	139	0	1
（%）	0.00	100.00	0.00	0.70
霧ヶ峰系（点数）	0	0	0	0
（%）	0.00	0.00	0.00	0.00
蓼科系　（点数）	1	0	0	0
（%）	0.30	0.00	0.00	0.00
畑宿　（点数）	55	0	0	1
（%）	16.37	0.00	0.00	0.70
柏峠　（点数）	21	0	0	2
（%）	6.25	0.00	0.00	1.40
神津島系（点数）	259	0	347	139
（%）	77.08	0.00	100.00	97.20

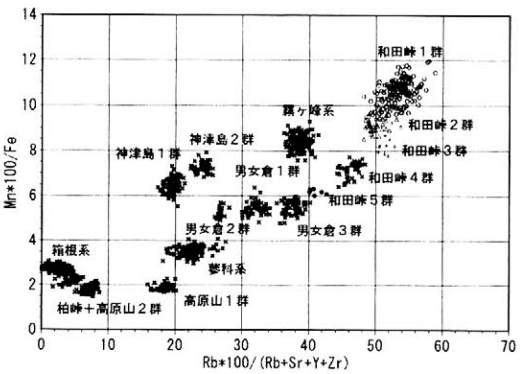


図２．産地原石分類図

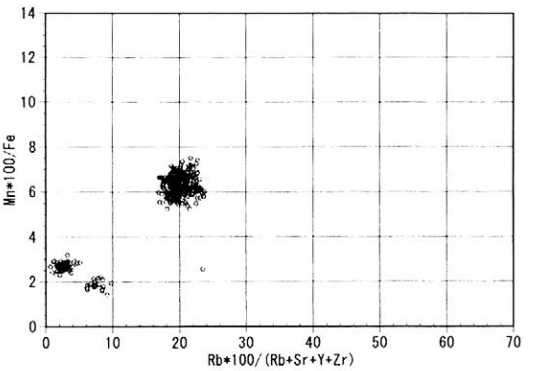


図３．上草柳遺跡第１地点出土試料判別図

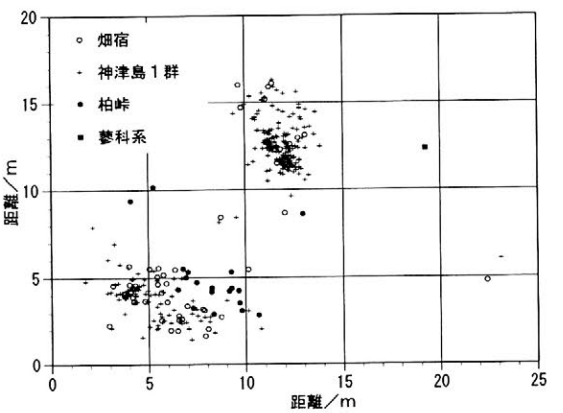


図４．上草柳遺跡第１地点産地別分布図

P33

蛍光X線分析によるトルコの黒曜石産地の判別（I）－中央アナトリアー

望月　明彦（沼津工業高等専門学校）

1．はじめに

トルコには中央アナトリアと東部アナトリアに大きな黒曜石産地地域がある。そのほかに北部、北西部に小さな産地があるが、これらの産地についてまとまった報告は少ない。これらのトルコの産地全体にわたる調査のはじめとして、1995年9月、3週間にわたり、中央アナトリアの産地を32ヶ所を調査し、原石を採集した。蛍光X線分析によりこれらの産地原石を分析し、分類を行い、その結果をアンカラの南東約 120km に位置するカマン・カレホユック遺跡から出土した黒曜石製遺物の産地推定に適用した。

2．産地

中央アナトリアの黒曜石の主要な産地はカッパドキアの近くにあり、ニーデーアクサライーネブシェヒールの3つの町を結ぶ三角形の中に存在する。中でも、チフトリクの町の北のギョル・ダー付近のチフトリク黒曜石という名前で報告されている黒曜石とアジギョルの町付近のアジギョル黒曜石という名の黒曜石が有名である。調査ではこれらの産地を中心に周辺の小さな産地とあわせて全部で32ヶ所の産地（20ヶ所の露頭）から原石を採取した。産地の位置を図1．に産地名などを表1．に示す。

3．測定

産地原石は遺跡出土資料の測定状況に合わせるため、原石をハンマーで割り、新鮮面をそのまま測定した。遺跡出土の遺物は超音波洗浄機で15分間洗浄、乾燥して測定した。

分析装置：セイコー電子工業社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置

分析条件：電圧　50kV　　電流　3-30 μA　　雰囲気：真空　　測定時間：250秒

照射径：10 or 3mm

4．産地の分類

得られた蛍光X線強度を用いて計算した以下のような指標によって分類した。

・Rb,Sr,Y,Zr の4元素の強度の合計を100%とし、Rb,Sr,Zr が何%をしめるかを示す値。
Rb*100/(Rb+Sr+Y+Zr)，　Sr*100/(Rb+Sr+Y+Zr)，　Zr*100/(Rb+Sr+Y+Zr)

・Fe,Mn の強度比(Mn*100/Fe)　　・Fe,Ti の強度比(Ti*100/Fe)

これらの指標はいずれも産地分類のための指標として有効であった。これらの指標を用いた分類の例として、横軸に Rb*100/(Rb+Sr+Y+Zr)、縦軸に Ti*100/Fe をプロットした分類を図2．に示す。多変量解析として、これらの指標全てを用いて主成分分析と判別分析を行った。主成分分析の結果を図3に示す。その結果、中央アナトリアの黒曜石産地は10のグループに分類された。各グループの略号と各産地がどのグループに属するかを表1．に示す。これらのグループの区別は非常に明確であり、三つの方法による判別結果は 100%一致した。中央アナトリアの黒曜石産地の分類に関しては、主として機器中性子放射化分析とフィッション・トラック年代法による報告があるが、本研究は最も測定数が多く、その結果は最も細分類された明確な結果である。

5．カマン・カレホユック遺跡出土の黒曜石製遺物の産地推定

63点の遺物について測定を行い、産地原石と同様な指標を用いて産地推定を行った。図2．3．と同様のプロットを図4．5．に示す。これらの図による推定の結果は明確であり、キョミュルジュ(KMR)、ネネジ・ダー(NNZ)、トゥルジェ(TLC)、アジギョル(ACG)の4グループが検出された。判別分析の結果も完全に一致した。

この結果から、本法によれば十分に信頼できる産地推定が可能である。この信頼性の高さと非破壊で迅速であるという蛍光X線分析の長所の2つの点から、遺物を確実に数多く産地推定することができ、本法は考古学的な情報を得るために非常に適した推定法であることが分かった。

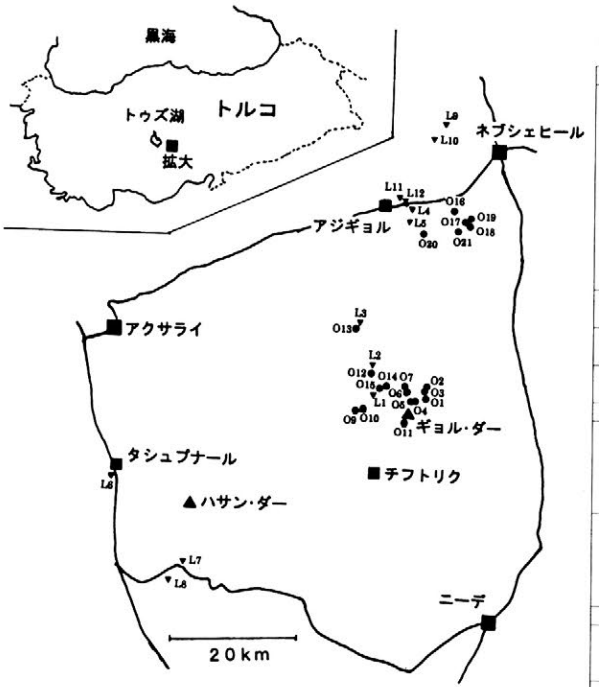


図１．中央アナトリアの黒曜石原産地分布図

表１．中央アナトリアの黒曜石原産地分析試料

産地群	地域	産地番号	産地名	分析数
KMR	キョミュルジュ	T01	カレ・テペ	30
	(ギョル・ダー)	T02	キョルクユ1	31
		T03	キョルクユ2	21
		T04	オルトリュクリュカヤ1	20
		T05	オルトリュクリュカヤ2	10
		T06	ジュンジュルリク1	20
		T07	ジュンジュルリク2	20
		T011	スルチャル・デレシ	30
		T014	ジュンジュルリク西1	10
		T015	ジュンジュルリク西2	10
		TL1	アーアルギュネイ	20
BZK	ボズキョイ	T09	カラカヤ	50
		T010	カラカヤ東	55
KYR	カユルル	T012	カレバトシュ	37
		TL2	クルチャイ	20
NNZ	ネネジダー	T013	ネネジダー1	20
		TL3	ネネジダー2	20
BAZ	ボーアズキョイ	T016	メザルトシュ	55
TLC	ボーアズキョイ	T017	トゥルジェ1	20
		T018	トゥルジェ2	30
		T019	サルカヤボーアズ	20
	チャトキョイ	TL9	オルタケペツ	30
		TL10	ヤルムジャ	30
ACG	カラプナール	T020	ギョベクリ	20
		TL4	アジギョルマール	20
		TL5	クキュカナッチテペ	10
		TL11	カレジテペシ1	10
		TL12	カレジテペシ2	10
TMD	クズルジュン	T021	タムシュダー	30
HSD1	ハサンダー	TL6	タシュプナール	40
		TL7	カラカブ	20
		TL8	ケチカレシ	6
HSD2	ハサンダー	TL7	カラカブ	16
		TL8	ケチカレシ	16

807

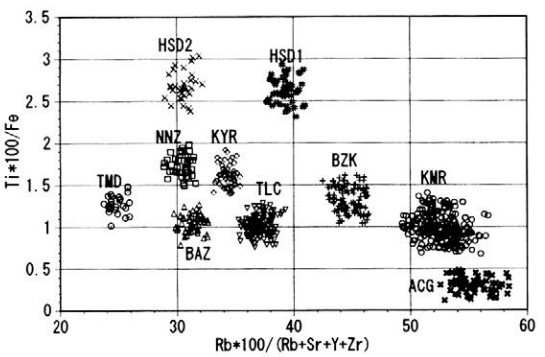


図２．中央アナトリアの黒曜石原石判別図

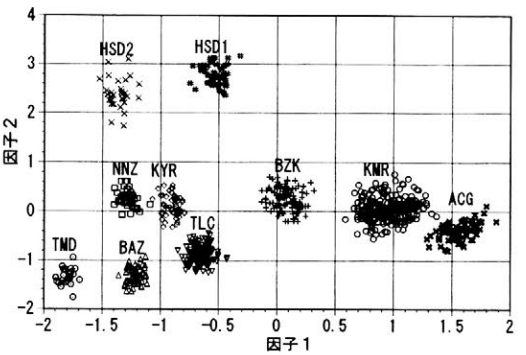


図３．中央アナトリアの黒曜石原石主成分分析
(全部の指標による)

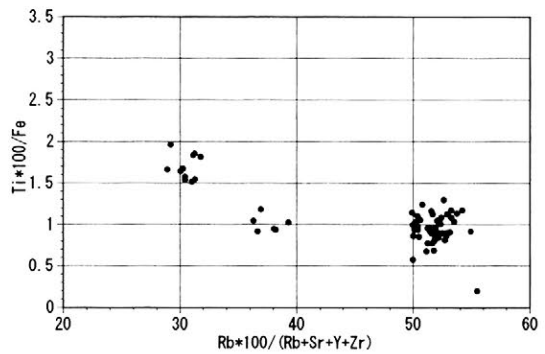


図４．カマン・カレホユック遺跡出土黒曜石判別図

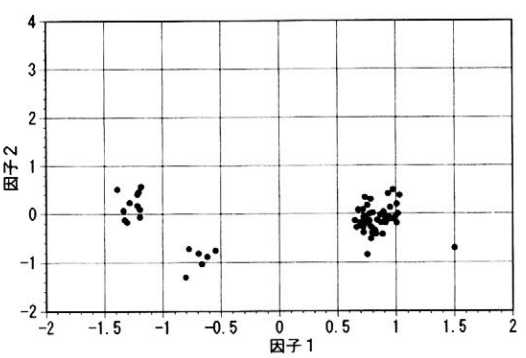


図５．カマン・カレホユック遺跡出土黒曜石主成分分析

P34

東伊豆町峠遺跡における縄文土器の胎土分析

○矢作健二[1)]　橋本真紀夫[1)]　植木真吾[1)]　野中和夫[2)]
1)パリノ・サーヴェイ株式会社考古学研究室
2)日本大学文理学部

1．はじめに

峠遺跡は伊豆半島東海岸のほぼ中央部の東伊豆町に位置する。遺跡は、海抜約195mの馬の背状の台地頂部から東側緩斜面にかけて広がっている。最も近い海岸線までは、直線距離にして約600mを測る位置にあり、海岸まで急峻な斜面が続いている。遺跡からは、黒曜石製の石鏃を中心とした石器が多量に出土し、また縄文時代早期の土器片も多量に出土した。調査により判明した石皿・台石・磨石・敲石そして黒曜石製石器の出土状況とその膨大な量から、峠遺跡は縄文時代早期のほぼ全般にわたって続き、広範な地域へ石器を供給していた石器製作址であったと考えている。さらに、石器とともに出土した土器は、草創期終末から前期初頭までほぼ欠落のないほど多様な型式が出土し、中には遠隔地（東北地方や東海地方）からの搬入を示唆するような土器片も確認された。演者らは、このような土器の状況も峠遺跡の石器製作址としての性格を裏付けるものであると考え、その検証方法として土器の胎土分析を用いた。

土器の胎土は、土器材料の採取地と製作地および技法と製作者に関する情報を内包している。したがって、胎土分析によりそれらの情報を引き出すことができれば、土器の生産と消費そして流通の状況を知ることができる。峠遺跡で製作された石器が、どのような流通・消費の実態にあったかを直接追跡する方法はないが、石器とともに出土した土器の胎土を調べることにより、石器の流通・消費の状況を探ることができると考えたのである。

2．峠遺跡から出土した土器

峠遺跡から出土した土器は、文様により第Ⅰ群から第Ⅸ群までの分類を行った。各群の内訳とその出土量（破片数）の多寡を表１に示す。

表１　峠遺跡における土器

分類群	土器	型式	出土量
第Ⅰ群	撚糸文系土器Ａ群	草創期終末のいわゆる撚糸文系土器	
	撚糸文系土器Ｂ群	田戸上層式併行と考えられる一群	219
第Ⅱ群	押型文系土器	細久保式併行	
		高山寺式	437
第Ⅲ群	沈線文系土器	三戸式	
		田戸下層式	
		田戸上層式	2514
第Ⅳ群	絡条帯圧痕文土器	峠式	
		子母口式	3602
第Ⅴ群	条痕文系前半の土器	野島式	
		鵜ヶ島台式	725
第Ⅵ群	条痕文系後半の土器	茅山下層式	
		粕畑式	
		茅山上層式	221
第Ⅶ群	無文土器		
第Ⅷ群	早期終末の土器	上ノ山式	
		入海Ⅰ・Ⅱ式	
		打越式	200
第Ⅸ群	早期最終末より前期初頭の土器	花積下層式	
		木島式	150

3．試料と分析方法

試料は、文様や肉眼で観察される胎土の状態そして出土量を考慮して、計132点を選択した。内訳は表２に示す。本研究では、胎土の特徴を細砂径の重鉱物組成に代表させる。この方法は結果が棒グラフという簡単な表示になることと胎土が持つ地質学的な情報を知ることができることで縄文土器の分析などにはよく用いられる。試料は粉砕し、超音波洗浄と篩別により得た砂分を重液分離、重鉱物を偏光顕微鏡下で同定し、その粒数比を表示する。

4．分析結果

胎土は、ａ～ｌまでの12種類に分けられる。図１には、その代表的なパターンを示す。また、各土器ごとの胎土組成を表２に示す。胎土ａは峠式に特徴的であることから、東伊豆地域産を示唆する。胎土ｃは、これまでの縄文土器の分析例から関東平野南部地域、胎土ｄ、ｅは神奈川県地域を示唆する可能性がある。他の胎土はまだ地域の推定に至らないが、胎土ｇ、ｈ、ｉは少なくとも伊豆半島外からの搬入品であることは確実である。胎土ｈを示すような地質は、近くとも甲府盆地であり、それ以遠の地域かもしれない。また胎土ｉは、型式が東海系の土器に見られることと東海地域における分析例から、当該地域からの搬入品である可能性が考えられる。

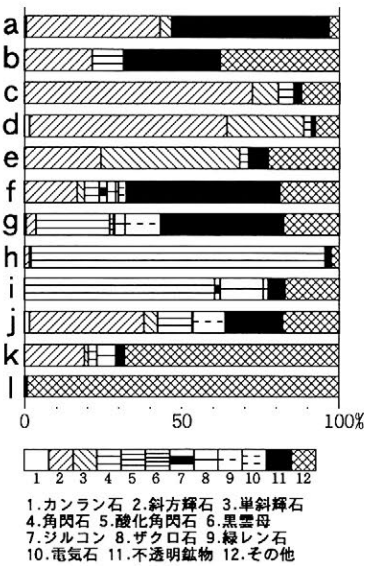


図１　胎土重鉱物組成の種類

5．峠遺跡における土器

胎土分析により、土器製品が各地から峠遺跡に集まって来ていたことが明らかとなった。このことは、広範な地域へ石器を供給していた峠遺跡の性格を支持する結果であるといえる。ところで、表２に示すように、土器型式ごとにも胎土の傾向がある。石器製作の盛衰と関連させると、開始期では胎土ｈに中心があり、最盛期では胎土の中心がｃ・ｆ→ａ→ｃという変遷を示し、衰退期および消滅期で胎土ｉが多くなる。胎土は土器製作地を反映しており、それは石器製品の流通地域をも反映していると考えれば、各時期において石器製品の流通地域の変化および消滅期では遺跡の性格そのものの変化を示唆している可能性がある。本分析は、胎土分析が遺跡の性格とその時期的な変遷を側面から実証した例として意義がある。今後も、産地推定のみにとらわれない胎土分析の応用を考えていきたい。

表２　土器の変遷と胎土

石器製作	－	開始期		最盛期							衰退期				消滅	
土器	Ⅰ群	Ⅱ群		Ⅲ群		Ⅰ群	Ⅳ群		Ⅴ群		Ⅵ群	Ⅶ群			Ⅸ群	
胎土	撚糸文A	細久保併	高山寺	田戸下層	田戸上層	撚糸文B	峠	子母口	野島	鵜ヶ島台	茅山下層	茅山上層	上ノ山	入海Ⅰ	打越	花積下層	木島
a				2			8	8		1	2	1	1		1	1	
b	2			3	1				1				1				
c	1			14		2		2	4	11	1					1	
d	1	2		4		2			1		1						
e				3				1			1						
f				8							1						
g									1		1						
h	1	9				1											
i				1							5			3		3	3
j			1													1	
k				2							1						
l									1								

P35

土器の岩石学　－石川県中島町ヤトン谷内遺跡出土品の例－

根塚　みのり（金沢大学理学部）
荒井　章司（金沢大学理学部）
中野　壽（環境公害研究センター）

1．はじめに

現在，土器に用いられている原料の供給源を推定するために，様々な物理化学的手法が用いられている．本研究では，土器の胎土を構成する岩石鉱物と原料の供給源の地質構成物の直接の比較が可能である「岩石学的分析法」を用いて，石川県能登半島に位置する，中島町ヤトン谷内遺跡および上町マンダラ窯跡（図１）出土の，６世紀～１１世紀に製作されたとされる土師器，須恵器および製作年代不明な土師器の解析を行った．今回は特に，偏光顕微鏡下で，その組織が観察可能なサイズである混和材に注目した．土師器，須恵器を薄片にして，偏光顕微鏡で構成鉱物を見るという従来の方法に加えて，母岩の化学組成を反映した組成の違いが出やすい「斜長石」「単斜輝石」「斜方輝石」の化学組成を，マイクロプローブにより決定した．また，遺跡周辺に露出している安山岩と花崗岩の岩石試料と，近くを流れる熊木川などの川砂・海砂を構成する鉱物を，土師器・須恵器試料と比較検討するために分析した．

2．記載

土師器・須恵器の混和材に関して，製作年代の比較的古いものと新しいものとで，地球科学的な違いが見られた．比較的古いもの（６世紀の須恵器，７世紀末～８世紀前半の土師器）は，安山岩由来物と花崗岩由来物の両方を含んでおり，これは遺跡周辺に露出する岩石や近くを流れる熊木川の川砂にふくまれるものとほぼ一致している．一方，比較的新しいもの（９世紀末～１０世紀中頃の須恵器，１０～１１世紀の土師器）は，安山岩由来物が全く含まれず，花崗岩由来物のみから成る（表１および図２）．

3．解析

混和材の供給源を考えると，比較的古いものは遺跡周辺で得られた可能性が高い．また，混和材の円磨度から，混和材は岩石を直接砕いたというよりむしろ川砂などの二次的堆積物である可能性が高い．一方，比較的新しいものは，遺跡近くには露出しておらず，能登半島でも局所的にしか分布していない花崗岩（図１）のみを直接砕いたか，瀬戸内地域のような花崗岩のみが分布する地域の堆積物を用いたのだろう．

花崗岩由来物は安山岩由来物に比べて，融点の低い鉱物が多く，良質の材料となり得る．ここで見られるような使用される混和材の変化に，時代による古来人の技術的進歩や流通の発達を示す可能性が秘められている．

また，従来の型式学的な分類方法では，製作年代の推定が不可能であった土師器の破片に関して，その構成鉱物の種類や含有量（表１），斜長石・単斜輝石・斜方輝石の化学組成（図２）から，製作年代の比較的古いものに相当するという結果が得られた．

また，土師器と須恵器は製作方法（特に焼成方法）が違うが，製作年代の比較的古いもの（製作年代不明とされている土師器も含む）については，上町マンダラ窯跡出土の須恵器もヤトン谷内遺跡出土の土師器も，近くで容易に手にはいるようなものを混和材として用いていたと考えられる・

4．おわりに

本研究では，以上の結果を得ることができたと同時に，従来の方法には欠けていた，土師器・須恵器の構成物質を地球構成物質として見るという「岩石学的手法」の土器への応用の有効性が証明された．

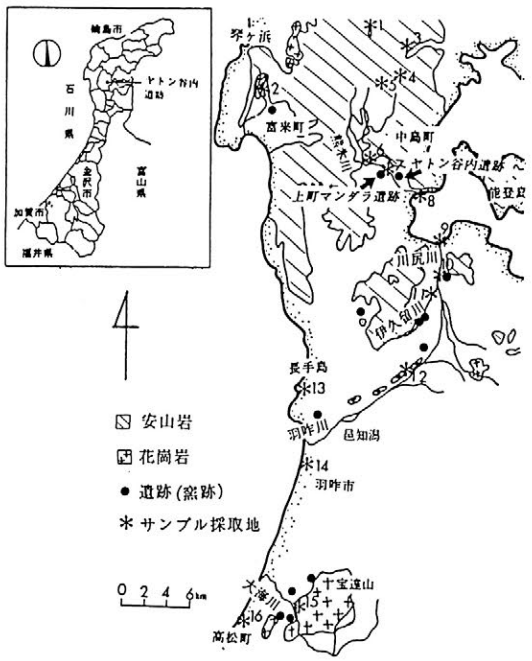


図1　中島町周辺の地質図（柏野，1993より）と付近の遺跡（窯跡）位置（5～12世紀製作の土師器・須恵器が出土した）および岩石試料と川砂・海砂の採取地点を示す．

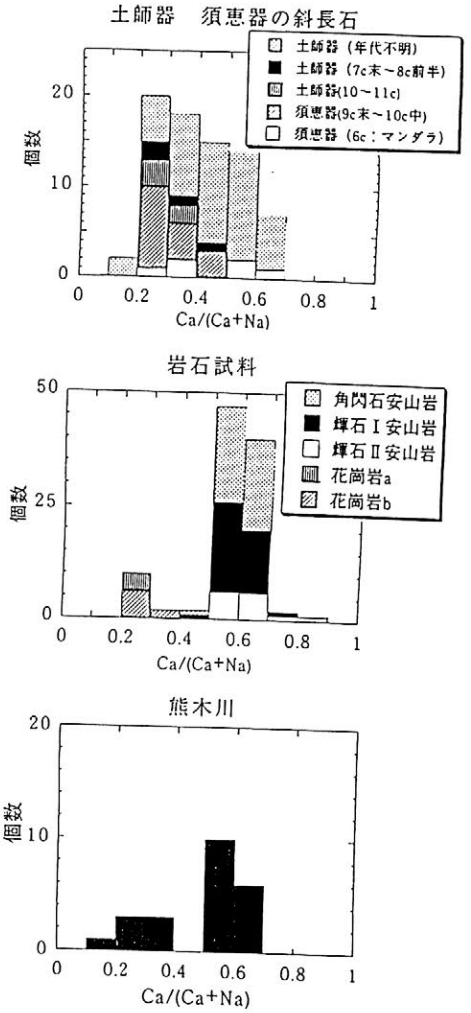


図2　土師器・須恵器，および比較に用いた岩石試料，川砂・海砂に含まれる斜長石の化学組成を示す．横軸は斜長石のCa/(Ca+Na)原子比，縦軸は個数を示す．

試料	個数	石英	斜長石	カリ長石	単斜輝石	斜方輝石	角閃石	雲母類	岩片（安山岩）	鉱物粒子の大きさ
(1)須恵器（6世紀）	1点	○	○	+	○	+	+	—	+	0.3～0.5
(2)土師器（7世紀末～8世紀前半）	1点	◎	○	○	+	+	+	+	+	〃
(3)土師器（10～11世紀）	3点	◎	○	○	—	—	+	+	—	0.2～0.3
(4)土師器（年代不明）輝石5%	4点	○	○	○	+	+	+	+	+	0.3～0.5
同　輝石20%	3点	○	○	+	+	○	+	+	+	〃
同　輝石30%	3点	+	○	+	○	○	+	+	+	〃
(5)須恵器（9世紀末～10世紀中頃）	11点	○	○	○	—	—	—	+	—	5つに分類
*7　熊木川　川砂		●	●	●	●	●	●	●	●	考慮していない

表1　土師器・須恵器試料と熊木川川砂の構成鉱物について

土師器．須恵器の構成鉱物と各鉱物の含有量と，熊木川の川砂の構成鉱物を示す．表中の記号は，各鉱物の含有量や存在の有無を示している．(1)～(5)の土師器・須恵器については，◎は含有量40%以上，○は10～40%，+は1～10%，－は1%以下であることを示している．なお含有量は，0.01mm以上の鉱物粒子数により算出した．また，熊木川の川砂の構成鉱物の量比は考慮しておらず，●により存在していることを，×により存在していないことを示した．土師器・須恵器の製作年代は，中島町教育委員会による．また（1）の須恵器のみが上町マンダラ窯跡出土品で，（2）～（5）はいずれもヤトン谷内遺跡出土品である．

P36

アルカリ長石抽出－鉛同位体比法による縄文土器産地推定の試み－

○坂本　稔，齋藤　努，西谷　大（国立歴史民俗博物館）
高塚秀治（東京工業大学）

1.　はじめに

従来，縄文土器の胎土分析からその産地を推定することは困難とされてきた。今回，主に青銅遺物の産地推定に成果をあげてきた鉛同位体比法を初めて縄文土器に適用し，そのグルーピングを試みた。

土器の胎土中には様々な鉱物が含まれている。その中の一つであるアルカリ長石は鉛の濃度が高くウラン・トリウムの濃度が低いので，地球化学的な研究から母岩の初生鉛同位体比を保持していることが知られている。胎土中からアルカリ長石だけを抽出し，その鉛同位体比を測定することで，精度の高いグルーピングが可能になることが期待できる。

図１　縄文土器出土遺跡

2.　資料

分析には，南西諸島（沖縄本島，沖永良部島，奄美大島，宝島）及び熊本県出土の縄文土器を用いた。資料の出土遺跡を図1に示す。島嶼部は生産と流通の過程を追うのに適当であり，地質学的な条件もそれぞれ異なっていると予想できるからである。いずれの資料もほぼ同時期のもの（約BC4000年）である。

なお，沖縄本島出土の縄文土器片は沖縄国際大学文学部考古学研究室に，沖永良部島出土の土器片は鹿児島大学法文学部考古学研究室に，奄美大島出土の土器片は鹿児島県大島郡笠利町歴史民俗資料館にご提供いただいた。

3.　実験

土器片に含まれる鉱物からアルカリ長石だけを抽出するために，他の鉱物との比重の差を利用する重液分離法を用いた。アルカリ長石の比重は2.56～2.62であり，ブロモホルム（比重2.85）にアセトンを加えて比重を調整した重液を用いた。

分離操作を図2に示す。土器片をめのう乳鉢で粉砕し，試験用ふるいに通して粒径をそろえた。粉砕は一定の粒径以下になるまで繰り返し行い，さらに超音波洗浄にかけて鉱物に付着する粘土などを除いた。次に，試料を各々比重の異なる2種類の重液に順に入れ，その浮き沈みでアルカリ長石を分離した。分離された鉱物中に不純物がみられる場合は，磁石やピンセットなどでそれらを除いた。

得られたアルカリ長石中の鉛同位体比を，「高周波加熱分離－鉛同位体比迅速測定法[1]」によって測定した。

1　齋藤　努，田口　勇，日本文化財科学会第11回大会研究発表要旨集

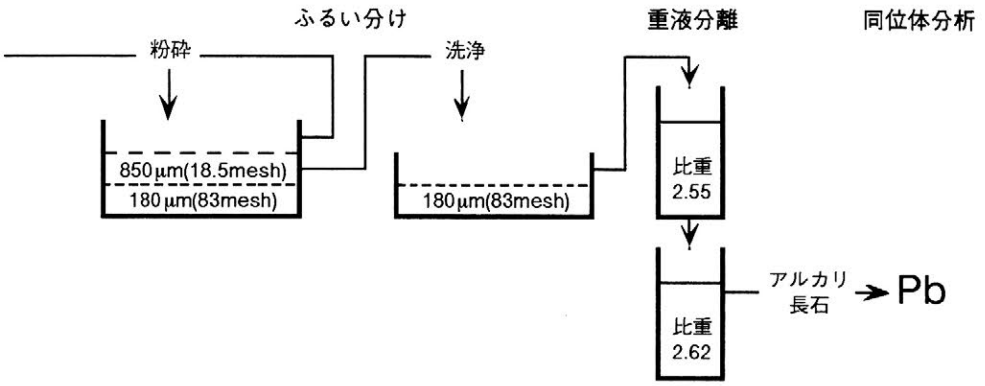


図２　実験操作

4.　結果と考察

鉛同位体比の測定結果を図3に示す。凡例にあるのは土器片が出土した地点とその土器形式である。図中の全ての結果は，これまでに報告されている日本の鉛の同位体比範囲に含まれる。

鉛同位体比の分布は，南西諸島・九州の南西から北東にかけて位置する遺跡に符合するように左下から右上に分布しており，各島ごとにグルーピングすることができる。室川（沖縄本島）出土の資料は1点だけではあるが，他の資料とは明らかに離れた位置に存在する。神野貝塚（沖永良部島）出土の資料は，その土器形式によらず1つのグループを形成している。

奄美大島出土の資料は，それほど離れてはいないものの1つのグループ内で2つのまとまりが見られる。高又から出土した資料の1つは，単に他の資料から離れているのではなく，下山田出土の資料のそばに位置している。

大池遺跡（宝島）出土の資料もその土器形式によらずほぼ1つのまとまりを形成しているが，1点だけ轟貝塚（熊本県）のグループに近いものが見られる。この資料が轟系条痕を有していることは注目できる。轟貝塚出土の資料は，1点がグループから離れた位置にあるものの，図中では最も右上の位置に1つのグループを形成している。

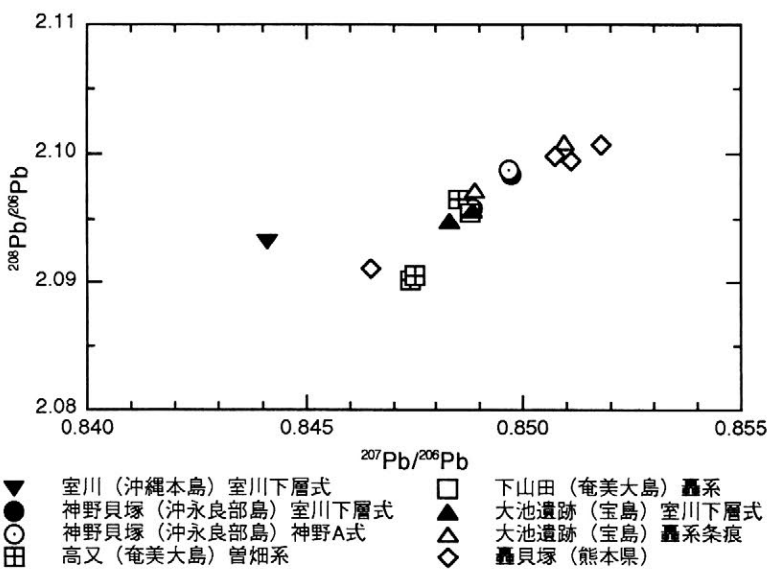


図３　縄文土器片に含まれるアルカリ長石の鉛同位体比

本研究から，縄文土器からアルカリ長石だけを抽出して鉛同位体比を測定することによって，資料を出土した地点ごとにグルーピングできることがわかった。資料数を増やすことでこの傾向はよりはっきりしたものになり，縄文土器の産地推定に寄与できるものと期待できる。

P37

カマン・カレホユック遺跡出土土器の化学分析

○ 渡辺正純　松永将弥　中井泉　（東理大理）

1　はじめに

トルコ共和国の首都アンカラの南東に位置するヒッタイト期からイスラム期に渡るカマンカレホユック遺跡は、人々の長年にわたる生活により台形状に隆起した建築遺構となっており、そのため表層から深部へ現代、Ⅰ、Ⅱa、Ⅱb、Ⅱc、Ⅱd、Ⅲ層に分類される積層構造をもつ。本研究では本遺跡より出土した土器類に着目しICP発光分光分析および放射光蛍光X線分析(SR-XRF)を研究手法として用いて、元素組成から種々の土器の製造技術、製造年代についてそれぞれを特徴づけるパラメーターを明らかにするとともに、放射光蛍光X線イメージングにより彩文土器の顔料の分析を行った。さらにⅡa層とⅡd層出土のギリシャ地方から本遺跡に搬入されたと推定される2つの土器についても、化学的見地から搬入の可能性を考察した。

2　実験

試料として用いた土器片は各層から出土した92点である。ICP分析の試料は粉砕後、フッ化水素酸、王水、過塩素酸により分解して調製した。Mg、Al、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Ni、Zn、Sr、Zrの11元素について定量し、分析値によりクラスタリングを試みた。SR-XRFの測定は高エネルギー物理学研究所放射光実験施設を使用して非破壊で、蛍光X線スペクトルから化学組成の特徴を明らかにした。またSR-XRFにより彩紋土器のFe、Mn、Ni、についてイメージングを行った。

3　結果と考察

92点の土器片のICP分析結果より元素比による散布図を作成した(図1)。クラスタリングできたのは現代、Ⅱd、Ⅲ層である。Ⅱa層にばらつきが多いのはこの層の時代は約500年と長いために原料粘土の産地が変化したものと思われる。Ⅱd層とⅢ層の彩文土器はTiとKの濃度に特徴があり異なった領域に分布した。

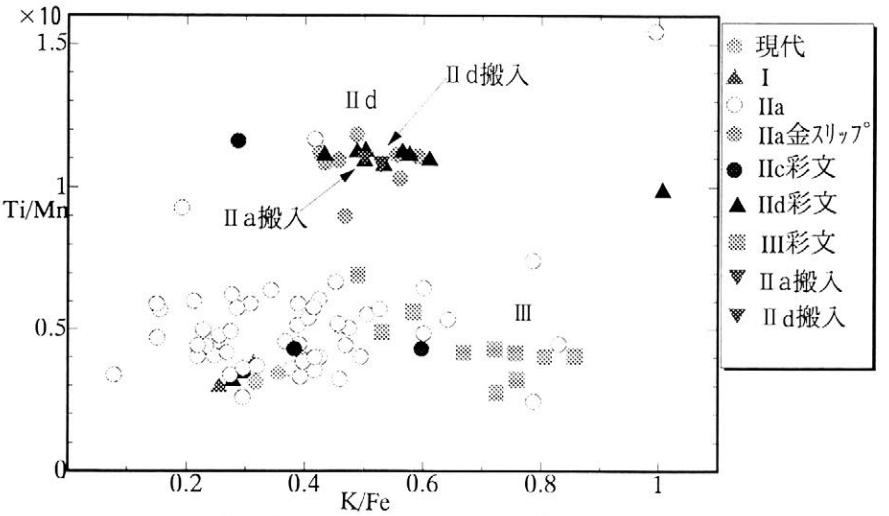


図1　各種土器のK/Fe-Ti/Mn比のプロット

特にⅡd層はおよそ450年間の考古学的に殆ど解明されていない時代で、その前のⅢ層のヒッタイト時代とは、何らかの理由で文化の断絶があったのではないかと言われている。その2つの時代層から出土した土器が異なった組成を示したのは興味深い結果である。

次にⅡa層、Ⅱd層出土の本遺跡外のギリシャ地方からの搬入土器と推定される試料に着目した。ICP分析による元素比の散布図では、Ⅱd層から出土した搬入土器の分析値は土着のⅡd層出土土器の領域内に分布するが、Ⅱa層出土の搬入土器は、特徴的な領域には分布しなかった。この散布図からはⅡd層出土の搬入されたと推定される土器は、ギリシャ陶器を模倣しトルコ国内で造られた可能性があるが、Ⅱa層の土器は不明であった。一方、元素比ではなく土器の主要成分の含有量について比較すると、Ⅱd層の搬入土器は土着の土器と同様な組成を示したが、Ⅱa層の搬入土器はFe_2O_3、Al_2O_3、K_2Oの重量パーセントが全試料中でいずれも最高値を示しているという特異な結果になった。すなわちⅡa層の搬入土器は土着の土器と異質の粘土を用いて造られており、搬入の可能性を強く支持する結果となった。

SR-XRFイメージングにより顔料分析を行ったところ、Ⅱ～Ⅲ層を通じて土着の土器の茶色の顔料部分にはFeとMnが高い濃度で分布していることが明らかになった。一方Ⅱd層出土の搬入土器は土着の土器と同様にFeとMnが高い濃度で分布してしてたが、Ⅱa層出土の搬入土器は土着の土器とは異なり、Feのみが高い濃度で分布していた。従ってイメージングによる顔料分析の結果からも、Ⅱd層の搬入土器は搬入された物ではなく、Ⅱa層の搬入土器は実際に搬入された可能性が示唆された。以上の2つの搬入土器についての考察の結果を表1にまとめて示した。

	Ⅱa層出土	Ⅱd層出土
顔料分析	搬入品	模造品
胎土分析（散布図）	不明	模造品
胎土分析（主成分分析）	搬入品	模造品

表1　搬入の可能性

参考文献

松永将弥　足立峰子　中井　泉　「カマン・カレホユック出土土器及び鉄器の物質科学的研究」アナトリア考古学研究Vol.V　pp211-229（1996）

P38

胎土分析からみた九州地域の初期須恵器の伝播

三辻利一　（奈良教育大）

1）はじめに

九州では初期須恵器の窯跡は北部地域に集中する。福岡県甘木市の朝倉窯跡，佐賀県佐賀市の神籠池窯，福岡県福岡市の新具窯，などである。これらの窯間の相互識別はほぼ完全にできることはわかっている。他方，これらの窯周辺の古墳から出土した初期須恵器を分析したところ，それぞれ，地元産の須恵器は検出されたが，過半数のものはどの窯にも対応しなかった。ところが驚くべきことに，これらの地元のどの窯にも対応しない初期須恵器は大阪陶邑領域によく対応したのである。この結果，九州北部地域の古墳出土初期須恵器の産地問題は地元産か大阪陶邑産かという二群判別分析法を適用することによって，ほとんど解決できることがわかった。

本報告では九州北部地域は勿論のこと，それ以外の九州地域の古墳から出土した初期須恵器の伝播・流通の動きをまとめた結果についても併わせて報告する。

2）分析結果

佐賀市神籠池窯周辺の古墳から出土した初期須恵器の産地推定の結果は表1にまとめてある。久保泉山遺跡や鈴熊遺跡に地元，神籠池窯の製品が検出されたが，他の古墳には検出されていない。朝倉窯跡の製品もかなり検出されたが，ほとんどの古墳に大阪陶邑産と推定される須恵器が検出されたことは興味深い。これまでの結果では，神籠池窯の製品はほとんど動かず，窯周辺の古墳からしか検出されていない。これに対して，朝倉窯跡の製品は福岡県内のみならず，佐賀県側の古墳からも検出されており，九州北部地域の限られた地域に伝播していることが判明した。そして，全体的におおいかぶさるようにして，遠く大阪陶邑からの製品が検出されたのである。これが九州地域における初期須恵器の伝播の様相である。

次に，宮崎県，鹿児島県などの九州の初期須恵器の産地推定の

結果について説明する。図1には宮崎県，図2,3には鹿児島県の初期須恵器のRb-Sr分布図を示す。いずれも，陶邑産の可能性があることを示しており，朝倉窯群からの供給は全くないことを示している。長崎県の対島の遺跡でも陶邑産と推定される須恵器は検出されており，これらのことから，陶邑産の須恵器は九州全域から出土していることがわかる。そして，朝倉群の製品は筑紫の若の領国内に伝播し，神籠池窯の製品はほとんど動けず，窯周辺の古墳にしか供給されていない。初期須恵器の性格がこの伝播によく表われている。

表1　神籠池周辺の古墳出土初期須恵器の産地推定

古墳名	神籠池窯産	朝倉群産	陶邑産	不明
赤司遺跡	0	0	1	1
岐石遺跡	0	4	2	1
金立開拓遺跡	0	0	8	0
藤附K遺跡	0	0	1	0
久保泉山遺跡	3	0	1	0
西原遺跡	0	1	0	0
鈴熊遺跡	3	4	4	0
獲獄A遺跡	0	1	1	0
野田遺跡	0	0	1	0
下中杖遺跡	0	0	2	2
東尾犬塚遺跡	0	1	0	0
土生遺跡	0	0	0	2
合計	6	11	21	6
飯盛遺跡	0	4	5	4

図1　宮崎県の初期須恵器のRb－Sr分布図

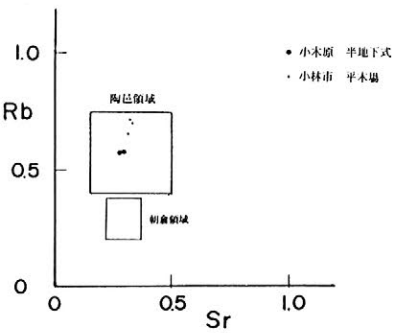


図2　橋牟礼川遺跡出土初期須恵器のRb－Sr分布図

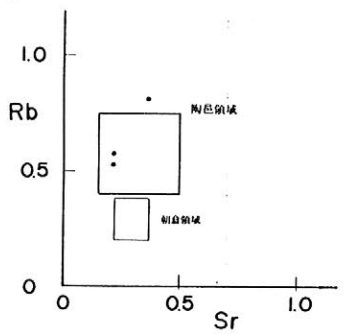
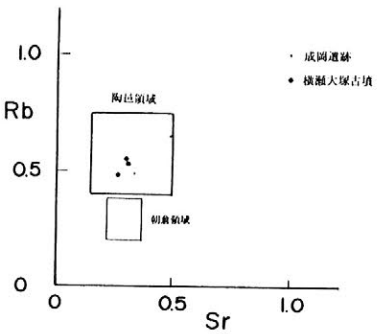


図3　鹿児島県の初期須恵器のRb－Sr分布図



熊本県内古墳出土須恵器、土師器の胎土分析

長谷部善一（熊本県教委），中原幹彦（植木町教委）
美濃口雅朗（熊本市教委），三辻利一（奈教大）
辻本良介（同）

1）はじめに

福岡県甘木市にある初期須恵器の朝倉窯跡は筑紫の君の配下で操業した可能性が強い。もしそうならば，その伝播・流通の範囲を決めれば，筑紫の君の領国の範囲がわかる訳である。これまでのデータでは朝倉窯跡の製品は福岡県や佐賀県内の古墳からは検出されているが，長崎，大分，宮崎，鹿児島県内では検出されていない。そこで，熊本県内の古墳から出土するかどうかが問題となってきた。このような観点から，本報告では初期須恵器の時期に相当する，いくつかの古墳から出土した須恵器について蛍光X線分析を行った結果について報告する。

2）分析結果

1例として，カマド門寺原遺跡（玉名郡菊水町）から出土した初期須恵器のK-Ca分布図を図1に，Rb-Sr分布図を図2に示す。No.1，4は陶邑産であり，No.2は明らかに朝倉窯跡産である。この結果，熊本県内の古墳にも朝倉窯跡の製品が供給されていたことがわかった。これで，筑紫の君を首長とする豪族連合の範囲は福岡県，佐賀県，熊本県北部にまで広がることになる。今後もこの範囲の古墳からは陶邑産の製品に混じって，朝倉窯跡の製品が出土することが予想される。

次に，図3，4にはカマド門寺原遺跡から上記の須恵器と同時に出土した土師器のK-Ca分布図とRb-Sr分布図を示す。明らかに，3つのグループに分かれることがわかる。このうち，1群と3群は化学特性が比較的類似しているが，2群の化学特性は明らかに異なる。ところが興味深いことに1群はすべて盌であり，2群は小型丸底壺，3群は複合口縁壺であり，器種が異なれば，胎土が異なることが

判明した。このことは岩種が異なれば，素材粘土も異なること，いい換えれば，別場所で作られた可能性があることを示している。また，周辺の同時期の古墳から出土する土師器の胎土分析のデータはまだないが，今後，この分析データを集積することによって，この時期の土師器の生産と供給についての情報が引き出される可能性がある。

その他，石川山古墳群などから出土した須恵器の分析結果についても併わせて報告する。

図1　K－Ca分布図

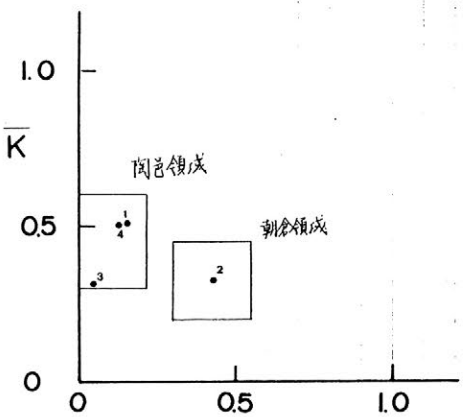


図2　Rb－Sr分布図

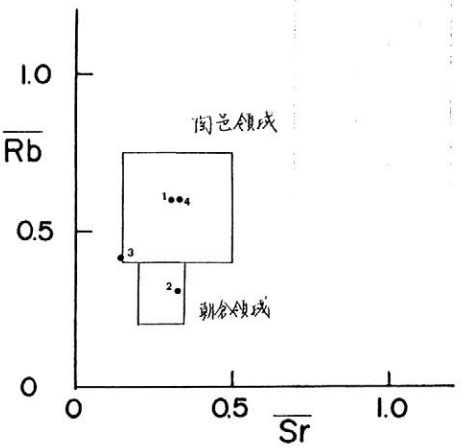


図3　K－Ca分布図

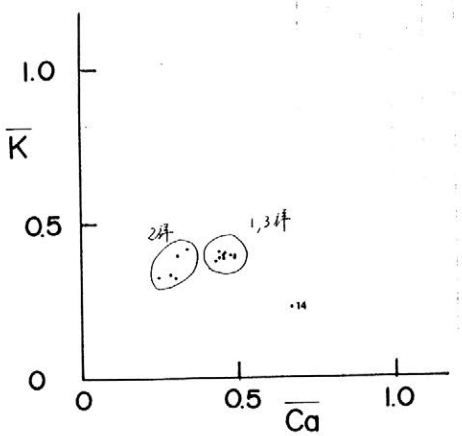
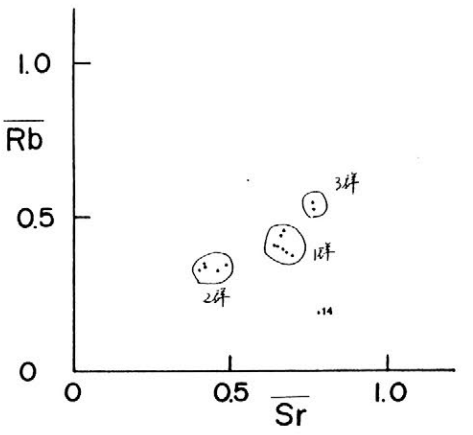


図4　Rb－Sr分布図



畿内の遺跡出土初期須恵器の胎土分析

三辻利一（奈良教育大）

1）はじめに

堺市を中心とした大阪府南部地域には大庭寺窯，陶邑窯，一須賀2号窯はじめ，初期須恵器の窯が10～20程度見つけられている。これらの多くは操業期間が短かいため，素材粘土の採取場所が比較的限定されているせいか，分析データはよくまとまる場合が多い．そして，これらの初期須恵器の窯間でK，Ca，Rb，Srの化学特性は微妙に異なっており，そのため，相互識別が可能な場合がある。一例として，大庭寺窯と陶邑窯の2群間判別分析の結果を図1に示しておく。不完全ではあるが，両者は相互識別の可能性があることを示している。目下のところ，陶邑内のすべての初期須恵器の分析データが出されている訳ではないので，新しい時期のものも含めて，大阪陶邑群としても群間判別分析に活用している。

母集団となる窯の整理も必要であるが，遺跡から出土した初期須恵器を分析し，比較すると，別の側面からみた興味深いデータが得られる。本報告ではこれまでに出されている畿内の遺跡出土初期須恵器の分析データをまとめてみた。

2）分析結果

2-1　野中古墳墳丘部の須恵器の産地問題

約300点近い小破片を分析した結果，データはよくまとまることが分かった。このことは墳丘部に並べられた初期須恵器は1ヶ所の窯で焼成された製品であることを物語る。産地候補となるのは，野中古墳からそれ程遠く離れていない，同時期の一須賀2号窯が上げられる。ただ，単純の手元には数点の試料しかないので，データ処理法として，通常の仕方と逆転させ，試料数の多い野中古墳を母集団として，これに一須賀2号窯の試料を所属させることにした。つまり，野中古墳の試料で領域をつくり，一須賀2号窯の

の須恵器が野中領域に分布するかどうかをみてみた。図2，3には野中古墳出土須恵器のRb-Sr分布図とK-Ca分布図を示す。まとまって分布していることがわかる。これらを包含するようにして野中領域を示してある。図4，5には一須賀2号窯の須恵器のRb-Sr分布図とK-Ca分布図を示す。両図において，一須賀2号窯の製品は野中領域にぴったり対応することがわかる。こうして，野中古墳の墳丘部から出土した多数の須恵器片の産地は一須賀2号窯であることが判明した。

その他，大庭寺遺跡（堺市），讃良条里遺跡（寝屋川市），原田遺跡（奈良県郡山市），石光寺遺跡（堺市）などの遺跡出土須恵器の産地についてまとめた結果について報告する。

図1　大庭寺1号窯と狐池南窯の相互識別

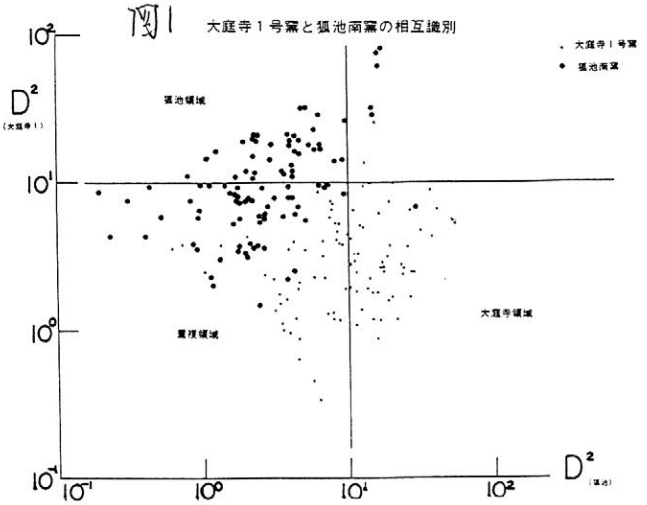


図2　野中古墳の墳丘部出土初期須恵器のRb－Sr分布図

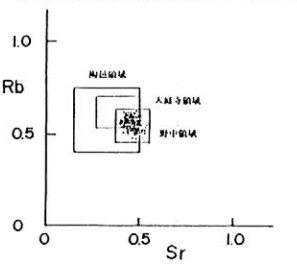


図3　野中古墳の墳丘部出土初期須恵器のK－Ca分布図

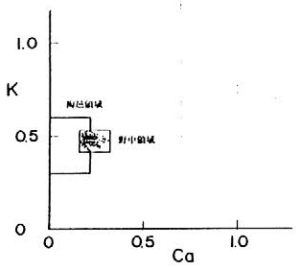


図4　一須賀2号窯出土須恵器のRb－Sr分布図

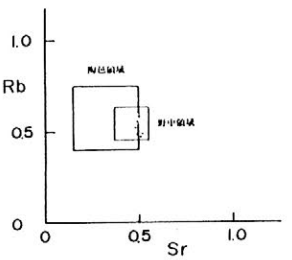
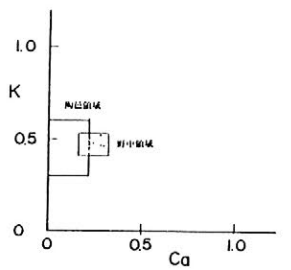


図5　一須賀2号窯出土須恵器のK－Ca分布図



P41

胎土分析からみた唐三彩と奈良三彩

郎恵雲（中国，西安市，西北大），三辺利一（奈教大）
高場慎太郎（奈教大），中迫由希美（奈教大）

1）はじめに

唐三彩は唐王朝の皇族のために明器として長く使用された陶器である。日本へは唐からの使者，遣唐使，僧侶らによってもたらされた。主として，奈良・京都両市内の遺跡からの出土例が多いが，その数は少ないため，貴重品である。そのため，小破片といえども分析を許可されることはほとんどなかった。他方，唐三彩のイミテーションが日本側で作られた。奈良三彩である。唐三彩は考古遺物というより，美術品としてみられてきたため，唐三彩か奈良三彩かの識別はこれまで，主として，美術史上の興味から行われた。須恵器や埴輪などの古代土器と同様に，歴史研究の材料として，唐三彩か奈良三彩かを相互識別するという問い掛けは今回の研究が始めてのことであろう。

本研究では2つの観点から唐三彩を研究対象として取り上げた。第1点は唐三彩か奈良三彩かを相互識別する自然科学の方法を開発することである。当然，その方法は完全非破壊分析法である。そして，その方法を駆使して，日本国内の遺跡に唐三彩と奈良三彩がどのように分布するかを調べ，唐三彩と奈良三彩をどのように使い分けたのかを推察し，唐三彩，奈良三彩を歴史研究の材料にしようとする計画である。第2点は中国側では洛陽と西安の両京側でそれぞれ，唐三彩は作られた。河南省には鞏県窯という唐三彩を大量に生産した窯跡があり，陝西省側には耀州窯という唐三彩を製作した窯跡がある。これらの生産地で作られた唐三彩はどこの古墳へ供給されたのであろうか。この研究を進めるためには両生産地の製品を相互識別する

自然科学の方法を見つけなければならない。この方法が見つかれば，その方法を使って，洛陽周辺の古墳，西安周辺の古墳出土唐三彩の産地を求め，唐三彩の伝播を通して，唐朝史の一端を考察しようとする計画である。

これらの研究を推進するためには，どうしても，日中国際共同研究が必要である。幸い，平成1，2年度，日本国文部省による科研費で，西安市の西北大学と奈良教育大学とで日中国際共同研究を推進することができたので，その成果を中心に，その後，新たに追加された試料のデータ，さらに，唐三彩のように少量の試料の分析に適した中性子放射化分析の結果についても併わせて報告する。

2）分析法と分析結果

唐三彩小片試料は西北大学から提供された。窯跡出土奈良三彩はないので，奈良市平城宮近くの菅原東窯から出土した埴輪片で代替させた。奈良三彩は大阪府交野市の粘土を持ち込んで作ったという説もあるが，交野市も奈良市もともに大阪層群の粘土が広く分布しているので，K，Ca，Rb，Srの長石類に起因する因子は活用できると判断した。完全非破壊分析には2次ターゲット方式のエネルギー分散型の蛍光X線分析装置を使用した。K/Ca，Rb/Srの2因子を使った2群間判別分析で，窯出土の唐三彩と菅原東窯の埴輪は完全に分離した。したがって，この方法が唐三彩と奈良三彩の相互識別に活用できる可能性がでてきた。次に，この方法を使って，考古学者の肉眼観察で唐三彩，奈良三彩と識別されている試料をもってきて，分析結果をプロットした。その結果，予想通り，唐三彩，奈良三彩であることが判明した。この結果，この方法が唐三彩と奈良三彩の相互識別法として活用できることがわかった。次に，応用として，藤原宮二条六坊跡から出土した俑片とみられる破片を分析した結果，本物の唐三彩であることが判明した。日本国内の他の遺跡，および，洛陽，西安の遺跡出土唐三彩の分析結果についても報告する。

P42

北部九州における弥生土器と甕棺の胎土分析（続報）

○中園聡[1]・三辻利一[2]・松尾宏[3]
1）福岡市教育委員会
2）奈良教育大学
3）甘木市教育委員会

1．はじめに

本研究は，北部九州の弥生土器を用いて考古学的観察と蛍光X線分析とを併用した生産-消費システム等の実証的研究の一環として継続中のものである．これまでの分析で，この地域の弥生時代前期・中期の土器は，（1）せいぜい拠点的集落程度の比較的小さな単位ごとに生産され，（2）広域にわたる流通は一般的ではなく，比較的狭い範囲で完結した生産-消費が行われており，（3）大型専用甕棺についても基本的には日常土器をこえる範囲での生産-流通は行われておらず，（4）大型専用甕棺は上・下棺の胎土が一致するものが多く1セットで製作されたと考えられること，等の推定をしている．しかし，分析数はいまだ十分とはいえず，また葬送システムの問題など新たに派生する問題は多岐にわたるため，さらに多くの資料を用いて検討する必要がある．したがって，ここではさらに多くの資料を用いて分析・検討を行った．対象としたものは，福岡県を中心とする佐賀県等の弥生時代前期から中期末までの土器と甕棺である．

2．分析方法

試料は，土器と粘土である．事前に考古学的な観察を行った後，蛍光X線分析による胎土分析に供した。土器は基本的に器種や型式の判定が可能なものを使用している．分析に先立ち試料表面を研削によりクリーニングした．比較のため粘土試料も分析したがこれは，甕棺の合目貼りに使用されたものと甕棺が埋置された地山に含まれるものであり，乾燥させた後分析に供した．これらをタングステンカーバイド製乳鉢により100メッシュ以下の粉末にした．これを塩化ビニール製リングに入れ，13ｔの圧力を加えてプレスし，錠剤資料を作成して波長分散型の蛍光X線分析装置（理学電気製3270型機）で測定した．測定された元素は，K，Ca，Fe，Rb，Sr，Naの6元素で，分析値は岩石標準試料ＪＧ－1の各元素の蛍光X線強度を使った標準化値を用いた．

測定値の解析にあたっては，K－Ca，Rb－Sr等の2次元散布図の視察をはじめとして主成分分析等の多変量解析を用いた．肉眼および顕微鏡による観察も補助的に行った．なお，製作技法に関しては，可能なものは印象材を用いたモデリングや復元的実験も行った．

3．結果と考察

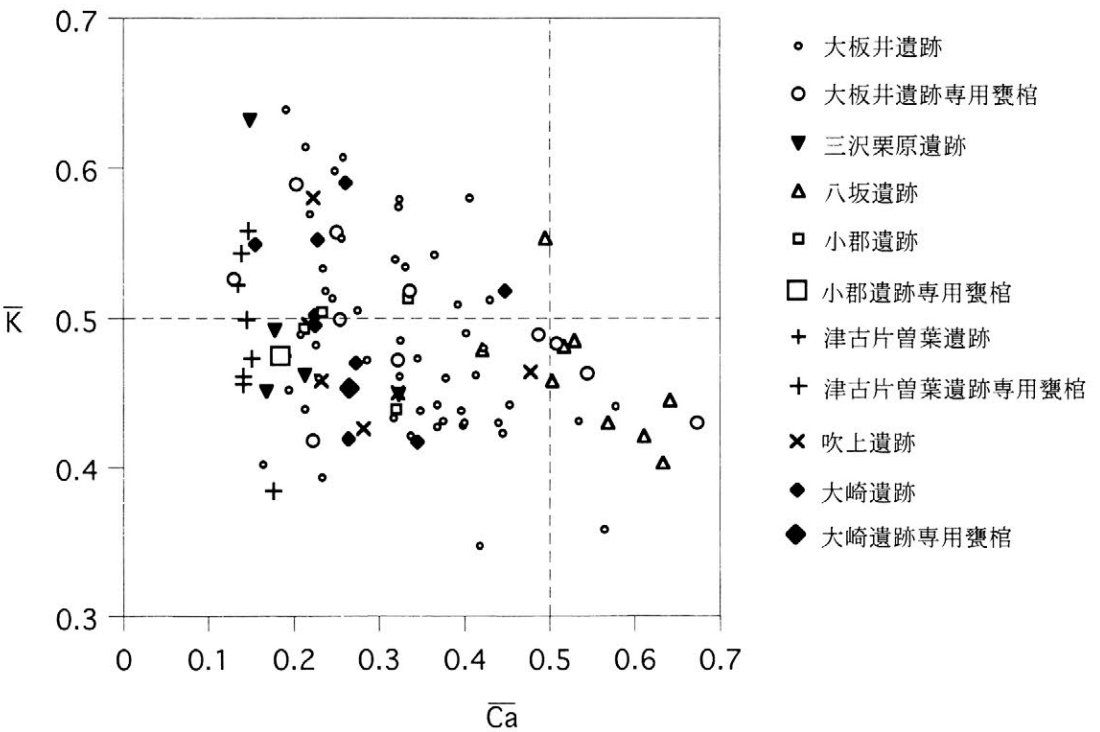
大筋ではこれまでの検討を追認する結果を得た．少なくとも対象とした時期・地域において，広域での専門工人集団からの供給あるいは大規模な土器の交易は考えられず，各集落もしくは集落群程度で比較的完結した土器生産-消費を行っていたと推定できる．

甕棺については日常土器と異なった生産と流通のあり方を想定するむきもあるが，同じ遺跡で出土した専用甕棺と日常土器とはいずれも同じ位置にプロットされており，やはり通常の甕棺の生産-流通範囲も日常土器のそれをこえるものではなかったといえる。

甕棺の上下のセット関係については，肉眼観察による上・下棺の類似度の評価と化学特性によるそれとは，一部を除きよく対応する．形態・技法だけではなく胎土が一致するものが専用甕棺においてはよく目立つ．こうしたものは上・下棺で１セットずつ製作されたと考えられる．最近，にわかに甕棺や弥生土器の焼成遺構とみられる遺構が注目されつつあるが，それらの状況や分布のあり方は上記の結果と矛盾しないようである．

なお，専用甕棺の中でも明らかに上・下棺の胎土や形態に違いのあるものも多少含まれている．また，いわゆる「丸味を帯びた甕棺」や「転用土器」を使用したものも一定量存在し，こうしたものでは胎土の類似性が低いものが多い．甕棺墓にあらわれた変異の諸パターンは，集落の規模，被葬者の所属する集団や被葬者のランク・年齢・性差等々による様々な選択の結果と考えられるが，今回の分析で，遺跡や墓群によって上・下棺の一致度に差がありそうであることがつかめてきた．胎土分析の応用によって土器の生産-消費ならびに葬送システムに関する有意な情報を得ることが可能であると思われ，今後も計画的に分析・検討を進めていく予定である．

本研究は，平成7年度文部省科学研究費・奨励研究(A)（代表者 中園聡）の成果の一部である．



K－Caの散布図

図は分析対象としたもののうちの一部で，福岡県小郡市域の場合．

P43

福岡県甘木市栗山（くりやま）遺跡出土土器の胎土分析

○松尾　宏[*1]・篠原浩之[*2]・三辻利一[*3]・中園　聡[*4]

1. はじめに

これまで筆者らは弥生土器の胎土分析を行い，そこから考古学的に有意な情報を得ようとしてきた[*5]。そして今回は，良好な遺跡のケーススタディーとして栗山遺跡出土の弥生土器を対象として胎土分析を行った。蛍光X線分析を主とし，付属的に肉眼および顕微鏡観察を用いた。特に専用甕棺については型式学的な分析との対応関係も詳細に検討した。その結果，甕棺製作について考古学的にも重要な成果が得られた。また，日常土器と祭祀土器も併せて分析を行った。これらは今後のこの地域の弥生土器の生産と流通を考える上で重要な意味があり，こうした分析を行っていくことは必要不可欠と考えている。

また，今回は甕棺の“目貼り”に使用される粘土も併せて分析を行った。この粘土は上下棺の合わせ目を塞ぐ役割を持ち，甕棺製作用の粘土または，墓壙掘削時に採取された粘土の何れかと考えられる。これについては，分析に供した目貼り粘土すべて同じ化学特性を持っていることが判明している。

2．栗山遺跡の概要

甘木市は，福岡県のほぼ中央に位置し，北部九州の内陸部にあたり，栗山遺跡はその市域南西部に広がる平野上に位置する甕棺墓地である（図１）。当該遺跡の存続時期は，弥生時代中期中頃から後期初め（B.C２世紀後半代～A.D１世紀前半代）と考えられる。

なお，甕棺とは弥生時代の北部九州にみられる遺体埋葬用の土器棺であり，専用甕棺とともに乳幼児用として日常土器と同一の器形の土器（以下「日常土器」という）を用いている（図２参照）。通常，２個の土器を合わせてセット（上甕・下甕）で用いられる。

3．試料

今回用いた試料は，当該遺跡から出土した専用甕棺・日常土器・祭祀土器である。比較のため周辺遺跡から出土した土器も数点加えることとした。

4．胎土分析結果と予察

これまで，同様の分析を行ってきた結果，専用甕棺に於いてはその上下で，著しく胎土の化学特性が近似するものが多いことが判明している。本遺跡においても上下で形態が類似するものについては同様の結果が得られた。また，専用甕棺と日常土器を比較すると，各成分のばらつきは比較的大きいものの両者は重なり，時期や墓群などによる有意な偏りも認められない。こうしたことから，専用甕棺上下においては胎土が等しいと判断され，製作にあたって“同じ素材”を使用していることが考えられる。この同じ“素材”とは，甕棺製作に使用された原粘土と混入されたであろう混和材（砂粒その他）の総体であり，これが等しいということは素材の選択・調整を含めた作業が同時に行われたことを示すものと解釈される。

なお，上下棺で胎土に差がある甕棺も一定量見受けられるが，これらは両者の形態に大きな差異が認められたり，片方または双方の口縁部が打ち欠かれていたりと，やや異質な様相を呈する。これらの分析結果から推察される事象は，考古学的に重要な意味をもつものと判断している。

[*1]甘木市教育委員会　[*2]同左　[*3]奈良教育大学　[*4]福岡市教育委員会

[*5]中園聡・三辻利一・松尾宏『第11・12回文化財科学会；ポスターセッション』1994・1995

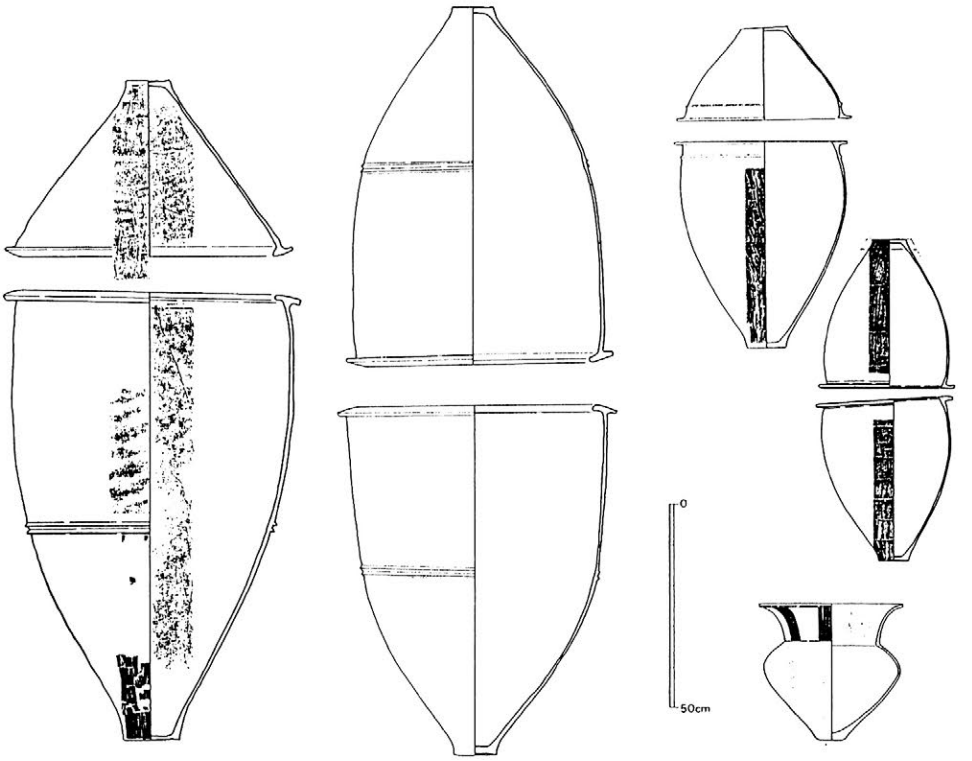


図２　弥生土器（専用甕棺・日常土器・丹塗土器）

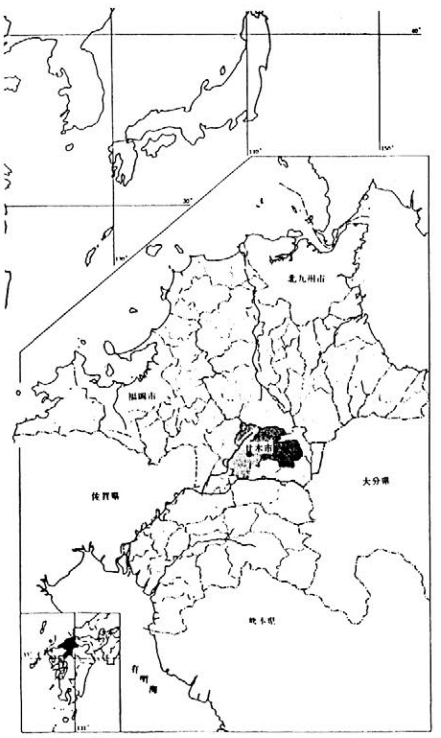
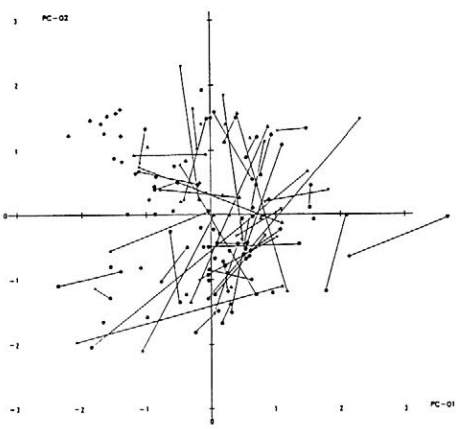


図１　甘木市位置図

図３　主成分分析散布図

●専用甕棺　▲日常土器　■丹塗土器

◆目貼り粘土



P44

南九州における弥生・古墳時代土器の胎土と型式

○中村直子（鹿児島大学埋蔵文化財調査室）・中園聡（福岡市教育委員会）・
本田道輝（鹿児島大学法文学部）・三辻利一（奈良教育大学）

1、はじめに

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

発表者らは昨年、蛍光X線分析による土器の胎土分析の成果を本体会で発表し、遺跡ごとの科学的特性の違いを把握することができた。

今回は、蛍光X線分析によって、南九州薩摩半島西部の松木薗遺跡と東部の鹿児島大学構内遺跡、そして大隅半島の京ノ峯遺跡の弥生時代から古墳時代の土器を、型式や時期差による胎土の違いを明らかにする。

2、分析方法

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

3、結果

蛍光X線分析で得られたRb・Sr・K・Ca・Na・Fe 6因子のデータの、遺跡ごとの主成分分析を行い、松木薗遺跡と鹿児島大学構内遺跡のスコアの散布図を作成した。その結果、時期差による分布の違いと、系統差による違いが表れている。また、胎土に金雲母が混入している土器は、在地の土器とは明瞭な違いが認められる。大隅半島出土の山ノ口式は金雲母が混入していることが特徴で、薩摩半島出土の山ノ口式のうち、移入品の視覚的手がかりとして用いられてきたが、今回の結果で、胎土の科学的特性も異なることが明らかとなった。また、金雲母が混入していない土器でも、形態が大隅半島の地域色を示しているもののほとんどに、在地の土器との差異が認められた。

一方、松木薗遺跡の西北九州系や瀬戸内系の移入品と考えられる土器が、胎土の科学的特性では在地土器との違いが表れないものもあり、これらの土器の解釈に新たな課題を提示した。

このように、胎土の科学的特性の時期や型式による違いを把握できたということ、また移入品や折衷品の考古学的解釈にも役立つという成果が得られたといえる。今後、特に薩摩半島と大隅半島との土壌の違いの検討や、土器の調整や胎土の視覚的な観察ともあわせて検討していく予定である。

鹿児島大学構内遺跡

	固有値	寄与率
主成分1	2.93782	0.489636
主成分2	1.44037	0.240061

因子負荷量

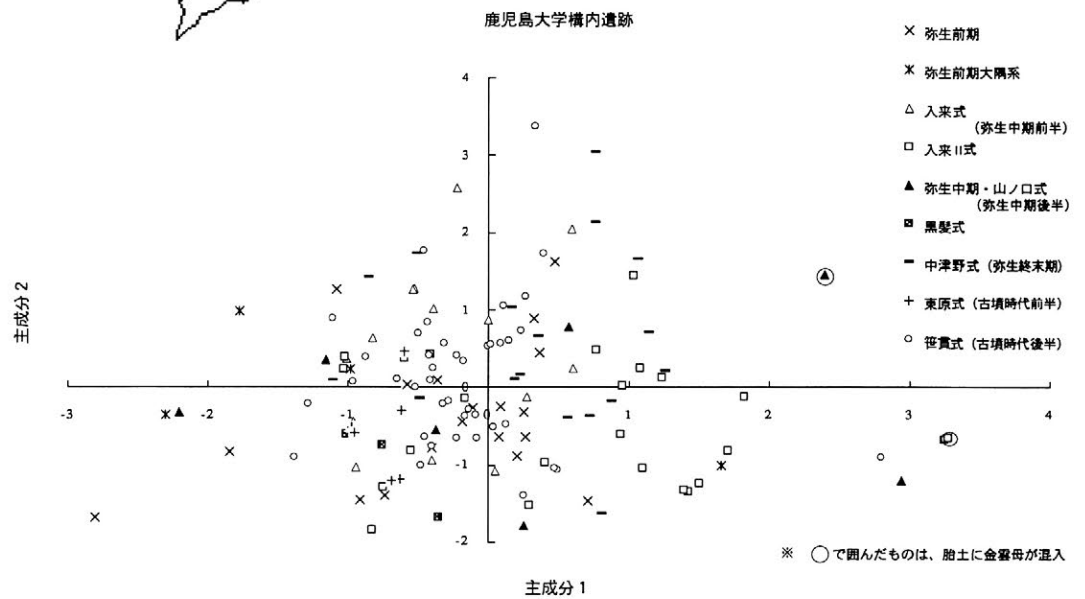
	主成分1	主成分2
Ca	-0.804297	-0.0544648
Sr	-0.737879	-0.513739
Na	-0.742885	-0.262714
Rb	0.787339	-0.459637
K	0.753483	-0.432859
Fe	0.0833117	0.840134

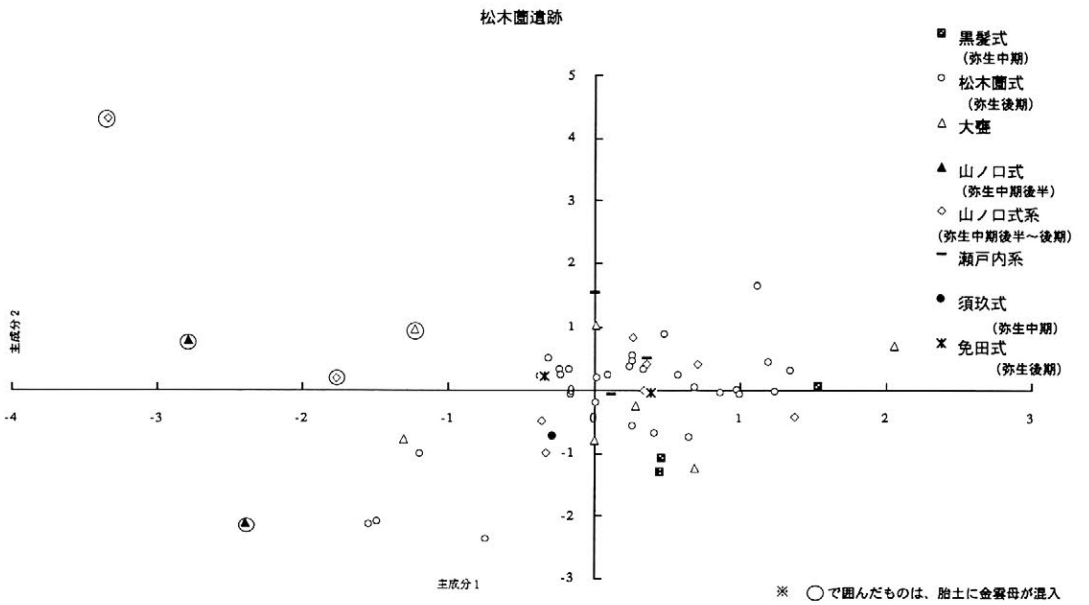
松木薗遺跡

	固有値	寄与率
主成分1	2.87566	0.479276
主成分2	1.25323	0.208872

因子負荷量

	主成分1	主成分2
Ca	0.643216	0.268831
Sr	0.781897	0.121478
Na	0.739917	0.512947
Rb	-0.578193	0.698905
K	-0.669014	0.604143
Fe	-0.721945	-0.222793





P45

皇朝十二銭の化学組成および鉛同位体比の分析

齋藤　努（国立歴史民俗博物館）、高橋照彦（同）、池田善文（美東町教育委員会）
大橋一隆（国立歴史民俗博物館）、田口　勇（専修大学）

1．はじめに

これまで、皇朝十二銭の化学組成についていくつかの報告がなされているが、大部分は錆の部分を測定したものであり、その分析結果は貨幣の本来の組成を示していない可能性が高い。金属部分の化学組成を分析したと考えられる報告としては、明治時代の甲賀宜政によるものがあるが、これは８銭種について行われたのみで、測定点数も少ない。

また、鉛同位体比については、馬淵久夫・平尾良光がいくつかの銭種について測定しているが、全銭種についての結果は報告されていない。

ここでは、国立歴史民俗博物館所有の大川天顕堂銭貨コレクションの一部である皇朝十二銭全銭種について、ほとんど非破壊な方法によって金属部の化学組成および鉛同位体比を測定した結果を報告する。上記の通り、このような分析を全銭種について実施した報告はこれが初めてである。また、平安時代に鉛の精錬を行っていた山口県美祢郡美東町平原遺跡出土の鉛精錬関連資料、同町長登銅山遺跡出土の銅精錬関連資料についても鉛同位体比測定を行い、皇朝十二銭との関連性について考察した。

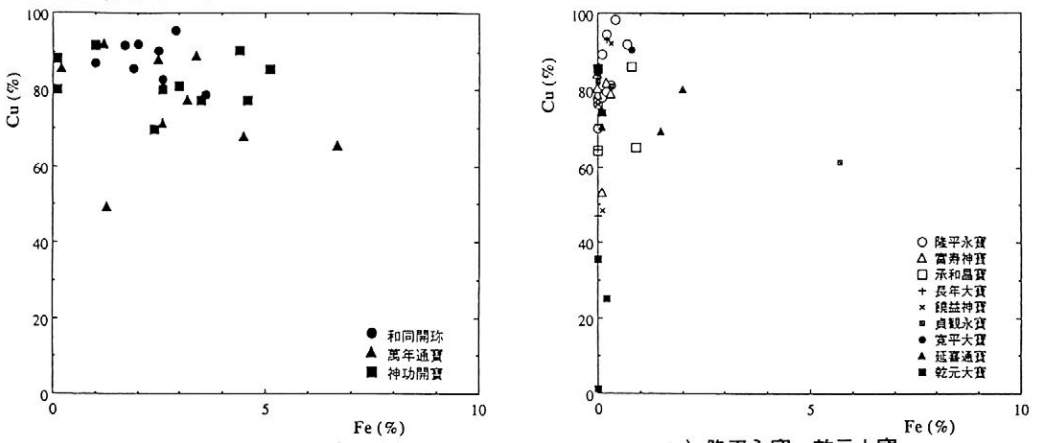
2．方法

化学組成については、ダイヤモンドペーストなどを用いて資料外縁部の微小範囲の汚れおよび錆をクリーニングし、金属部分を走査型電子顕微鏡で確認したのちＸ線マイクロアナライザーによって元素分析した。偏析などの影響を小さくするために、分析範囲をできるだけ広く設定し、場所を変えて繰り返し測定して平均値を求めた。鉛同位体比については、試料から極微少量の錆を採取し、国立歴史民俗博物館において最近開発された「高周波加熱分離－鉛同位体比迅速測定法」によって測定を行った。

3．結果と考察

化学組成の分析結果から主なものを下記に示す。

ａ）化学組成のうち主要なものは銅、スズ、鉛であり、その他に鉄、ヒ素、アンチモンなどが含まれる。



ａ）和同開珎～神功開寶　　ｂ）隆平永寶～乾元大寶

図１　皇朝十二銭の化学組成（Fe-Cu）

b）和同開珎、萬年通寶、神功開寶の初期３銭種には鉄が数％程度まで含まれているが、隆平永寶以降のものにはほとんど含まれていない（図１）。

c）銅－スズ－鉛の三元プロット（図２）によれば、スズが数％以上含まれるものが多いのは初期の４銭種であり、富寿神寶以降はほとんどのもので１％以下となる。富寿神寶、承和昌寶、長年大寶において１点ずつスズの濃度の高いものが検出されているが、これらについては初期の銭種のものを改鋳した可能性も含めてさらに検討が必要である。

鉛同位体比測定の結果、皇朝十二銭、平原遺跡出土鉛精錬関連資料、長登遺跡出土銅精錬関連資料はいずれもきわめて近い値を示し、しかもそれらは、８～１０世紀に製作された緑釉の値とほぼ一致した（図３）。これらの遺跡は、皇朝十二銭や緑釉の原料の供給地として、有力な候補の一つであると考えられる。

４．まとめ

皇朝十二銭の全銭種について化学組成を測定し、時代による組成の変化について考察した。また、鉛同位体比の測定から、原料の産地の有力な候補が見出された。

本研究は平成９年３～５月に国立歴史民俗博物館において開催予定の企画展示「貨幣をめぐる歴史と文化（仮称）」のためのプロジェクトの一環として行ったものである。

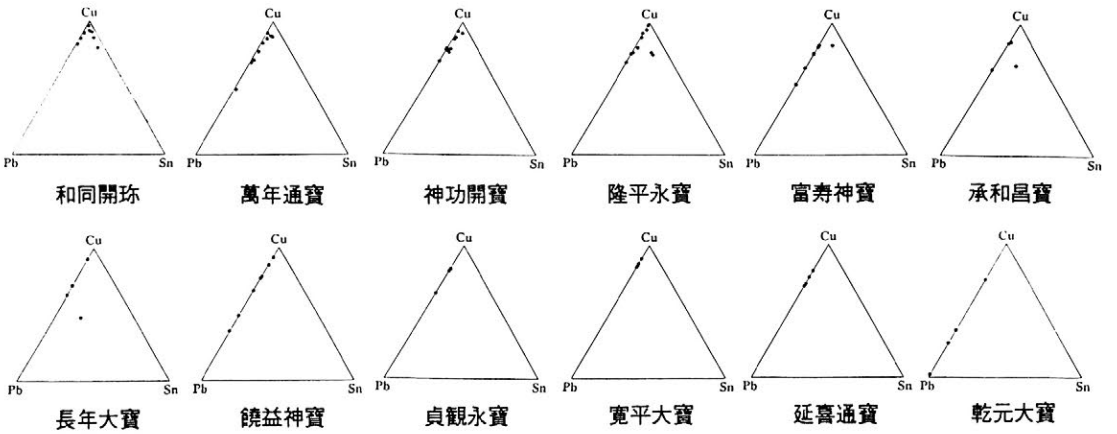


図２　皇朝十二銭の化学組成（Cu-Sn-Pbの３元プロット）

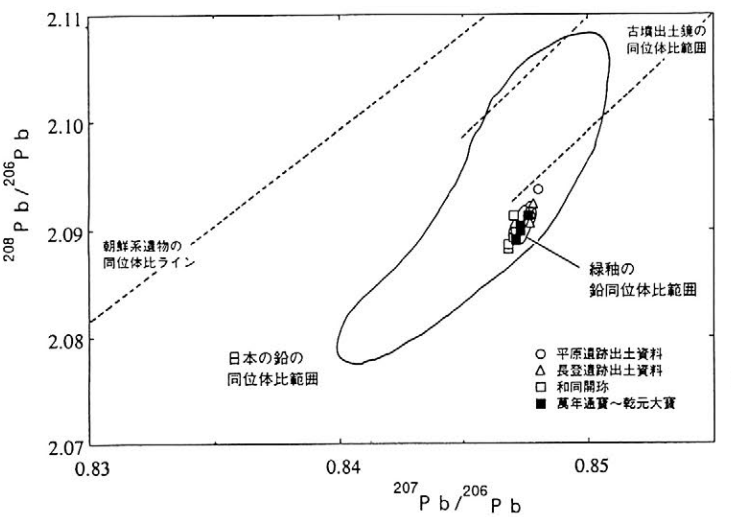


図３　皇朝十二銭、平原遺跡出土資料
長登銅山遺跡出土資料の
鉛同位体比測定結果

P46

石材強化保存用シリコーン樹脂の物性評価 －Wacker OH と SS-101－

東京国立文化財研究所・国際文化財保存修復協力センター　西浦 忠輝
神奈川大学・理学部　大石不二夫，北原 隆尚，江渡 隆
栃木県埋蔵文化財センター　車塚 哲久

1．は じ め に

石造文化財の保存、修復に用いられる石材含浸強化用樹脂については、多くのものが検討され実際に用いられてきたが、現在は有機シリコーン樹脂が広く用いられている。我が国においては、ドイツ・ワッカー社の WACKER OHと日本・コルコート社のＳＳ－１０１が主に用いられている。そこでこの二つの石材強化保存用シリコーン樹脂（表－１）についての物性評価を行うための実験を行った。

表 － 1

商 品 名	略称	メ ー カ ー	一 般 名	溶 剤	備 考
ＳＳ－１０１	ＳＳ	日本 コルコート社	メチルトリエトキシシラン の低重合体の溶液	トルエン （メタノール）	２液型、触媒(錫化合物)を使用時 に混合、固化時樹脂分約３５％
WACKER OH	OH	ドイツ ワッカー社	テトラエトキシシランの極 低重合体の溶液	ＭＥＫ （アセトン）	１液型、触媒(錫化合物)を含む、 固化時樹脂分約３７％

2．実　　験

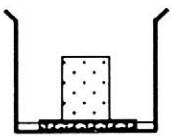
2．1 石材への浸透性

2.1.1 石材

大谷石と越前青石を試験用石材とした（表－２）。大谷石はφ５×５cmの円柱、越前青石は５×５×７cmの角柱とした。

表 － 2

コード名	一 般 名	岩 石 分 類	嵩比重(g／cm³)	真比重(g／cm³)	空隙率(Vol%)
O	大 谷 石	浮石質凝灰岩	１．５０	２．２２	３２．４
E	越前青石	砂岩質凝灰岩	１．９６	２．７５	２８．７



図－1

2.1.2 試験方法

１）乾燥石材への浸透速度試験

試験片を６０℃の乾燥機中で恒量になるまで乾燥させた。図－１に示すように、プラスチック容器に合成繊維マットを敷き、水を浸した状態とする。その上に試験片を置き、下部から毛細管現象により吸水させた。

一定時間後の吸水高さと、吸水量(重量)を測定して ＜吸水時間(√min.) ： 吸水高さ(mm)＞ と ＜吸水時間(√min.) ： 吸水重量(g／cm²)＞ をプロットし、一次回帰直線よりその傾き SW(h)、SW(w) を求めた。

各試験片を再び60℃の乾燥器中に入れ、恒量になるまで乾燥させた。これら試験片について、水を吸収させたと全く同じ方法で樹脂を含浸させ、同様の方法で SR(h)、SR(w) を求めた。

同一試験片における SW(h)、SW(w) と SR(h)、SR(w) から、水の浸透速度に対する樹脂の浸透速度を示す値である浸透速度係数 PV(h)、PV(w) を求めた。

$$PV(h) = SR(h)／SW(h) \times 100 \qquad PV(w) = SR(w)／SR(w) \times 100$$

各樹脂について、各石材試験片４片ずつ、計１６片について、測定を行った。

本試験では、樹脂の浸透速度を同一試験片における水の浸透速度との比較値で評価することにより、石材試験片のばらつきを消去しており、信頼度の高いデータが得られる。

２）吸湿石材への浸透速度試験

石材試験片を60℃の乾燥器中にて恒量になるまで乾燥させた後、硝酸カリウムの飽和水溶液を入れたデシケータ中（20℃で約90%RH）に入れ、恒量に達するまで吸湿させた。この時の試験片の含水率は、Oが６．６wt%，Eが１．３wt%であった。

これらについて、(1)と同じ方法で SW(h)、SW(w) を求めた。各試験片を６０℃の乾燥器中で恒量になるまで乾燥させた後、再び前回と同じ条件で吸湿させた。そして、(1)と同様の方法で SR(h)、SR(w) を求め、PV(h)、PV(w) を求めた。

2.1.3 試験結果

測定結果を表－３に示す。両樹脂液ともかなり高い浸透性を持っており、両者の間に特に有意な差は認められない。

表 － 3

樹脂液	乾燥石材 PV(h) O	乾燥石材 PV(h) E	乾燥石材 PV(w) O	乾燥石材 PV(w) E	吸湿石材 PV(h) O	吸湿石材 PV(h) E	吸湿石材 PV(w) O	吸湿石材 PV(w) E
ＳＳ	２５１．４ (±66.2)	６８．４ (±4.7)	１６４．５ (±19.2)	６８．３ (±10.5)	２７７．１ (±46.6)	８８．７ (±10.4)	１２８．９ (±9.2)	５２．２ (±1.6)
ＯＨ	２９１．２ (±29.0)	５２．３ (±9.1)	１１８．５ (±9.8)	５６．７ (±3.0)	２９５．０ (±47.3)	５８．４ (±7.9)	１１０．２ (±19.7)	４３．３ (±2.6)

2.2 強化（凝集力付与）効果試験

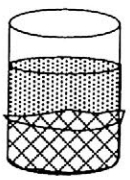
2.2.1 試験片の作成

図－2に示すように、プラスチック製の円筒（径３０mm，高５０mm）の一方をナイロン製メッシュ布でふさぎ、その中に高さ３５mmの位置まで標準珪砂（0.3mmメッシュ通過、0.15mmメッシュ不通過のもの）を入れた（約３０g）。次に、図－3に示すように、ガラスシャーレーに合成樹脂繊維マットを敷き、樹脂溶液に浸した状態とし、その上に珪砂の入ったプラスチック円筒を、ナイロンメッシュ布面を下にして置き、下部から毛細管現象により樹脂溶液を含浸させた。この処置は、溶剤の蒸発を防ぐために、デシケーター内で行った。３０分間含浸させた後、実験室内に１５日間放置してから、固化した珪砂をプラスチック円筒から取り出し、更に３０日間放置したものを試験片とした。試験片の含指率（乾燥後の重量増加率）は、ＳＳ-１０１が１１.４%、WACKER ＯＨが１２.０%であった。

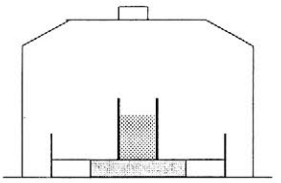
2.2.2 試験方法

１）エアーブラッシュによる穿孔試験

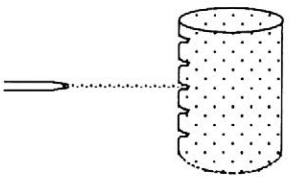
図－4に示すように、試験片（径３０mm，高３０mm）の下面(樹脂含浸面)から高さ５，１０，１５，２０，２５，３０mmの部分へ、１０mm離れた位置から、ノズル径１mmのエアーブラッシュで、酸化アルミニウム粒子（径５０μm）を5秒間噴射（約１g／秒）した。この噴射によって侵食され、形成された孔の深さを測定し、強度（凝集力）の指標とした。穿孔試験は、４片ずつの試験片について行った。



図－2



図－3



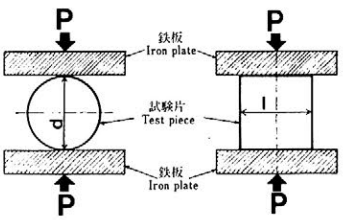
図－4

２）圧裂引張強度試験

図－5に示すように、試験片の半径方向に圧縮荷重を加え（島津オートグラフ：荷重速度5mm／min）、破壊に至るまでの最大荷重を測定し、次式により圧裂引張強度を算出した。各樹脂について４片づつ測定した。

$$\delta = \frac{2P}{\pi d l}$$

δ：圧裂引張強度(kg／cm²)　P：最大荷重(kg)
d：試験片の直径(cm)　l：試験片の長さ(cm)



図－5

2.2.3 試験結果

１）エアーブラッシュによる穿孔試験

試験結果を表－４に示す。表から明らかなように、ＯＨの凝集力付与効果がＳＳに比べて大幅に低い結果となっている。両樹脂ともに共通して、凝集力が、試験片の下部と上部で大きく、中部で小さい傾向が見られる。これは含浸処理後の溶剤蒸発に伴なって、樹脂分が内部から外部へ移行したためと考えられる。

表　－　4

	試験片の下面からの距離（高さmm）					
	＜5＞	＜10＞	＜15＞	＜20＞	＜25＞	＜30＞
ＳＳ－１０１	5.9(±0.3)	6.6(±0.2)	7.1(±0.3)	6.7(±0.4)	6.3(±0.4)	5.4(±0.4)
WACKER　ＯＨ	１７.２(±0.3)	１９.２(±0.2)	２６.３(±0.6)	２２.２(±1.1)	１８.８(±0.8)	１６.０(±0.6)

単位：mm，（ ）内は標準偏差

２）圧裂引張強度試験

試験結果を表－５に示す。表から明らかなように、凝固珪砂の引張強度を比較すると、ＳＳ-１０１と WACKER ＯＨの強度比は７：１となり、引張強度に関する限り、WACKER ＯＨ の強化力は小さいと言わざるを得ない。

表　－　5

ＳＳ-１０１	WACKER　ＯＨ
２.５０（±0.36）	０.３４（±0.02）

単位：kg／cm²，（ ）内は標準偏差

３．考　　察

ＳＳ－１０１、WACKER ＯＨ ともにかなり高い浸透性を持っていることが証明された。

WACKER ＯＨ の強化力（凝集力付与効果）が、ＳＳ－１０１に比べてかなり低いことが明らかとなった。従って、劣化が著しくほとんど凝集力を失ってしまったような石材の強化には、WACKER ＯＨ は適さないということになる。しかし、この点はＳＳ－１０１も同様で、この様な場合には、シランと凝集力付与効果の高いアクリル樹脂等との混合溶液を用いるなどの方策が研究され、応用されている。通常の場合、かなり劣化した石材であっても、ある程度の凝集力を保持しており、含浸強化樹脂はそれを補強するのが目的であるから、本試験結果をもって、WACKER ＯＨ の実用上の強化力が低いと言うことはできない。今後更に多くの試験を行って、総合的に評価すべきものであり、現段階で評価を下すことは適当ではない言うべきであろう。

P47

タイの遺跡における石材とその劣化（Ⅰ）

－使用石材の概要とその劣化状況－

朽津信明（東京国立文化財研究所）

1．はじめに

筆者は、文部省科学研究費・海外学術調査「タイ国石造遺跡の劣化現象と保存対策に関する調査」（研究代表者・西浦忠輝）の一環で、タイの遺跡における石材の保存状況について調査する機会を得たので、その結果を報告する。

2．タイの歴史と遺跡

タイの歴史は、先史時代に続いて、９世紀頃から13世紀までのクメール王国の支配下におかれた時代、13世紀から14世紀にかけてのスコータイ時代、14世紀後半から18世紀に至るまでのアユタヤ時代、そして15年間のトンブリ時代を経て、現在まで至るバンコク時代にと区分される。こうした歴史背景を考え、今回の調査では、調査対象地域として、東北部のパノム・ワン（Phanom Wan）寺院周辺のクメール遺跡群、スコータイ（Sukhothai）周辺地域、アユタヤ（Ayuthaya）地域の３つを選んだ（図１）。これらの地域に残されている遺跡は、殆どの場合、主として石（以後、石という場合にはレンガなどの近親物質も含む）で造られている。

3．タイの地質概略

タイの地質は、大きく３つに分類することができる（図１）。まず西部を南北に走る山脈部分は、花崗岩を主としながら、堆積岩、火成岩、変成岩を複雑に含んだ複合岩体である。次に東北部の高原部は、主に白亜紀の砂岩を中心とした、シンプルな中生代の堆積岩地帯である。最後に中央の平野部には、メナム川による第四系が広く分布している。先第四系の各岩体は地質時間の間に風化作用を受けており、いずれの地域でも地表付近には、風化生成物である、ラテライトと呼ばれる鉄に富んだ岩石が分布している。

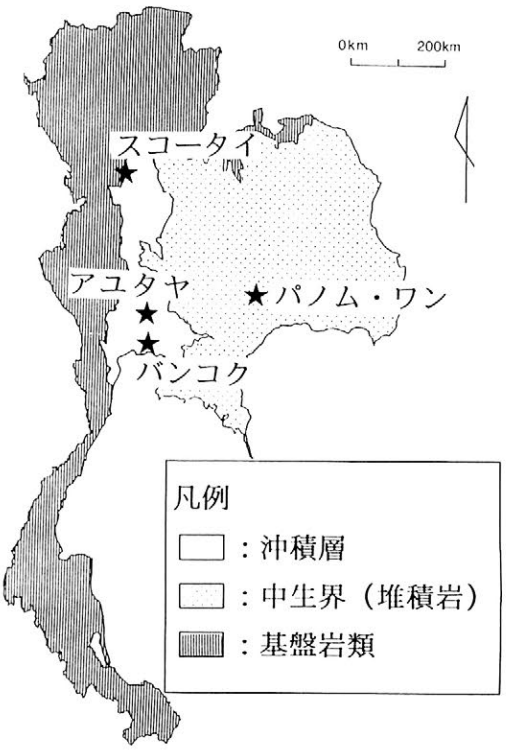


図１．タイの地質概略と調査地域

4．タイの遺跡における使用石材の概略

今回観察を行った遺跡で用いられた石材のバリエーションは一般に乏しく、構造に用いられている主なものは、ラテライト、砂岩、レンガの３種類だけである（表１）。地域ごとに使用石材の特徴を見てみると、東北部では、砂岩の使用が非常に多いのが目に付く。これに対してスコータイでは砂岩の使用はなく、殆どがレンガで造られている。アユタヤでは砂岩もあるが、建物の構造はレンガが殆どである。いずれの地域でも、基壇部ではラテライトが用いられている場合が多い。こうした傾向は、タイの地質を考えれば、極めて合理的に説明できる。すなわち、ラテライトに関しては、タイ中どこに行ってもある程度普遍的に分布しているため、どの遺跡であっても、比較的利用しやすい石材であったと考えられるのに対し、砂岩については、どこにでも産するというものではなく、東北部では豊富に入手できるが、アユタヤやスコータイでは、余程のことがない限りは砂岩を主材として利用することは困難であっただろう。

地域	主材	基壇部	その他の代表的石材
東北部	砂岩	ラテライト	レンガ
スコータイ	レンガ	ラテライト	結晶片岩
アユタヤ	レンガ	ラテライト	砂岩

表１．各地の遺跡で観察された主要石材の概略

5．各石材の劣化状況

・**ラテライト**　岩石学で言うラテライトは、岩石が地質時間の中で化学風化を受けた最終生成物で、理屈の上では、人類の観察するタイムスケールではそれ以上化学風化を受けることはない。しかし現実には、ラテライトと呼ばれていても、厳密にはこれと区別されるべきラテライト様の石材が利用されている場合があり、こうした部分は風化して脆弱化している場合も観察される。

・**砂岩**　砂岩のうち、粒子同士が粒間物質の存在によって接着されている砂岩では、その粒間物質が溶け出すことによって粒子同士が離れやすくなり、結果として岩石表面が脆弱化している場合が観察される。一般に、白色砂岩は、粒間物質が乏しく石英粒子同士が密着している場合が比較的多いので、風化を受けにくいのに対して、赤色砂岩では、粒間物質が多く、より脆弱化を受けやすい傾向が見られる。

・**レンガ**　レンガは、多孔質で透水性がよく、最も風化を受けている材料の一つである。地表面付近にあるレンガでは、表面付近における塩類の析出が、レンガの破壊を促している場合が数多く観察される。タイの気候は雨季と乾季がはっきりしており、雨期の間にレンガが水分を吸い込み、乾期にそれを放出するのに伴って、表面における水分蒸発が起こり、それによって塩類の析出が起きると考えられる。

P48

超臨界乾燥処理を施した遺跡出土木材の長期保存中における吸湿・脱湿特性

（奈良高専）河越幹男

緒　言

著者らは超臨界乾燥による出土木製品の保存処理法について検討し、本法が処理時間の短縮化と原形保持の観点から有望な処理法であることを見い出した（河越･谷尻；1994）。本処理法を実用化するためには、長期保存中における環境因子（温度、湿度、照度）の木製品に及ぼす影響を知る必要がある。本研究では、この観点から木製品に特に大きな影響を及ぼすと考えられる湿度変化の影響について実験的、理論的に検討した。

吸湿・脱湿機構

湿度が増加すると、空気中の水分は木材中の細孔を通って木材内部に拡散し吸着される（吸湿過程）。逆に、湿度が減少すると吸着水分が脱着して細孔内を通り木材外へ拡散する（脱湿過程）。ここでは、吸着・脱着速度は拡散速度よりも十分速いと考え、律速段階は拡散過程であると仮定して解析した。このとき、辺長aの立方体の場合、湿度をH_1からH_2へステップ状に変化させた場合の重量変化は次式で与えられる（河越・石垣；1990）。

$$\Psi(t) = 1 - \left[\sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2\pi^2} \exp\left\{-(2n+1)^2\pi^2 \frac{D_A t}{a^2}\right\} \right]^3 \qquad (1)$$

ここで、$\Psi=(W-W_1)/(W_2-W_1)$で、Wは時間tにおける重量、W_1及びW_2はそれぞれ湿度H_1及びH_2における平衡重量、D_Aは水分移動係数である。

実　験

恒温恒湿器に試料をセットし、その重量変化を電子天秤にて測定した。データはRS-232Cを介して直接パソコンに入力し解析した。温度を25℃の一定に保ち、相対湿度のみを30%から80%の間をステップ状に増減させた。

表１　用いた試料の詳細

番号	試料材	処理法	平均寸法 [mm]	平衡重量 [g] RH=30%	平衡重量 [g] RH=80%	嵩密度 [g/cm³]	水分移動係数 [cm²/day]	図２中の使用記号
1	シラカシ	超臨界乾燥	21.65	1.8125	1.8943	0.174	3.14	○
2	マツ	超臨界乾燥	20.74	4.0972	4.3628	0.441	0.760	△
3		自然乾燥	19.85	3.5050	3.7114	0.432	0.751	□
4	ハンノキ	超臨界乾燥	18.52	0.8287	0.8742	0.126	2.37	▽
5		ＰＥＧ含浸	20.22	8.9334	9.1831	1.063	0.0285	◇

（注1）各辺長は平均寸法の±5%以内で一致していたので、立方体と見なした。
（注2）嵩密度は絶乾時の値。絶乾重量はRH=30%と80%の値からRH=0%に外挿して求めた。

用いた試料はシラカシ、ハンノキ、マツである（表１参照）。マツは自然乾燥しても殆ど変形しない（河越・谷尻；1994）ので、超臨界乾燥と自然乾燥した試料を各々１個づつ用意し、同一条件で両者の吸湿・脱湿特性を測定して乾燥法の違いによる影響を検討した。さらに、ＰＥＧ含浸処理した場合と比較するため、ハンノキに関してはＰＥＧ含浸処理した試料と超臨界乾燥処理した試料をそれぞれ用意し、両者の吸湿・脱湿特性を測定した。

実験結果及び検討

図１に吸湿および脱湿過程の重量変化を示した。(1)式が実測値と一致するように決めたD_Aの値は、吸湿のときは2.9cm^2/dayであり、脱湿のときは3.3cm^2/dayであった。測定誤差を考慮すると両者は同じと見なせるので、両者の平均値をとりD_A＝3.1 cm^2/dayとした。図中の実線は(1)式からの計算値である。

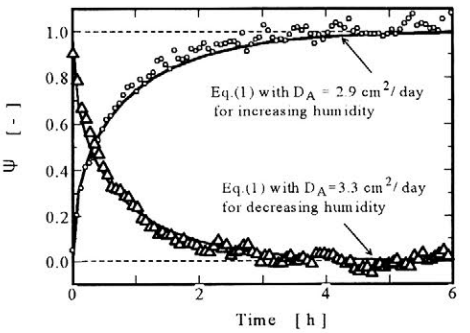


図２　重量変化応答の拡散モデルによる計算値と実測値の比較（シラカシ）

マツの重量応答から求めたD_Aは、超臨界乾燥したときは0.760cm^2/day、自然乾燥したときは0.751cm^2/dayであり、両者にはほとんど差異が認められなかった。次に、ハンノキを用いてＰＥＧ含浸処理した場合と超臨界乾燥した場合のD_Aを求めた。前者で0.0285 cm^2/day、後者で2.37cm^2/dayとなり、両者の比は83倍程度もあり、大きな差異が認められた（表１参照）。

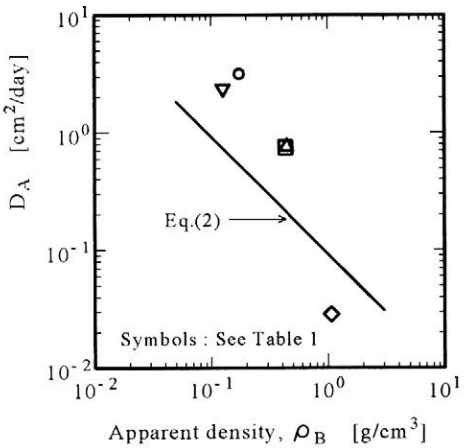


図２　水分移動係数と嵩密度の関係

著者らは以前に出土木材の自然乾燥における減率乾燥速度から拡散理論に準拠して算出したD_Aと木材の嵩密度ρ_Bの間には次式の関係があることを見い出した(河越ら；1992）。

$$D_A \rho_B = 0.0924 \quad g.cm^{-1}.day^{-1} \qquad (2)$$

図３にD_A対ρ_Bの両対数プロットを示した。比較のため図中に(２)式も併せて示した。いずれの場合にも値は若干異なるが、水分移動係数が嵩密度と反比例の関係にある傾向は(2)式とよく一致している。

結　言

自然乾燥材と超臨界乾燥材の間では、吸湿・脱湿速度に差はないことが分かった。吸湿および脱湿過程の水分移動係数は、乾燥速度から求めた相関式と傾向はよく一致した。

文　献

1)河越・石垣：考古学と自然科学、22、95-102(1990)
2)河越・百村・石垣：考古学と自然科学、26、1-14(1992)
3)河越・谷尻：考古学と自然科学、29、11-24(1994)

P49

金属遺物の崩壊と可溶性塩類

今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）
肥塚隆保（奈良国立文化財研究所）
高場慎太郎（奈良教育大学大学院）

1．はじめに

出土した金属製品をそのまま放置すると保存環境の激変によって錆化が進み、金属製品は短期間の内に崩壊する。金属遺物を崩壊から守るためには一刻も早く保存処理を実施する必要がある。しかし、一連の作業の中で最も時間を要するのが脱塩処理である。この脱塩処理は錆の発生と共に金属器に侵入した可溶性の塩類を取り除いて、新たな錆の発生を防ぐことを目的として行われる。

金属遺物の脱塩は、我が国では1970年代末から実施されはじめた。室温でアルカリ性の薬剤を用いpH11程度に調整した水溶液あるいはアルコールに浸漬する方法、高温の脱酸素水に浸漬する方法などが実用化されている。しかし、脱塩効果の判定は溶出した塩化物の中で塩素イオンを定性的に測定することが多く、実際の遺物処理において定量的な脱塩データの蓄積が行われることは少なかった。一方、筆者達は1994年から高温高圧脱酸素水による遺物の脱塩処理を実施し、溶出した各種の陰イオンをイオンクロマトグラフを用いて定量的に測定してきた。

本研究は定量的な脱塩データの測定を通して得た知見をもとに、金属遺物の崩壊と可溶性塩類の関係について報告するものである。

2．方　法

2-1　出土金属製品中に含まれる塩類の分布

発掘後４年を経過して錆化が進んで崩壊しつつある鉄製品（直刀）と発掘後20数年を経ても崩壊せず安定している鉄製品（鉄鏃）について、エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析による元素マッピングと微小部Ｘ線回折分析を実施した。

2-2　可溶性塩類の溶出と測定

高温高圧脱酸素水を用いて出土金属製品から可溶性の塩類を摘出した。この脱塩処理は121℃、2.0気圧を６時間維持する条件を１サイクルして、脱酸素状態の熱水が錆の内部に侵入して可溶性の塩類を溶出する。１サイクル毎に遺物重量の10倍の純水に溶出した可溶性塩類をイオンクロマトグラフを用いて測定した。

3．結　果

3-1　出土金属製品中に含まれる塩類の分布

元素マッピングによれば、塩化物や硫化物などの塩類は鉄製品内部にある金属の周辺部に分布する。しかし、錆の表面にはほとんど分布しないことが判明した。

3-2　可溶性塩類の溶出量と遺物の崩壊

様々な劣化状態の遺物について可溶性塩類の溶出量を測定した。発掘後20年を経過して崩壊した大刀では塩化物イオンの摘出量は1000ppmを越える。一方、20年以上保管しても崩壊していない鉄鏃の塩化物イオンは100ppmに満たない。また、室温のアルカリ水溶液で脱塩したにも関わらず崩壊した鉄斧からは1000ppmを越える硫化物イオンを検出した。

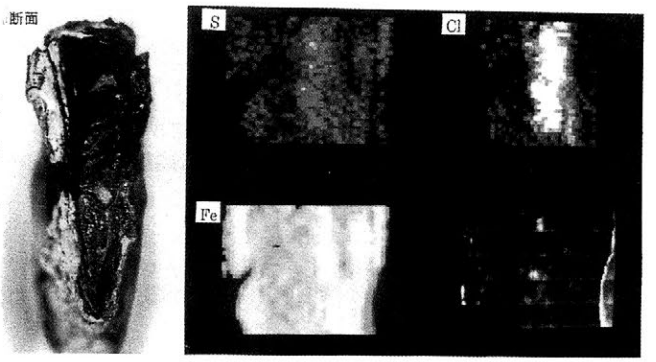


図1　出土鉄製品に含まれる塩類の分布
（ｴﾈﾙｷﾞｰ分散型蛍光Ｘ線分析装置による元素ﾏｯﾋﾟﾝｸﾞ）

4.　まとめ

出土金属製品から高温高圧脱酸素水を用いて摘出した可溶性塩類をイオンクロマトグラフを用いて定量的に測定した。その結果、塩化物イオンと硫化物イオンの摘出量に大きな差を見出した。塩化物イオンの摘出量は1600ppmを越える遺物から50ppmに満たない遺物まである。この内、400ppmを越える遺物はほとんどが発掘後数年のうちに崩壊した。

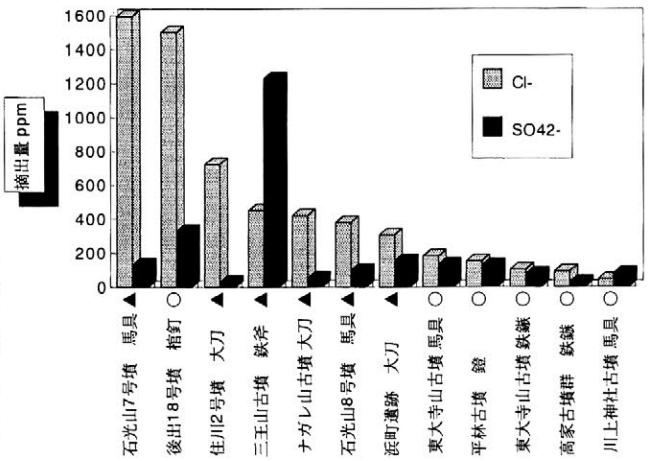


図2　脱塩処理によって金属遺物から溶出した可溶性塩類
▲ 剥離・崩壊した金属製品　○ 発掘後も健全な金属製品

これに対して、塩化物イオンの摘出量が200ppm以下の遺物は、発掘後数十年を経ても崩壊を免れている場合がある。また、硫化物イオンが1000pmを越えた遺物も崩壊する。　一方、可溶性塩類を構成する塩化物や硫化物などは遺物内部の金属周辺に密に分布する。この可溶性塩類を除去するには常温のアルカリ溶液を用いて長期間にわたり脱塩処理を繰り返すか、高温高圧脱酸素水などを使って効率的に除去する必要がある。特に硫化物は常温の脱塩処理では除去しにくいので注意を要する。

参考文献

Plenderleith, H. J (1971)：　The conservation of Antiquities and works of art, London
秋山隆保（1982）「出土鉄器脱塩法の研究」『文化財論叢』奈良国立文化財研究所創立30周年記念論文集
青木繁夫・平尾良光（1990）「新設脱塩装置について」保存科学　29号,
David A.Scott and Nigel J.Seeley (1986)：The washing of fragile iron artifacts , Studies in Conservation 32 ,
今津節生・肥塚隆保（1994）「高温高圧脱酸素水による金属遺物の脱塩と安定化」日本文化財科学会第11回大会　研究発表要旨集

P50

堺市下田遺跡から出土した銅鐸の材質と埋蔵環境

村上　隆[1)]・三ツ井誠一郎[2)]・仁木昭夫[3)]・西村　歩[3)]・藤田憲司[3)]

1）奈良国立文化財研究所・2）動力炉・核燃料開発事業団

3）（財）大阪府文化財調査研究センター

【1】はじめに

下田遺跡は、大阪府堺市の北西部に位置する縄文時代から古墳時代にかけての遺跡である。弥生時代～古墳時代の集落跡とともに、3世紀後半から末頃のものと思われる河川跡が検出された。この河川の北岸から出土したのが「下田銅鐸」である。付近からは多数の土器類のほか、琴や蓋（きぬがさ）など注目すべき木製品も多数出土した。この「下田銅鐸」は、発見時に当初の鮮やかな金属光沢を遺存していたとして話題になった。本報では、「下田銅鐸」の銅鐸本体に対するX線CTなどの科学的調査や保存処理とともに、銅鐸が埋納されていた周辺土壌の物性、さらには埋蔵中に銅鐸から溶出した金属イオンの分布など、銅鐸をとりまく埋蔵環境の調査について報告をする。

【2】「下田銅鐸」について

径41cm、深さ28cmの埋納坑に鈕をほぼ西に向け、鰭（ひれ）を立てた状態で出土した（図1）。出土した時には、銅赤色を呈していたが、数時間で変色した。形式は、偏平鈕式四区袈裟襷文。高さ約22cm、鰭を除く身の幅約11cm。身には鋳上がり不良で生じた穴が数カ所あり、裾から中央部にかけて鋳かけた上に斜交子文様を刻み込んだ痕跡を残している。

図1　出土した「下田銅鐸」

（a）材質と構造

エネルギー分散型微小領域蛍光X線分析装置（テクノス製TRX-650）を用いた非破壊的手法によって銅鐸表面を分析した。その組成は、銅(Cu)90％前後、錫(Sn)6～7％、鉛(Pb)2～4％、ヒ素(As)0.5％未満、銀(Ag)0.5％未満であった。

また、文化財調査用X線CTを用いて中に土が詰まったままの状態の銅鐸を観察した（図2）。埋まっていた時と同様に、鰭を垂直に立てた状態で銅鐸を横に寝かし、鰭に平行な方向（左側）と垂直な方向（右側）からスライスした。断面の形状や銅鐸の厚みなど、銅鐸の「かたち」を読み取ることができた。銅鐸内の土は、ところどころに空隙がみられ、いくつかの塊が詰まっているという印象を与える。土自体は【3】で述べるように外部のシルト質砂層と大差はないが、自然堆積というより人為的に土を詰めた痕跡である可能性も大きい。いずれにしろ、X線CTによって銅鐸の内部の土の状況を観察した初めての試みであり、今後銅鐸の埋納を考える上で参考になる情報の一つになろう。

（b）保存処理

下田銅鐸はシルト質砂層に作られた埋納坑に同質の砂で埋められ、1800年近くの間大気からほぼ隔絶された状態にあったと考えられる。発掘の際に生じた急激な環境の変化が、長期間保たれてきた表面の金属光沢を失わせた大きな原因となった。表面は出土後数時間のうちに変色し、最終的に淡緑青色を呈するようになった。「下田銅鐸」は、今後銅鐸のオリジナルの色を考える上で重要な資料であるため、できるだけ出土時の色を再現するようにEDTAを用いた表面処理を片面だけに施した。なお、片方の面は現状の淡緑青色を残し、色の違いを対比できるようにした。さびの安定化処理として、ベンゾトリアゾールの2％アルコール溶液を塗布したのち、アクリル樹脂B72で表面を保護した。

図2　X線CTで観察した、土の詰まった状態の「下田銅鐸」

【３】「下田銅鐸」の埋蔵環境

下田銅鐸が埋蔵されていた環境を把握するために、現場の地下水の水質と銅鐸をとりまく土壌の分析をおこなった。

（ａ）地下水

地下水として埋納坑の下約2mの礫層からの湧水を用いた。水温13℃、pHは6.1と弱酸性を示した。また、主な溶存成分の濃度(ppm)は、Ca^{+}:19、Na^{+}:7、Cl^{-}:200、HCO_3^{-}:<3、SO_4^{2-}:62であった。標準酸化還元電位(Eh)は87mV vs S.H.E.で大気と平衡な水(Eh=500～600mV vs S.H.E.)と比較してかなり低い値をとる。従って、地下水中の溶存酸素濃度は低かったとみられる。

（ｂ）銅鐸周辺の土壌

銅鐸周辺の土壌は、シルトと粘土の割合が高いシルト質砂層で通気性は低い。また、この地層は淡水成堆積物で、透水係数は$3\sim9 \times 10^{-11}$m/sと低く、水が移動しにくい環境であった。また、石英、長石を主成分鉱物とし、他に雲母、カオリナイト、モンモリロナイトを同定した。なお、銅鐸内の土もほぼ同様の結果を示した。土壌として金属が腐食しにくい環境を作っていたといえる。

【４】銅鐸から土中に溶出した金属成分の分布

銅鐸の主成分である銅は土中に溶出しており、銅鐸内部では6400ppm、埋納坑中では5800ppmの銅が検出された。銅に次いで高い検出値を示したのは鉛であり、銅鐸内では2260ppm、埋納坑内では2900ppmであった。因みに、埋納坑の外では銅が10ppm、鉛が9.3ppmであった。さらに広い範囲で考えるために、埋納坑を含む地層断面に設けた10cm間隔のグリッドの各格子点における銅、錫、鉛、ビスマスの濃度を測定した（図3）。断面の2の水平ライン上をIの方向に向かって、銅鐸から溶出した銅によってできたとみられる紫色の染みが約70cmに渡って認められた。銅濃度もほぼこれに対応して高レベルを示した（図4）。興味深いのは、X方向には銅がほとんど溶出していないことである。埋納坑を中心にした均一な溶出ではなく、限られた方向に溶出したことが確認できた。

【５】考古学的情報の高レベル放射性廃棄物の地層処分への応用

放射性廃棄物の処理処分法の中で、地層処分が現在もっとも現実的と考えられ、各国で研究開発に力が注がれている。地層処分とは、最終的にガラス固化体にされた廃棄物を、オーバーパックと呼ばれる金属製容器に封入し、地下数百m以深の安定な地質環境中に埋設処分する方法である。しかし、数千年のオーダーで保証する材料の有効性を、実験室レベルの仮想試験だけで確認するには困難が伴う。そこで注目されるのが、長期間土中に埋蔵されてきた金属製考古遺物の持つ情報である。地層処分における銅製容器の腐食深さに関わる情報として、腐食しにくい埋蔵環境にあった「下田銅鐸」をモデルにして最大平均腐食深さを試算した[1)]。今後調査事例を増やし、埋蔵環境と腐食の関係に対して双方に有益なデータを蓄積することが必要であろう。

1）三ツ井誠一郎・久保田満・村上　隆：「緩衝材中の銅オーバーパックの腐食に関する考古学的アナログ研究」日本原子力学会大会要旨集（1995）

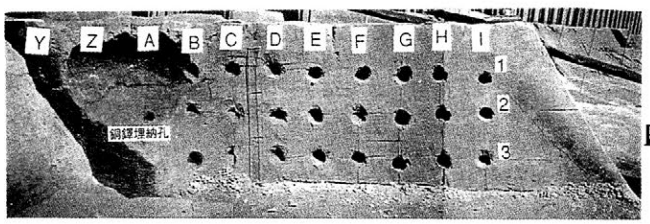


図３　銅鐸埋納地層断面における砂試料採取位置

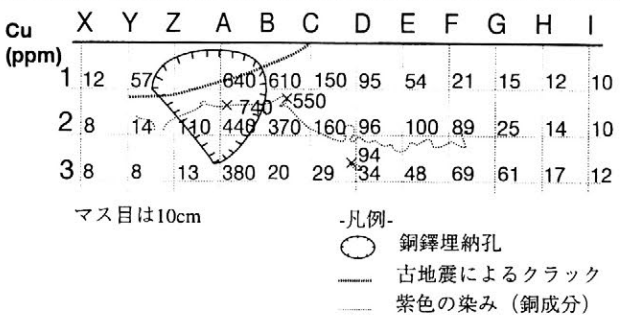


図４　銅鐸埋納地層断面における銅成分の分布

P51

金属器の出土から展示公開まで　その1
－福岡市比恵遺跡群出土の鋳造鉄斧－

本田　光子（別府大学）　　比佐陽一郎　（福岡市教育委員会）
大澤　正巳（たたら研究会）　白井　克也　（福岡市教育委員会）

1．はじめに

出土金属器は埋蔵環境により、錆化のため原形や表面状態を推定することが難しい。象嵌や鍍金等の表飾を持つ金属器については、X線透過撮影や錆の断面調査等により情報を得ることが行われており、大きな成果があげられている。しかし、通常の金属器の錆取り作業は、保存処理担当者の「経験」に頼られることもしばしばである。特に鉄器については、考古学的にも保存科学的にも納得できる「錆取り」「保存処理、修復」「収蔵管理」が行われ、一般にも理解を得られる状態で展示公開することは困難な場合が多い。

一方、出土鉄器についてはその材質や製造技術を知るための金属学的調査例が増加している。その成果は錆取り作業や保存処理、修復にも有効な情報と考えられる。福岡市比恵遺跡出土の鉄斧は金属鉄が良好に残る完形資料であり、金属学的調査を目的として、刃部に垂直に切断した。切断面をそのまま展示公開することも大きな目的である。そこで、完形の外観を保存、展示公開するために、切断前の状態でレプリカを作製した。さらに、このレプリカから復元模造を作製し、切断した遺物と一括して展示することにより、鉄器の製作や使用に理解を深めたい。

2．比恵遺跡群出土の鋳造鉄斧

福岡市博多区博多駅南に所在する比恵遺跡群第51次調査（1993.9～1994.3）の土坑SK-201から、弥生時代中期後半（須玖Ⅱ式古段階）の土器と共伴して、鋳造鉄斧が出土した。この鋳造鉄斧は、袋部の口に二条の突帯をめぐらし刃部は広がらないもので、川越哲志氏分類のAa-1型、村上恭通氏分類のⅠ式に属する。戦国時代の河北・遼寧、西北朝鮮（燕）が製作地と考えられており、燕滅亡後は衛氏朝鮮が戦国系鋳造鉄斧を製作したと推定される。

51次調査では、他に同時期の無突帯鋳造鉄斧破片、中期末～後期初の鉄鉇と終末の鋳造鉄斧破片、鍛造袋状鉄斧が出土しており、鉄斧はすべて金属鉄が残存している。（福岡市埋蔵文化財報告書　第452集　1996.3）

3．錆取り

錆取りは、カッター、ニッパ、エアーブラシ、グラインダー等を用いて物理的に行った。鉄器の場合は、何をもって当時の使用「面」とするか決め難いが、今回も経験的に黒色緻密な面を露出させた。その後この面を追うことで突帯が現れたので、妥当な判断であったと思われる。鉄斧は当初ほぼ完形であったが、錆取り作業中に袋部中位の横方向のひびから二折した。メタルチェッカーによる検査と後の金属学的調査によれば、袋部基部は完全に錆化し金属鉄は残っていなかった。しかし、このひびの辺りより下部は金属鉄が残っており、ひびは金属鉄の有無の境目にあたっていた。

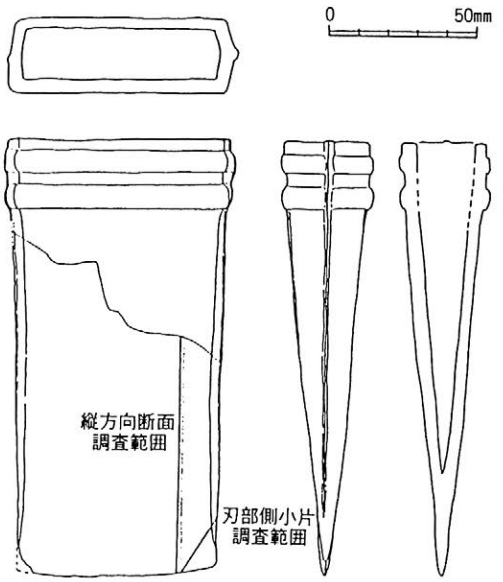
4．レプリカの製作

銹取り後の鉄斧をセメダインCで接合し、アクリル樹脂（パラロイドB72）を塗布して資料の表面を保護した。その後付加タイプのシリコーン樹脂を用いて型取りを行い、エポキシ樹脂にて成形、アクリル絵具で着色した。

復元模造は、もう１点樹脂成形したものについて銹を削り落とし、復元的な彩色を施して製作した。

5．金属学的調査

二折した鉄斧の刃部側を縦方向に半裁し図示部分の調査を行い、以下のことが明らかになった。



① 鉄斧は鋳造品の欠点である硬くて脆い材質を脱炭軟化処理を施して、鋼の持つ靭性を付与した「白心可鍛鋳鉄」製品である。

② 鉄斧の袋部の基部側から刃先まで縦断面が調査されて、刃部肉厚部に母材鋳込みままの白鋳鉄組織、その周縁部から刃先端、袋部にかけて脱炭組織のパーライト共析層（C:0.8%前後）、フェライト層（純鉄）が検出された。

③ 戦国系二条突帯鋳造鉄斧は、脱炭軟化処理という高度な製造技術を駆使した産物である。北九州市中伏遺跡出土品（鋳造鉄斧破片）から脱炭の事実は報告しているが、今回は鉄斧全体像として把握できたことに大きな意義がある。

なお、完全脱炭を受けて生じたフェライト領域は、腐食速度が早く、刃先周縁や袋部近傍は銹化消滅も多い。また、袋部内は銹ぶくれとなり、その溜まりが認められた。

6．保存処理

袋部基部側はすでに金属鉄はまったく残っておらず、すべてゲーサイトである。この部分は強度的に脆いため、アクリル樹脂(パラロイドB72)を含浸した。刃部側は表面に同樹脂を塗布した。処理後の鉄斧はRPシステム（三菱ガス化学）で収納管理している。

7．おわりに

今回は銹取り前のレプリカを作製していない。出土直後の外観、状態もレプリカとして記録することにより、遺物に対する理解を深めることができるであろう。また、出土鉄器には何通りかの銹化のタイプがあるが、タイプ別に銹取り前の状態で保存科学的、金属学的調査をすることにより、銹取りに確かな指針を示すことも可能であろう。

遺物の収納には、研究者の観察を主眼として簡便かつ最適な環境を得られる収納方法、RPシステムを採用した。公開展示には、さらに安全と観察し易さが備わったケースが要求されよう。

P52

古代鉄製品の腐食に関する基礎的研究

○松井敏也（岡山大学大学院）　姜大一（韓国国立文化財研究所）
村上隆（奈良国立文化財研究所）　高田潤（岡山大学）

1. はじめに

出土鉄製品の腐食は、埋蔵環境、出土後の保管環境、および製作法などが大きく影響すると考えられる。しかし、これらの諸要因を考慮した系統的な研究は少ない。本研究は、出土鉄製品の保存を考えていくための基礎的データの蓄積をめざし、出土地も異なり、埋蔵環境や保管環境も異なる資料について腐食状態を解析することを目的とした。また、鍛造や鋳造など、製作法の違いによる腐食状態の相違についても観察した。特に腐食促進因子の一つといわれている塩素に着目して、試料断面内の存在状態を調べた。

2. 分析資料

表1に資料の一覧を示す。今回の調査は予備実験として位置づけるため、一部に資料の履歴の不明なものも含む。なお、日本出土の資料は、肥塚隆保氏の提供による。

表1　資　料　一　覧

内陸出土資料				海洋出土試料			
No.	出土場所	遺物	時代	No.	出土場所	遺物	時代
1	香川丸山古墳	鉄　片	5c	11	北海道開陽丸遺跡	船具機関	19c末
2	〃	鉄　片	5c	12	〃	砲弾破片	19c末
3	大阪野中古墳	大　刀	5c	13	〃	砲弾破片	19c末
4	韓国扶蘇山城	鉄　槍	7c	14	〃	砲弾破片	19c末
5	〃	鉄　鎌	7c	15	〃	銅　片	19c末
6	〃	両枝槍	7c	16	〃	鉛　片	19c末
7	〃	鉄　鏃	7c	17	〃	鉄　釘	19c末
8	〃	S形鉾	7c	18	〃	鉄　片	19c末
9	韓国丹月洞古墳	刀　子	8c	19	〃	鉄　片	19c末
10	〃	鉄　釘	8c	20	〃	鉄　片	19c末
				21	〃	鉄砲玉	19c末

3. 分　析

資料の表面から腐食生成物を少量採取し、X線回折粉末法（ﾏｯｸｻｲｴﾝｽ製 M18XHF-SRA）により同定を行った。分析後、試料に蒸留水を加え、120分間120℃で加熱処理をおこない、抽出された陰イオンをｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌｨｰ装置（DIONEX製、分離ｶﾗﾑ HPIC-AS3）にて分析した。一部の資料は樹脂にて包埋後、断面試料を作成し、光学顕微鏡観察、電子顕微鏡観察（日本電子製 JSM-5800LV、EDX分析:JED-2100）をおこなった。

4. 結果と考察

分析結果を表2に示す。試料の大半からα型のｵｷｼ水酸化鉄(FeOOH)と四三酸化鉄(Fe_3O_4)、塩化物ｲｵﾝ(Cl^-)、硫化物ｲｵﾝ(SO_4^{2-})が検出された。顕微鏡観察ではすべての試料において、肉眼では健全と思われたメタル部分にも腐食生成物を確認することができた。

以下、代表的な資料に対する組織と塩素分布の関係について示す。大阪府野中古墳出土の大刀断片(No.3)は、昭和39年の発掘調査以来、収蔵庫に保管されていた資料である。断面には、鍛造の痕跡と見られる層状組織が認

められ、この層状のクラック開口部に沿って赤色の腐食生成物が多く存在していた。また、この試料全体からは、β型のFeOOHが検出され、Cl^-も多く抽出された。図1にEDX分析による塩素の存在状態を示す。その結果、メタル部分に塩素が遍在していることが確認できた。

開陽丸遺跡出土の砲弾破片や鉄片などからは10000ppm以上のCl^-が抽出された。砲弾破片においては鍛造品に認められる層状の大きなクラックはなく、鋳造特有の金属組織の中で赤色や黄色の腐食生成物が斑点状に分布していた（図2）。

韓国出土試料からもCl^-が抽出された。特に扶蘇山城出土の鉄槍(No.4)は、Cl^-抽出量は499ppmと少なく、鍛造に見られる層状の組織は観察できたが、クラックは進行していなかった。

表2　腐食生成物のX線回折、
ｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌｨｰ分析結果（一部）

No.	色相	各FeOOHのﾋﾟｰｸ強度 α型	β型	γ型	Fe_3O_4	陰ｲｵﾝ分析(ppm) Cl^-	SO_4^{2-}
3	茶	++	+++	+	+	3485	24
4	茶	++	−	−	+++	499	880
5	薄茶	++	++	+	+	118	540
9	茶	++	+	+	+	2758	133
11	濃茶	++	++	+	+	7827	220
12	濃茶	+	+	−	+	4463	2199
13	濃茶	+	++	+	−	10074	765
17	黒	+	−	−	++	101	9932
20	濃茶	+	+	−	+	30553	958
21	黒	+++	−	++	+	371	148

（強度:　弱　- < + << +++　強）

5. まとめ

今回分析に供した試料の大半からCl^-、SO_4^{2-}が抽出され、塩素が腐食層はもとより、健全なメタル部分にも遍在していることが確認できた。また、鍛造や鋳造の金属組織に対応して腐食が進行していると考えられる。今後さらに腐食を促進する因子を確認し、金属組織とあわせたミクロなレベルでの出土鉄製品の腐食の進行過程を検討する必要がある。

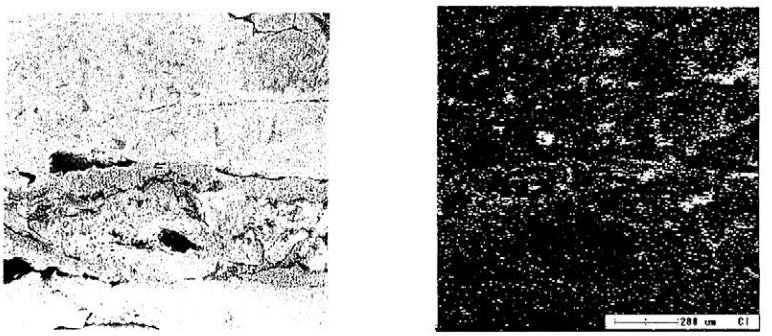


図1　野中古墳出土太刀断片の断面における塩素分布(×90、左:SEM像、右:塩素分布)

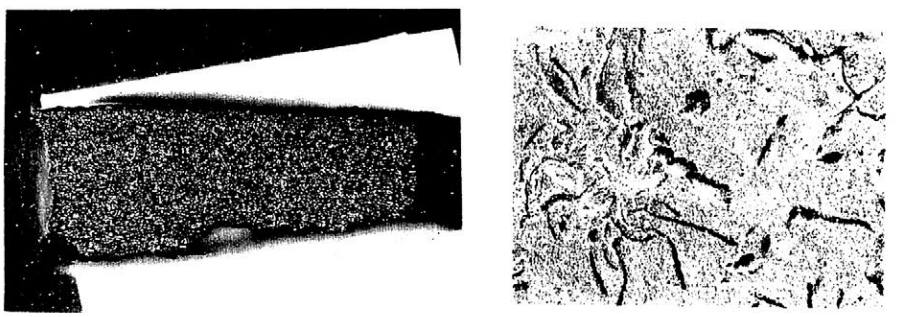


図2　開陽丸遺跡出土の砲弾破片(No.12)断面（左）と金属組織のSEM像(右:×250)

P53

エジプト，トゥール（al-Tur）遺跡出土コインの保存処理

－遠隔地における発掘現場での保存処理について－

武田昭子(昭和女子大学文学部),川床睦夫(（財)中近東文化センター・エジプト調査室)
権上かおる(（株)アグネ技術センター)

《 トゥール遺跡と出土遺物について 》

本遺跡はエジプトの南シナイ州に属し、シナイ半島南部のアル・トゥール市のはずれに位置する港湾遺跡である。この港は5世紀頃からシナイ山にある聖カテリーナ修道院への巡礼港、穀物輸送船などの避難港として利用されていたが、14世紀にエジプトのマムルーク朝が紅海貿易を管理下に置くため港を再整備してから、紅海を北上する船はすべて立ち寄ることとなり、それ以来エジプトにおける東西海上交易の主要な港として栄えた。そして16世紀半ばにスエズ港が急速に発達したため、アル・トゥールは再び地域内交易の小港へと衰退した。その後再び栄えるのは、18世紀後半にメッカ巡礼者のための港として、埠頭、税関、検疫所が建設されてからである。1871年にはアレクサンドリアのものに匹敵する疫病研究所が建設され、1905年にアル・トゥール型コレラが発見された。

本遺跡の調査は、1986年から1995年まで13回にわたり財)中近東文化センター・エジプト調査室により行われている。遺跡は南向きに開口部を持つアル・トゥール湾の北岸に位置している。東西約200m、南北約100m、最も高い地点で海抜6mほどの変形した瓢箪形の丘状遺跡である。遺跡の北約3kmのところにはモーゼ浴場山があり、その麓からは鉱泉が湧きだし山のすぐ南には東から西に向かってワディー・アル・トゥールが走っており、山と遺跡の間にはワディーが運ぶ泥、土砂で出来たデルタが形成されている。遺跡の北約5kmのワディーの南岸にはワディー村があり、ここには5世紀に建設され、十字軍の時代に城塞化された修道院がある。この遺跡の気候は砂漠気候であるが、海辺に位置しているためか、意外に湿度が高いのが特徴である。１日の中で、20%台から80%台まで変化する日も少なくない。このような高温多湿と、常に吹いている強い風がもたらす海塩粒子の影響は、この遺跡の金属製品の保存状況を語る時欠くことができない要因となっていると思われる。

遺丘は5層に大きく分層され、そして3つの文化層にまとめることができる。上から第1の文化層はモダン層で19-20世紀に属する。第2の文化層はⅠ、Ⅱ層で16-19世紀に属する。第3の文化層はⅢ、Ⅳ層で14-15世紀に属する。現在までのところこれより古い時代に属する遺構は確認されていない。

出土品は港湾都市としての性格から、東西交易また地域内交易を裏付けるものが多数出土している。陶磁器,ガラス器,香炉,コイン等と、それに加えて古文書が多数出土しており、交易の様子などを生々しく伝えていて、本遺跡を語る上で重要な遺物になっている。

本稿で保存処理の対象にしているコインは、各文化層から出土しているが、おもには第1と第2の文化層から出土しており、その数は8000枚に近い数となっていて、当遺跡を性格づける上でトゥール文書と共に重要な役割を持つ遺物となっている。

《 コインの保存処理方針 》

本遺跡出土のコインは日本で見られない程腐食生成物が発達し、錆ダンゴ状態になっている。塩の結晶がキラキラ光り、砂やサンゴ片を巻き込んで腐食が進行した様子が肉眼でも観察できる。様相は様々であるが錆の形態分析を行うと、すべてのコインから大量の塩化物が検出され、ブロンズ病に侵されていることがわかった。この保存処理を行うにあっては、以下の制約があった。

① エジプトでは、考古遺物の国外持ち出しは禁止されている。国内での移動にも面倒な許可が必要で、その手続は時間がかかり、繁雑で不可能と言える。

② ①の理由から、現場での処理作業に落ち着いた。そのため以下の点で制約が出てきた。

・処理期間－長くても夏休み１カ月間だけとなる。
・人材の確保－金属の処理を経験した人を必ず１人は入れ、１期間の処理に従事するのは２人位となる。
・処理機材と薬品－機材はすべて日本から持ち込み、薬品類も主要なものは輸送しなければならない。特に、金属遺物の処理に不可欠なＸ線透過撮影は、不可能である。

③ コインは表面に繊細な浮き彫りがある遺物である。また本遺跡のものは、地金が薄いものから厚いものまで様々なコインが混在している。
④ 現段階では分析が不可能で、錆の状況からすれば、大部分が銅かその合金と思われるが、はっきりした材質は不明である。（なかには銅が混じった銀、ニッケルも含まれているようである。）
⑤ 13世紀から20世紀までのコインが入り交じり、その腐食状態にばらつきがある。
⑥ このコインは、現段階で7千枚を上回る出土数であるが、Ｘ線透過撮影が不可能なため、1個ずつ錆の状況をつかみ、選別して行う処理ができない。

以上のことを考え合わせ、次のような処理方法を研究するのが、本研究の目的である。

① 国外発掘現場において、できる範囲で効果的な保存処理計画をたてる。
② 遺物の性質上と処理期間、遺物数、要員からみて、化学処理を中心にしたクリーニング方法の研究が不可欠となる。
③ 現場処理における簡易な処理の評価方法を研究し、処理をマニュアル化し、習熟者でなくても、仕事ができるように配慮する。

すなわち、ブロンズ病の厚い錆に侵されたコインを、繊細な模様を壊すことなく表出させるクリーニング法と脱塩処理を、遠隔地（国外）の現場で、短期間に出来るだけ効果的に保存処理を行う方法を開発し、保存処理の専門家でなくても仕事がある程度進められるようにすることが目的である。

《 保存処理の経過と方法 》

このコインの保存処理に本格的に着手し始めたのは平成３年夏からである。その方法はメスやグラインダーを使った機械的処理を主にしたクリーニング法を取り入れ、セスキカーボネイト5%にコインを半年間浸漬し脱塩を行い、その後ＢＴＡに半年間浸漬し、樹脂で強化するというものである。しかし、この方法で様々な出土地点のコインをえらび100点程処理を行ったが、以下の問題点が生じてきた。

① この方法による保存処理では、判読可能なコインは１割に満たない数である。
② 機械的処理を中心にクリーニングを行うためグラインダーやメスを使うが、時間がかかり、また表面に傷が目立つ。
③ ②の作業中、薄手のコインでほとんど地金が残っていないコインは、力を入れると崩壊しかねない。
④ 機械的クリーニング作業は、かなり熟練した技術を必要とする。

本処理ではこのように機械的処理のクリーニング法のみでは限界があり、一時に多数のコインを処理するには、化学的処理をある程度併用する必要があった。そこで従来より木製品の前処理クリーニングなどに多用され、近年金属遺物にも使われ始めたキレート剤の使用を試み、1993年から基礎実験を行い検討してきた。1994年から１年間で500枚のコインを処理し始め、現在まで1000点の処理を終え良好な結果を得ている。

（ 保存処理工程概略 ）

処理前記録→機械的クリーニング→洗浄→化学的クリーニング＋脱塩→洗浄→防錆処理→

材質強化→乾燥→処理後記録→収納

P54

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

片野真意子・森川知美・齊藤昌子（共立女子大学・家政学部）
河本康太郎・高橋貞雄（東芝ライテック）

１．はじめに

染織文化財は、基質である繊維と染料、媒染剤などから成り、そのほとんどの成分が有機物であるため、他の文化財よりもはるかに損傷、劣化を招きやすい。染織文化財の損傷、劣化に及ぼす外的要因としては、光、水分、大気汚染物質等が挙げられるが、中でも、光の影響が大きいことが既に知られている。河本らは[1)]、美術館・博物館の照明用光源を使用した光退色実験を行い、“草木染”染色布が可視領域の光放射によっても大きく退色することを明らかにしているが、光の波長とその強度と変退色との関係についての定量的な研究は少ない。本研究では、染織文化財の展示に用いられる光源が、染織品の変退色にどの程度の影響を与えるのかを調べた。さらに、雰囲気（環境大気）中の湿度を高湿として、光と水分の相乗作用についても調べた。

２．試料

２－１．染色布

染織文化財の中で多く用いられている天然染料の主要色素４種（ヘマトキシリン：ロッグウッドの主要色素、カルミン酸：えんじ虫の主要色素、クルクミン：ウコンの主要色素、クエルセチン：タマネギの主要色素）と、５種類の媒染剤（ミョウバン、おはぐろ、消石灰、硫酸銅、木灰）を用いて、絹布（JIS 染色堅ろう度試験用、JIS L 0803準拠）を染色した。染色方法は山崎青樹の方法に準じ、染色を行わず媒染処理、熱処理だけを行った絹布、未処理の絹布、ならびに、染色布の光に対する堅ろう度を等級で評価するブルースケール（JIS L 0841準拠）も用いた。

２－２．光源

光源として、分光分布が自然昼光に近似している『色比較・検査用D_{65}蛍光ランプ』（東芝ライテック FL20S･D-EDL-D_{65}、以下D_{65}と略）、紫外線をカットした退色防止形の『美術・博物館用蛍光ランプ』（東芝ライテック FLR20S･L-EDL･NU/M･A、以下L-EDL･NUと略）を使用した。

３．実験方法

暴露は、上部にランプを取り付けた四角形の暴露装置を作成し、底部にガラス製暴露チャンバーを設置して行った。染色布は、ブルースケールと共にステンレス製の円形暴露台に固定し、ガラス製の暴露チャンバーの中に設置した。チャンバー内は環境大気で満たし、水分を含ませた脱脂綿で高湿を保ち、温湿度はデータロガーと温湿度計で記録した。試料面照度は、光源から試料台までの高さを調節することにより500 lxに設定した。暴露は約500 時間行い、暴露開始後一定時間ごとに布を取り出して測色（日立カラーアナライザーＣＡ－35型使用）し、L* a* b* 表色系を用いて暴露前後の色差（△Ｅ）（JIS Z 8730準拠）を算出した。

４．結果と考察

実験中の温度は28±1℃、湿度は99～100 %であった。

ブルースケールは、D_{65}ランプ、L-EDL･NUランプ共に４級以上の退色は認められず、３級の退

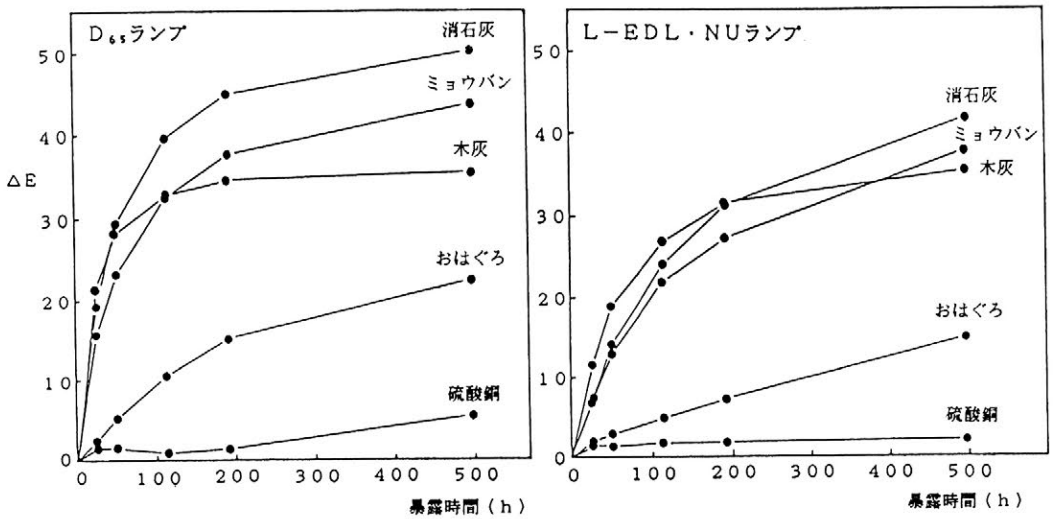


図1．クルクミン染色布の退色

表1．D_{65}ランプとL-EDL·NUランプによる△Eの比較

色素・媒染剤 ＼ 光源		△E		ΔE(L-EDL·NU)/ΔE(D_{65})
		D_{65}	L-EDL·NU	
クルクミン	消石灰	50	42	0．84
	ミョウバン	44	38	0．86
	木灰	35	35	1．00
	おはぐろ	22	15	0．68
クエルセチン	ミョウバン	17	14	0．82
ヘマトキシリン	硫酸銅	14	13	0．93
	木灰	11	10	0．91
平均				0．86

色も△Eは2以下であった。また、両ランプによる差は顕著には認められなかった。

天然色素染色布の退色は、いずれの色素においても媒染剤による退色の順位は同じで、色素による退色の大きさは、クルクミンが他と比べはるかに大きく、次いでクエルセチン＞ヘマトキシリン＞カルミン酸の順で、カルミン酸ではいずれの媒染布にも退色が認められなかった。

クルクミン染色布の退色を図1に示した。退色は媒染剤による差が大きく、消石灰＞ミョウバン＞木灰＞おはぐろ＞硫酸銅の順であった。また、退色の大きかった染色布の両ランプにおける△Eとその比を表1に示した。L-EDL·NUランプによる退色はD_{65}ランプより小さく、L-EDL·NUランプによる変退色防止効果が明確に認められた。防止効果の程度は染料、媒染剤によって異なるが、平均して14%、特にクルクミンのおはぐろ媒染布では32%と最も大きいことが判明した。おはぐろ媒染布は主に黒系統の色に用いられてきたが、含まれる鉄が繊維の劣化を促進するために他の媒染布より傷みが早く、残存する黒色系染織文化財は非常に少ない。今回の結果から、おはぐろ媒染布の変退色に紫外線が大きく関わっていることが判明した。

これらの結果から、染織文化財の展示の際には、美術館・博物館の展示用光源を用いることによって貴重な染織文化財の変退色をかなり抑制することができることがわかった。

1)秋山、河本、森：美術館・博物館の展示用光源と変退色防止効果、照学誌、74(4)、212(1990)

P55

文化財に及ぼす大気汚染の影響と評価（１）
－大気汚染の実態と地域的比較－

○門倉武夫（東京都埋蔵文化財センター）
小野拓士・宇田川滋正・大里美緒・野中克彦
本多美和・二宮修治（東京学芸大学）

１．はじめに

古都鎌倉は、鎌倉時代に幕府がおかれて以来、現在まで多くの寺院が建立され、今なお信仰や観光の地として多くの人が訪れる都市である。その中にあって国宝高徳院阿弥陀如来座像は「長谷の大仏さま」の呼び名で親しまれ、また露座の大仏としても有名である。しかし、近年の「酸性雨」に代表されるような大気汚染による影響が懸念される。屋外環境に長期間曝されてきた鎌倉大仏にどのような影響が表れるのかを調査するためにも、現在における周辺環境の実態を把握することは極めて重要であると考える。本研究は鎌倉の４地点、上野、小金井、京都の計７地点において環境測定を行い、現在における環境の実態を把握することを目的とし、約２年間の継続的な測定を行った。

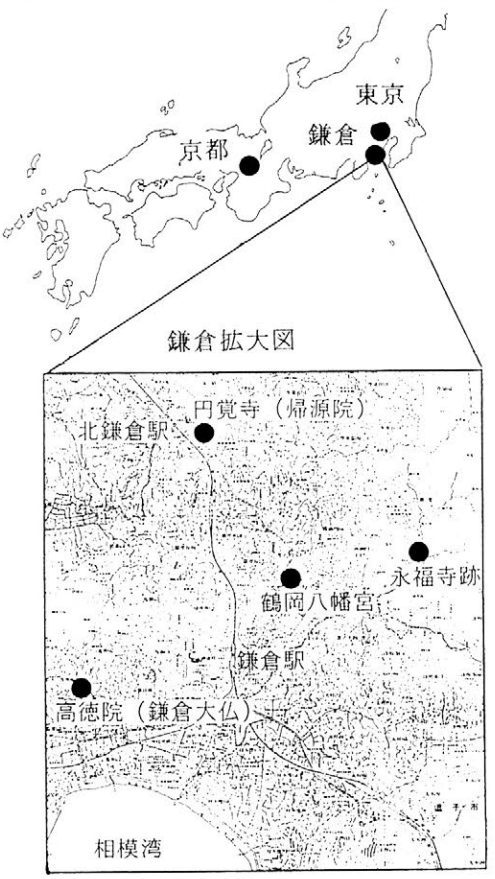


図１　各測定地点図

２．実　　験

測定地点：高徳院屋上(鎌倉大仏)，円覚寺帰源院，　鶴岡八幡宮，永福寺，東京国立文化財研究所屋上，東京学芸大学屋上，京都国立博物館屋上(右図)

測定項目：①降雨水中のCl^-，NO_3^-，SO_4^{2-}，Na^+，NH_4^+，K^+，Mg^{2+}，Ca^{2+}。

②簡易モニターを用いた大気中のNO_2，SO_2　③百葉箱内に取り付けた157cm^{2}のガーゼ捕集器が捕集したもの（ここでは以下ミストとする）の中のCl^-，NO_3^-，SO_4^{2-}，Na^+，NH_4^+，K^+。

測定方法：IC法（横河電機製　IC500）とICP－AES法（セイコー電子工業製SPS－1200A）を用いた（１ヶ月の積算濃度として）。

３．結果および考察

１ヶ月毎の降雨の陰、陽イオンを比較すると、顕著な地域的特徴が認められた。鎌倉では、他の３地点に比べCl^-が多く、それに対応してNa^+も多いという結果が得られた。NO_3^-とSO_4^{2-}については他３地点に比べて京都で少なかったが、同様のことが他のイオンについてもいえる。簡易モニターによる大気中のSO_2（SO_4^{2-}として定量）、NO_2濃度は季節的な変動を受け、NO_2は夏期に少なくなる傾向が認められた。一方、ミスト中のNO_3^-、SO_4^{2-} 濃度は共に夏期に顕著に多くなっている。降雨量の多い月にはミスト中の汚染濃度が高く、降雨量が少ない月にミスト中のNO_3^-、SO_4^{2-} 濃度が少なくなる傾向が認められる。NO_2，SO_2については、その逆が認められる。

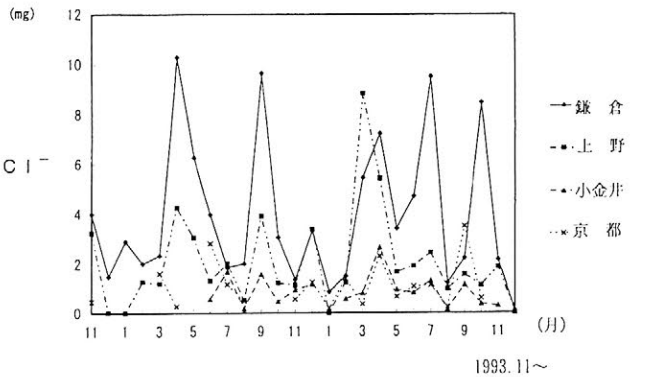


図２　降水中のCl^-の月別変化

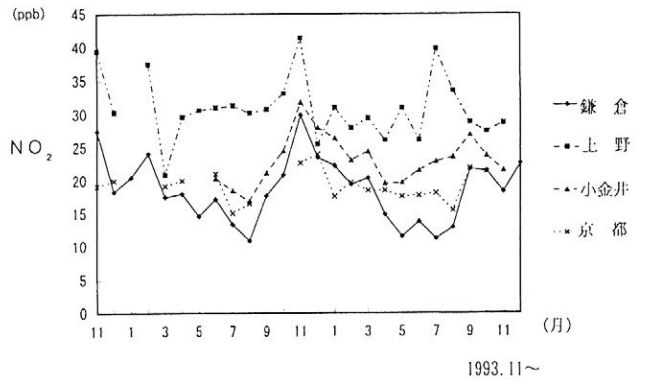


図３　　NO_2の月別変化

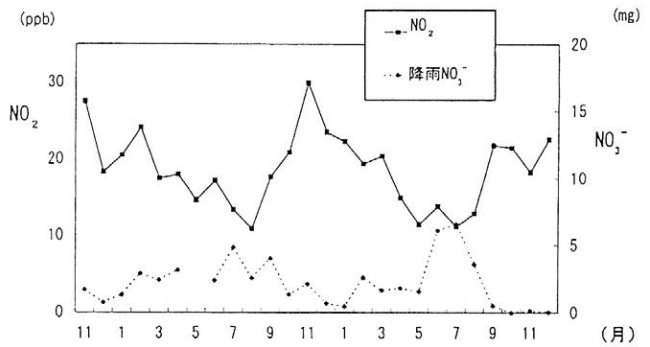


図４　高徳院におけるNO_2と降雨中のNO_3^-

P56

文化財におよぼす大気汚染の影響と評価（２）
－金属板を用いた環境暴露実験－

○小野拓士，宇田川滋正，野中克彦，本多美和
大里美緒，二宮修治（東京学芸大学）
門倉武夫（東京都埋蔵文化財センター）

１．はじめに

鉄や銅、またはその合金は古くから歴史的な装飾品や、屋根の素材として用いられている。それらのものは、屋内のみでなく屋外でも数多く用いられており、近年の大気汚染によっての影響が懸念されている。本研究では、銅板、ブロンズ板、既に表面に錆を生成している銅板を用いてのリーチング試験を行い金属板表面を洗い流した降水の分析をし、金属板が降雨によって、どのような影響を受けるのかという事を目的とした。

２．実　験

雨水採取器のロート内に金属板を南面45°の角度で取り付け（図１）、金属板表面を洗い流した雨水を１ヶ月毎に採取し、ICP-AES法（セイコー電子工業製）でCu^{2+},Pb^{2+},Sn^{2+},Zn^{2+}の各イオンを測定し、これを約20ヶ月間継続した。同時に金属板を取り付けないものも隣接して置き、降水組成についても測定した。実験に用いた金属板は、1908年から約70年間上野表慶館の銅葺き屋根として実際に用いられ表面にBrochantite［$Cu_4SO_4(OH)_6$］を形成している銅板（10×10cm・Cu＞99.8%）と、まだ屋外に曝されていないブロンズ板（4×3cm・JIS-H-5111　Cu 85%, Pb 5%,Zn 5%,Sn 5%）の２種類である。

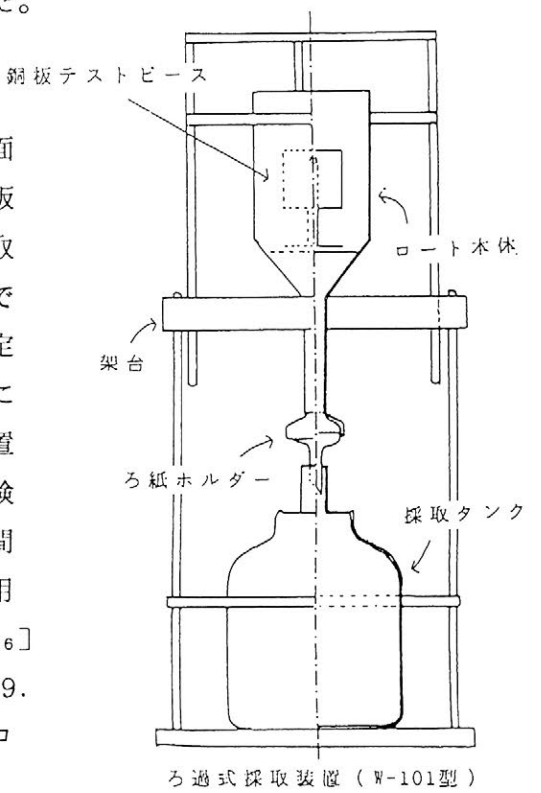


図１　リーチング試験の略図

暴露地点：東京国立文化財研究所屋上（東京都上野公園内），高徳院屋上（神奈川県鎌倉市），東京学芸大学屋上（東京都小金井市）・表慶館の銅屋根の浸出試験に関しては、上野公園内でのみ行った。

3．結果および考察

表慶館の銅葺き屋根板：銅葺き屋根板からの銅の溶出量は、降水中の陰イオン総量と相関が見られた。つまり、大気汚染の原因物質と考えられているNO_3^-，SO_4^{2-}が多いと銅の溶け出す量も多くなった。（図２）

ブロンズ板：表慶館の銅葺き屋根板と同様に銅の溶出量は降水中の陰イオンとの相関が見られた。図３は、沿岸地域である鎌倉でのグラフであるためCl^-の量が多くなっているが、銅の溶出との大きな関係はなさそうである。また、このブロンズ板は、前述で示した組成をしており、実際にはCuが一番多く溶け出している。ここで、その組成比を考慮して（Cuを実際の溶出量の1/17として考える）各元素を比べてみると、暴露初期においては、Pbの溶出量が著しく量的にPb＞Zn＞Cuという順で溶け出していた。しかし、数カ月経過するとPbの溶出量は急に減り、Znの溶出量がPbよりも多くなった。Snに関しては初期段階からほとんど検出されなかった。文化財資料である銅製品は、様々な組成比をしており、それを変えての検討、また、表面の錆の有無といったことも考えての検討が今後、必要であると考える。

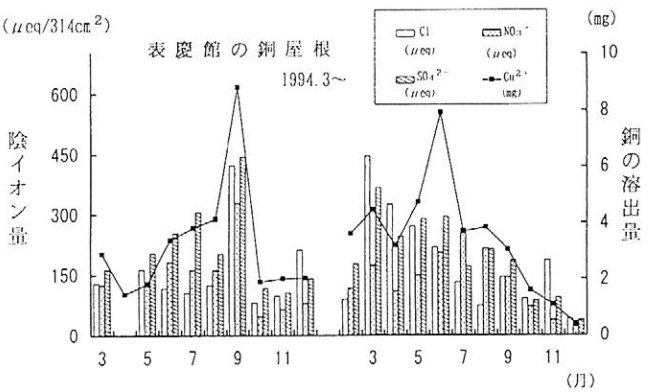


図２　降雨中の陰イオンと銅の溶出量

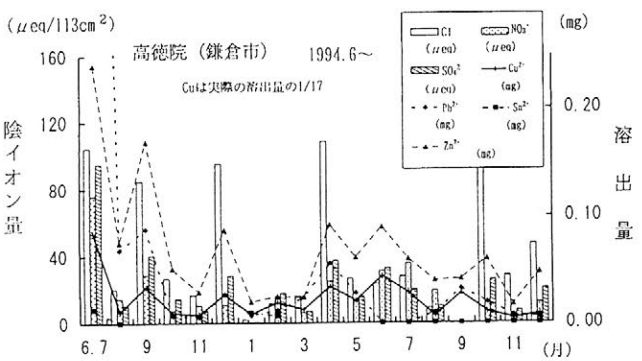


図３　降雨中の陰イオンとブロンズ板の溶出量

P57

文化財に及ぼす大気汚染の影響と評価（３）
－大理石を用いた環境暴露実験－

○宇田川滋正・小野拓士・本多美和・大里美緒
野中克彦・二宮修治（東京学芸大学）
門倉武夫（東京都埋蔵文化財センター）

１．はじめに

大理石は屋外建造物や文化財の材料として古くから用いられ、最近注目されている大気汚染の広がりとともに、その影響が懸念されている。本研究では、この大理石を環境影響評価のテストピースとして用い、直接の降雨による影響だけでなく降雨以外の乾性降下物等にも注目し、、屋内・外環境に分け、暴露実験を行った。その影響度から、大理石に及ぼす大気汚染の影響を明らかにし大気汚染の実態を把握することを試みた。

２．実　　験

大理石（2.0×2.0×0.5cm）を超音波洗浄したのち、屋外暴露(南面45度の暴露台上)と屋内暴露（百葉箱内にビニール紐で吊す）を行った。（図１，図２）

４ヶ月暴露（1994.6～9月）した後、取り外し、20mlの純水中で超音波抽出し、抽出した水をＩＣ法でCl^-，NO_3^-，SO_4^{2-}，Na^+，NH_4^+，K^+を、ICP-AES法によりMg^{2+}，Ca^{2+}を測定した。また暴露前後の重量の変化も測定した。

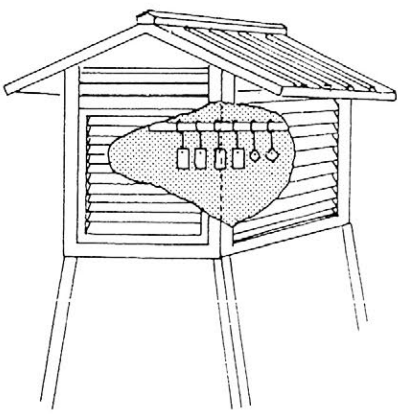


図１　屋外暴露の様子

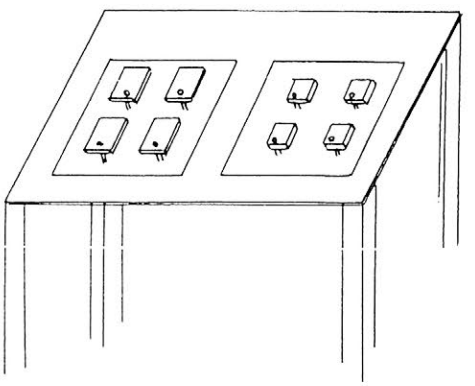


図２　屋内暴露の様子

暴露地点：東京国立文化財研究所屋上，高徳院屋上，東京学芸大学屋上の３地点である。

３．結果および考察

屋外暴露における大理石は地点間、暴露時期による差はあるもののいずれも減量していた。これは大理石($CaCO_3$)が酸に弱いものであり、酸化した雨による溶出と、更に乾性降下物の影響も考えられ、降水中の陰イオンおよびミストの陰イオン量が多いほど減量も大きくなっている。このことにより、大理石の減量には酸による溶解のみならず大気汚染の原因物質であるNO_3^-，SO_4^{2-}の付着による水溶性物質の生成も大きく関係していることが考えられる。また、屋外に暴露した大理石の減量と、同時期に屋内暴露した大理石から抽出したSO_4^{2-}量を比較するとSO_4^{2-}量が多いほど大理石の減量量が多い。このことより、汚染物質であるSO_4^{2-}量が大理石に及ぼす影響は大きいと考えることができる。よって、屋外大理石へ与える影響、また、大気汚染の現状を把握するという観点から、大理石の屋内外における暴露実験からの両面での検討は有効であると考えられる。

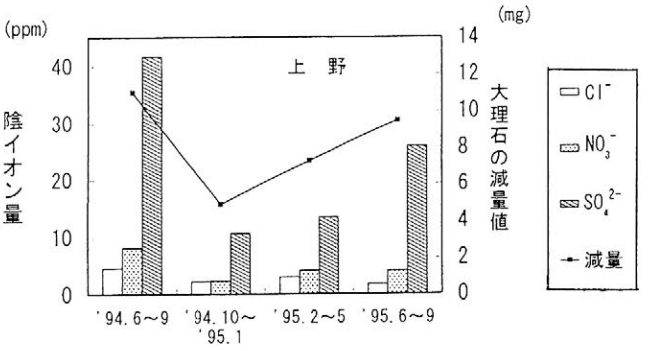


図３　大理石(OUT)の減量と大理石(IN)に付着した陰イオン量

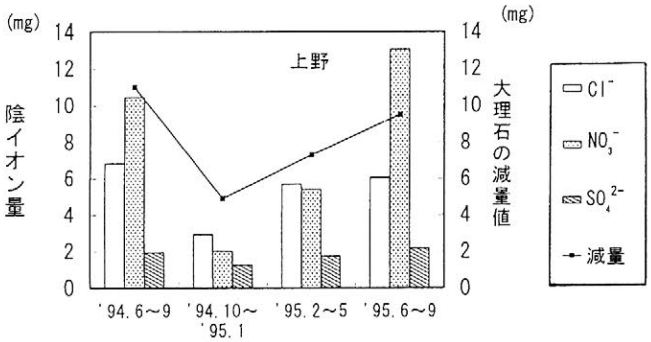


図４　大理石(OUT)の減量とミスト中の陰イオン量

P58

湿度調節器・空気清浄機付き移動棚についての実験的考察

○門倉武夫（東京都埋蔵文化財センター）
岩原正宜（熊本工業大学）
宮崎邦雄（金剛株式会社）

１．はじめに

貴重な文化財を安全に保存するため，悪影響をおよぼす要因を排除した保存環境の確保が重要である．収蔵庫等で多くの文書を含む歴史資料の保存に収納棚，保存箱が使用され資料の整理が行われている．しかし，これらは必ずしも空調完備の環境にあるとは限らず，しばしば黴害や虫害，粉じん（ほこり）などにより汚損されていることが少なくない．　本研究は，文書等の収納庫における環境管理に注目し，収納棚と調湿装置，微粒粉じん除去フィルターの組み合わせにより収納棚内部空気の清浄化について検討し，成果を得たので報告する．

２．実験方法

書籍などの整理に用いられている移動棚の特殊性であるスペースセービング機能を生かし，これを環境条件の調節可能な移動棚（図１）として実験的考察を行なった．

実験の概要：移動棚に乾式除湿装置を取り付け，下部台枠部のダクトから調湿空気を放出して棚内温湿度の均一化を計り，庫内に浮遊する黴胞子，細菌，粉じんなどの微粒子を上部排気部に設置した電子フィルターにより除去し，清浄空気を再び調湿装置に導き再吸入する．これを繰り返すシステムとして次の４項について実験的考察を行なった．

Ａ：調湿装置付き開放棚．
Ｂ：調湿装置付き簡易閉鎖棚．
Ｃ：開放棚．
Ｄ：簡易閉鎖棚．

各実験棚は，間口：９００ｍｍ，奥行き：４５０ｍｍ，高さ：６００ｍｍの同型もので，段数はいずれも４段を備えている（図２）．

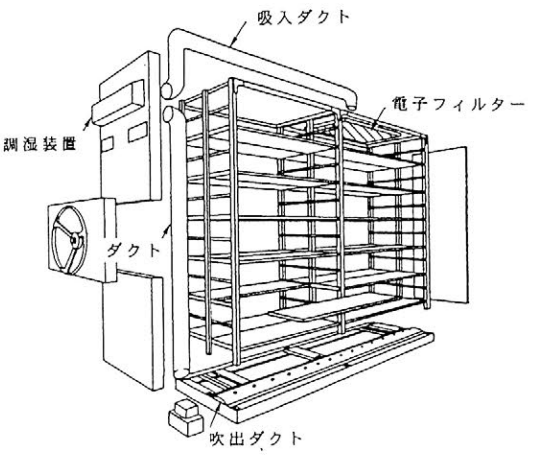


図１．除湿装置，空気清浄器付移動棚

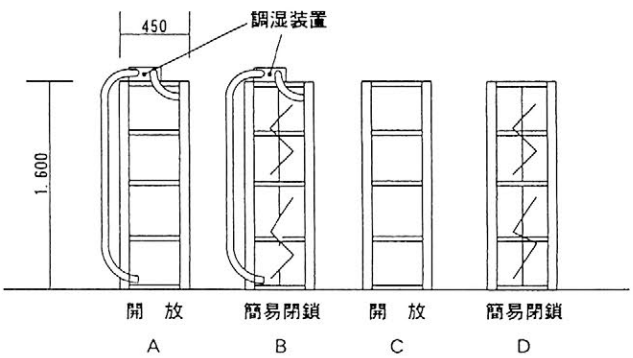


図２．実験棚の側面図（４種）

３．実験項目

ａ：調湿装置付き開放棚の環境評価（Ａ，Ｃ），

ｂ：調湿装置付き簡易閉鎖棚の環境評価（Ｂ，Ｄ）．
ｃ：調湿装置付き開放棚および簡易閉鎖棚の環境評価（Ａ，Ｂ）上記ａ～ｃの組み合わせでそれぞれの実験棚の１～４段における温湿度変化および乾性黴などの生育度についての追跡実験．およびｄ：電子フィルターの性能評価試験－室内空気および電子フィルター通過空気を微生物検出用培地に吹き付け，２５度で培養後，微生物のコロニー数を比較した．

４．実験結果

一連の実験結果から次のような所見が得られた．ａ．調湿装置を使用することにより開放型，閉鎖型で除湿効果が確認された．ｂ．調湿装置付き簡易閉鎖型の場合、対流による棚内空気の収束効果が内部を均一化かつ安定した湿度環境の維持に重要な要因であった（図３）．

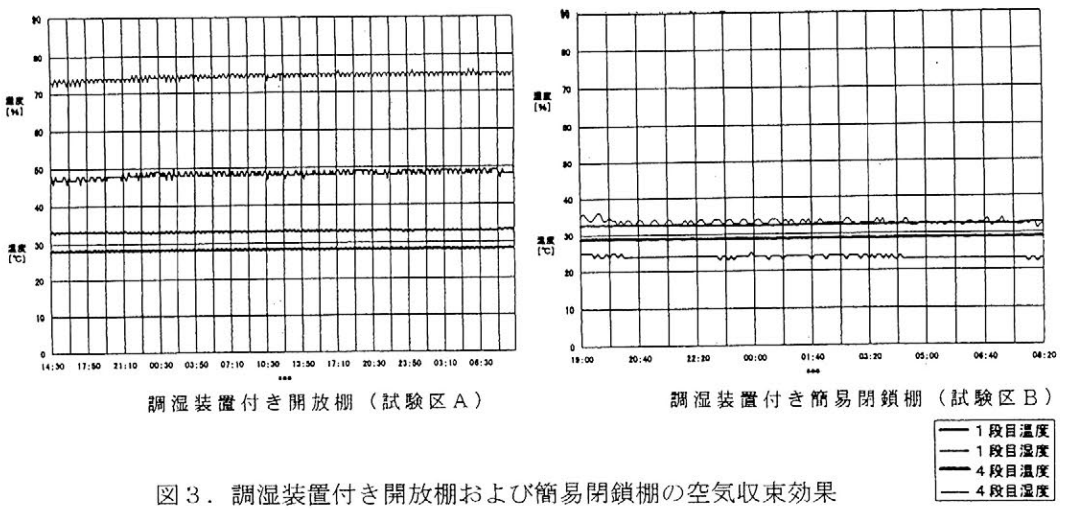


図３．調湿装置付き開放棚および簡易閉鎖棚の空気収束効果

ｃ．黴の発育速度に関して，調湿装置を使用し庫内相対湿度を長期間低湿度に保つことによる黴の育成を著しく抑制することができた．ｄ．空気清浄機（電子フィルター）の採用は，除菌，特に黴の除去に顕著な効果が認められた（表１）．

表１．電子フィルター特性評価表

空気暴露時間 [min]	試　験　区	微生物のコロニー数［個］※		
		黴	細　菌	合　計
5	電子フィルター	1	1	2
	対照フィルター	1	3	4
３０	電子フィルター	0	2	2
	対照フィルター	3	4	7

※φ９０ｍｍシャーレ１枚当たり

５．考察

以上の実験結果から，調湿装置および電子フィルターを組み合わせた本システムの採用により収納棚内環境を長期間安定に保持することが可能と考えらる．この実験結果は，歴史資料，文書の保存管理における生物劣化等による汚損を防除する方法として期待される．

P59

文化財科学研究史の一側面 ―― DavyとJewett

大沢眞澄　（昭和女子大学・文学部）

１９世紀初期英国の高名な科学者Ｈ．デービー（1778－1829）は、Ｓ．Ｔ．コールリッジらとも交流の深いユニークな天才的人物として知られているが、古代顔料の分析や焼結炭化したパピルスの化学処理の研究も行っている。王立研究所教授、王立協会会長を歴任、亜酸化窒素ガス（笑気）の麻酔作用の発見、カリウム・ナトリウムの融解塩電解法による発見、それに次ぐバリウム・ストロンチウム・カルシウム・マグネシウムの発見、塩素の元素性、炭鉱用安全燈の発明、火山の研究など著名である。

1813年10月～1815年４月、ファラデーを伴って第１回大陸旅行を行い、パリでヨウ素の研究、フローレンスでダイヤモンドの燃焼実験、ローマ（２回）、ナポリやベスビアス火山を訪れている。第２回の旅行は1818年５月から1820年６月まで。

古代ローマ顔料の研究は「Some experiments and observations on the colours used in painting by the ancients」Phil. Trans. [105] : 97－124 (1815) に述べられている。（『The collected works of Sir Humphry Davy, Bart.』 Vol. Ⅶ, Ed. J. Davy, 1840 ; 1972復刻版）。古代ローマのティトゥス帝の大浴場・宮殿、リビアの浴場やポンペイの遺跡などから発見された顔料について分析的研究を行っている。直接採取した場合もある。テオフラストス、ディオスコリデス、ヴィトルヴィウス、プリニウスの記述にもふれ参考とし、1809年Ｍ．シャプタルによるポンペイの７種の顔料分析は不十分なものとしている。

赤色顔料（朱、鉛丹、レッドオーカー）、黄色（イェローオーカー、密陀僧、雄黄・石黄）、青色（エジプトブルー）、緑色（銅化合物）、紫色（非鉱物性顔料）、黒・褐色（炭素、オーカー）、白色（チョーク、粘土）など各試料の材質を知るために詳細な化学反応を検討している。当時は系統的な定性分析法は確立されておらず、個別的な検査が多くみられるが、岩石の分析法も基本とされていたようである（考古化学の開拓者Ｍ．Ｈ．クラプロートによる方法など）。

デービーはまた、紀元７９年８月２４日のベスビアス火山の大噴火によりポンペイとともに埋没した、ヘルクラネウム（高熱の火山泥流）から発見された大量の炭化したパピルスの巻物を開くことを試みた（「Some observations and experiments on the papyri found in the ruins of Herculaneum」 Phil. Trans. [111] : 191－208 (1821) ; Collected works, Vol. Ⅵ ）。このような処理には化学が有力な手段となることを確信して、英国での予備実験（1818）ののち、ナポリ博物館での実験などが述べられている。塩素ガス、ヨウ素、アルコール、エーテル、酸類などを用いている（図参照）。

一方、わが国における土器顔料の研究は大森貝塚出土品赤色顔料に対するジュウェットの分析に始まる。モースの『大森貝塚』（1879；近藤・佐原編訳、岩波文庫）の序文に〝一連の化学分析をしていただいたＦ．Ｆ．ジューエット教授にも感謝の意を表する〟とあり、本文中、土器の項に〝硫化水銀で塗彩した土器が数個ある。……これらについては、図版解説でのべる。〟と記されている。図版解説では硫化水銀が、図版１の図７、図版３図５、図版６図５、８、１２、図版１０図１２に、酸化第２鉄が図版１図２に（『日本その日その日』２（石川欣一訳、東洋文庫）には「鮮紅な辰砂の跡」とある）、図版２図７に内面に顔料らしいもの固着とある。

ジュウェット（Frank Fanning Jewett, 1844－1925）は米国人、エール大学でＡ．Ｂ．、Ａ．Ｍ．、ドイツ・ゲッチンゲン大学のＦ．ヴェーラー（尿素の発見で著名）の下に

留学（1874－75）。1877年１月から1880年７月まで東京開成学校・東京大学で普通及び分析化学教授をつとめた。帰国後オーベリン大学化学科主任教授となる。電解法でアルミニウムの工業的製法を見出したM.ホールに多大の影響を与えたことで知られる。なお、ヴェーラー門下のH.リッテル、W.S.クラークもわが国の近代科学受容に大なる貢献をなしている。

当時の東京開成学校化学本科では（1876）、第１学年に分析化学（検質分析実験及定量分析大意）、第２学年に分析化学（定量分析）、第３学年に分析化学（定量分析及試金）の科目がある（1877年東京大学理学部化学科となる）。ジュウェットも1877年12月４日の申報で、化学三年生は既に検質化学の教えをうけ、紛錯したる物質の混和物を迅速に試験できるようになっていると報告している。ただし、実験室は甚狭小で、器機中其用に適せず甚不便なる者少なからずともいっている。

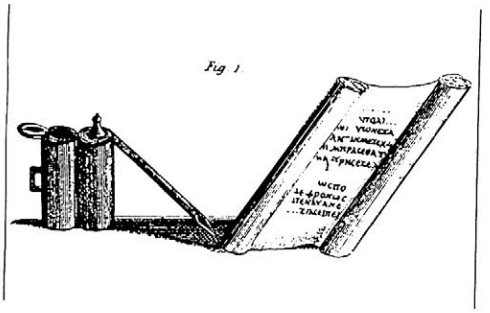
分析化学用のものとして、アルコールランプ、フラスコ、試験管、ビーカー、試薬ビン、デシケータ、化学天秤（２種）、試金天秤、ビューレット、ピペット、白金ルツボ・皿、ガス分析装置、試金用マッフル炉などが挙げられており、分光器（屈折、回折用）もある（1875、『Calendar of the TOKIO KAISEI-GAKKO』）。

テキストとしてはC.R.フレゼニウスの定性、定量分析書（英訳本）やソープらの本が用いられていた。系統的定性分析の分族例を表に示す。硫化水素を用いるブンゼンの流れによる方法である（『Qualitative chemical analysis and laboratory practice』T.E.Thorpe,M.M.Pattison Muir,1878）。

ジュウェットが赤色顔料の分析に如何なる方法を用いたのかは不明である。系統的定性分析か、あるいは定量的方法を適用したのか、それとも水銀・鉄両者の区分のみを個別の確認反応でみたのか、吹管もしくは分光器を用いた可能性はどうであろうか。高松豊吉の『On Japanese pigments』（1878）や、吉田彦六郎による陸平貝塚出土品の分析（酸化第二鉄、1883）なども考慮すべき課題であろう。

金属の系統的定性分析（1878）

グループ	分族試薬	所属する金属
Ⅰ	塩酸	銀、鉛、水銀（Ⅰ）
Ⅱ	硫化水素	水銀(Ⅱ)、鉛、ビスマス、銅、 カドミウム、ヒ素、アンチモン、スズ
Ⅲ	アンモニア 塩化アンモニウム	鉄、アルミニウム、クロム、 （マンガン）
Ⅳ	硫化アンモニウム	ニッケル、コバルト、亜鉛、マンガン
Ⅴ	炭酸アンモニウム	バリウム、ストロンチウム、 カルシウム



部分的に開いたバビルスの例。
左は古代のインクスタンドと
筆記用のアシ（J.Davy）

P60

経験としての「知」と科学としての「知」

－民族誌と自然科学をつなぐ物質文化研究の理論的アプローチ－

○ 山内利秋（東京芸術大学）
小林正史（北陸学院短期大学）

本発表は仮説検証法としてのエスノアーケオロジーの研究を踏まえ、物質文化の自然科学的研究への応用と理論形成を目標とする。

自然科学的研究手法とその成果が、現在までの考古学研究に新しい視野を広げてきた事は否定できない。分析手法あるいは分析機器の飛躍的な発展は、データを可能な限り厳密に、そして客観性の高い数値として提示した。

だが、こうして得られた結果を駆使して過去の社会を復元する、ないしは仮説化するにあたっては、分析結果とはあくまでも異なったレベルの問題である上位理論形成への解釈・検証モデルが必要である。この観点は動物遺存体の研究においては重視されているものの、化学・物理的手法を重視した分野からは余り着目されていない。

近年の、特に文献資料を有しない先史考古学の分野においては、日本でもエスノアーケオロジーと呼ばれる分野がようやく注目されてきた。エスノアーケオロジー（民族考古学・土俗考古学）とは、ごく簡単に述べるのならば、考古学的経験則から導き出されたパターンを解釈し、仮説を形成する上で、その解釈が本当に妥当かどうかを検証する論理プロセス上での中位の理論の一つとしての民族誌的類推法である（安斎1995）（図１）。我が国では渡辺仁による先駆的な研究があるものの（Watanabe1972他）、その成果は考古学研究者の間では長く度外視されてきた。

発表者である小林は、ネイティブ・アメリカンのプエブロ族、フィリピンのカリンガ族の土器作りや、土器の機能的側面に関する一連の調査研究を行っている（小林1993ab・1994ab）。また、山内も、安斎・佐藤宏之らのマタギの狩猟活動に関する調査（安斎・佐藤1996）に参加している。

ところで、民族誌のデータは物質文化資料を自然科学的な研究（この場合、特に化学、物理的手法を指す）からアプローチする際に興味深い視点を与えてくれる。

小林は古墳時代後期の土器に付着した脂肪酸を分析するに当たって、原生の農耕民であるカリンガ族が煮沸用に利用する土器の利用状況を参考にしている（坂井・小林1994、小林・坂井1995）。そしてそこで注目できるのは、試料のサンプリングに当たって妥当なサンプリングとは何か、また、分析から得られたデータを解釈ないしは仮説を設定する為に参考となるモデルとは何かを問う点である。この根底には、民族誌の通文化的比較から得られた物質文化資料の機能的側面に関する普遍的特性が存在する。

民族誌と自然科学的研究を複合させた研究は、特に土器研究にはある。ディーン．E．アーノルドは世界各地の民族誌から、集落と粘土採掘地点との距離、立地等を纏め、これをモデル化している(Arnold1985)。またアンデス地方のクイヌワ村における研究では、X線回折により、土器の鉱物組成と実際の民族事例にみる生地の使い分けとを比較している（Arnold1993）。

民族事例が同様の観点に位置する製作・復元実験に勝るのは、考古資料とのコンテクス

トにより近いという点である。

このように民族誌を自然科学的分析手法と併用するにあたっては、次の論理プロセスが必要とされる（図２）。

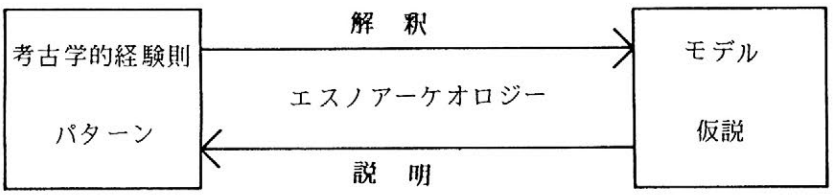


図１エスノアーケオロジーの弁証法（安斎1995 改変）

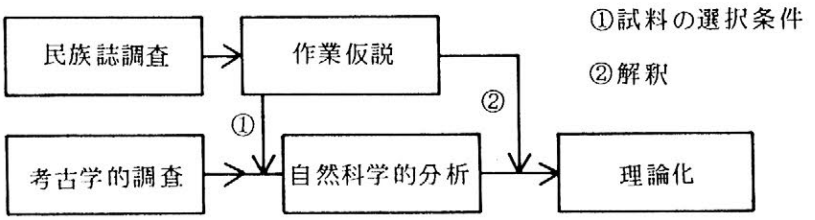


図２エスノアーケオロジーと自然科学的分析との論理的関係

参考文献

安斎正人：1995「エスノアーケオロジー入門」『物質文化』59

安斎正人・佐藤宏之：1996「アキビラの空間構造－岩手県沢内村での罠猟の調査－」『先史考古学論集』５

小林正史：1993a「カリンガ土器の製作技術」『北陸古代土器研究』３

1993b「稲作文化圏の伝統的土器作り技術」『古代文化』45-11

1994a「稲作農耕民とトウモロコシ農耕民の煮沸用土器：民族考古学による通文化比較」『北陸古代土器研究』４

1994b「プエブロ・インディアンの伝統的調理方法の変化」『日本民族学会第28回研究大会　研究発表抄録』

小林正史・坂井良輔：1995「土師器の脂肪酸分析」『東京都新宿区上落合二丁目遺跡』新宿区上落合二丁目遺跡調査団

坂井良輔・小林正史：1994「炭化物と脂肪酸からみた高田馬場三丁目遺跡の煮沸用土器の使い方」『東京都新宿区高田馬場三丁目遺跡』新宿区遺跡調査会

英文参考文献

Arnold.D.E：1985 Ceramic theory and cultural process. Cambridge University press

1993 Ecology and ceramic production in an Andean Community. Cambridge University press

Watanabe.H：1972 The Ainu ecosystem:environment and Group Structure. University of Tokyo press

P61

PIXE法による古文書片の微量元素分析

河野益近(京大工)、吉田紘二(京大工)、森谷公一(京大工)、法澤恵造(京大工)、内藤正裕(京大工)、北尾啓和(京大工)、江南和幸(龍谷大理工)、前田英史(龍谷大理工)、笠島聖(龍谷大理工)、田中利生(龍谷大図書館)、富沢威(慶大文)

1. はじめに

文化財は歴史学上貴重であるというだけではなく、芸術的にも優れたものが多い。これらの貴重な資料を科学的に分析するに際して、資料を傷めないことが要求される。しかし、科学的手法で分析する限り何等かのダメージを資料に与える。従って文化財を分析することによって得られる知識とそれを分析する手法によって文化財が受けるダメージとを比較検討した上で分析を行うかどうかを決める必要がある。高エネルギー粒子を用いるPIXE法では、荷電粒子がエネルギーを失うことにより局所的に発熱し[1,2]資料を傷める可能性が高いため、古文書等を分析する場合には特に注意する必要がある。

我々は、古文書の元素分析をすることにより、紙の産地や古文書の真贋さらにはそれら文書に加筆・訂正があるかどうかなどに関する新たな情報を得ようと試みている。しかし、PIXE法による分析では現在のところ古文書の破損が予想されるので、破損を前提とはするが極僅かな試料（一辺が数mm程度の紙片）ですむ分析技術の確立を試みている。そのための予備実験として、紙片の処理方法及び微小試料に含まれる微量元素分析を行っている。ここでは、和紙に含まれる微量元素について報告する。また最近、大谷探検隊が敦煌より持ち帰った仏典がCD-ROM化される際に脱落した古文書片を分析をする機会を得たので、その結果についても報告する

2. 試料

2-1. 現代和紙（越前画箋紙）とその表面に墨・朱墨を付けたもの
2-2. 江戸末期に製本された漢字辞書に使われている和紙
2-3. 敦煌出土仏典から脱落した紙片（仏典は龍谷大学所蔵）

3. 測定方法

測定には、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・グラーフ型加速器を用いた。加速粒子は2MeVのH+である。紙試料の一部については大電流の照射を考えて、数Torrの真空中400℃で炭化処理した。紙試料は高純度のカーボンに導電性接着剤で貼りつけて測定試料とした。カーボンの板には照射粒子による制動放射をおさえるために、紙試料の大きさにあわせた穴が空けてある。これらの測定試料は、真空チェンバー内の専用ホルダーに取り付け、10E-06 Torr程度の真空中で測定を行った。今後は、資料のダメージを考慮した上で、PIXE法により古文書を直接測定できる

ような測定系[例えば3,4,5]を考える必要がある。

4. 測定結果

図１に現代和紙とその和紙の上に墨・朱墨を付けた試料のＸ線スペクトルを、また図２には現代和紙、江戸末期の紙、敦煌出土仏典のそれぞれ白紙部分のＸ線スペクトルが示してある。

図１は、PIXE 法を使えば、和紙の上に書かれた文字や絵画に使われている墨の特徴を調べることができることを示している。このことは、古文書の真贋や加筆・訂正に関する新たな情報を得る可能性を秘めている。図２は、古い紙からはさまざまな元素が検出され、当時の紙製造技術の一端を見ることができる。古い時代の紙からは Pb が検出される。このことから、江戸末期の紙については墨の付いた古紙を再生した紙（宿紙とよばれる）であると考えることもできるが、敦煌出土の仏典については、長期保存による汚染（紙表面での墨の拡散・経筒からの汚染[6]）、紙表面へのコーティング等の可能性もあり、今後検討を要する点である。

Fig.1 Modern Japanese Paper and Ink on

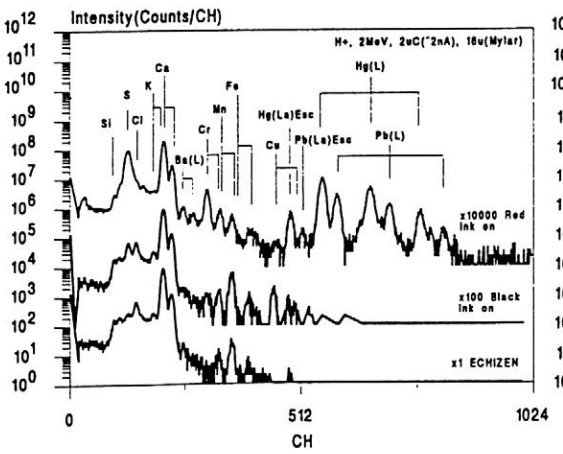
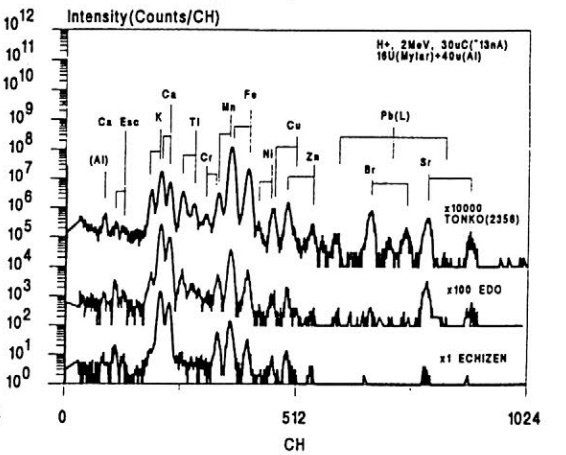


Fig.2 Papers



参考文献

[1] CONTROR OF TEMPERATURE IN THIN SAMPLES DURING BEAM ANALYSIS, T.A.CAHILL, D.W.McCOLM and B.H.KUSKO, Nucl. Instrum. and Meth. B14(1986)38-44.

[2] CENTRAL TEMPERATURE OF CONVECTIVELY COLLED THIN TARGETS DURING ION BEAM ANALYSIS, D.W.McCOLM and T.A.CAHILL, Nucl. Instrum. and Meth. B51(1990)196-197.

[3] ANALYSES OF INKS AND PAPERS IN HISTORICAL DOCUMENTS THROUGH EXTERNAL BEAM PIXE TECHNIQUES, T.A.CAHILL, B.KUSKO and R.N.SCHWAB, Nucl. Instrum. and Meth. 181(1981)205-208.

[4] PIXE Analysis under Non-Vacuum Operation, Y.Sasa, K.Maeda and M.Uda, PIKEN Accelerator Progress Report, Vol.24, p.127 (1990).

[5] A METHODOLOGICAL TEST OF EXTERNAL BEAM PIXE ABALYSIS ON INKS OF ANCIENT MANUSCRIPTS, R.CAMBRIA, P.D.CARMINE, M.GRANGE, F.LUCARELLI and P.A.Mando, Nucl. Instrum. and Meth. B75(1993)488-492.

[6] X-RAY SPECTROSCOPIC ANALYSIS ON SUTRA EXCAVATED FROM SEBURIYAMA-KYOZUKA, Res. Report on Excavated Treasures of Seburi-mura, Ed. by Educational Committee of Seburi-mura, SAGA-Pref., 2, 19(1990), (in Japanese).

P62

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(京大工)、吉田紘二(京大工)、森谷公一(京大工)、法澤恵造(京大工)、内藤正裕(京大工)、北尾啓和(京大工)、江南和幸(龍谷大理工)、前田英史(龍谷大理工)、笠島聖(龍谷大理工)、田中利生(龍谷大図書館)、富沢威(慶大文)

1. はじめに

1970年代に、加速器を用いて極微量の元素を分析する手法が Johansson らによって考案・開発され[1,2]、現在では歴史学・考古学・芸術学などの分野でもその技術が応用されている。例えば、古文書に使用されたインクに含まれる微量元素を分析することにより、Gutenberg が印刷機を発明した当時の技術水準を考察したり[3,4]、記述年の不明な Galileo の文書を時系列に沿って整理する試み[5]等がなされている。

機械印刷技術が伝わるまでは、東洋では、主として墨が文書等の記録に用いられていた。墨については例えば Winter の研究[6]があるが、墨に含まれる微量な元素の分析は行われていない。Sasa らは、PIXE法によって仏典に書かれている文字に使用されている墨の微量元素分析を行い、特に仏典の朱については、HgS2 と Fe203 の二種類があることを実証している[7]。

古文書に含まれる微量元素を分析することにより、その文書の真贋、加筆・訂正の有無、記録作成年代等に関する新たな情報を得る可能性がある。我々は、古文書に含まれる微量元素分析の前段階として、筆記具としての墨及び朱墨をPIXE法を用いて非破壊分析を行い墨の特徴を調べた。さらに参考のために黒の油絵の具の元素分析も同時に行ったので、これらの測定結果について報告する。

2. 試料

2-1. 墨. . . ：中国明代（1368-1644年）と推定される墨が一種類。この墨は獅子頭のついた円柱上のもので、硬く、表面はひび割れている。中国清代（1646-1912年）の墨が二種類。この墨の一つは八角形、もう一つは長方形の板状である。その他、国産の現代（1950年代頃）の墨が三種類（玄之又玄、古梅園２つ星、古梅園６つ星）。

2-2. 朱墨. . ：中国清代の朱墨が一種類。

2-3. 油絵の具：一般的なホルベインの黒（1960年代頃）が一種類。

3. 測定方法

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・グラーフ型加速器を用い、2MeV にまで加速した H+ を測定試料に照射する。そしてその際に発生する特性X線を 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う。

中国産の墨はそのまま真空チェンバー内に設置し、墨を擦ってある面（アルコールで洗浄済み）に 2MeV の H+ を照射して非破壊測定を行った。国内産の墨は、破砕し、破砕した汚染の無い面（3x3mm程度）を測定した。

この測定系では、ビーム・スポットを 0.5x0.5mm 程度にまで小さくすることができるので、より小さい試料の測定も可能であるが、今回は 1.0x2.0mm 程度の大きさで測定を行った。また、ビーム電流は 1～3nA である。測定対象とする元素によって、検

出器の前に 16 μのマイラ、あるいはさらに 40 μのアルミニウム遮蔽膜を挿入した。

4. 測定結果

図１に中国産の墨のＸ線スペクトルを、また図２には国産の墨のＸ線スペクトルの一例を示す。この二つの図から、墨によってそれぞれ得られたＸ線のスペクトルが異なっている。このことはすなわち墨に含まれる微量元素の成分比がそれぞれ異なっていることを示している。中国清代の墨（八角形）と国産の墨（古梅園６つ星）には Cr, Cu, Zn が多く含まれているという特徴がある。朱墨には朱に特有な Hg の他に、Cr, Mo, Ba, Pb などの元素が含まれており、硫化水銀を混ぜて朱墨を作る際に混入した鉱物起源のものであると考えられる。また参考のために測定した油絵の具（ホルベインの黒）は、墨とは異なった元素比を示している。

このように墨によって、それらに含まれる微量元素の成分比が異なるという事実は、今後の古文書に書かれた文字の墨の分析が、それら古文書に関する重要な情報を与えることを示唆している。

Fig.1 Chinese Ink Sticks in China

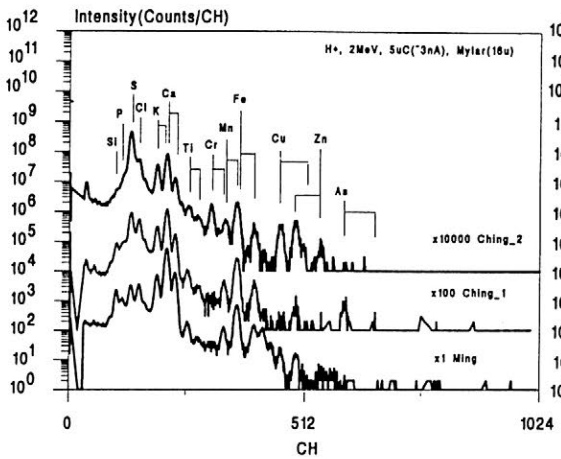
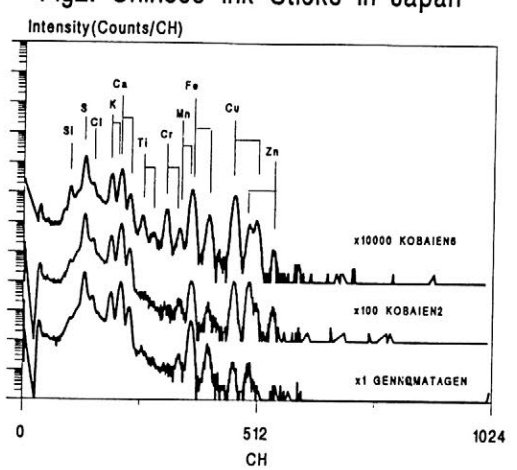


Fig2. Chinese Ink Sticks in Japan



参考文献

[1] X-RAY ANALYSIS: ELEMENTAL TRACE ANALYSIS AT THE 10E-12g LEVEL, T. B. JOHANSSON, R. AKSELSSON and S. A. E. JOHANSSON, Nucl. Instrum. and Meth. 84(1970)141-143.

[2] ANALYTICAL APPLICATION OF PARTICLE INDUCED X-RAY EMISSION, Sven A. E. JOHANSSON and Thomas B. JOHANSSON, Nucl. Instrum. and Meth. 137(1976)473-516.

[3] PROTON MILLIPROBE ANALYSES OF THE GUTENBERG BIBLE, N. H. KUSKO, T. A. CAHILL, R. A. ELDRED and R. N. SCHWAB, Nucl. Instrum. and Meth. B3(1984)689-694.

[4] HISTORICAL ANALYSES BY PIXE, B. H. KUSKO and R. N. SCHWAB, Nucl. Instrum. and Meth. B22(1987)401-406.

[5] Galileo's writings: chronology by PIXE, L. Giuntini, F. Lucarelli, P. A. Mando, W. Hooper and P. H. Barker, Nucl. Instrum. and Meth. B95(1995)389-392.

[6] Preliminary Investigations on Chinese Ink Far Eastern Paintings, J. WINTER, Archaeological chemistry(Advances in Chemistry Series, 138), pp. 207-225, ISBN 0-8412-0211-7 (1974).

[7] PIXE Analysis under Non-Vacuum Operation, Y. Sasa, K. Maeda and M. Uda, RIKEN Accelerator Progress Report, Vol. 24, p. 127(1990).

P63

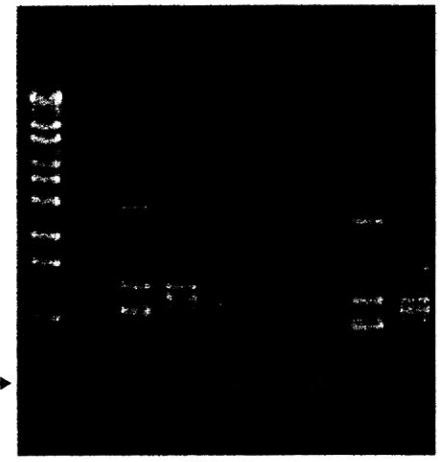
稲のインディカとジャポニカの起源に関するレビュー

佐藤洋一郎（静岡大学農学部）

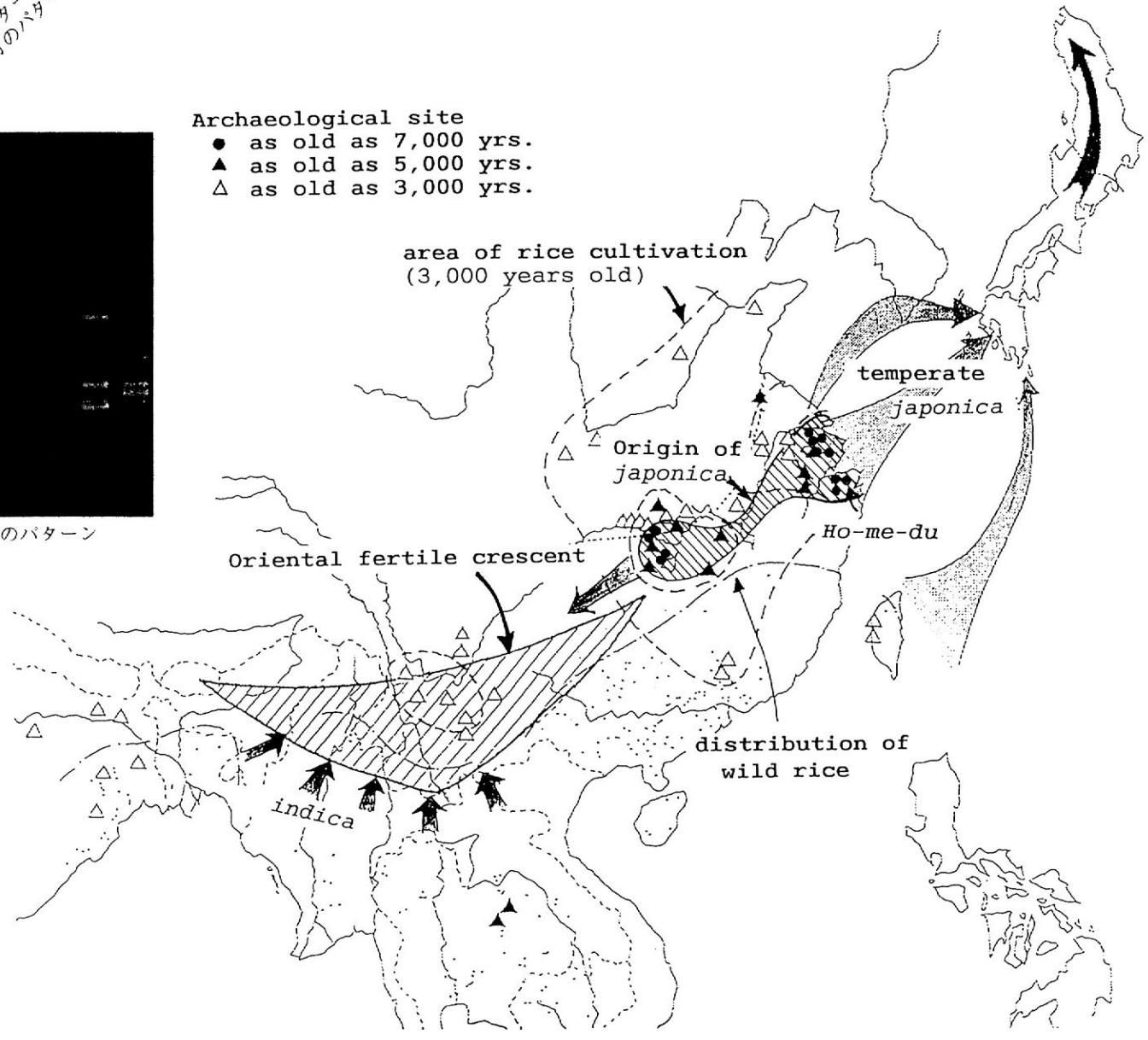
稲（学名：*Oryza sativa* Linn.)は，アッサムー雲南地方で一つの祖先*O. rufipogon*から起源したと考えられてきた．この説に従えば，中国の華北・華中，朝鮮，日本の人々は，ジャポニカを選択してきたことになる．しかし最近の中国の考古学のデータによると，中国の稲作は長江中，下流域で一番早く始まっている．上流にあたる雲南はむしろ稲作の後発地域である．稲の祖先に当たる*O. rufipogon*は長江の中，下流には現存しないが，河姆渡遺跡の炭化米の数パーセントは野生稲の種子である．これらの事実から，稲の起源地は雲南一帯ではなく長江の中，下流域にあることはほぼ確かである．稲はここで生まれ，おそらく数千年のうちに中国の全土に広がった．

一方，熱帯には長江流域に匹敵するような古い考古遺跡は見つかっていない．発掘の作業が遅れているということもあろうが，熱帯にはそんなに古くから栽培を始めなければならない必然性がなかったためとも考えられる．熱帯は生態的には豊かな場所であり，栽培に頼らなくとも生活ができたと思われる．

DNA解析の結果，野生稲にはインディカ型とジャポニカ型が分化していることがわかった．つまり，インディカ，ジャポニカの分化は稲の栽培が始まる前から生じていたことになる．すると，長江流域で生まれた稲がインディカであったかジャポニカであったかについて議論が起きるが，出土米のDNA分析およびプラントオパール分析の結果によると，それはジャポニカであった可能性が高い．長江中，下流域ではジャポニカが発祥したと考えたい（長江ジャポニカ起源説，佐藤，1992）．インディカの起源についてはまだ不明のことが多いが，もう一つの祖先型野生種*O. nivara*と，ジャポニカ型栽培稲との雑種である可能性が濃厚である．


断片の大きさを示す
スケール
ジャポニカのパターン
インディカのパターン

炭化米のパターン


Archaeological site
● as old as 7,000 yrs.
▲ as old as 5,000 yrs.
△ as old as 3,000 yrs.
area of rice cultivation
(3,000 years old)
temperate
japonica
Origin of
japonica
Ho-me-du
Oriental fertile crescent
distribution of
wild rice
indica

P64

寛治元年(1087)銘経筒の検討

西山要一（奈良大学）

1 はじめに

ここに取り上げる経筒は、個人所蔵、出土地不明の青銅鋳造製で、直径11.5cm、高さ29.5cm、器壁の厚さ0.2cm を計る。蓋は失われている。経筒底縁部の黄色がかった赤銅色の金属地金部分を除いて、経筒全面に緑、青、赤の錆とやや艶のある黒灰色の錆に覆われている。筒身には4行にわたる銘文が陽鋳されているものの、緑青錆に覆われていて、判読できない。筒身底は上げ底になっていて、底面には複弁蓮華文が陽鋳されている（図1）。

1987年、西山が開発した展開X選写真撮影装置による調査の結果、筒身に陽鋳された銘文は「右奉加之志爲六道衆生成佛得道各道俗男女所奉加如右　寛治元年丁卯八月五日　勸進安常　鑄師僧安度」であることが確認された。この銘文は、京都府八幡市鳩ケ峯出土の永久四年(1116)銘銅経筒に刻された「大中臣石國　敬白　奉加如法經筒結縁人々帳　僧勢助　僧定勝・・・（27名の人名略）・・・右奉加之志爲六道衆生　僧定慶　成佛得道各道俗男女所奉加如右　僧慶秀　永久四年二月廿六日敬白」と通じるものであり、しかも寛治元年(1087)銘の本経筒は、記年銘経筒としては我が国で5指にはいる古い資料として注目される。

2 経筒の材質分析

本経筒の組成分析を、東京国立文化財研究所平尾良光氏と徳島県博物館魚島純一氏のお二人に依頼した。その結果は、表1・表2に示した。経筒底縁部地金部分の分析値は銅(Cu)約75%、亜鉛(Zn)約13%のほか少量の鉛(Pb)・錫(Sn)、微量の鉄(Fe)・ニッケル(Ni)・アンチモン(Sb)を含む黄銅であることを示している。赤色錆と黒灰色錆の部分からは、微量のマンガン(Mn)と砒素(As)が検出され、また、鉛の含有率が高くなっているために相対的に銅の含有率が低くなっている。腐食の進行に伴ってより多くの鉛が溶出した部分が赤色錆と黒灰色錆になったのであろうか。他の錆部分の分析によっても銅・亜鉛の含有量の優位は変わらず、黄銅であることを示している。

3 日本古代の黄銅製品と寛治元年銘経筒

従来より、日本で黄銅が利用され始めたのは室町時代であると言われている。しかし、いまだ僅かながら古代より黄銅製品の存在したことが判ってきた。表3に示した如く、正倉院の黄銅合子（南30）、同・白銅柄香炉（南52-1）や大阪府羽曳野市の野中寺の飛鳥時代炉状遺構から発見された銅合金破片、大阪市長原遺跡の平安時代地層から発見された金属製容器破片は、何れも分析の結果、銅・亜鉛の合金である黄銅であることが判明している。

『法隆寺伽藍縁起並びに流記資材帳』（天平19年・747)や『大安寺伽藍縁起並びに流記資材帳』等に見る「鍮石」は黄銅のことであろうと森本芳行氏が『黄銅の歴史』の中で指摘している。

寛治元年銘経筒は、組成成分の上でもこれら諸例と比較してなんら不自然さはなく、ほぼ妥当な値を示している。年代の明らかな黄銅製資料として今後、金工史や経塚の研究上貴重な資料となろう。

なお、本寛治元年銘経筒をご覧いただいた研究者の中には、銘文の書体が平安時代に相応しくない、あるいは、経筒は贋作が多い等のことから、本資料の評価に慎重な意見のあることを付記する。

表1　寛治元年銘経筒の組成分析 ——
エネルギー分散型蛍光X線分析（テクノス社製TREX630W）による定量分析値（魚島純一氏分析）*1

分析位置／元素	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Sn	Sb	備考
緑青錆部分	——	1.08	1.73	77.15	11.47	——	6.13	2.17	0.28	
緑青錆部分	——	0.62	1.67	81.22	9.82	——	4.07	2.29	0.31	
底縁部地金金属	——	0.98	1.73	74.98	12.87	——	7.02	2.17	0.25	
赤色錆部分	0.35	13.47	0.43	34.08	6.11	3.60	38.04	3.39	0.53	*2
黒灰色錆部分	0.10	4.73	0.93	50.03	8.91	2.95	28.39	3.45	0.51	*2

＊1　S以下の軽元素を除く、検出元素を定量した値（%）で、必ずしも全元素比ではない。
＊2　Pbの値はAsの影響を除いたために、実際より大きな値となっている。Asは AsK β の値。

表2　寛治元年銘経筒の組成分析 ——
波長分散型蛍光X線分析（フィリップス社製PW1404LS）によるX線強度比（平尾良光氏分析）*1

分析位置／元素	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As*2	Pb*2	Sn	Sb	備考
底縁部地金金属	——	1.08	1.5	100	11	4.5	4.8	2.5	0.3	

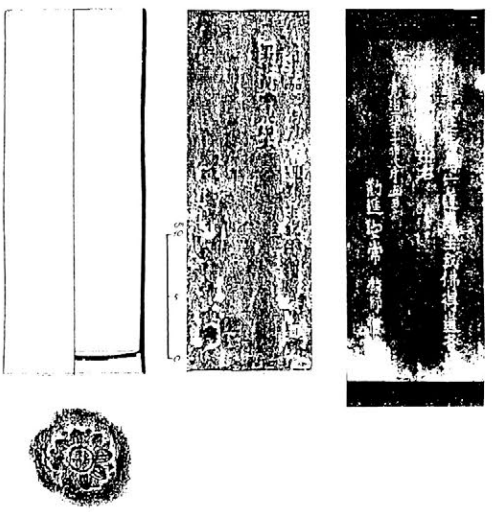
＊1　数値は角度45.0度におけるX線強度を 100としたときの各元素の強度比。
＊2　PbのピークはSnの影響を、Asのピークは Pbの影響を補正した値。

表3　古代黄銅製遺物の組成分析例（%）

分析遺物／元素	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Sn	Sb	備考
正倉院黄銅合子	——	微量	微量	70	25	——	5	2	——	*1
同・白銅柄香炉	——	微量	微量	75 弱	25 弱	——	5	——	——	*2
野中寺銅合金片	——	0.23	——	76.80	21.03	< 0.03	0.61	0.42	0.006	*3
長原遺跡金属器	——	4	——	未測定	5	n.d	3	未測定	——	*4

＊1　成瀬正和氏分析、奈良時代、宮内庁正倉院事務所『正倉院年報　第8号』（1986年）、『正倉院年報　第13号』（1991年）
＊2　成瀬正和氏分析、奈良時代、宮内庁正倉院事務所『正倉院年報　第9号』（1987年）、『正倉院年報　第13号』（1991年）、微量のAg・Coも検出されている。
＊3　久野雄一郎氏分析、飛鳥時代7世紀、羽曳野市教育委員会『古市遺跡群』（1988年）
＊4　成瀬正和氏分析、平安時代、財・大阪市文化財協会『長原・瓜破遺跡発掘調査報告V』（1993年）

図1　寛治元年銘経筒（左：実測図と拓本、右：X線展開写真）



P65

遺跡にかかわる火山灰層中のシリカ鉱物

新東晃一(鹿児島県立埋蔵文化財センター)、柿谷悟・三宅寛(岡山理科大学理学部)

鹿児島県内の次の5遺跡で見られる、各火山砕屑物堆積層(計9層)を構成する火山灰について、特に含まれるシリカ鉱物 ── クオーツ(石英)三方晶系・トリディマイト(鱗珪石)斜方晶系・クリストバライト(方珪石)正方晶系の3種で、いずれもSiO_2の化学式で示される、同じ組成ながら、結晶構造の異なる、いわゆる同質多形の関係にある鉱物 ── に注目して研究を進めているが、現在までに得られた結果を報告する。

(1) 前原遺跡(日置郡松元町)
　　アカホヤ火山灰層[鬼界カルデラ] 6,300年前
　　薩摩火山灰直上層[桜島] 推定8,000年前
　　薩摩火山灰層[桜島] 11,000年前
　　岩本火山灰層[姶良] 推定16,000年前
(2) 前山遺跡(日置郡松元町)
　　前山第Ⅷ層[姶良カルデラ] 推定22,000年前
(3) 帖地遺跡(指宿郡喜入町)
　　大隅降下軽石層[姶良]
　　入戸火砕流堆積物層[姶良]
(4) 池崎遺跡(指宿市池崎)
　　池田火砕流層[開聞岳] 5,500年前
(5) 片野田遺跡(指宿市十二町)
　　池田軽石層[開聞岳] 5,500年前

なお、降下火山灰ではあるが、現在桜島中岳よりの採集物を基本試料とし、更に雲仙普賢岳、九重硫黄山からの試料も参考として加えた。

火山灰の粒径については、4mm以下(Wentworth,1932)とも、2mm以下(Fisher,1966)とも定義されてきているが、非粉砕で熱燐酸処理可能限界の75μmを上限とし、EPMAによる化学分析・偏光顕微鏡観察・電子顕微鏡観察に最適限界の20μmを下限として試料を調整した。超音波洗浄により粒子間の結合をといた後、水中で篩により7部に分級した。各分級試料(計63試料)について、一部上記諸手法および重液(ポリタングステン酸ナトリウム水溶液)法を併用するなかで、主としてはX線回折法により、構成鉱物種およびその量比等を求めた。

(Ⅰ) 石英は、非結晶質のガラスが多量に含まれる試料(薩摩火山灰層・池田火砕流層・同軽石層)を除いては、最も明瞭にかつ普遍的に確認された。クリストバライトは、量的にも、分布的にも、石英に次ぐ傾向を示したが、トリディマイトは僅かにアカホヤ火山灰層に確認されたのみである。これらに対して、現在の桜島降下灰では、シリカ3鉱物の共存が明瞭に認められ、量的にはクリストバライトが優越しており、そしてガラス量が少ない等と、両者には一部対照的ともいえる大きな差異が認められた。現在とは全く異なる大規模で爆発的な噴火活動であったことが各火山活動の差異を越えての最大の原因と考えられる。

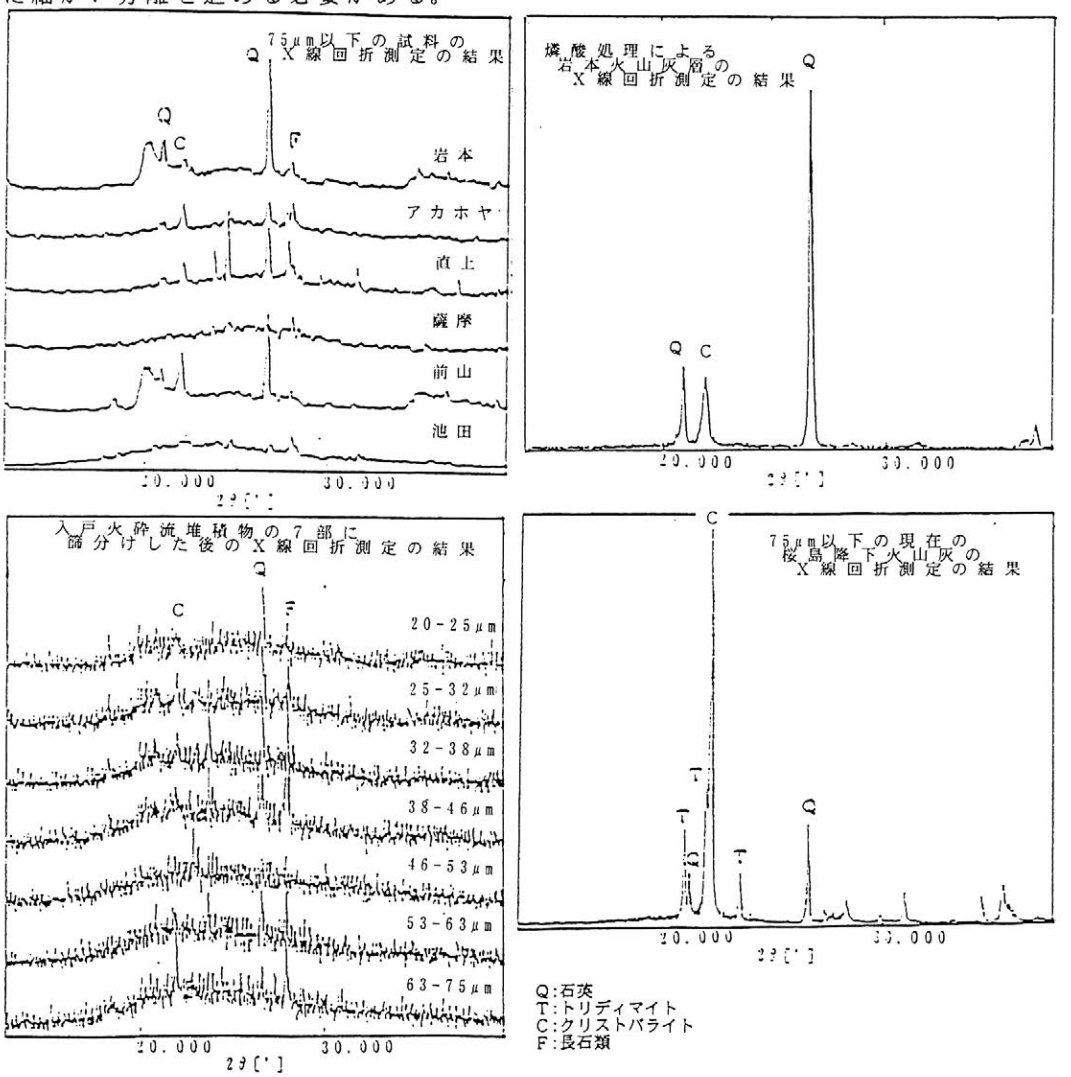
(Ⅱ) シリカ鉱物の含有量は、所定の熱燐酸処理によれば、5-12%の間にある。前原遺跡の4層と前山遺跡第Ⅷ層をあわせて一累層とみなせば、シリカ鉱物量は上部層から下部層に順次増加の傾向が見られる。なお石英量に対するクリストバライト量は逆傾向を示すので、下部層が石英に富む結果とよく整合している。なおシリカ鉱物以外の火山灰の構成物である長石類・粘土鉱物・ガラスの各層間における消長と併せて考察すれば、年代の経過に拘わらず、シリカ鉱物、特にクリストバライトは安定との立場から、堆積後の環境の推定も可能となる(Beutelspacher et al., 1968)。

(Ⅲ) 火山性堆積物からの土壌中に残存するクリストバライトには、高温生成起源(d=4.10-4.11Å:X線回折データの最強ピーク)のものと、低温起源(4.06-4.07

Å）のものとの２者が見られることが報告されている（Mizota, C. et al., 1987）が、4.03-4.06Åの範囲にすべて分布し、低温起源の域を脱する傾向も見られるが，少なくとも高温起源とは全く考えられないものであった。この点では、噴出時代も噴出地点も異なっても、むしろ同一地域における相連続した同様の火山活動によるものと考えるべきかと思われる。

（Ⅳ）非晶質シリカ→クリストバライト→石英　の一連の再結晶については、低温堆積起源ではよく知られるところではあるが、非晶質火山ガラスからのこの過程が'95年の九重火山噴火物中2μm以下の試料で確認されている（宮本知治ほか, 1996）。20μm以下の構成物については未検ながら、対象試料中の若干についての検鏡結果は、ガラス破片起源ではなく、また石英への転移も観察されなかった。桜島有村産の安山岩中にごく普遍的に観察される、むしろ高温型からの転移を示唆するクリストバライトと同様なものと考えられる。

（Ⅴ）現在の桜島降下灰中には、クリストバライトに伴い石英と同等量のトリディマイトが見られるのに対し，アカホヤ火山灰層のみにという結果になった。しかし、火山岩中のトリディマイトは、クリストバライトに交代される例（Kuno, H., 1933）もあり、また桜島町赤水産の安山岩や隼人町清水産の石英安山岩などには、トリディマイトが普通に観察できることもあるので、その存否を決定できるように、さらに細かい分離を進める必要がある。



P66

住居内炉跡および床の土壌微細構造

財団法人東大阪市文化財協会　別所秀高

1.はじめに

考古学的コンテクストにおける微細形態学的な研究手法の適用は、堆積物の起源や、堆積過程、埋没後の過程を明らかにするために有効とされる（Goldberg,1992）。今回は考古遺跡の調査において検出された住居跡内の堆積物の微細形態を観察し、住居が築造されてから廃棄された後までのプロセスを推定する。

2.試料

1995年におこなわれた段上（だんのうえ）遺跡第４次発掘調査で検出された住居内の堆積物を試料とする。

段上遺跡は大阪東部、東大阪市下六万寺3丁目に所在する縄文時代中期から中世の遺跡である（図１）。本遺跡は生駒山地西麓斜面を流下する河川によって形成された扇状地緩斜面上に立地する。現地標高はT.P.11～14m。調査地点の遺跡を構成するマトリクスは、主に土石流堆積物と蛇行河川堆積物からなる。

住居跡は土石流堆積物をベースにした、直径約7mの円形縦穴である（図2）。住居跡中央からは炉跡を検出した。住居跡内からの出土遺物より弥生時代中期中葉に比定される。平安時代頃の開発により住居跡上部が削平されたため、縦穴の深さは約20cmしかない。

住居床面は最初に縦穴を掘削して露出した底面を床面として利用したものではなく、縦穴底面に(6)を盛って踏み固め、(5)ができた後に床面として利用したと考えられる。また、住居内埋土の垂直断面では(5)上面から掘り込まれた柱穴を観察した。いっぽう、炉は(5)から掘り込まれたものではなく、上層(4)より上位から掘り込まれていることや、炉より北側には(5)(6)が見られないことから、床面(5)をある程度掘り返した後さらに土を盛り、床面(5)より上位に再び床面を作り直したことが推測される。

試料はこの住居跡の炉跡内の堆積物（LOC.1）と、住居跡の埋土およびベースの堆積物（LOC.2）である（図３）。いずれの試料も堆積物の構造を破壊しないようブロック状に採取した。

3.方法

1. 採取した試料は、観察する面とその対面をナイフで削り落としてある程度平らにした後風乾し、減圧しながら樹脂を含浸させた。

2. 樹脂を含浸させた試料の観察する面を研磨剤を使って完全なフラット状態にしてエポキシでプレパラートに接着し、もう一方の面を顕微鏡下で観察できる厚さ（500μ）まで研磨した。

3. 完成したプレパラートは偏光顕微鏡下で観察しながら記載を行った。

4.展望

発表要旨作成時点では、顕微鏡下での観察を行っている途中であり、学会当日は得られた成果について詳細に報告する。

Goldberg, P (1992)　Mircomorphology, Soils, and Archaeological Sites. In *Soils in Archaeology*, V.T.Holliday(EDT), pp.145-167. Smithonian Institution Press, Washington and London.

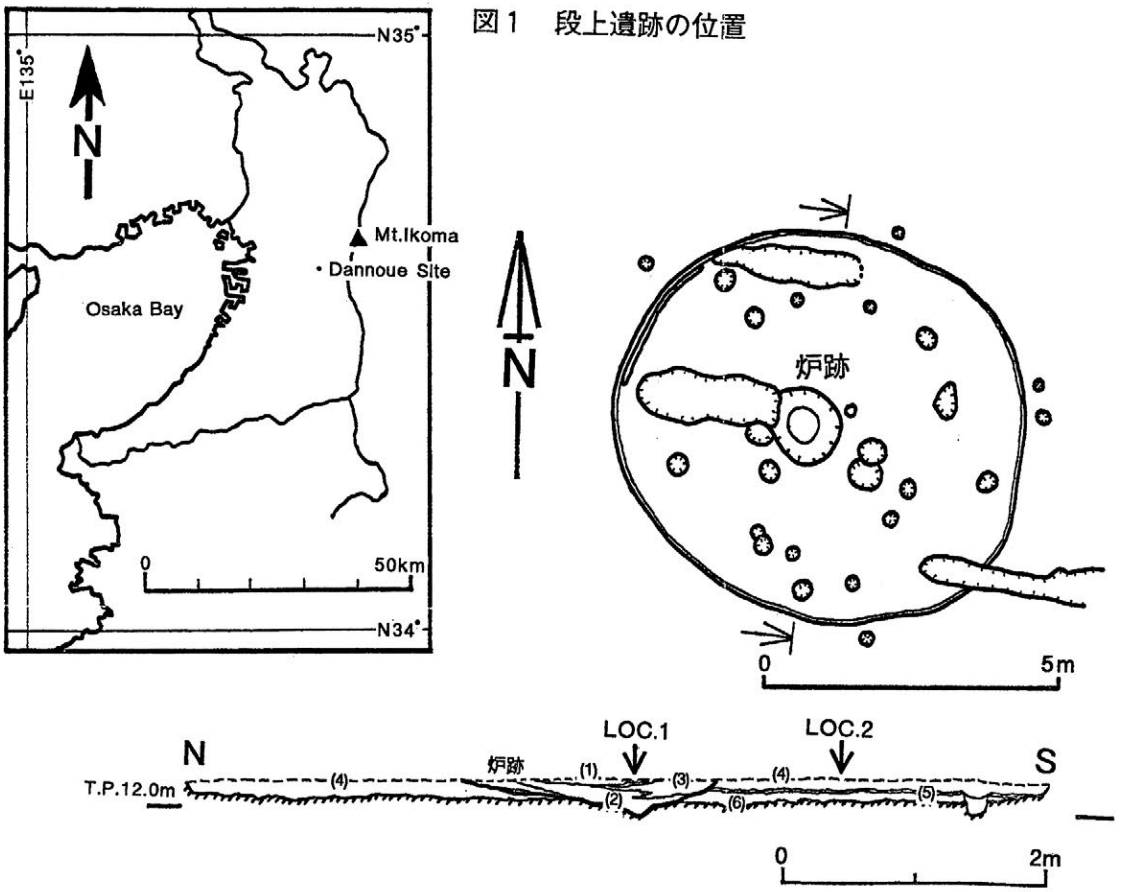
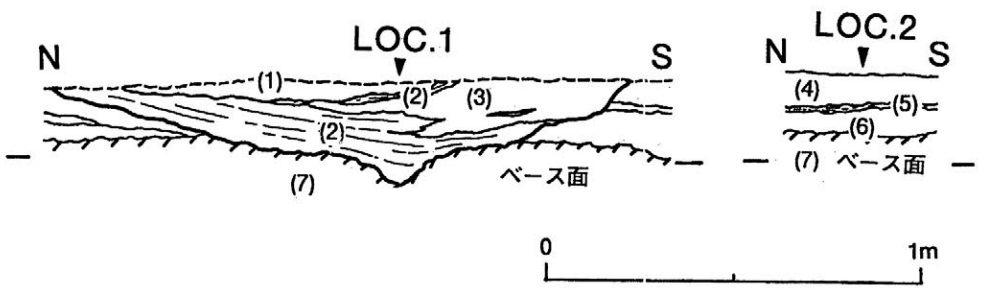


図1　段上遺跡の位置

図2　段上遺跡第4次調査で検出した住居跡の平面図と垂直断面



(1)2.5Y4/1, 黄灰色, やや礫混じり泥質砂, 無構造
(2)10YR2/1, 黒色, やや礫混じり泥, 水平葉理, 炭化物多量に含む
(3)5YR5/2, 灰オリーブ色, やや礫混じり泥質砂, 無構造
(4)5YR6/2, 灰オリーブ色, やや礫混じり砂質泥, 無構造～マトリクスサポート？
(5)2.5Y5/2, 暗灰黄色, シルト, 無構造, 圧密を受けている？
(6)5YR5/2, 灰黄色, やや礫混じり砂, 無構造
(7)2.5Y6/6, 明黄褐色, やや礫混じり泥, マトリクスサポート

図3　採取試料の断面図

P67

城郭の調査における物理探査の適用(2)

○小林　恵、軽部文雄
(応用地質株式会社 歴史環境部)

1．はじめに

昨年の第12回大会において、城郭の調査における物理探査の適用性について、探査の利点や限界などを総括的にまとめて発表した[1]。我々は、その後も城郭跡において物理探査を用いた調査を実施している。今回は、その中から西尾城跡と長篠城跡の調査例を紹介する。

2．西尾城跡

西尾城跡（愛知県西尾市）は、1221（承久３）年に足利義氏によって築城されたと言われており、1764（明和元）年以降は松平家の居城として廃城（1878年）まで続いた。

西尾城跡では、史跡公園としての整備計画が本格化したため、現在では埋没してしまっている本丸と二の丸を画する堀跡の地下レーダー探査および比抵抗映像法を実施することとなった。

探査の結果、二の丸の南側に現存する堀の延長部分に、当時の水堀跡と考えられる幅20ｍ程の落ち込みが捉えられ[1]、その後の西尾市教育委員会による発掘調査の結果、この落ち込みが近世の堀跡であることが確認された。

3．長篠城跡　（図参照）

国指定史跡・長篠城跡（愛知県鳳来町）は、1508（永正５）年に今川氏家臣菅沼元成によって築城され、その後徳川氏、武田氏、再び徳川氏の掌握するところとなった。1575（天正３）年の長篠合戦の際には、武田氏側の侵攻に備え大規模な改修が行われたと言われており、合戦後は新城城へ居城が移転したのに伴い、廃城となった。

長篠城跡では、史跡指定地域の公有化に伴い、史跡整備のための準備が行われてきたが、後世の改変により当時の遺構の大部分が埋没していることから、遺構確認の一助として地下レーダー探査を実施した。調査の主な目的は、本丸跡内の遺構の有無、古地図に記載されている外堀、ため池、大手門関連遺構の把握である。

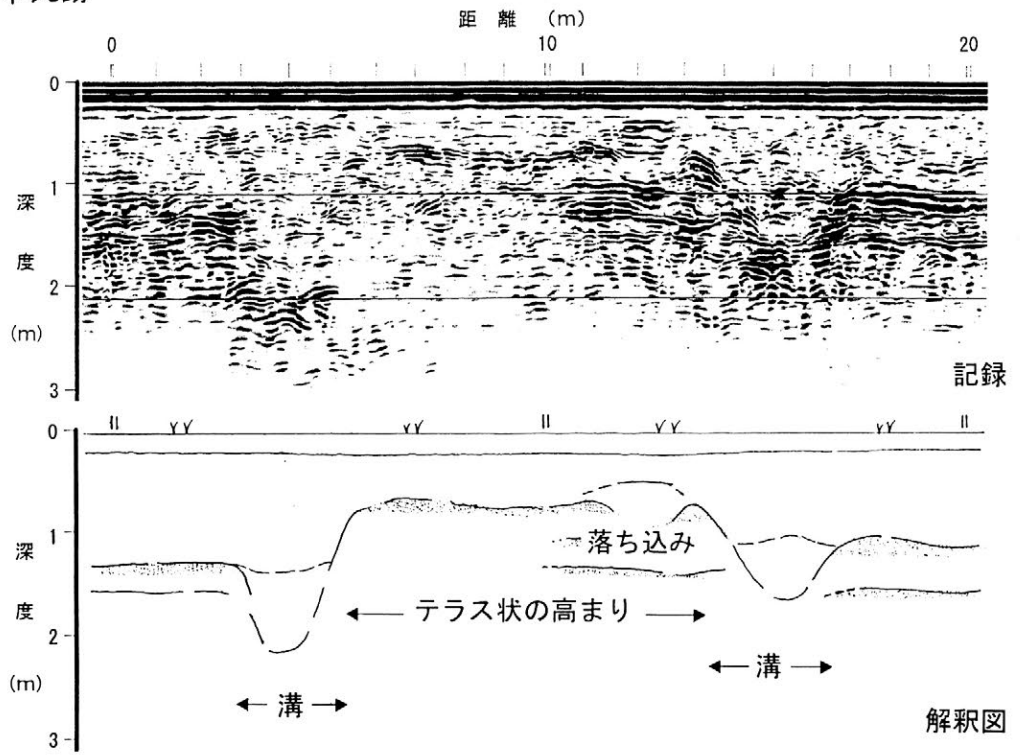
探査の結果、本丸跡では溝状の落ち込みや盛土跡、建物遺構が、周囲の曲輪では外堀、ため池などが存在する可能性をそれぞれ指摘することができた。この探査結果に基づき、今年度、鳳来町教育委員会による試掘調査が行なわれることになっている。

今回の発表に際し、西尾市教育委員会ならびに鳳来町教育委員会より多大のご協力をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

(1)熊田恵・軽部文雄(1995)　城郭の調査における物理探査の適用．日本文化財科学会第12回大会研究発表要旨集，p.28-29.

本丸跡



外堀跡

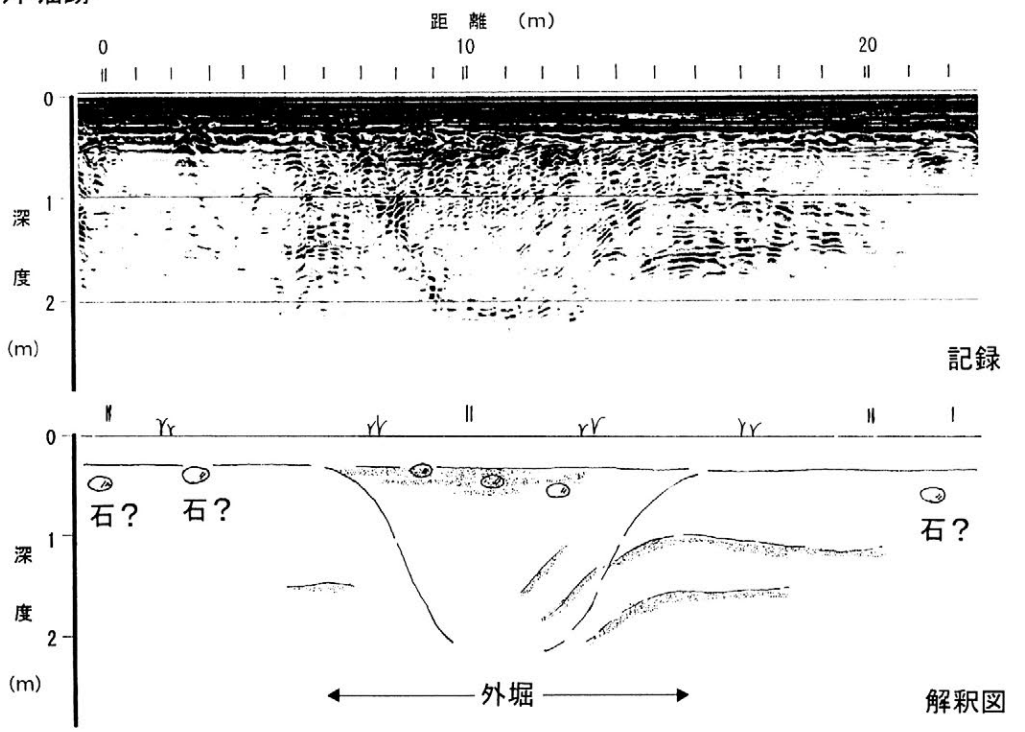


図　長篠城跡地下レーダー記録例

P68

縄文時代泥炭層遺跡におけるボーリング調査の適用例

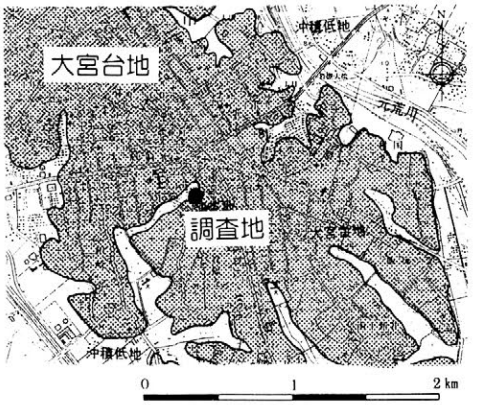
峠　美穂（応用地質株式会社）　　小林照教（岩槻市教育委員会）

1. はじめに

本調査地は、真福寺貝塚に含まれる泥炭層遺跡で、台地を流れる川沿いの、沖積低地に続く小規模な谷筋に位置している。

真福寺貝塚では昭和初期に数回の発掘調査が行われ、縄文時代後期から晩期にかけての遺跡であることがわかっている。またその重要性から、国の史跡に指定されている。

現在、史跡整備・保存事業計画の策定に必要な基礎的資料の集積が行われており、台地上に展開する貝層分布については、平成 7 年度までの地下レーダー探査によりその概略が判明している。



図－1　調査地案内図

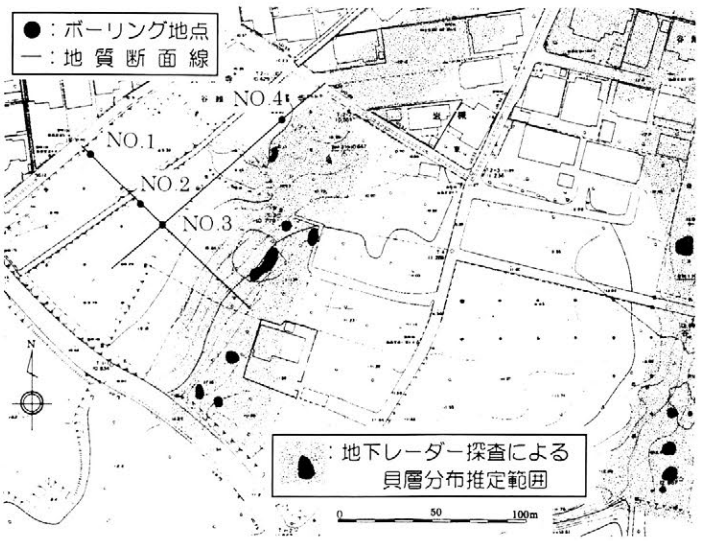
今回我々は、この泥炭層遺跡においてボーリング調査を適用し、試料の採取と古環境の復元を試みた。

2. 調査方法

2-1. 土質調査

調査の目的は、縄文時代の古環境復元である。そのため、自然科学分析用の土質試料が必要となるが、本遺跡は史跡のため発掘調査の許可が得にくい。そこで、掘削による遺跡の破壊を最小限に抑えるため、機械ボーリングによる試料採取方法を採用した。

調査地点としては、谷筋を横断する方向に 3 地点、貝塚側地点の上流方向に 1 地点の計 4 地点を設定した。



図－2　ボーリング地点位置図

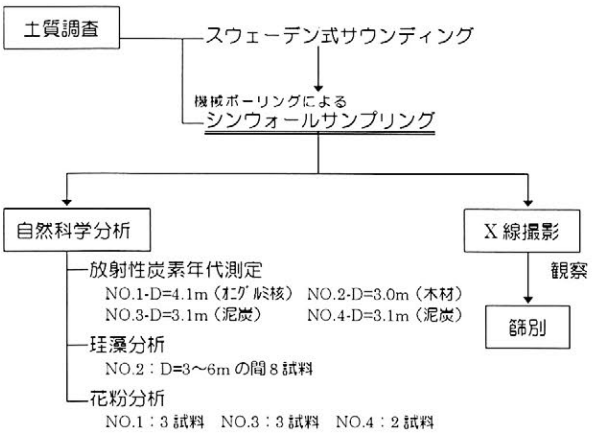
調査対象が縄文時代であるため、土質試料の採取は洪積層上部まで行うこととし、まずスウェーデン式サウンディングにより強度変化や洪積層上面の確認等の土質状況の基礎的調査を行い、掘削深度を決定した。

科学分析用試料の採取は採取深度の確実性が重要であるため、サンプリングは、軟弱地盤の不攪乱試料採取法として一般的なシンウォールサンプリングを内径 75mm のステンレスチューブを用いて実施した。

2-2. 自然科学分析

採取したコア試料をチューブから押し出し観察を行ったところ、NO.1～3 孔の深度 3～4m 付近のコア試料に遺物や植物遺体等の包含が認められたため、自然科学分析用の試料採取はこの層を中心に実施した。

年代測定では、各コアの遺物等包含層の年代を確認するため、深度 3m 付近の泥炭や木材等を試料として採取した。珪藻分析では、縄文海進の際谷筋に海が進入したことを裏付ける



図－3　調査の流れ

資料を得るため、試料は NO.2 孔の深度 3m から洪積層上面までを等間隔に採取した。花粉分析では、採取生活に関係する植生とその変化を把握するため、人間生活が営まれていたと考えられる NO.1,3,4 地点のコアについて、深度 3m 以深を対象に層位別に試料を採取した。

2-3. X線撮影

コア内部の詳細な状況を把握し遺物や動植物遺体の篩別を有効に行うために、X 線撮影を試みた。X 線撮影では、試料を木製のコア函に入れた状態で X 線管から約 1m 離して置き、軟 X 線用フィルムを用い、130kVp・50mA を 1 分間照射した。

篩別では、土器や骨片、漆片等の検出を目的として、コアを縦に二分した後に各層位ごとに半分を取り出し、JIS 規格の篩 3 種（4mm、2mm、1mm）を用いて水洗した。

3. 調査結果

年代測定結果による包含層の絶対年代は、NO.1 孔（深度 4.1m）3500±60yrsBP、NO.2 孔（深度 3.0m）2850±70yrsBP、NO.3 孔（深度 3.1m）3490±90yrsBP であり、これらの結果と従来から縄文時代後期から晩期とされている本遺跡の年代、および篩別により採取した土器の年代は、きわめて良い一致を見た。

珪藻分析の結果については、海が進入した痕跡は認められず、むしろ縄文海退に伴って、この谷が閉塞水域となったことが示された。

花粉分析の結果からは、トチ林の盛衰を中心とした植生の変化が捉えられ、人為的なトチの木の伐採が推測されるほか、珪藻分析でも見られた乾陸化が検証された。

X 線写真は、試料断面が円形のため中央部と端部では厚みが異なり、X 線の透過量に違いが生じたことや、中央部では 75mm とかなり厚かったことにより、鮮明さに欠ける結果となった。しかし、試料中に何らかの異物が混入することは確認出来たため、篩別に先立ちコアを縦割りする際、注意を促すことができた。

X 線撮影後の篩別では、土器片 6 点やこれらに伴うと見られる木炭片、鹿の頭蓋骨の一部と見られる骨片、クルミやトチの実等を検出した。なお、土器片 6 点中 5 点を NO.4 孔で検出したことや、この地点の位置的条件から、NO.4 地点周辺に居住空間の存在を推定させる。

4. まとめ

発掘調査の実施が困難な本遺跡において、ボーリングによる質の高いサンプリングを実施することにより、自然科学分析を主体とした遺跡の古環境推定が可能となった。また、ボーリング調査は、貴重な資料を埋蔵する地下の情報を直接的に把握することができ、史跡整備に向けた基礎的資料の集積に非常に有効に活用された。

簡便に地層の堆積状況や遺物等の混入の有無を把握できれば、自然科学分析用の試料採取箇所の選択を容易にかつ速やかに行うことができ、また不用意なコアの断ち割りによる遺物や動植物遺体の破損を防ぐことができる。そのためには、今回のような X 線撮影をより発展させ、チューブに入った状態のコアの X 線写真をできるだけ明瞭に撮影することが、きわめて有効な方法であると考える。それにより、低湿地遺跡におけるボーリングを用いた各種調査の適用範囲やその有効性が増すものと考える。

P69

古墳探査における３次元ｸﾞﾗﾌｨｯｸ表示の試み

軽部文雄、田中章夫 （応用地質株式会社）

はじめに

私達はこれまで、古墳を対象とした物理探査を各地で実施してきた。その中で、古墳の探査が、以下の①～④のような考古学的情報を得るのに有効であることを確認してきた。

①：墳丘の盛土施工の状況　　②：埋葬施設の所在と範囲

③：周溝の分布とその規模･形状　　④：葺石の有無と分布状況

こうした成果を踏まえながら、今回、最近の古墳探査の二つの結果例について３次元ｸﾞﾗﾌｨｯｸ表示することにより、的確な遺構の解釈にどの程度役立つのか、検討を試みた。

１．若宮古墳(富山県小矢部市埴生)の例

若宮古墳は、小矢部市南西の台地末端に立地している前方後円墳で、全長約 50 m、後円部径約 24.5 m、高さ約 5m の規模である。墳丘の崩落面では、黒褐色土と黄褐色土が重なり合った盛土が観察でき、墳丘全体がすべて盛土からなっていることがうかがえる。この地域の古墳が、ほとんど尾根を利用してつくられ、しかも群れをなしているものが多い中では、特異な古墳ということができ、首長墓の可能性もあるとみられている。

今回、地下ﾚｰﾀﾞｰ探査を行なった結果、本古墳の主体部が後円部ほぼ中央に明瞭に検出され、その状況から竪穴系埋葬施設の可能性の高いことが推定された。同時に、後円部墳丘の盛土内部では、主体部の東側に開くような形状で、顕著な土の乱れている領域が認められたため、その反射像の読み取り結果を３次元ｸﾞﾗﾌｨｯｸ表示にして追跡してみた。その画像から、墳丘盛土と埋葬施設の構築過程において、ある期間、後円部東側部分が開くような形で空いていたことが推察され、本古墳造営のプロセスを考えるうえでひとつの参考意見を提起することとなった。(右図)

２．丸山古墳(福岡県八女市立山　八女古墳群)の例

丸山古墳は、全長 46 m、後円部径約 28 m、高さ 5 mの前方後円墳で、八女古墳群の前方後円墳のうち最も東に位置している。八女古墳群内の古墳は、北部九州最大規模を誇る岩戸山古墳をはじめ、いずれも筑紫君磐井と深い関連があるといわれており、丸山古墳も八女丘陵上の古墳群の変遷を辿るうえで重要なものと考えられている。周辺から円筒埴輪が採取されているが、埋葬主体部についてはまだ明らかにされていない。

今回、埋葬施設を捉えたとみられる後円部の地下ﾚｰﾀﾞｰ探査記録をもとに、３次元ｸﾞﾗﾌｨｯｸ表示を施してみた結果、画像の形状から、本古墳の主体部は、竪穴系横口式石室である可能性の高いことが推定された。そのほか、築造当時の墳丘形状についても、くびれ部に造り出し(別区)の存在していた可能性を指摘することができた。

今回の発表に際し、小矢部市教育委員会、ならびに八女市教育委員会より多大の御協力を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

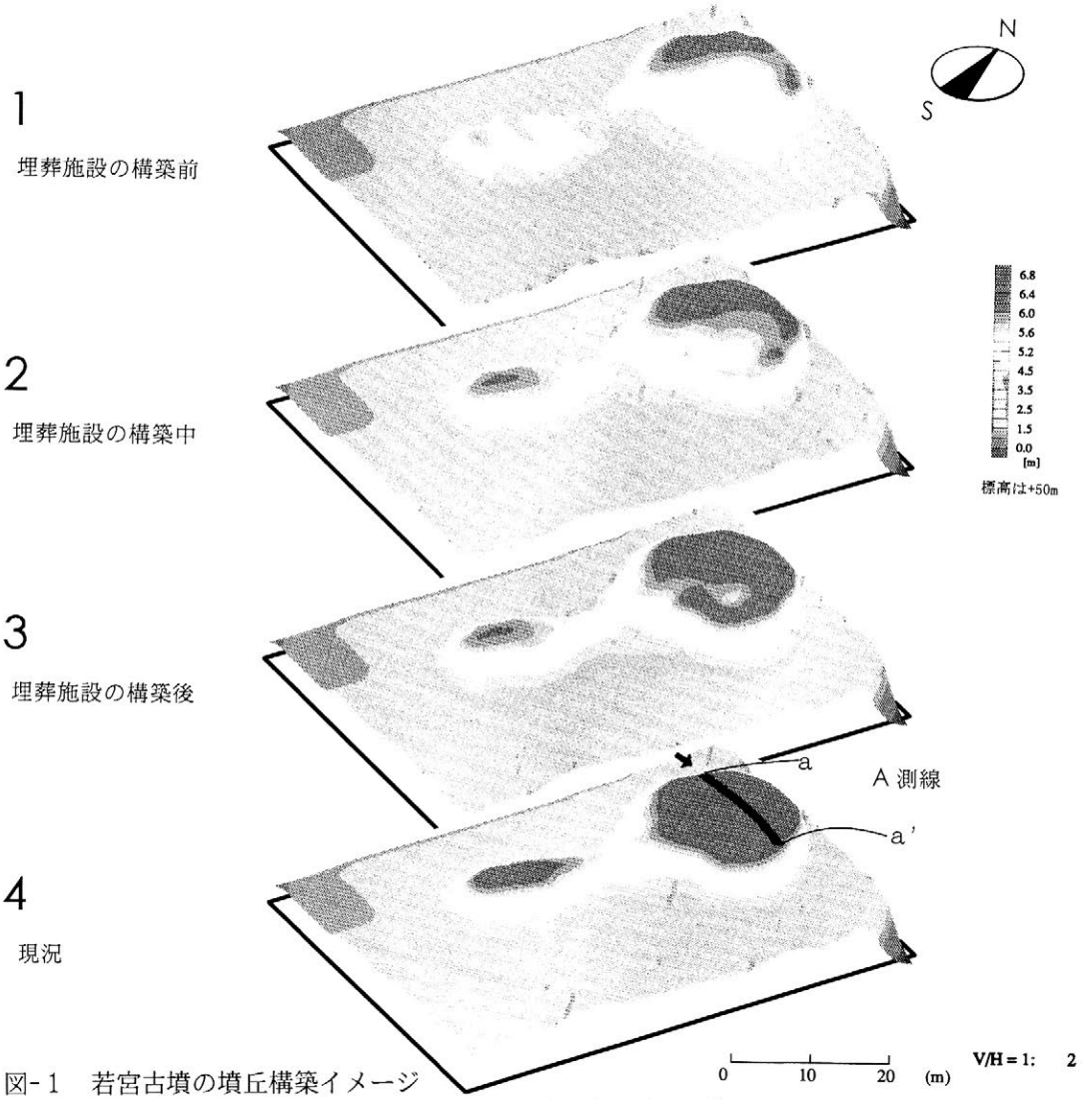


図-1　若宮古墳の墳丘構築イメージ
（地下ﾚｰﾀﾞｰ探査の解釈結果にもとづく３次元表示鳥瞰図）

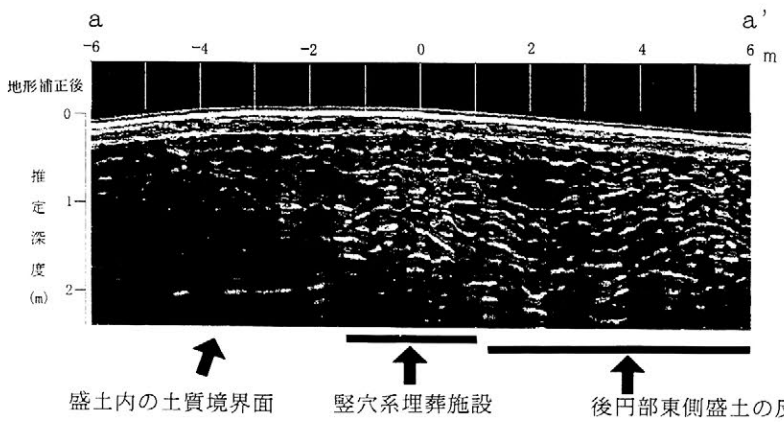


図-2　若宮古墳地下ﾚｰﾀﾞｰ探査記録(後円部横断：図１のＡ測線)

P70

兵庫県加古川市行者塚古墳の物理探査

亀井宏行・斎藤正徳（東京工業大学），工藤博司（桜小路電機㈲）
菱田哲郎（京都府立大学），加古川市教育委員会

行者塚古墳は，兵庫県加古川市山手にある全長約 100m の前方後円墳で，平成７年度に史跡整備を行うために発掘調査が行われた．それに先立ち，物理探査を行い，発掘調査の基礎資料を得た．物理探査が行われた範囲は，墳丘上から周濠部を含む広範囲にわたり，墳丘の範囲，墳丘の段状構造，造りだし部の築造過程，内部施設などについて数々の重要な情報が得られた．本報告では，それらの成果の中で，磁気探査と地中レーダ探査において得られた後円部内部施設に関する成果を中心に報告する．

後円部墳頂の探査範囲は，図１に示すように，南北 9m×東西 13m の長方形領域で，磁気探査も地中レーダ探査も，50cm の間隔でデータを採取した．

（１）磁気探査

３軸グラジオメータにより行われた磁気勾配探査結果を図２に示す．図２(ｃ)に示すＡ，Ｂ２地点には非常に大きな異常があり，かなりの量の鉄製品の存在が推定される．また，図２(ｃ)に楕円で囲んだ領域にみえる磁気異常は，深いところにある磁性体或は大きな構造体と推定される．その周囲に，×印で示すように小さな磁気異常も観測されている．これらから判断するにこの楕円領域は１つの埋葬主体部ではないかと考えられる．

発掘の途中結果によれば，Ａ，Ｂ２地点近傍からは大量の鉄製副葬品が発見され，楕円領域には粘土槨が発見されている．

（２）地中レーダ探査

地中レーダ探査は，光電製作所製 KSD－3AM 型パルスレーダを用い，図１の探査領域に南北 25 測線，東西 19 測線，さらに主軸に平行に 16 測線，主軸に直交する 12 測線と高密度な探査を行った．

図３に，測線１（図１参照）の地中レーダ像を示すが，いくつもの強い反射が捕らえられ，内部施設の存在がうかがわれる．西端から 1.2m，深さ 15nsec に見られる反射像の位置は，磁気探査の結果大きな磁気異常が観測されたＡ地点（図２(ｃ)参照）に一致する．

内部構造の平面的広がりを見るために作成した地中レーダ平面図の１枚を，図４に示す．これは，反射時間 37.5nsec～42.1nsec の区間の振幅平均値を表示したもので，主軸に平行に等間隔に並ぶ３本の直線状の構造体が現れている．最も東側の位置は，磁気探査結果に示した楕円領域に重なる．３体の埋葬主体の存在が推定される．発掘の結果，これらの位置から粘土が発見されており，３体の粘土槨と考えられている．

別の深度のレーダ平面図からは，墓壙の輪郭と思われるものが読み取ることができ，これに基づき発掘範囲を決定した．

今回の調査は，探査の結果を発掘に反映させることができた良い事例となった．

本研究の一部は，文部省科学研究費補助金重点領域「遺跡探査」：ベクトル磁気探査法の開発（代表：斎藤正徳）による．

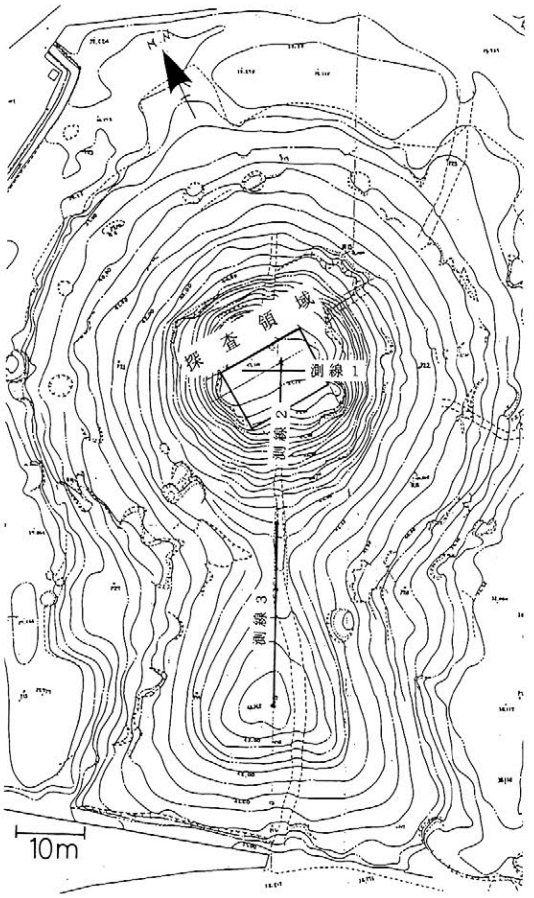


図１．行者塚古墳.

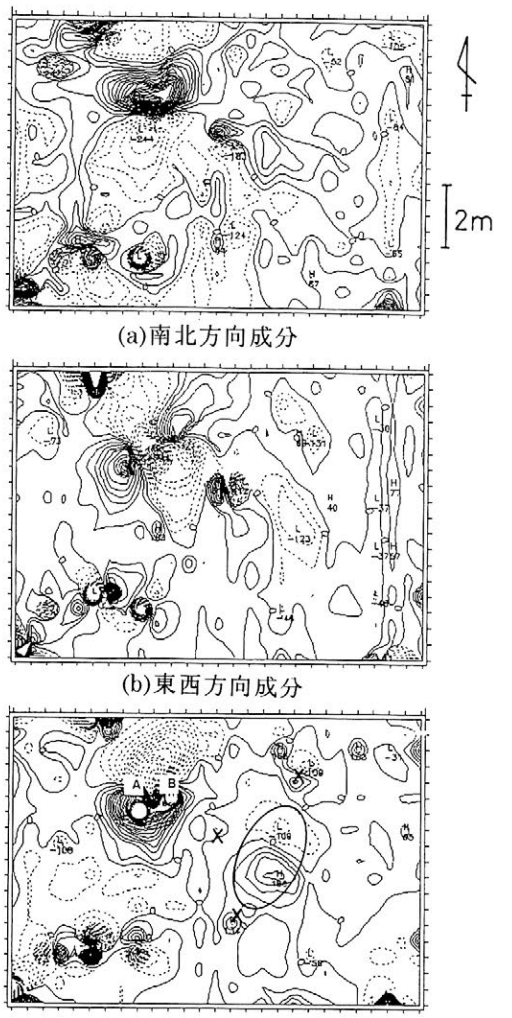


図２．磁気勾配探査結果（等値線間隔 4nT）.

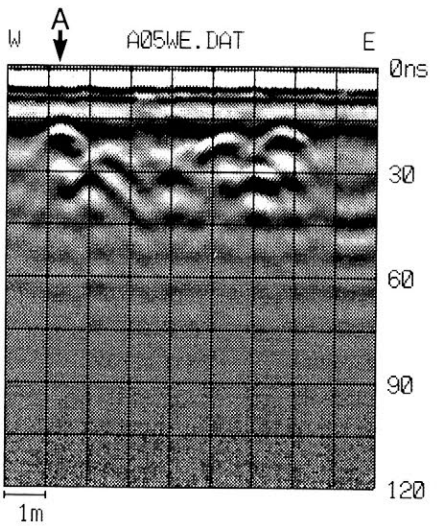


図３．測線１の地中レーダ像.

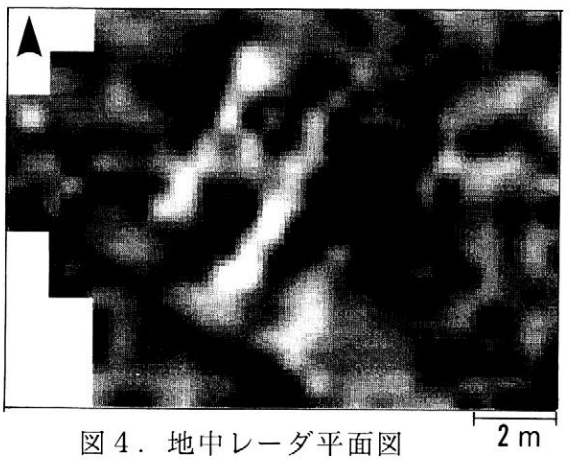


図４．地中レーダ平面図
（深度 37.5-42.1nsec）.

P71

西都原古墳群における遺跡探査

置田雅昭（天理大学文学部）　桑原久男（同）　北郷泰道（宮崎県教育庁文化課）
Deen Goodman（マイアミ大学地球物理学応用考古学探査研究所中島分室）

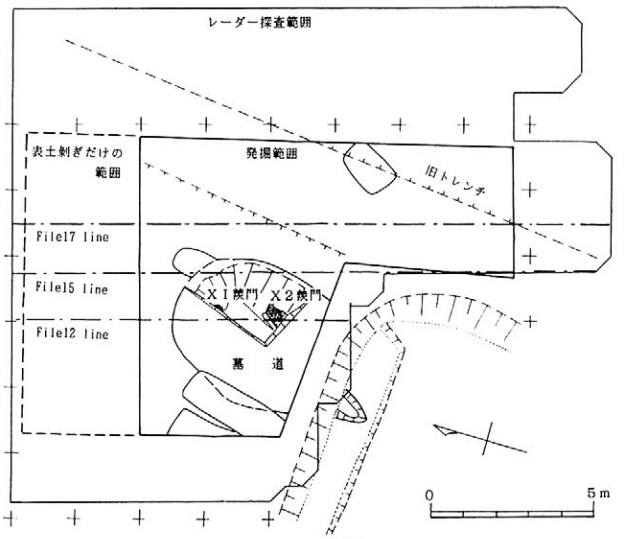
平成７年度文部省科学研究費重点領域研究『遺跡探査』（総括班代表　西村康）の研究の一環として、「地下遺構探査法の考古学的活用の実践研究」（代表　置田）の主題のもとに、宮崎県西都原古墳群で、特殊な構造の横穴墓の探査を２次にわたって行った。

第１次調査は95年7月24日から8月2日の間に地形測量・電気探査・レーダー探査・地中温度調査を行った。探査はまず、95年2月に宮崎県教育委員会の発掘調査で確認されている特殊な横穴墓（日高正晴「折衷型地下式横穴墓群」『季刊考古学』第52号 1995年 は地下式横穴墓と横穴墓の融合した墓制として、標記の呼称を提唱する）の未発掘部分で実施し、電気探査・レーダー探査のデーターを収集した。これによって得られた異常応答を考古学的に予測される遺構と照合し、墓道、羨道と空洞の玄室を見きわめた。その結果、電気探査・レーダー探査がともに有効であることが判明したので、20m離れた地域で、新たな遺構がないかどうかの探査を行った。範囲は電気探査が約500㎡、レーダー探査は約900㎡である。浅いところには溝状の遺構（レーダー探査）、局部的異常応答（電気探査）が認められたほか、現在は畑になって平らであるが、もと深いところは谷状の地形をなすことなどが知られた。また、空洞をうかがわせる異常応答が２箇所（Ｘ１・Ｘ２）、空洞が落下したと推測される異常応答が１箇所（Ｙ１）認められた。なお、これらの異常応答はレーダー探査で表れ、電気探査ではとらえることができなかった。また、推定空洞地点と通常地点の地中温度を測定したところ、午前中は推定空洞地点が0.4～1.7℃低く、午後には２地点間に相関関係のないことが知られた。

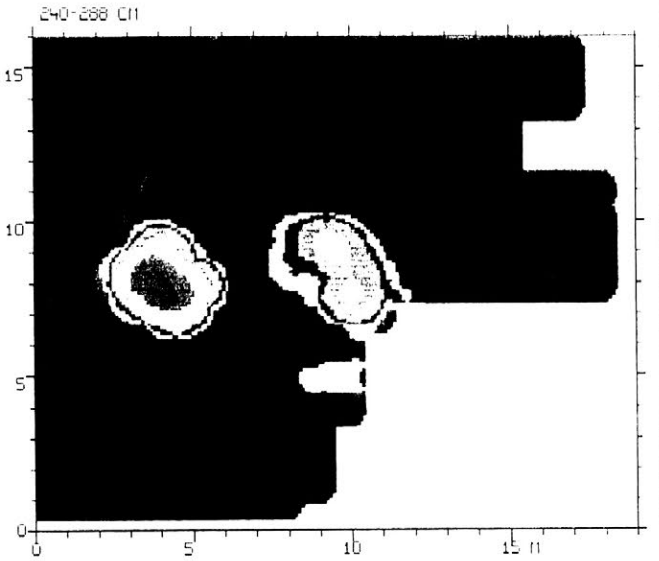
第２次調査は95年12月18日から27日の間に、第１次調査で発見した推定空洞地点を中心に電気探査・レーダー探査・地中温度調査を行い、さらに発掘調査で墓道と空洞を確認することとした。電気探査は地表面と遺構検出面での２回行ったが、顕著に表れてはいない。レーダー探査は第１次調査の結果と同じで、Ｘ１はＸ２より深いところで応答することが知られた。また、墓道の異常応答をとらえることができ、２つの推定空洞は墓道を共有することも推測された。なお、この調査の過程で、第１次調査でＹ１とした異常応答地点は、宮崎県教育委員会の発掘調査の際に、砂を入れて埋め戻した場所であることが判明した。温度調査は推定空洞と空洞でない２地点間を24時間測定したところ、常に推定空洞地点が他より低いことが分かった。この結果は地表面ならびに遺構検出面での測定でも同じである。これにもとづき、地中温度平面図を作成したが、必ずしも遺構分布と整合しなかった。ただ、崖面での墓道断面検出後の地中温度断面図では、墓道部分の温度が周囲より低い図表が得られた。

発掘調査は墓道の４分の１を羨道入り口（羨門）まで掘り、ＮＨＫ宮崎放送局の協力を得て、「親指カメラ」と称する小型カメラを挿入し、空洞を確認することとした。墓道を発掘の結果、Ｘ１の羨門天井部はＸ２より40cm深く、レーダー探査の結果と合致した。各々の羨道には土砂が充満しているので、横方向に径8cmの孔を開けた。Ｘ１の羨門から空洞までの距離は1.6m、Ｘ２の距離は1.4mである。ボーリング孔貫通と直後に測定したＸ２の空洞内温度は19.5℃、空洞上部の地中温度は9～10℃、地上温度は16～18℃である。

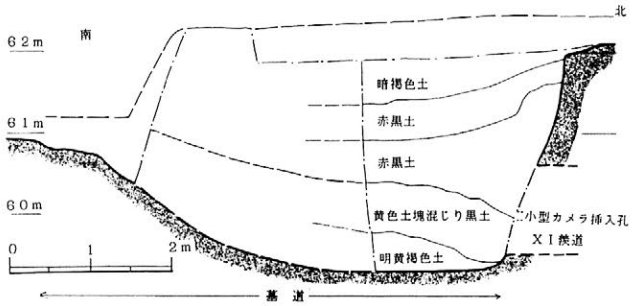
「親指カメラ」を挿入し、モニターテレビで空洞内を観察した結果、Ｘ１の空洞は完全に保たれており、全体にうっすらとほこりがかぶったような状態で、床は円礫敷き、大腿部と推定される骨、土師器杯２点、須恵器高杯１点が確認された。また小量の落下土があり、壁には削りあとも見えた。Ｘ２の空洞も良好な状態を保っていたが、人骨や土器などは見当たらなかった。ただ、平らな鉄製品かと思われるものが観察された。以上、探査で発見した異常応答が特殊な横穴墓の玄室で、空洞を保つことを明らかにした。　（文責　置田）



第１図　探査・発掘・遺構平面図

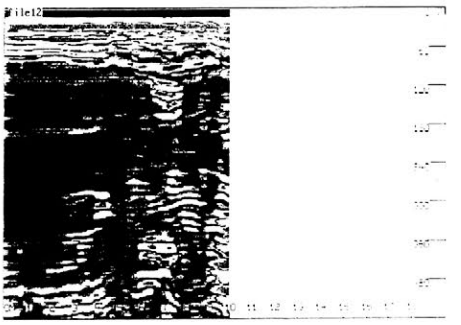


第２図　レーダー平面図（Ｘ１・Ｘ２の異常応答）

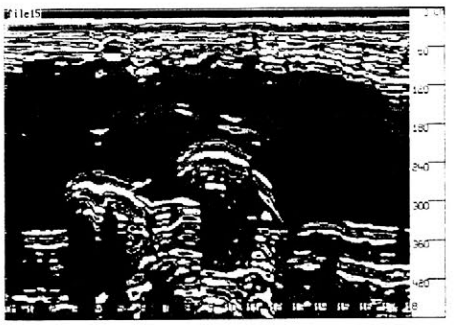


第６図　墓道縦断面図

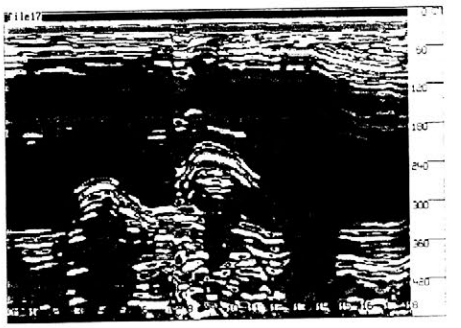
（黄色土塊混じり黒土より下が埋め土）



第３図　File12レーダー断面図



第４図　File15レーダー断面図



第５図　File17レーダー断面図

（注）レーダー図は
いずれもDr. D.Goodman作成

P72

パラオでのテラス状遺構のＣＧ（コンピュータグラフィクス）を用いた分布図

伊藤雅乃（株）パスコ

はじめに

ミクロネシアの西に位置するパラオ諸島は、かつて八幡一郎[1]により山上遺跡として紹介されたテラス状遺構が点在する。土方久功[2]・オズボーンズ[3]・ラッキング[4]等により調査が行われてきたが、発掘調査での住居跡等の遺構の確認は行われていない。また、パラオ全島でのテラス状遺構分布図も調査されていない。

われわれは、青柳真智子を団長とするミクロネシア文化調査団として１９９５年からパラオのアイメリーク州でテラス状遺構の発掘調査を行っている。調査の目的は、テラス状遺構は、いつ、だれが何の目的で築造し、いつごろ衰退していったのか、である。現在のパラオ人の間でこれについての伝承や記録は、ほとんどない。我々は調査手段の一つとしてパラオ全島でのテラス状遺構を把握するために、分布図の作成を行った。

分布図作成

昨年、分布図作成のために、セスナ機で全島のビデオを含む詳細な撮影を行った。また、過去に報告されているテラス状遺構の位置の確認も行った。パラオ全島については、すでにフランスの人工衛星スポットからの画像データと、アメリカで発行されているＳ＝1／25､000地形図を基にして、分布図を作成していった。

遺構の立地条件・遺構の性格をよりはっきりさせるために、Ｓ＝1／25､000地形図を１０ｍメッシュを作成し、メッシュの交点の座標をコンピュータに入力し、パラオ全島を１０ｍの枠で網羅した全体図を作成した。

メッシュの交点には、地形図の等高線から高さの値も与え３次元メッシュとした。これでどのような地形にテラス状遺構が立地するかが視覚的に理解できると考えた。

すでに写真判読等でＳ＝1／25､000 地形図に落とされたテラス状遺構の分布図を、３次元メッシュに重ねあわせることでデジタルデータの遺跡分布図が完成した。デジタルデータは、３次元の面を持ったメッシュであるため、視点位置・色・質感等の情報を与えることでＣＧとして自由に見ることもできる。この時使用した機材は、パソコンで東芝Ｊ－3300 ＰＶ２ ＤＸ２（６６ MHZ）、ソフトは、３次元メッシュ作成についてAutoCAD12j を用い、ＣＧ作成には、３Ｄ Studio を用いた。

成果・目的

３次元の遺跡分布図から現在のところ、以下の３つのことがいえるのではないかと考える。

１、テラス状遺構の分布は、海岸線より多少内陸部に位置し、島の中心部にはほとんど存在しない。

２、いくつかのテラス状遺構では、海から見て、一部非常に目立つ構造になっている。

３、テラス状遺構は、パラオ全島にどこにでも点在するのでなく、約６つのグループに分けられる。

以上のことが考察される。

分布図の作成は、これで完成されたものではなく、現地での調査を更に進めてデータを追加してい

く予定である。

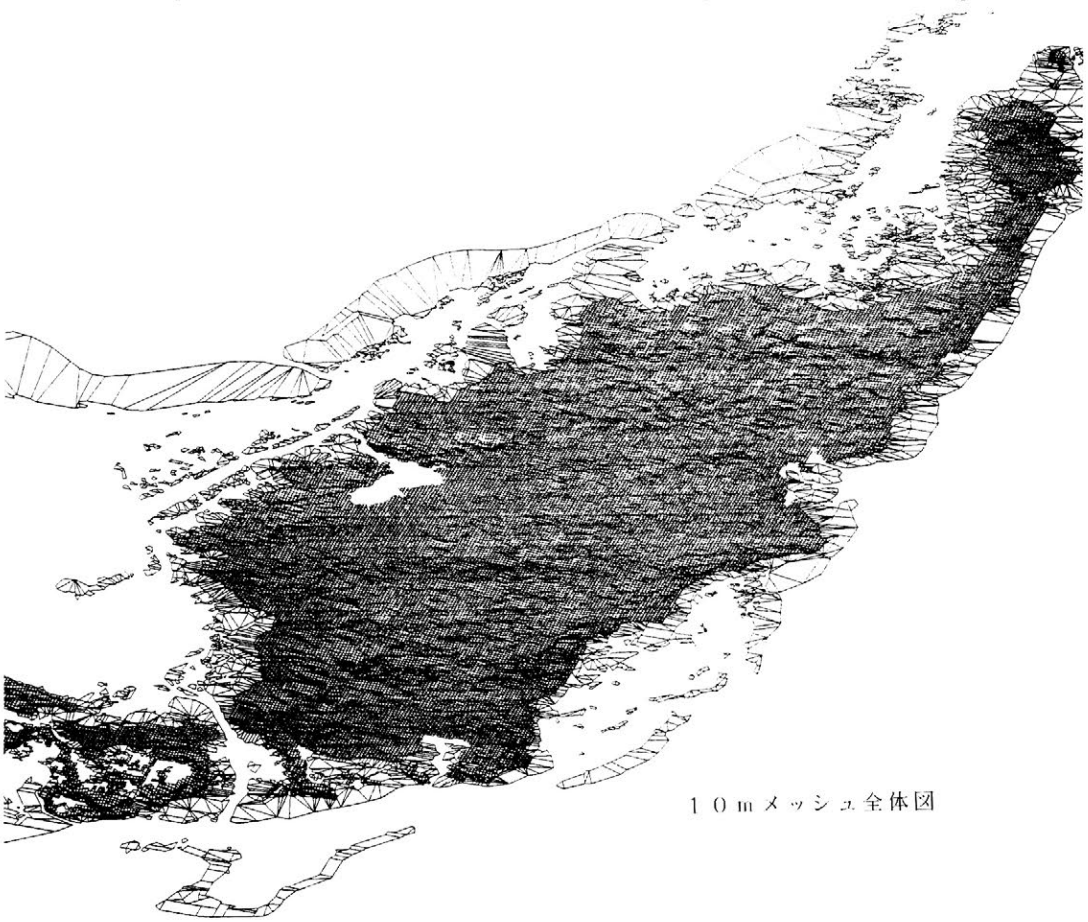
分布図作成にあたり、あえてコンピュータを用いて３次元表現（ＣＧ化）を行ったかという点について説明したい。それは、パラオ諸島における遺跡のＧＩＳ（地理情報システム）を作成しようとしたためである。パラオは、常に現地調査ができる地理的・政治的環境ではない。そのために、集められた情報を効率よく整理・活用していく必要がある。今回作成した１０ｍのメッシュ全体図を位置情報の一単位とし、過去に調査し得られた情報をデータベースとして格納し、位置情報とデータベースをリンクすることで遺跡のＧＩＳが作成される。このようなＧＩＳの作成により、現在目標としているテラス状遺構の性格を明らかにしていく重要な資料となる。また、解析用（統計的処理を含む）データとしても活用していきたい。今後パラオ諸島の考古学調査を行うさいの基礎資料として、だれもが活用できるようにしていきたいと考えている。今後、調査の進展に伴いデータの追加・修正を予定している。

（＊１），八幡一郎　１９４３　「南洋文化雑考」青年書房昭光社

（＊２），土方久功　１９３１　伝説遺物より見たるパラオ人「太平洋圏・民族と文化」

（＊３），Osborne,Douglas.1966.The Archaeology of the Palau Islands:An Intensive Survey. Bernice,no.230.Honolulu.

（＊４），Lucking,Laurie-J.1984."An Archaeological Investigation of the Prehistoric Terraces of Palau."Manuscript on file,Office of Historic Preservation,Trust Territory of the Pacific Islands,Saipan.



１０ｍメッシュ全体図

P73

富山県梅原胡摩堂遺跡出土の”杓子形木器”の分析と画像処理

五代雄資（(財)元興寺文化財研究所）・植田直見（同）・井上美知子（同）・伊藤健司（同）
横山和美（(財)富山県文化振興財団）

保存処理中に明らかになった知見をもとに、漆膜の分析を行った結果、特殊な漆の塗り方をしていることが判明した。また、画像処理による文字及び文様の抽出を併せて行ったのでここに報告する。

1、遺物及び遺跡

本遺物の遺跡は富山県西礪波郡福光町梅原・宗守に所在し、平成元年度から４ヶ年にわたり調査された南北約１ｋｍに及ぶ集落跡である。
時期的には１２世紀半ばから１８世紀が主体である。

杓子形木器は、Ｃ２地区の遺物包含層から出土しており、同地区からは堀立柱建物・溝・井戸・土坑を検出し、中世後期から近世が主体であるが、出土層位の時期については不明である。

遺物(１２×５×0.５ｃｍ)は両面に朱色がみられ、中心より下の位置にやや不鮮明ではあるが「高野山」の文字及び文様が見られた。

2。保存処理

処理法は、真空凍結乾燥法を使用したところ、全体に朱色が薄くなり、文字及び文様が不鮮明になった。

3、分析

杓子形木器に塗られている顔料（下地）および塗膜の成分を分析した。顔料については蛍光X線分析の結果、鉄（Fe）のピークが検出されたことよりベンガラであることが判明した（図1）。また、塗膜についてはFT-IRの分析結果より漆であり（図2）、肉眼および顕微鏡による観察からは塗膜としては比較的薄く、透明度の高いものであった可能性が高いと推定した。

そのため、水漬時には屈折率の関係で朱色に見えた漆が、乾燥することにより、劣化した表面の乱反射で朱色がわかりにくくなったとおもわれる。
（乾燥させた破片を再び水漬にすると朱色が鮮明になった。）

4、画像処理

以上のことから、遺物に影響のない方法で文字や文様を浮かび上がらせるために、デジタルフォトを利用した画像処理を行った。

マッキントッシュ７１００／AV66W及びパワーブック５３００ｃに、ミノルタのクイックスキャン３５を使用し３５ｍｍフィルム（フジカラー「リアラ」、コダック「コダクローム２５」）からの画像処理を行った。

基本画像処理ソフトは、アドビ「ＰＨＴＯＳＨＯＰⅢ日本語版」,マイクロメディア「ＸRES1.5J」,ラビックス「COLOR IT3.0」を使用し、プラグインソフトは、リングオブファイア「FotoMagicSeries1」を使用した。

これら、簡易なシステムと市販のソフトでも、文字及び文様の抽出に良好な結果が得られた。

併せて、利用方法によっては安価なシステムとソフトでも精度の高い画像処理ができることをここに報告する。

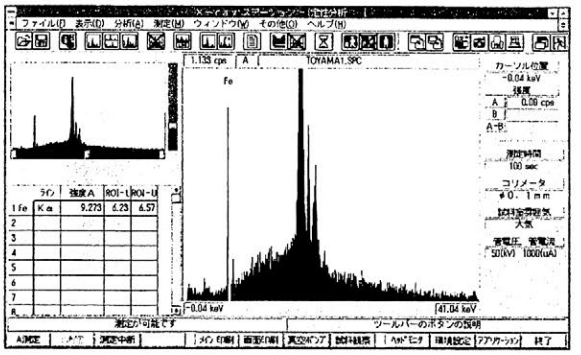
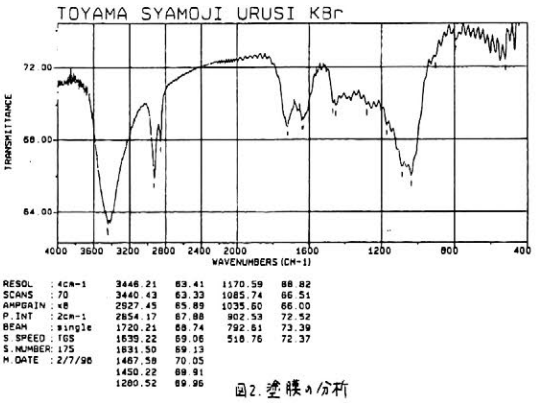
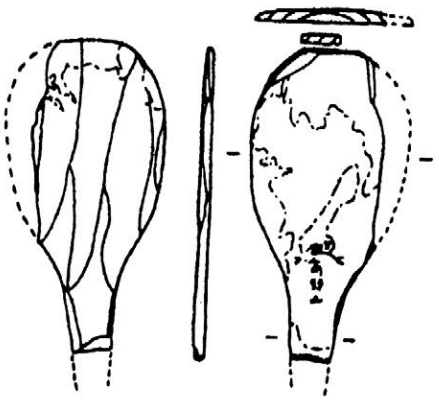


図1. 赤色顔料の分析



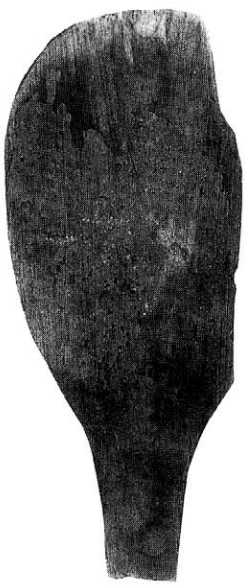
RESOL	: 4cm-1	3446.21	63.41	1170.59	88.82
SCANS	: 70	3440.43	63.33	1085.74	86.51
AMPGAIN	: x8	2927.45	65.89	1035.60	86.00
P.INT	: 2cm-1	2854.17	67.88	902.53	72.52
BEAM	: single	1720.21	88.74	792.81	73.39
S.SPEED	: FGS	1639.22	89.06	518.76	72.37
S.NUMBER	: 175	1631.50	89.13		
M.DATE	: 2/7/96	1467.58	70.05		
		1450.22	88.91		
		1280.52	89.96		

図2. 塗膜の分析



実測図

保存処理前



保存処理後

画像処理後

画像処理 拡大

P74

スカイポールからの画像を用いた遺跡探査

○三浦定俊・川野邊　渉(東京国立文化財研究所)

1.はじめに

地下に埋没している遺跡の探査方法として、これまで航空機を用いた探査[1)]と気球を用いた探査[2)]を行った。ここで検討する探査方法は高いポールの上に調査機器を乗せて撮影する方法で、航空機や気球からのように真上から見た画像は得られないが、手軽に用いることができる点が長所である。

2.調査の方法

これまで調査した群馬県北群馬郡子持村に近い、北橘村の真壁諏訪遺跡を調査した。この遺跡は古墳中央の主体部と思われる石が露出していて、その周辺部の状況を探査することを目的とした。遺跡の表土が子持村と異なり榛名山からの軽石や火山灰ではない点に、新たな探査対象としての意味がある。

調査は1996年2月14日(水)午前8時～10時に実施し、スカイポールと呼ばれる伸縮式のポールの先端にカメラ類を乗せるための架台をとりつけ、約13mの高さから撮影した。架台は地上を真上から60度の角度で俯瞰するように取り付けられている。撮影した画像はカラー写真(フジクローム400D)、R，G，Bのモノクローム写真(トライX)、近赤外線写真(コニカ750)、熱赤外線画像(TVS-110、アビオニクス)の6種類である。

3.結果

地中レーダー探査によると遺跡に隣接した群馬用水からの導水管が、探査した範囲の南西隅の地山を掘り込んで北西から南東に向けて埋設されていることがわかった。地山は北東から南西に向けて、わずかに高く勾配があるようである。導水管の存在は近赤外線や赤の画像で、明るい色の部分に挟まれた暗色の帯としてみることができる。遺跡の西の端(地点E)では導水管からの漏水があって、土の色が黒くなっている。このほか地中レーダーの探査結果では、古墳主体部と考えられている場所の西側の地下に高低差のある部分(地点B)があるが、画像では明確な形を識別することができなかった。このランドマークは、前回の子持村と同様に、8時から9時頃までは良く見えたが、陽が昇って次第に地面が乾く10時頃には不明瞭になった。

表1.土壌表面の温度変化(単位℃)

時刻	A地点	B地点	C地点	D地点	気温	相対湿度(RH%)
8:00	5.0	5.2	5.5	4.5	9.4	61
10:00	13.1	14.5	13.0	10.5	16.6	43

地点Dでは表面温度の上昇は小さかった。この理由は、地点Dのすぐそばの地点Eで漏水があるためと考えられた。実際にA～Gの7地点で含水率を比較すると、導水管に近い位置ほど土壌の含水率が高くなる傾向が見られた(表2)。

表2.土壌の含水率(%)

採取位置	A	B	C	D	E	F	G
含水率	6.5	8.6	8.5	10.9	15.4	6.6	5.4

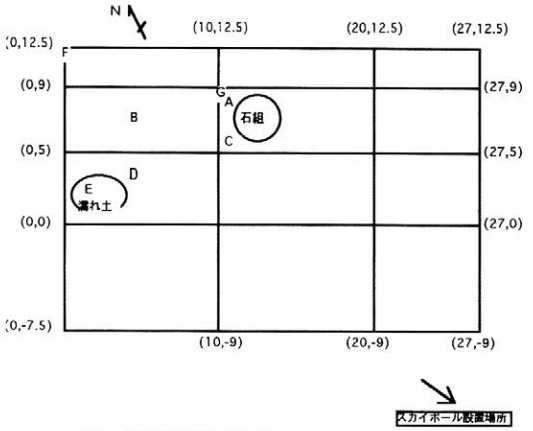


図1.遺跡平面図

図2.スカイポールからの近赤外線画像

5.まとめ

スカイポールに取り付けた架台から遺跡の撮影を行い探査を試みたが、導水管からの漏水の影響が大きく、子持村で行ったような光学的情報による遺跡探査の成果は上げられなかった。しかし導水管の位置がわかったことは、他への応用の可能性を示したといえる。

本研究は平成7年度文部省科学研究費重点領域研究「遺跡探査」によるものである。

謝辞

この研究を遂行する上でお世話になった、北橘村教育委員会の長谷川福次氏に感謝申し上げます。

参考文献

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

2)三浦定俊・花泉　弘・妻嶋忠行・川野邊渉:気球からの画像を用いた遺跡探査、日本文化財科学会第12会大会研究発表要旨集、pp.1995、奈良)

P75

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（２）
―――三次元形状計測による形状比較法の研究―――

○塚本敏夫（（財）元興寺文化財研究所）・増澤文武（同）
佐藤宏介（奈良先端科学技術大学院大学）
松本亮（株式会社オージス総研）・内田勇治（同）

１．はじめに

考古学の研究は出土した遺物の型式学的研究が基本となっている。したがって，より精度の高い記録保存方法と比較研究方法の開発が研究を飛躍的に発展させることができる。元興寺文化財研究所では文化財のデータ保存方法として三次元形状計測装置（レンジファインダ）を用いた予備研究を進めてきた。その結果基本的な形状データの記録保存に有効であることが確認された[1]。しかし，文化財に応用するにあたって，計測装置の計測方式や対象視野を遺物の材質，形状，情報量の違い等により変えなくてはいけないことや，研究方法に応じて形状データの画像処理法を開発する必要性があることが明らかになった。現在，文化財用の三次元形状計測装置を開発中である。本研究では考古学研究において重要な同笵・同型関係の検証方法に焦点を絞って、三次元形状計測によって得られた形状データをコンピュータ上で立体形状比較を行い、定量的な形状比較法を確立することを目的とする。

本報告では開発した形状比較ソフトの概略を同笵瓦による比較結果を基に報告する。

２．形状比較法の開発

考古遺物の新しい形状比較法として三次元形状計測で得られた三次元データの立体比較が考えられる。立体比較をするには多視点の異座標系のデータを同一座標系に変換して比較しなければならない。予備実験で既存の編集ソフトを使って鈴杏葉（２個同笵）の立体比較を行った。

その結果、比較は可能であるが座標変換（手合わせ）に時間がかかった。そこで，簡易に精度良く座標変換を行うために，特徴点制御座標変換による形状比較ソフトを開発した。

以下，同笵瓦３点の形状比較実験結果を見ながら説明していくこととする。

３．同笵瓦３点の形状比較実験

(1)計測条件

計測遺物　元興寺出土軒丸瓦３点
計測装置　レンジ１５０mm（ＲＦＸ．Ⅵ使用）
　　４方向による分割計測

(2)計測実験

①基準のマーキング

写真-１の輝度画像に見えるように基準となる乳（同一と思われる点）にマーキングを貼り，基準点を　明確にする。

②各瓦の三次元形状計測

４方向からの分割計測を行い，三次元形状データを撮った。

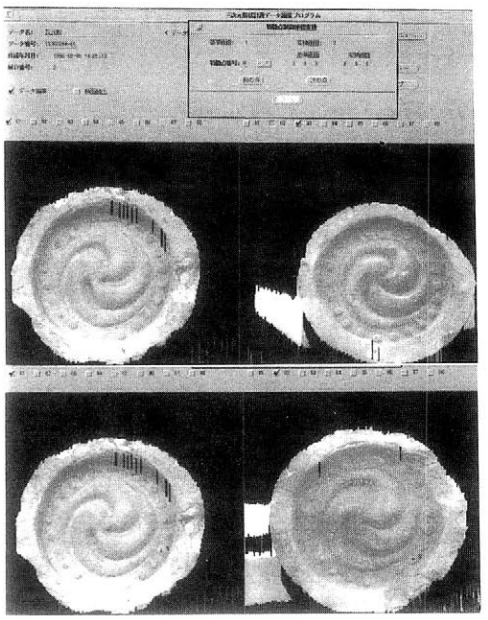
③特徴点の指定

(a)瓦１と瓦２の特徴点の指定（写真-１の上段）

描画領域１（写真-１の左画面）に基準画面を描画領域２（右画面）に変換画面を選択表示する。

描画領域１に瓦１の描画領域２に瓦２の輝度画像を表示し，基準点からデータ上で画素をピックして指定する。以下，同一と思われる２点（ペア点）を３点以上指定する（但し，誤差の関係から確実にペア点と思われる点のみを指定）。

本例では，確実な特徴点５点を指定した。



写真－１　特徴点のセレクト
上：瓦１（左），瓦２（右）
下：瓦１（左），瓦３（右）

(b)瓦１と瓦３の特徴点の指定（写真-１の下段）(a)と同様特徴点５点を指定する。

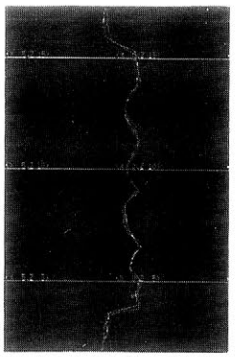
④特徴点座標変換（座標系統一）

最小二乗法によりペア点の三次元的な距離が最小になるよう平行移動量，回転角度を算出し，自動的に座標系統一を行います。本例では，瓦１を基準座標とし瓦２，瓦３の座標系を基準座標系に変換した。

(3)計測結果

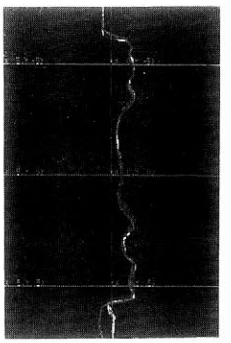
写真-２に座標変換し重ねた３個の瓦を同時に任意の縦方向に切断した断面線の比較を示す。（瓦１，２，３が赤，緑，青の線で表示，座標メッシュは５０mmＰ）

３線はほぼ同様の軌跡を示し，計測値は最大でも１mm以下の誤差範囲に収まっている。縦断面ではほぼ同范と認定できる結果が得られた。



写真－２　瓦の縦断面比較

写真-３には任意の横方向に切断した断面線の比較を示す。３線はほぼ同様の軌跡を示す。ほぼ計測値は１mm以下の誤差範囲に収まっているが，一部で２mm以上の誤差が確認できた。しかし，この個所は製作時の歪みや，傷が確認できる部位であり，横断面線でもほぼ同范と認定できる結果が得られた。



写真－３　瓦の横断面比較

写真-４に３つ瓦の縦断面線をＸ軸に平行移動させた図を示す。同一軌跡であることが良くわかる。

写真-５に３つの瓦の半断面を視覚的にわかりやすいように１０mm毎ずらして重ねたワイヤーフレーム図を示す。立体的にも同范であることが伺える。

以上，３つの瓦は三次元的な形状比較において同范であると認定できた。

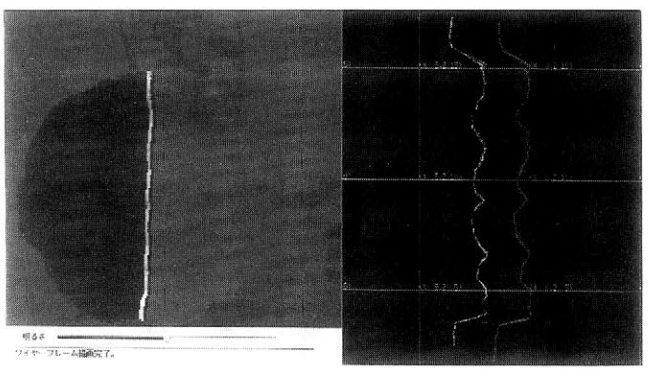
４．　おわりに

本年度の研究は現在進行中であるが，三次元形状計測データが考古遺物の新しい形状比較法としてある程度有効性があるという見通しがついた。

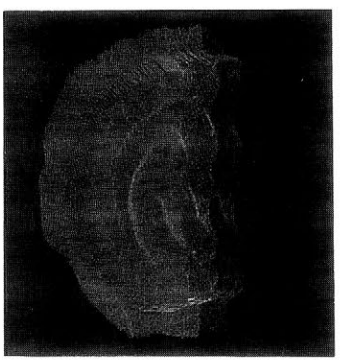
特徴点座標変換法もある程度の精度で使用可能であることが確認できた。しかし，特徴点の選定誤差や明瞭は特徴点が得られない場合の問題等，まだまだ実用化には問題が山積している。

今後は，ＣＡＤ上で有効に比較ができるよう考古遺物の特性にあった適応的なモデリング手法[2]や多視点計測の自動座標変換（自動合成）[3]の開発に一歩でも近ずくよう研究を進めていきたい。

尚，本研究は平成７年度文部省科研費重点領域「人文科学とコンピュータ」の一部による。



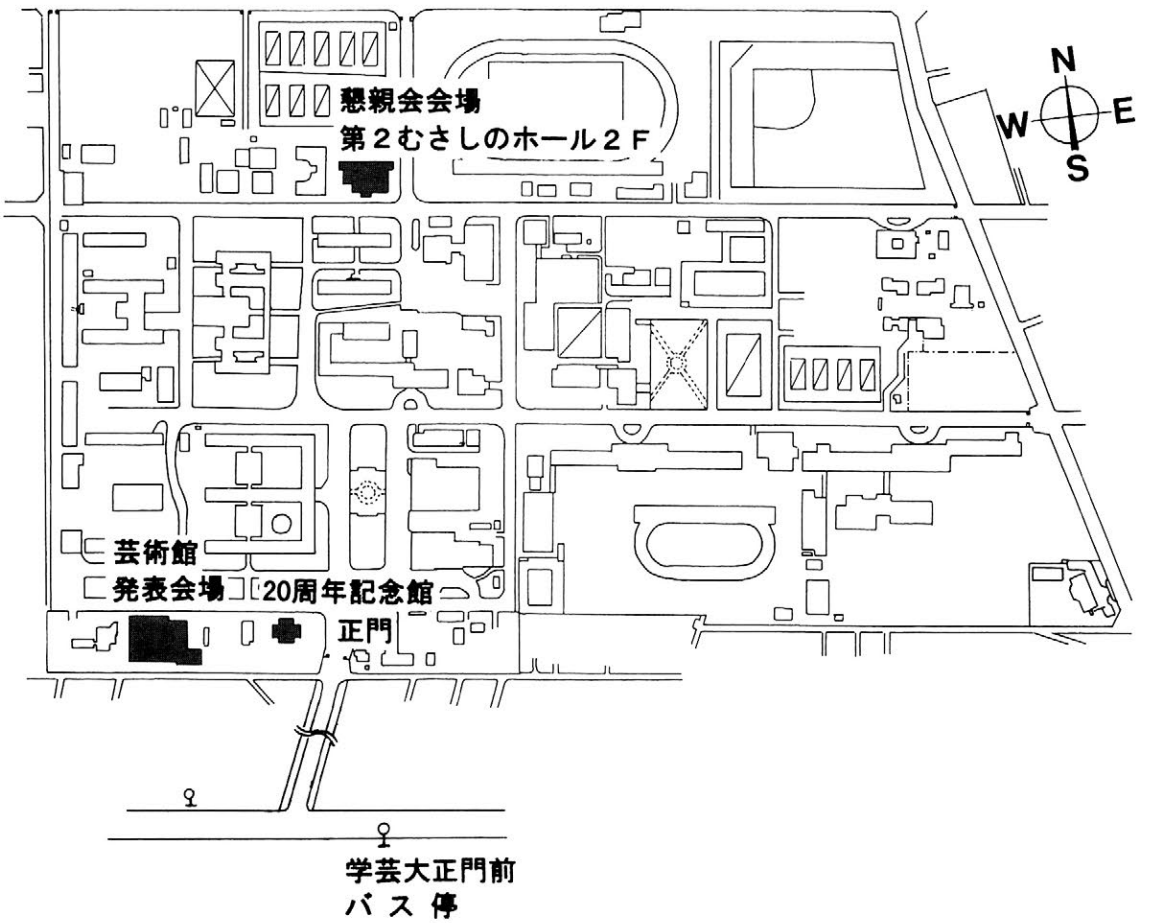
写真－４　瓦の縦断面比較　　赤（瓦１）：緑（瓦２）：青（瓦３）



写真－５　瓦の半断面比較
赤（瓦１）：緑（瓦２）：青（瓦３）

参考文献

１）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(1)」
『日本文化財科学会　第１１回大会　研究発表要旨集』ｐｐ 147～148、１９９４年
２）田中弘美「距離・カラー画像からの適応的３次元物体モデリング」
『第２８回　人文科学とコンピュータ研究会　研究発表要旨集』、１９９５年
３）横矢直和他「多視点距離データを用いた３次元形状モデリング」
『公開シンポジウム「人文科学とデータベース」　研究発表要旨集』ｐｐ 55～60、１９９５年


懇親会会場
第２むさしのホール２Ｆ
N
W
E
S
芸術館
発表会場
20周年記念館
正門
学芸大正門前
バ ス 停