

ポスターセッション

古墳時代と江戸時代の畑地堆積物堆積構造の比較 — 大阪府久宝寺遺跡，京都府山崎津跡の事例 —

松田順一郎 (財団法人 東大阪市文化財協会)

はじめに

考古遺跡で検出される畑地遺構は，作土層上面の畝と畝間の溝，造成・耕起時に形成される溝（混層・排水を目的とするものや鋤の痕跡）などの特徴によって認定されてきた。しかし造成・開墾，耕作の方法によっては，これらの特徴が出現しないことが予想される。また，畑地表層の特徴は埋没後の自然の変形，後世の削平や畑地堆積物の再堆積によって失われる。さらに，狭小な発掘調査範囲では見過ごされる可能性が高い。このような訳で，畑地堆積物自体の特徴の認識が必要であり，その解釈は耕作行動や耕地特性の復原，遺跡における土地利用の変化とその周辺の景観変遷の復原を導くと思われる。

本研究では，年代や形成過程の異なる大阪府八尾市，久宝寺遺跡の古墳時代前期(庄内式期)と京都府大山崎町，山崎津跡の江戸時代(18世紀)の畑地堆積物 (field deposits) の堆積構造 (sedimentary structures) を比較し，それらに共通する基本的な特徴と，相違点を検討する。

試料と方法

久宝寺遺跡の試料は，畝や混層耕の溝などの特徴がみとめられ，あらかじめ畑地と認識された層準から採取した。山崎津跡の試料は，発掘調査における耕作地跡の2枚の遺構検出面に挟まれた層準から筆者の判断で採取した。畑地堆積物の構造について，垂直・水平方向に数10cmの範囲のメソスケールと，数cm～数10 μ mの範囲を対象とするメソ～マイクロスケールでの観察を行うことにした。これらの観察に必要な不攪乱試料は，現地の堆積層断面から切り出した高さ約35cm，幅・厚さ約15cmの堆積物ブロックから調整・作成した。まず，ブロック試料を，水分を保持した状態で，垂直断面を平滑に削りながら，堆積物の組成と構造を肉眼で観察し，記録するとともに，厚さ1cmまでさらに試料を削り，板状に成形して軟X線写真を撮影した。ここでは，肉眼と軟X線写真の観察結果について述べる。なお，微細構造ないし土壤微細形態をより詳細に観察するため，軟X線写真撮影後の試料の一部から，約3×3cmの複数の薄片試料を作成中である。

畑地基盤の堆積環境

久宝寺遺跡では，畑地堆積物の下位約1mの垂直範囲には，ほとんど塊状をなし，カニの巣穴と考えられる生痕化石を含む，シルト質極細粒砂～中粒砂層とその上部10～20cmに砂質シルト質粘土層がみとめられた。これらは，三角州面下部の砂堆から分流路間低地の湖沼への変化を示す。畑地の造成に際して，この低湿な場所が旧大和川分流路の急激な下刻によって離水したと推測される。いっぽう，山崎津跡の試料採取地点は，中世から近代までの木津川，桂川とその支流の後背湿地にあたり，砂の葉層・薄層を挟むシルト質粘土，砂質シルトが約3m累重し，その中・上部に耕作土層がいくつかの層準でみとめられた。試料の畑地堆積物の基盤は人為的な擾乱を受けた砂質粘土質シルトである。このようなことから，畑地造成の初期条件が，前者では砂地に泥が堆積し，後者では泥地に砂が堆積して生じ，ともにこれらの堆積物の混層・耕起によって造成が始まったと推測される。

肉眼と軟X線写真の観察結果 (図1)

久宝寺遺跡試料では26cm，山崎津跡試料では22cmの垂直範囲は，上部，中部，下部に大別され，共通した堆積構造の特徴を示す成層構造がみとめられた。

下部の約10cmは，おもに砂マトリクスを伴い，淘汰が悪く，角～亜角でブロック状，板状ないし刃状の形をなす最大粒径数cmまでの，泥質堆積物からなるブロック土層がみとめられる。上・下位堆積物とは比較的明瞭な線状の境界をなす。久宝寺遺跡試料では，この範囲の下部には混層溝側壁から崩落し，その底に堆積した砂がみられる。山崎津跡試料では，鋤耕作によって生じた，板状のブロック土が刃の痕跡の片側に斜交して積み重なる構造がみとめられ，他の部分には後述する粒団が多く含まれる。このことから，2回目の以後の深耕が行われたと考えられる。

中部の数 cm 以下の垂直範囲には、下部の砂マトリクスを残すが、ほとんどクラスト支持の、垂角よりさらに角のとれたブロック土ないし粒団の層がみつめられた。また、側方に泥がちな部分と砂がちな部分がまだらに分布する。その境界が線状に明瞭な部分もある。山崎津跡試料では、すでに形成された 5mm 以下の粒団とそれらからなる 30mm 以下の二次的な粒団が含まれる。久宝寺遺跡試料では、比較的粒径の揃った約 3mm で、球形度の高いペレット状の砂質泥ブロック土を多く含み、泥で充填された根の痕跡が高密度に分布する。冠水し一時放置された古い畝間の溝底直下で形成された特徴とも考えられる。中部は混層・耕起された後さらに砕土された堆積物が層状に残存したものと考えられる。

上部は、5mm 以下の粒団がほぼ均質に分布し、下位層準で見られた砂マトリクスはない。粒団は円～垂円状で、泥と砂からなる。畑地の表層をなし、頻繁に反転、攪拌される堆積物で、土壌層位中の狭義の Ap 層準(実用的には有効土層)に相当すると考えられる。山崎津跡試料では二次的な粒団(図中では cluster とした)が多くみつめられる。またこの部分の上部には、やや有機物が多く含まれると思われる厚さ約 3cm の層が区別される。久宝寺遺跡試料では、畝間の溝を含み、その下底は古い溝に堆積したと考えられる。炭片の葉層を含む泥がみられる。

この層準の上には、両試料ともに泥層が載る。その堆積中に移動した下位の堆積物が同層中に散布する。久宝寺遺跡試料では、畑地は完全に埋没しているが、山崎津跡試料では、泥層中に葉理などの成層構造がなく、人為的な擾乱を受けたように見える。また、畑地堆積物上端の約 4cm 上位には、砂マトリクスとシルトブロック土からなる新しい耕作地堆積物下端の構造がみつめられる。

以上のような、畑地堆積物の成層構造と各層(layers)の内部構造は、沖積地における普通畑(焼畑を除く)跡検出の手掛かりになるとと思われる。また、多数の事例を集めれば、この堆積構造の検討から、時代や地域、土地条件によって異なる畑地造成方法や作土の作り方が明らかにされるであろう。ポスターセッションでは、薄片試料の観察にもとずき、粒団の性質や孔隙の状態を検討したい。

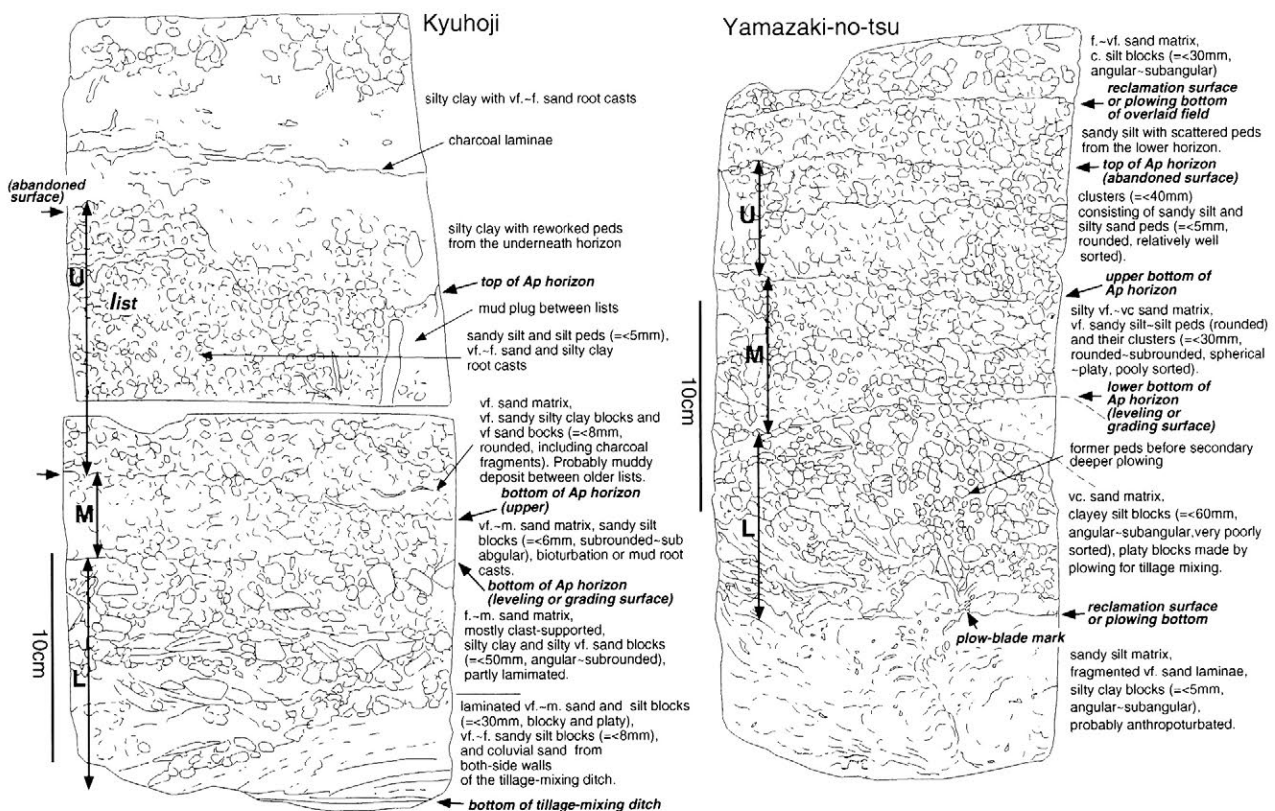


図1 久宝寺遺跡と山崎津跡の畑地堆積物試料の垂直断面とその堆積構造。試料の肉眼観察と軟X線写真の検討にもとづく。

* 試料採取にあたって、援助賜りました大阪府文化財センターの西村歩氏、大山崎町教育委員会の古閑正浩氏に感謝いたします。

兵庫県芦屋市前田遺跡から検出された水田跡の微細形態学検討

○辻 康男・辻本裕也・馬場健司 (パリノ・サーヴェイ (株))、森岡秀人 (芦屋市教育委員会)

本研究では、兵庫県芦屋市前田遺跡で 2003 年度に検出された第 20 地点の水田跡を構成する堆積物の微細形態学的な検討を行う。前田遺跡は、縄文時代晩期から弥生時代前期頃にかけて形成された沖積扇状地面 (af III面) の扇端部に位置する (図 1)。第 20 地点の水田跡は、現地表面下約 1.5m (標高 14.8m 付近) に累重する黒褐色砂質シルト層上面で検出された (図 2)。黒褐色砂質シルト層の下部には、トラフ型斜交葉理をなす流路充填堆積物の灰白色極粗粒砂～細礫層と、その直上に形成された古土壌の塊状をなす黒褐色砂礫質シルト層が累重する。黒褐色砂質シルト層上面では、幅 50cm、高さ 10cm 前後の畦畔が確認された (図 3・写真 1)。畦畔検出層準からは考古遺物が検出されなかったが、畦畔の直下および直上の有機質堆積物から、Cal 2500～2400 yrs BP の C14 年代値が得られた。近隣の調査地との層序対比結果および C14 年代値などをふまえると、水田跡は弥生時代前期に形成されたことが推定される。

現地調査では、畦畔部を含む調査地内の 3ヶ所 (1～3 地点) において不攪乱試料を採取した (図 3)。土壌薄片作成は、1・3 地点の試料について実施した。また、すべての試料について軟 X線写真撮影を行った。図 2 に、3 地点の土壌薄片および軟 X線写真を示す。土壌薄片・軟 X線写真の観察の結果、作土基盤層、水田作土、畦畔構成層、作土を覆う地層において、それぞれ異なった土壌・堆積構造が形成されていることが明らかになった (図 4)。作土基盤層は黒褐色砂質シルトからなり、粒団や孔隙がほとんど発達せず、やや不明瞭な水平葉理からなる堆積構造が観察された。これに対し、水田作土は、塊状なす黒褐色砂質シルト～砂礫質シルトからなり、直径 3～5mm ないし 10mm 程度の粒団や、互いに平行する壁面を持ち水平方向に伸びる幅 0.05mm 程度の孔隙の発達が認められた。作土を覆う黒褐色細礫混じり砂質シルト層は、塊状の層相をなし、水田作土に比べ幅の広い 1～2mm 程度の水平方向に伸びる孔隙が多く分布する。畦畔構成層では、中軸 0.5～1.2mm の砂粒子からなる亜角状の偽礫を多く含む砂質シルトを主体となし、最上部に層厚 1cm のシルトからなる堆積層が観察された。

以上のような水田跡構成層の微細形態と現地での堆積物観察結果から、水田跡は、流路埋没後、周辺の地形面が離水して古土壌が生成されるような好気的な土壌環境となった後、再び水位が上昇して湿性の土壌が累重していくような堆積環境変遷過程において形成および埋没したことが推測された。ポスター発表では、土壌薄片の細部構造に関する記載と微化石分析結果を併せ、より詳細な水田跡の遺跡形成過程について報告を行う予定である。

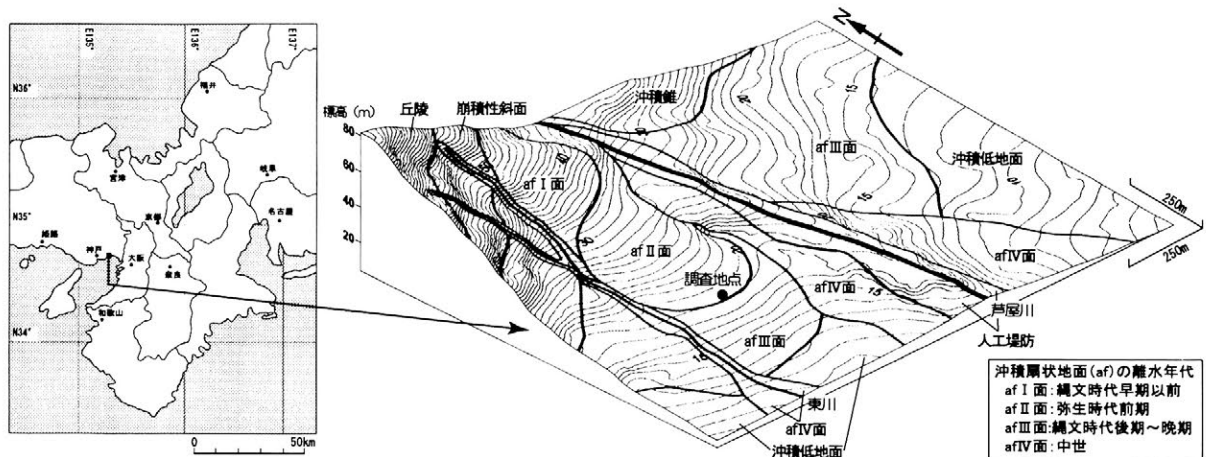


図 1 調査地点位置図

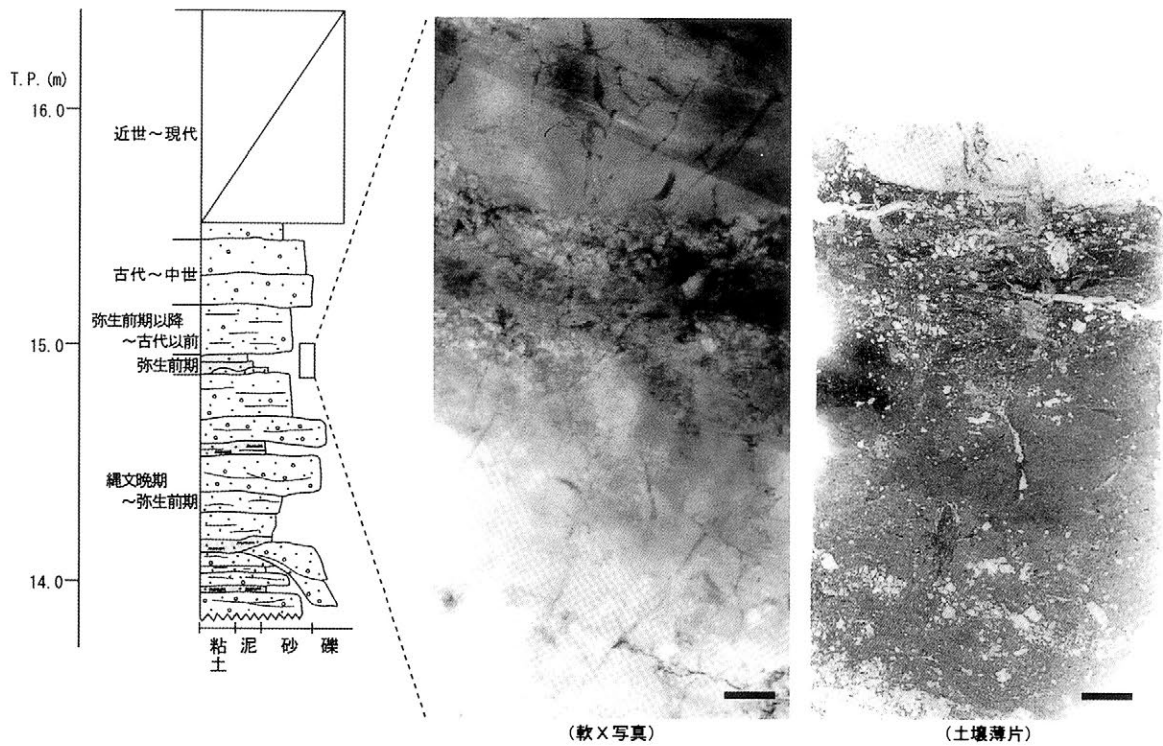


図2 調査地の柱状断面と試料採取層準と3地点の土壤薄片と軟X線写真(スケール:1cm)

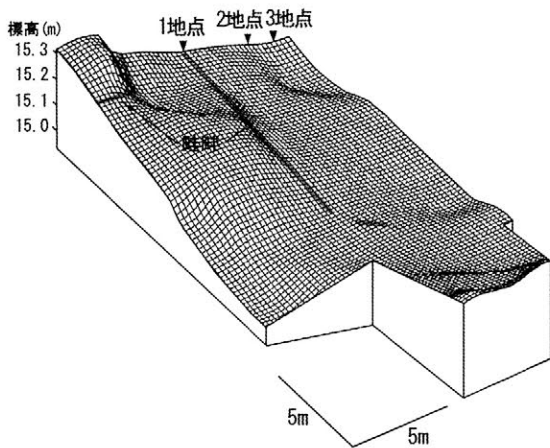


図3 畦畔検出面の起伏と試料採取位置



写真1 畦畔検出状況

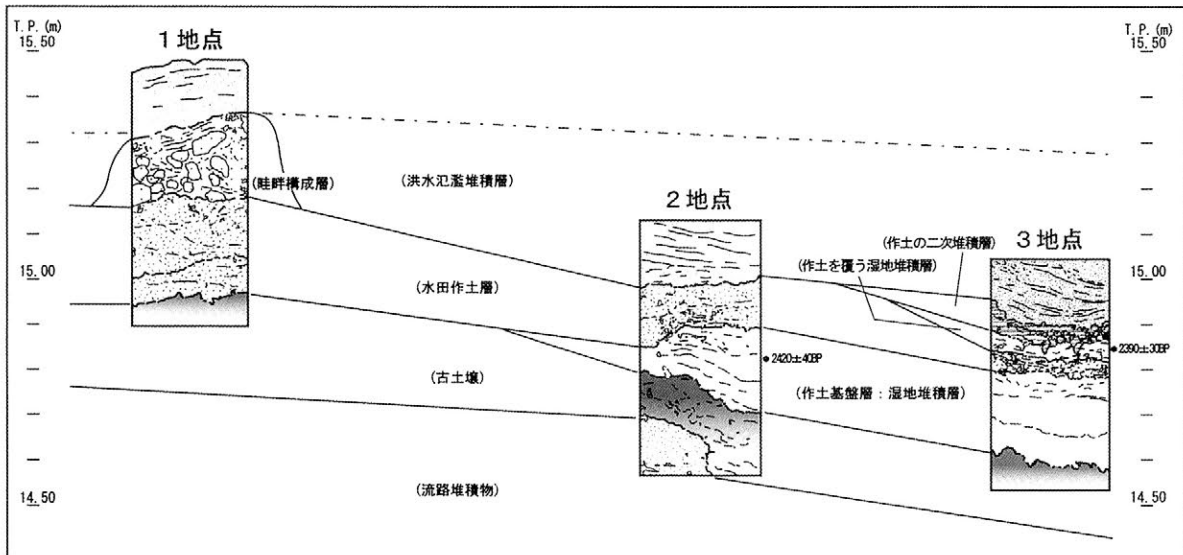


図4 1~3地点の微細堆積相と水田検出面の模式断面図

畑遺構土壌の農耕地としての評価法に関して（第2報）

—土壌化学性に関する適応事例と詳細な検討—

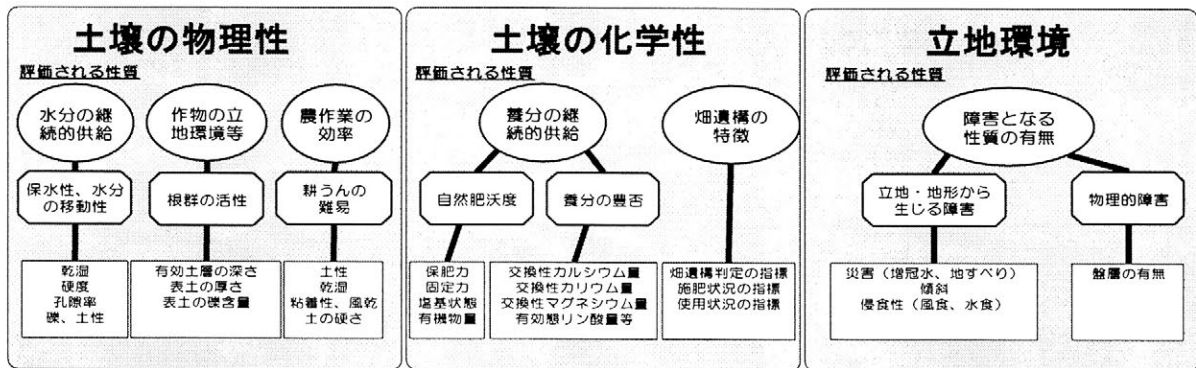
○須永薫子（東京農工大学大学院） 坂上寛一（元 東京農工大学農学部）

1. 背景および目的

これまで、かつての水田については生産性の考察が多数行われてきた。一方、かつての畑の生産性に関する研究は少ない。これは、稀な例として作物の痕跡が出土することはあるが、通常は栽培作物が限定される例が少ないこと、栽培方法が明瞭ではないこと、そして畑遺構の検出例が少ないことなどが背景にあると考えられる。また、一般に畑では連作障害が生じることから栽培作物は意図的に変更されていた可能性が高く、栽培作物は限定されていなかった可能性がある。そのため、栽培作物とは独立した方法での総合的な地力評価は水田に比べむしろ畑で重要である。しかしながら、埋没した畑遺構の埋没以前の地力を評価するためには、現在一般に行われている評価方法では、十分とはいえない。発表者らは、2003年度大会において畑遺構土壌の農耕地としての評価法について概要を発表した。本報告では、埋没畑遺構の土壌化学性の特徴を中心に、埋没畑遺構をかつての農耕地として評価する項目および評価方法を検討した。

2. 評価項目の概要

作物が健全に生育するには、適度な光、温度、空気、水分、養分、障害因子のないことの6つの要因が必要である。光をのぞいた要因について、土壌は重要な役割を果たしており、畑遺構土壌においてもこうした要因を評価できる可能性がある。現代の農業で用いられてきた総合的な土壌評価法である生産力可能性分級(土壌保全調査事業全国協議会編,1991)の評価基準を参考に評価項目および基準を検討した。埋没畑遺構では、現在の評価方法をそのまま用いることはできない。そのため生育環境としての土壌の化学性・物理性および立地環境の各性質について畑遺構土壌で評価する項目として妥当な項目およびその評価基準を検討した。検討から畑遺構土壌で用いることのできると考えられる評価項目を図1にまとめた。本発表では、特に土壌化学性に関して、生産力可能性分級に基づく項目および畑遺構土壌の性質をより明瞭に示すことのできると考えられる項目について検討する。



3. 各項目の検討

①生産力可能成分級を参考にした評価項目

作物生育環境の化学性の評価に関する生産力可能性分級は、自然肥沃度と養分の豊否によって

表される。生産力可能性分級では自然肥沃度の項目は、保肥力(陽イオン交換容量)、固定力(リン酸吸収係数)、塩基状態(石灰飽和度%、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$)により評価される。埋没畑遺構の評価においても、保肥力、固定力はそのまを用いた。 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は、水に溶解する陰イオン、陽イオンのバランスによって決定される土壤化学性である。こうした成分は、水とともに移動し易く、埋没以降の影響を受けやすい化学性と考えられる。このため埋没畑遺構の土壤評価には適さないと考え、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は評価項目として用いなかった。

生産力可能性分級では養分の豊否に関して、作土の交換性カルシウム・マグネシウム・カリ含量、有効態リン酸含量、微量元素含量、交換酸度(Y1)を要因項目とし要因強度により評価を行う。埋没表層土では、交換性カルシウム量、交換性マグネシウム量、交換性カリウム量、可給態リン酸量を評価した。なお、交換酸度(Y1)は pH と同様の理由により評価しなかった。

②畑遺構の化学性の特徴を示す評価項目

これまでの検討から、畑遺構と対照地(これまでの検討に用いた遺構の状況から畑遺構ではないと考えられる地点)の土壤を比較することによって畑利用に伴う特徴を明らかにできることが分かった。そこで、畑利用に伴う変化を畑使用状況の指標として利用することを検討した。

使用状況の指標:これまで検討してきた畑遺構では、畑遺構と対照地の易分解性有機物量を比較することによって、使用に伴うと考えられる土壤有機物の減少状況を明らかにすることができた。そこで、畑遺構と対照地の易分解性有機物量の比(Or/On)を使用状況の指標として評価した。Or/Onの値は1以下で、典型的な畑の性質(ここでは、現代と共通するいわゆる常畑的な性質を典型と称した)と考えられる。

施肥状況の指標:これまでの検討から畑遺構と対照地の可給態リン酸量を比較することによって、畑利用に伴う施肥の影響と考えられる性質を検討することができた。そこで、畑遺構と対照地の可給態リン酸量の比(Pr/Pn)を施肥状況の指標として評価した。Pr/Pnの値は1以上で典型的な畑の性質を示していると考えられる。

畑遺構判定の指標:畑の使用状況の指標として、O/P(易分解性有機物量/可給態リン酸量)を求めた。これまでの検討から有機物の減少および可給態リン酸の増加がみとめられるような典型的な畑利用ではO/Pは、低くなることがわかっている。畑遺構と対照地のそれぞれの値を比較することによって畑利用の状況を検討できると考えられる。

4. 今後の検討項目

これまでの検討では、大量の火山灰等によって比較的短時間で埋没した畑遺構から土壤を採取し分析、検討を行ってきた。そのため、畑遺構が明瞭に観察でき、畑ではなかったと考えられる地点も遺構の状況から判断することができた。しかしながら化学性は上位層の土壤や水の移動による影響を受けやすい性質である。これまでの検討では対象とする土壤が地表から1~2m程度埋没していたため、最も影響を受ける可能性が高い現代の土地利用の影響は比較的少なかったと考えることができた。また、採取に当たっては、現代の表土から対象とする層位の土壤およびその下位層の土壤まで分析し、相互に比較することによって、化学性について論じることの妥当性を検討してきた。

こうした遺構は極希少であり、より汎用的に検討するにあっては、化学性の検討結果のみならず、埋没状況やその経緯、現代の土地利用、上位層からの影響など前提として示すべき項目が多数ある。また土壤の母材など、畑利用の有無にかかわらず基本となる性質が異なることも考えられる。そこで今後は評価の評価項目や評価基準の妥当性ととも前提として示すべき項目や注意すべき項目について検討する必要があると考えている。

沖積平野の発達と弥生集落の形成
—青谷平野と青谷上寺地遺跡をタイプケースとして—

○真島 健*・金原正明*・金原正子**
(*奈良教育大学・**古環境研究所)

1. 目的

稲作水田農耕を生業基盤とする弥生文化は、沖積平野の発達が大きな影響を与え、その集落形成も大きく左右される。沖積平野の発達は下部中部の海成層ないし汽水成層、上部の淡水ないし陸成層からなり、上部の淡水ないし陸成層の形成において、稲作水田農耕が行える環境が発達する。これら沖積平野の発達と弥生集落の形成の関係は、地域的には多少の時期差はあるが、同様の過程がみられると考えられる。本研究では、主に日本海沿岸に位置する青谷平野の発達と環境を環境考古学分析データで復元し、青谷上寺地遺跡の形成との関係の中で、沖積平野の発達と弥生集落の形成を検討する。

2. 青谷上寺地遺跡（鳥取県青谷町）

珪藻分析結果から、縄文時代後晩期以降、3度の環境変遷が認められる。縄文時代晩期以前には、海水の影響のある淡水域であり、流水域の環境が支配的である。その後、河川が流入する沼沢地で、海水泥質干潟や海水藻場が比較的隣接し、潮の干満による海水の影響をより強く受ける環境が推定される。

弥生時代前期以前に海水の影響を強く受ける干潟の環境へと変化する。そして弥生時代中期になると淡水の影響のやや強い干潟の汽水域の環境へと移り変わり、弥生時代中期以後は不安定な止水域の環境になり、花粉分析および植物珪酸体分析から、水田の分布が示唆される。

花粉分析の結果から、縄文時代晩期以前には周囲および周囲地域にはスギ林を主にコナラ属アカガシ亜属とシイ属の照葉樹林が分布する。弥生時代中期頃になると草本主体の植生が拡大し、集落域や水田の拡大が推定される。それに伴い、周辺地域のスギ林を主にコナラ属アカガシ亜属やシイ属の照葉樹林が大きく減少していく。

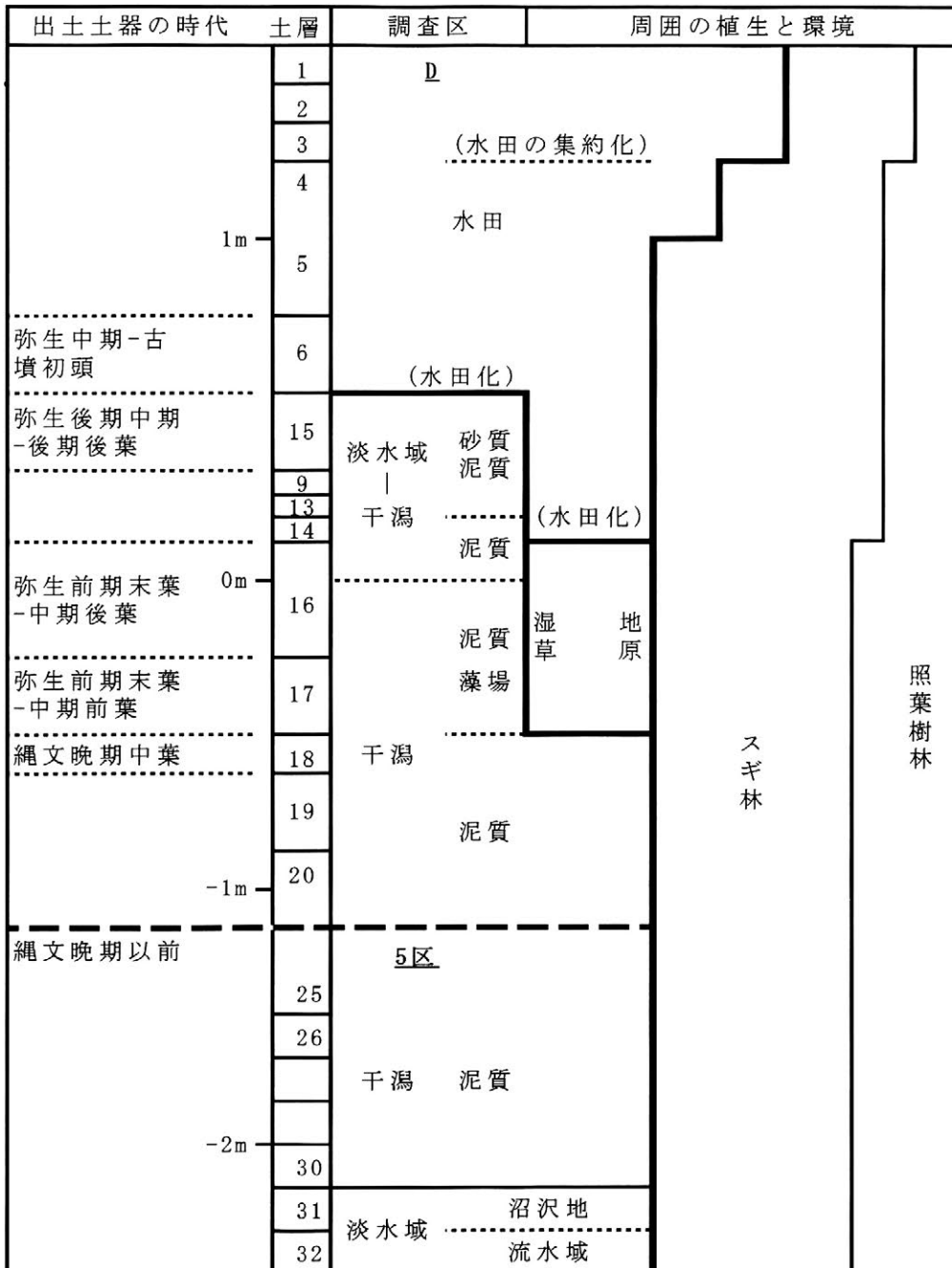
以上のように、青谷平野および青谷上寺地遺跡では弥生時代中期に沖積平野上部の発達がみられる。それに伴い、集落が大きく拡大する。

3. 八日市地方遺跡（石川県小松市）

八日市地方遺跡では、植生・環境・農耕が4期の変遷が推定された。II様式前半以前では、河辺にハンノキを主にトチノキやトネリコ属を伴う河辺林、周辺にはクヌギないしコナラ林を主にカシ林が分布し、森林の多い状態であった。II様式新になると、ハンノキ林や周囲のクヌギないしコナラ林が減少し、集落域と水田などの人為地が拡大が行われる。III様式古では、さらに人為地ないし水田が大きく拡大し、周辺のハンノキの河辺林やクヌギないしコナラ林は大きく減少する。湿った土壌の環境が拡大し相対的な乾燥化が行われる。III様式中以降では、乾燥を好み人里植物の性格を持つヨモギ属、アカザ科-ヒユ科などの草本が増加し、寄生虫卵の検出からも、集落域の拡大と人口の増加が示唆される。

4. まとめ

鳥取県青谷平野では弥生時代中期になり淡水化および陸化が著しくなり、大きく稲作水田農耕が行える環境が発達し、青谷上寺地遺跡の盛行する時期と一致する。石川県八日市地方遺跡においても、弥生時代中期における環境、植生、集落の拡大が呼応して行われる。以上、沖積平野の発達と弥生集落の形成拡大を、主に日本海沿岸の平野と遺跡の例で検討した結果、弥生時代中期における淡水化および陸化を主とする環境の変化という沖積平野の発達が稲作水田農耕の拡大の大きな要因であることが示唆された。



青谷上寺地遺跡における環境の変遷

唐古・鍵遺跡の花粉分析・珪藻分析からみた植生・環境と弥生環濠機能の変化

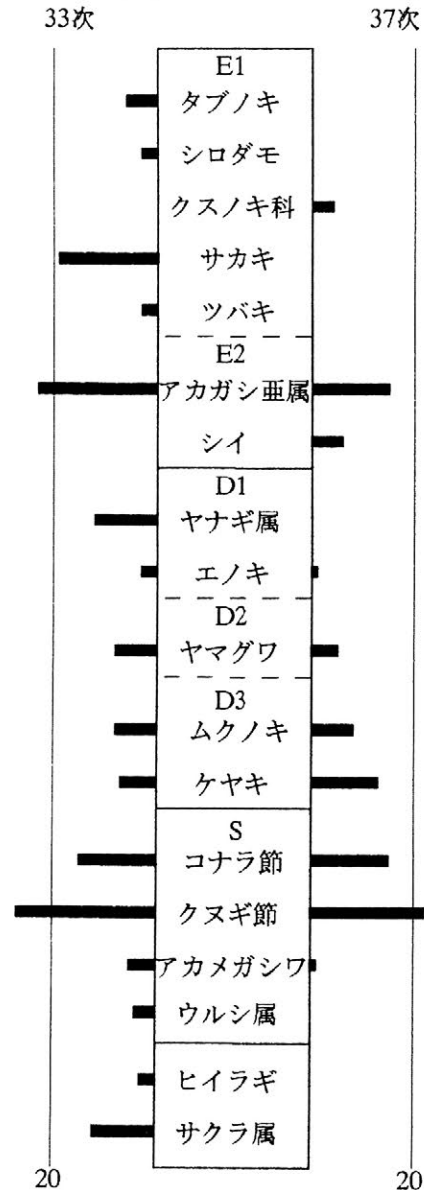
○金原正子*、藤田三郎**、豆谷和之**、金原正明***
 (*古環境研究所 **田原本町教育委員会 ***奈良教育大学)

遺跡において、長期の調査にわたり総合的な分析を行い、植生・環境の検討を行った例はほとんどない。唐古・鍵遺跡は、近年史跡整備に伴い花粉分析、珪藻分析、樹種同定、種実同定、寄生虫卵分析を行い、植生・環境の検討を行った結果、植生・環境と弥生環濠機能の興味深い知見が得られた。

- (1) 唐古・鍵遺跡の弥生集落が形成される以前は、カシを主とする照葉樹林とカヤツリグサ科などの水生植物が生育する低湿地が分布していた(65次)。種実同定からみてカシ林はイチイガシ林が分布する。
- (2) 集落が形成され、特に中期の集落が形成されると、エノキ・ムクノキ、クワ科・イラクサ科、イネ科の二次植生が増加する。樹木は、集落の中央部付近には、クヌギやコナラなどの二次林要素とカシが生育し(37次)、南部(33次)の大環濠付近では、サカキ、タブノキ、ヤナギが多い。西北部の大環濠付近(79次)ではコナラなどがやや多く、大環濠の外側(85次)では、エノキ・ムクノキが特に多くなり、二次林化が顕著である。中期の環濠帯は二次林に覆われていた。
- (3) 西北部の大環濠(79次)、大環濠の外側(85次)の環濠の珪藻分析からみて、環濠は中期の段階では流水が流れるが、後期になると止水となる。後期には樹木が急減し、伐採されたとみなされる。
- (4) 栽培植物としては、イネ、ウリ類、ヒョウタン類、モモ、マメ類、アサ、エゴマの種実が同定された。果実が食用となるものと

33次と37次の枝材等の主要樹種

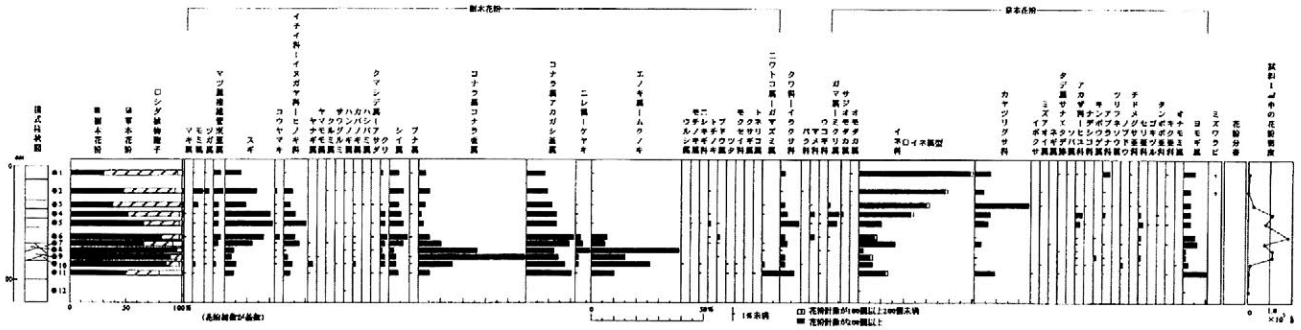
- E 照葉樹
E2は二次林種もあるか二次林種にもなるもの
- D 落葉樹
D1：湿潤地を好む
D2：人里水路際に多い
D3：適潤な肥沃地
- S 二次林要素で陽当たりのよい乾燥地



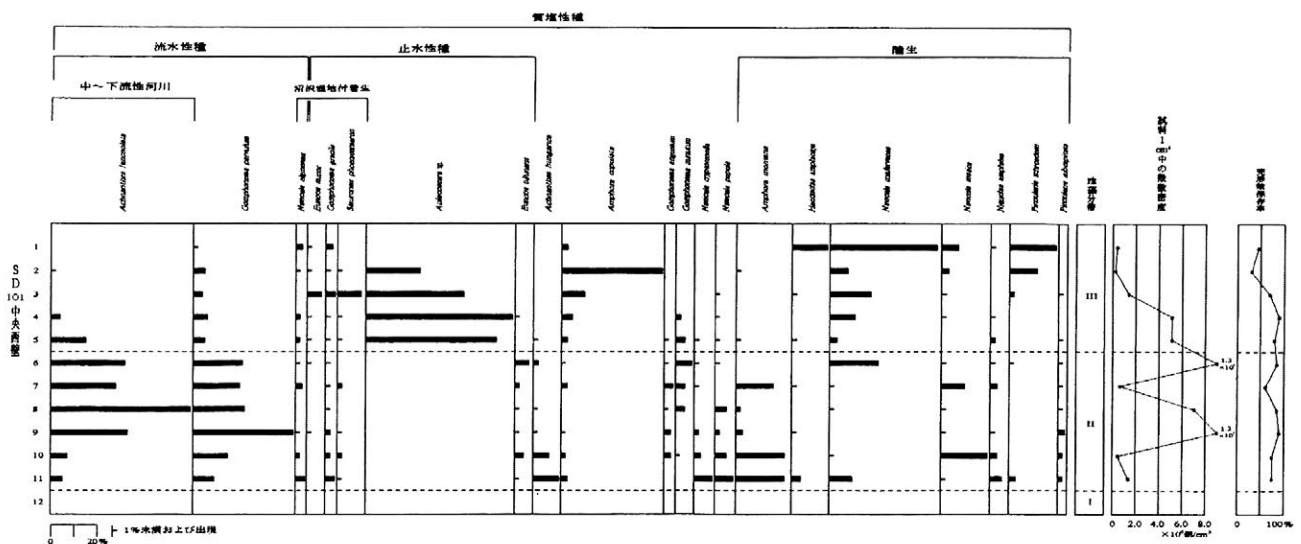
しては、ヤマモモ、クリ、イチイガシ、スダジイ、ムクノキ、エノキ、ヤマグワ、キイチゴ属、トチノキ、ブドウ属 (ヤマブドウ)、サルナシないしまたたび、サクラ節 (ヤマザクラ)、ヒシがある。他に人里に多い植物として、サンショウ、フユザンショウ、イヌザンショウ、アカメガシワの樹木、カナムグラ、タデ属、スズメウリ、カラスウリ、オナモミの草本が生育する。

(5) 西北部の大環濠 (79次) 等では密度の高い寄生虫卵が検出され、環濠は汚水の排水の機能も有していた。

唐古・鍵遺跡では、照葉樹林を切り開いて集落が形成および拡大が行われ、弥生時代中期には環濠周辺が大きく二次林化し、後期において二次林が伐採される。伴って、環濠は中期においては流水が行われる環境であるが、後期では止水域となり大きく機能が異なり、これらの現象は弥生集落をとりまく弥生時代の社会的情勢の変化を反映していると考えられる。



唐古・鍵遺跡 8.5次調査、SD101中央西壁における花粉ダイアグラム



唐古・鍵遺跡SD101中央西壁地点における主要種ダイアグラム

京都大学北部構内遺跡における花粉分析

○上中央子（京都造形芸術大学大学院）

1. 目的

京都大学北部構内遺跡 BC28 区（図 1）は、2000 年度に新校舎設営のため京都大学埋蔵文化財研究センターによって発掘調査が行なわれた。

本研究では、出土遺物より明らかとなっている中世後半から 20 世紀の大学設置以降にあたる堆積物を試料とした。

発掘調査において農耕に関連する柵列や溝などの遺構が検出され、当遺跡が農耕地として利用されたと考えられていることから、発表者はどのような植物が栽培されていたのか、またその栽培の変遷などを花粉分析によって推定した。



図1 京都大学北部構内遺跡(BC28区)位図

(国土地理院 2 万 5 千分の 1 地形図「京都東北部」を使用)

2. 試料

試料は調査区西壁の地層から連続的に採取した。試料番号（以下 No.）は 48 から 1 までの計 32 試料である（図 2）。

No.48 から No.22 までの層準は木本花粉粒数が非常に少なく、統計的に把握することができなかった。No.48 から No.41 は草本花粉粒数も非常に少なかったが、No.40 から No.22 は草本花粉粒数が多いことから草本花粉を基数に割合を出し出現傾向を表した。

3. 分析結果と考察

中世後半にあたる No.40 と 39 の層準は、他の層準で検出していない栽培植物のゴマ属花粉を含み、ソバ属や畑の雑草と考えられるヨモギ属、アカザ科やナデシコ科などの草本花粉を伴う。また、農耕に関わる細い溝群が検出されていることから、畑としての利用が行なわれたと考えられる。

草本花粉粒数が 250 を越える No.40～22 は、アブラナ科とイネ属花粉が相対的に多く出現する。No.22～35 の中世後半の層準はアブラナ科花粉の出現が顕著で、とくに No.35～28 の層準は草本花粉を基数にした割合でイネ属花粉が 1% 前後しか現われないのに対し、アブラナ科花粉は 90% 前後現われる（図 2）。このことから近世前半にあたる No.35～28 の層準において集約的なアブラナ科植物の栽培が行なわれたと考えられ

る。アブラナ科花粉は、花粉形態の観察からナタネである可能性が高いと考える。

幕末-明治初頭の地層の下部にあたる No.24~22 の層準では、前層準よりアブラナ科花粉は減少し、イネ属花粉が増加する。さらに No.19~1 ではイネ属の方がやや優勢となる。また、アブラナ科とイネ属以外の草本花粉とシダ植物の出現率が低い。これらのことから、No.19~1 の地層ではイネ属を主体として裏作にアブラナ科植物が栽培され、作物生育の妨げとなる雑草を取り除くなど、人間による管理が行なわれた農耕であったと考えられる。

木本花粉粒数が 250 を越える No.19~1 は、幕末-明治初頭から大学が設置される 20 世紀初めの地層にあたり、マツ属花粉が圧倒的に多く出現する。このことは周辺の山（遺跡の東にあたる比叡山に連なる山々）にアカマツの二次林が成立していたことを示していると考えられる。

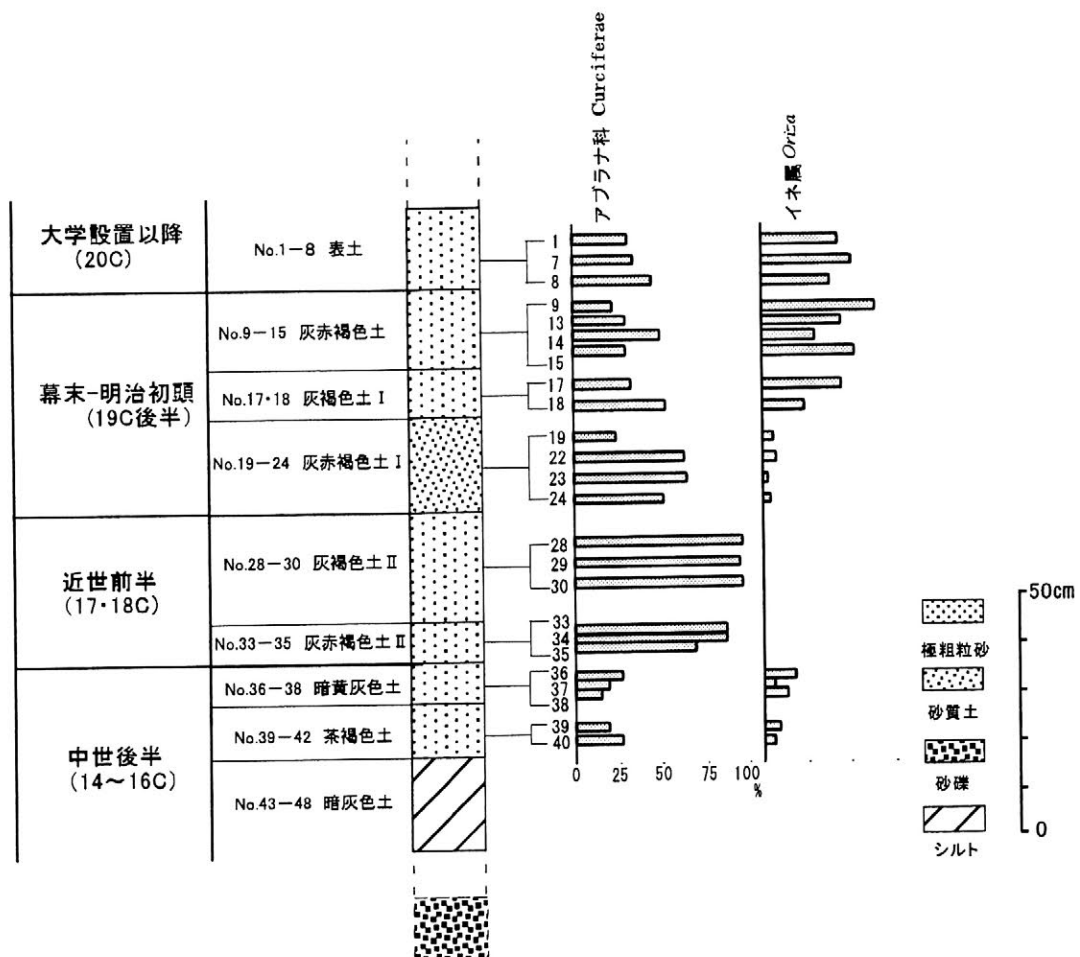


図2 京都大学北部構内遺跡(BC28区)西壁 試料採取柱状図
および No.40~1 の草本花粉を基数としたアブラナ科・イネ属花粉の出現傾向

琉球列島の稲作開始期とその変遷に関する研究（Ⅲ）

—プラント・オパール分析から見た琉球列島における稲作—

○宇田津 徹朗* ・ 蔵田 真一* ・ 藤原 宏志**

（*宮崎大学 ・ **宮崎大学名誉教授）

1. はじめに

筆者らは、平成12年度～平成15年度までの4年間、文部科学省科学研究費の補助を受け、プラント・オパール分析による琉球列島の稲作開始期の調査を進めてきた。

具体的には、奄美大島から先島諸島までの島々について、貝塚時代からグスク時代までの遺跡の土壌および土器についてプラント・オパール分析を実施し、地域と時代ごとの稲作の存在について調査を行ってきた。

ここでは、4年間の調査結果のまとめを報告するとともに、プラント・オパール分析からみた琉球列島の稲作について考察を行いたい。

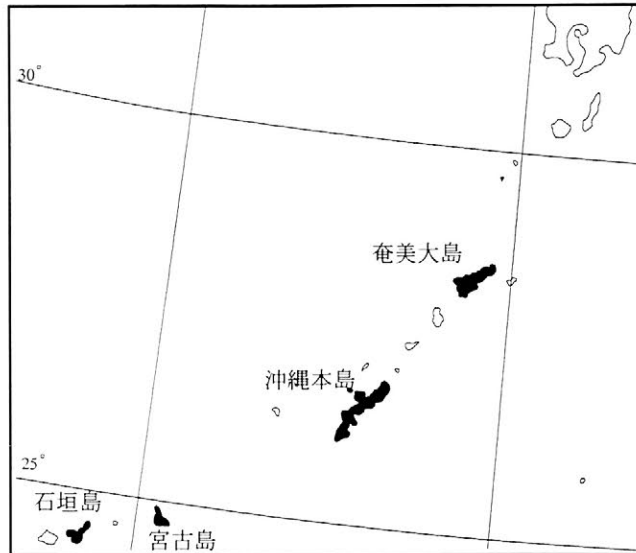


図 調査を行った島の所在

2. 調査を行った遺跡

調査は、奄美大島から石垣島に所在する34遺跡について実施した。分析試料の採取・収集は、笠利町教育委員会、沖縄県埋蔵文化財センター、宜野湾市教育委員会、名護市教育委員会、城辺町教育委員会、平良市教育委員会、石垣市教育委員会の協力により行った。

以下、調査遺跡の詳細を示す。

①奄美大島：5遺跡

宇宿小学校校内遺跡、宇宿貝塚、用見崎遺跡、マツノト遺跡、赤木名グスク

②沖縄本島（伊江島も含む）：13遺跡

大山貝塚、水賀志原遺跡、ヌバタキ遺跡、安座間原第一遺跡、石川第一遺跡、森川原遺跡、伊佐前原第一遺跡、アンチ貝塚、喜如嘉貝塚、熱田貝塚、平敷屋トウバル遺跡、屋部前田原貝塚遺跡、ナガラ原東貝塚（伊江島）

③宮古島：5遺跡

浦底遺跡、アラフ遺跡、根間西里遺跡、住屋遺跡、砂川元島遺跡

④石垣島：11遺跡

フルスト原遺跡、喜田盛遺跡、大田原遺跡、ピロースク遺跡、ピュウツタ遺跡、野底遺跡、白保カラ岳東貝塚、平川貝塚、大川東ノハカ遺跡、名蔵瓦窯跡、富野岩陰遺跡

※採取・収集した試料の数は、遺跡土壌が117点、土器が164点の合計281試料である。

3. 材料および方法

土壌および土器は、プラント・オパール分析用試料に調整し、イネ (*Oryza sativa* L.)、ヨシ (*Phragmites communis*)、タケ (*Bambusaceae*)、ススキ (*Miscanthus sinensis*)、キビ族 (*Panicaceae*) について同定とその定量を行った。分析の結果、イネが高い密度で検出された試料については、さらに形状解析を行い、栽培亜種について検討した。

4. 結果および考察

1) プラント・オパール定量分析および土器胎土分析の結果

分析の結果、奄美大島：赤木名グスク、沖縄本島：伊佐前原第一遺跡、宮古島：砂川元島遺跡、根間西里遺跡、住屋遺跡、石垣島：フルスト原遺跡、喜田盛遺跡、ピロースク遺跡、野底遺跡、富野岩陰遺跡の土壌または土器からイネのプラント・オパールが検出された。検出された試料は、いずれもグスク時代や中世のものであり、貝塚時代の試料からは稲作の存在を示すデータは得られなかった。なお、パナリ焼の土器からは、プラント・オパールの検出自体が極端に少なく（イネが検出されたものも1点もない）、土器の材料や製作工程からの検討が必要であると考えられた。

2) プラント・オパール形状解析の結果

下図は、フルスト原遺跡、砂川元島遺跡、伊佐前原第一遺跡、赤城名グスクのグスク時代の土壌から検出されたイネプラント・オパールの判別得点の分布を表したものである。検出されたイネの判別得点は、その分布からいずれもジャポニカと推定された。また、沖縄および南九州の在来イネの分布にほぼ含まれており、大きな違いは認められなかった。

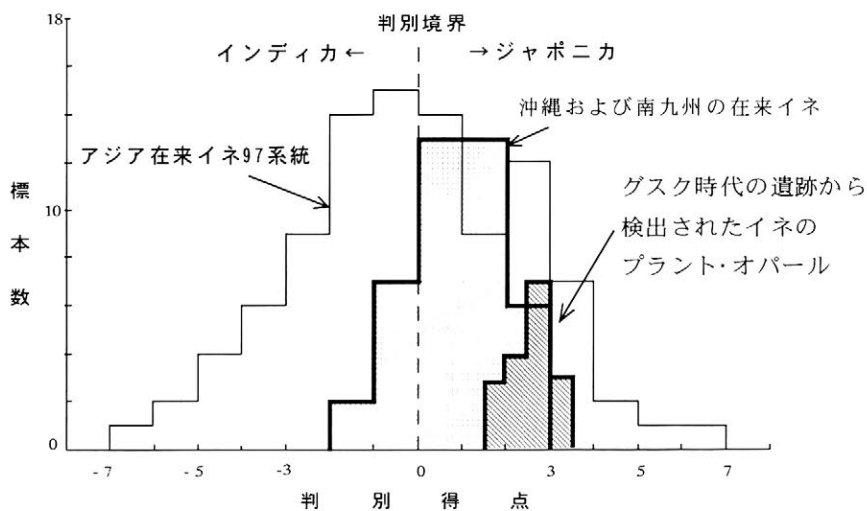


図 グスク時代の遺跡から検出されたイネプラント・オパール判別得点の分布

5. まとめ

遺跡土壌および土器のプラント・オパール分析結果から、グスク時代には琉球列島全域で稲作が行われていたことを分析的に確認することができた。

しかし、いわゆる稲作伝播の南方ルートの存否にかかわる貝塚時代前期の試料を含め、貝塚時代については稲作の存在を示すデータは得られなかった。この結果は、考古学的な所見とも整合しているが、今後も継続的な調査が必要であると考え。特に、貝塚時代中期後期における稲作存否については追加調査を進めてゆきたい。

山形県における遺跡出土木製品の用材傾向

○小林 啓（財団法人山形県埋蔵文化財センター）

1. はじめに

遺跡から出土する木製遺物の樹種同定により、時代や地域、遺物の用途に応じた木材利用すなわち用材傾向を知ることができる。それに伴い、当時の文化や技術、自然環境との関わりについて明らかになりつつある。しかし、山形県においては樹種同定の報告例が少なく、木製遺物の用材傾向がほぼ白紙の状態である。そこで、本研究では県内の遺跡を対象に樹種同定を行い、同県における木製遺物の用材傾向を明らかにしていくことを目的とする。

今回樹種同定を行った藤治屋敷遺跡は、山形県山形市に位置し、古墳・奈良・平安・中世など幅広い時代により構成されている。このうち木製遺物が出土したのは古墳時代と平安時代で、中でも古墳時代の河川跡からは、木製品（農具・容器など）や自然木など300点以上が出土した。遺跡の位置する山形盆地はもとより、県内においても古墳時代の木製品がこれほどまとまって出土したことは、嶋遺跡、西沼田遺跡、板橋2遺跡、高嶺南遺跡などごく一部の遺跡を除きこれまでほとんど例がない。本研究ではこれら木製品の樹種を同定し、木製品の器種別の用材傾向や当地域の植生史研究の手がかりとする。また、上記の通り同県では木製品および木製遺物の樹種同定の報告自体が少なく、古墳時代の木製品がこれほどまとまって報告されるのは今回が初めてのことである。

2. 試料と方法

樹種同定を行った試料は、古墳時代の河川跡から出土した木製品である。この中から、器種が明確なもの（農具・容器など）、加工痕跡が確認できるもの（棒状・板状など）151点を対象とした。

同定には、カミソリの刃を使い木材の木口、板目、柾目の3断面から切片を採取、カナダバルサムで封入し永久プレパラートを作製した。作製したプレパラートを、光学顕微鏡で観察し樹種を同定した。



顕微鏡観察の状況

3. 結果および考察

樹種同定を行った木製品151点からは、針葉樹4種（54点）、広葉樹23種（93点）が同定され、4点が組織の劣化や歪みが激しく同定不能であった。木製品の器種別同定結果をTable.1に示す。

鋏にはクヌギ節とコナラ節の利用が9割を超え、これらを選択的に利用した傾向が伺える。東北地方では、鋏にクヌギ節を多用する用材傾向が報告されている。³⁾ 本遺跡の場合、同じ東北地方の遺跡に属しているがクヌギ節の占有率が低いことが特徴である。農具の柄には9種類と多様な樹種が利用されている。特定の樹種が突出していないことから、鋏のような特定樹種に傾倒した用材傾向は見られない。

紡織具・祭祀具には、ほぼ全てにスギが利用されている。容器にもスギを利用する割合が高い。これらの遺物は薄く板状を呈するものが多く、割裂や加工が容易な針葉樹からスギを選択したものと考えられる。また同じ針葉樹で、出土例の多いヒノキは全く検出されていない。これは、本遺跡がヒノキの植生分布（福島以南）から外れること、植生地域からの持ち込み（伝播・交流）が希薄であったとも考えることができる。

建築部材には、コナラ節、クヌギ節などの土木有用材のほか、ヤナギ属、サワグルミなど軟弱な樹種も検出され、目的・用途に応じて使い分けていた様子が伺える。また、建築部材には針葉樹が全く利用されていないことも、本遺跡の時代・地域性を反映した特徴的な用材傾向といえる。

Table.1 器種別の樹種同定結果

	樹種	農具				工具		紡織具		容器			武器				
		新記具 数	柄	収穫具 臼	杵	横樋	田下駄	鉄沖柄	柄	糸巻	織機	朝物	指物	曲物	弓		
イヌガヤ	針葉樹														19		
マツ属複雑管束亜属	針葉樹						1		8	3	2	7					
スギ	針葉樹																
アスナロ	針葉樹																
オニグルミ	広葉樹																
サワグルミ	広葉樹																
ヤナギ属	広葉樹																
ハンノキ属	広葉樹			1													
アサダ	広葉樹	2															
カバノキ属	広葉樹																
クリ	広葉樹		3														
クヌギ節	広葉樹	6	1					1									
コナラ節	広葉樹	10	3		2	1											
エノキ属	広葉樹																
ニレ属	広葉樹					1											
ケヤキ	広葉樹										1						
ヤマグワ	広葉樹		2														
モクレン属	広葉樹		1									1					
カツラ	広葉樹											1					
ツバキ属	広葉樹																
コクサギ	広葉樹		1							1							
カエデ属	広葉樹		2					2									
トチノキ	広葉樹													1			
ケンボナシ属	広葉樹											1					
ハリギリ	広葉樹		1														
エゴノキ属	広葉樹		2														
トネリコ属	広葉樹					1											
不明	広葉樹																
合計		18	16	1	2	1	3	2	2	8	4	6	7	1	19		
		家具		作業用具		祭祀具			楽器		建築部材		杭材		不明品		合計
		椅子	台	脚	作業台	武器形	形代	その他	琴柱	梯子	構造材	丸杭	板状	棒状	その他		
イヌガヤ	針葉樹																19
マツ属複雑管束亜属	針葉樹																1
スギ	針葉樹					2	2	1	1				1	1	2		32
アスナロ	針葉樹							1					1				2
オニグルミ	広葉樹														1		2
サワグルミ	広葉樹									1		1					2
ヤナギ属	広葉樹										1	1	1				2
ハンノキ属	広葉樹				1												2
アサダ	広葉樹												2				4
カバノキ属	広葉樹														1		1
クリ	広葉樹																3
クヌギ節	広葉樹										2						10
コナラ節	広葉樹			1						1	7		3	1	1		30
エノキ属	広葉樹												1				1
ニレ属	広葉樹											1	1				3
ケヤキ	広葉樹																2
ヤマグワ	広葉樹									1					1		4
モクレン属	広葉樹									1							2
カツラ	広葉樹																1
ツバキ属	広葉樹				1										1		2
コクサギ	広葉樹																2
カエデ属	広葉樹																7
トチノキ	広葉樹	1	1								1	1	1				3
ケンボナシ属	広葉樹									1							3
ハリギリ	広葉樹																1
エゴノキ属	広葉樹																2
トネリコ属	広葉樹										1		2				4
不明	広葉樹											2	1				4
合計		1	1	1	2	2	5		3	14	6	15	4	7		151	

※木製品151点のうち、7点は元興寺文化財研究所が、その他は小林が同定した。本報告では元興寺文化財研究所の同定結果も含んで扱った。

この他、作業用具、武器には周辺植生には該当しない樹種（ツバキ属、イヌガヤ）が検出された。これらの樹種は、日本海沿岸部の多雪地帯に自生する変種（亜種）であると考えられる。同定の結果からは、内陸部に位置する本遺跡とそれら地域との文化的・経済的な交流が推測される結果となった。

4. まとめ

藤治屋敷遺跡から出土した木製品の樹種同定を行い、器種別における用材傾向の一端を大枠で捉えることが可能となった。今後、同定試料の増加と比較を重ねることで、文化や自然環境との関わり、他地域との物流や交流について明らかになるものと考えている。

謝辞

本研究に際し、東北芸術工科大学保存科学研究室、松井敏也氏、松田泰典氏、東北大学付属植物園、大山幹成氏に多大なるご尽力とご協力を賜りました。末筆ではございますが記して深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 伊東隆夫：『日本産広葉樹材の解剖学的記載 I～V』（1995）
- 2) 沢田正明：『遺物の保存と調査』、大山幹成（編）『木材の同定』102 - 103、技報堂（2003）
- 3) 鈴木三男・能代修一・松葉礼子：仙台市教育委員会『仙台市文化調査報告書213集 中在家遺跡』（1996）

根来寺周辺遺跡から出土する炭化塊状栽培種実群の検討

○金原美奈子（古環境研究所）、本多元成（岩出町教育委員会）、金原正明（奈良教育大学）

1. はじめに

植生、環境、農耕を調べるのに植物遺体分析は有効的な手法であり、特に種(しゅ)まで同定できるものが多い種実同定は効力を発揮する。また、穀類などの作物は通常では残りづらく、炭化したものが集中して検出される。根来寺周辺は、天正13（1585年）に秀吉の紀州攻めで焼き討ちされ、多くの穀物倉庫が焼け落ち極めて多量の炭化塊状栽培種実群や地下の貯蔵加工物が出土した。これらの検討は希な多くの知見を与えてくれる。

2. 炭化塊状栽培種実の検討

(1) 試料と方法

消失倉庫跡より出土した塊状炭化穀類(II区SX-02)。はずれる個体ははずし、実体顕微鏡で観察した。

(2) 結果

イネ *Oryza sativa* L.、オオムギ *Hordeum vulgare* L.、コムギ *Triticum aestivum* L.、ダイズ *Glycine max* Merrill、ヒエ *Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno、アワ *Setaria italica* Beauv. の炭化果実ないし種子が同定された。オオムギは特に多く、1万個以上になり、塊部は未定である。イネは5061まで数え、さらに多い。いずれも穎が付いたままのものも多い。コムギはやや少ない。ダイズ種子(子葉)もやや多い。他にソバの果実の果皮のとれた様のものであるが、同定には至らず検討を継続する。他にアワとヒエが少量同定された。

3. 桶内味噌状内容物(II区SX-02)の検討

(1) 試料と方法

倉庫の地下(II区SX-02)の試料1オケ-01、試料2オケ-02、試料3オケ-03、試料4オケ-04、試料5オケ-06、試料6ケ-07、試料7オケ-08の味噌状内容物の検討を行った。試料7、8はやや炭化している。分析方法としては、次の3通りを行った。

1) 水で分散し、グリセリンゼリーで封入してプレパラートを作成し、顕微鏡観察を行う。2) 花粉分析を行う。3) 各試料50cm³を採量し0.25mm篩で水洗し、大型植物遺体の観察を行う。

(2) 結果

1) 各試料ともオオムギの果皮片が多く認められた。2) イネ科の花粉のみが認められた。3) オオムギの表皮片が多く、表皮そのままのものも試料によっては多かった。イネ穎もあった。イヌビエ属やイネ科の穎や蛹も検出された。

以上からみて、桶の内容物はオオムギを主にイネ(米)の混ざるもので、砕かれ発酵ないし腐敗しており、強い表皮が残ったものとみなされる。穎は脱穀不十分で混ざったものと考えられる。オオムギを主とした味

噌が考えられ、イネ（米）なども混ぜられている。分析者の知識の範囲では、金山寺味噌のようなものが考えられる。

学名	和名	部位	1	2	3	4	5	6	7
<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	果実(穎)	4	16	9	4	14	2	
<i>Echinochloa</i>	イヌビエ属	果実(穎)		2		1	3		
<i>Hordeum vulgare</i> L.	オオムギ	表皮片	54++	++	++	2++	++	+	+
Gramineae	イネ科	果実(穎)		1	5	4	10		
	蛹		3				1		
Total	合計		7	19	14	9	28	2	0

4. まとめにかえて

根来寺周辺遺跡では、オオムギとイネ、ダイズ、コムギなど炭化穀類のみならず、桶の内容物が、加工によって碎かれ発酵したオオムギを主にイネ（米）の混ざるもので、金山寺味噌のようなものと考えられた。SX02の上部の倉庫にはオオムギとイネ、ダイズ、コムギなどの穀類が、地下室には桶にオオムギを主とする味噌が貯蔵されていたとみなされ、極めて具体的に当時の作物および農耕の復元が行えた。



イネ穎

イネ炭化果実

アワ炭化果実

オオムギ炭化果実



コムギ炭化果実

ダイズ種皮

ダイズ炭化子葉

魚類主要骨格の計測による体長復元 —マダイ・クロダイを例として—

石丸恵利子（京都大学大学院 人間・環境学研究学科 博士後期課程）

1. 目的

魚類の体長復元による先史遺跡への対応研究は、鈴木・赤沢らによって総合的に行われてきた。これらは遺跡から出土する魚骨のほとんどが破損していることを考慮して各部位で数ヶ所の計測点を設定しており、マダイ・クロダイの前上顎骨と歯骨の各計測項目は体長と有意な正の相関関係を示すことを導き出している。近年、発掘調査における動物遺存体への意識の高まりによって、フルイ使用の頻度が増し、多くの微細遺物が採取されている。また、中・近世遺跡の調査数増加にともなって、大規模な漁撈活動の展開を示す証拠である様々な魚種や同一種であっても大小のある個体が検出されている。魚骨から体長を復元することは、当時漁獲された魚がどのような大きさであったのか、さらに漁撈具との関係を検討することによって漁撈活動をより具体的に論じることを可能にする。また、遺跡間での魚種の相違や時期的な個体の大きさの変化や流通の様相を知る上で重要な手がかりともなりうる。

これらのことから、体長復元をより正確に行うには現生標本による計測データの蓄積が不可欠である。また、これまで東日本の貝塚を中心に展開されてきた魚類の体長復元に関する研究を、日本海・瀬戸内海・太平洋あるいは東日本・西日本での相違など、日本列島全体として捉えるためには西日本に生息する個体のデータについても検討する必要がある。本研究の目的は、これまで鈴木・赤沢らによって検討されてきた歯骨や前上顎骨に加えてそれら以外の部位における体長復元の可能性と、産地における大きさや成長曲線の違いについて検討することである。また、遺跡出土魚骨のより多くの破片から体長を復元するための基礎データの提示である。

2. 試料と方法

今回分析に使用したのは、現生のマダイ 18 個体（日本海産 9、瀬戸内海産 4、太平洋産 3、産地不明養殖 2）とクロダイ 52 個体（日本海産 6、瀬戸内海産 45、太平洋産 1）で、体長を計測したのちに骨格標本を作成し、それぞれの歯骨(15/17)・主上顎骨(9/10)・前上顎骨(12)・角骨(10)・方骨(10)・前鰓蓋骨(8)・主鰓蓋骨(11/10)・舌顎骨(10)・烏口骨(5)・口蓋骨(8)・角舌骨(8/9)・上舌骨(6/7)の 12 部位について計測を行った*。選択した部位は一個体につき左右一対存在し、遺跡から出土する頻度の高いものである。マダイについては頭蓋骨(13)についても計測を行った。前上顎骨と歯骨については鈴木・赤沢らの計測点を参照し、一部新たに設定した。なお、体長の計測には市販のスチール製メジャー（最少目盛 1mm）を使用して 0.1cm までを記録し、部位の計測にはデジタルノギス（最少目盛 0.01mm）を使用して 0.01mm 以下を四捨五入した 0.1mm 単位までを記録した。

3. 結果と考察

計測の結果、マダイ・クロダイともに選択したすべての部位で体長との相対成長を示す計測場所が確認できた。その一部としてマダイの主上顎骨・前鰓蓋骨・主鰓蓋骨について計測結果を折れ線グラフを例に図示した（第 1 図）。計測項目には長さおよび厚み部分を設定しており、長さについてはいずれの部位においても良好な計測場所が確認できるが、厚みについては個体差が著しく体長を復元するには不適切と考えられる。以上のことから、前上顎骨・歯骨以外の主要部位においても破片から体長を復元することの有効性が示された。しかし、マダイの頭蓋骨においては非常に個体差が著しく、特に頭蓋骨の前方部分である額骨（前頭骨）の長さとは後方部の上後頭骨の膨らみについては顕著であったため、体長復元には有効でないと考えられる。

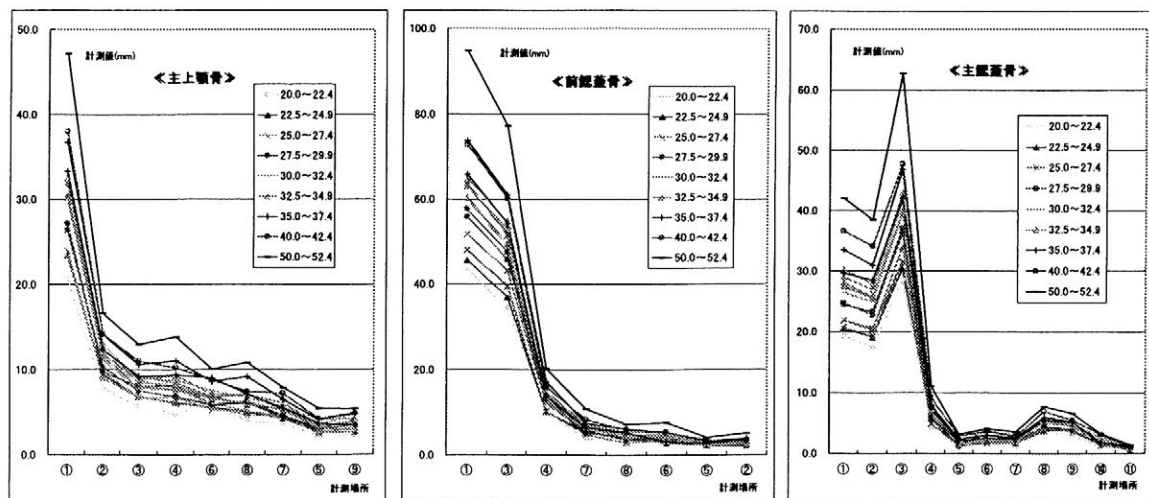
また、日本海・瀬戸内海・太平洋の産地別に前上顎骨長と体長との関係を比較すると、成

長曲線はクロダイにおいて若干の相違が認められた。クロダイはほぼ同大の個体であっても、体長と体高のバランスに個体差が顕著な魚種ではあるが、このような部位の形態的特徴が産地を判断する要素となりうるならば、山間部の遺跡から出土する海産魚がいずれの海から持ち込まれたのかを知る手がかりとなる。またスズキについては産地によって成長速度が異なることが指摘されており、産地と部位の成長過程についてはさらに個体数を増やして再度検討する必要があるためここでは可能性のみにとどめる。

破片から体長を復元することによって、遺跡を評価する情報量を高めることができるが、第1図に示されたような個体差を考慮に入れると、数個体の標本のみで体長を復元することは危険であるといえ、それぞれの個体を正しく評価できないことになる。以上のように、本報告では各部位計測データの蓄積による体長復元や産地認定の有効性を示すことができた。

4. 今後の課題

今回分析に使用した個体は、体長 20~40cm 大のものが主体であったため、成長過程を把握するには不十分といえ、様々な大きでデータを収集する必要がある、総数も十分ではない。また、認められた個体差は、地域あるいは環境との関わりなのか否か、今後も個体数を増やすことによって検討を深めたい。また、マダイ・クロダイのみならず他の魚種についても検討し、当時の漁撈活動の様相をより具体的に明らかにするための方法として確立していきたい。さらに、個体差の著しい計測場所については見直しを行うことによって、体長と密接な相対成長をする項目を選定していくつもりである。以上のようなことを踏まえながら、今後も引き続き現生標本を収集することによって計測データを蓄積し、遺跡出土魚類の体長復元のための基礎データとしていきたい。



第1図 マダイの個体別計測値(主上頸骨・前縦蓋骨・主縦蓋骨)

凡例内の数値は体長(cm)の範囲を示す
計測場所の番号については別に表示

* () 内は各部位の計測項目数を示す。 / はマダイの計測項目数/クロダイの計測項目数を示す。

<参考文献>

- 赤沢威 1969 「縄文貝塚産魚類の体長組成並びに先史漁撈学的意味—縄文貝塚民の漁撈活動の復原に関する一試論—」『人類学雑誌』7(4)
- 鈴木公雄・赤沢威ほか 1977 「先史時代遺跡における魚類遺存体の組成分析に関する基礎研究」『自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究』昭和 51 年度年次報告書
- 鈴木公雄・赤沢威ほか 1978・1979 「先史時代遺跡における魚骨標本の組成に関する基礎研究」『自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究』昭和 52・53 年度年次報告書
- 鈴木公雄 1989 「貝塚の考古学」東京大学出版会
- 石丸恵利子 2004 「中世遺跡出土の魚類遺存体—草戸千軒町遺跡出土のマダイ頭蓋骨を中心として—」『考古論集』河瀬正利先生退官記念論文集

GIS を用いた平安京のデジタル地形環境分析

河角龍典（立命館大学）

I. はじめに

わが国では先史・歴史時代に営まれた遺跡の多くが、沖積平野およびその周辺に集中する。沖積平野の表層地質や微地形は、河川の洪水氾濫区域および飲料水や農業用水の空間的分布を規定する。沖積平野における詳細な地形環境復原は、遺跡の立地環境を理解する上で重要な課題である。先行研究において、地形環境復原図は古地理復原図に代表されるように定性的な復原図であった。本研究では、考古地質情報のデジタル化によって、定量的な地形環境復原図を作成し、地形環境復原図の空間的精度の向上を試みる。

本研究の目的は、地理情報システム（GIS）を用いて、これまでに蓄積された考古地質情報のデータベースから、過去の地表の起伏を定量的に把握し、平安京の地形環境を解析することにある。具体的には、これまでに蓄積された遺跡の遺構面や遺物包含層の埋没深度に関するデータから、平安京の地形景観を示す DEM（Digital Elevation Model）を作成し、平安時代の微地形や平安時代以降の洪水氾濫区域について検討する。平安京における DEM の作成については、すでに丸川・宮原（2001）によって方法論的な検討が行われ、旧地形の復原が試みられている。それに対して、本研究の主要な関心は、平安時代以降の堆積域の空間的分布や洪水氾濫区域の特定、あるいは微地形と土地利用の関係など、地質学的、地形学的、環境考古学的な諸問題の解明にある。

II. 資料

平安時代の遺構検出面や遺物包含層の埋没深度およびその位置情報は、（財）京都市埋蔵文化財研究所編集の『京都市内遺跡立会調査概報』の一覧表を使用した。一方、現在のデジタル標高データは、国土地理院の数値地図 50mメッシュおよびレザープロファイルによって作成された 2.5mメッシュの標高データを使用した。

III. 分析方法

DEM に関する各種分析には、ESRI 社の ArcGIS を使用した。平安時代における遺構埋没深度の空間的分布の特定は、遺構埋没深度の判明している地点を GIS にポイントデータとして入力し、遺構埋没深度を補完計算することによって把握した（図 1）。平安時代の DEM は、現在の標高を示す DEM（ラスタデータ）から平安時代の遺構埋没深度（ラスタデータ）を差し引くことによって算出した。さらに、本研究では、この平安時代の地形景観を反映する DEM を用いて、各種地形解析を行った。

IV. 結果

①平安時代の遺構埋没深度の空間的分布には地域性がある。平安京城では、左京の堀川以東の地域において遺構埋没深度が大きくなる（図 1）。とくに左京の五条以北に遺構埋没深度が 1.5m 以上に達する地域が分布する。こうした地域は、考古地質データによると、15 世紀～江戸時代の鴨川の洪水氾濫に伴う堆積物が多く堆積している地域である。

②平安時代の地形景観を示す DEM から 1 m 等高線図を作成した結果、現在の DEM と

異なる微地形を検出することができた（図2）。さらに、地形面の境界が明瞭になり、地形面区分が容易になった。

V. 展望

①遺構埋没深度の空間的分布は、一定期間における堆積量の空間的分布を示しており、河川の洪水氾濫区域を復原するための指標になる。また、これは工学的知見から作成された現在の浸水区域想定図ともよく一致していることから、洪水ハザードマップの作成に活用できる可能性がある。

②平安時代以降にも地形景観は著しく変化しており、現在の環境や景観を示す等高線図や地形分類図の過去への適用は誤った解釈を導く可能性がある。過去の地形景観を直接的に示す DEM は、遺跡立地や土地利用、土地開発と地形環境との関係について、より正確な考察を可能にする。

<参考文献>

丸川 義広・宮原 健吾（2001）：平安京跡の旧地形復原－発掘調査の成果から－、地域連携科学研究費プロジェクト「平安・京都ビジュアル・データベース化プロジェクト」第四回研究会資料、<http://www.nichibun.ac.jp/~heian-tr/kyoto-map/> より。

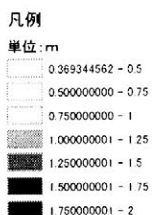
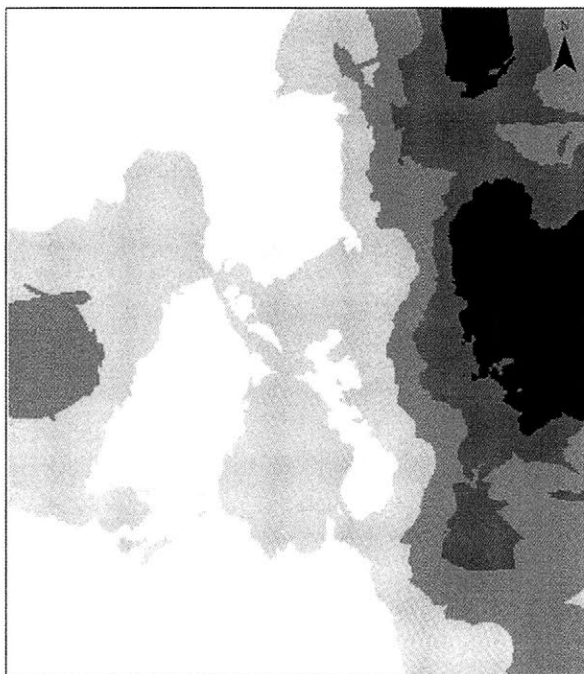


図1 平安京城の平安時代の遺構面深度

※276 地点のポイントデータから補完

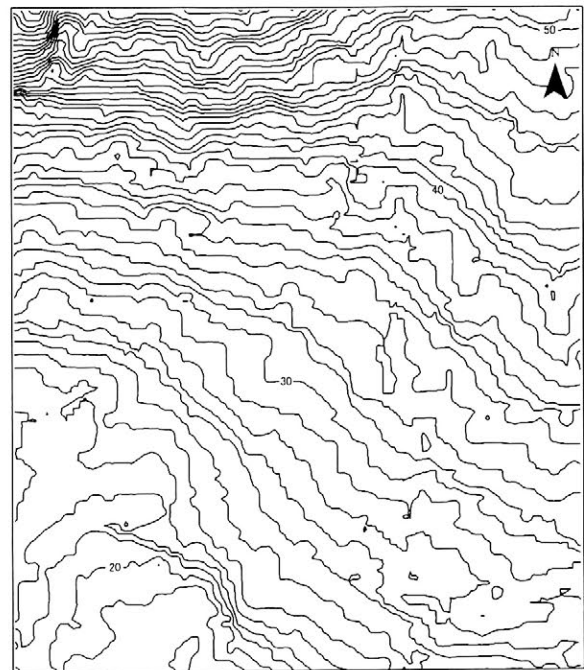


図2 平安京城における平安時代の地形を示す1m等高線図

※京都駅付近および堀川については、現代の地形変化の影響が大きいため、今後補正が必要である。

黒曜石水和層年代測定法による古気候復元への試み

○渡辺圭太（立教大理院）, Liritzis, I. (Univ. of the Aegean, Greece),
Stevenson, C. (Virginia Department of Historic Resources),
Tsamasfyrou, M. (Univ. of the Aegean, Greece), 鈴木正男（立教大理）

1. はじめに

黒曜石水和層年代測定法とは、黒曜石表面に形成される水和層の厚さを測定し、水和速度定数を用いて年代を求める方法である。この水和速度に関しては、多くの議論があり、単純な水和速度定数を用いることに対して疑問が持たれている。今回、SIMSによる水和層内部のH(+)のプロファイリング及び化学組成分析を行った。

ラセミ化法と同様に化学変化を利用したこの黒曜石年代測定法が、温度依存型であるとを逆用すると、古気候・古気温を数値化して算出できる可能性を検討した。

2. 黒曜石水和層年代測定法

黒曜石は、大気や地中から水を吸収して水和層を形成する。水和層は、時間の経過とともに厚さを増す。水和層の厚さを L (μm)、時間を t (1000a)、定数を k ($1/1000\text{a}$) とすると、 $L^2 = kt$ の関係がある (Fig. 1)。また、 k は定数を A 、水和のプロセスの活性化エネルギーを E (cal/mole)、気体定数を R (cal/degree/mole)、絶対温度を T (K) として、 $k = A \cdot \exp(-E/(RT))$ の関係がある (Fig. 2)。

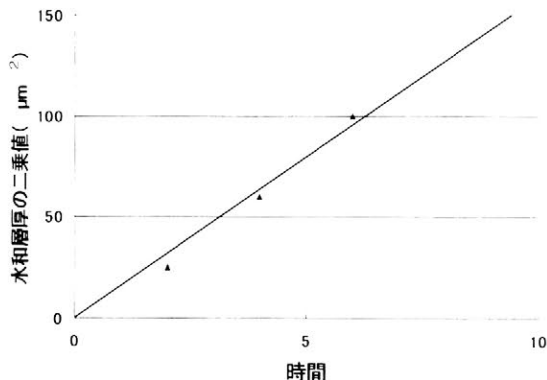


Fig. 1 水和層厚と時間

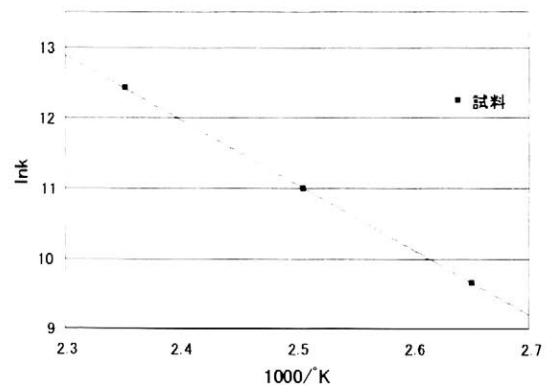


Fig. 2 反応温度と水和速度

3. SIMS

SIMS (二次イオン質量分析法— Secondary Ion Mass Spectrometry) は、表面分析の手法の中では最も高感度で、深さ方向の分析に最適な方法である。

真空中で高速のイオンビーム (一次イオン) を試料表面に照射すると、スパッタリング現象によって試料中の粒子がはじき飛ばされる。このとき発生する正または負の電荷を帯びたイオン (二次イオン) を電場によって一方向に飛ばし、検出装置で測定する。

4. 考察

— SIMS による測定 —

薄片法による顕微鏡下での光学的測定では、水和層は表面から一定の濃度で形成されることを前提にして、観察・測定が行われる。Fig. 3 での表面からの距離が 2.5 μm 付近の直線が光学的測定での水和層の厚さである。しかし、SIMS による測定では、表面から深さ方向への濃度変化を S 字形のプロファイル（いったん非常に近い表面の深さを越えたら、水の濃度は最初均一になり、その後ゆっくり減少していく。つまり、水の濃度が急速に減少濃度がゆっくりと黒曜石内部まで減少する長い部分が Continuing）で求めることができる。

このように SIMS ではこれまでの光学的測定よりも正確に黒曜石表面に形成された水和層のプロファイルを測定することができる。

— 今後の展開 —

黒曜石の水和層形成が温度に依存していることを利用して、古気候・古気温を数値化して算出する可能性を検討する。

遺跡出土の考古学的黒曜石（被熱／非被熱）を用いて、C-14、FT 年代等の年代と水和層とを比較し、 $L^2 = kt$ より水和速度を求める。そして $k (= A \cdot \exp(-E/(RT)))$ から効果水和温度を計算し（古気候・古気温を数値化して）、気候変動を割り出していく。

[参考文献]

Anovitz, L. M., Elam, J. M., Riciputi, L. R., and Cole, D. R. (1999). The failure of obsidian hydration dating: source, implication, and new directions. *Journal of Archaeological Science* 26, 735-752.

Friedman, I. and Smith, R. (1960). A new dating method using obsidian: Part I. The development of the method. *American Antiquity* 25, 476-522.

渡辺圭太, 鈴木正男 (2003). 黒曜石の水和速度と化学組成の関係について. 日本文化財科学会 第 20 回大会研究発表要旨集, p2-3.

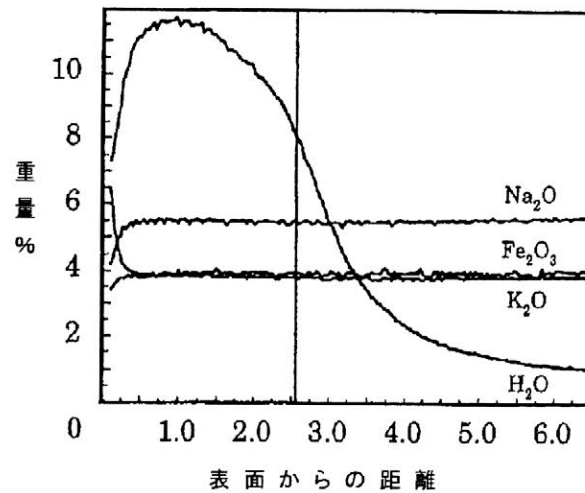


Fig. 3 深さ／濃度のプロファイル

植山古墳出土金銅装馬具の構造と材質に関する研究

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

1. 植山古墳と出土遺物の調査

植山古墳は、奈良県橿原市五条野町に位置する、古墳時代終末期に築かれた古墳である。1つの墳丘に対して2つの石室を持つ双室墳であり、6世紀末から7世紀前半に限られて作られた特徴的な古墳である。石室内から出土した金属製遺物は、遺存状態が悪く、多くが断片的ではあるが歩揺付飾金具 33点、帯先金具 8点、責金具 8点、鉸具 1点の他、鉾付金具、鉄鏃等の破片を多数確認した。これらの遺物の中から歩揺付飾金具と鉾付金具に注目し、2ヵ年にわたる保存処理と分析調査の中で得られた材質と製作技法についての知見をここに報告する。

2. 歩揺付飾金具について

歩揺付飾金具は、馬具の尻繫の革帯上に取り付けられた装飾具である。植山古墳から出土した歩揺付飾金具は、奈良県藤ノ木古墳や静岡県賤機山古墳で出土したものと比較すると、大きさも小さく、装飾や構造もシンプルでありながら、鍍金の色に違いを持つものがある¹⁾など、独自の存在感を有する。今回、保存処理の過程で行った構造調査から、この歩揺付飾金具の製作工程を想定することが可能となった。また、製作には金属だけではなく繊維質の糸や、革などの有機質の素材も使われていた。特に、糸は極めて良好な状態で遺存しており、その材質についても精査することができた。

*1) 村上 隆 他:「植山古墳出土金銅装馬具の保存科学的研究」、日本文化財科学会第20会大会講演要旨集(2003)

a) 構造

図1に、構造を模式的に示した。吊手にも応用した3～4本の針金からなる心棒、吊手に下がる歩揺、心棒を包む筒金、台座、台座内の有機質の詰め物を固定する革、円形座金の6つの部品からなる。

b) 糸の材質

糸は、心棒の先を歩揺の吊手部として環状に折り返した部分から筒金に取り付くまでの距離を3～4本の心棒を束ねるのに使われていた。また、心棒と筒金との空隙を密着して埋めるように巻いてあり、台座上の筒金を安定させる役割も担っていたと考えられる(図2)。糸は、極めて遺存状態がよく、巻き方の細部まで観察できる。材質は、麻の一種、苧麻で、S撚りに強く撚っている。なお、機能上、織物に使用するものより太めである。当時の苧麻がオリジナルの状態を残して遺存した事例として極めて貴重である。

c) 製作工程

歩揺付飾金具の構造調査から、以下の製作工程を想定した。

- ① 各部品をそれぞれ完成に近い状態まで別々に仕上げる。
- ② 心棒の先に作り出した環状の吊手部に歩揺を垂下し、心棒を一束にして糸で巻き上げる。
- ③ 筒金に糸で一束にした心棒を通す。
- ④ 台座の穴に心棒を通し、台座の中にも有機質の詰め物(詳細不明)を充填して心棒を固定させる。
- ⑤ 革を心棒に通し、台座の中身を固定する。
- ⑥ 以上の工程で必要な数の歩揺付金具を作成し、最後に革帯に心棒を通し、裏側から円形座金を通す。
- ⑦ 心棒の先を折り返してかきめ、革帯に装着する。

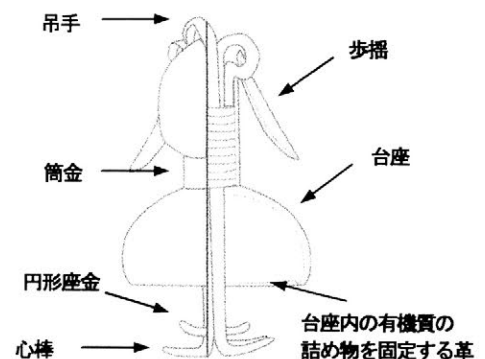


図1 歩揺付飾金具の模式図

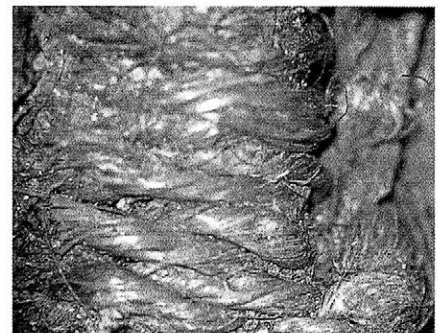


図2 心棒を束ね、固定するのに用いた苧麻

3. 鉾付金具について

植山古墳では多数の鉾付金具の破片が出土しているが、断片が小さく、金具の全体像は想定できない。また、表面を鉄サビに覆われ、構造など詳細は不明であった。2連の小さな鉾が規則正しく多数並ぶ断片は、鞍の縁金具を想定でき、この金具の構造と製作技術を探る目的で、断面を分析に供し精査を試みた。

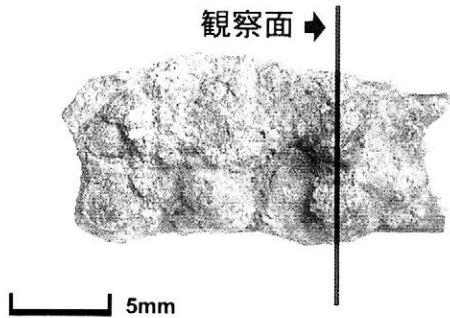


図3 銀付金具の断片

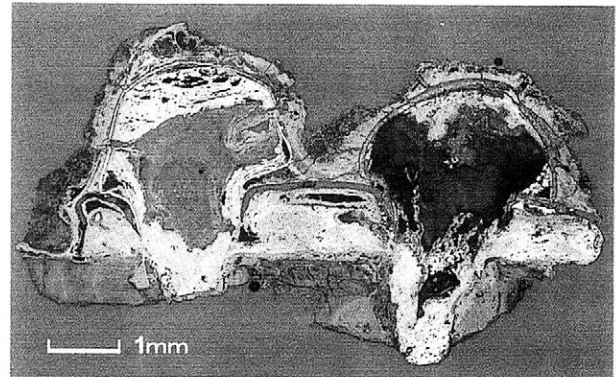


図4 図3資料の銀部分の断面（光学顕微鏡観察）

図3に分析した資料を示す。図4は、図3の資料の2連に並ぶ銀の断面を示す。分析方法は、主に電子線プローブ微小部分分析法（EPMA）による。なお、分析は、(株)コベルコ科研にて実施した。

a) 材質

銀の基盤となる金具の幅は約7mmを計り、その上に少し扁平化した直径約2mmの球形の頭を持つ2つの銀が並ぶ。図5に示したEPMAの元素マッピングから、基盤金具と銀はどちらも材質は鉄とわかる。また、本体から腐食により溶出した鉄が銀の頭を厚く覆っている状況がよくわかる。図4で、左の銀の頭の下部を白く包む薄板は、銀製である。30~50 μ mの銀薄板で鉄銀の頭を巻く。図4では、一見2つの銀の頭に巻く薄板の素材が異なるように見えるが、これは銀の腐食の差によること塩化物イオンの分布状況によって確認できた。銀薄板の巻き方は、頭の上部は丁寧であるが、裾部は長めに覆っておき、銀を基盤金具に打ち込む際にはみださないように適当に端を始末していることがわかる。また、基盤金具本体の最表面には、薄く金の残留が認められ、水銀も伴う。これは、金アマルガム法による鍍金の証左であるが、鍍金層が載る厚さ約100 μ mの銅板が消失してしまっている。右の銀の本体中程に銅の異常な集積が認められるが、これは銅板の腐食によって溶出した銅に起因すると考えられる。

b) 構造と製作技術

EPMAによる断面解析から、植山古墳から出土した銀付金具の材質と構造が明らかになった。金銅装の鉄製の基盤金具に、1mm程度の穴を2連に開け、30~50 μ mの銀薄板を巻いた頭部の直径約2mm、長さ1cm弱の銀銀を連続的に打ち並べ、豪華さを誇る。金色を背景に多数の銀銀を縁取りに配する意匠は、同時期の金銅装馬具にも認められる²⁾。ただし、植山古墳では、小ぶりの銀銀の繊細さが印象的である。小さな銀銀が狭い間隔で2連に細かく連なる姿は、華麗さと共に繊細さを醸し、高度な技術的裏付けを感じる。馬具の製作にこの小さな銀銀が必要な数を考えてみる。銀付金具5cm長に銀銀が16~18個を数えることから、仮に、当時の平均的な鞍金具を想定すると、少なくとも200個以上の銀銀が必要と見積もれる。これ程多数の銀銀を時間的制約のもとに製作する作業まで、本体の金具の工人が請け負うとは想起しにくい。一つの銀付金具の調査から、複数の工人が分業して仕事を行う様子が窺えるようでたいへん興味深い。

2) 村上 隆:「大通寺第37号墳出土剣菱形杏葉の保存科学的研究」、『大通寺古墳群』、滋賀県教育委員会・財団法人滋賀県文化財保護協会(1995)

4. まとめ

植山古墳からは、金銅装馬具が断片的だが多数出土している。今回、歩揺付金具と銀付金具の構造と材質に対して行った科学的調査の結果、いずれも華麗さの中にもシンプルで繊細な雰囲気を持ち、高度な技術的に裏打ちされていることがわかった。

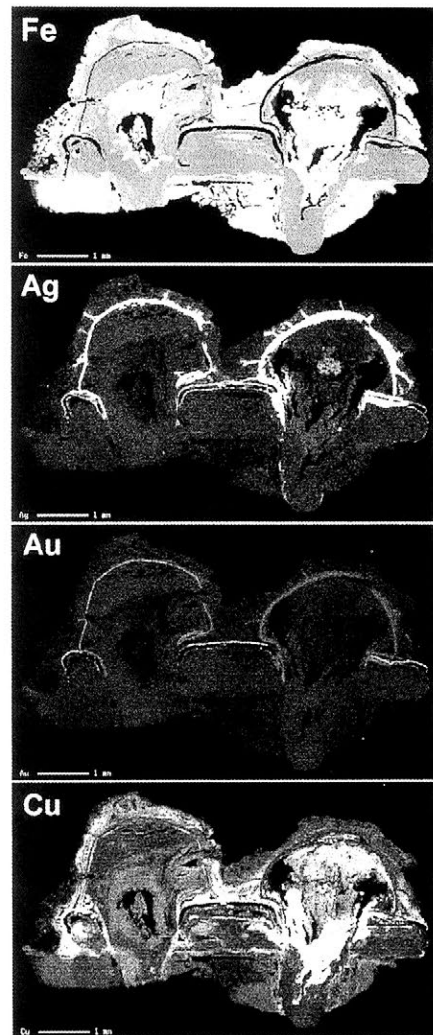


図5 銀付金具断面におけるEPMA元素分析カラーマッピング

史跡齋宮跡出土金銅製金具の装飾技法について

○ 山岡奈美恵・菅井裕子 ((財)元興寺文化財研究所)

1、はじめに

史跡齋宮跡は三重県明和町に所在する。「齋宮」は、天皇に代わって伊勢神宮に仕えるために皇族女性の中から選ばれた「齋王」が居住した宮殿と齋王に仕えるために設けられた齋宮寮という臨時の役所からなり、齋王制度が廃絶する南北朝時代まで存続していた。

昭和 45 年に発掘調査が開始されて以降現在も学術調査が続けられており、昭和 54 年に国史跡に指定されている。朱彩土馬・人面墨書土器などの祭祀関連品や緑釉陶器・硯などの役所関連品が多数出土し、その総数は 8000 点以上に及ぶ。そのうちのごく一部であるが保存処理を通して調査を行なう機会を得た*のでその結果を報告する。

2、試料と分析方法

① 釦^{こぶ}

(第 133 次出土)



② 毛彫馬具

(第 137 次出土)



これら 2 点の表面装飾技法について、以下の分析方法を用いた調査を行なった。

- 走査型電子顕微鏡(以下 SEM、日立製作所(株) S-3500N)
- 電子線マイクロアナライザー(以下 EPMA、(株)堀場製作所 EX-300)
- エネルギー分散型ケイ光 X 線分析装置(以下 XRF、セイコーインスツルメンツ(株) SEA5230)

3、結果と考察

① 釦 地金と考えられる部分は、XRF で主に銅(Cu)を検出したことから銅製であることが分かる。他にヒ素(As)、ビスマス(Bi)、銀(Ag)、アンチモン(Sb)等を含む。

表面からは金(Au)、水銀(Hg)を検出した(図 1)。SEM 観察および EPMA 分析結果から、平滑に磨かれたような箇所とアマルガム粒子とみられる箇所(写真 1)が確認されたことから、銅の上に金アマルガムを用いた鍍金による装飾であると考えられる。

裏面は銀(Ag)が顕著で金(Au)と水銀(Hg)は検出されなかった。SEM 観察および EPMA 分析結果によると、銀(Ag)の他に塩素(Cl)、臭素(Br)が検出され(図 2)、また、立方体が重なり合ったような結晶様も確認されたことから(写真 2)、臭化銀や塩化銀などのハロゲン化銀であると考えられる。本来は銀であったものが土中のハロゲンと結合したのであろう。別箇所の SEM 観察では銅の腐食生成物に覆われた銀を含む層が存在することから、銅の上に銀板(又は箔)による装飾が施されていると考えられる。ただし、縁部分の状態が悪いため銀板の端部の構造は不明である。

② 毛彫馬具 XRF より地金から銅(Cu)、表面の金色の部分からは金(Au)と水銀(Hg)を検出した。また、SEM 観察および EPMA 分析結果では金箔が重なっているような状態が見られたことから(写真 3)、銅の上に水銀(又はアマルガム)を用いて金箔を貼り付ける装飾技法であると考えられる。

また、表面の線刻文様の鑿痕を観察したところ、断面構造は幅約 0.6mm の U 字型を呈し、条痕は 3～5 回の打込み(約 0.3 mm ピッチ)で彫られていることが分かった(写真 4)。

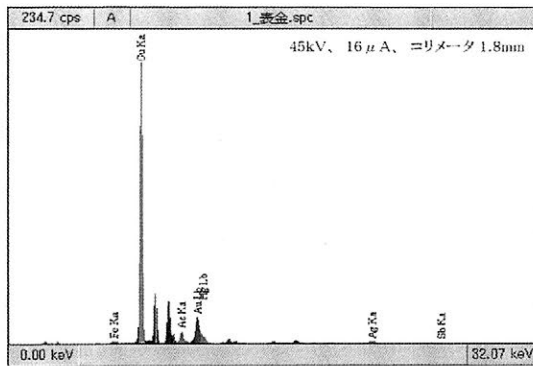


図 1

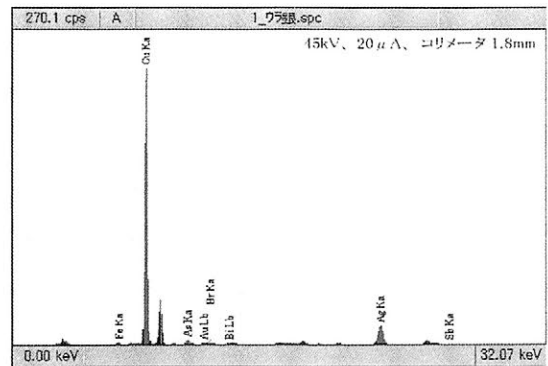


図 2

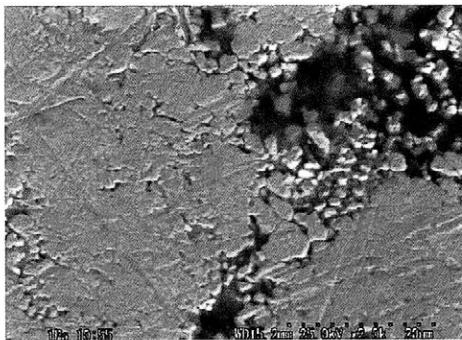


写真 1

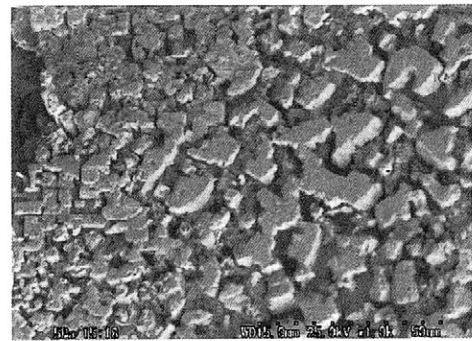


写真 2



写真 3

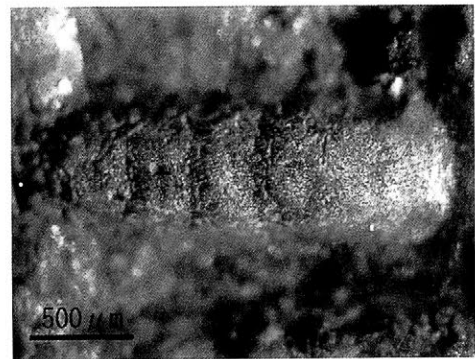


写真 4

4、 おわりに

各種の分析を行なうことにより、試料 2 点の装飾技法を明らかにすることができた。特に①では表と裏で異なる装飾が施されていることが判明したことは興味深い。微小な金具の裏面や線刻文様の 1 本に至るまで細部にわたり手が施されていることは、当時の金工技術がレベルの高いものであったことを示している。

謝辞 資料の提供及び報告の機会を与您て下さいました齋宮歴史博物館、ならびにご指導・ご協力を賜りました学芸員の小濱学氏に記して深く感謝申し上げます。

* 詳細は『平成 14 年度史跡齋宮跡発掘調査概報』、p 141～146 に掲載。

出土馬具類に施された金の装飾方法について —静岡県袋井市春岡 A2 号墳の分析結果から—

植田直見((財)元興寺文化財研究所)、○杉本和江(古美術修理すぎもと)、
渡辺智恵美((財)元興寺文化財研究所)、白沢崇(袋井市教育委員会)

1. はじめに

古墳時代の鉄地金銅製品は、一般的には、鉄地に銅板を被せ、鍍金すると考えられている。今回、静岡県袋井市春岡 A2 号墳出土馬具類の鉄地金銅製品についてケイ光 X 線分析および電子顕微鏡観察、電子線マイクロアナライザーによる元素の分布状態の調査を行ない、データを収集した。その結果、電子顕微鏡観察によりこれらの多くにアマルガム鍍金によって生じるアマルガムの粒子が検出された。一方でケイ光 X 線分析では通常の鉄地金銅製品に見られる銅の非常に強い特性 X 線が検出されたものより、鉄の強度が強いものが数多く検出された。そこで、これらの違いが何に由来するかを調べることを最終目的として調査を行なった。なお、現時点ではこの分析結果の違いが、技法によるものか埋蔵環境によるものか、あるいは他の要因であるかは判断できなかった。今回はこれらの事例を中心に報告する。

2. 遺跡の概要および分析資料について

春岡遺跡 A2 号墳は、静岡県袋井市北部・春岡地区の尾根上に立地する。築造当初の墳丘規模が直径 13.2m、残存高 2.4mの円墳と推定される。横穴式石室で、初葬に加え、3回以上にわたる追葬行為が推定できる。石室内床面から、一次埋葬では鉄鏃・玉類が、一次埋葬床面以外からは須恵器ほか、馬具・金銀装単鳳環頭大刀・鉄刀・鉄鏃などが出土している。今回、分析対象としたのは主として馬具で、杏葉・鏡板・雲珠・辻金具・二足鉾・吊り金具・座金・鍔金具について上記の分析を行い、他に刀装具などについても行った。接着できない破片は 1 点と数え、総点数 48 点の遺物から 71 箇所を抽出して調査を行なった。

3. 分析方法

まず金が残存している部分を中心にエネルギー分散型ケイ光 X 線分析装置(セイコーインスツルメンツ(株)製 SEA5230 以下 XRF と略す)を用い元素分析を行なった。次に表面の金の状態を走査型電子顕微鏡(日立製作所製(株)S-3500N 以下 SEM と略す)で観察した。次にこれらの破片の一部を樹脂に包埋しその断面の元素の分布状態を調べるためエネルギー分散型電子線マイクロアナライザー分析装置(株)堀場製作所 EX-300 以下 EDX と略す)を用い、主に金、銅、鉄、水銀の分布状態を観察した。

4. 分析結果・考察

まず始めに肉眼観察を行った。その結果、銅板あるいは銅の酸化物がほとんど認められ

なかった。

次にケイ光 X 線分析を行なった。銅および鉄のピーク強度が高かった代表的なものを図 1 および図 2 に示した。今回の分析箇所 71 箇所のうち金が検出されている部分(53 箇所)、について主な元素の有無と、鉄と銅の強度を比較した結果、鉄の強度のみが高かったものが全体の約 85%にも上った。また、これらの中で二足鋌に限ってみると、表 1 に示すようにそのほとんどが銅に比べると鉄の強度が高く、14 箇所中 5 箇所を除いて、金が存在する部分には水銀の存在が確認できた。さらに、EDX による断面観察で鉄の上に直接金が存在するものが認められた。しかし、これらの試料の中には鉄の酸化物とともに銅の酸化物も認められた。このことから、銅が存在する可能性は否定できない。

表 1. 二足鋌の XRF 分析による各種元素の構成 (概略)

	1	2	3	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13
Fe	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	○
Cu	△-	-	△-	-	△	△	△-	-	-	-	-	○+	-	△	○
Au	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
Hg	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり		あり					あり
Ag									あり						

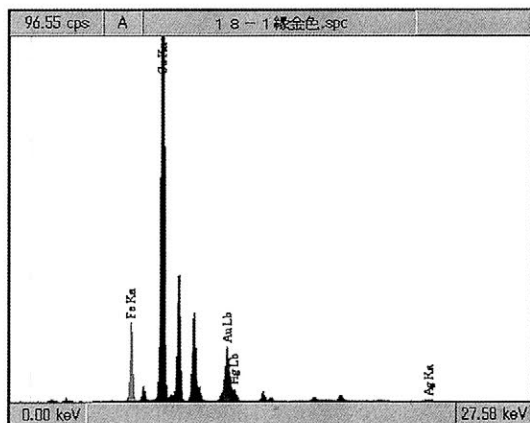


図 1. 鏡板の XRF スペクトル

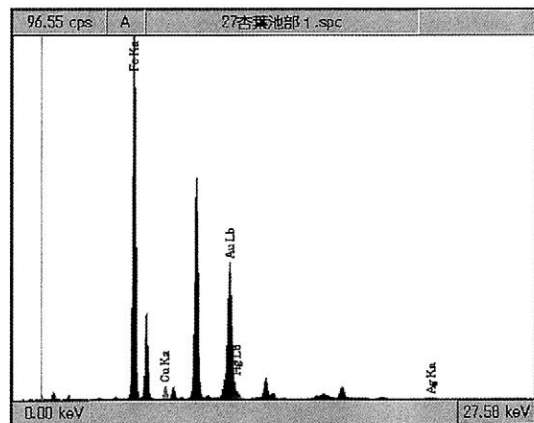


図 2. 杏葉の XRF スペクトル

6. さいごに

今回春岡遺跡出土馬具類に施された金の装飾部分を中心に調査・分析を行なった。その結果、鉄地金銅製品の表面の分析ではその多くに多量の銅の存在が確認できなかった。この理由についてはいくつかの可能性が考えられる。今後他の遺跡の調査・分析を行ないデータの収集を行うとともに、考えられる製作技法を用いて実験的に資料を作製し、分析結果と比較しながら金の装飾方法の解明に努めたい。

ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた
トルコ共和国キュルテペ出土金属製品の化学分析

○増渕麻里耶・真田貴志・中井泉（東理大理）

1 はじめに

トルコ共和国のほぼ中央に位置するキュルテペは、かつてカニシュと呼ばれ、前 2 千年期にはアナトリアにおけるアッシリア商業植民地の中心地として栄えたことで有名である。粘土板などの文献資料が多数出土し、中央アナトリア中期青銅器時代の文化の解明に重要な役割を担ってきた遺跡である。キュルテペ第 II 層 (1945-1835 BC) および第 Ib 層 (1800-1730 BC) では、遺跡内の様々な場所で金属器製作のための工房が出現し、鋳型や坩堝、鉛、銀、銅のインゴットなどが出土している。また、盗掘を免れた墓からは、当時の高度な金属加工技術を今に伝える様々な装飾品、シンバル、各種の容器、武器やカニシュ特有の糸巻きなどが出土している。特に先の工房の鋳型と同型の武器も多数出土し、キュルテペにて生産されていた製品の特徴を知ることができる¹⁾。

青銅製品などの金属器の化学組成は、製品の色や強度などの物性を支配する要因であり、当時の冶金の技術レベルを知る大きな手がかりとなる。キュルテペから出土した金属製品は、これまでに博物館所蔵品の分析に関するいくつかの研究の中で取り上げられているが、キュルテペの文化に的を絞った系統的な研究は行われていない。その理由として、従来の分析法では測定のために資料を博物館外へ持ち出す必要があり、分析の許される資料が希少だったことがあげられる。そこで本研究では、キュルテペ出土遺物の系統的な研究に向けて、遺物の観察とポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた非破壊組成分析による材質の解明により、キュルテペにおける冶金技術の特徴を明らかにし、資料の実用性と組成の関係について考察を加えた。

2 測定資料

資料はカイセリ考古学博物館内に展示されているキュルテペカールム第 II 層および第 Ib 層より出土した金属製品 50 点である。経年変化のため資料表面には錆がみられたが、部位によっては錆がなく金属光沢が確認できた。資料はその形状から装身具 (J01~J21) と儀礼用品 (E01~E04)、容器 (V01~V06)、斧や鎌などの武器 (W01~W15) と、その他の製品 (F01~F04) に分けられる。

3 分析装置

測定はアワーズテック (株) 製ポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100 II を使い、カイセリ考古学博物館内で行なった。管電圧・管電流は 40 kV・1 mA、励起源には Pd 白色 X 線 (Zr フィルター使用) を使い、同一資料につき数点、金属部・腐食部を分析した。

得られたスペクトルから、資料の構成元素のピーク強度 (積分強度) を求めた。主成分から資料を銅製品と貴金属製品に分け、さらに検量線法により濃度に変換し、それぞれの組成について考察を行なった。

4 結果と考察

銅製品にはスズや鉛、ヒ素が様々な濃度で含まれていた。中にはスズや鉛を含まずヒ素のみを含む製品が 3 資料存在し、これらはヒ素銅製であると考えられる。また、鉛の濃度を資料の種類ごとに比較すると、比較的大型の武器で鉛濃度が高い傾向が見られた (図 1)。

さらに、鉛およびスズの濃度について、同じ様式をもつ大小の武器で比べると、大型のもの（W10）では鉛濃度が約 4 wt%、スズが約 30 wt%、小型のもの（W07）では鉛が約 0.2 wt%、スズが約 8 wt%であった。化学組成から考察すると、大型武器ではスズが多いためかなり銀色に近くなり、耐圧度に長けた組成であるのに対し、小型武器は金色に最も近い色味を持つスズ濃度であり、装飾性を考慮した組成であると考えられる。

貴金属製の装身具について、銀製品 4 資料のスペクトルを図 2 に示す。装飾ピン 3 資料では不純物が少なかったが、プレスレット 1 資料には銅が顕著に含まれていた（図 2(a)）。金製品には銀や銅などが様々な割合で含まれ、製品の色味のバリエーションが豊かであったことが推測できる。

以上より、中期青銅器時代のキュルテペの金属製品の製作技術は、これまで考古学的な形態観察から言われていた加工技術の高度さのみならず、精錬や合金製造段階でも製品の用途や加工性に適した組成を選択する豊かな技術を持っていた可能性が組成分析により示唆された。

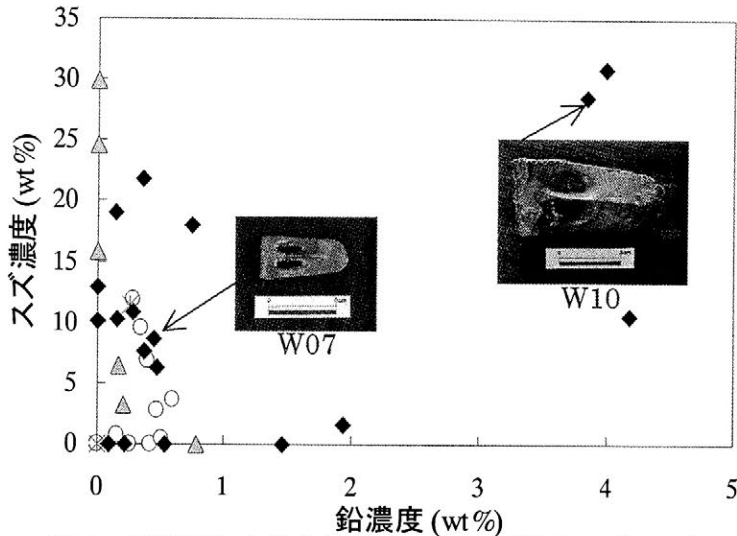


図 1 銅製品における鉛濃度 v.s.スズ濃度のプロット
○: 装身具・儀礼用具(J01~J07, C01~C04),
△: 容器(V01~V06), ◆: 武器(W01~W15, F01~F04)

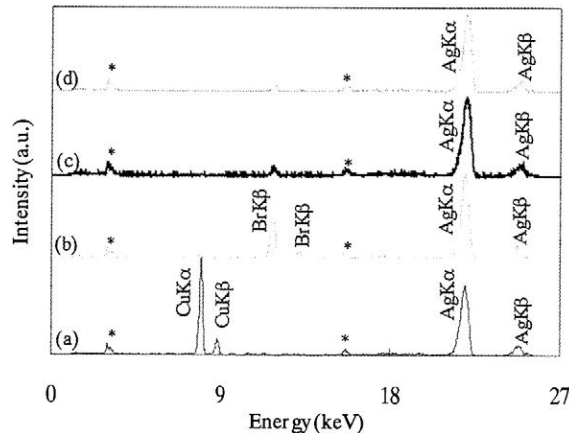


図 2 銀製品 4 資料の XRF スペクトル (*: 装置由来のピーク)
(a)プレスレット (b)~(d)装飾ピン

1) T.Özgüç, *Kültepe Kanis/Nesa*, The Middle Eastern Culture Center in Japan, (2003).

棹吹き技法の復元的研究 — 棹銅製作から得られた知見について —

伊藤幸司(財団法人 大阪市文化財協会)

はじめに

現在「住友銅吹所跡」の石碑が建つ大阪市中央区島之内1丁目。ここでは江戸時代を通じて銅を生産するための大規模な工場が操業されていた。行われていた作業は山元(鉱山)で粗く「製錬」された銅地金(荒銅)を「精錬」して品位を限りなく純銅に近づけるもので、さらに、銀を一定量以上含む荒銅からは銀を分離する作業も行っていた。具体的な作業は「間吹き」「合吹き」「南蛮吹き」「灰吹き」「小吹き」などで、その様子は住友史料館による研究や、発掘調査(1990~93年)の成果などからうかがい知ることができる。

表題にある復元は特別展『よみがえる銅(あかがね)-南蛮吹きと住友銅吹所-』(大阪歴史博物館、2003年)の関連事業の一つとして行ったもので、その成果は一般を対象とした実演会を6回開催し、また、展示室では記録映像を放映した(映像は現在も閲覧可能)。

今回の発表では繰り返し行った実験やそれに基づく絵図・文献の再考、推測、検証そして実演という一連の作業の中から得られた知見を紹介する。



「棹吹の図」『鼓銅図録』
(『住友銅吹所跡発掘調査報告』から)

棹吹きとは

棹吹きは精錬作業の最終工程で行われる小吹きの作業のひとつである。小吹きは精錬を終えた銅地金を流通させるための単位(形状)に鑄造する工程で、国内流通用のものを「地壳吹き」、輸出用の棹状にするものを「棹吹き」と呼んだ。生産量は、ひとつの炉(数人の工人)で銅地金が35kgほど入る坩堝に1日十数杯も溶解、鑄造したようである。その作業は『鼓銅図録』に詳細に描かれているように、湯を満たした木枠の中へ鑄造するという特殊な方法をとっている。また住友(泉屋)製の棹銅の表面は、伝世している棹銅にみられるように鮮やかな赤色に発色しており、オランダ等輸出先から珍重されたようである。

実験の目的

発掘調査報告書の作成時に2度の棹吹き実験を行った。この際、熱湯中へ溶解した銅を鑄込むことが可能であること、条件によっては赤色に発色することが確認されている。

今回の実験は、以下の3点に主眼を置いた。

- a. 当時に近い方法で鑄造する。— 絵図・文献に記されている作業方法を参考にする。
- b. 絵図・出土品に見られる設備や道具の、作業に裏付けられる必然性を検討する。
- c. 棹銅表面を赤色に発色させる方法を究明する。

実験の方法と結果

溶解方法について

第1段階—いわゆる坩堝炉での溶解

方法) 坩堝炉(図1の構造)を地上に築いた。

燃料は炭とコークス、地金(銅)は坩堝の中、燃料は坩堝の外、下から送風。

結果) 効果的な溶解が行えない。— 到達温度が低い・・・間接加熱

第2段階—直接加熱による溶解

方法) 地下式の炉 (図2)

燃料は炭、坩堝の内外に詰め込む。

地金は坩堝内の炭に混ぜて (接触させて)。

斜め上からの送風。—坩堝の角に当て、内外の炭を加熱。

結果) 銅の溶解は早い。

一度溶けた銅が坩堝内で固まる=炭や地金の追加作業で炉内温度が低下。

第3段階—発想の転換—こしき炉の効果

方法) 実験2を踏襲 (図3)—温度計を導入。

坩堝内には炭、地金は坩堝の上に。

坩堝の中心をめがけて送風し、坩堝内の炭を加熱する。

結果) 坩堝上に地金を置くことにより溶解が早い。

炭や地金の追加を最小限にすることで、坩堝内で冷え固まる現象は防げた。

坩堝口縁の形状は地金を支えるための五徳の役目をしていることが判明した。

棹銅表面の発色について

溶解実験に伴い鑄造作業 (湯の中へ鑄造→取り出して冷水で急冷) も繰り返し行ったが、良好な赤色になる確率はきわめて低かった。しかし、当時は1日数千本単位の膨大な数の棹銅を生産していたことから、発色させるために特別な作業を行っていたとは考え難い。このようなことから銅吹所の立地条件を検討、吹所内で使っていた水は横を流れる長堀から引いたもので、その水は海水もしくは汽水、つまり塩分を含んでいた可能性が高いことが判った。

方法) 鑄造に用いる熱湯、冷却に用いる水に2~5%の塩を溶解して使用した。

結果) 冷却に真水を使うと、棹銅の周りに水蒸気の膜(?)ができて数秒間冷却されない。

塩水の場合は浸けると同時に勢よく酸化膜が剥離し、鮮やかな赤色が得られた。

まとめ

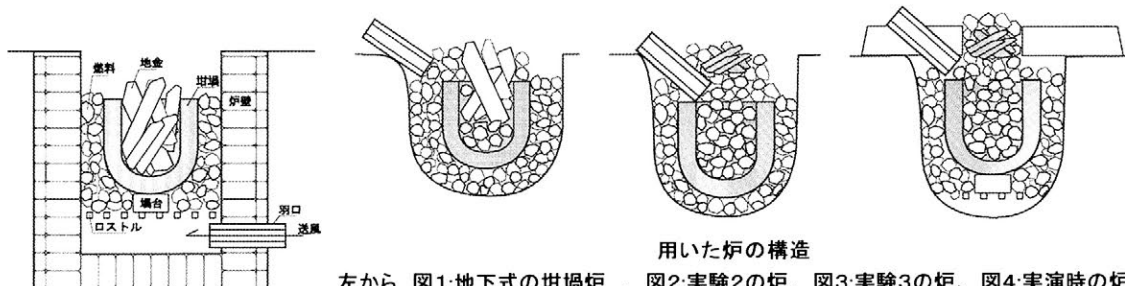
金属を溶解・鑄造することの”常識”が、絵図や文献を解釈する際に”先入観”を与え、発想を展開することの妨げとなっていた。今回の実験によって、途絶えてしまった技術の一端を垣間見ることができた。その過程では、絵図に描かれている作業や道具、文献に書かれている言葉の意味など、作業そのものにかかわる見落とされがちな表現と実際の作業とが符合し、確証が得られることが幾つもあった。しかし、当時の作業効率は想像を絶するもので、生産量は到底及ばない。また、銅吹所で行われていたその他の作業についても、解釈や理解は出来るが実際に生産性のある作業を行うことは不可能であろう。まだまだその全貌は明らかではない。

引用・参考文献

大阪歴史博物館編『よみがえる銅—南蛮吹きと住友銅吹所—』大阪歴史博物館 2003

伊藤幸司「住友銅吹所における鑄造技術」『鑄造遺跡研究資料2003』鑄造遺跡研究会 2003

伊藤幸司「江戸時代の職人さんに挑戦! 銅(あかがね)を鑄る」『葦火』第108号 大阪市文化財協会 2004



西分増井遺跡から出土した青銅製品の自然科学的調査

○ 渡辺智恵美・平尾良光* 菅井裕子・井上美智子・植田直見** 出原恵三***
 (*別府大学 ** (財) 元興寺文化財研究所 *** (財) 高知県埋蔵文化財センター)

1. はじめに

西分増井遺跡から出土した青銅製品について、保存処理に伴い自然科学的調査を行ったので報告する。本遺跡からは銅鐸、銅矛、銅戈、製鏡などの青銅器が小破片の状態でも多数出土している。また鉄片も大量に出土しており、金属生産の拠点集落であった可能性も窺える。これらの青銅器が「破片状態で住居址から出土した」ことに着目し、遺物の材質調査だけでなく、出土している破片間で同一個体が同定できるか否か、また異なった器種が同じ材料を用いて製造されたか否か等の鑄造情報を得るために、鉛同位体比測定を実施した。

2. 遺跡と遺物の概要

高知県吾川郡春野町所在する西分増井遺跡は、縄文時代後期から古墳時代前期初頭にわたる複合遺跡で、仁淀川左岸に広がる拠点集落遺跡である。今回報告する遺物が出土した1区では、弥生時代の竪穴住居址13棟、古墳時代の竪穴住居址3棟、古代の土坑約20基が検出され、青銅鏡、銅鐸、銅矛、銅戈の一部分や小破片が多数出土している。高知県は、青銅器の分布が多い地域であり、器種の構成も多様である。主として窪川台地から物部川流域の範囲に集中しており、西部には九州的な要素である銅矛が多く分布し、東部は近畿で作られたとされる銅鐸が多く分布している。田村遺跡は物部川下流域に位置し、これらが混在する地域となっている。今回、西分増井遺跡で銅鐸が出土したことにより、両者の混在地域が西に延びたことになる。

3. 鉛同位体比と遺物の出土状況について

今回の鉛同位体比測定では同一材料と考えられる3つの群が確認された。

以下、その結果とそれぞれの青銅器（青銅器片）の出土状況について検討する。

鉛同位体比測定の結果からは、銅戈(C17)と青銅器片7-7(C11)、7-9(C13)の鉛同位体比が酷似した値を示している。とくに銅戈(C17)と青銅器片7-7(C11)はほぼ一致しており、同一材料であると考えてよい。また青銅器片7-9(C13)も誤差の範囲内で一致しており、この3点は同一材料を用いて製作されたと考えられる。これらは竪穴状遺構SX1から出土しており、この3つの破片は同一個体であった可能性が高い。つぎに製鏡(C16)および銅矛(C18)、青銅器片7-4(C9,10)、7-8(C14)も同一材料を用いている可能性が高いと考えられる。これらのうち、製鏡(C16)と銅矛(C18)は同じ層(包含層)から出土している。青銅器片7-4(C9,10)は竪穴住居ST10より、青銅器片7-8(C14)は竪穴状遺構SX1付近より出土している。青銅器片7-4(C9,10)は中広形銅矛の破片であり、銅矛(C18)と同一個体である可能性が高い。いずれも年代的に弥生時代後期中葉に比定される遺構や層から出土しており、同じ時期あるいは時間的な隔たりを持たずに製作されたと考えられる。同一個体、また同一材料であるにもかかわらず、異なった地点から出土して

いる。つぎに青銅器片 7-5 (C7) および 7-6 (C12) についても、鉛同位体比の値より同一材料を用いていると推定される。これらは竪穴住居 ST9 より出土した中広形銅矛片であり、同一個体であると考えられる。またこの住居址から青銅器片 7-7 (C11) も出土しているが、材料的に同一であるとは言い難い。

4. おわりに

鉛同位体比と遺物の出土地点について検討した結果、同一個体と考えられる破片は同じ遺構内から出土する傾向が高いことは窺える。鉛同位体比の結果と出土状況との関係を見出すには至らなかったが、居住区から青銅器が出土することは特異な事例であり、破片で出土したこれらの青銅器がどのように利用されたのか（例えば再鑄造の材料にするなど）興味深い。

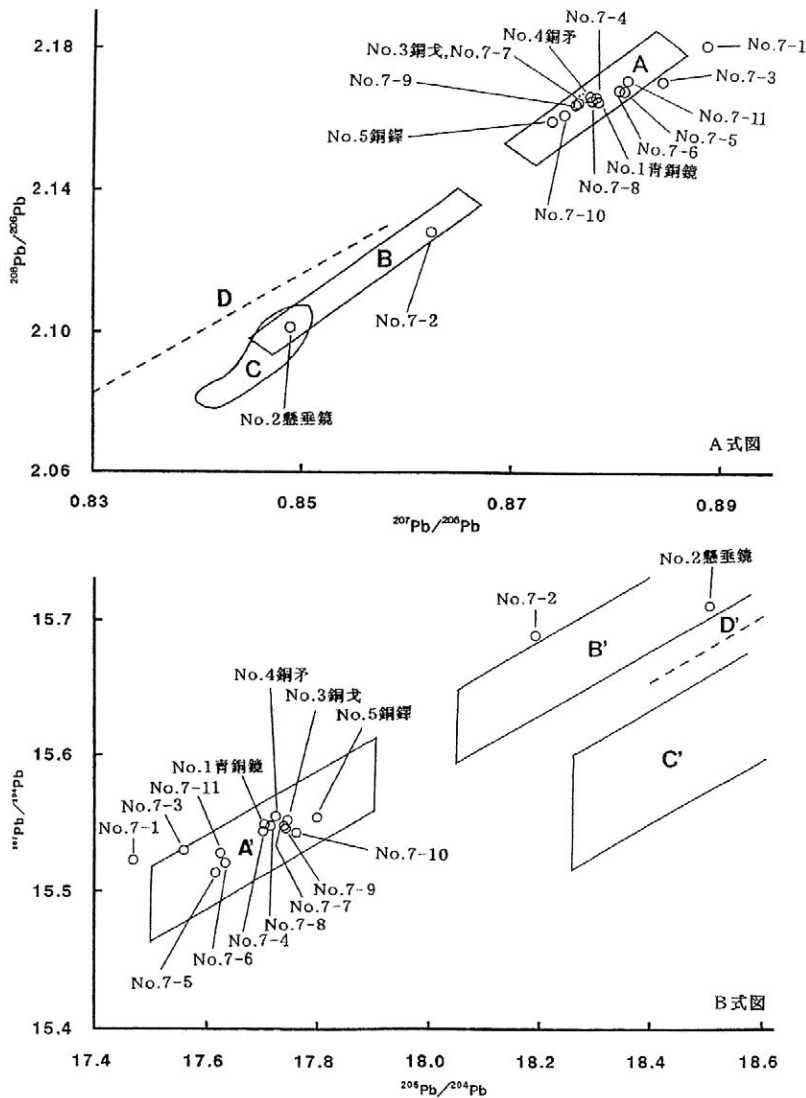


図1 西分増井遺跡出土青銅器の鉛同位体比

福井県敦賀市経塚出土銅鏡についての材質調査

清水 梨代 (京都国立博物館) 中野 拓郎 (敦賀市教育委員会)

はじめに

和鏡は出現そのものが日本の鏡生産における大きな画期であっただけでなく、日本の古代末から中世における社会システムや種々の製品流通の転換期とも軌を一にしており、当時の社会と密接につながっていたものと考えられる。しかし、その科学的調査に関してはほとんどなされる機会を得ていない。今回保存処理に伴い科学的調査を行った敦賀市深山寺経塚は1基の経塚から10面以上の鏡が一括で出土した極めて良好な資料である。なお、同時に調査を行った敦賀市舞崎経塚は深山寺経塚に近接して所在する経塚であり、深山寺経塚と密接に関係がするものと考えられる。

遺跡の概要

I 深山寺経塚

深山寺経塚は木の芽川が敦賀平野に出る直前の御山の尾根上に営まれた総数20基以上の紙本経塚群を主体とし、同時に中世墓を伴う宗教遺跡群である。経塚は1から5号、8から10号は尾根の稜線上に一列に築かれ、6、7号は西側の斜面に築かれていた。昭和57年の宅地造成に伴う緊急調査でそのうち7基が発掘され、うち3基から鏡が出土した。いずれも経筒の出土はないがここから出土したと思われる経筒が2点存在する。1号のみが石室を構築し、他は地山を碗状の土壌を掘りこむ構造である。鏡は1号が石室構造に差し込む形で、3号が土壌周辺の地山直上で刀子を組み合わせた状況で出土した。(『中世北陸の寺院と墓』(1994))

II 舞崎経塚

舞崎経塚は弥生、古墳、平安時代の複合遺跡である舞崎遺跡の一部である。舞崎経塚は平安時代末期の経塚2基からなっているが、すでに盗掘にあっており、経筒も失われていたが和鏡2面を含む遺物が発掘されている。(敦賀市教育委員会『舞崎遺跡』(2002))

元素分析

エネルギー分散型蛍光X線分析器を使用して元素分析を行った。分析条件は以下のとおりである。

奈良大学保存科学研究室設置 (株)エダックス製エネルギー分散型蛍光X線分析器(Eagle XXL NR)

: 38kv、500 μ A、300秒、コリメーター0.1mm、管球:クロム

(財)元興寺文化財研究所設置 (株)セイコー・インスツルメンツ製エネルギー分散型蛍光X線分析器(SEA5230)

: 50kv、1000 μ A、600秒、コリメーター0.1mm、管球:モリブデン

深山寺経塚および舞崎経塚出土鏡は所蔵者である敦賀市教育委員会のご好意により、極狭小範囲の錆を除去してメタル(地金)部分を分析することができた。したがって、これらのデータは比較的鑄造当初の状態に近いものである。(【表1】)これらのデータは大きく3つに分類することができる。

【表1】 深山寺経塚、舞崎経塚出土鏡の組成による分類

		主な検出元素	セイコー	エダックス
I 群	A-1	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)、銀(Ag)、砒素(As) (1~3wt%)	101、 <u>108</u> 、 <u>116</u> 、312、 <u>314</u>	112、116、 <u>306</u> 、 <u>314</u> 、舞崎1-2
	A-2	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)、銀(Ag)、砒素(As) (1wt%以下)	<u>118</u> 、 <u>122</u> 、 <u>313</u> 、327	101、103、 <u>108</u> 、 <u>122</u> 、 <u>308</u> 、 <u>312</u> 、 <u>316</u> 、327
	A-3	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)、銀(Ag)、砒素(As) (3wt%以上)	<u>403</u> 、舞崎1-2	403
?	A-4	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)、砒素(As)	<u>103</u> 、 <u>307</u> 、317、328、舞崎1-1	317
II 群	B-1	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)	<u>112</u> 、113、 <u>117</u> 、 <u>308</u>	<u>113</u> 、 <u>117</u> 、 <u>311</u> 、307、舞崎1-1
	B-2	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb) (水銀(Hg)検出無し)	311、 <u>315</u>	<u>315</u>
III 群	C	銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)、銀(Ag)、砒素(As)	<u>109</u> 、 <u>111</u>	<u>109</u> 、 <u>111</u>

* 深山寺経塚出土鏡は台帳番号に基づき、1号経塚出土鏡は100番台、3号経塚出土鏡は300番台、4号経塚出土鏡は400番台で表記する。

* 網掛: 主成分 (主成分である銅、錫、鉛の比率はおおよそ銅:錫+鉛=70:25) 標準:微量成分

* 囲み線: 錫(Sn) < 鉛(Pb) 下線: 錫(Sn) > 鉛(Pb) 標準: 錫(Sn) = 鉛(Pb)

* 分析値はメタルの値を採用し、簡易定量で5wt%以上検出されたものを主成分、0.1wt%以上検出されたものを微量成分として扱う。

I 群: 銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)を主成分とし砒素(As)、銀(Ag)を微量に含有する鏡 = A-1、A-2、A-3

II群：銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)を主成分とし砒素(As)、銀(Ag)を含有しない鏡 =B-1、B-2

III群：銅(Cu)、錫(Sn)を主成分とし鉛(Pb)、砒素(As)、銀(Ag)を微量に含有する鏡 =C

I群の鏡=和鏡

深山寺経塚、舞崎経塚出土鏡の和鏡の大部分がこれにあたり、少なくとも原材料の一部に国産銅を使用して作られた鏡といえる。

II群の鏡=湖州鏡、素文鏡

深山寺経塚、舞崎経塚出土鏡では湖州鏡、素文鏡はそれぞれ各2面ずつであったが、他遺跡出土の鏡の分析事例もほぼ同様の結果を示している。尚、和鏡の一部がこのグループに入ってくるが、これらは輸入銅のみを用いて鑄造されたと考えられる。

III群の鏡=金属質な銀色光沢をもつ鏡(いわゆる白銅鏡)

深山寺経塚、舞崎経塚においてはわずかに2面であったが、他の鏡とは組成の異なる一群である。成瀬正和氏による唐式鏡の組成による分類におけるC群(銅(Cu)、錫(Sn)を主成分とし他に鉛(Pb)、砒素(As)等を微量に含有する(「正倉院鏡を中心とした唐式鏡の科学的調査」『古代の鏡 日本の美術 393』(1999))に近い組成である。

考察

以上のことから、深山寺経塚、舞崎経塚出土の和鏡はそれらの組成の違いから3系統の異なる工房、または工房グループによって作られたと考えられる。また、原材料の入手ルートの違いや工房による差異を表しており、これと鏡式の差異(縁幅、径、鈕型)が一致すれば、文様が異なっても同一系統の工房で製作された鏡である可能性を示唆する。このことからかんがみるに、深山寺経塚の1号経塚と3号経塚は一部例外もあるものの、別系統の工房で製作された鏡を埋納しており、すでに久保智康氏が指摘しているように入手ルートの違いを裏付ける結果が出たといえる。

なお、素文鏡、湖州鏡以外の鏡(すなわち和鏡)からは砒素(As)と銀(Ag)が検出され、成瀬正和氏は砒素(As)の含有率が1~3wt%で且、銀(Ag)の含有が認められるものは国産銅を用いた可能性が高いと指摘されていることから、A群は国産銅を用いた可能性が考えられる。ただし、この時期の朝鮮半島における銅生産および、銅製品の組成データは未解明であり、更には朝鮮半島北部の銅には高濃度の砒素(As)が不純物として含有されている可能性が唱えられていること、百濟後期の青銅製品に砒素(As)が不純物として含有されていることが盧泰天氏(忠南大学教授)により報告されていること等から考えると、砒素(As)を判断材料とすることは慎重であるべきと考えられる。むしろ銀(Ag)に関しては明代の技術書『天工開物』における日本から輸入された銅についての記載、時代はやや古くなるが淳和院で操業されていた鑄造遺構(9世紀?)から出土したスクラップ及び金属粒の分析、東大寺の鑄造遺構出土のスクラップ、長登銅山の銅鉱石の分析等の例から考えると、南蛮吹きが入ってくるまでの日本産の銅には極微量の銀が含有されていたことが明らかである。以上のことから、II群を除く銀(Ag)を微量に含有している和鏡は少なくとも国産銅と輸入により入ってきた銅をあわせた材料を使用していた可能性が考えられる。A-4の鏡に関しては今後、この時期の朝鮮半島及び中国の銅生産(銅の組成も含む)の実態が明らかにならない限りはきわめて流動的な状況といえる。

また、極めて重要なことであるが、素文鏡以外の鏡からは水銀(Hg)が検出がされており、水銀を用いた鏡磨きが行われていた可能性が考えられる。更には湖州鏡を除くいわゆる和鏡には鏡面だけでなく鏡背からも水銀が検出され、表裏全面を水銀を用いて鏡磨きしていたと思われる。したがって、鏡背での水銀(Hg)の検出の有無が国産鏡とそれ以外とを分ける判断基準の1つになる可能性が考えられる。

本研究では、美術的、考古学的な側面からの従来の研究に文化財科学的な視点を加える事により、新たな知見を得られる可能性がわかった。しかし、今回の研究では何らかの結論的な結果を出せたわけではないが、むしろ今後の為の課題と可能性が明らかになった点と、なによりも基礎的データの積み上げ作業が出来たことが最大の成果であったといえる。

謝辞

本研究にあたっては多くの方々にご援助、ご便宜を賜った。末尾ではありますが深く御礼申し上げます。

井口喜晴、植田直見、菅井裕子、敦賀市教育委員会、成瀬正和、西山要一、平尾良光、水野正好(敬称略、五十音順)

【表2】 深山寺経塚、舞崎経塚出土鏡の文様、組成による分類

	I群	A-4	II群	III群
松喰鶴鏡系	302、310、313、314	328		
菊花鏡系	101、103、108			
山吹鏡系	122、312、327		舞崎1-1	
草葉鏡系	116、118、112、306、308、316、403、舞崎1-2		117	
秋草鏡系		317		109
湖州鏡系			113、307	
素文鏡			311、315	
その他				111

神戸市西求女塚古墳出土の青銅鏡の調査

村上 隆 (奈良文化財研究所)

千種 浩・安田 滋・中村大介 (神戸市教育委員会)

1. はじめに

神戸市西求女塚古墳から出土した、7面の三角縁神獣鏡を含む、計12面の青銅鏡に対する科学的調査を行った。さまざまな調査手法を用いて、これら青銅鏡の材質や製作技術を探るとともに、古代青銅の腐食のメカニズムを解明するための基礎的知見を得たのでその一部報告する。

2. 西求女塚古墳から出土した青銅鏡について

4世紀前半の前方後円墳、西求女塚古墳から出土した12面の青銅鏡を以下に示す。海岸沿いの立地や、「慶長伏見大地震」(1596)による竪穴式石室の崩壊など、この古墳を取り巻くさまざまな環境条件が、これら12面の青銅鏡の破損状態や表面の腐食状態などに反映されているものと考えられる。なお、本報で扱うのは、2号鏡、3号鏡、5号鏡、8号鏡、9号鏡、10号鏡に限った。なお、3号鏡と10号鏡が兄弟鏡である。

【1号鏡】半肉彫獣帯鏡

【2号鏡】三角縁吾作四神四獣鏡

【3号鏡】三角縁吾作三神五獣鏡

【4号鏡】三角縁吾作三神四獣鏡

【5号鏡】三角縁陳是作五神四獣鏡

【6号鏡】画文帯環状乳神獣

【7号鏡】神人龍虎画像鏡

【8号鏡】三角縁吾作四神四獣鏡

【9号鏡】三角縁吾作徐州銘四神四獣鏡

【10号鏡】三角縁吾作三神五獣鏡

【11号鏡】画文帯環状乳神獣鏡

【12号鏡】半肉彫獣帯鏡

3. 科学的調査法

西求女塚古墳から出土した12面の青銅鏡に対して行った科学調査法を列挙する。非破壊的手法が中心であるが、一部サンプリングした試料による調査も含む。本報では、主に①、⑤、⑥の成果である。

- ①光学顕微鏡による表面観察 ②X線透視観察 (X線ラジオグラフィ) ③非破壊的手法による蛍光X線分析
④青銅鏡表面のX線回折分析 ⑤金属顕微鏡による青銅鏡断面のマイクロ観察 ⑥電子線プローブ微小部分分析法 (EPMA) による青銅鏡断面の金属学的キャラクタリゼーション ⑦三次元レーザー計測による形状比較観察

4. 調査結果と考察

(1) 表面観察による腐食状態の把握

西求女塚古墳出土の12面の青銅鏡中、オリジナルな表面が観察できたのは1号鏡のみであり、青銅鏡表面に遺存する研磨痕や鑄型の情報など、製作技術の痕跡を探ることは困難であった。しかし、腐食状態の観察としては、興味深い知見を得たのでここに報告する。

古代青銅器、特に青銅鏡の表面腐食には、次の2タイプあることが、これまでの調査でわかっている。

①表面が厚く緑青サビで覆われるタイプ …表面に遺存する製作技術の痕跡の観察が不可能…

②黒銀灰色や銀灰色を呈するタイプ …オリジナル表面の観察が可能…

西求女塚古墳出土の青銅鏡の大半は、①のタイプにあたる。このような腐食の背景には、慶長伏見大地震(1598)で石室が崩れたことも一因にあげられよう。未盗掘の古墳にしばしば認める極めて長時間において構築された準安定な雰囲気期待できないためである。また、古くは海岸線から100m程度の立地条件も考慮にいれなければならない。腐食要因としての塩化物イオン(Cl⁻)の影響を勘案する必要があるからである。因みに、例えば、未盗掘墓であった滋賀県雪野山古墳出土の青銅鏡は、②のタイプであった¹⁾。腐食現象と表面状態の比較は後述する。

(2) 特殊な形態を持つサビの事例

今回、特殊な形状のサビを確認した。緑青サビの表面に細かく分散するように析出する太さ50~100 μ mのヒゲ状サビである(図1)。一般には、青銅鏡の表面にスポット上に析出した緑青サビは、やがて面的な拡がりをもって成長し、表面を埋め尽くすようになる。しかし、今回観察したヒゲ状サビは、空間的に成長していくタイプである。このタイプのサビは、「fibrous malachite (絨維状マラカイト)」として報告がある²⁾が、わが国での報告は今回が初めてであろう。

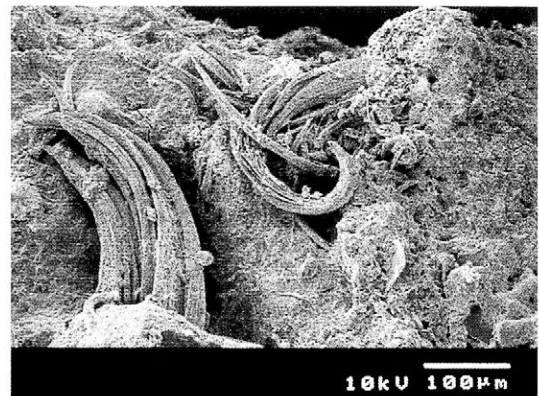


図1 9号鏡表面に認められた絨維状マラカイト (SEM観察)

(3) 材質と金属組織観察による兄弟鏡の比較

2、3、8、10号鏡の4面に対して、金属組織の観察を行った。いずれも表面に腐食層を認めるが、中心部には健全な母相を残す。しかし、腐食層は最も薄い8号鏡で200 μ m程度、最も厚い3号鏡で1mmを超える。

なお、組成は、基本的に21%程度のスズ(Sn)と数%の鉛(Pb)を含む高スズ青銅である。図2に、2号鏡の母相の金属組織を示す。 α 相[銅(Cu) +スズ(Sn) (~15%)の固溶体]を[α 相 + δ 相[Cu₄Sn]]の共析層がネットワーク状に囲む鑄造組織を示す。他の3面も金属組織の基本は同様であったが、8号鏡は2号鏡とよく似て組織は粗く、兄弟鏡である3号鏡と10号鏡の組織はどちらかというと比較的密であった。兄弟鏡同士の金属組織の比較は、京都府椿井大塚山古墳出土の三角縁神獣鏡の兄弟鏡に対して行った³⁾が、金属組織の大きさに及ぼす鑄型材料の冷却速度への違いや鑄込み温度などの影響などが検討項目が多数残されている。今後、他の兄弟鏡の比較検討を行っていく中で、さらに検討を加えていきたい。

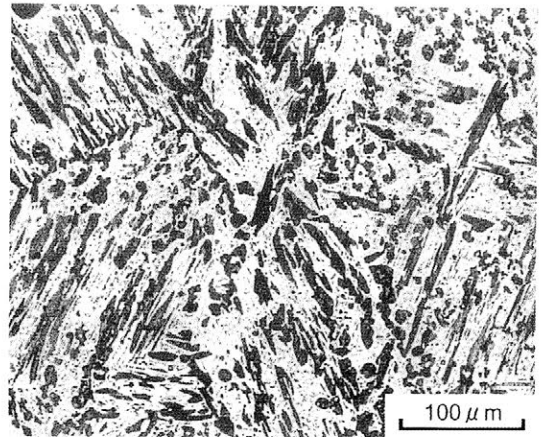


図2 2号鏡母相の金属組織

(4) 腐食層のキャラクタリゼーション

(a) 腐食現象からみた分類

古墳から出土する青銅鏡の腐食層について、椿井大塚山古墳出土の三角縁神獣鏡の事例で詳しく論じた³⁾。その際に、2つの異なったタイプがあり、それぞれのタイプで腐食現象が異なることを示した。腐食の促進因子によって金属組織中でアタックされる相が異なり、腐食現象に違いがあると考えられるのである。

一つは、**腐食層Ⅰ**とする表面に近い腐食層である。長年月における酸化により、埋蔵環境中にCuが溶け出す脱銅化現象が成因とする。Cuは主に α 相から溶出し、脱銅化した α 相中にPbが拡散する現象を伴う。そして、球状に存在していたPbが溶出した跡は完全に空洞化する。 α 相の脱銅化と、Pbの α 相への拡散と溶出後の空洞化が、この腐食層の大きな特徴である。また、 δ 相には大きな変化は認められないので、腐食層中のSn濃度は必然的に高くなる。古代青銅器を非破壊的手法によって蛍光X線分析を行うと、銅よりスズが高濃度になる傾向が認められる一因が、この表面腐食層における脱銅化現象にあることがよく理解できる。

一方、**腐食層Ⅱ**は、酸素と共に塩化物イオン(Cl⁻)の供給によって生じる。Cl⁻は、上記の酸化による腐食層中を母相深くまで進行する。Cl⁻による脱銅化は δ 層で生じ、 δ 層から溶出したCuは表面まで移動せず、母相中に開いていた空孔を埋めるように再析出し、新たな銅粒を形成する。母相中のクラックや、母相と酸化層の空隙に帯状に析出することもある。この再析出銅は、ほぼ純銅である。Cl⁻による腐食層中でもイオン化したPbは、脱銅化した δ 相中に拡散し、溶出した跡は空洞化する。Cl⁻による腐食層では、 δ 相の脱銅化と再析出銅の銅粒形成、さらにはPbの δ 層への拡散と溶出後の空洞化が生じる。そして、その空洞が銅の再析出場所にもなっているのがこの腐食の特徴である。

(b) 西求女塚古墳出土青銅鏡に認められる腐食現象

上で述べた腐食現象の分類に従うと、西求女塚古墳出土の青銅鏡では、表面近傍にも**腐食層Ⅰ**がほとんど認められず、**腐食層Ⅱ**の形成が表面から優位であると判断できる。**腐食層Ⅱ**は、Cl⁻の影響を大きく受ける腐食現象とすると、埋蔵環境中のCl⁻による腐食が優先的に生じる現象が起こった可能性が考えられる。Cl⁻の存在は、この古墳が築造当初海岸線から100m程度の海浜地区に存在することからも首尾できる。**腐食層Ⅱ**で生じた純銅層が表面近傍にまで形成されている様子が、観察されるのも興味深い。

4.(1)において、青銅鏡の腐食状態を表面観察により2タイプに分けたが、断面観察から分類した表面近傍に形成された腐食層の違いを反映していると考えられる。西求女塚古墳出土青銅鏡の場合、表面近傍から形成された**腐食層Ⅱ**で δ 相から溶出した銅イオンが表面にも純銅析出層を形成するとともに、炭酸ガスの影響も加わり緑青サビを形成するに至ったのではなかろうか。また、3号鏡の断面観察では、一見**腐食層Ⅰ**が生じているように見受けられるが、これは**腐食層Ⅱ**中に形成された再析出銅が新たに酸化され、酸化銅に変化したものであることが、EPMAによる元素カラーマッピングの結果から読み取れる。これは、16世紀末の地震で石室が崩れたあとに生じた現象ではなかろうか。

5. まとめ

西求女塚古墳から出土した青銅鏡に対してさまざまな科学的調査を行った。特に、断面の観察と詳細な分析から、母相の金属組織を比較検討するとともに、腐食現象に関して考察を加え、さらに表面に生じたさびとの相関を論じることができたことは、今後の古代青銅鏡に関する研究をより深めるために貢献できるものと考えられる。これら調査の詳細は「西求女塚古墳発掘調査報告書」(神戸市教育委員会、2004)に詳述した。

1) : 村上 隆他:「雪野山古墳出土の青銅鏡に対する科学的調査研究」、『雪野山古墳の研究 考察篇』(1996)

2) : D. Scott, "An Examination of the patina and corrosion Morphology of some Roman Bronze" Journal of the American Institute for Conservation Vol.33 (1994)

3) : 村上 隆・山崎 雄:「椿井大塚山古墳出土三角縁神獣鏡の金属学的キャラクタリゼーション」、文化財保存修復学会第25回講演要旨集 (2003)

徳島県内から出土した銅鐸にみられる鑄掛け

魚島 純一（徳島県立博物館）

1. はじめに

機器を使った銅鐸の自然科学的調査は、銅鐸の特殊性や大きさによる問題などからあまり行われていない。徳島県立博物館では、大型試料に対応できる機器を備え、徳島県内出土銅鐸を中心に銅鐸のX線透過撮影および蛍光X線分析を実施している。これまでも赤色顔料が塗られた銅鐸などについての報告をしてきた。

今回は、これまでに調査を行った徳島県内出土の銅鐸の中で「鑄掛け」があるものについて、X線透過撮影と蛍光X線分析によって、その技法と材質について報告する。

2. 銅鐸にみられる鑄掛け

「鑄掛け」は金属製品の孔などをふさぐ際に使われる修理技法である。数十年前までは鍋や釜などの日用品の修理法としてもごく一般的に行われていたが、弥生時代の遺物である銅鐸にも比較的多くみられる。

銅鐸にみられる鑄掛けには次のようなものがある。

- ・単に欠孔に金属を流し込んだもの
- ・欠孔の周囲に足掛かりのための小さな孔をあけ、鑄掛け部分がはずれにくくしたもの

他にも、鑄掛け部分に文様を補刻する場合や、鑄型そのものを再利用して文様を出す場合などもある。

3. 調査の方法

銅鐸の鑄掛けは、肉眼での詳細な観察でも確認できる場合もあるが、X線透過撮影を利用すると容易に、より明確に確認することができる（写真）。

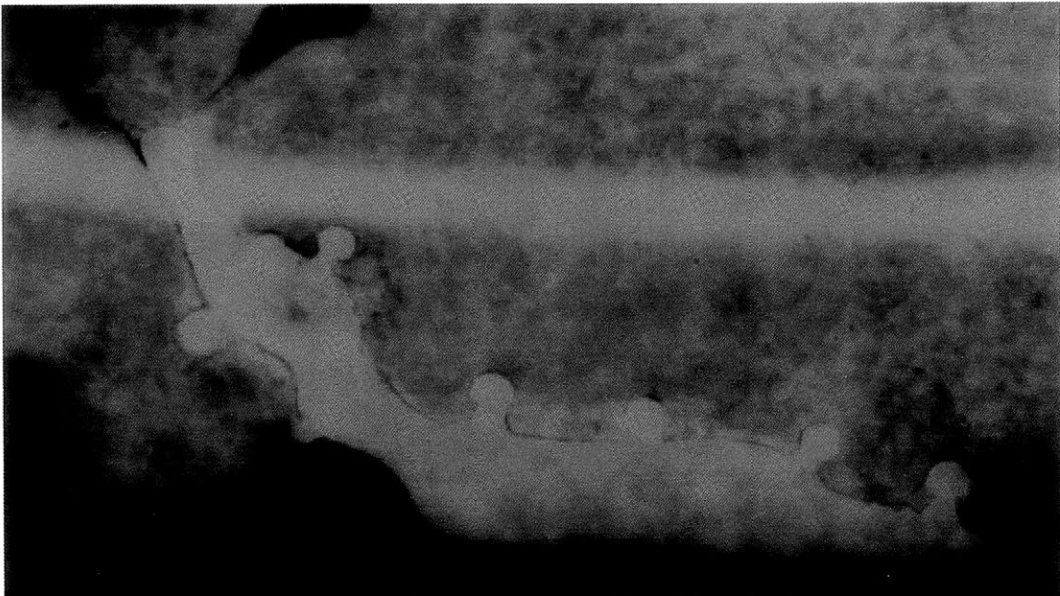
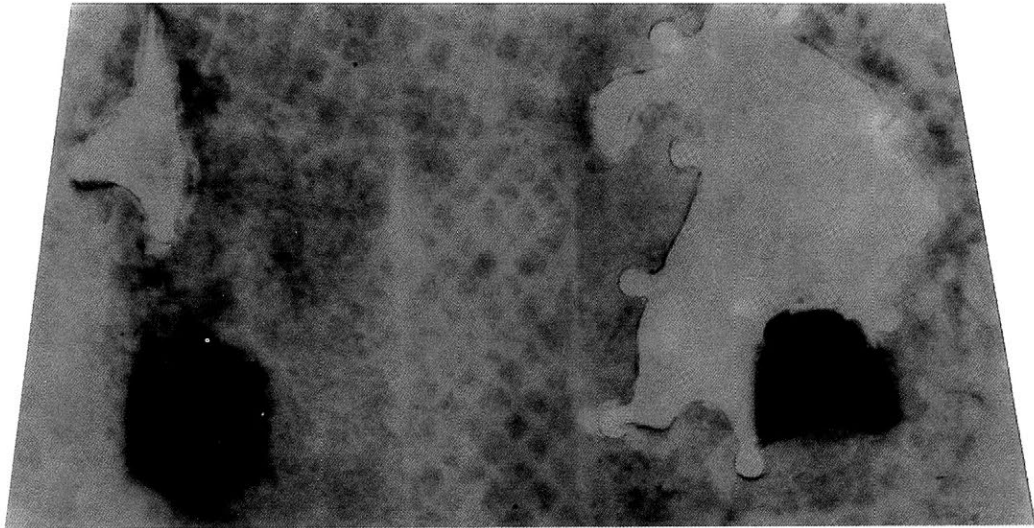
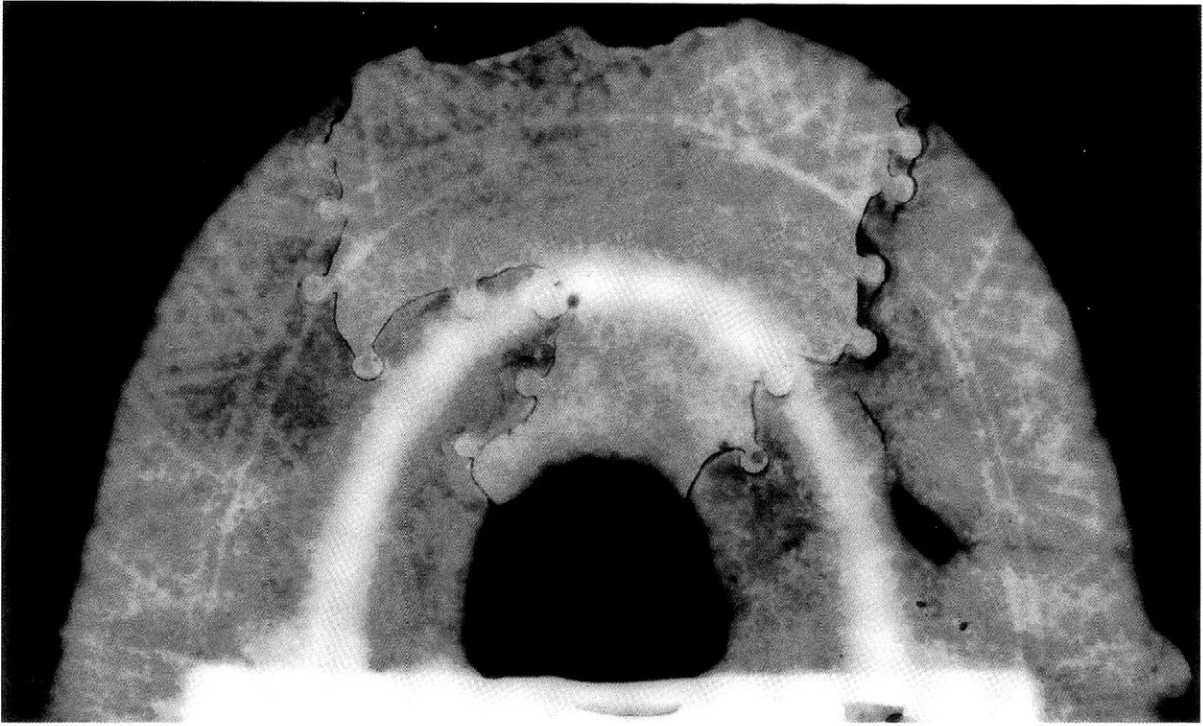
調査は、肉眼での観察で鑄掛けを識別し、内面の観察が可能な場合は内面の観察も行った後、さらにX線透過撮影でその範囲や周囲の状況を確認した。可能なものについてはA・B面を分離して撮影した。

また、鑄掛け部位と周囲の本体部の蛍光X線分析を行い、材質の違いがあるかを調べた。

4. 結果と考察

調査の結果、いくつかの銅鐸で鑄掛けや補刻を確認できた。特に伝徳島県内出土銅鐸においては足掛かりをとともなうものなど興味深い鑄掛けを確認することができた。

それぞれについて、鑄掛け部位と本体部との蛍光X線分析結果の比較を行ったところ、いくつかの銅鐸において、鑄掛け部位の方が明らかにより銅(Cu)分が豊富な材料が用いられていることがわかった。銅に錫(Sn)や鉛(Pb)分が含まれる比率が高くなるほど、熔融温度が低くなる。鑄掛けには、鑄込み時よりも低い温度で熔融する材料が使用されたであろうと考えていたが、逆に熔融温度がより高い銅(Cu)分が豊富な材料を使用することもあることがわかった。



鑄掛け部分のX線透過画像（いずれも伝徳島県内出土銅鐃）

神戸市西求女塚古墳の竪穴式石室石材・土器の赤色顔料の調査

○本田光子^{*}・志賀智史^{*}・千種 浩^{**}・安田 滋^{***}・中村大介^{***}

(^{*}九州国立博物館(仮称)設立準備室、^{**}神戸市教育委員会)

■はじめに

石室や石棺は発掘調査後そのまま現地に保存される場合が多く、赤色顔料の付着した石材を直接顕微鏡で観察する機会はほとんど無い。しかも石室・石棺内は狭く暗いため、直接の観察は困難な場合が多い。今回報告する西求女塚古墳の石室は、地震によって大破しており石室細部の状態は不明な部分が多い。しかし出土した石室を構成する石材は全て取り上げられ遺物として保管されていたため、顔料の付着した石材をも含めての詳細な顕微鏡観察とサンプリングが可能であった。ここでは、本古墳の主に石室内での赤色顔料の調査方法と結果を報告し、今後の赤色顔料調査法の一つとして提示したい。

■事前調査 (於：神戸市埋蔵文化財センター、現地調査とサンプリング)

肉眼で赤色物の付着状態、付着部位、色調等の観察をおこなった。実体顕微鏡では肉眼での観察事項について、より詳細に観察した。今回は一カ所に複数種類の赤色物が認められたため、表面からの観察に加えデザインカッターを用いた実体顕微鏡下でのトレンチ調査を実施した。

以上の結果、石室内面には赤色顔料と思われる赤色物が2種類認められ、下層はベンガラ、上層は朱の可能性が高いことが判明した。これらの状況を面として把握するため、サンプリング方法は赤色物を石材ごとブロックで採取することとし、採取位置はできるだけ多くの箇所を選定した。採取試料は計152点となった。

■調査 (於：別府大学文化財科学室、遺構・遺物実測図に相当する赤色顔料写真の撮影)

実体顕微鏡観察

- ・事前調査での確認事項の再把握。観察目的に応じた試料の調整。
- ・顔料層と顔料の観察：採取試料をエポキシ樹脂に包埋し、切断・研磨。→生物顕微鏡観察
- ・顔料の観察：赤色物を層毎に採取し、複数枚のプレパラートを作成。→生物顕微鏡観察
- ・顔料の観察と主成分元素の同定：赤色物を層毎に採取し、カーボンテープに貼付。→電子顕微鏡観察

生物顕微鏡観察

- ・断面試料の観察：2種類の赤色物が、層か混在かを判断。
- ・プレパラート試料の観察：赤色物が、赤色顔料か否かを判断。赤色顔料ならば種類や形態の把握。

電子顕微鏡観察 PHILIPS社XL-20,EDAX社製DX-4 (20or25Kv,70 μ A 前後,100秒,真空)

- ・断面試料の観察：2種類の赤色物が、層か混在かを反射電子像とX線分析から判断。
- ・カーボンテープ試料の観察：赤色物の粒子形態の観察。X線分析での主成分元素の同定。

蛍光X線分析 堀場製作所MESA500S (50Kv,22-240 μ A,50秒,大気)

- ・採取したブロックをそのままの状態での測定：主成分元素の同定。

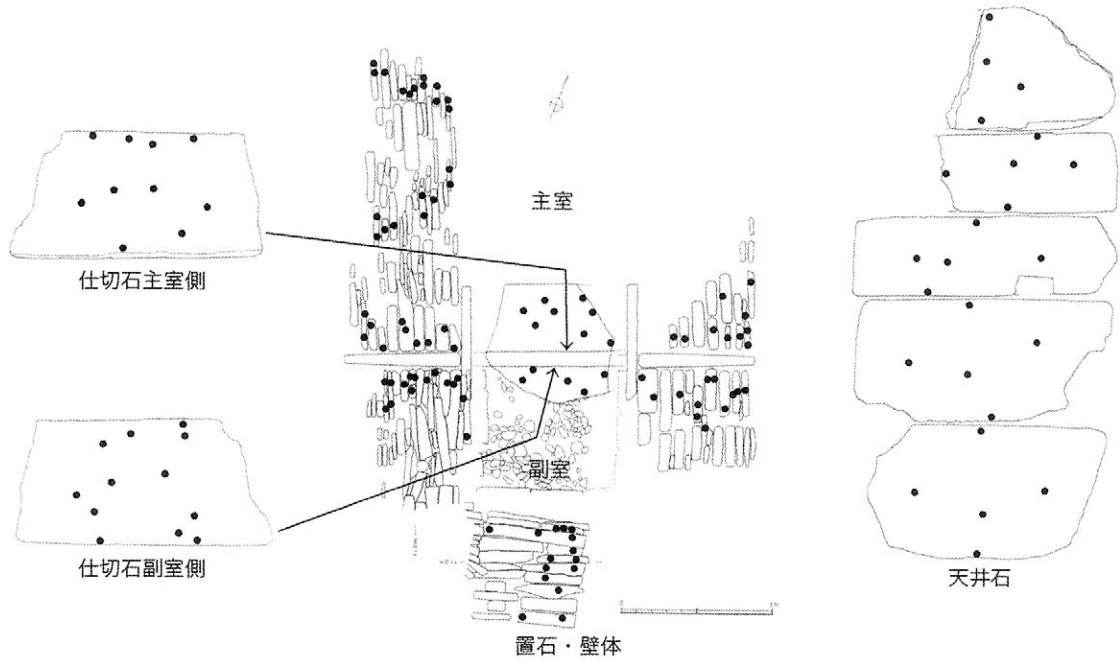
■調査結果

- ・石室石材には、ベンガラ(パイプ)層の上に朱層が認められた。
- ・小型の土器には、土器焼成後に付着したと思われるベンガラ(パイプ)が認められた。
- ・大型の壺には、外面に焼成前に塗布されたと思われるベンガラ(鱗片)が認められた。

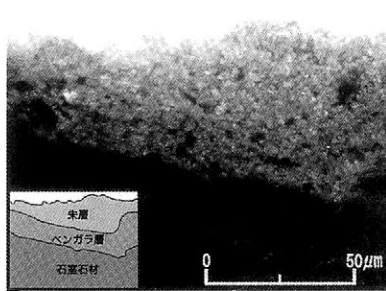
■まとめ

以上の調査結果から、本古墳では2種3形態つまり朱とベンガラ(パイプ、鱗片)の赤色顔料が確認できた。特に石室内での朱とベンガラ(パイプ)は層位的な先後関係を持つ。この成果は事前調査での十分な実体顕微鏡観察によるところが大きい。今後の同様な調査法の普及と報告に期待したい。

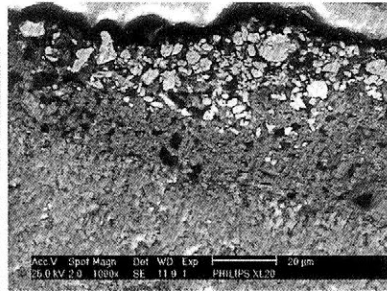
<参考文献>神戸市教育委員会 2004.3 『西求女塚古墳発掘調査報告書』



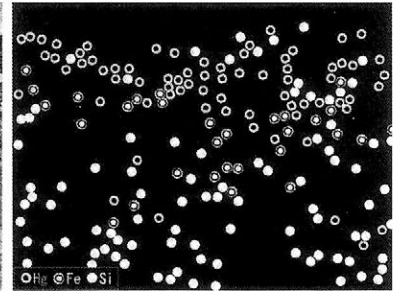
1. 石室石材からのサンプリング位置



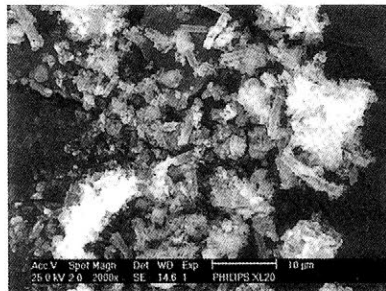
2. 石室石材断面(生物顕微鏡)



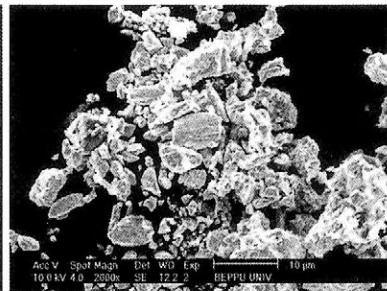
3. 石室石材断面(SEM)



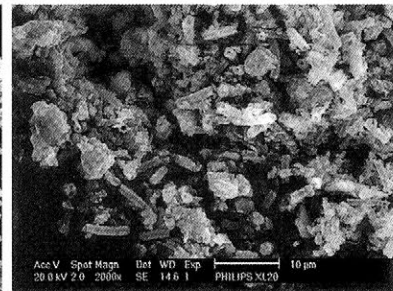
4. 石室石材断面(元素分布)



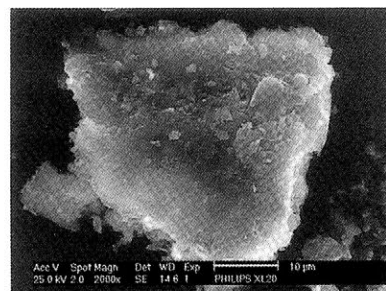
5. 石室石材下層ベンガラ(SEM)



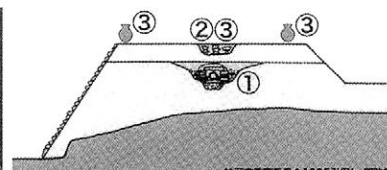
6. 石室石材上層朱(SEM)



7. 小型土器附着ベンガラ(SEM)



8. 大型土器附着ベンガラ(SEM)



①石室内面:ベンガラ(パイプ)塗布→朱塗布
②小型土器:土器焼成後ベンガラ(パイプ)附着
③大型 壺:土器焼成前ベンガラ(鱗片)塗布

9. 赤色顔料の種類と使われ方(想定図)



10. 事前調査風景

装飾古墳に用いられた赤色顔料について

○朽津信明（東京文化財研究所）

1. はじめに

装飾古墳の顔料については既に各方面に分析結果が報告されており、その赤色顔料についても報告例は多い。一般に古墳時代の文化財に用いられた赤色顔料は、鉄を発色の主要因とする「ベンガラ」と、水銀を発色の主要因とする「朱」とに大別されるとされているが、装飾古墳の赤色顔料として文様が表現されている場合には、これまでの分析では一点の例外もなく「ベンガラ」が用いられていると報告されている。一方、近年の研究では、「ベンガラ」と呼ばれる顔料も、さらに様々なタイプに細分されることがわかってきている。そこで本研究では、装飾古墳に用いられているベンガラを細分し、そのことで装飾古墳研究に寄与することを目標とする。

2. 現地における顕微鏡観察

他の考古遺物に付着する「ベンガラ」の研究に比べ、装飾古墳の「ベンガラ」の研究が遅れていた背景には、壁画顔料というものは原則的に実験室に持ち込んで分析することができないという問題があったと思われる。そこで本研究では、装飾古墳の現地に顕微鏡を持ち込み、壁画に全く触れることなく、顔料粒子を観察する方法を試みた。今回用いたのは、Keyence社のシステムであり、レンズ部分を三脚に固定して顔料部分に近づけ、それをコンピューター上で観察することにより、その場で光学的に3000倍（デジタルズームを用いればそれ以上の倍率も可）まで拡大して粒子の観察を行える（図1）。この他に、従来から報告している各分析法¹⁾を併用し、原則としては非破壊・非接触で装飾古墳の赤色顔料の分析・観察を試みた。

3. 装飾古墳の赤色顔料の分類

3.1. 赤色顔料と茶色顔料

装飾古墳でこれまで単に「赤色顔料」とされていた部分について観察し直すと、目で見ただけでさらに細かい分類が可能である場合が認められる。例えば久留米市の下馬場古墳では、同心円紋において、赤で表現された円と灰色（青と表現される場合もある）で表現された円との間に、それらと同じ幅で明らかにいずれの色にも属さない領域が存在する。この部分は色としては「茶色」に感じられ、スペクトルとしては赤の部分の波形と類似するもののこれに比べて起伏が乏しい。また、茶色部分は鉄を含むものの、赤部分に比べると明らかに鉄が乏しく、範疇としては「不純なベンガラ」と呼ばれるべきものと考えられる。こうした「赤」と「茶色」が境目を接して塗り分けられている事例は、田主丸町の寺徳古墳など、他にも認められる。

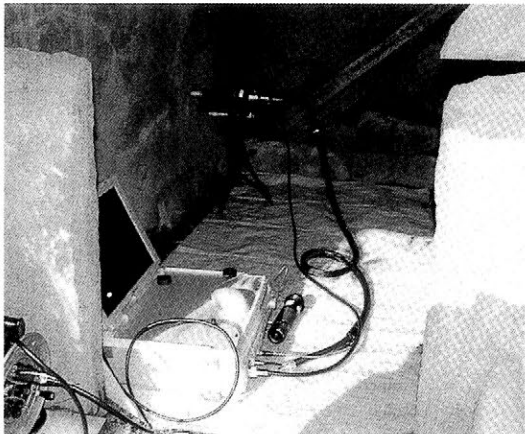
3.2. 赤色顔料の細分

下馬場古墳の「赤」の部分顕微鏡で観察すると、いわゆるパイプ状ベンガラ²⁾と呼ばれる特徴的な粒子形状が認められる(図2)。一方、例えば近傍の日ノ岡古墳において「赤」部分の粒子を観察しても、パイプ状の粒子は全く認められない(図3)。このことと、上記の色の分類とを考えあわせると、これまで装飾古墳で「赤」と、そして「ベンガラ」と表現されてきた顔料は少なくとも以下の三つに分類されると思われる。すなわち、①パイプ状ベンガラ(発色のよい純粋なベンガラ)、②パイプ状ではないベンガラ(しかしスペクトルは赤色)、③茶色顔料(不純なベンガラ)である。このうちの②については、今後さらに細分される可能性も考えられる。

4. 考察

上記分類に基づいて、九州装飾古墳の赤色顔料を分類した結果を表1に示す。まだ限られたデータに過ぎないが、パイプ状ベンガラが認められる装飾古墳には、地域的あるいは年代的に傾向のようなものが感じられる。従って、こうした視点から赤色顔料の分類を進めることにより、さらに議論が深められることが期待される。

文献 1)保存科学, 42, p.19, 2)奈良国立文化財研究所保存科学研究集会 1997年



古墳名	パイプ状ベンガラ	非パイプ状ベンガラ	茶色顔料
下馬場	○		○
寺徳	○		○
狐塚	○		○
前畑	○		○
日ノ岡		○	
古畑		○	
重定		○	
塚花塚		○	(○?)
穴観音		○	
ガラドヤ		○	
田代太田		○	
千金甲1		○	
チブサン		○	
千金甲3	○		

図1. 現地における顔料粒子観察風景

表1. 分類された装飾古墳の赤色顔料

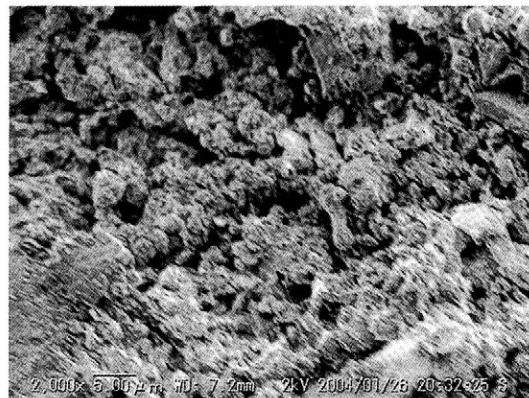
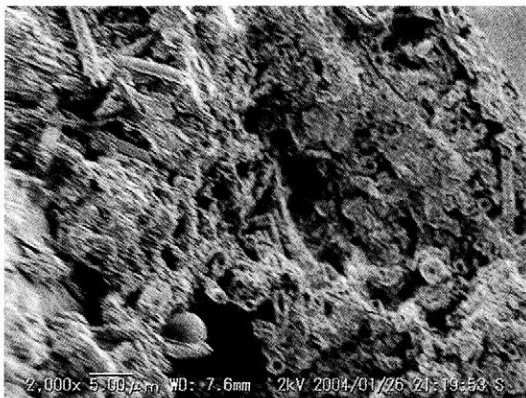


図2. パイプ状ベンガラ(下馬場古墳)

図3. 非パイプ状ベンガラ(日ノ岡古墳)

江戸末～明治期の浮世絵，版本の彩色に用いられた石黄について

加藤雅人*，河野益近**，○江南 和幸***

(*龍谷大学AFC・**京大大学院工・***龍谷大学理工)，

1. 目的

19世紀後半の明治期以降，突然表紙を黄色に彩色した多数の和綴じ本が出現する。江戸時代以降出版された仏教経典本では表紙を黄色に彩色した版本がしばしば見受けられるが，黄色が仏教で尊い色とされることに由来すると思われる。その後江戸中期になりいわゆる黄表紙なる版本が出版され，庶民の読本類にも黄色表紙本が普及している。明治期になり出現した黄色表紙本は，これらと少し異なり明治時代のベストセラーとなった，田口卯吉の「日本開化小史」から，小学地理教科書，博物教科書，道中案内にいたるあらゆる書籍におよび，小学生から一般人にいたる多数の人々の間で読まれている。

明治期和綴じ本の黄色表紙の彩色絵の具の蛍光X線分析を行ったところ，大量のAsとSが同時に見出され，黄色絵の具が石黄に由来することが示唆された。石黄は日本では古くから専ら医薬品として用いられ，絵画用として用いられた確かな記録は必ずしも明確ではないが，浮世絵類には広く用いられたという報告もある(1)。本研究では，江戸天明期以降の浮世絵，版本，上記明治期和綴じ本，さらに明治期の西洋式印刷物の黄色および緑色絵の具について，蛍光X線分析により金属元素分析を試み，As,S,Feなどを主に同定を試み，Asを主体とする顔料の使われ方の変遷を調べた。

2. 実験方法

元素分析は堀場製作所製X線分析顕微鏡，XGT2700を用い，Rhターゲット，加速電圧：30kV，1mA，コリメーター径100 μ m，測定時間100sec，で行った。対象となる版本，浮世絵類を直接試料チャンバーに入れ，該当箇所裏に他の紙上の色彩が重ならないように注意深くセットした。

3. 結果および考察

[1] 版本黄色表紙：今回分析を行った明治期黄色表紙和綴じ版本12種30冊すべての表紙から，高強度のAs,Sが同時に検出された。今回分析した最も古い版本は1872(明治5)年刊「お雇い外国人一覽」であったが，同様の黄色彩色本は遅くとも嘉永期には存在するので，この種の黄色表紙本は江戸最後期には刊行が始まっているものと思われる。龍谷大学写字台文庫の元禄六年(1693)刊の「碧巖集」黄色表紙，同宝永三年(1706)刊の「三宗綱儀」の黄色表紙からは，Asが検出されず，強いFeのピークが検出されている。また，寛政十年(1798)刊，式亭三馬作：黄表紙「京鹿子江戸紫」表紙からも，Asは検出されず，Feが検出された。以上の結果は，版本表紙を黄色で彩色する慣習は遅くとも江戸時代初期には始まっていたが，石黄による彩色は江戸時代全般を通じて行われていたのではなく，幕末に始まり明治期になり広く行われたことが伺われる。

[2] 浮世絵・絵本・版本：元禄頃より現れた浮世絵は，明和二年(1765)以降，鈴木春信により創始された彩色版画「錦絵」として新しい展開がなされ，同時に錦絵絵師た

ちの表紙絵、挿絵を掲載した絵本類も多数刊行され、彩色木版印刷技術の開発により江戸市民が極彩色の絵を楽しむという独自の文化が開けたことはよく知られているところである。(1)は浮世絵の極彩色の絵の具に関して簡潔にまとめている。それによれば、黄色および草色に、雌黄(石黄)が広く用いられたとある。一方の極にある幕府御用絵師たちの用いた絵の具は木版印刷用と少し異なることが記されている。江戸末の狩野派絵所絵の具師市川守静の著した「丹青指南」(2)によれば、黄色の彩色は藤黄と黄土によるとあり、さらに緑色類は、藍と藤黄の合わせ、または緑青が用いられたとある。伝統絵画の世界では石黄の使用は記録されていない。

黄色彩色：勝川春好作役者絵(天明期)、昇亭北寿作「東都御茶ノ水風景」(文化期)、勝春朗「浮絵両国橋花火図」(文政末～天保初期再版)、葛飾北斎作「東都勝景色一覧」(寛政初：1789)、曲亭馬琴「今戸土産女西行」(文政十一：1828)、山東京三「本調子三筋糸巻」(天保十：1839)他、天保末までの国貞(三代豊国)などの浮世絵数点の黄色地からは、Asは検出されず、金属元素としてはFeが検出された。これに対し、文久三年(1863)刊「東海道名所風景、柳桜帖」の多くの絵の黄色彩色部から、また幕末から引き続いて刊行され明治期におよぶ末期浮世絵(新聞付録などを含む)の黄色彩色のほとんどの部分からAs,Sが検出された。浮世絵、版本類の長期に渡る刊行にもかかわらず、黄色彩色に石黄が用いられるのは、幕末期以降と考えられる。これに対し、西洋式オフセット印刷が導入された、明治期の雑誌挿絵(例えば、1898年刊風俗画報179号)の黄色また緑色部分からはAsは検出されず、Pb, Crが検出された。

緑色彩色：北斎の東都勝景一覧の緑色彩色部分を除き、上記試料すべてからAs,Sが同時に検出された(春好役者絵緑色彩色からは微量のAsが認められた)。緑色彩色については、鮮やかな彩色を好む時代の要請(とくに化成期以降)と、緑青による版木の損傷を防ぐ(1)意味から、石黄と青色(藍あるいはあおばな)からなる緑色が使われたと考えられる。このような石黄の使用は、以後長い間浮世絵、和本出版物には用いられたことが今回明らかとなった。例えば、1907(明治40)年刊の復刻版「青楼年中行事」(歌麿)では黄色彩色、緑色彩色とも、As,Sが検出され、石黄が伝統的出版界では20世紀初頭まで引き続き使われていたことが示された。

ところで、以上の事実は同時期の古書を扱う図書館、修復工房、古書店、愛書家に必ずしも知られていない。石黄そのものは砒素化合物の中では安定な化合物であるが、現在では砒素化合物はすべて厳重な保管が義務付けられ、使用制限を受けている。また石黄など硫化砒素を大気中で焙焼すると、発ガン性の三酸化砒素が生じるという(3)。市中で数多く見受けられる、明治期の「黄表紙本」、幕末～明治期の浮世絵・版本類の取り扱いについて注意を喚起するものである。

文献：(1) 原色浮世絵大百科事典 第3巻「様式・彫摺・版元」、大修館書店、1983

(2) 丹青指南、市川守静、東京美術学校々友會、大正15(1926)

(3) 環境汚染物質の生体への影響 第16巻 ヒ素 東京化学同人、1985

石器石材の力学的性質に関する基礎的研究—黒曜石の強度特性を中心に—

○米倉薫* 長谷川裕之* 鈴木哲也*

(*慶應義塾大学)

はじめに

先史時代の石器石材に対する研究は、主に岩石・鉱物学的分類に基づいて行われ、さらに石材原産地と石器製作地との関係といった地理的側面からの研究が主流となっている。しかし当時の集団がどのような基準で石材を区別・認識し、選択、利用していたのかに焦点を当てる場合、石材産地と製作地の地理的要因のみではなく、石材自体の諸属性の検討が必要不可欠となると考えられる。

これら一連の石器ライフヒストリーにおける石材物性の影響については、1940年代に既にその重要性が指摘されているものの(Goodman 1944)、実際に考古資料に対して分析が行われるまでには至っていない。

1 目的と分析手法

本研究では当時の石器製作活動およびその使用に直接的に影響を与えた可能性のある石材自体の性質について、その定量分析の方法および分析例を提示することを目的とする。特に石材の力学的性質が石器製作の難易を左右する可能性に焦点を当て、剥片剥離技術の一端を念頭においた復元的な試験方法を採用することとした。具体的には特定の軸方向に静的荷重を加えるという剥離行為を想定し、材料強度を定量的に見積もるために3点曲げ試験(Three Pointed Bending Test)を行った。

さらに人間の感覚で比較的捉えやすい属性であり、製作・使用に大きな影響を与えていた可能性の高い硬さについても、石材相互間で比較が可能なデータとするために、マイクロビッカース硬度計(Micro-Vickers Hardness Test)にて測定を行った。

対象試料は先史時代の石器石材として多用されていた黒曜石(白滝産)であり、さらに比較試料として現在までデータの蓄積がある東北地方山形産の頁岩のデータを併せて提示する。

① 3点曲げ試験

当試験法は一定規格のサイズ・形状の試験片に対して、試験片を支える支点間中央の1点に一定速度で荷重をかけ、試験片が折断された際の最大荷重をもとに最大曲げ応力を算出するものである。日本工業規格(JIS R1601)に準拠したが、当試験が破壊試験であり、対象として遺跡出土資料が含まれる可能性があることから、出土石器の破壊を最小限に留めるために、試料サイズおよび装置を図1に示す規格に縮小した上で試験を行った。

試料はダイヤモンドカッターおよび耐水研磨紙を用いて整形した。作出された試料片に対して、0.5 mm/min一定の速度で荷重をかけ、試験片が破断した際の最大荷重を装置最上部に取り付けたロードセルにて測定した後、最大荷重、試験片サイズおよび支点間距離を以下の式に代入し、3点曲げ強さの値を算出した。

$$\delta_{b3} = 3PL / 2wt^2$$

δ_{b3} : 3点曲げ強さ(kgf/mm²)

P : 試験片が破壊したときの最大荷重(kgf)

L : 下部支点間距離(mm) [=10 mm]

w : 試験片の幅(mm)

t : 試験片の厚さ(mm)

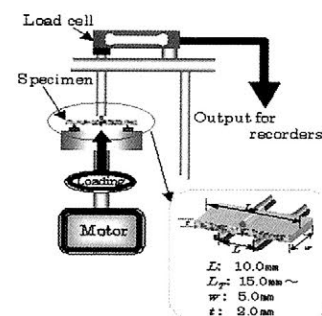


図1 3点曲げ試験機模式図と試料サイズ

② マイクロビッカース硬度測定

マイクロビッカース硬度測定法は、対面角 $136^{\circ} \pm 30^{\circ}$ の正四角錐形のダイヤモンド圧子を一定荷重で試料に押し付けることによって圧痕をつけ、その圧痕の対角線長から求めた表面積と荷重から硬度を算出する試験法である。試験荷重は200gfとし、測定は1サンプルにつき50回行った。

2 分析結果および考察

分析の結果、図2～4に示した通り、従来は定性的な記述によって表現されてきた石材性状が、強度・微小硬さにおいて異なる石材間で比較可能な状態にデータ化し得ることが明らかとなった。

具体的には、黒曜石は頁岩と比較して、高硬度且つ硬さに関して一個体内で非常に均質な材料であり、また各礫个体ごとにも差が少ない傾向が看取された。一方強度については、ややバラツキが見られるものの、同程度の硬度をもつ頁岩と比較して低い強度値を示す試料が多く見受けられ、石器製作を石材の破壊行為として捉えた場合、黒曜石が剥離に際して大きな荷重を必要としない材料であることが指摘できた。

特に石器製作に影響があると考えられる石材強度および使用に関わると想定される硬度の両面において、頁岩と比較して優れた属性を示すデータが得られており、黒曜石が石器石材として多用された背景を考察する際の一助となると考えられる。

黒曜石強度のバラツキについては、散在する球顆・空隙・気泡等の存在が大きく影響を与えていた可能性が考えられ、今後はこれらの背景について個別に走査型電子顕微鏡等の観察を行い、多角的に石器石材について検討していきたいと考えている。また今回は実際の遺跡出土資料を対象とした試験は行い得なかったが、今後はこれらの分析を通して先史時代における石材利用の一端についてさらに検討を行っていく予定である。

【文献】

米倉薫 2002 「旧石器製作過程における石材物性の影響-東北地方頁岩産地帯の石器製作址を例として-」史学 71-2・3

Goodman, M. E. 1944 The Physical Properties of Stone Tool Materials. *American Antiquity* 9-4

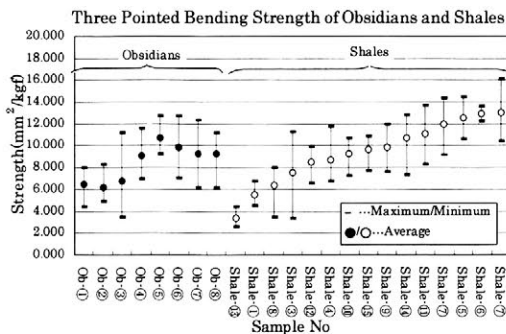


図2 黒曜石および頁岩の三点曲げ強度

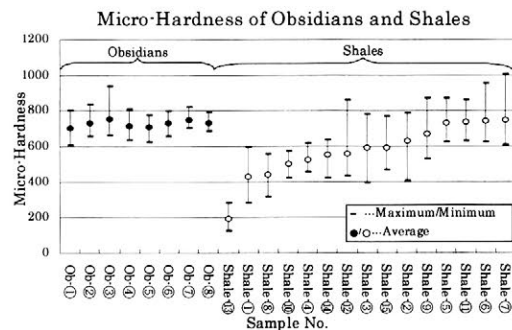


図3 黒曜石および頁岩の微小硬さ

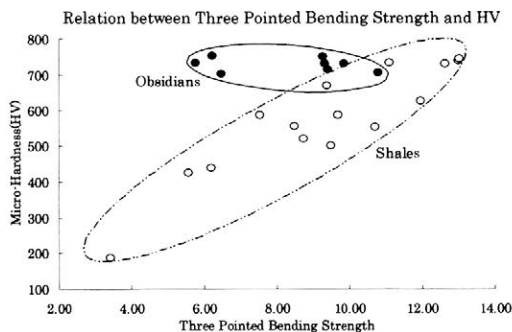


図4 黒曜石と頁岩の三点曲げ強度および微小硬さの関係

出土琥珀の分析

—熱分析と赤外分光分析を組み合わせ—

○ 植田直見（財）元興寺文化財研究所

1. はじめに

赤外分光分析は出土琥珀の材質同定や産地同定に利用され、現在まで数多くの資料が分析されている。しかし、劣化が進んだものは分子構造が変化し産地が同定できないことも多い。一方、熱分析は高分子材料や医薬品などの分野では広く用いられている分析方法であるが、今まで出土琥珀に応用された例はない。そこで、昨年は熱分析の条件を検討し、再現性のある条件で標準琥珀および縄文時代の遺跡から出土した琥珀について分析を行ない得られた知見を報告した。今回、赤外分光分析と熱分析を組み合わせることにより、出土琥珀についてより詳細な分子構造や性質を把握することができると考え、分析条件を検討した。その結果 それぞれの分析法で得られた結果は相関関係があり、さらに両分析を組み合わせることにより新たな知見が得られたので報告する。

2. 分析資料

標準試料として岩手県久慈市川内、福島県いわき市入間沢、千葉県銚子市西明浦、北海道厚田村望来海岸産琥珀をメノウの乳鉢で粉末にしたものを熱分析および赤外分光分析に用いた。また、出土琥珀は古墳時代出土琥珀7点（兵庫県県下の古墳より出土）についてその一部を採取し、標準資料と同様に粉末にしたものを分析に用いた。

3. 分析方法

上記の琥珀数 mg をアルミニウムセルに入れ、熱分析を行なった。分析は(株)島津製作所製熱分析装置 (DTG-60 以下示差熱を DTA、熱重量を TGA と略す) を使用した。方法は各試料を 100、200、300、400℃まで上昇させ、DTA および TGA 曲線を調べた。次に同じ資料をそのまま赤外分光分析を行ない、さらに熱分析で使用した試料の残渣もフーリエ変換型赤外分光光度計(日本電子(株)製 JIR-6000 以下 FT-IR と略す)で分析した。

4. 結果・考察

標準琥珀では FT-IR 分析で吸収位置や強度が比較的近似している久慈市川内産琥珀といわき市入間沢産琥珀について、700℃まで昇温させた熱分析ではほぼ同様な DTA および TGA 曲線を示した。一方、銚子市西明浦産琥珀および北海道望来海岸産琥珀は FT-IR および熱分析とも前者とまたそれぞれも異なった結果を示した。(図 1、図 2)

次に、これらの琥珀について熱分析で最終温度を変え、得られた残渣を FT-IR 分析した。その結果 200℃まではほとんどの試料も加温前と変化がなかったが、300 および 400℃で

は吸収位置および強度に変化が現れた。特に 400℃まで加温するといずれの琥珀も 1600 cm^{-1} 付近に吸収が現れ銚子市産、厚田村産を除いて 2800~3000 cm^{-1} 付近の吸収が消滅した。また、3400~3500、1720 cm^{-1} 付近の水酸基およびカルボニル基が減少した (図 3)。これは熱をかけることで C-C 結合が C=C 結合に変化し、C-O 結合が切断されベンゼン環が縮合したものが増加したと考えられる。一方異なった挙動を示した銚子市産および厚田村産琥珀は分子構造が他のものとは違うことがこの分析からもわかった。

標準琥珀で得られた結果をもとに出土琥珀を同様な条件で分析した。代表的なもの 2 点を図 4 に示した。その結果、FT-IR、熱分析および DTA・FT-IR 分析とも久慈市、いわき市産琥珀とよく似た結果が得られた (図 4)。

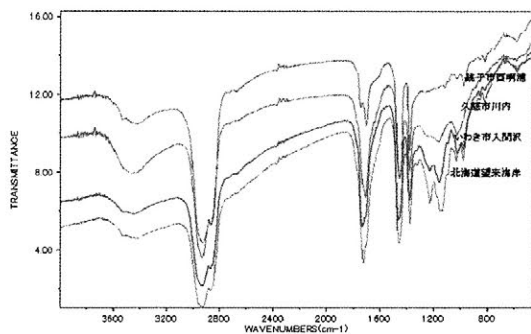


図 1.標準琥珀の FT-IR スペクトル

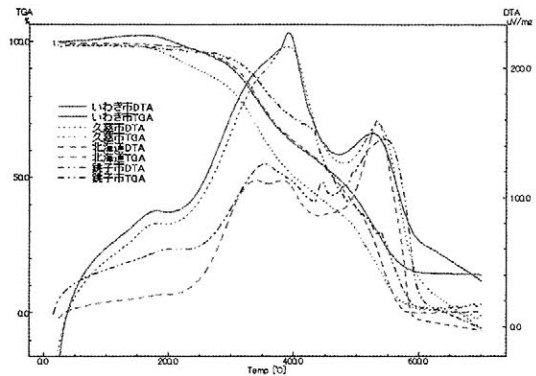


図 2.標準琥珀の熱分析

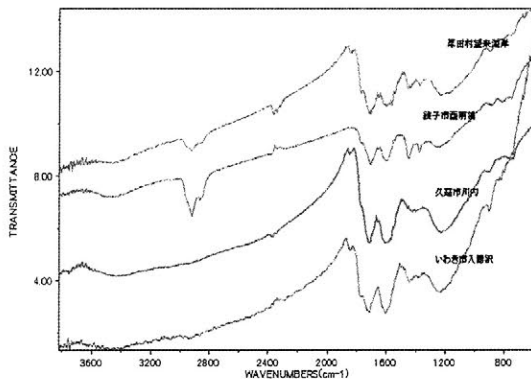


図 3.標準琥珀の熱分析後の FT-IR スペクトル

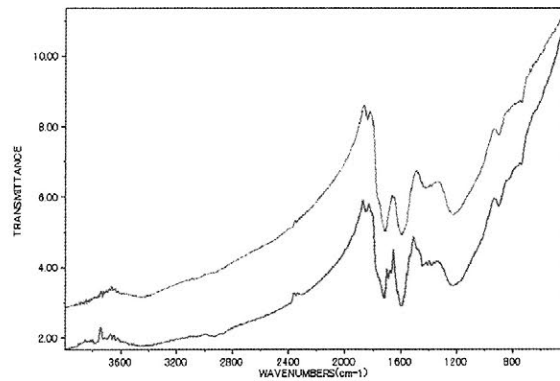


図 4.出土琥珀の熱分析後の FT-IR スペクトル

5. さいごに

過去に数多くのデータを持つ FT-IR 分析と最近分析を始めた熱分析とを組み合わせることで新しい知見が得られた。今後標準琥珀については今回分析した以外の地域の琥珀についても同様に分析し基礎データを収集する。次に出土琥珀については同様な分析を行ない、劣化状態を把握する手段としてさらに今まで劣化が激しく産地同定が不可能とされていた琥珀については同定の可能性が生じたことより、さらに多くの出土琥珀について分析し産地の解明を行ないたい。

陶磁器の白化粧に関する基礎的研究

○ 降幡順子・肥塚隆保*・森本朝子**・山崎一雄***

(*奈良文化財研究所・**福岡市教育委員会・***名古屋大学名誉教授)

1. はじめに

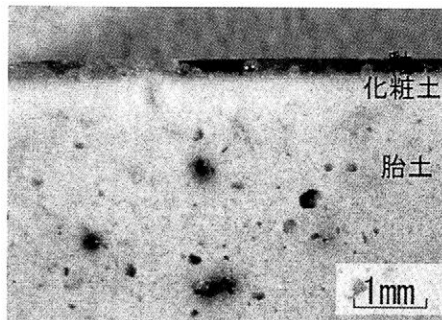
白化粧は、陶磁器の加飾のひとつであるが、陶磁器の有色胎土を被覆することにより胎土を白色に見せるために用いられることもある。白化粧のある陶磁器のうち、染付（青花）や絞り手の場合、その画は化粧土の上に青色顔料によって描かれることになる。筆者らは、青花と絞り手の差異に関する調査・研究をおこない、釉の組成差について考察をおこなってきた。そこで本研究では、青色顔料の拡散性にも影響すると考えられる釉と白化粧、および胎土に関する基礎的研究として、顕微鏡観察による釉、白化粧、胎土の詳細な観察をおこない、粒子の大きさや元素分布などを明らかにし、青花や絞り手に係わる差異について報告する。

2. 試料

分析に供した試料は、ベトナム北部・ハノイ東北にあるチューダオ窯跡で森本が表面採集した 15-17 世紀の青花と絞り手の磁器片試料である。白化粧が施されている試料の断面部分を実体顕微鏡により観察した、代表的な試料の詳細を以下に示す。

試料 104: 絞り手碗 胎土は明るい灰白色、約 0.2-0.4mm 径の黒色斑を含み、部分的に淡褐色を呈す。釉は厚さが約 0.2mm で様々な大きさの気泡が釉層全体に観察できる。化粧土は厚さ約 0.2mm、白色を呈している。化粧土と胎土はよく熔着し境界が不明瞭である。青色は濃淡の差があり滲んでいる。

試料 105: 絞り手瓶 器体の内側は無釉で白化粧は外側だけに掛かる。胎土は明るい灰白色を呈し、約 0.2-0.6mm 径の黒色斑を含む。部分的に淡褐色を呈している。一方向へ並ぶ空隙が観察できる。釉は厚さ約 0.3mm、大きな気泡が多く観察できる。化粧土は厚さ約 0.3mm でやや透明な部分がある。化粧土は釉、胎土とよく熔着しており、特に胎土との境界は不明瞭である。青色はやや薄く一部が滲んでいる。



試料 109: 青花合子ふた 胎土は淡灰白色を呈し、約 0.3-0.5mm 径の黒色斑を僅かに含む。釉は厚さ約 0.4mm、様々な大きさの気泡が釉層全体に観察できる。化粧土は厚さ約 0.2mm、外観では胎土と類似しており、白色を呈している。化粧土と釉・胎土はよく熔着している。青色は鮮やかな青色である。

試料 110: 絞り手皿 胎土は灰白色で黒色斑を含んでいない。釉は厚さ約 0.3mm、気泡は化粧土との境界部分に多い。化粧土は厚さ約 0.2mm、白色を呈し、釉との境界部で透明な部分が観察できる。胎土との境界は不明瞭である。青色は濃淡の差があり滲んでいる。

黒色部分からは蛍光 X 線分析により鉄を検出した。マグネシウムおよびマンガンの検出は顕著ではないことから、磁鉄鉱などのスピネルであると考えられる。釉層には気泡が多数観察でき、化粧土との境界部分には小さい気泡が並ぶように存在している。このことから、釉の高温時の粘性が高いことがいえる。青色顔料の化粧土への拡散は、実体顕微鏡観察では確認できなかった。

3. 調査方法

試料は実体顕微鏡（LEICA MZAPO）にて断面観察をおこない、その後、偏光顕微鏡用試料、走査型電子顕微鏡（SEM）用試料の調製をおこなった。偏光顕微鏡用試料は、レークサイドセメントを用いてプレパラートへ接着後、アラシダム粉にて厚さ約 $30\mu\text{m}$ まで研磨し、偏光顕微鏡（CarlZeissJena labPol）にて観察をおこなった。電子顕微鏡用試料は、アラシダム粉#2000 まで研磨後、金蒸着をし、SEM（Joel JSM-5800LV/JED2100）にて元素分析をおこなった。また試料表面は、約5%の弗酸水に硫酸を添加したものでエッチングしてからSEMにて観察をおこなった。

4. 結果と考察

偏光顕微鏡観察から、すべての試料の胎土に未溶解状態の石英粒が散在していた（写真1）。石英の粒径は $100\mu\text{m}$ 以下の粒子が多く、比較的均一といえ、形状は亜円形をなすものが多い。試料により石英粒の量は異なるが、色指数からおおよそ60%以上あるといえる。長石粒はほとんど観察できず、熔融していると考えられる。

化粧土は、胎土と比較すると粒径の大きなものは観察されず、細粒で等粒状な石英粒であり、粒径は $20\mu\text{m}$ 以下のものが多い。化粧土の厚さは試料や場所により異なるが、約 $100\text{--}280\mu\text{m}$ であった。また釉中に長さ約 $50\text{--}80\mu\text{m}$ の針状結晶が析出している試料が観察された（写真2）。釉中には未溶解の石英粒はなく透明釉といえる。

胎土と化粧土に含まれる石英粒を比較すると、化粧土の粒径が明らかに細粒であることがわかった。化粧土の粒度が細かいことにより青色顔料が沁み込みにくくなる可能性が高いと考えられる。マトリックスの差異をX線回折分析により調査した結果、胎土では、石英のほかにムライト、クリストバライトを検出したが、化粧土では石英のみを検出した。SEMによる化粧土と胎土の元素分析では、アルミニウムの分布に僅かな差異を検出した試料もあるため、化粧土は粘土成分が胎土に比べ若干少ないと考えられる。今後はさらに青色顔料の拡散について詳細な検討を進めていきたいと考えている。

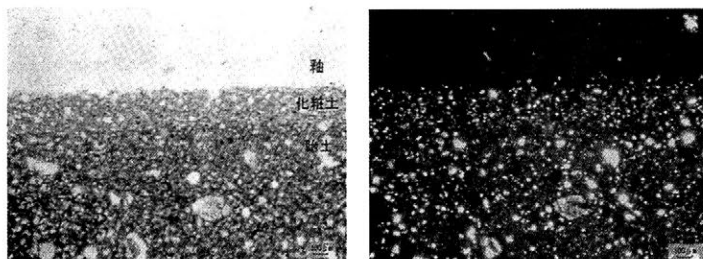


写真1：試料105 偏光顕微鏡写真
(左) 単ニコル (右) 直交ニコル

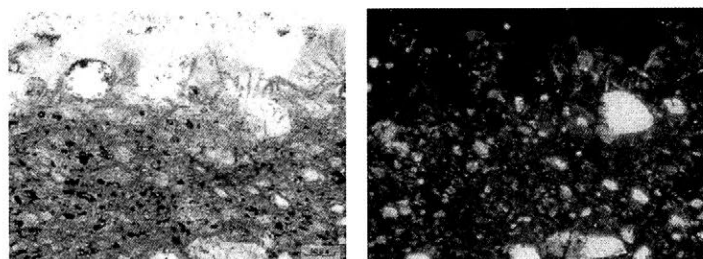


写真2：試料109 偏光顕微鏡写真
(左) 単ニコル (右) 直交ニコル

エジプト出土ラスタースター彩陶器に見られる白色釉薬の化学的研究

○中川 映理¹・保倉 明子¹・中井 泉¹・真道 洋子²・川床 睦夫²

(1: 東理大理, 2: 中近東文化センター)

1. 背景と目的

一般に、陶土に釉薬をかけて焼成することにより製作されるやきものを陶器と呼ぶ。この焼成の過程で釉薬はガラス状の膜を形成する。釉薬にはガラスと同様に原石の石英や珪石などに由来するケイ酸分が必ず含まれ、酸化鉛の含有率が高い鉛釉と、1~2%以下のアルカリ釉の大きく2つに分けられる。金属顔料を焼き付けて装飾を施すラスタースター彩陶器のように、さまざまな色彩を鮮やかに発色させるためには、白色素地の存在が不可欠である。しかし、中近東の陶土は鉄分を多く含み焼成後の胎土は赤色や黄色を呈する。そこでこのような陶土から白地を得るために、素地に白色のスリップ(化粧土)や白色の釉薬をかけるという技法が用いられた。この白色の釉薬を得るには、酸化スズを添加する方法が有効であり、イスラーム世界や後のヨーロッパの陶磁器生産において重要な技術として知られている。さらに、釉薬中の細かな気泡や、溶解されなかった石英や長石の存在、あるいは焼成の間に成長するケイ石灰や透輝石のような結晶質の存在により釉薬を白濁させる方法も報告されている¹⁾。7~14世紀頃のイスラーム陶器に関しては、白色釉薬の分析はすでに行われているものの、資料数が少なく統計的に十分な検討がなされていない。そこで、ポータブル蛍光X線分析装置を現地の遺跡に持って行き分析することで資料数の増大を図り、統計的な考察を可能とした。本研究では、特にイスラーム陶器の中でも特徴的なラスタースター彩陶器の白地部分の釉薬に着目して分析を行い、釉薬を白濁させる原因の解明と化学組成によるラスタースター彩陶器の分類を目的として研究を行った。

2. 実験方法

分析には、ポータブル蛍光X線分析装置 OURSTEX 100FA を用い、非破壊で出土遺物の分析を行った(Pd管球, 白色X線励起, 大気中で300秒測定)。エジプトでは、シナイ半島トウールにある発掘調査隊施設(隊長: 川床睦夫)に25日間、カイロ近郊に位置するフスタート遺跡の収蔵庫に10日間、本装置を設置して分析を行った。また、日本では(財)中近東文化センターに装置を設置し、いくつかの収蔵品の分析を同様に行った。さらに同センターに保管されている同時代のラスタースター彩陶器片については、粉末X線回折計 RINT 2500 を用いて、陶器の白色釉薬の回折データを非破壊で測定し、結晶性物質の同定を行った。

3. 結果および考察

白色釉薬の蛍光X線分析により、鉛(Pb)のピークが顕著に現れたものとほとんどピークが見られないものの2種類が存在した。前者は鉛釉、後者はアルカリ釉と推定される。鉛釉と考えられる資料からはスズ(Sn)も検出された。そこで、典型的なスペクトルを示す資料について粉末X線回折パターンを測定したところ、鉛釉資料からは、SnO₂(錫石)が、アルカリ釉資料からは SiO₂(石

英)が同定された。以上の結果より、それぞれの結晶粒子が釉薬中に分散して存在することで、釉薬の白濁が起こっていると考えられる。

また、蛍光 X 線分析から得られた Pb の強度を横軸に、Sn の強度を縦軸にプロットしたものを図 1 に示す。この図から、比較的 Pb が少ないもの (I) と Pb を多く含んでいるもの (II) の 2 つのグループがあることがわかる。また、グループ (I) 内では、Pb と Sn に正の相関があることが特徴的に認められる。これは、釉薬の原料としてそれらとともに含む鉱物が用いられていたか、あるいは Pb と Sn がある一定の割合で混合して用いられていたことが推定される。

フスタート遺跡出土の陶器に関しては、イラクで発達した初期ラスタースター彩陶器は (I) に、その後のファーティマ朝時代 (10~12 世紀) にエジプトで製作されたラスタースター彩陶器は (II) にそれぞれ分類された。また、フスタート採集とされるセンター収蔵品では、様式から初期ラスタースター彩あるいはファーティマ朝ラスタースター彩と分類される資料について分析を行ったところ、それぞれ (I)、(II) に分類され、様式と組成のよい対応が見られた。一方、ラーヤ遺跡出土のものはすべて (I) となった。また、ワーディ・アットゥール修道院遺跡出土のものは、(I) (II) の両グループに分散した。これより、ラーヤ遺跡はイラクの影響を強く受けていたことが示唆される。しかしここで疑問となるのが、ワーディ・アットゥール修道院遺跡の門前港とも言えるラーヤの港湾都市は、12 世紀まで機能していたはずであるが、(II) のファーティマ朝ラスタースター彩のタイプが同修道院遺跡に見られるにもかかわらず、ラーヤ遺跡では見られないという点である。今後、考古学的な観点を含め白地釉薬を得るための技術の変遷についても検討する予定である。

1) R.B.Mason and M.S.Tite, *Archaeometry*(1997), **39**, pp.41-58.

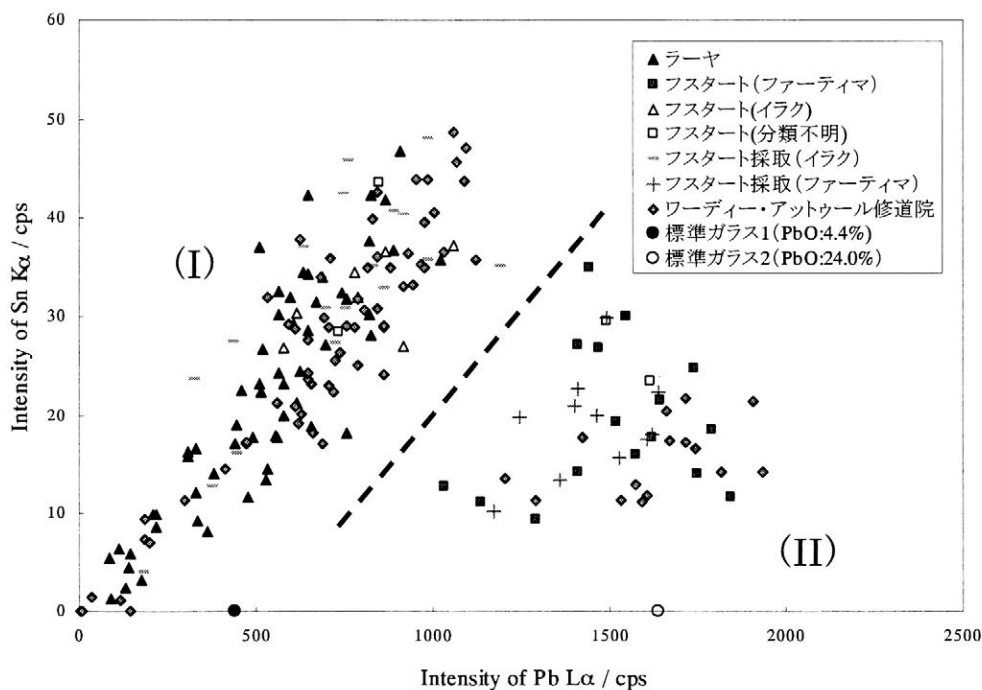


図 1 ラスタースター彩陶器白地釉薬部分の Sn vs. Pb の蛍光 X 線強度プロット

カマン・カレホユック遺跡出土黒色超磨研土器の焼成技法の解明

○白石圭代・保倉明子・中井 泉（東理大理）

【序】

トルコ共和国のカマン・カレホユック遺跡では、これまでに約5千年にわたる4つの文化層（オスマン・トルコ時代、鉄器時代、中後期青銅器時代、前期青銅器時代）が確認され、各時代の層からは特徴的な土器が出土している。土器は製作当時の技術水準を反映した遺物であるため、層序ごとの土器の比較によって製作技法の時代による変遷を追うことが可能となる。そこで我々は、化学的アプローチにより当時の土器製作の技術面から、土器に対する新たな分類の基礎を築くことを目指している。

土器製作において重要な段階の一つが“焼成”であり、土器の仕上がり（色、焼結状態等）に影響を及ぼす。一般に、土器の色は胎土に含まれる鉄の酸化状態に由来し、土器中の鉄が3価の場合、赤色または黄色などの明るい色調を帯び、2価が優勢な場合には、灰色系の暗い色調を帯びる。胎土の種類・組成により多少異なるが、このような鉄の酸化状態は、焼成技法に強く影響されている。また、土器製作の初期と技術が発達し高温焼成が可能となってからは出土する土器の焼結状態に差が見られる。このように、焼成時の雰囲気および温度に着目することで当時の技術水準を理解することができるのである。本研究では、すでに焼成環境推定においてその有効性が報告されている放射光 XAFS（X線吸収分光法）、ESR、X線回折など多角的なアプローチにより焼成技法の解明を試みた。今回対象とした土器は、同遺跡鉄器時代に特徴的な黒色超磨研土器である。この土器はその表面が黒色光沢を持ち、ギリシア黒陶土器の模倣品として作られたと言われている。しかし、その製法についてはいまだ様々な議論がなされている。本報では、黒色超磨研土器の製法について化学的な考察を行った。

【実験】

試料には同遺跡の鉄器時代の層から出土した黒色超磨研土器片を用いた。焼成時の環境（雰囲気、温度）を探るため、出土したオリジナルの土器片を1cm四方のピースにし、500℃から1100℃まで100℃間隔で酸化または還元雰囲気中で再焼成した。

製作時の酸化還元状態といった焼成雰囲気を推定するため、まず土器中の鉄の XAFS による状態分析を行った。測定は高エネルギー加速器研究機構の放射光研究施設の BL-12C にて、19 素子半導体検出器を用い蛍光法により行った。参照試料として赤鉄鉱($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)、磁鉄鉱(Fe_3O_4)を用いた。さらに、ここで得られた情報をもとに土器を様々な温度で再焼成し、粉末 X線回折、SEM-EDX、ESR 等による分析を行うことで、焼成温度の推定を行った。

【結果と考察】

図1に示すように、オリジナルな黒色超磨研土器の Fe-XANES スペクトルの吸収端エネルギーは酸化および還元雰囲気中で再焼成した試料の中間に位置しているが、そのプレッジピークや

トップピークのエネルギー値等は還元焼成した試料に類似し、還元雰囲気中で安定に存在する磁鉄鉱のスペクトルとも非常に似ていることが分かった。これまでの研究で、還元雰囲気中で再焼成した試料の Fe K-XANES スペクトルの吸収端は、焼成温度が上昇するにつれ低エネルギー側にシフトするが、概して酸化焼成した試料の吸収端はシフトしないということも分かっている¹⁾。以上の土器中の鉄の状態分析により、本測定に用いた黒色超磨研土器は還元雰囲気中で焼成されたと推測された。

焼成温度の推定に関しては、ESR、粉末 X 線回折、SEM-EDX による測定を行った。その結果、ESR では Fe^{3+} の配位構造の変化に伴う共鳴磁場の変化が 800°C で再焼成した試料において観測された。各種結晶相の再焼成にともなう消長について粉末 X 線回折法により検討したところ、800°C で新たな結晶相が出現することがわかった。さらに、種々の温度で再焼成した試料について SEM を用いた形態観察 (図 2) を行ったところ、胎土の組織の形態変化 (熔け具合) が 800°C 付近で認められた。以上のことから、焼成温度は 800°C 以下であると推定された。

黒色超磨研土器の表面が、全面にわたり均一な黒色光沢を持つことを踏まえて判断すると、黒色超磨研土器は還元雰囲気中においておよそ 800°C 以下で焼成されたと考えられる。ただし、今回測定に用いた胎土試料は灰色であったが、同じ黒色超磨研土器の中には、明るい灰色や茶色系の胎土をもつものも存在している。今後、それらの土器の焼成環境も含め、黒色超磨研土器の焼成技法についてさらに詳細に検討を行うとともに、Gordion 等他の遺跡から出土した同種の土器との比較検討を加えていきたい。

1) M.Matusnaga and I.Nakai, *Archaeometry* **46**, 103(2004).

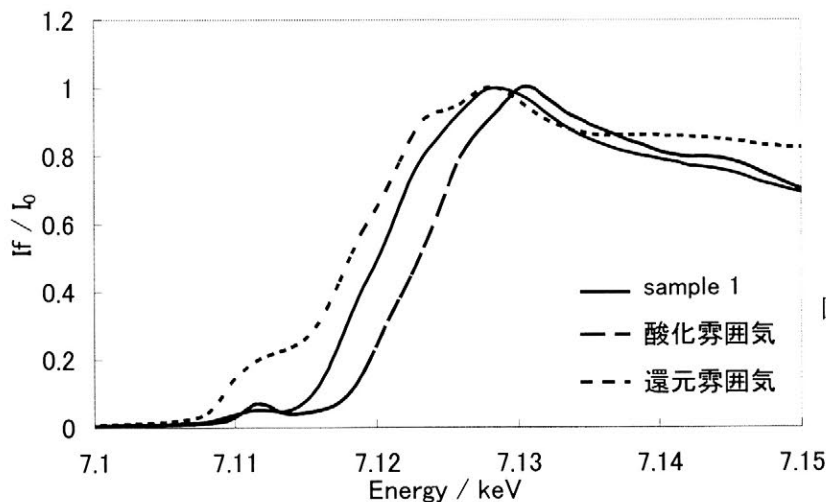


図 1、オリジナルと酸化または還元雰囲気中で再焼成した試料の Fe-XANES スペクトル

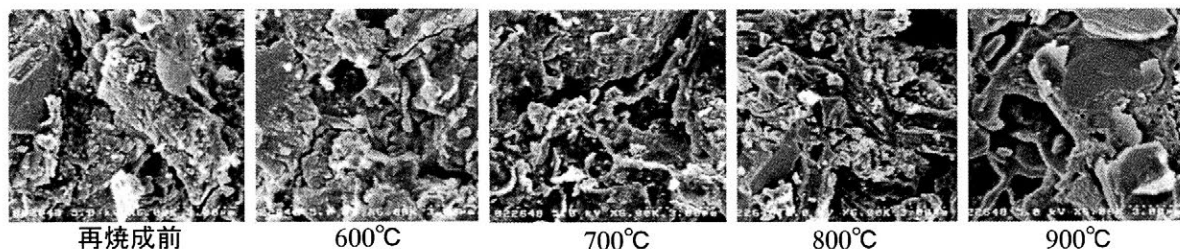


図 2、各温度で再焼成した試料の SEM 像

神戸市西求女塚古墳出土の金属製品に付着した有機物の調査

○岡田文男(京都造形芸術大学)、千種 浩、中村大介(神戸市教育委員会)

1. はじめに

兵庫県神戸市灘区に所在する西求女塚古墳からは 12 面の青銅鏡と多数の鉄製品が出土したが、それらの多くに布片や木質などの有機質遺物が付着していた。

古墳から出土した有機質遺物の調査例はこれまでも数多くあり、それらの材質や構造調査を通して古代の技術の一端が解明されていることは周知の通りである。しかしながら、これまでの有機質遺物の調査では、材質ごとに詳細な調査結果が報告されることはあっても、それらの総合的所見をもとに、副葬品の性格や葬法を論じることは無かったように思われる。今回調査した有機質遺物の遺存状態は比較的良好であり、しかも量的にもまとまっていた。そこで、金属表面に残る布や木質について微小片を採取し、それらの薄片を作製して顕微鏡による材質・構造調査を行った。その結果、個々の有機質遺物の材質を明らかにしたほか、副葬された鉄製品の性格についていくつかの新知見を得ることができた。

2. 調査方法

金属製品に付着した有機質遺物を実体顕微鏡下で観察し、木質について木口、柾目、板目の 3 方向を、布、紐について繊維方向を確認して数 mm 角の薄片を検鏡試料としてカッターナイフで採取した。観察面を考慮してエポキシ樹脂に包埋し、厚さ約 15 μ m 以下の薄片に仕上げ、光学顕微鏡下で観察した。

3. 観察結果

(1) 鉄製品に付着した木質

観察の結果、鉄槍の柄にはシイノキ属が、短剣、鉄鑿、ヤリガンナの柄にはヒノキが、無茎三角鏃にはウツギが選択的に用いられていた。また短剣の一部の柄にのみ、ホオノキが用いられた例があった。

(2) 青銅鏡に付着した布

調査の結果、平絹と大麻布が確認できた。この他、鏡面・背に付着していた単繊維のほとんどは植物繊維と見られる。5 号鏡では平絹が最高 4 層重なっていたが、これは近接して出土した鉄製品に由来するものである。7 号鏡で平絹が 2 層重なっていたほかは、2、3、6、8、9、12 号鏡とも単層の平絹であった。大麻布は 8 号鏡と 9 号鏡で認められたが、前述のように他の鏡にも付着していた可能性がある。

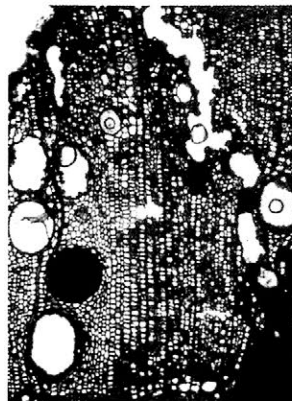
(3) 鉄製品に付着した布や糸

鉄製品のうち鉄刀、鉄剣、鉄槍、短剣、ヤリガンナに付着した布や柄に巻きつけられた糸を調査した結果、布はすべて平絹であり、柄を固定するために巻きつけられた糸に絹糸と麻糸の 2 種類があった。

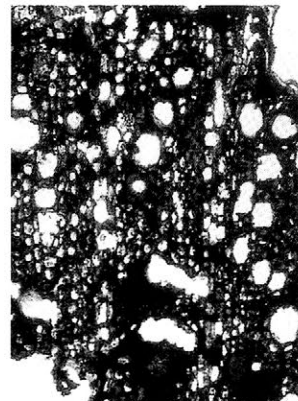
一部短剣の柄部分では非常に多くの単繊維が隙間なく密着してうねるように重なり合っている組紐を確認したものがあった。

(4) 漆

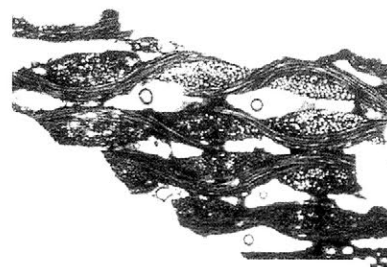
鉄槍では、呑口部の木質の柄に巻かれた糸と糸の隙間を埋めるように何層もの層構造をなしているのが確認できた。層中に黒色顔料がわずかに混和されている様子から漆と判断した。



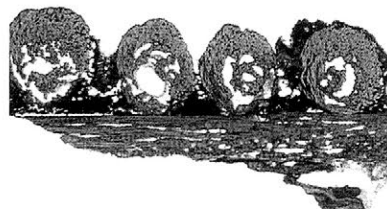
シイノキ属木口 鉄槍柄 (30 倍)



ウツギ木口 無茎鏃矢柄 (30 倍)



重層絹布断面 短剣刃部付着 (30 倍)



絹糸糸巻断面 鉄槍柄 (30 倍)

4. 考察

(1) 鉄製品と用材選択の関係

①鉄槍の柄にシイノキ属を選択的に用いた理由

西求女塚古墳以外にも古墳から出土した鉄槍の柄にシイノキ属を用いた例として、メスリ山古墳、広峯 15 号墳などを挙げるができることから、当時は鉄槍の柄にシイノキ属を選択的に用いることが広範に行われていた可能性がある。農具の柄などには強靱なアカガシやシラカシを用いるのが一般的であるが、これは圧縮強度、曲げ強度、せん断強度が他の木材よりも数値が高いことに起因する。それらとシイノキ属を比較したときに、曲げ強度の平均値ではシイノキ属はアカガシやムクノキを上回っている。しかも、シイノキ属は気乾比重がそれらの中で最も小さい。武器として鉄槍を携行するには柄の軽量化は最優先されたであろう。また、扱いやすいことは投擲可能な実用品であったことを示唆する。以上の理由により、古墳時代には鉄槍の柄にシイノキ属を選択的に用いたものと考えることができよう。

② 剣・鉄鑿・ヤリガンナの柄にヒノキを用いた理由

鉄鑿やヤリガンナは工具として使用頻度が高かったと考えられる。それらの柄にヒノキを選択的に用いた主な理由として、ヒノキの割裂性がよく、加工が容易であること、気乾比重が約 0.4 と広葉樹材と比較して軽量であること、などが考えられるであろう。こうした点からすると、短剣と分類されたものの中に工具として扱われたものがあつた可能性もあるのではなかろうか。

③一部短剣の柄にホオノキを用いた理由

短剣の中でホオノキが用いられている例があつた。ホオノキは材が軟らかく、手によくなじむことから彫刻刀の柄などに現在も利用していることは周知の通りである。他の短剣と異なつた樹種を用いていることは、これに他の形式と異なつた機能があつたことを示すものではなかろうか。

④無茎鏃とウツギの利用の理由

ウツギ属の物性として、硬く通直な材であること、材が中空であることが挙げられる。有茎鏃の矢柄にはヤダケを用いるのが一般的である。しかしながら無茎鏃では装着部を固定するのに、ヤダケを用いようとしても先端が割れてしまい、鏃を固定できないことから、木質を用いる必要があつたのであろう。そのため、ヤダケと類似した形状で、強度のあるウツギを選択したものであろう。

(2) 絹布の重層構造について

ヤリガンナでは、平絹が 5 層、重層構造になっていた。また短剣には平絹が 4 層、重層構造を呈していた。これらの重層構造で特徴的なことは、すべての重なりで布目がよくそろい、決して無方向でない点である。こうした構造は、偶然には生じにくいことであり、あらかじめ布を重ねて貼り合わせていたと考えたほうが自然である。これは副葬時に 1 枚の布を何重にも巻きつけたのではなく、あらかじめ貼り合わせた布を用いて副葬したことを示すものであろう。

重層構造からなる布の断面からは、接着に漆を用いたいわゆる夾苧の様子は見られないことから、漆よりも柔軟な膠ないしは糊などで貼り合わせたことが考えられる。残念ながら重層構造を呈する布の原初形態は不明であつた。

5. まとめ

- ①金属製品に付属する木質は錆が浸透した部分が遺存し、鉄槍の柄にシイノキ属が、鉄鑿、ヤリガンナ、短剣の柄にヒノキ・ホオノキが、無茎鏃の矢柄にウツギが選択的に用いられていた。これらの用材選択は、鉄製品の機能と密接に関係したものといえる。
- ②鉄槍と木質の柄を固定した部分に絹糸や麻糸が巻きつけられていた。糸の表面は漆で固着されていた。
- ③金属製品に付着した布はすべて平絹であつた。布の中に最高 5 層の重層構造になつたものがあつた。これらの布の重層構造は、副葬前に布をあらかじめ貼り合わせたものであつたと考えられる。
- ④糸断面の単繊維の形状は斉一で、高い養蚕技術が窺われた。
- ⑤鉄製品に付着した木質や繊維類を鉄製品の一部として考察することにより、形状分類からは推定しにくい鉄製品の機能を推測する手がかりが得られる。

参考文献：『西求女塚古墳塚発掘調査報告書』2004, 神戸市教育委員会

遺構埋納物推定における脂質分析の効果と問題点

○田中義文*¹ 坂井良輔*² 千葉博俊*¹ 植木真吾*¹ 辻本崇夫*¹

(*1:パリオ・サーヴェイ株式会社 *2:北陸学院短期大学)

筆者らは、遺構埋納物を推定する目的で、脂質分析を手法の一つとして選択してきた。今回はこれまでの成果に基礎実験結果を加味しながら、脂質分析から遺体埋納推定を行うための方法論と問題点を示す。

1. 現生動植物の脂肪酸組成と土壌の

脂肪酸

日本食品脂溶性成分表(科学技術庁資源調査会編)をもとに、脂肪酸全体に占める高級脂肪酸(C20以上)と飽和脂肪酸の割合を種類ごとに求めると、生物間で違いが認められる。中野(1993)によると、脂肪酸やステロールは安定した物質であり、その組成は経年変化に強いとされている。しかし、遺跡土壌を対象にした脂質分析結果を上記の表に加えてみると、現存動植物とは違う場所に値が収束する(図1)。

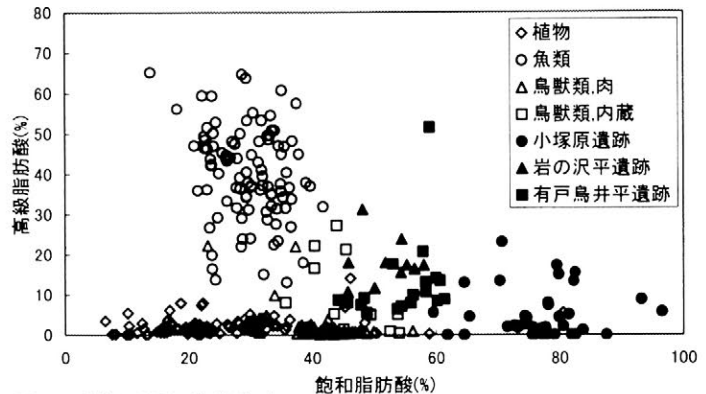


図1. 現生と遺跡の脂肪酸データ

これは、埋納物の脂肪酸が、経年変化による分解や(坂井・小林, 1995)、土壌微生物による影響(荒尾ほか, 1995)などにより、土壌中で変化したためと考えられる。その他、土壌中には植物の wax に由来する脂肪酸も含まれており(筒木・近藤, 1998)、土壌中の脂肪酸組成は様々な因子によって構成されているといえる。この点から考えると、現生試料との単純な比較によって土壌埋納物を判定するのは、よほど特徴的な脂肪酸を持つ種類(たとえば、菜種油や魚介類など)でないかぎり是不可能的といえる。

2. 遺体が残存している遺構の脂質組成

遺体埋納あるいは遺体の存在が推定される遺構・遺物を対象とし、その可能性を検証するためには、遺体(骨)が残存している土壌の脂肪酸分析を行い、土壌中での脂肪酸組成の変化をとらえる必要がある。東京都荒川区小塚原遺跡では、近世の低湿地堆積物からおびただしい数の人骨が出土している。小塚原遺跡で行った脂質分析の結果をみると(一部を図2に示す)、分子量の小さな脂肪酸や、二重結合を持たない脂肪酸の割合が相対的に高くなっている。また、古墳時代の人骨が出土した土坑での脂肪酸分析(小山, 1995)では、3割を越える高級脂肪酸が検出されているが、今回はこれに近い値である。なお、小塚原遺跡の結果から得られた脂質組成の特徴は以下のとおりである。

- ・遺体包含層は、高級脂肪酸や動物由来ステロールが高くなる傾向がある。また、その影響は数十センチほど下位までおよぶ。
- ・遺体包含層を平面的に分析すると、高級脂肪酸、動物由来のステロール組成、リン酸のともに値が大きくばらつく。ばらつきは、対照試料(遺体の影響を受けていない基本層序など) < 遺体付近のみを分析 < 無作為に包含層を分析、の順に大きくなる。
- ・脳や内臓があったと考えられる遺体付近は、高級脂肪酸、動物由来ステロール、リン酸が全体的に高い傾向があるものの、明瞭な相関関係はみられない。

3. 解析のための手法論と問題点

- ・対照試料の高級脂肪酸、動物由来ステロール、リン酸の平均値を算出し、遺体埋納が推定される位置の数値と比較することによって、遺体埋納の有無を推定することが可能と思われる。ただし、腐植含量が多い場合、高級脂肪酸が植物に由来する可能性があるため、相関に注意する必要がある。
- ・遺構内を平面的に採取した試料と、遺構外の対照試料との変動係数の値を比較し、遺構内の方が高い場

合には、遺体が埋納されていた可能性がある。

- ・リン酸、高級脂肪酸、動物質ステロール、腐植のそれぞれの相関が互いに低い場合、遺体埋納の可能性
がある。一方、リン酸と腐植、高級脂肪酸と腐植の相関が高い場合は、リン酸や高級脂肪酸は腐植に由来
するもので、動物遺体等の埋納物に由来しないと思われる。

4.応用例

尾張藩上屋敷遺跡では、遺構から胞衣皿とみられる遺物が検出され、脂質分析が行われている。脂質分
析の結果、遺物内に動物遺体の埋納が推定されたが、これに関して再整理した。その結果、試料間の組成
に大きなばらつきがみられ、リン酸や高級脂肪酸が高くなることが確認できた。

<文献>

荒尾知人・岡野正豪・金森哲夫(1995)GC-MS による土壌中のリン脂質脂肪酸組成の分析. 日本土壌肥料学
学会関東支部群馬大会講演要旨集.

中野益男(1993)脂肪酸分析法.「第四紀試料研究法2 研究対象別分析法」,東京大学出版会.

坂井良輔・小林正史(1995)脂肪酸分析の方法と問題点. 考古学ジャーナル,386.

筒木 潔・近藤連三(1998)泥炭地の乾燥化と植生変化に伴う泥炭の脂質組成の変化. 日本土壌肥料学雑
誌, 69.

小山陽造(1995)東北地方の脂肪酸分析結果. 考古学ジャーナル,386.

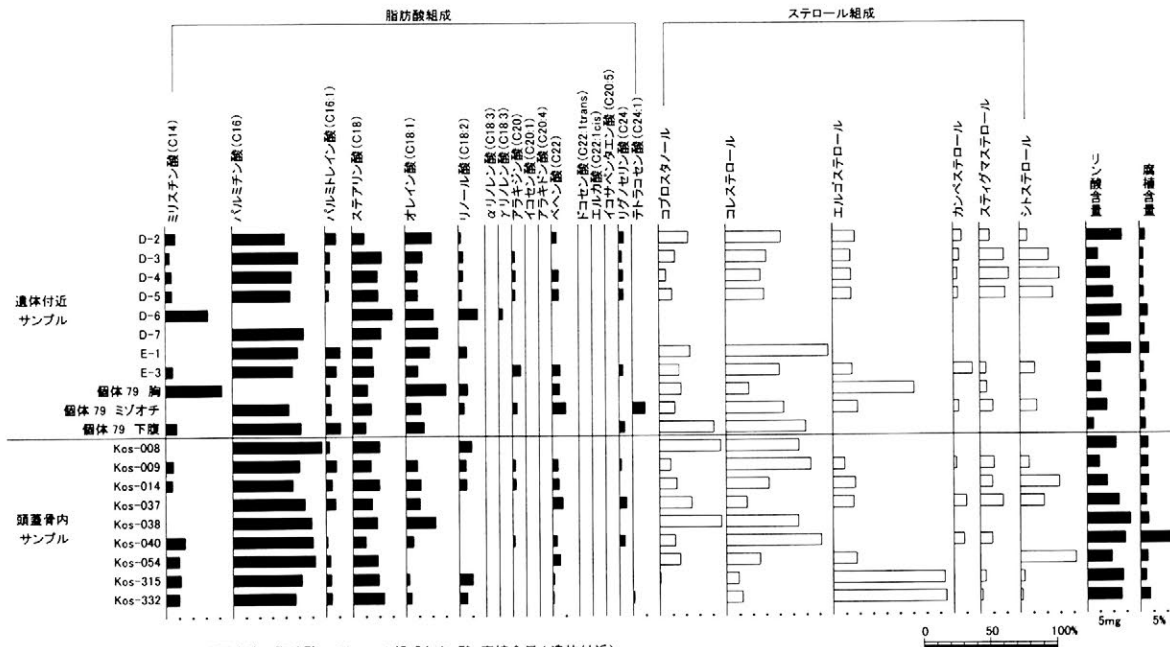


図2 小塚原遺跡の脂肪酸・ステロール組成とリン酸・炭素含量(遺体付近)

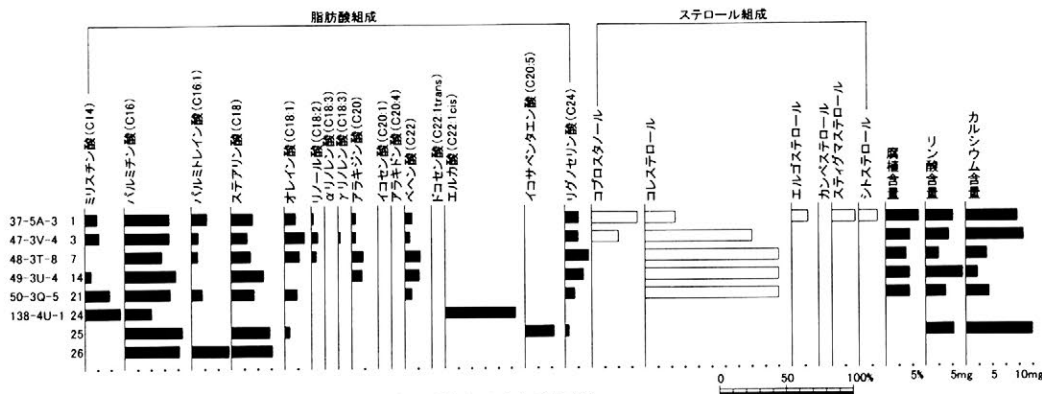


図3 尾張藩上屋敷遺跡の脂肪酸・ステロール組成とリン酸・カルシウム・炭素含量

日本に生育するウルシ属 *Rhus* の樹液に含まれる主要な脂質成分の分析

針谷紗世子、岸直矢、○宮腰哲雄（明治大学理工学部）

1. 目的

ウルシ科 Anacardiaceae に属する植物は世界中に 73 属 600 種以上あると言われており、日本にはウルシ、ハゼノキ、ヤマウルシ、ヤマハゼ、ツタウルシ、ヌルデの 6 種のウルシ属 *Rhus* が生育している。このうちウルシ樹液は古くから塗料や接着剤として用いられてきたが、古い時代これ以外の樹液がウルシ同様に用いられていた可能性が指摘されている。古い塗り物がウルシで塗られていたか、他の樹液で塗装されたかを判定することができれば、漆器の歴史的研究に役立ち、かつ漆工技術の変遷を知る上で重要な手がかりになると考えられる。そこでウルシ以外の 5 種の樹液を日本各地で採取しそれを $^1\text{H-NMR}$ スペクトルなどにより、また塗膜は熱分解-GC/MS 法により分析した。これらの結果からそれぞれのウルシ属 *Rhus* 樹液に含まれる主な成分を同定し、大きく 3 つに分類することができた。

2. 試料・分析方法

$^1\text{H-NMR}$ スペクトルの測定に用いた試料は、①沖縄県浦添市内・千葉県鴨川市内の 2 地点にて採取したハゼノキ、②山梨県高根町内のヤマウルシ、③千葉県鴨川市内のヤマハゼ、④福島県会津若松市内のツタウルシ、⑤神奈川県川崎市内のヌルデ、以上 5 種 6 地点の樹液を採取し CDCl_3 又は $\text{d}_6\text{-Acetone}$ に溶解させ、不溶分をろ過したものである。また、比較試料として市販のベトナム産漆樹液を同様に処理し、用いた。測定装置は JEOL α 型 FT-NMR(400MHz)を使用した。

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

3. 分析結果及び考察

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

また、塗膜分析の一例として、日本産・ベトナム産漆及び、試料①の沖縄県浦添市内・千葉県鴨川市内にて採取したハゼノキの塗膜を熱分解して得られた、漆塗膜に特徴的である m/z 108 のマスキロマトグラムを Fig.2-a)～d)にそれぞれ示した。その結果、これらすべてのマスキロマトグラムに規則的なピーク群が認められ、図に示したようなアルキルフェノールに由来するものであることが確認された。

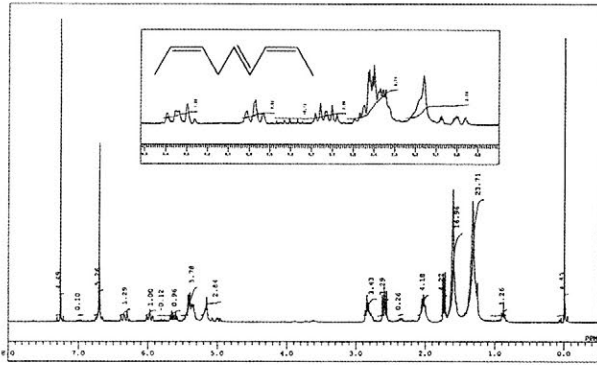


Fig.1-a) 日本産漆樹液成分の $^1\text{H-NMR}$ スペクトル

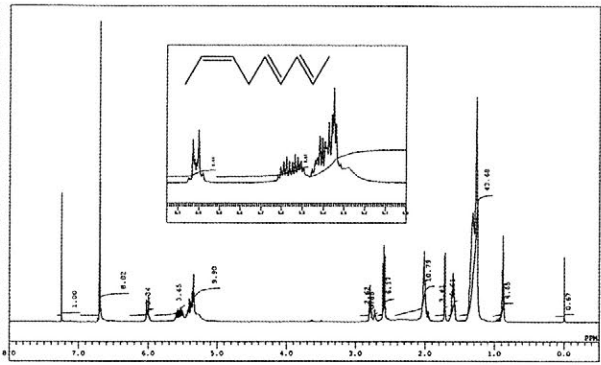


Fig.1-b) ベトナム産漆樹液成分の $^1\text{H-NMR}$ スペクトル

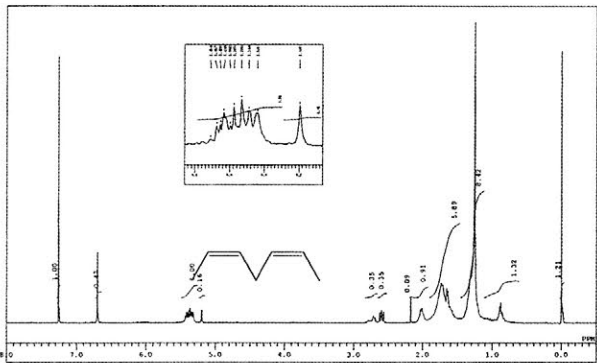


Fig.1-c) 沖縄県浦添市内のハゼノキ樹液成分の $^1\text{H-NMR}$ スペクトル

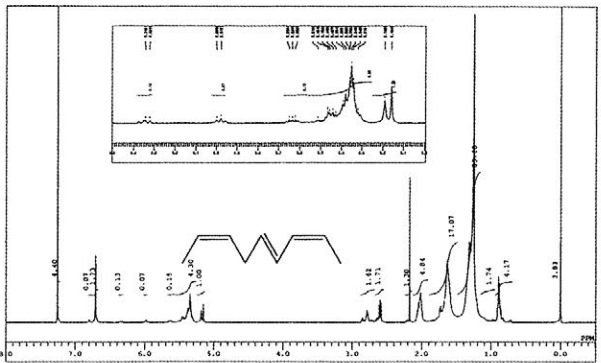


Fig.1-d) 千葉県鴨川市内のハゼノキ樹液成分の $^1\text{H-NMR}$ スペクトル

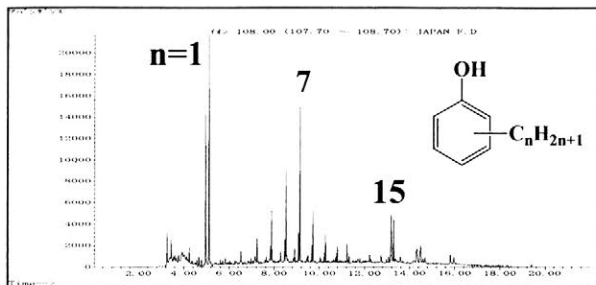


Fig.2-a) 日本産漆塗膜のマスキロマトグラム (m/z 108)

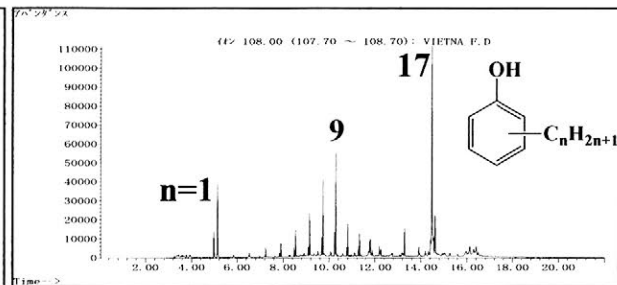


Fig.2-b) ベトナム産漆塗膜のマスキロマトグラム (m/z 108)

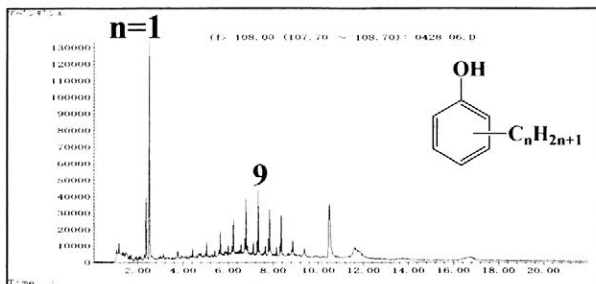


Fig.2-c) 沖縄県浦添市内のハゼノキ塗膜のマスキロマトグラム (m/z 108)

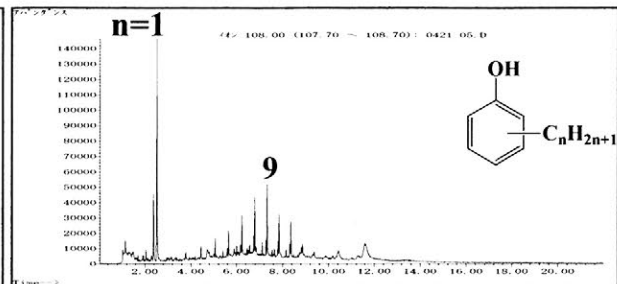


Fig.2-d) 千葉県鴨川市内のハゼノキ塗膜のマスキロマトグラム (m/z 108)

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

近世出土塗装資料の製作技法の研究（1）

○武田昭子、増田勝彦（昭和女子大学）、上條朝宏、門倉武夫（東京都埋蔵文化財センター）、赤沼英男（岩手県立博物館）

1 はじめに

江戸時代の漆製品には、多種多様な需要に対応するため、様々な素材と技術の適応性が試されている。本研究は、大名上屋敷で使用されていたと推定される器物断片と、市中で使われていた器物断片に就いて自然科学的調査を行い、製作技法上の特徴を明らかにし、製作技術変遷解明の基礎資料とすることを目的とした。

2 遺跡について

尾張藩上屋敷は東京都新宿区市谷本村町 5-1、陸上自衛隊市ヶ谷駐屯地内に所在する。この地区に尾張藩徳川家が上屋敷を拝領したのは 1656 年で、以後 1871 年まで使用される。遺跡は標高約 30m の台地上に立地する。地下約 5 m のところで表層地下水脈を有する東京層の上面に重なる。調査は 1991 年から 2002 年まで行われた。木製品は表層地下水脈近くにある地下室や井戸跡から出土したが、台地上の遺跡で乾いた状態にあったため残存状況は不良である。漆器類は木質部が消失し漆膜だけ残ったものがその多くを占める。

外神田四丁目遺跡は 1928 年から開場した神田青果市場跡地、東京都千代田区外神田四丁目に所在する。江戸時代初期の標高は 1 m で水田地帯であったが、江戸開城に伴う埋め立てによって寺院となり、1657 年の明暦の大火後は武家地として区画され、1719 年以降町屋も整備された。発掘調査は 2001 年 6 月から 2002 年 3 月まで行なわれ、木製の生活用具や漆器類が数多く検出された。

3 調査資料ならびに調査方法

調査資料は尾張藩上屋敷遺跡および外神田四丁目遺跡から検出された漆器 5 点である(表 1)。漆器から摘出した試料を、塗膜断面の観察が可能となる方向にエポキシ樹脂で固定し、エメリー紙で荒研磨した後、ダイヤモンドペーस्टで仕上げ研磨した。研磨面をエレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー（EPMA）で分析し、塗膜層の状況と各塗膜層に含有される元素濃度分布を調べた。製作時の塗膜構造が良く残っていると判定された試料については薄片を作成し、光学顕微鏡で各塗膜層の構造を解析した。このようにして得られた分析結果にそれぞれの漆器の肉眼観察結果を加味し、塗装技法を検討した。

4 調査結果

No. 1 内面は赤色の無紋面である。資料の劣化が著しく、塗膜面にはいたるところに亀裂や欠落孔がみられる。赤色面から摘出した試料断面の EPMA による組成像 (COMP) および光学顕微鏡観察結果によると、塗膜面は 5 層の塗膜層によって構成される。下地層は泥を混和した漆層と漆単体層の 2 層からなり、その上に黒色微細粒子を含む漆層、酸化鉄粒子が点在した漆層がみられる。最上層は酸化鉄と酸化ケイ素(石英と推定される)が混在した凹凸が著しい層からなる。赤色系色材料は酸化鉄で、最上層は顔料を入れる容器として使用された本資料の内容物と推察される。

No. 2 には泥と砂が混在した物質を混和した平滑な膜層がみられる。その上に漆単体層があり、水銀朱を混和した漆層が重なる。その層の上にふたたび泥と砂が混在した物質を混和した最下層とほぼ同じ厚さの膜層があり、その上層は酸化鉄粒子が点在した漆層で覆われている。

No. 3 は布着せ層の上に泥と砂が混在した物質を混和した下地層、ごく薄い漆層、そして泥と砂が混在した物質を混和した下地層を 2 層重ね、上塗り層を 3 層としている。また加飾として部分的に梨地と平時絵が施されており、かなり吟味されて作られた資料である。

No. 4 は炭粉下地層に赤色漆 1 層が上塗りされた単純な構造で、赤色系色材料には酸化鉄が使用されている。

No. 5 の内面塗膜は泥を混和した下地の上に微量の泥を含む漆の薄層があり、その上に混和材を含まない漆層が残

存する。最表面も漆単体層からなるが、下層に比べ Ca、Si に富むという点で化学組成に差異がみられる。外面は外面と同様の下地構造をとり、水銀朱の粒子が上方に密に存在する漆膜、厚い加飾層で黒色微粒子を含む漆膜が最表面を構成する。

5 考察

表 1 右欄は、塗膜断面構造解析によって明らかにされた下地混和材、色材料を整理したものである。No.4 は炭粉を下地材として混和しており、泥または泥と砂が混在した物質を混和した他の 4 資料とは異なる。No.2 (本試料では布着せ層が剥離)、No.3 は共に布着せを施し、その上に泥と砂が混在した物質を混和した漆層で下地を形成しているが、No.1 および No.5 には布着せがみられない。調査した 5 資料は下地と塗りの技法の点で、No.4 と、No.1～No.3 および No.5 の 2 つに大別され、さらに No.1 をはじめとする後者の 4 資料も、No.1 および No.5、No.2 および No.3 に細分される。

No.2 は下地層の途中に朱漆層を含む厚い塗膜を有する。当初水銀朱を混和した漆が塗彩されたが、その後 No.1 に比べ少量の酸化鉄粒子を混和した樹脂による塗り直しが施された可能性が高い。1 回目と 2 回目の下地調製技法に差異がみられないことから、塗り直しは同一の技術系譜を引く技術者によって行われたものと推定される。現在でも、修理や塗り直しは漆器生産地における業務の一角を占めている。ただし、製品の品質の良し悪しでその効果は異なるとされる。本資料の品質を下地構成から考察すると、吟味して製作された資料であり、修理を重ねて使用されたと推察される。

No.1 の赤色系色材料には酸化鉄粒子が、No.5 には水銀朱が使用されている。塗膜断面構造解析の結果、近世の漆工品には複数の製作技法が用いられていることが判明した。それぞれの技術の発生時期とその変遷解明が今後の課題である。それには、漆工品製作に必要な素材の確保、その処理方法、塗りの技法の解明に加え、調査対象とした資料の日常生活における位置付けを加味する必要がある。今後関係する異分野の学際的研究によって、近世の漆工品製作とその使用の実態に迫ることができると思われる。なお、本研究は、平成 15 年度科学研究補助金の特定領域研究で行ったものの一部である。

表 1 分析対象資料と結果

遺物No.	出土遺跡名	遺物名	遺構番号	遺構種別	年代	地塗	加飾	下地混和材	色材料				
1	尾張藩上屋敷跡遺跡	板状漆器断片(内面)	173-3B-1	土坑	18c後～ 19c初	赤	無	泥	酸化鉄				
		同上 (外面)				黒	赤色で文字模様	泥	-				
箱蓋断片(内面)		黒				褐色で四角模様	同上	同上	硫化水銀・酸化鉄				
同上 (外面)													
板状漆器断片(外面)										黒	褐色で四角模様	同上	-
同上 (外面)										黒	金蒔絵(不明)	同上	-
4	外神田四丁目	椀断片(内面)	-	-	18c	赤	無	炭粉	酸化鉄				
		同上 (外面)	赤	無		炭粉	酸化鉄						
5	遺跡	板状漆器(内面)	-	-		黒	無	泥	-				
		同上 (外面)	赤	黒色で松模様		泥	硫化水銀						

注) 下地混和材は岩石・鉱物学的区分によった。

青森県朝日山（2）遺跡出土縄文時代晩期の漆製品の塗膜構造

○本吉 恵理子(平安学園) 岡田 文男(京都造形芸術大学)

中嶋 友文(青森県埋蔵文化財調査センター) 汐見 真(株吉田生物研究所)

1. はじめに

青森県に所在する朝日山（2）遺跡では、縄文時代晩期の多数の土坑墓から副葬品として漆製品が出土した。これらについて調査する機会に恵まれたので、その結果を以下に報告する。

2. 資料と方法

調査資料を表 1 に示す。資料の形状から赤色漆塗り紐状製品、赤色漆塗り容器、赤色漆塗り管状製品、赤色漆塗り耳飾状製品に分類した。小片を含めると出土数は 100 点をこえる。

それらの資料から数mm四方の小片を採取し、エポキシ樹脂に包埋し研磨して塗膜断面の薄片プレパラートを作製した。これを透過光ならびに落射光の下で検鏡した。

3. 観察結果

観察結果を表 1 に示し、観察点の概要を記す。

素地：全ての漆製品について素地は遺存していなかった。剥離した漆膜の裏面に筋が観察されるものがあった。

下地：混和物を含む下地は観察されなかった。紐状製品には黒色漆を使用する例がみられた。その他の製品は透明漆で素地を固定していた。

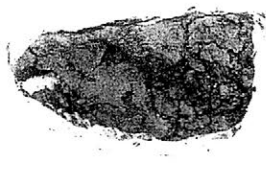
漆層：各製品ともに透明漆、赤色漆の多層の塗り重ねが認められた。

赤色顔料：朱とベンガラの二種類が認められた。朱は製品の種類に関係なく最外層に使用されていた。パイプ状を呈するベンガラが認められた資料が 1 点認められた。

黒色顔料：黒色の微粒子を混和した黒色漆層が紐状製品、容器、管状製品に認められた。



1. 赤色漆塗り紐状製品 (No.3)



2. 赤色漆塗り容器 (No.9)



3. 赤色漆塗り管状製品 (No.10)



4. 赤色漆塗り耳飾状製品 (No.13)



5. No.3 断面 (×64)



6. No.9 断面 (×160)



7. No.10 断面 (×160)



8. No.13 断面 (×160)

4. まとめ

観察から推定される各製品の製作法は次の通りで、製品による技法の違いは認められなかった。

- ①紐状製品は、撚った植物繊維の素地を透明漆あるいは黒色漆によって固め、さらに赤色漆を数層重ねる、という製法である。表面にはより明るい色調の朱を混和する例もある。
- ②容器は、籃胎素地を透明漆で固め、基本的に赤色漆を数層重ねる。中には下層に黒色漆を施す例や、表面に赤色漆ではなく透明漆層を施す例もあった。また、本例は副葬品であるが塗りなおしが行われた可能性が高い例もある。表面に朱のみを混和した漆は施されない。
- ③管状製品は湾曲するものも含めて、植物素地を透明漆で固め、赤色漆を重ねる。下層に黒色漆を施す例もある。表面の層に朱を混和する例もある。
- ④耳飾状製品は、植物素地を透明漆で固め、赤色漆を重ねる。表面の層に朱を混和する。

本調査において縄文時代晩期に比定される漆製品に、明確な朱の使用と黒色顔料の使用が確認できたことは特筆すべき点である。

表1 調査資料ならびに断面観察結果一覧表

No.	出土 SKNo.	名称	寸法(cm)	形状	素地固 めの漆	塗膜構造(下層から)	顔料(下層から)
1	811	赤色漆塗り紐状製品	12.0×4.0	幅1mmの撚り紐の束	透明漆	赤色漆3層	ベンガラ/朱/朱
2	815	赤色漆塗り紐状製品	7.0×3.0	幅1.5mm程度の細く平たい紐	透明漆	黒色漆/赤色漆	黒色微粒子/ベンガラ、(朱)
3	818	赤色漆塗り紐状製品	15.0×1.5	平行する撚り紐数条	透明漆	赤色漆3層	ベンガラ/ベンガラ/朱
4	842	赤色漆塗り紐状製品	径18	幅1mmの撚り紐12~13条が束になり隅丸三角形状に平面的に広がる	透明漆	赤色漆3層	ベンガラ/ベンガラ/朱
5	846	赤色漆塗り紐状製品	5.5×2.0	幅1mmの紐	黒色漆	黒色漆/赤色漆3層	黒色微粒子/3層ともベンガラ
6	811	赤色漆塗り容器	30×30	底部正方形の編み物鉢。縦方向と横方向の編目あり。外面は濃赤色。	透明漆	外面:透明漆2層/赤色漆5層	5層ともベンガラ
7	811	赤色漆塗り容器	25×20	底部正方形の編み物鉢。縦方向と横方向の編目あり。外面は淡赤色。	透明漆	外面:透明漆2層/赤色漆2層	2層ともベンガラ
8	833	赤色漆塗り容器	15.0×8.0	裏面に素地の痕跡のある漆膜	透明漆	赤色漆/黒色漆/赤色漆	ベンガラ/黒色微粒子/ベンガラ
9	851	赤色漆塗り容器	13.0×6.0	裏面に素地の痕跡	透明漆	黒色漆/透明漆/赤色漆/黒色漆/赤色漆2層	黒色微粒子/—/ベンガラ、(朱) /黒色微粒子/ベンガラ/ベンガラ
10	831	赤色漆塗り管状製品	2.0×1.0	幅7mm程度の筒状漆膜	透明漆	黒色漆/赤色漆2層	黒色微粒子/ベンガラ/ベンガラ
11	842	赤色漆塗り管状製品	9.0×6.0	漆膜片	透明漆	赤色漆2層	ベンガラ/朱
12	818	赤色漆塗り耳飾状製品	φ3.0	鼓の胴状の漆膜	透明漆	赤色漆2層	ベンガラ/朱
13	818	赤色漆塗り耳飾状製品	4.0×2.5	鼓の胴状の漆膜	透明漆	赤色漆3層	ベンガラ/ベンガラ/朱

北海道・縄文時代遺跡から出土した赤色漆塗り様系に関する考古科学的研究

○ 野沢悠子(京都大学大学院人間・環境学研究科)・田口尚(北海道埋蔵文化財センター)
小林幸雄(北海道開拓記念館)・佐藤昌憲(奈良文化財研究所)・肥塚隆康(奈良文化財研究所)

1 はじめに

出土遺物について漆製品であると判断する際、主として漆に特徴的に見られる光沢や、質感など経験的な主観に基づいていることが多いと従来から指摘されている。一方で、発掘調査によって得られた遺物に関して、最近進展してきている各種の自然科学的研究方法により多種多様な知見が得られるようになってきた。したがって、考古学的研究により漆製品とされているこれまでの出土遺物に関して、自然科学的研究を併行して積極的に行うことが求められている。

本研究においては、北海道において縄文時代早期、前期、後期、晩期の遺跡から類似した遺物の出土例がある赤色漆り様系に焦点をあて、材質を分析化学的手法により明らかにし、その結果をもとに製作技法に関して検討することを目的とした。

2. 研究対象試料

対象試料は、北海道の伊茶仁チシネ第一竪穴群遺跡(縄文時代前期)から出土した赤色漆塗り様系を環状に幾重にも束ねたもので、首輪・腕輪と推定されている遺物の断片試料である。

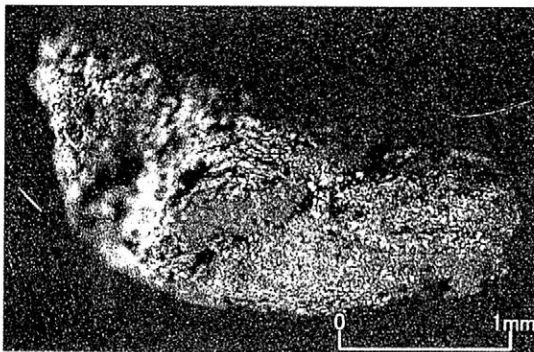


図 1. 伊茶仁チシネ第一竪穴群遺跡出土・赤色漆塗り様系の断片試料

3. 実験内容と結果

プレパラートを作成し、試料断面を顕微鏡により観察した。赤色顔料層およびその内部層からは蛍光 X 線分析により鉄が検出され、赤外分光分析とレーザーラマン分光分析により系に使用された赤色顔料とヘマタイトのスペクトルはほぼ一致することが確認され、赤色顔料はベンガラであると考えられる。さらに走査電子顕微鏡による観察から、パイプ状物質の存在が明らかになった。また赤外分光分析の結果、漆に特徴的な

2920 cm^{-1} および 2850 cm^{-1} 近傍で極めて弱い吸収ピークが確認できた。赤色顔料層には顔料の固着に関わる漆が極めて少量含まれていることが考えられる。劣化によっても吸収ピーク強度が減少することが考えられるが、これまで行われている FT-IR による分析結果では、劣化した出土漆製品の測定結果においても2つの鋭いピークが見られることが分かっており、2つのピークが弱い原因は劣化によるとは考え難い。また、内部層における赤外分光分析により漆に特徴的なスペクトルが明確に得られたが、糸の材質は赤外分光分析では同定できなかった。走査電子顕微鏡による観察では繊維状の痕跡が多く見られ、その形状から何らかの植物繊維であると推定される。

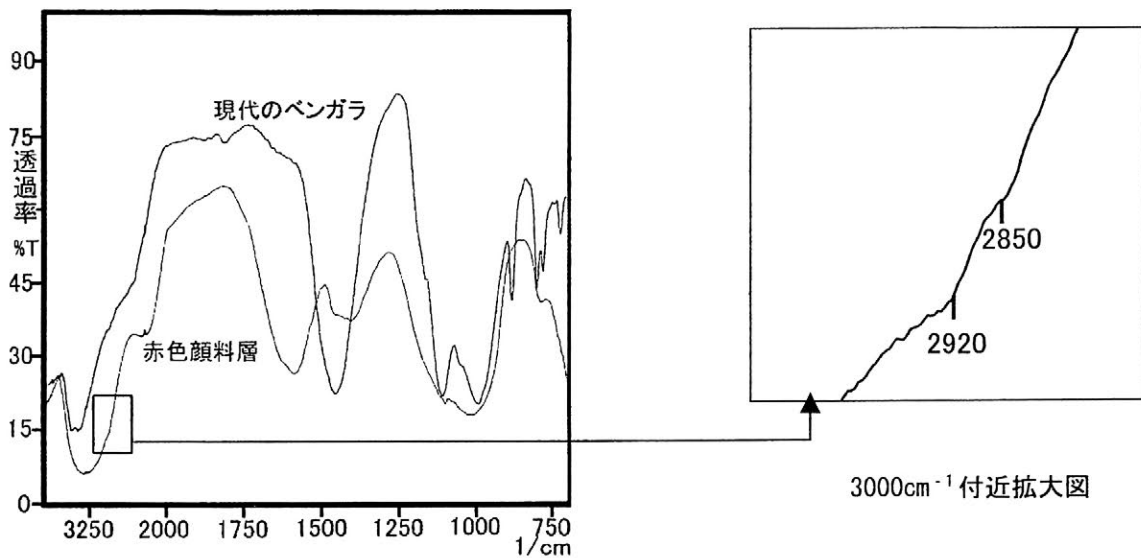


図2. 現代のベンガラ及び試料赤色顔料層の赤外スペクトル

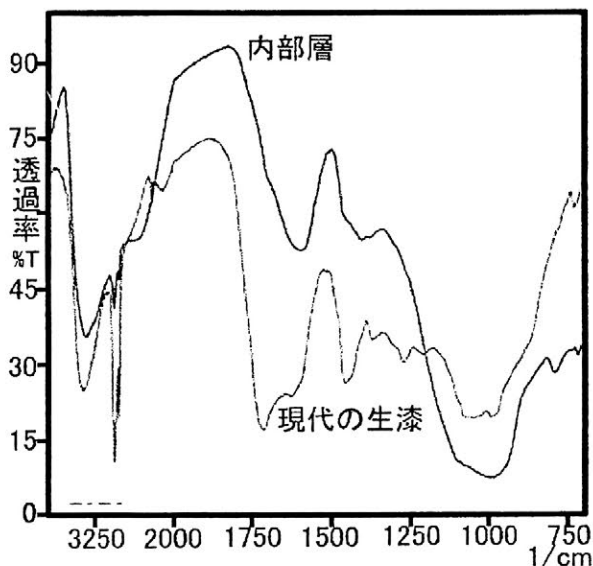


図3. 現代の生漆および内部層の赤外スペクトル

富山県石名田木舟遺跡出土漆塗り星兜の製作技法について

○大国万希子、山田哲也、藤田浩明、川本耕三（財団法人 元興寺文化財研究所）
宮田進一（財団法人 富山県文化振興財団）

1. はじめに

石名田木舟遺跡は、富山県小矢部市石名田、福岡町木舟地区に位置する古墳時代後期から近世の遺跡である。この15世紀後半と見られる遺構面から、鉢の1/3ほどの漆塗膜だけが残存している漆塗り星兜（写真1）が出土している。この兜は、漆膜の下に金箔を貼るなど非常に珍しい製作技法を用いており、発掘時から遺物表面に錆が浮いていなかったため革製の星兜であると考えられた。皮革素材を用いた甲冑は有機質という素材ゆえに、長い年月の埋没環境により消滅しやすく、出土例が稀で、科学的分析や製作技法に関する研究はあまりなされていないのが現状である。

今回、この兜の保存処理に伴い、顕微鏡観察や漆膜分析等を行い、製作技法についての若干の知見を得たので報告する。

2. 分析方法

① 顕微鏡観察

実体顕微鏡およびマイクロスコープ（デジタルHDマイクロスコープVH-7000：キーエンス製）により漆塗り星兜の表面・裏面および破断面細部の観察を行った。

② X線透過撮影

漆塗り星兜の内部構造を確認するためにX線透過撮影（東芝製）による観察を行った。

③ 蛍光X線分析

兜表面の漆の下層にある金色層の蛍光X線分析（エネルギー分散型蛍光X線分析装置SEA-5200：セイコー電子工業（株））を行った。

④ 漆膜構造の観察及び繊維同定

微量の剥落した漆膜から薄片試料を採取し、樹脂包埋後にマイクロトーム（電動式マイクロトームST-201：（株）日本マイクロトーム研究所）を用いて漆膜断面の切片を作製した。さらに、得られた切片を永久プレパラートにし、生物顕微鏡（透過光）および金属顕微鏡（暗視野）により観察を行った。

3. 分析結果

この兜の素材である革や紐は有機質であり、埋没環境中に腐朽したために確認することはできなかったが、革や紐の痕跡が漆により型取りされたかのようにきれいに残っている状況であった。

兜の腰巻部分と考えられる漆膜破片の兜の内面側には革の痕跡が、兜の表側にあたる部分には、漆の塗り込まれた平織りの布目が鮮明に観察でき、腰巻部分の布の折り返しも確認できた。その布目部分の膜面観察の結果、布の厚さは約500 μ mで単繊維断面は三角形（長径10～20 μ m）の形状を呈することから絹の可能性が高く、塗り構造は布の上に黒色を呈する下地（材質不明）、更にその上に30～50 μ mの透明系漆を塗り固めていた。

兜の筋部分の内面には、1.3～2.0mm程度のZ撚りにした紐の痕跡が鮮明にみられた。またX線フィルムより、筋を作る紐を革に固定するための平織りの布目も確認できた。

兜表面漆膜の内面に、この兜の特徴である星を打つための基準線と考えられる凸状線が確認できた。兜の星の膜面観察より、約3mm程度の竹の繊維が観察され、その周りに黒色を呈する下地を40~100 μ mの厚みで塗り固め、その上に30 μ m透明系漆層、10 μ mの黒色を呈する漆層、10 μ mの透明系漆層を塗り、星が円形になるように形を整えてあった(写真2)。

兜表面漆層の下にある金色層の蛍光X線分析を行ったところ金(Au)を検出した。また金色部分の表面観察および膜面観察の結果、10 μ m未満の金箔であることが確認できた。X線フィルムからは、兜の筋と筋の間の面には金箔が貼られていることも確認できた。この部分の膜面構造は、下地(材質不明)の上に、約20 μ mの透明系漆層、10 μ mの黒色を呈する漆層、10 μ m未満の金箔層、10 μ mの黒色を呈する漆層、その上に20~80 μ mの透明系漆層が観察できた。漆の下の見えない部分に金箔を用いている特殊な構造をしていた。

4. まとめ

漆塗り星兜の分析結果から製作技法を推定するための材料や手法の痕跡の一端を推測することができた。その製作技法の概要は、まず鉢の形にあわせた半球上の型に革を被せ伸ばし乾燥させて原型を作製する。できた原型の表面に星をつける基準となる凹線を引き、その基準線から星の位置を決める。また撚り紐を配置し、その上に帯状の平絹を貼り付けて筋を作る。竹芯を利用した星形を差し込む。兜表面に下地を施し、その上に透明系漆を塗り固め、黒色を呈する漆を塗り、金箔を貼る。再度黒色を呈する漆で塗り固め、更にその上に透明系漆を塗る。裏面には平絹を漆で塗り固めて兜を製作したのではないかと推測することができた。

しかし今回の調査分析結果では、この星兜の製作技法の詳細な解明は困難であった。今後さらに類例等の調査を重ね、分析資料を蓄積し、製作技法を明らかにしていきたい。

参考文献

藤田浩明「富山県・石名田木舟遺跡出土漆塗り兜の塗膜分析」『元興寺文化財研究 No.82』2002年
財団法人富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所「石名田木舟遺跡発掘調査報告」『富山県文化振興財団埋蔵文化財発掘調査報告第14集』2002年

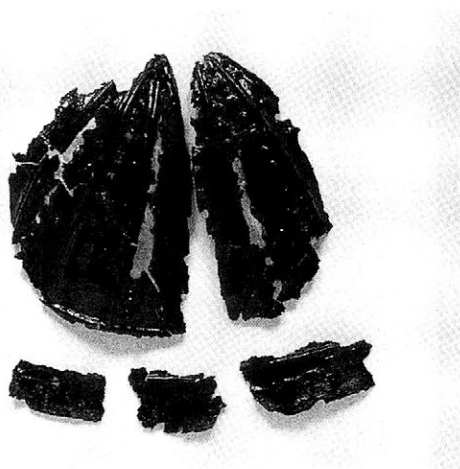


写真1 漆塗り星兜



写真2 星部分の塗膜断面

古代ガラスの技法

○島田 守(奈良大学大学院)

1. はじめに

吹きガラスが発明されたのは紀元前1世紀半ばとされている。それ以前は違う技法で器が作られていた。現代では見なくなった器もあれば、現代の観点だけでは再現できないものもある。こういったガラスを復元するには多くの試作、考察を繰り返す必要がある。形の再現も重要であるが、もっと重要なのは繰り返す製作実験の中で、どのような道具を使っていたのか？形を意識するあまり無理な工程で作業が進められていないか？他にも同じ技法が使われたガラスはないか？といった視野の広い問題を意識することである。ここではこの観点で行ってきた復元製作2例を紹介し、特に着目した問題点を中心に述べる。

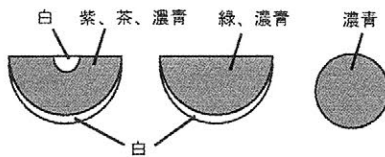
2. ゴールドバンド壺(前1世紀 MIHO MUSEUM 所蔵)(写真1)



写真1: ゴールドバンド壺

これは宙吹きの出現以前からあったコア・テクニクという技法で作られたと思われる。芯(コア)の上に色ガラス棒を炎で溶かしながらのせていき、冷ましてから芯を除去するという技法である。他に金箔(透明ガラスでコーティングされている)が使われている。観察結果は図1に示した。色ガラスの緩やかな曲線に着目し、試作をした結果、曲線は色ガラス棒をのせた本体を加熱しながらコテで優しく表面をなでるようにして作るがコテ断面の湾曲率の違いで曲線の表情も変わることが分かった(写真2)。

使われている色ガラス棒の断面構造



底面略図

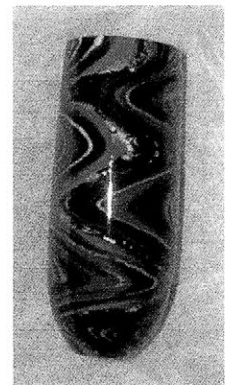
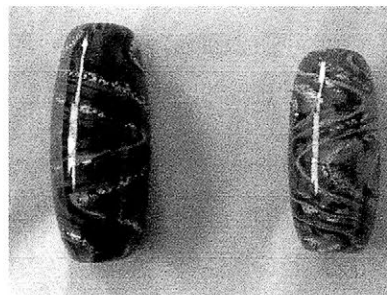
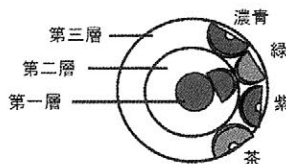


図1(左): 観察結果 写真2(中): 道具断面の形の違いで曲線の表情が異なる。断面の湾曲がきついほど文様は尖る傾向にある(左側の試作品) 写真3(右): 復元品

結果から(写真3)、断面の湾曲が緩いコテを使っていたことが推測される。金箔は透明ガラス棒に幾重にも重ねてから本体に熔着したにもかかわらず散ってしまったのもっと厚い箔を使っていたと思われる。また白はぼやけやすいので透明ガラスでコーティングした白ガラス棒を使

ったがそれでも少しぼやけた。実物もそうしていたかは不明であるが現在と成分が違うことも考えられる。観察結果を基に3層になるように製作したがかなりの厚みになるため、実際には底部を厚くするためにここだけしかガラスを足していない可能性があることも分かった。

3. カラニス・タイプ皿(3～5世紀 中近東文化センター所蔵)(写真4)

エジプト、カラニス遺跡出土のガラス皿と同タイプで、卵形、口縁部が外折りされていることが特徴である。外折りの幅には太い部分と狭い部分があるが、現在このような外折りの器はほとんど見ないのでここに着目して復元を試みた。まずは普通に楕円形皿の作り方で製作したが(写真5)、折り幅の違いを出すことは出来なかった。次に写真6のようにわざと幅の違いがでるように外折りして皿を作ったところ、幅が太い部分に強い遠心力が働き、卵形になった(写真7)。おそらく実物もきれいに外折りせずに製作したために卵形になったと考えられる。遠心力を利用しない碗などにも外折りの幅が一定でないものがあることから、意図的に差をつけたのではなく偶然にこのようになったと考えられる。例えば吹き竿から離す時にガラスが欠けてしまい、そのまま外に折り返すと幅が一定でない外折りになる(図2)。

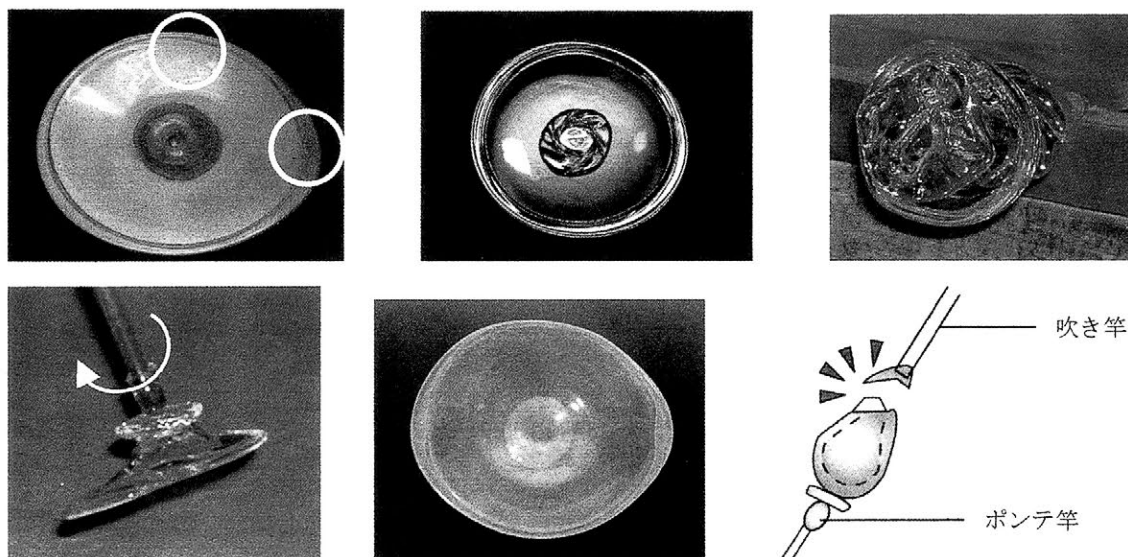


写真4(上段左):実物。折り返し幅が違う(○印) 写真5(同中):一般的方法で楕円形皿を製作 写真6(同右):意図的に幅の差がでるように外折りした 写真7(下段左):ガラス皿は竿を回して生じる遠心力でつくる 写真8(同中):外折りの幅の違いを再現できた 図2(同右):外折りの幅に差が生じる例

4. まとめ

2は、技法は推測できるが実際にやってみないとどうなるかわからなかった例、3は現代の方法では再現が無理だった例である。今ではたとえガラスが欠けてもハサミで切って調節するのが当然となっているため折り返しに幅の差が生じることはないからである。以上の研究例は一部であるが、技法の解明には多くの試作と考察が必要で、それだけ技術の復元が難しいことを意味している。古代の職人が現代の職人よりも技術的に劣っているということは全くない。

*写真1は MIHO MUSEUM、写真4は中近東文化センターの許可を得て掲載させて頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。また復元の協力をして下さったガラス作家の杉江智・晶子氏に心から感謝いたします。

石川県辰口町下開発茶臼山古墳群（9号墳）出土ガラス玉の科学的研究

○中村晋也（金沢学院大学）・菅井裕子（(財)元興寺文化財研究所）
高田實彌（京都大学原子炉実験所）

1 はじめに

石川県辰口町に所在する下開発茶臼山古墳群は、28基の古墳より構成される古墳群である。うち9号墳は、5世紀中葉と推定される直径18m・高さ2.5mの円墳で、墳丘中央部の北側と南側に主軸をほぼ東西に向けた木棺直葬の2つの主体部を持つ。第1主体部（北側）からは、銅鏡1面、直刀1本、玉類（勾玉、管玉、小玉（ガラス玉、石製玉））、壺52枚が、第2主体部（南側）からは、衝角付冑1点、短甲1点、鉄鏃数十本、直刀1本、鉄剣1本、壺約120枚、玉類（勾玉、管玉、小玉（ガラス玉、石製玉））多数、鉄斧2本が出土した。

本研究では、第1主体部より出土したガラス玉77点（小玉75点、丸玉2点）について、蛍光X線分析、X線透過撮影を実施、また同主体部より出土の青色ガラス小玉片（2個体・各2破片）について、中性子放射化分析を実施し、ガラスの種類と着色因子について、いくつかの知見を得られたので報告する。

2 蛍光X線分析

2-1 分析方法

試料表面の土壌等の付着物を除去するために、綿棒にエタノールを浸したものでクリーニングした後、エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置（セイコーインスツルメンツ（株）製SEA5230、X線発生部の管球ターゲットはモリブデン（Mo））を用いて定性分析を行った。測定条件は、励起電圧15kVと45kVの2条件、電流は励起電圧15kVの場合496～1000 μ A、45kVの場合36～88 μ A、いずれの測定にも共通で、測定時間300秒、照射径1.8mm、試料室内は真空である。測定箇所は、1個体につき3点の測定を行った。

2-2 分析結果

すべての試料において、同一個体における測定箇所の違いによる元素検出結果に違いはなく、検出されたすべての元素は、Na、Mg、Al、Si、Cl、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cu、Rb、Sr、Zr、Sn、Ba、Pbの17元素である。試料の形態、色調、検出元素の組合せ的特徴から、以下の6グループに大別することができた。

- A 青緑、緑（小玉26点） (Na)、(Mg)、Al、Si、Cl、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cu、Sn、(Ba)、Pb、Sr、Zr、(Rb)
- B 青、紺（小玉46点） (Na)、(Mg)、Al、Si、(Cl)、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cu、(Ba)、Sr、(Rb)
- C 青（小玉2点） Na、Al、Si、Cl、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cu、Ba、Pb、Sr、Zr
- D 青（丸玉1点） Al、Si、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cu、Sn、Ba、Pb、Sr、Zr、Rb
- E 紺（丸玉1点） Mg、Al、Si、Cl、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cu、Sn、Pb、Sr、Zr
- F 青（小玉1点） Na、(Mg)、Al、Si、Cl、K、Ca、(Ti)、(Mn)、Fe、Cu、Sn、Ba、Pb、Sr、Zr

※ ()内元素は同一グループ内で検出が微妙で、グループ内でばらつきがあるもの

3 X線透過撮影

3-1 撮影方法

(財)元興寺文化財所所有の100 μ m工業用X線装置RX-0118-423（株東芝製）を用いた。撮影条件は管電圧40kV、電流0.5mA、照射距離1m、照射時間2分とした。

3-2 撮影結果

Fグループの試料1点について、他の試料と比べて著しくX線透過度が低い結果となった。

4 中性子放射化分析

4-1 分析方法

試料の中性子照射は、京都大学原子炉実験所において、KURの圧気輸送管（熱中性子束密度：約 $2.2\sim 2.7 \times 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ ）を用いた。30秒間照射後、直ちに γ 線を測定し、短寿命核種を定量した。中・長寿命核種の場合には、試料を1時間照射した後7～30日間冷却後に測定した。検出されたすべての核種の定量は、試料と同時に封入した標準試料（JG-1）と同時に照射し、短寿命核種はNa-24、長寿命核種はFe-59を基準にして行った。

4-2 分析結果

検出された元素は、Na、Al、Cl、K、Sc、Ca、Cr、Mn、Fe、Co、Zn、As、Br、Sr、Cd、Ba、La、Ce、Eu、Sm、Yb、Lu、

Hf、Pa、Np の 25 種である。試料 A・B とも類似した定量結果を示したが、Fe について試料 A が 13%、試料 B が 0.671%であったことが大きく異なる点である。主な検出元素の定量結果を右に示す。

元素	定量値(%)	
	試料A	試料B
Na	11.3	13.6
Al	1.07	1.06
Cl	1.30	0.82
K	0.66	2.18
Ca	3.15	3.32
Mn	0.605	0.687
Fe	13.0	0.671
Co	0.0302	0.0371
Sr	0.0675	0.0488
Ba	0.116	0.125

5 考察

蛍光 X 線分析と X 線透過撮影の結果から、A～E グループのガラス玉 76 点は、アルカリ珪酸塩ガラスであることがわかった。

特に A グループの試料については、肥塚（2003a）の研究成果の「Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系のソーダ石灰ガラス」の特徴と類似する点が多く、Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系のソーダ石灰ガラスである可能性が高いといえる。

また B グループについては、K (K α)、Ca (K α) について、このグループのガラス小玉の主成分であると考えられる Si (K α) の検出強度と相対比をとった場合に、①K の検出強度が大きく Ca の検出強度が小さい (K/Si-Ca/Si > 0) 18 点、②K の検出強度が小さく Ca の検出強度が大きい (K/Si-Ca/Si < 0) 24 点、③K と Ca の検出強度がほぼ同じ (K/Si-Ca/Si \approx 0) 4 点の 3 種に大別できる。しかし、定量値が求められなかったため、ガラスの種類との相関性は不明である。

F グループについては、他のガラス玉とは異なり強い Pb の検出強度を示した。同時に X 線透過撮影の結果からも、鉛珪酸塩ガラスと推定される。また、肥塚（2003b）による「鉛ガラスが弥生時代の遺跡から少量出土し、古墳時代前期・中期には流通が途絶え、古墳時代後期後半から奈良時代にかけて多量に流通した」こと、今回分析した他の Ba を検出した試料に比して、著しく大きい Ba の検出強度を示したことを考えると、鉛珪酸塩ガラスの中でも、鉛バリウムガラスである可能性が極めて高いといえる。古墳時代の遺跡から鉛バリウムガラスが出土した例は少なく、極めて稀な例となる。

また、中性子放射化分析を実施した試料 A・B について蛍光 X 線分析を実施したところ、両者とも B グループの②と同様の結果を示した。同時に中性子放射化分析で得られた Na、K、Al、Ca の値から、これらが古墳時代の遺跡から多く出土するソーダ石灰ガラスであることがわかった。同様に前述の B グループの②のガラス小玉 24 点も、ソーダ石灰ガラスの可能性は高い。

ガラスの着色因子として、A グループの青緑・緑については、主として Cu の影響が考えられ、Fe、Mn、Sn、Pb の検出も、着色に関与するものと推察できる。ただし、緑、青緑色の色調のちがいのについては、検出元素から決定因子は断定することはできなかった。

グループ B・C・D の青色・紺については、今回の分析では Co は検出できなかったが、Mn が顕著に検出されたことから Co による着色と推定される。このことは中性子放射化分析を実施した 2 点から、Co が検出されていることでも裏付けられる。また、検出された Fe、Cu も着色に関与するものと思われる。ただし紺色と青色の色調の違いについて、今回の分析結果から色調差の決定因子を断定することはできなかった。

グループ E の紺色については、Mn の検出強度が小さく顕著ではない。変わって Cu の検出強度が大きいことから、「銅イオンに酸素イオンが配位されたことにより青色を発し」（肥塚 2003a）、Mn、Fe、Sn も何らかの形で関与していることが推定される。

グループ F の青色については、Co による青色系の着色と推定した今回分析の青色系ガラス玉の強度と比べると Mn のピークが極めて小さく、Cu を着色剤としたと推定したグループ E と比べても、Cu の検出強度は極めて小さいものであり、主たる着色剤が何であるのかは断定できなかった。また、Fe、Sn の検出も認められたが、他のガラス玉よりも検出強度が著しく小さく、他とは異なった関与が推察される。

6 おわりに

本研究では、石川県内から出土した古代ガラスの科学的分析としては数少ないデータを得られた。今後も県内遺跡出土の古代ガラスの材質的特徴を探っていきたい。

本研究では、辰口町教育委員会より貴重な資料を提供していただきました。ここに記して感謝いたします。

<引用・参考文献>

肥塚隆保 2003a 「日本出土ガラスの考古科学研究—古代ガラス材質とその歴史的変遷—」、『考古科学の総合的研究 研究成果報告書』、pp200-216

肥塚隆保 2003b 「鉛バリウムガラス、鉛ガラス」、『文化財科学の事典』、pp118-119

石器・玉類の原材産地分析（20）

○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

はじめに 現在までに日本、ロシア、台湾など含めて作った黒曜石の原石・遺物群の合計233群で、*安山岩（サヌカイト）では、原石・遺物群は合計156個ある。従って、黒曜石では233個の産地分析結果が得られ、信頼限界0.1%の遺物は分析場所、角度を変え5回～20回分析し、最も高い検定確率で多くの回数同定された産地に判定。

石器原材の産地分析

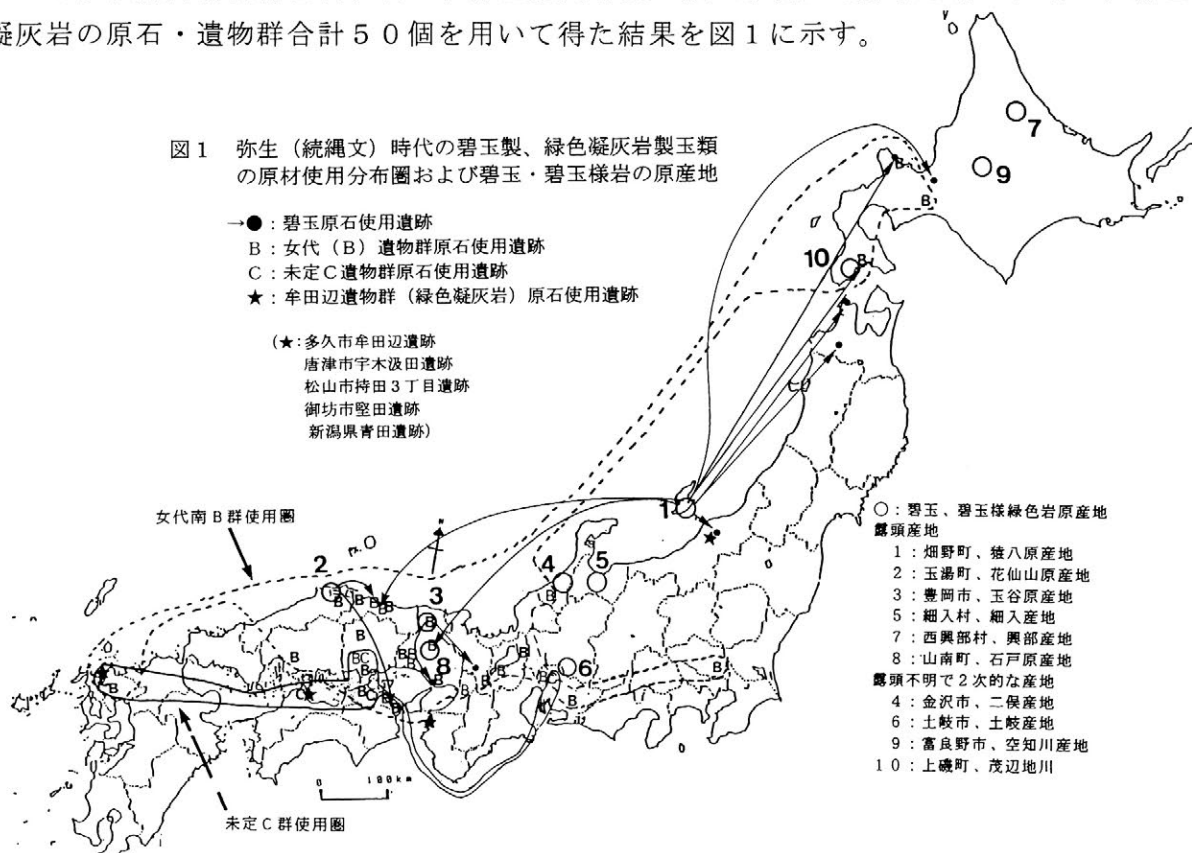
産地分析結果を、遺跡名〈所在地 時代〉、原石産地名（個数）の順番に以下報告する。

北海道：オルイカ2〈千歳市〉赤石山(3)、赤井川(3)、十勝(1)、八号沢(1)、白土沢(1)、札幌k19 遺物群(1)：宮戸4〈鶴川町〉赤井川(20)、十勝(13)、赤石山(10)、あじさい滝(4)、所山(1)、常呂川(1)：上白滝6〈白滝村〉所山(11)、名寄(3)、あじさい滝(2)、赤井川(2)、十勝(2)：上白滝8〈白滝村〉赤石山(39)、あじさい滝(3)、所山(2)、ケショマップ(2)、十勝(1)、赤井川(1)：下白滝〈白滝村〉赤石山(2)、所山(2)、ケショマップ(2)、常呂川(1)：穂香堅穴群〈根室市〉所山+常呂(14)、ケショマップ(3)、穂香NI29 遺物群(2)、置戸山(1)：納内9〈深川市〉赤石山(9)、台場(5)、近文台(2)。青森県：笹ノ沢(3)〈八戸市〉赤井川(4)、湯ノ倉(1)：宮田館〈青森市〉折腰内(1)、出来島(1)。岩手県：早坂平〈山形村 後期旧石器後半〉深浦・六角沢(6)：明後沢〈前沢町〉折居(2)：雲南〈陸前高田市〉湯ノ倉(45)、折居(16)、花泉(12)、雫石(9)、房ノ沢FS 遺物群(1)、月山(1)、赤井川(1)、赤石山(1)：中半入〈水沢市 続縄文〉湯ノ倉(1)、十勝(2)。新潟県：青田〈加治川村 縄文晩期終末〉板山(64)、上石川(11)。長野県：塩くれ場〈八千代村〉麦草峠(2)：大反〈八千代村〉麦草峠(2)：トリデ・ロック〈八千代村〉観音沢(2)。兵庫県：熊内〈神戸市 縄文早期または後期〉*岩屋(11)、*二上山(8)、*金山東(3)、*蓮光寺(2)、*法印寺(2)、*熊内7 遺物群(1)、*熊内13 遺物群(1)、*熊内17 遺物群(1)、*熊内33 遺物群(1)、*向出No.49 遺物群(1)：七日市〈春日町 旧石器・弥生〉*岩屋(12)、*二上山(14)、*金山東(7)、久見(4)：新宮宮内〈新宮町〉*金山東(30)、久見(3)、*金山西(2)。京都府：市田齊当坊〈久御山町〉*二上山(10)：久御山町内〈久御山町〉腰岳(1)：赤ヶ平〈木津町〉*二上山(19)、*向出No.49 遺物群(6)、*赤ヶ平13 遺物群(1)。和歌山県：堅田〈御坊市 縄文晩期〉*二上山(20)、*金山東群(3)、*向出No.49 遺物群(2)。徳島県：大柿〈三好町 縄文中～後期〉*金山東(4)、*白峰または蓮光寺(1)、〈弥生中期〉*金山東(1)、〈弥生終末～古墳前期〉*金山東(12)、*金山西または城山(7)、蓮光寺(1)：石井城ノ内〈石井町〉*金山東(20)、*城ノ内遺物群(2)、*二上山(1)。岡山県：久田原〈奥津町 弥生〉*金山東(1)。島根県：田和山〈松江市〉*金山東(1)。宮崎県：栗栖野〈小林市 縄文後期〉腰岳(14)、姫島(4)、桑ノ木津留(5)、日東・五女木(3)、竜ヶ水(3)、塚瀬・小国(2)、白浜(1)、内屋敷UT 遺物群(1)：小田元第2〈高岡町〉桑ノ木津留(52)、内屋敷UT 遺物群(43)、日東・五女木(13)、上牛鼻(8)、竜ヶ水(3)、腰岳(2)、淀姫(1)、中町(1)、姫島(1)、*多久(10)、*小田元1 遺物群(1)、*小田元2 遺物群(2)、*大原野34 遺物群

(2)、*小田元 16 遺物群(1)、*小田元 17 遺物群(1)、*小田元 18 遺物群(1)、*小田元 20 遺物群(1)、*小田元 21 遺物群(1)、*小田元 22 遺物群(1)、*小田元 23 遺物群(1)、*駒崎鼻又は老松山(1)：永野地区<小林市>日東・五女木(5)、桑ノ木津留(4)、姫島(4)：松原地区<小林市>桑ノ木津留(2)：板橋地区<小林市>桑ノ木津留(4)：上ノ藪<小林市>桑ノ木津留(11)：平瀬野<小林市>桑ノ木津留(3)、姫島(2)：大平<小林市>桑ノ木津留(4)。鹿児島県：桐木(末吉町)内屋敷 UT 遺物群(104)、桑ノ木津留第 1 群(22)、桑ノ木津留第 2 群(3)、上牛鼻(15)、淀姫(2)、日東・五女木(1)、竜ヶ水(1)、古里(1)、桐木 KI3 遺物群(25)：大原野<川内市>桑ノ木津留(48)、上牛鼻(35)、日東・五女木(33)、腰岳(17)、腰岳・古里・松浦(11)、淀姫(9)、淀姫・中町・古里・松浦(6)、竜ヶ水(3)、中町・古里・(2)、古里・中町・松浦(1)、春ノ山 HM2 遺物群(3)、内屋敷 UT 遺物群(2)、桐木 K11 遺物群(1)、ON1 遺物群(3)、ON2 遺物群(2)：前原<川内市>日東・五女木(2)、腰岳(1)、腰岳・古里・松浦(2)、淀姫・中町・古里・松浦(2)、内屋敷 UT 遺物群(1)：N 1<川内市>日東・五女木(2)、淀姫・中町・古里・松浦(1)、桐木 K11 遺物群(2)：大原野<川内市>上牛鼻(19)、*多久(7)、*大原野 34 遺物群(6)、*大原野 24 遺物群(1)、*大原野 27 遺物群(1)、*大原野 28 遺物群(1)、崎針尾(3)：春ノ山<加世田市>上牛鼻(80)、淀姫・古里(10)、大串(4)、OK1 遺物群(1)、K11 遺物群(1)、HM2 遺物群(3)、HM1 遺物群(1)。

玉類の原材産地分析

ヒスイ、結晶片岩様緑色岩、碧玉、緑色凝灰岩製玉類の原材産地分析を行い。碧玉、緑色凝灰岩の原石・遺物群合計 50 個を用いて得た結果を図 1 に示す。



謝辞

これら研究成果は各地の教育委員会、埋文センター、発掘関係者との共同研究によって得られたもので、ここに感謝の意を表すとともに、今後も、原石原産地調査、遺物の情報の提供などより一層の御協力をお願いするしだいです。

波長分散型蛍光 X 線分析装置による日本全国の黒耀石全岩定量分析

○嶋野岳人*・石原園子*・長井雅史*・鈴木尚史**・杉原重夫**

(*東大地震研・明大文化財, **明大文学部)

1. はじめに

黒耀石の蛍光 X 線分析装置を用いた原産地同定については遺物の破壊を避けるため、非破壊定性、半定量化学組成分析が多く行われている。しかし、X線強度が試料の表面状態、分析時期、装置ごとに変化するため、必ずしも正確な分析値である保証はない。これらの分析結果を比較するためには、遺物についての定性分析はやむを得ないとしても、原産地における原岩の定量分析値を提示しておく必要がある。本報告では、ガラスビード試料の定量分析と原岩非破壊定性分析を行い、黒耀石の原岩試料データベースを作成するとともに、これまでの産地同定の成果を検討した。

2. 試料

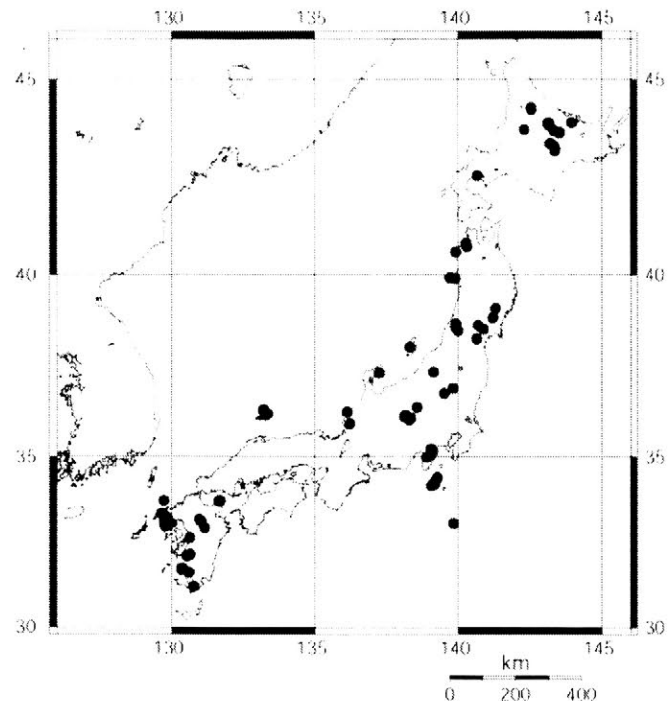
日本全国の黒耀石原産地約 450 ヶ所について現地調査・文献調査を行い、このうち石器石材として利用可能な産出地約 120 地点を選んで原石試料を採取した(図)。北海道、東北、関東中部、北陸、九州の 5 地域からそれぞれ、数十試料を選定した。

3. 分析方法

定性分析は黒耀石原岩をそのまま又は岩石カッターで切断後、波長分散型およびエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置を用いて行った。定性分析では X 線強度が試料の表面形状、鉱物種や結晶サイズ等により変化するので、結果を真の化学組成と比較検討するため、波長分散型蛍光 X 線分析装置を用いて試料破壊ガラスビード法による全岩化学組成の定量分析を行った。ガラスビードは岩石試料を岩石圧碎機、鉄乳鉢、めのうボールミルを用いて粉末化し、試料：融剤比=1：5に希釈して作製した。ビード化は剥離剤を使用せず自動ガラスビード製作装置により行った。定量分析の検量線作成は佐野(2002)に準ずる。測定元素は主要 10 成分の他、望月(1996)で用いられている Rb, Sr, Y, Zr を測定した。分析は明治大学文化財研究施設の波長分散型およびエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置(リガク製 RIX1000, Jeol 製 JXL3201)を用いた。

4. 分析結果

定性、定量分析とも望月(1996)の定性分析と同様のパターンを示す結果が得られた。また、定性分析の X 線強度と定量分析による組成の関係は、望月(1996)の分類法に用いられている元素(Fe, Mn, K, Rb, Sr, Y, Zr)については良い相関性が認められる。一方、その他の元素については定性分析の結果が表面形状、鉱物種や結晶サイズ、変質度等の違いにより大きく変



化することが分かった。

5. 考察

定性分析と定量分析の比較から、望月（1996）の分類法が比較的精度の良い方法であることが分かった。一方、Si, Al, Na, K などの主成分元素については両分析方法間で大きな違いが現れている。石器試料には様々な形状のものがあり、これら軽元素による比較では大きな誤差が生じることを示している。

黒曜石は主として火山ガラス、石英、長石、少量の有色鉱物（雲母や鉄チタン酸化物鉱物）からなる珪長質火山岩（流紋岩）である。その成因についてはまだ不明な点が多いが、様々な元素の鉱物-メルト分配関係を考慮することにより、流紋岩質マグマが苦鉄質マグマの結晶分化作用や地殻物質の部分熔融で生成されるといった議論がなされている（Onuma *et al.*, 1983; 鈴木, 2000 など）。これらの議論によれば、望月（1996）の分類法で用いられている元素の内、Fe, Mn, Y は主に有色鉱物に、Sr は長石に分配され、K, Rb, Zr は鉱物中にはほとんど分配されない液相濃集元素であるため、火山ガラス中に残留する。したがって、液相濃集元素どうしの比は結晶分化作用でほとんど変化せず、起源の同じマグマ間ではほぼ一致する。また、特定の鉱物に分配されやすい元素は、その鉱物の結晶分別（熔融）が起こるとマグマはその元素に枯渇する（富む）。火山岩の空間分布と組成の関係について東北日本弧などの第四紀火山では、同じ SiO₂ 量の岩石でも島弧横断方向で背弧側（日本海側）の火山ほど、液相濃集元素濃度が高く（Sakuyama and Nesbitt, 1986）、重い元素に乏しい希土類元素の濃度パターンを示すことなどから、背弧側ほど部分熔融度の低いマントルに由来することが指摘されている（巽, 1995）。

全国に産する黒曜石は噴出年代が第四紀に限らず、また、必ずしも年代が明らかではないものが多いため単純に比較することは出来ないが、背弧側の原産地のものほど Fe/K が低いなどの傾向が認められることは、これらを反映しているのかもしれない。望月（1996）は彼らの分類法に用いた変数の岩石学的意味に関しては触れていないが、以上のような関係に基づく地域差を経験的に上手く利用しているものと考えられる。

謝辞

富士常葉大学の佐野貴司氏には、定量分析の検量線作成の指導をして頂き、また、貴重な標準試料を分けていただきました。感謝いたします。

引用文献

- 望月明彦（1996）蛍光X線分析による中部・関東地方の黒曜石産地の判別。X線分析の進歩, 28, 157-168.
- Onuma, N., Hirano, M., and Isshiki, N. (1983) Genesis of basalt magmas and their derivatives under the Izu Islands, Japan, inferred from Sr/Ca-Ba/Ca systematics. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 18, 511-529.
- Sakuyama, M., and Nesbitt, R. W. (1986) Geochemistry of the Quarternary volcanic rocks of the northeast Japan arc. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 29, 413-450.
- 佐野貴司（2002）蛍光X線分析装置を用いた火成岩中の主成分および微量成分の定量。富士常葉大学研究紀要, 2, 43-59.
- 鈴木由希（2000）東伊豆単成火山群における珪長質マグマの成因。火山, 45, 149-171.
- 巽好幸（1995）沈み込み帯のマグマ学。東京大学出版, 186 pp.

縄文時代後期東関東における黒曜石の利用と交換

○ 建石 徹（東京芸術大学大学院美術研究科）・津村宏臣（同）

1 目的

2001年度より、筆者らのうち建石は、縄文時代中後期の標式遺跡として知られる千葉県加曽利貝塚出土黒曜石の原産地推定研究を推進している。この一環として、2003年度には加曽利南貝塚（縄文時代後期）出土黒曜石の産地推定結果を報告した（建石・津村・二宮 2004）。

千葉県域の縄文時代後期遺跡における出土黒曜石の原産地推定研究は、近年、データが蓄積されつつある旧石器時代や縄文時代中期と比べれば、未だきわめて乏しい現状ではあるものの、筆者らの過去の研究を含む千葉県域の他遺跡より出土した黒曜石資料原産地推定結果も利用しながら考古学研究に昇華する試みの第一歩として、地理情報システム（GIS）を用いた空間分析を実施し、黒曜石の原産地推定データを元にした遺跡空間データベースの構築と空間分析の成果を報告する。

2 千葉県域の縄文時代後期遺跡出土黒曜石の原産地推定結果

表に千葉県域の縄文時代後期遺跡における黒曜石原産地推定の結果をまとめた。

管見の限りでは、千葉県域の縄文時代後期遺跡で出土黒曜石の原産地推定が行なわれた遺跡は14遺跡。これらの帰属時期はさらに細分できる場合があるが、略同時期として空間分析を実施しうる遺跡の数は激減する。本報告では「縄文時代後期」の大枠で時期を括り、検討する。

表 千葉県域の縄文時代後期遺跡出土黒曜石の原産地推定結果一覧

遺跡名	時期	神津島	信州系					箱根系				高原山	不明
			信州系	霧ヶ峰	和田峠	男女倉	八ヶ岳	箱根系	箱根	柏峠	上多賀		
江戸川台Ⅰ	称名寺	5	3	0	2	0	1	0	0	0	0	3	0
城	後期	4	0					3	0	0	3	0	0
畔田	後期	5	0					0				0	0
曾谷	後期	3	4	3	1	0	0	0				1	2
堀之内	後期	0	0					0				0	3
加曽利南	後期	56	27	19	8	0	0	1	0	1	0	4	1
神楽場	後晩期	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	34	3
五反畑	中後期	2	0					0				0	0
水神畑A	中後期	1	0					0				0	0
東山	後期	1	0					0				0	0
大久保	後期	1	0					0				0	0
塔	後期	2	0					0				0	0
瀬戸	後期	1	1					0				0	0
大塚	後晩期	1	0					0				0	0

3 黒曜石の流れ

千葉県域に各原産地の黒曜石がどのような流れをもって搬入されているかを検討するため、GISを用いた遺跡空間データベースの構築と空間分析をおこなった。

GISを用いた遺跡空間データベースの構築により、遺跡の文化属性を定量的に評価したり、分布位相などを空間統計によって幾何的に解析したりすることが可能となる。ここでは上記の検討のため、①空間補間（内挿）技術をもちいて各原産地の黒曜石の分布傾向を3次元的な流れとして再現し、②人間の歩行に係る負荷を基準に各原産地を中心とした空間を歪め、③それら空間事象の多次元相関から黒曜石と人の動きを評価する。

空間補間（内挿）技術は、観測データやオブジェクトの属性値から、その場所以外のデータの無い場所の値を推定する方法で、ここでは比較的包括的な現象を捉えるのに適した傾向面（Trend

Surface) 分析で黒曜石の流れを推定した。千葉県域の縄文時代後期遺跡のうち、黒曜石原産地推定がなされた 14 遺跡を対象に、各遺跡での各原産地の構成比を算出、これを属性値として空間に展開し、3 次傾向面で近似させた。等値線は-200~200 値までを 10 段階に再分類し、40 値幅で描出した。神津島産黒曜石の傾向面は不規則に歪み、特に東京湾方面からの動きが看取できていないが、これは曾谷貝塚・堀之内貝塚・江戸川台 I 遺跡の 3 遺跡の構成比が西に向かって漸減することに影響されている。また、信州・箱根産黒曜石は東京湾側から、高原山産黒曜石は利根川流域から南下して千葉市域に流入していることが伺える。

もう 1 つの重要な GIS の機能として“空間を歪める”機能がある。その名の通り、座標系全体や任意の座標に係数をかけて、図として全体/局所を幾何学的に歪めるという意味と、何らかのパラメータによって距離計測の方法をユークリッド距離から転換するという意味の 2 つの意味がある。ここでは後者の意味での機能を用いて、各黒曜石原産地から遺跡までの空間を人間の歩行に係る負荷で歪め、省コスト移動経路の抽出を試行する。下に示した図の背景は、各原産地からの移動にかかる負荷を、地形の傾斜角度を基準に求め、それを原産地から放射状に加算することで省コスト経路を抽出したもので、先の原産地別の傾向面をオーバーレイして表示した。神津島からの移動コストを見ると、房総半島南半には海を越えて直接波及するパターンと、東京湾を迂回して陸路で波及するパターンとの 2 経路が再現された。また、信州からは碓氷峠を越え関東平野を横断する経路、箱根からは東京湾岸を東遷して北上する経路、高原山からは利根川流域を南下する経路がそれぞれ再現された。これと先の傾向面を重ねてみると、各図に矢印で示したような物資や人の具体的な移動経路の復元が可能となる。

これらの傾向面分析の結果とコスト・時間距離分析の結果を組み合わせると、当該期に主体的な神津島産黒曜石は、海路で流入する第 1 次波及域（ここでは館山市周辺）と、陸路で流入する第 2 次波及域（ここでは市川・流山市周辺）があり、両空間事象の面的ウィグルから、第 2 次波及域には中継地などの存在が想定される。これに対し、その他の客体的に組成する原産地の黒曜石は、いずれも省コスト経路を基準とした流れを示している。また、これら 4 ヶ所（大別）の原産地の黒曜石の動きから想定される移動経路を見ると、加曾利南貝塚を中心とした千葉市域付近が東西・南北からの物資や人の移動に関する“十字路”となっていた可能性が示唆される。今後、その他の文化属性（黒曜石以外の石材や土器等）の動きも併せて検討することで、より歴史的事実へと近接することが期待できる。

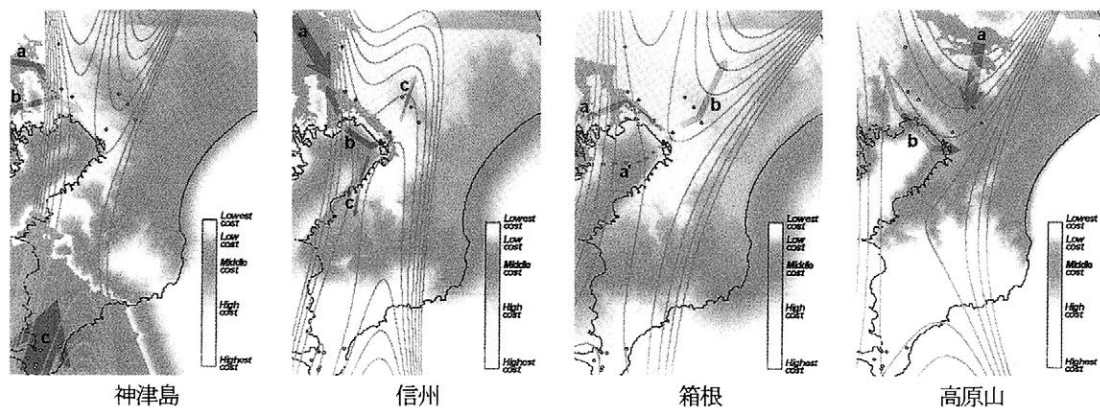


図 各黒曜石原産地からの移動コストと黒曜石の流れ

文献

建石・津村・二宮 2004「加曾利南貝塚出土黒曜石の原産地推定」『貝塚博物館紀要』31 千葉市立加曾利貝塚博物館

陶邑窯群とその周辺の窯跡出土須恵器、埴輪の化学的特徴

○三辻利一（大谷女子大）

1.目的

K、Ca、Rb、Sr の4因子からみて、日本列島の地質の基盤を構成する花崗岩類に地域差があることはすでに報告されている「三辻利一、伊藤晴明、広岡公夫、杉直樹、黒瀬雄士、浅井尚輝：K、Ca、Rb、Sr因子からみた花崗岩類の地域差、X線分析の進歩 第31集 p109～124 (2000)」。窯跡出土須恵器の化学的特徴は後背地の花崗岩類の化学的特徴に関連する可能性は十分ある。本報告の目的は陶邑窯群を中心として、近畿地方の窯跡出土須恵器、埴輪の化学的特徴を後背地の花崗岩類の化学的特徴と対比して理解しようとする点にある。

2.試料と分析法

花崗岩類試料は演者らが現地で採集した。須恵器、埴輪試料は各地の教育委員会から提供された。試料は粉末にしてのち、錠剤試料を作成し、蛍光X線分析測定試料とした。完全自動式蛍光X線分析装置、RIX2100（理学電機製、波長分散型）を使用した。分析値は同時に測定した岩石標準試料、JG-1による標準化値で表示した。

3.分析結果

図1には比良山、比叡山、葛城、金剛山の花崗岩類のK-Ca分布図を、図2にはRb-Sr分布図を示す。近畿地方北部、中部、南部の3地域の代表として試料採集地点を選択した。北部から南部に向かって、K、Rb量は次第に減少し、逆に、Ca、Sr量は次第に増加する傾向があることがわかる。主成分元素K、Caは当然、花崗岩類中の主成分鉱物であるカリ長石と斜長石中に存在する。一方、微量元素RbとSrは図3、4に示すように、それぞれ、主成分元素KとCaに良好な正の相関性があることがわかる。このことから、Rbは主成分元素Kと、また、Srは主成分元素Caと共存することが理解できる。したがって、これら4元素にみられる地域差は花崗岩類中に含まれる長石類に起因することがわかる。近畿地方の北端の敦賀半島の花崗岩類も比良山系の花崗岩類と同じ化学的特徴をもつことも実証された。また、南部では天理市で採集した花崗岩類の化学的特徴は葛城、金剛山系の花崗岩類と類似した化学的特徴をもつことがわかった。須恵器は花崗岩類に由来した粘土を素材として使った可能性が高いと考えられるので、このような花崗岩類のもつ化学的特徴を軸に近畿地方の窯跡出土須恵器、埴輪の化学的特徴を理解しようと試みた。

福井県美浜町の興道寺窯は敦賀半島から延びる花崗岩類を後背地とした須恵器窯である。興道寺窯の須恵器は近畿地方ではもっとも高いK量とRb量をもつ。滋賀県内の窯跡出土須恵器は陶邑群の須恵器に対して、やや多いK量とRb量をもつ。葛城、金剛山系の西側にある古市窯群の埴輪は高槻市にある新池窯の埴輪に比べて、Ca量とSr量が多い。葛城、金剛山系の東側にある奈良県の馬見古墳群、天理市の大和、柳本古墳群の埴輪もCa量とSr量が多い。奈良県北部の奈良市周辺には大阪層群の粘土が分布している。菅原東窯の埴輪には大阪層群の粘土の特徴であるCa量とSr量が少なく、新池窯の埴輪と類似し

た化学的特徴をもつ。平城丘陵にあ佐紀古墳群の埴輪も菅原東窯の埴輪と類似した化学的特徴をもつ。陶邑窯群の須恵器は大阪層群の粘土の化学的特徴をもつ。陶邑窯群の周辺にある窯跡出土の古式須恵器の化学的特徴も同様にして理解できる。

このようにして、近畿地方の窯跡出土須恵器と埴輪の化学的特徴は後背地の花崗岩類の化学的特徴から理解できる。

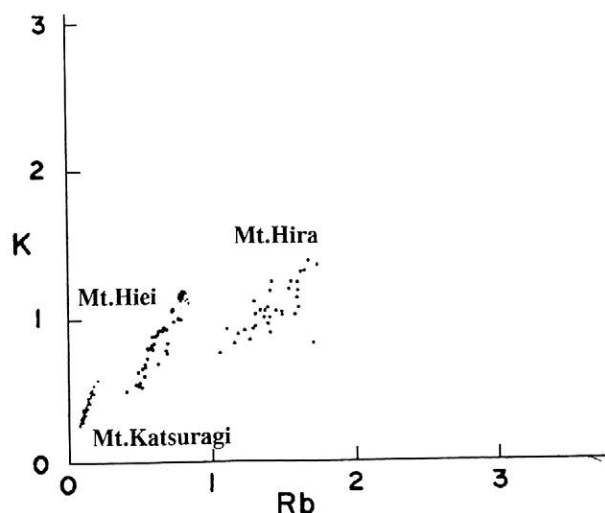
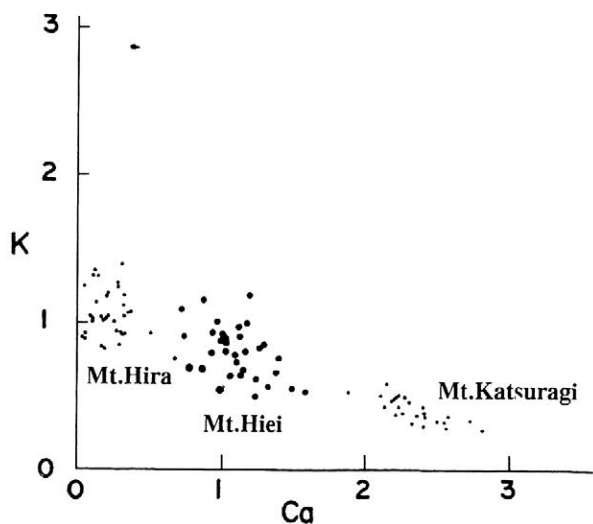


Fig. 1 K-Ca map of granitic rocks from three areas in Kinki district.

Fig. 3 K-Rb map of granitic rocks from three areas in Kinki district.

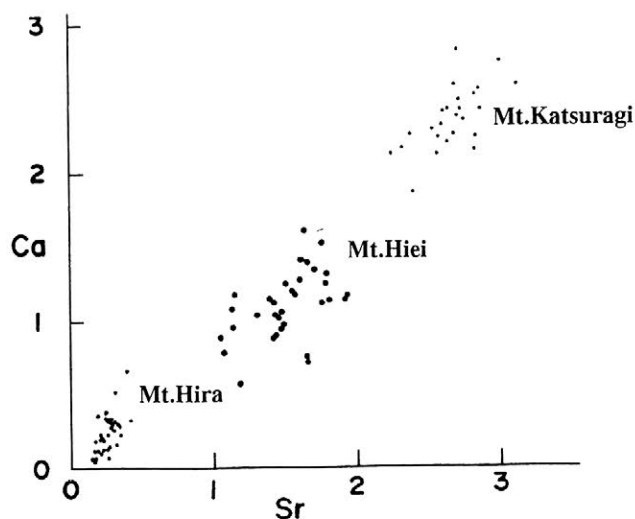
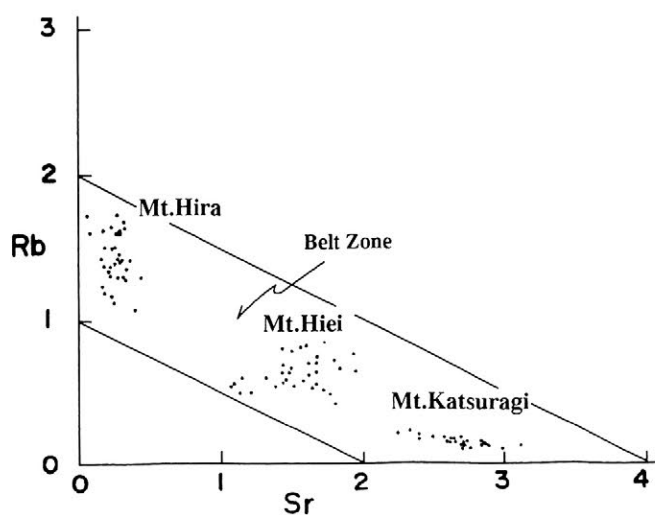


Fig. 2 Rb-Sr map of granitic rocks from three areas in Kinki district.

Fig. 4 Ca-Sr map of granitic rocks from three areas in Kinki district.

東京都新宿区水野原遺跡出土の三楽園焼の自然科学的研究

○新免歳靖¹⁾・水本和美²⁾・二宮修治¹⁾

1) 東京学芸大学

2) 新宿歴史博物館

1. はじめに

東京都新宿区水野原遺跡(新宿区若松町4に所在)は調査区北部域が紀州藩付家老水野家下屋敷に比定されている。この水野家下屋敷と隣接する他家との屋敷境を中心に、「三楽園製」の銘を持つ陶磁器・土器の製品や未製品、及びこれらの焼成に使用されたと考えられる錦窯の部材やトチン・ハマなどの窯道具類が大量に出土した。

これらの資料は、伝世品や『南紀徳川史』の記載から、紀州藩付家老水野土佐守忠央(1835~1865)が、安政年間(1854~1859)に江戸下屋敷で焼かせた御庭焼の「三楽園焼」の製作に関わる資料と考えられる。未製品や窯材・窯道具が一括して出土しており、屋敷内で何らかの三楽園焼製作活動が行われた事は確実である。しかし、水野原遺跡調査区内からは明確な遺構(窯跡・工房跡など)は検出されていない。また、『南紀徳川史』には、技術が未熟で製作に失敗したとの記載があり、紀州の南紀男山陶器場から「三楽園製」の銘を持つ磁器片が表採されている点など、三楽園焼の製作に関しては未だ不明な部分が多い。

江戸近郊では、磁器に適した胎土原料が産出しないことから、原料または未製品の形で搬入する必要がある。そこで本研究では、屋敷内での三楽園焼製作の実態解明に向けた基礎データの収集を目的として、三楽園焼磁器の胎土分析、釉薬分析を実施し、原料産地と製作に関する検討を行った。

2. 分析資料および分析方法

胎土分析は、まずエネルギー分散型蛍光X線分析により、三楽園焼磁器203点の主成分元素組成を求めた。続いてICP-AESにより、三楽園焼磁器12点、肥前産磁器5点、瀬戸・美濃産磁器6点、南紀男山焼4点の合計27点の分析を行った。南紀男山焼は、南紀男山陶器場表採資料を用いた。ICP-AESの測定元素は表1を参照。標準溶液および定量性の検討には、JB-1aとJG-1aを用いた。多元素逐次(シーケンシャル)分析を行い、3回測定した平均値を定量値とした。

釉薬分析は、染付の透明釉薬を分析対象とし、エネルギー分散型蛍光X線分析を行った。分析資料は、三楽園焼磁器17点、肥前産磁器7点、瀬戸・美濃産磁器10点、南紀男山焼9点の合計43点である。南紀男山焼は、水野原遺跡出土南紀男山焼(「南紀男山」銘有)を用いた。測定元素は、Sr・Rb・Ca・K・Feの5元素である。

3. 分析結果

①胎土分析 エネルギー分散型蛍光X線分析のSiO₂

-Al₂O₃分布図を、図1に示す。SiO₂75~80%、Al₂O₃14~18%の範囲にプロットされる三楽園焼I群(大半の資料)と、SiO₂65~67%、Al₂O₃22~24%の範囲にプロットされる三楽園焼II群(小皿・小碗・御神酒徳利の一部)の2種類に分離される結果となった。

この結果を踏まえて、三楽園焼胎土の成分元素組成を、他の生産地磁器の成分元素組成と総合的に比較し、それぞれの類似性を明らかにするために、ICP-AESを行い、その分析結果(表1)をクラスター分析に供した。クラスター分析の結果、三楽園焼I群は南紀男山焼と、三楽園焼II群は瀬戸・美濃産磁器と同一のクラスターを形成し、肥前産磁器が独立したクラスターを形成する結果となった(図3)。三楽園焼には2種類の胎土が存在し、それぞれ異なる生産地の原料が使用されている可能性が指摘できる。

②釉薬の分析 エネルギー分散型蛍光X線分析による透明釉薬のSrO-Rb₂O分布図を図2に示す。三楽園焼I群とII群は分離し、両者は異なる釉薬原料が使用されていると推測できる。また、三楽園焼I群と南紀男山焼は分布範囲が重なるが、三楽園焼II群と瀬戸・美濃産磁器は全く重なっていないことがわかる。

4. 考察

上記の胎土・釉薬の分析結果を、遺跡内における磁器の製作工程と照らし合わせて考察する。胎土分析の結果、三楽園焼には2種類の原料の存在が明らかになった。この両原料が藩邸に搬入され本焼された場合と仮定した場合、染付の透明釉薬は同一工房で施されるため、その分析値も同一になるはずである。しかし、本研究では両者が異なることが判明したため、三楽園焼I群とII群は異なる窯で本焼された可能性が高いと推測できる。

考古学的な考察では、出土した錦窯の形態や融着した資料が存在しない点から、水野原遺跡内での製作活動は、本焼された未製品を持ち込み、上絵付けを施したと想定されている。この考察と本分析結果から三楽園焼I群・II群のいずれも、他の磁器生産地で本焼された未製品が江戸屋敷に持ち込まれた可能性が高いと判断できる。

今回の胎土分析は、比較産地の数も少なく、十分な微量元素の測定ができなかったため、三楽園焼I群は南紀男山焼、三楽園焼II群は瀬戸・美濃産磁器との類似性を指摘するに留めておく。

今後の展望としては、19世紀に入り全国に展開する地方窯の磁器窯製品を体系的に分析し、今回明らかになった2種類の三楽園焼胎土原料との比較を通して、より精度の高い生産地推定を行いたい。

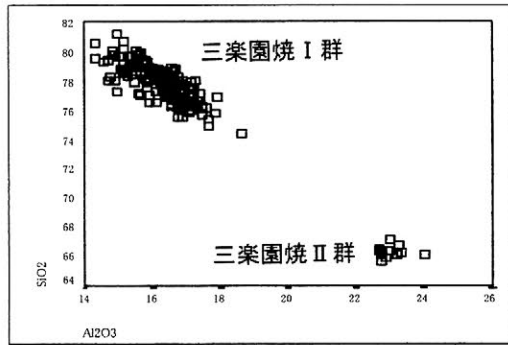


図1 胎土の蛍光X線分析結果 (SiO₂-Al₂O₃分布図)

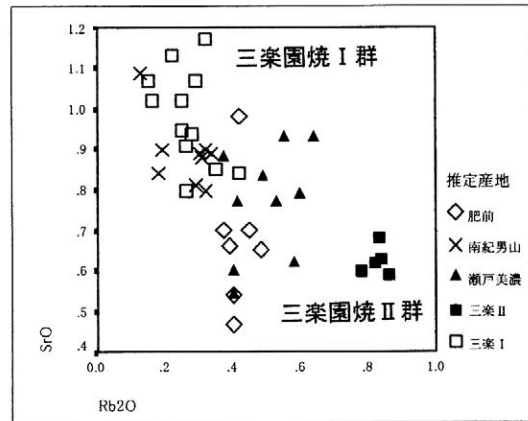


図2 透明釉薬の蛍光X線分析結果 (SrO-Rb₂O分布図)

Dendrogram using Ward Method

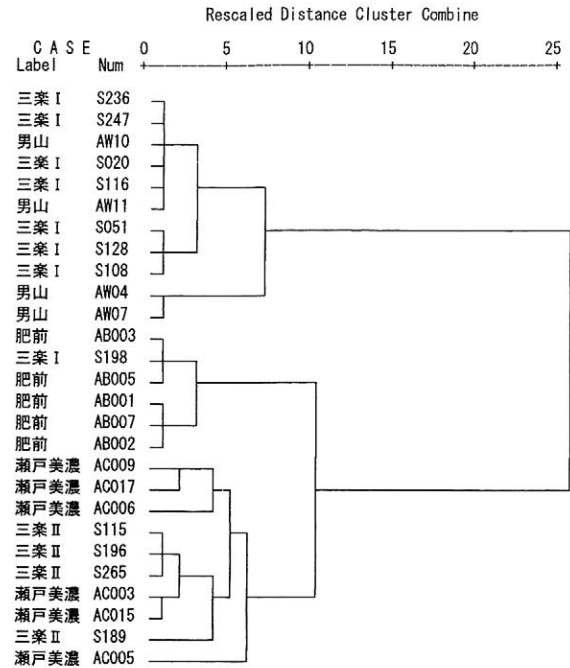


図3 ICP-AESによる胎土分析のクラスター分析結果

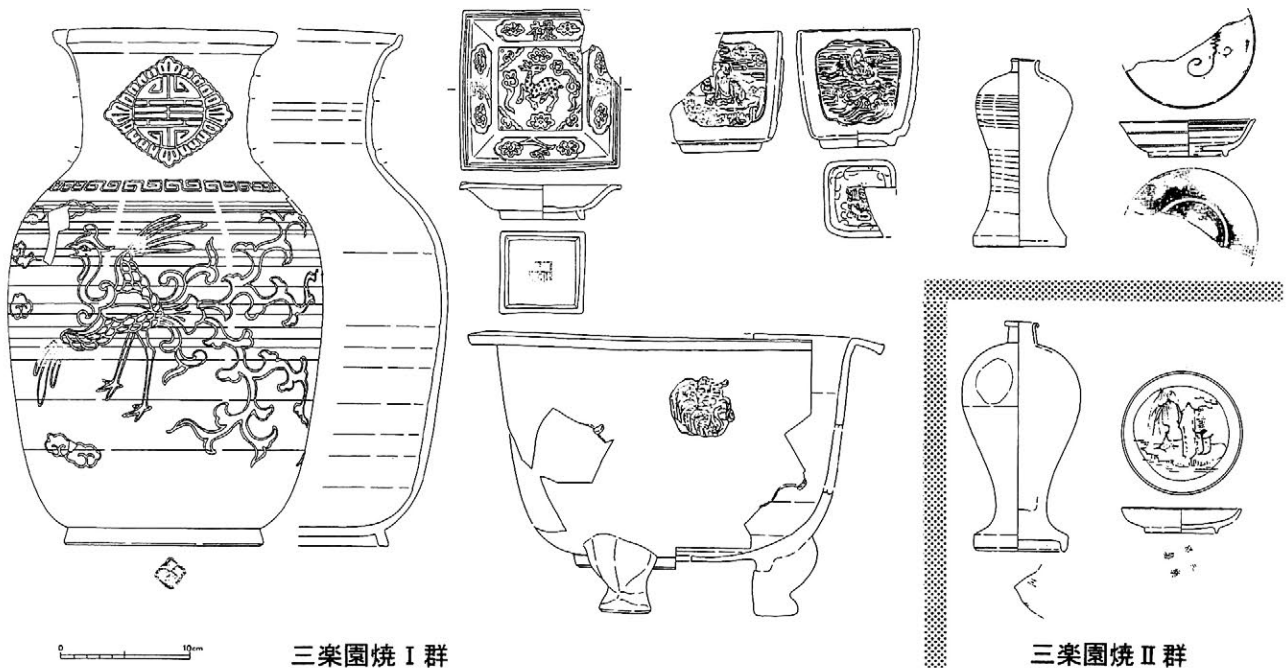


図4 三楽園焼胎土分析資料 (一部抜粋)

表1 ICP-AESによる胎土分析結果 (平均値)

資料	資料数	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O ₃	K ₂ O	Sr (ppm)	Ba (ppm)	SiO ₂ (推定)
三楽園焼 I 群	8	0.150	15.41	1.08	0.009	0.17	0.14	0.40	3.45	68.7	361.9	79.19
三楽園焼 II 群	4	0.155	24.53	1.31	0.023	0.11	0.44	2.18	6.81	36.9	171.6	64.45
肥前産磁器	5	0.067	19.98	1.15	0.032	0.12	0.46	0.61	4.44	34.3	276.6	73.13
瀬戸・美濃産磁器	6	0.161	23.53	1.11	0.017	0.13	0.78	2.62	6.80	60.4	393.2	64.85
南紀男山焼	4	0.232	15.33	1.17	0.006	0.27	0.30	0.22	2.99	71.6	313.5	79.49

寒冷環境下における版築の強度発現

—復元 11 年目の築地塀解体調査—

○武田一夫*・石崎武志**・登尾浩助***

(*帯広畜産大学・**東京文化財研究所・***岩手大学)

1. はじめに

寒冷環境下で凍結融解をくり返した築地塀が、その強度発現状態を調べるため、施工後 11 年ぶりに解体、調査された。対象は、国指定史跡・志波城跡(岩手県盛岡市)の復元工事に伴って、1992 年 11 月に試験施工された築地塀(試験築地塀)の版築部分である(図 1)。調査では、現地で採取した試料を一軸圧縮強さ、体積含水率、塩素イオン濃度の室内試験し、結果を検討した。

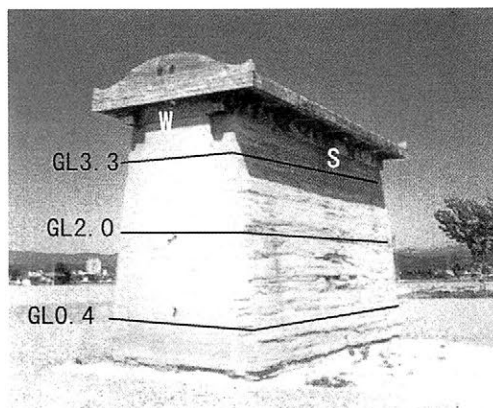


図 1 試験築地塀の写真

2. 調査方法

試料は、2003 年 7 月に、版築部分(長さ 6m, 最大幅 2.5m, 高さ 3.9m)の地面から高さ 3.3m (GL3.3), 2.0m (GL2.0), 0.4m (GL0.4)を中心に取り出した。一軸圧縮試験の試料は、GL3.3 で採取したブロックから水平面に垂直に 1 本、GL2.0 と GL0.4 の平面から垂直に計 16 本、GL2.0 と GL0.4 付近の周辺部側面から水平に計 12 本をボーリングして得た。そのコアの端部を整形して、 $\phi 10\text{cm}$ 、長さ約 20cm の供試体を作製して試験した。体積含水率は、現地試料土を室内試験して得た乾燥密度と重量含水比とから算出した。また、塩素イオン濃度は、採取した試料土 10g に、蒸留水 50cc を加えて攪拌し、24 時間後に検知管で測定した読み取り値を示した。

3. 調査結果

GL2.0m 水平面垂直方向の一軸圧縮試験の結果を、南北と東西の断面について図 2 に示した。周辺部で大きい、内部で小さい値になった。内部で得た最小値は 2.26MN/m^2 になり、周辺部で得た最大値は 3 倍近い 6.72MN/m^2 に達した。同様に、GL3.3m 面では中心部 1 点の値が 3.0MN/m^2 であった。また、GL0.4m 面では北面近傍の 3.22MN/m^2 を除い

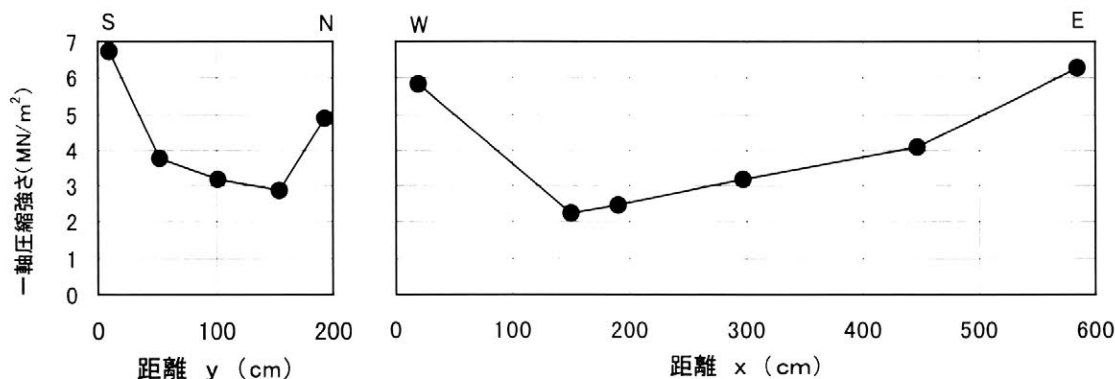


図 2 GL2.0m 水平面垂直方向の一軸圧縮強さ分布(左:南北方向, 右:東西方向)

て周辺部が 5.38~6.52 MN/m²に、中心部が 4.39 MN/m²になった。一方、壁面に対して水平方向のボーリングで得た供試体の強さは、東面下部の 6.86MN/m²を除いて、2.29~4.55MN/m² となり、周辺部でありながら垂直方向ほど大きな値にはならなかった。以上の全データから、一軸圧縮強さと密度との関係を図 3 に表した。密度の小さい 2~3MN/m² の●は内部の値で、密度の大きい●は主に周辺部の値で、水平方向の○は両者の中間を示した。なお、施工時の値は 2.38 MN/m² (密度 1.66g/cm³) であった。

図 4 に示した GL0.4m の体積含水率は、壁面の近くで乾燥し、内部では 30 数%であった。塩素イオン濃度は、壁面近くで高濃度になっており、水分移動と塩類集積を表している。また、GL3.3m と GL2.0m 断面では、塩類集積のみられないものもあった。

4. 考 察

施工時と比較して一軸圧縮強さは全体に大きく、版築は施工後 11 年間ににより強固な構造物になっているといえる。図 3 の密度の増加に伴って、強さが増加していることは良好な品質で施工されたことを表している。また、図 2 に示したように、内部で小さく周辺部で大きな値になった原因の一つは、施工条件の違いが表れたものと思われる。すなわち、主に機械による締め固めを行った内部に対して、機械施工の難しい周辺部では、手作業による緻密な締め固めがなされた結果であると推察される。水平方向の強さが垂直に比べて小さいのは、平板を積み重ねた築地塀の構造が影響していると考えられる。このため、大きな地震に対しては、縦揺れより横揺れによるせん断が、構造上問題になるであろう。

施工後 11 年が経過し、体積含水率や塩素イオン濃度の分布は、平衡に近い状態にあると予想される。冬季には通常南面で壁から 20~30cm、北面で 90cm 以上が凍結融解をくり返す。一軸圧縮強さが周辺部で大きくなったが、GL0.4m の北面だけが 3.22MN/m² と小さく、最もその影響を受けやすいためであると考えられる。

謝 辞 本調査の実施に際し、盛岡市教育委員会文化課の似内啓邦主査と津嶋知弘主事に多くのご協力を頂いたことに、深く感謝いたします。

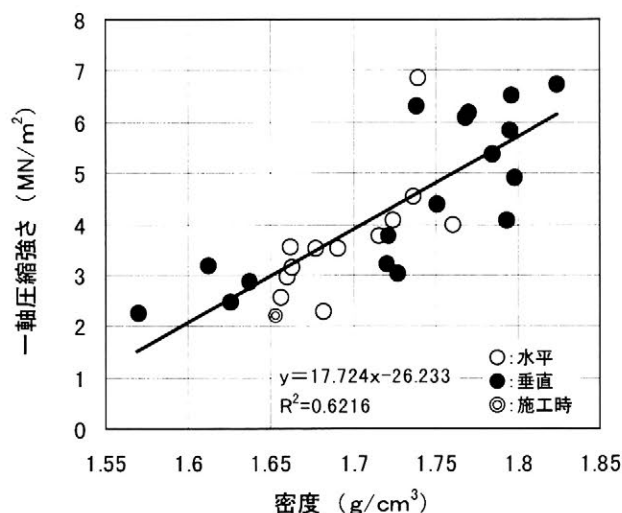


図 3 一軸圧縮強さと密度との関係

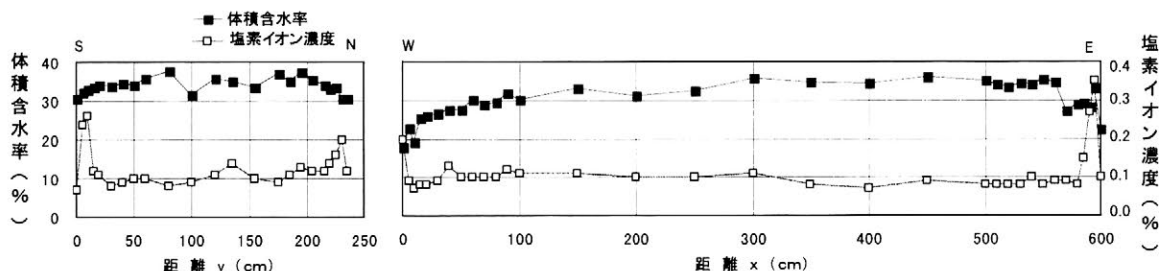


図 4 体積含水率と塩素イオン濃度の分布 (GL0.4m, 左:南北方向, 右:東西方向)

遺構における水の分布及び移動の探査法に関する研究

脇谷草一郎（京都大学大学院）・肥塚隆保（奈良文化財研究所）

1. はじめに

遺構の劣化の原因には様々な要素が挙げられる。中でも遺構表面に析出する塩類による物理的風化や、スメクタイトを代表とする粘土鉱物が水分子を吸着、脱着して体積の膨張、収縮を繰り返すことによってもたらされる風化、さらに微生物や地衣類などによる影響が大きな問題となる。これらの風化因子にはいずれも水の移動が大きく関与している。近年、地下水の分布は従来考えられていたように、いわゆる層状に分布するものではなく、水みちと呼ばれる流路の存在が指摘されている。つまり同一の遺構内においても水環境に差異がある可能性が考えられる。今回調査対象として取り上げた遺構においても、劣化状態は場所によって大きく異なっていた。そこで本研究では遺構内における水の分布を調査し、遺構の劣化状態との関連から、遺構の保存において最適な水環境を推測することを試みた。本研究では遺構を損なうことなく遺構表面、及び地下の水の分布や動きを探ることを目的として、サーモグラフィや地下水の電気探査法の1つである自然電位法を用いて調査を行った。

2. 調査対象遺構

本研究においては平城宮の内裏東方に位置する遺構を調査対象遺構として取り上げた。現時点においては本遺構に建てられていた建造物についての詳細な知見は得られていない。730年頃、750年頃、760年頃、770年頃の4回にわたって掘っ立て柱の建造物が建て換えられており、現在それらの柱穴が展示されている。遺構には覆い屋が建てられており、降雨などによる水の供給はないものと考えられる。遺構表面は礫交じりの赤褐色土である。

3. 調査方法

遺構表面の温度分布の経時変化を赤外線サーモグラフィ（日本電気三栄社製 TH3100）により測定した。この装置は各々の物質が、それらの温度に応じて放射する赤外線放射エネルギーを検出することにより測定対象空間内の温度分布を測定するものである。測定期間は夏期においては2003年7月18日から2003年8月31日、冬期は2003年11月13日から2003年12月19日、また春期は2004年3月26日から2004年4月9日である。

地下水の流動方向を探るために実施した自然電位法では、通常マルチメーターを用いた。地下水の流れが存在する箇所では、地下水により荷電粒子が運搬されるため、流れの存在しない箇所に比べて大きな電位差が生じる。この自然電位を測定することにより、地下水の流動量の相対的な比較や流動方向を推定することが可能と考えられる。測定は南北方向、東西方向それぞれ1m間隔で測定を行い、電極間の間隔は0.5mとした。測定日は2004年3月31日である。

4. 調査結果

遺構表面の観察の結果、表面が水分を有している領域の分布は季節によって異なることが認められた。その領域は夏期において最も広範囲に及び、冬期において最小となった。

赤外線サーモグラフィによる遺構表面の温度分布を測定した結果、夏期及び春期においては遺構表面が乾燥している箇所は水分を有している箇所に比べて、遺構表面温度の最高温度が高く、温度の上昇速度もやや速いことが認められた。しかし、遺構表面が乾燥している箇所の間でも、上記の測定期間において表面温度の最高温度にわずかな差異が認められ、最高温度がより高い箇所では遺構表面にひび割れが生じていた。つまり遺構表面の状態は同様に乾燥しているように観察される箇所であっても、地中に保持されている水分量が異なることが推測される。また X 線回折法による測定の結果、遺構表面には粘土鉱物として水分子の保持能力をもつハロイサイトが含有されていることが明らかとなった。遺構表面に生じたひび割れは、水の移動に伴ってこれら粘土鉱物の体積が膨張、収縮を繰り返したために生じたものと推測される。冬期においては遺構表面が乾燥状態にある領域と水分を有している領域の間に、温度差や温度の上昇速度に差異は認められなかった。

遺構表面が水分を有している領域が局所的となった、2004年3月に自然電位法による測定を行った。測定箇所は2004年3月当時に遺構表面が水分を有した状態にある箇所のみとした。それらの測定箇所（p1からp7）及び測定結果を図1に示した。図中の矢印の大きさは各測定箇所における地下水の相対的な流量を表し、矢印の向きは地下水の流動方向を示している。自然電位法による測定結果から、遺構の地下水は遺構の東側（図中右側）を北西（左上）から南東（右下）方向へ移動していることが示唆された。

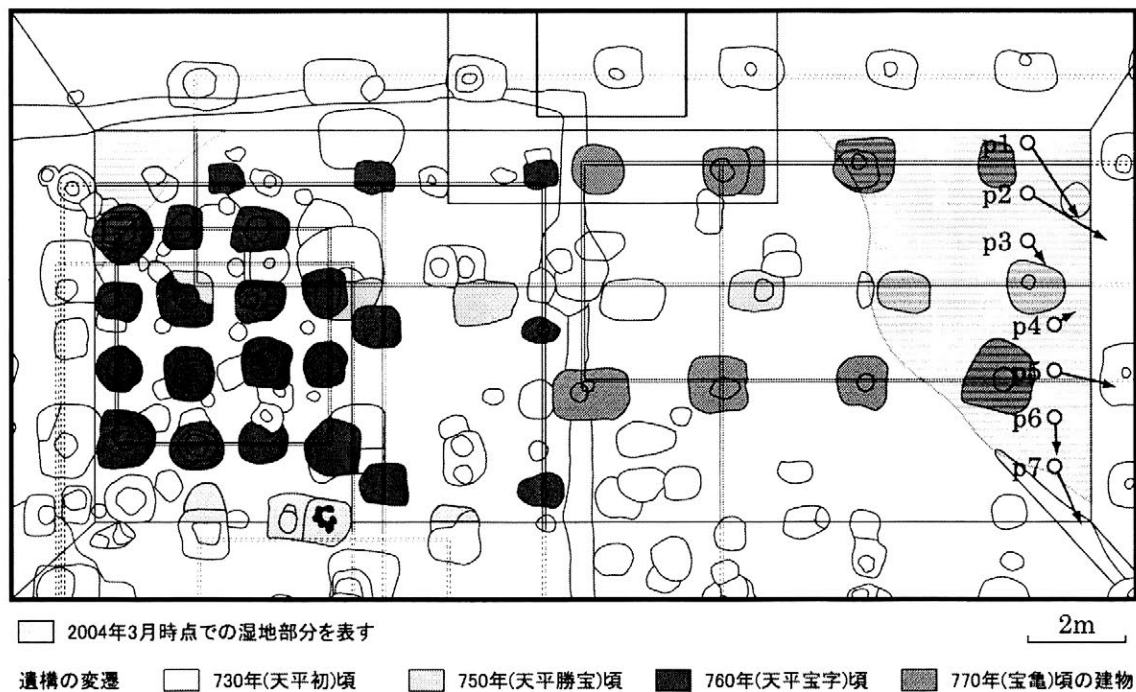


図1 自然電位法による遺構地下水の流動方向の測定結果

遺跡等で使用する樹脂のカビへの抵抗性について

○ 木川りか・早川典子・山本記子・川野邊渉・佐野千絵・青木繁夫

(独立行政法人文化財研究所 東京文化財研究所)

1. 目的

遺跡等では、はく落止めや強化などの種々の目的で、樹脂が使用されることがあるが、環境が多湿である場合には使用後にカビの被害が問題になる例がある。そこで、現場で従来使用された、あるいは、今後使用される可能性のある樹脂について、カビの抵抗性試験を行なった。

2. 材料と方法

親水基を有するシラン系ポリマーの ER-002 ((株) C&P 製)、およびそれを架橋させたものであるビフォロン ((株) C&P 製)、パラロイド B-72 (Rohm&Haas 製)、HPC (ヒドロキシプロピルセルロース、アルドリッチ製)などの樹脂について、カビに対する抵抗性を調べるために、樹脂単体を各々ガラスシャーレ内に入れた試料と、土(未滅菌)に含浸させた試料を作成し、以下のグループのカビの混合孢子懸濁液を噴霧したのち、29℃、100%RH の環境下でカビの発生を観察した。

グループ A : JIS Z 2911:2000 において、プラスチック製品の試験法に使用される以下のカビ 5 種類

Aspergillus niger IFO 6341, *Penicillium funiculosum* IAM 7013, *Paecilomyces variotii* IAM 5001, *Gliocladium virens* IFO 6355, *Chaetomium globosum* IFO 6347

グループ B : 高松塚古墳, キトラ古墳取り合い部から分離された以下のカビ 7 種類
Fusarium sp. (1), *Cylindrocarpon* sp. (1), *Cylindrocarpon* sp. (2), *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. (2), *Penicillium* sp.

3. 結果

樹脂単体の試料の結果については、表 1 に示す。培養 4 週間後、パラロイド B-72 に肉眼でカビの発育が認められる場合があった。ER-002, ビフォロンについては、今回の条件では、カビの発育は認められなかった。

土に含浸させた場合、表 2 に示すように、樹脂を含浸させた試料では、今回は、あまり顕著なカビの増殖はみられなかった。現在、より詳細な試験条件について検討している。

表 1. 樹脂試料のカビ抵抗性試験結果（4週間後）

試料	そのまま室温で保存	混合孢子懸濁液 A を噴霧後, 100%RH, 29℃で保存	混合孢子懸濁液 B を噴霧後, 100%RH, 29℃で保存
対照（容器のみ）	0	1	1
ER-002	0	0	0
ビフオロン	0	0	0
パラロイド B-72 （溶媒：キシレン）	0	0	2
パラロイド B-72 （溶媒：エタノール-水）	0	1	2
パラロイド B-72 （溶媒：酢酸エチル）	0	2	0
HPC	0	0	1

表 2. 土に樹脂をかけた試料のカビ抵抗性試験結果（4週間後）

試料	そのまま室温で保存	混合孢子懸濁液 A を噴霧後, 100%RH, 29℃で保存	混合孢子懸濁液 B を噴霧後, 100%RH, 29℃で保存
対照（土のみ）	1	1	2
ER-002 -土	0	0	0
ビフオロン-土	0	0	0
パラロイド B-72-土 （溶媒：キシレン）	0	0	0
パラロイド B-72-土 （溶媒：エタノール-水）	0	0	0
パラロイド B-72-土 （溶媒：酢酸エチル）	0	1	0
HPC-土	0	0	1

0：肉眼および顕微鏡下でカビの発育は認められない。

1：肉眼ではカビの発育が認められないが、顕微鏡下で確認する。

2：菌糸の発育が肉眼で認められるが、発育部分の面積は試料の全面積の 25%を超えない。

熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価(3)

— 石造物の表面剥離層の定量化 —

西山要一 (奈良大学), ○林 國郎 (同), 竹原弘展 (同)

1. はじめに

この数年間、石造物や建造物など無機造形文化財の表面劣化(風化)度を、熱伝導率の測定値の変化を通して定量的に評価する方法について検討し、その有用性を示唆した^{1),2)}。本研究では、特に磨崖物や石塔のように雨水の凍結・溶解を長期間にわたって受けた場合の表面剥離現象の発生と剥離層の厚みを定量的に把握するための方法として、熱伝導率の測定値の変化と合わせて測定時に見られる測定プローブ温度の時間変化率にあらわれる非線性の解析法を提案し、その可能性についてモデル試料を用いて行なった実験結果から得られた知見を報告する。

2. 測定原理

劣化度の定量的評価研究に適用している熱伝導率測定法としての非定常熱線法では、無限媒体中に仮定された線状熱源からの熱流は、熱源と垂直な面内で放射状に放散され(図1a)、その近傍の温度(θ)が、図2に示すように経過時間の対数($\log t$)に対して直線的に上昇し、その勾配(α)に媒体の熱伝導率(λ)が含まれることから、 α と熱源からの放散熱量(Q)から λ が求められる。

ところが、測定原理に仮定された無限媒体を実際の測定に当たって有限化された試料として用いた場合、熱源からの放散熱流は測定中に試料表面に到達して外環境の影響を受け(図1b)、 θ は図2の θ と $\log t$ との間に成立している直線関係から逸脱する。この逸脱点の時間(Td)は、媒体の有限厚さに関係することに注目し、この Td と剥離層の厚さとの間に成立する関係を関数化できれば、石造物の Td の *in situ* 測定により、剥離層の有無とその厚さを定量的に把握することが可能となる。

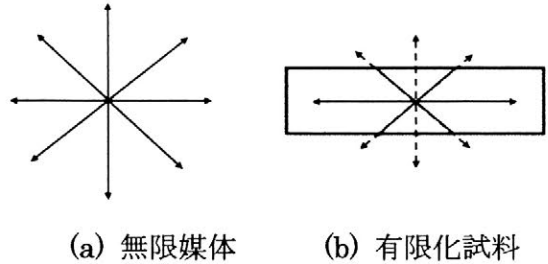


図1 熱源からの放散熱流

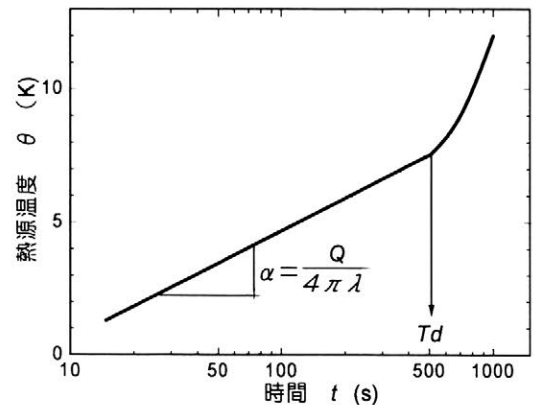


図2 熱源温度と経過時間の関係

2. 実験

前報¹⁾で用いた50×50×50mmの立方体にカッティングした和泉砂岩と大谷石(凝灰岩)の2種類の試料から、1~10mm厚さの薄片をダイヤモンドカッターと両面研削により採取し、剥離層のモデル試料とした。これらの薄片を図3のように立方体試料の上面に種々の厚みのスペーサーを介して設置し、その中央部に先に試作したポイント加熱プローブ²⁾を接触させ、ヒーターに一定の電流を印加した後のプローブの上昇温度の時間的変化を測定した。この測定に先立ち、石英ガラスを試料として同一電流によるプローブの上昇温度-時間曲線を求め、これを標準曲線とした。

3. 結果と考察

文化財のような被測定物に損傷を与えることなく *in situ* 測定を行なうために開発したポイント加熱プローブは、本来の非定常熱線法の原理に則った2個の試料の間に温度測定用熱電対を溶接した熱源となる金属抵抗線を挟んで測定する方法¹⁾とは異なるので、用いるプローブの特性を知る必要がある。

図4の実線は、固体試料の測定用標準試料として用いられる石英ガラスについて、プローブに0.2Aの電流を流した際の温度上昇の時間的変化を示したものである。同図の点線および1点鎖線は、1mm、及び5mm厚さの砂岩について、同様の電流値を流した場合のプローブの上昇温度曲線である。モデル試料の厚さが増加するに伴い図2の直線関係から逸脱する点の時間 Td が増加することがわかる。

種々の厚みのスペーサーを介して設置した和泉砂岩と大谷石(凝灰岩)の種々の厚みを有するモデル試料について、図2の Td を測定した結果、この Td とその厚さ (δ) との間に、

$$Td = A \delta^2$$

で示される関係が成立することがわかった(ただし、 A は試料の種類とスペーサーの厚さに依存した定数)。従って、この関係から、 Td を測定れば剥離層のおおよその厚さが推定することが可能になった。

本研究において、種々の厚みを有するモデル試料が母材から剥離し、その間に空気層が介在するものとして全て大気中で測定を行なった。用いた試料と空気の熱伝導率の間には約60倍の差があるので、図2の Td はかなり明確に判別できたが、母材と剥離層の間に熱伝導率の大きい水が完全に満たされている場合は、その差が1.2倍程度になるので、図2の Td の判別は困難になることが予測される。このような場合の剥離層の判別法については改めて対策を工夫する必要がある。

4. おわりに

石造物や建造物など無機造形文化財の劣化(風化)の一つである表面剥離層の有無とその厚さを定量的に評価する方法の開発を試みた。この結果に基づいて、今後、実際の磨崖物や建造物などの表面の *in situ* 測定を行うことにより、剥離層の有無を判断し保存・修復の時期の判別に役立たせて行きたい。

文 献

- 1) 西山, 林, 高橋: 日本文化財学会第18回大会発表要旨集, 2001, p. 210.
- 2) 西山, 林, : 日本文化財学会第20回大会発表要旨集, 2003, p. 176.

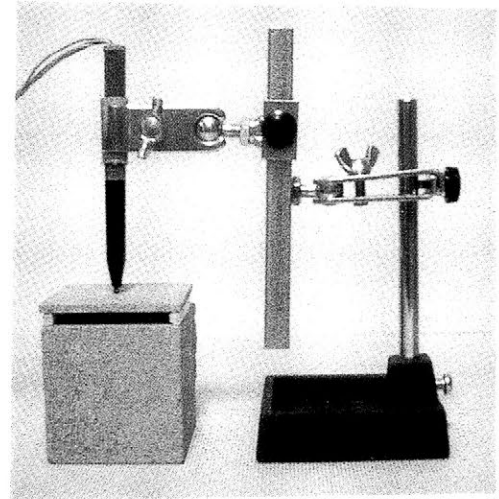


図3 熱伝導率測定の概要図

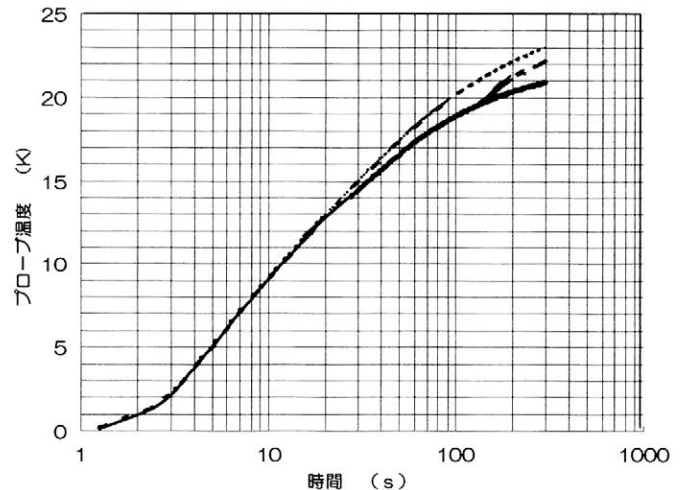


図4 プローブ温度の時間的变化

20GHz-TDR 装置と短いプローブを使った比誘電率測定の特徴

○登尾浩助*・君島章太郎*・石崎武志**・武田一夫***

(*岩手大学・**東京文化財研究所・***帯広畜産大学)

1. はじめに

文化財の中でも特にレンガや土といった多孔質体によって作られている屋外に在る建造物は、直接環境に暴露されていることから風化の危険にさらされている。このような文化財の風化の実態や過程を知ることは適切な保存法を構築する上で重要である¹⁾。多孔質体中を移動する水分量の測定はこれまで技術的に困難であったが、1980年代に紹介された TDR 法を使うことによって比較的容易にしかも正確に行えるようになってきている。TDR 法を使う大きな利点の一つは、単一のプローブを用いて水分量の測定と同時に電気伝導度の測定も可能なことである²⁾。一般的に使われている TDR 装置は周波数帯域幅が 1GHz 程度であるので、小さな部位の水分量の変化を測るために使われる短いプローブ（例えば、長さ 50mm 以下）を使うと水分量が小さくなった時に測定精度が低下する欠点がある。そこで、周波数帯域幅の広い 20GHz-TDR 装置と従来型の 1GHz-TDR 装置を使って比誘電率測定の比較をしたので報告する。

2. 実験方法と材料

実験には長さ約 40mm で直径 1.6mm のステンレス鋼製の 2 線式 TDR プローブを使用した（写真 1）。ステンレス鋼製棒 2 本の間隔を 15mm にして PVC 製台座に穴をあけて差し込み、エポキシ系接着剤で固定した。鋼棒の片方を 50Ω 同軸ケーブルの芯線に、もう片方を編線に接続した。編線に接続した方の鋼棒は中空で、長さ方向の中程に温度測定用の T 型熱電対を挿入した。中空の残りの部分には熱伝導性シリコンを充填した。TDR 装置には周波数帯域幅 20GHz の 86100B+54754A（アジレント・テクノロジー社）と周波数帯域幅約 1GHz の 1502C（テクトロニクス社）を使った。室温を約 20° にした実験室において、TDR プローブを大気、風乾した豊浦標準砂、水分飽和した豊浦標準砂、そして蒸留水に挿入して反射波形を測定した。この反射波形を解析してそれぞれの測定物の比誘電率を決定した。

プローブを挿入した物質の比誘電率 ϵ は、

$$\epsilon = \left(\frac{cT}{2L} \right)^2 \quad [1]$$

と計算される³⁾。ここに、 L はプローブの物理長さ(m)、 c は電磁波の真空中での伝播速度

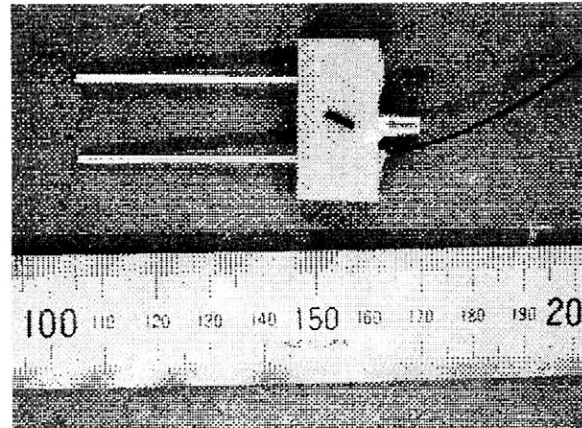


写真 1 長さ 40mm の 2 線式 TDR プローブ。

($=0.3\text{m/ns}$)、 T は電磁波がプローブ長さ L の往復移動に要する時間(ns)である。土壌などの多孔質体の体積含水率($\theta\text{m}^3/\text{m}^3$)と比誘電率 ϵ との間には、実験的な関係が見いだされていて、この関係は土壌とプローブとの接触具合、温度、溶質の存在、乾燥密度、土壌構造、土性、ヒステリシスの影響をほとんど受けないことが報告されている。

3. 結果と考察

図1には20GHz-と1GHz-TDR装置によって測定した電磁波の反射波形を示す。蒸留水の中での反射波形からは、プローブの入口と終端から反射が明瞭に分かり、どちらのTDR装置を使ってもほぼ同じ形状であった(図1(B))。また、蒸留水の比誘電率は理化年表の値と近似していた(表1)。水分飽和砂に対しても両TDR装置で近時の結果が得られた。

しかし、水分量が少なくなるとプローブ入口を反射波形から決定するのは特に1GHz-TDRでは困難になった(図1(A))。プローブ終端からの反射も20GHz-TDRに比較すると不明瞭である。特に大気に対してはプローブ終端を特定するのが極めて困難であった。風乾砂に対しては、両TDRにおいてプローブ終端の位置決定が異なったのは、1GHz-TDRによる波形が不明瞭なことに起因する。20GHz-TDRでは特に低水分領域において明瞭な波形を得ることができた。

4. 文献

- 1) 石崎武志ら (1999)保存科学 38:154-163.
- 2) 登尾浩助 (2003) 土壌の物理性 93: 57-65; 95:94.
- 3) Topp, G.C.ら (1980) Water Resour. Res. 16:574-582.

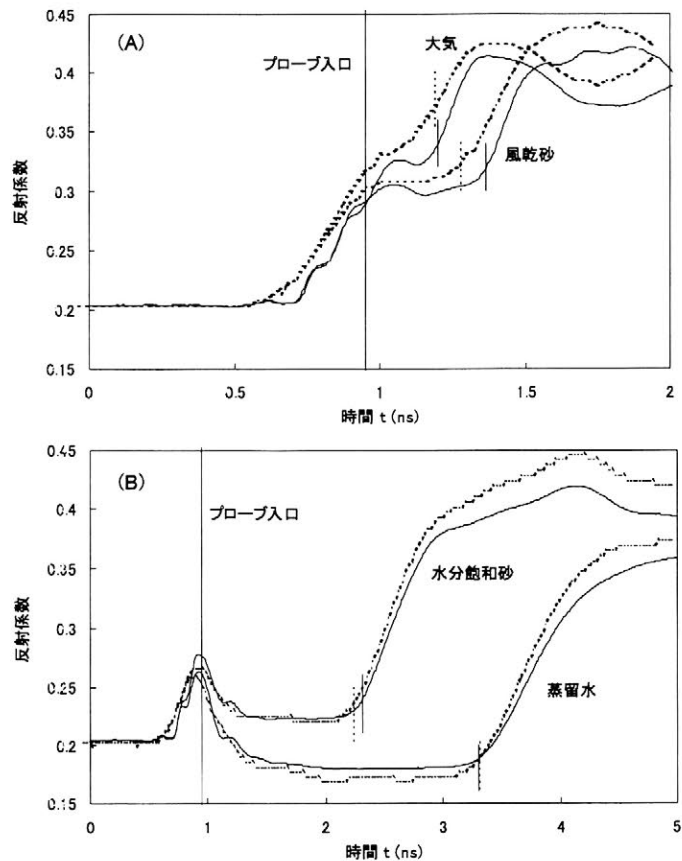


図1 40mm長のプローブを大気・風乾砂(A)と水分飽和砂・蒸留水(B)中に入れたときの電磁波の反射波形。実線が20GHz-TDR装置、破線が1GHz-TDR装置により測定した波形と短い縦線はプローブ終端を示す。プローブ入口から終端までが[1]式中の T である。

表1 20GHzと1GHzTDR装置により測定した比誘電率

	大気	風乾砂	水分飽和砂	蒸留水
20GHz-TDR	0.9	2.5	27.4	81.1
1GHz-TDR	0.8	1.6	24.9	82.3
理化年表(1991)	1.0	-	-	80.4

なごえきりとおし
逗子市名越切通の崩落対策（１）
 ー泥岩のスレーキングに対する保存対策ー

○小林 恵*・岩下信一*・橋本直樹**・沢田正昭***
 (*応用地質株式会社・**逗子市教育委員会・***筑波大学)

1. はじめに

国指定史跡名越切通は、鎌倉時代に尾根部の岩盤を掘削して造られた鎌倉七口（七切通）の一つで、鎌倉から逗子、三浦半島に至る主要交通路である。他の七口と比べ保存状態がよく、往時の雰囲気を残しているものの、現在は崩落の危険性から通行禁止となっている。

名越切通の最も特徴的な部分と言える「大ほらどう」は、第三期中新世から鮮新世の逗子シルト岩層（下位、泥岩層）と池子火砕岩層（上位、砂岩層）という二つの特徴的な地層を南北に断ち割り貫く形で開鑿したもので、その崖面は乾湿風化によって徐々に岩盤崩落が進行している。切通の崩落対策は、遺構形状保存の面からも公開活用に向けた安全管理の面からも、史跡全域の整備に先駆けて速やかに行うべき課題であった。そこで平成 13 年度から 3 ヶ年をかけて、崩落対策工法の検討を行うための地盤工学的な調査、試験、解析、検討、試験施工を進めてきた。今回は、これまでの検討結果を踏まえ、本遺跡における泥岩を対象とした具体的な保存対策方法について報告する。

2. 切通崩落のメカニズム

当該地に分布する性質の異なる 2 層の地層（逗子層泥岩と池子層砂岩）の風化による切通の崩落のメカニズムは次のとおりである。

- ① 崖面部分で、下位にあたる逗子層泥岩の風化が先行して崩落する。
- ② 下位にあたる逗子層泥岩が崩落することにより、上位の池子層砂岩がオーバーハング状態となり、崩落する。
- ③ これらサイクルが長期にわたり繰り返され、現在の状態に至っている。

崩落を防止するには、下位の逗子層泥岩の風化を抑制・抑止することが重要である。平成 13 年度に、逗子層泥岩の風化メカニズムを解明するための室内試験を実施し、その風化促進の主因はスレーキングであることを確認した。崖面の風化抑止対策を行うには、このスレーキング現象を理解し、抑止対策を講じることが重要となる。

スレーキングは、軟岩（特に泥岩）に含まれる粘土鉱物スメクタイトが、その鉱物間に交換性陽イオンや水分子を吸着・放出することで粘土鉱物自体が膨張・収縮し、これによって岩盤表面を細片状～粘土状に劣化させる現象である。自然現象としては湿潤（降雨）・乾燥（日照り）の繰り返しが、土質工学的に言うと泥岩内部の含水比の変化がスレーキング現象を助長させる。この現象を抑止するには、鉱物間の間隙を埋め、泥岩内部の含水比を急上昇させる降雨の泥岩内部への浸透を防ぐことが条件となる。

3. 逗子層泥岩の崩落対策の検討

泥岩のスレーキング現象を抑止するため、下記の対策を検討し実施した。

(1) 含水比変化の低減（鉱物間の間隙を小さくする：基質強化処理）

泥岩など粘土・シルト系の鉱物粒子により構成される岩石の間隙は岩石の中でも特に大きく、

粒子間に水を保持しやすい構造となっている。基質強化によりこの間隙を小さくすることで有効間隙率を低下させ、含水比の変化を極力小さくすることができる。さらに、間隙を小さくすることは密度の増加にもなり、岩盤そのものの強度も増加する。処理剤には、泥岩の間隙にある水分（間隙水）と反応して珪酸ゲル結晶を生成する薬剤（珪酸エステル系）を用い、これを含浸させることにより間隙を小さくした。

なお、現状泥岩の表面に見られる開口クラックや亀裂に対しては、パテ剤（エポキシ樹脂系）を竹串等で充填させる下地強化処理を施した。

(2) 粒子間の接着強化（せん断強度を増加させる：表層強化処理）

(1)の基質強化処理では、粘土・シルト系粒子同士の接着効果は期待できないため、岩盤のせん断強度の増加及び微細な亀裂を接着させる目的で表層強化処理を施した。処理剤には、耐候性があり、かつ光沢が出ない薬剤（アクリルエステル系）を用いた。この薬剤は低分子で浸透性に優れ、深部まで含浸し岩石の内部から強化させることができる。

(3) 表面からの浸透防止（雨水などを遮水する：撥水处理）

(1)及び(2)の処理を施しても、外部からの水の侵入を防ぐことはできない。現地で実施した曝露試験では、泥岩表面からの浸透防止（撥水剤処理）が最も風化防止効果が優れていた。そこで、表面からの雨水の浸透を防止する目的で撥水处理を施した。処理剤には、シラン系で高分子（オリゴマー）の薬剤を用いた。

4. まとめ

名越切通における逗子層泥岩の風化抑止には、基質強化による含水比の変化の低減、表層強化による粒子間の接着強化、さらに全体の最終処理仕上げとして、撥水处理による表面からの浸透防止、の3段階の化学的処理が、スレーキングのメカニズムを考慮した対策として有効である。

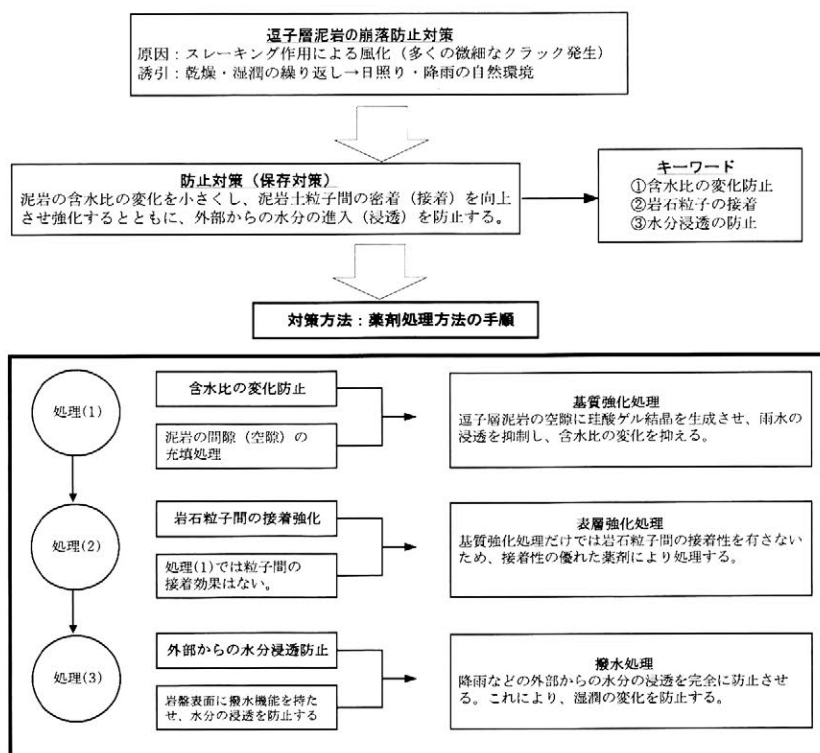


図 逗子層泥岩の崩落対策の基本的な考え方

糖アルコール含浸法の現状

—処理精度の向上を図るための最新情報—

今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）

伊藤幸司・鳥居信子（(財)大阪市文化財協会）

山田哲也（(財)元興寺文化財研究所）

1. はじめに

発表者らは1994年に糖アルコール含浸法を開発して以来、実用化を進めるための様々な改良を行ってきた。その結果、本方法は埋蔵文化財調査機関をはじめとする国内外の組織で導入されている。我々は各地の組織からの呼びかけに応じて実務面での技術協力・指導を継続してきた。また、糖アルコール研究会を開催しながら保存処理情報の共有化を図り、問題提起とそれに対する解決方法の研究・普及を行ってきた。本発表では、これまでに提起された問題と解決法について最新の情報を公開する。

2. 問題提起

① ラクチトールとトレハロースを混合した場合の乾燥条件

これまで、含浸後の乾燥と結晶化は50℃の加熱乾燥あるいは常温の自然乾燥を行っている。ラクチトール単体で最終含浸濃度80%以下の場合には、三水和物の生成を抑制しながら一水和物の結晶化を促進するために50℃の加熱乾燥が必要であった。しかし、トレハロースを10%程度混合することによって三水和物の生成を抑制することができるので常温でも乾燥は可能であるとしてきた。今回は、より安定性の高い乾燥方法を目指して、加熱乾燥が良いのか、常温乾燥が良いのかを検討した。

② 不適切な抗菌剤の使用による糖の分解

不適切な抗菌剤は糖の分解を促進する。この分解物は吸湿性があり糖の結晶化を妨げる。ヨーロッパでは抗菌剤の使用による糖の分解が指摘されてきた。この反省から、1993年以降、ケーソンCGやマイクロバイオサイトDPⅢなどのイソチアゾロン系の薬品が安全な抗菌剤として圧倒的に使用されてきた。日本でも1994年以降イソチアゾロン系の抗菌剤を水浸出土材用の抗菌剤として使用しており大きな問題は生じていない。しかし、最近、他の抗菌剤を使用した2つの機関で、含浸中の糖溶液のpHが4に達するほどの酸性になり結晶化も妨げられるという現象が生じた。そこで、糖と分解物の分析を行い、糖アルコール含浸法を実施する際に使用すべき抗菌剤について検討した。

③ 糖溶液の使用期間と廃液の再利用

糖溶液の再利用はどの程度可能なのか。糖アルコール含浸法で使用しているラクチトールやトレハロースはPEGや蔗糖など従来の含浸材料に比較して熱や酸による分解が起こりにくく安定性が高い。糖の分解が生じていなければ再利用が可能であるが、実際には糖溶液の汚れから判断して、1～2年の使用で廃棄しているのが一般的である。そこで、使用期間の異なる糖溶液について分解の程度を分析した。また、汚れと分解物の除去を実施して、再利用の可能性について検討した。

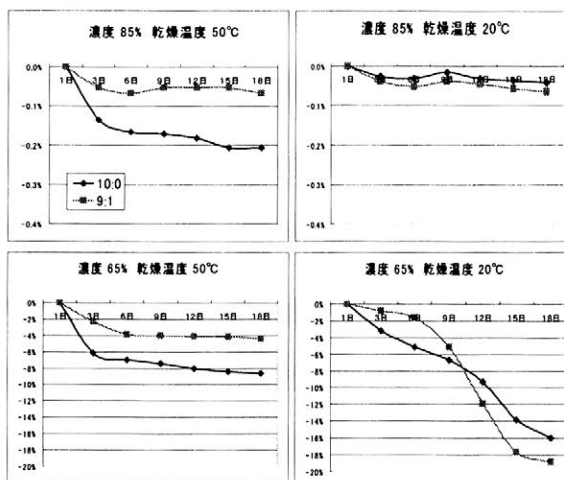
3. 実験および分析結果

① ラクチトールとトレハロースを混合した場合の乾燥条件

ラクチトールとトレハロースの混合比を10:0(Aタイプ)、9:1(Bタイプ)とし、それぞれの高濃度・低濃度溶液をつくり試料とした。内訳はA-85%、B-85%、A-65%、B-65%の4つで、それぞれを20℃(湿度50%前後)と50℃(湿度30%以下)で結晶化の状況を観察し乾燥に伴う重量変化を測定した。

結晶化の観察の結果、進行速度は A-85% > B-85%、乾燥条件は 20℃ > 50℃ の順に早く内部まで結晶化した。A-65% と B-65% では混合の有無による差は小さく、乾燥条件による差が顕著であった。20℃ では表面と周辺部から結晶化が進行し、50℃ では表面に結晶皮膜を形成して内部は液体のままであった。

一方、重量変化についてみると、水分の蒸発は 85% 溶液では A-85% の 50℃ 条件の乾燥が進行した。65% 溶液では乾燥条件による差異が大きく、50℃ 乾燥よりも 20℃ 乾燥の水分蒸発が大きかった。

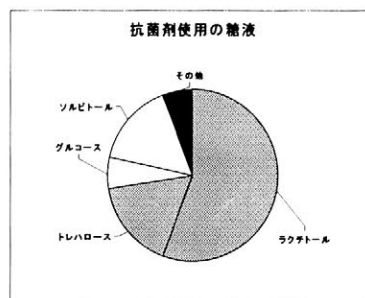


以上の結果から、内部まで早く結晶化が進む乾燥条件が好ましいことが判る。特にトレハロースを混合した低濃度溶液の場合には 50℃ よりも内部から結晶し易い 20℃ のほうが適していることが判った。

② 不適切な抗菌剤の使用による糖の分解

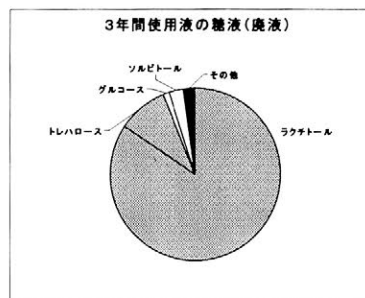
実際に結晶化しないという報告のあった使用済み糖溶液（陽イオン活性剤系の抗菌剤を使用）の分解物と pH を高速液体クロマトグラフ（HPLC）で測定した。その結果、分解物（ソルビトール、グルコース、その他）が 33% にも達していた。これは数年間使用して使用不可能と判断した廃液の 10 倍にもあたる。

また、抗菌剤の有無が及ぼす結晶化への影響を調べるため、未使用のラクチオール水溶液に規定濃度に薄めた抗菌剤を 1~5% 加えた糖溶液の結晶化の進行を観察したところ、抗菌剤を加えていないものよりも加えた方が結晶化しにくいことが判った。



③ 糖溶液の使用期間と廃液の再利用

使用済みの廃液（2~3 年間使用）について、HPLC を用いて分解物を測定した。その結果、3.5%~6.5% の分解物を生じていることが判明した。ソルビトールなどの分解物を多く含む結晶は高湿度で吸湿すること、液の色調が黒色化しているなど問題が生じたために産業廃棄物として処分する予定であった。この廃液に対して、分解していない糖の結晶化を図って分解物と分離し、さらに活性炭を用いた汚れ除去を実施して再生した。その結果、色調も透明に近くなり分解物も減少した。



4. まとめ

保存処理情報の共有化や問題の提起を行う中で得られた知見をまとめた。以上の結果から、ラクチオールとトレハロースを混合した場合には常温乾燥が有効であると考えられる。ただし、黴の発生を防止するために十分な通風が必要である。また、糖アルコール含浸法によって保存処理を行う場合の抗菌剤は、ヨーロッパで使用されているようにイソチアゾロン系の抗菌剤を使用することが望ましい。さらに、糖溶液の再利用については汚損と分解という観点から判断すべきである。特に分解については HPLC による分析結果から判断する必要がある。しかし、判断手段がない場合には、現状どおり 1~2 年で廃棄すべきであろう。

糖アルコール含浸法による漆製品の処理（2）

○ 西口 裕泰、平井 孝憲（㈱京都科学保存技術研究所）

1. はじめに

糖アルコール含浸処理を安全・確実にを行う方法について研究し、現在までにいくつかの方法が開発、実用化されてきた。これにより劣化状態の異なる出土木製品に対しても、安定して保存処理ができるようになり、処理実績も年々増加している。

しかしながら、出土漆製品、特に近世漆器の一部のものについては、処理後、漆膜の素地からの剥離など、問題が生じるものがある。そのようなものに対して、熱可塑性樹脂を用いた修復を行い、一定の成果を得たので報告する。

2. 修復材料について

修復に用いた材料は、商品名「パオゲン PP-15(第一工業製薬株式会社)」である。親水性二価アルコールと二塩基酸からなる線状ポリマー（ポリエーテルエステル）であり、フィルム形成能を持った熱可塑性樹脂である。

表1 性状

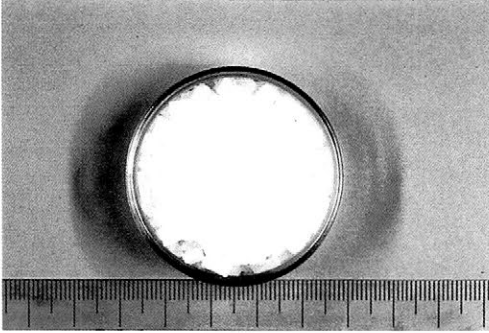
平均分子量	100000~150000
外観	角状ペレット 
色相	淡黄色（溶融時）
pH	5.0~7.0（1%水溶液）
灰分	0.10 重量%以下
粘度	150~250mPa·s（10%水溶液、温度 30℃）
融点	約 55℃
比重	1.07~1.08（120℃）
ガラス転移点	約 -36℃

図1 吸湿性

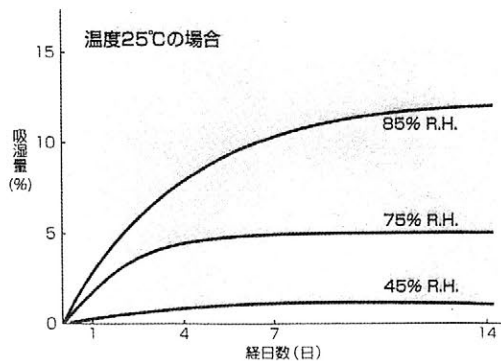
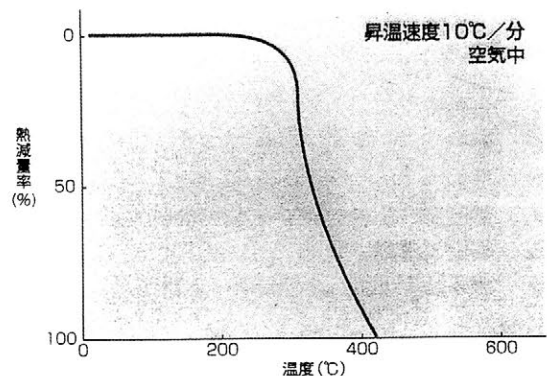


図2 熱分解性



その特長として、高い水溶性と低吸湿性を有し、毒性も低い。その一方で、耐紫外線性、耐熱性は比較的低いため、所謂トップコート的な用途には不適である。(安定剤の配合により、この点は改良可能である。)

1990年に商品化され、その物性を利用して、無機繊維用収束材、塗料用など各種バインダー、熱融着性接着剤、樹脂改質剤、ラミネート材などに応用されている。

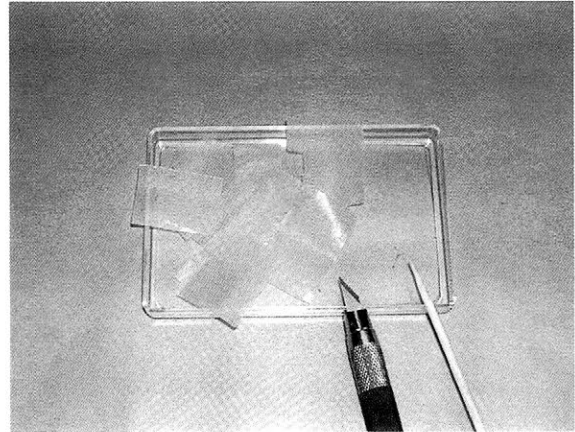
(既存化学物質No.7 - 564、CAS.No.58782 - 15 - 3)

3. 修復作業について

接着剤としての使用を想定した今回のようなケースでは、大きく紫外線影響を受け、急速に劣化がおこることは少ないと判断。安定剤未配合品を修復作業に用いた。

実際の修復作業には、パオゲンをフィルム状に成形加工したもの、あるいは10%水溶液としたものを用いた。剥離の状況に応じて、フィルム及び水溶液を使い分けた。

- ① 剥離箇所にフィルムを挿入、あるいは水溶液を注入する。(水溶液の場合、乾燥させてから次の工程に移る。水溶液状態で加熱すると、加水分解をおこしやすい。)
- ② 上から熱したコテなどで加熱、パオゲンを溶融させる。
- ③ 溶融させた後、漆膜の位置を調整。そのまま自然に冷えるまで数秒間固定し、素地に漆膜を接着する。
- ④ はみ出した場合、水で湿らせた綿棒などで拭き取り、自然乾燥させる。



パオゲンフィルム



コテによる加熱

4. まとめ

2000年より出土漆製品に対してパオゲンを用いた修復を実施している。これらのものは、ほぼ問題なく修復することが出来たと判断している。また、現在まで、これらの漆製品において、パオゲンを用いたことによる問題は生じていない。今後も継続的にその経過を見守る必要がある。またその用途によっては、上述したような耐紫外線性、耐熱性を向上させるための安定剤の配合について、検討の余地はあろう。

糖アルコール含浸法の漆椀・種実類等への適用

○深瀬亜紀・金原正明（奈良教育大学）

木寺きみ子・金原正子（古環境研究所）

1. はじめに

有機質の保存処理では漆製品や種実類を保存した際、漆膜が剥がれ落ちたり、ひび割れすることが多かった。種実類に関しては有効な保存処理法がなく、保存処理報告もなされていないのが現状である。また、炭化材や炭化種実を保存処理した場合もひび割れが生じている部分がうまく接着せず、ぼろぼろ落ちるなどして保存が困難であった。これら保存が難しいとされている資料に対し糖アルコール含浸法を適用し、良好な状態が得られたので紹介する。漆膜や炭化物では糖アルコールの接着性に起因する安定性が、種実類については寸法安定性が示された。

2. 方法と結果

2-1. 漆椀

ラクチトール：トレハロース=9：1の溶液に2ヶ月かけて80%まで含浸した。表面をお湯で洗い流しラクチトール粉末を大量にまぶした。常温で1ヶ月間乾燥させ、パウダーを洗い流し常温乾燥させた。結果、生地の変縮も色彩の劣化もなく、漆膜の光沢も残り、良好な結果を得ることができた。

2-2. 炭化材・炭化米

今回根来寺跡から出土した炭化材・炭化米を保存処理した。ラクチトール溶液に2ヶ月かけて80%まで含浸した。表面をお湯でさっと洗い流しラクチトール粉末を大量にまぶした。常温で1ヶ月乾燥させ、パウダーを洗い流し常温乾燥させた。結果、炭化材は保存前では触れば炭が手につき、ひび割れの部分からくだけてぼろぼろ落ちていたのが解消され、扱いやすくなった。炭化米は粒がひとつひとつがしっかりと保存され、質感も感じられる。また、今回の資料は材と米が固着して出土したものであるが、材質の異なるものでも分かれることなくそのままの状態での保存処理を行なうことができた。

2-3. 種実

モモ核、オニグルミ、エゴノキ、その他種実をラクチトール溶液に1ヶ月浸漬し、80%まで含浸した。表面をお湯でさっと洗い流しラクチトール粉末を大量にまぶした。常温で2週間乾燥させ、パウダーを洗い流し常温乾燥させた。結果、目に見えた変縮もなく良好に保存処理を行なうことができた。

3. まとめ

漆椀は糖アルコールの接着性により、生地と漆膜がきれいに接着された。また、糖アルコール含浸法は寸法安定性が良く、生地の変縮による漆膜のひび割れなどもなく漆膜がきれいに保存処理できた。問題点として、漆椀は資料によって生地の厚さが大きく異なるので含浸や乾燥期間を変える必要があり、経験を要する。また、完形品は漆膜によってコーティングされており、溶液が浸透する面積が非常に限られている。そのため含浸に時間がかかることと、溶液からあげる時期が分かりにくい。

炭化材・炭化米も同様、ひび割れの部分からぼろぼろと落ちていたのが、保存処理することで接着され落ちなくなった。問題点として炭化が進んだものに関しては、木材組織が変縮しているので溶液が入り込まず保存処理ができない。保存処理できる炭化の程度を見分けるのに経験が必要となる。

種実類は保存処理することにより水浸かりで腐ることがなくなり、扱いやすく、展示で手に触れることも可能となる。また、モモ核などは水中保管中に縫合線からはじめて半分になることがあるが、全核のまま保存が可能となる。しかし、種実は小さく手間がかかり、中が空洞になって

いるドングリなどは潰れてしまう危険がある。オニグルミでは縫合線で亀裂が入ることがある。糖アルコール含浸法の種実への適用は最近であり、検討の余地がある。

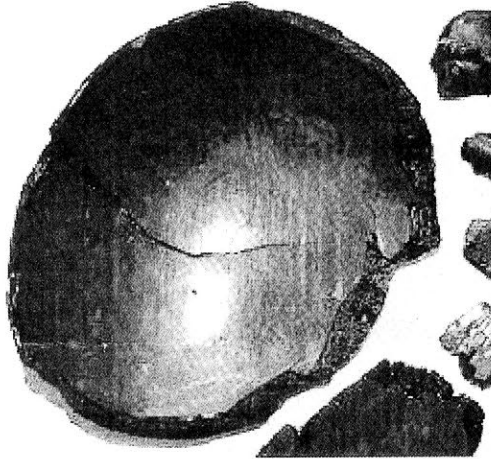


図1 漆碗保存処理前

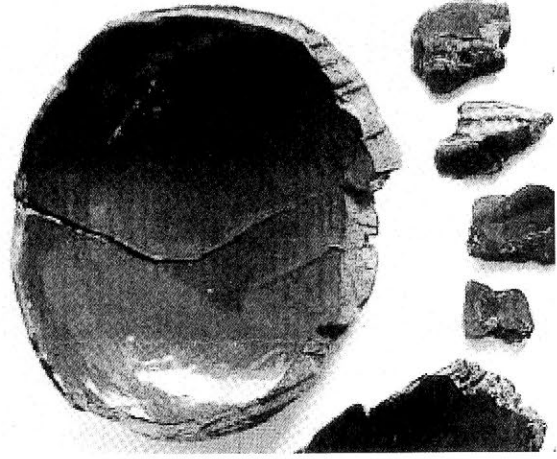


図2 漆碗保存処理後



図3 炭化材・炭化米保存処理前

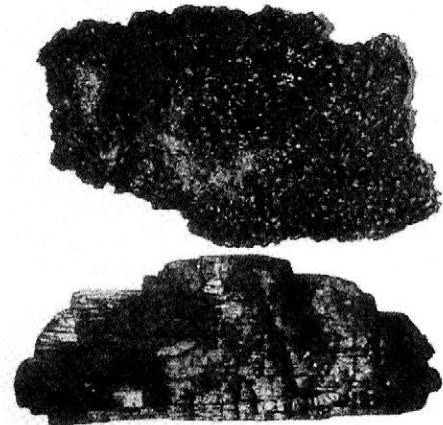


図4 炭化材・炭化米保存処理後

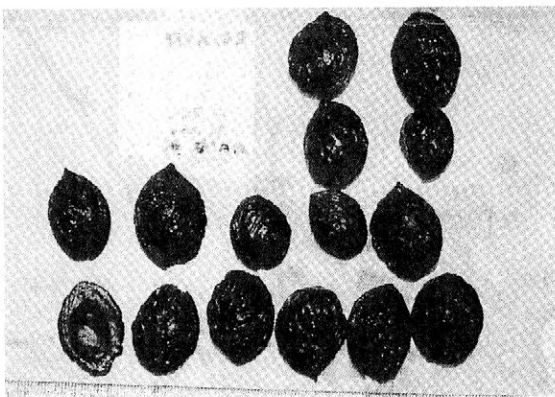


図5 モモ核保存処理前

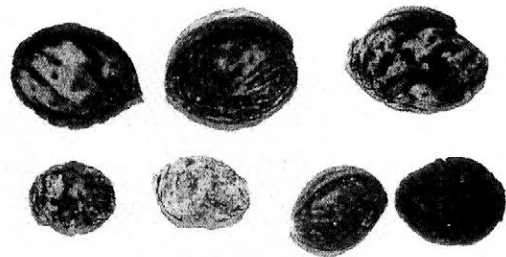


図6 モモ核保存処理後

四川省綿陽市永興山2号墓から出土した漆塗り木製馬の保存処理実験
 ○岡田文男(京都造形芸術大学)・吉田秀男(樺吉田生物研究所)・章 全(四川省文物考古研究所)

1. 研究の背景

筆者らは1999年より、中国四川省綿陽市に所在する永興山2号墓から出土した漆塗り木製馬の保存処理実験を日中協同で行っている。同遺跡からは1995年に漆塗り木製馬100体以上のほかに、木桶や木牛などの副葬品が多数出土した。漆塗製品を含むそれらの木製品は出土後有効な保存処理法がないまま、現地において水漬け状態で保管されていた。

1999年3月、出土木材の保存処理法の一つである高級アルコール法を開発した筆者らに、四川省文物局より綿陽市から出土した木製品の保存処理について技術協力の依頼があり、日中協同で保存処理実験を進めることになった。

2002年6月、筆者らは科研費その他の助成金をいただいて四川省文物考古研究所内に出土木材の保存処理含浸槽を設置し、保存処理実験を開始した。本格的実験の開始から2年が経過し、この間に遺物の材質調査を行うとともに、破片を含めて約60点の遺物の保存処理実験を行うことができたので結果を報告する。

2. 実験の進め方

四川省文物考古研究所内に完形の漆塗り木製馬を保存処理できる大きさの含浸槽(約90cm×80cm×90cm)を1基設置した。含浸槽の設計・施工は成都市内で行った。2002年6月に含浸槽を設置して試運転を行った後、同年8月～12月にかけて1回目の保存処理実験を行った。実験結果が良好であったことから2003年6月より2回目の保存処理実験を開始し、2004年2月に実験を終了した。

保存処理実験の工程は以下の通りとした。

- (1)水漬けの漆塗り木製品をプラスチック容器に入れ、メタノールによる脱水を行う。
- (2)脱水の終了をキシレンで確認する。
- (3)含浸槽を保温し、高級アルコール($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{OH}$)のメタノール溶液(50%)を作る。
- (4)脱水終了した漆塗り木製品を保温した含浸槽に移す。
- (5)含浸槽に高級アルコールを1ヶ月間添加し続け、濃度を段階的に上げる。
- (6)約1ヶ月間で高級アルコール濃度を100%にし、その状態で1ヶ月間、保温する。
- (7)漆塗り木製品を高級アルコールの溶融液から取り出し冷却する。
- (8)漆塗り木製品の表面を洗浄して木質感を出す。

3. 漆塗木製品の材質と漆塗装について

木製品の材質：すべての木製品について樹種を調査したわけではないが、漆塗り木製馬や木製牛の大部分はクスノキ属であることが明らかになった。

漆塗装：漆塗り木製馬には黒色の漆塗装が全面に残っているが、木桶や木牛などは痕跡

程度に漆が残るのみであった。木製馬では下地を施さずに直接漆を2層塗布していた。

4. 今後の予定

本研究は当初3年計画で実験を開始したが、2003年のSARSの拡大などで実験が遅れがちになっている。2004年度に完形の漆塗り木製馬の保存処理実験を行う予定である。

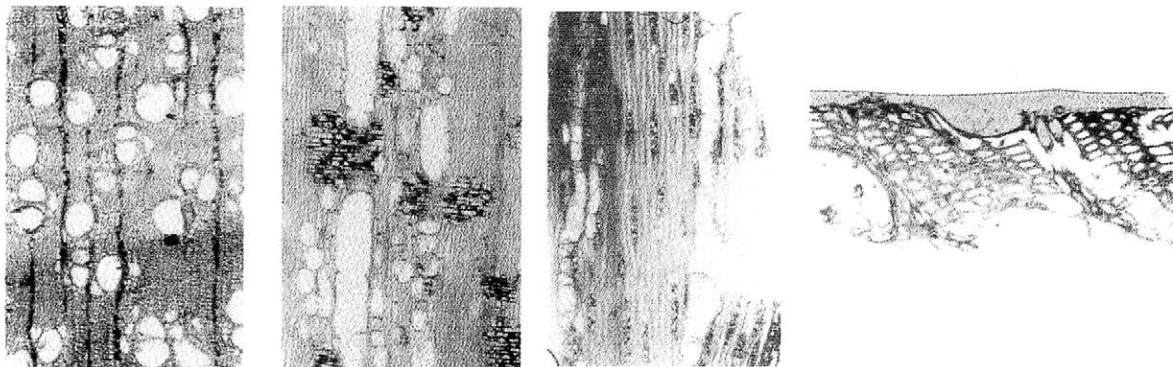


写真1 木製馬木口面 写真2 木製馬柱目面 写真3 木製馬板目面 写真4 木製馬漆塗装断面

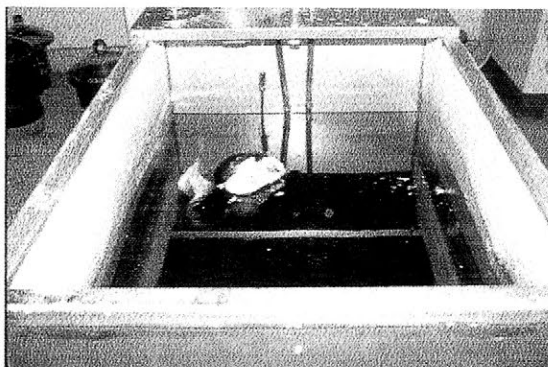


写真5 四川省文物考古研究所内に設置した含浸槽

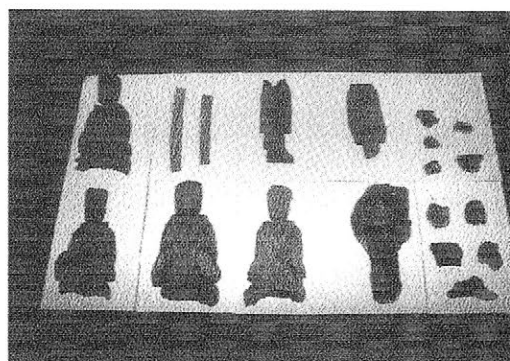


写真6 1回目の保存処理遺物全景(処理後)



写真7 2回目の保存処理(漆塗り木製馬・処理後)

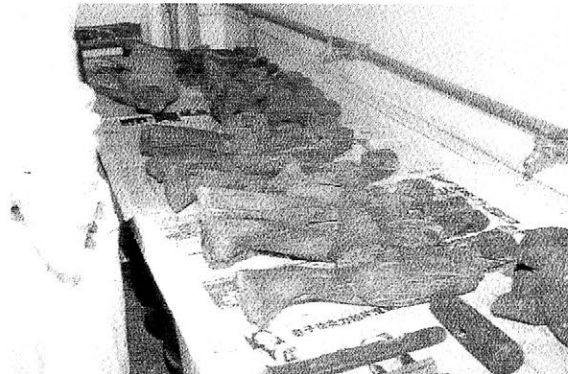


写真4 2回目の保存処理遺物(処理後)

本研究は平成14年度科学研究費補助金(基盤研究(B)海外2、課題番号14401036)、平成14年度三菱財団・人文科学研究助成金、平成15年度平和中島財団・アジア地域重点学術研究助成金の一部によるものである。

保存処理後遺物の経年調査（４）

○伊藤 健司・藤田 浩明・植田 直見（財団法人 元興寺文化財研究所）

1. はじめに

本調査は、2000年度に全国の公共団体・外郭団体などを対象として、1987年以降に保存処理を実施した遺物を中心に、送付または聞き取りで基本的な調査票を作成しデータ化を計った。

次に、作成した調査票データに基づき、2004年度までの4か年を年度ごとに現地調査地区を設定し、すでに変化が生じているまたはその可能性があるかと判断した遺物を中心に実態調査を実施したが、回答のあった調査結果から緊急に調査を必要とすると判断したときには年度の関係なく優先的に調査を行なった。

現地ではその変化の要因を保存処理担当者、発掘調査担当者や学芸員などとともに詳細な検討を加え、追加データを調査票に記入した。さらに変化の可能性がある遺物で改善が可能であれば極力その場で処置を実施した。またすでに遺物に変化が生じている場合は、細部の詳細な状況を把握し原因を追求する必要があり、可能であればサンプルを採取し分析結果も含めデータの収集を図った。

あわせて、新たな保存処理方法や技術を用いた保存処理後遺物の変化の有無を含めて長期安定性を確認する調査も並行して行なった。

2. 調査の目的

(1)保存処理後遺物の変化の要因の検討

変化が生じた要因として、以下の五つに区分した。

I 保存処理方法

処理方法自体の問題、処理工程、使用する樹脂・薬剤の選択など

II 展示・保管環境

温湿度管理、直射日光、建物構造、収納方法、展示クロスなど

III 取扱い

あて材・保護材の有無、梱包材の使用方法・種類、梱包の方法など

IV その他

遺物自体や樹脂・薬剤などの劣化、接着・復元の不備、遺物自体への彩色など

V I～IVが複合したもの

(2)新たな保存処理方法や技術を用いた保存処理後遺物の長期安定性

木製品の場合は、近年開発された低分子量の薬剤などを利用する糖アルコール法・高級アルコール法・脂肪酸エステル法で処理した遺物の長期安定性を調査する。

金属製品の場合は新たに開発された強化・防錆用樹脂であるアクリル樹脂（パラロイド NAD-10）に代わりアクリル・フッ素共重合樹脂（Vフロン）を使用した遺物の長期安定性を調査する。

3. 研究成果

調査点数などのデータを精査し検討、確認中であるため数値は変動する可能性はあるが、現在の時点のデータでは約8,500点の調査を行い、約1,300点に何らかの変化が生じていた。保存処理方法に関係すると考えられる点数は約220点で全体の約3%であった。以下に代表的な変化の事例をあげる。

Iについては、近年開発された木製品の処理方法で、低分子の薬剤を用いて保存処理した遺物の中に、表面に白色や透明の結晶が析出する例や復元部の彩色にカルシウム塩が析出するなどの例が殆どであった。金属製品は鋳造品を中心に防錆不良にともなう錆汁やクラックが認められた。

IIについては、設備的な制約のため空調や温湿度管理がなされていないか、設備はあっても時間や季節により稼働させる機関に樹脂・薬剤の染み出しなどが見られる傾向があった。さらに場所的な制約のため処理後遺物の上に遺物を載せたり、コンテナに収め積上げたり、返却後の梱包のままであったりしたことにより通気性が失われた結果、本体や彩色部の変色やべとつきなどの例が認められた。金属製品に使用した樹脂とビニルクロスや発泡ウレタンなどが癒着する例も見られた。

IIIについては、遺物の事前確認を怠ったことにより不用意な移動や持ち方に起因すると考えられる折損や破損の例が残念ながら多かった。また薄い遺物、立体的な遺物や脆弱な遺物にあて材や保護材を用いなかったために折損している例もあった。

IVについては、稀ではあるが不用意な接着・復元で歪みやズレが生じていた。また遺物のうえに水滴が落下したため変色した例や復元・補填部への彩色は当然であるが、許し難い行為であるが遺物自体に直接彩色をしている例が確認できた。

Vについては、I + II、II + III、I + II + IIIの要因の変化が多く、樹脂などの劣化により遺物の破損や復元部の樹脂が軟化し剥れた例があった。

現在のところでは、木製品に低分子量の薬剤を用いた処理した遺物は、処理終了後の寸法変化は確認できず現状では安定性があると判断する。ただ遺物自体に影響はないものの表面に低分子量の薬剤が析出する点は今後改良していく余地があろう。金属製品におけるアクリル・フッ素共重合樹脂は一部に新たな錆の発生が認められるものの安定性はあると判断した。

4. まとめにかえて

調査を進める中で、保存処理担当者が配属されていない機関で資料管理担当者のもとでは保存処理に関する記録がほとんどなく、処理方法はもとより工程、使用樹脂や薬品などの詳細な情報が把握できない機関が多かった。II以下の要因による変化した遺物は、①資料管理担当者の保存処理への理解、②処理記録の重要性の認識、③保存処理担当者または機関からの保存処理上の長所・短所や予想される問題点、使用する樹脂・薬剤の特性などのほか、処理後の保管管理方法、取扱いなどの詳細な説明があれば、このような変化はある程度は未然に防げると確信する。

ただ同一処理方法・処理年度に共通する変化や処理年度に関わらず鋳造品に生じる変化などのIの要因に起因する問題は、今後保存科学研究者や保存処理担当者により解明すべき点である。

なお、本研究は、平成12～15年度科学研究費補助金基盤研究(A)(2)「保存処理後遺物の経年調査」(研究代表者伊藤健司 課題番号12308008)の成果の一部である。

発掘現場における水浸出土木材の First Aid—出土木材の乾燥メカニズム—

○ 渡辺淑恵(東北芸術工科大学大学院), 松井敏也(筑波大学大学院)

大山幹成(東北大学大学院理学研究科附属植物園), 松田泰典(東北芸術工科大学大学院)

1 はじめに

過剰に水分を含んだ状態で出土する木製遺物は発掘後、ただちに収縮変形が引き起こされる。従来、発掘担当者はこれを危惧し多様な対策を講じてはいるが、それに科学的な裏づけは無く、経験によりなされていることが多い現状にある。調査後、室内へ移管された後に保存科学的処理が行なわれ、形状の安定化が図られている。室内へ移管後の保存処理に関しては、これまでにほぼその手法は確立されてきている。しかしながら、発掘調査において調査期間終了までの数週間、木製遺物は湿潤の土壌と一部で接した状態で置かれることが多い。遺物の変化は出土直後から始まり室内に移管されるまでの間にも確実に進行すると考えられる。

本研究では発掘調査期間中の出土木材の形状をモニタリングし、その挙動を明らかにすることで収縮変形を引き起こす要因を抑制することを目的とする。

2 出土木材の収縮挙動

[発掘現場での測定]

調査地：天童市域の6世紀頃の遺跡

期間：①2002年5-6月 ②2002年8-9月

試料：同遺跡から発掘された出土直後のハンノキ(含水率419%)

方法：出土したハンノキを切断後、接線、放射、繊維方向にピンを

さし(Fig. 1)、土壌に接したままの状態でもノギスにより寸法を1ヶ月間測定

[室内での測定]

試料：発掘現場での測定と同一材(出土直後にサンプリング)

方法：接線、放射、繊維方向にピンをさし、室内(35°C・18RH%)でノギスにより寸法を測定

試料に水分の供給は無い状態で乾燥させた

[結果と考察]

Fig. 2 に発掘現場での寸法の経時変化を示した。繊維方向は200時間(8日後)までに接線、放射方向に先行して大きく収縮することが明らかになった。同遺跡で8-9月に行なった2回目の調査でも同様の結果であった。

Table 1 には、発掘現場と室内での収縮比を示した。また、飽水状態にした現生材のハンノキを室内で乾燥させた収縮比を併せて示した。発掘現場での収縮は、同一材を室内で乾燥させた場合と比較して、繊維方向の収縮が大きいことが明らかとなった。木材の繊維はセルロースやヘミセル

ロースが連鎖した高分子である。繊維方向は成長方向ともいわれ、収縮には高い抵抗性を示し、現生材では接線方向の収縮率と比較して1/10から1/5の収縮を示す。今回の発掘現場での測定では接線方向よりも繊維方向の収縮が大きい結果を得た。サンプリングし、室内で測定した出土木材は従来の研究成

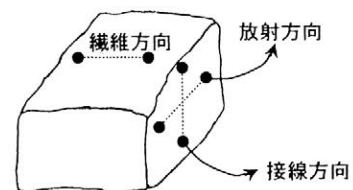


Fig. 1 ピンの位置(発掘現場)

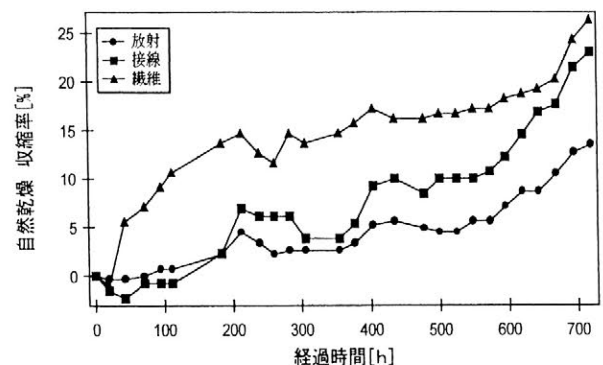


Fig. 2 発掘調査現場での収縮挙動

は木材に関する既存の研究には報告例が無く、出土木材に特有の現象であると捉えることができる。そして、発掘現場と室内での収縮挙動が異なる原因は乾燥時における水分供給の有無が最も大きいと考えられた。

乾燥時に生じる出土木材の収縮は、木材内部の水分移動による表面張力が引き起こすとされている。水分移動を左右する要因として、発掘現場の環境(温湿度, 風, 照度, 水分供給の有無)や木材の出土状況(木取り, 検出面に対する繊維方向の向き, 大きさ, 含水率)などが考えられる。収縮はこれらの要因が総合的に関与して生じており、今後その影響の大きさなどを調査する必要がある。

Table 1 異なる乾燥条件での収縮比

測定環境	木材	接線方向	放射方向	繊維方向
発掘現場	出土材(ハンノキ)	10	5.9	11.8
室内(35℃・18RH%)	出土材(ハンノキ)	10	6.3	2.5~4.4
室内(35℃・18RH%)	現生材(ハンノキ)	10	5.7	1.4~1.9

3 出土木材の乾燥時の水分移動

これまでの実験結果から、本研究では予想される収縮要因の中から水分供給の有無, 検出面に対する繊維方向の向きに着目し乾燥メカニズムの解明を行なう。乾燥過程において木材に含まれた水分の移動を追うことで乾燥面の移行がわかり、乾燥メカニズムの解明が可能になると考える。実験方法は次の通りである。

試料：飽水状態にした現生木材(ハンノキ, 含水率 195%, 6×6×6 cm)

方法：25℃, 45%RH で乾燥させ、時間毎(0,3,6,15,20,80 時間)に取り出し

27 個に切断し各部位の含水率を測定。試料の置き方は繊維方向—水平(水分供給：有,無), 繊維方向—垂直(水分供給：有,無)の 4 パターンとした。0 時間における木材の含水率を 100 として各時間の含水率をグラフにプロットする。プロットした点は減衰曲線($y = a \cdot e^{-kx} + c$)で近似した。k の値が大きいほど速く水分が移動することを示す。

結果：Fig. 3 に繊維方向—水平,水分供給無の試料底部(Fig. 4 実線部)の挙動を示した。A,B,C の部位では、中央の部位 B が最も速く水分が移動しているが、最終の含水率は一番大きいことがわかった。今後、他のパターンも併せて解析する予定である。

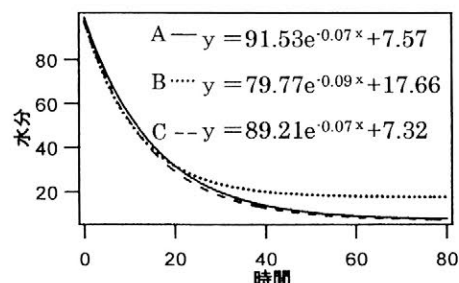


Fig. 3 含水率の経時変化

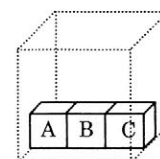


Fig. 4 サンプル位置

4 まとめ

出土木材の収縮挙動は発掘現場と室内では異なることがわかった。これは、乾燥時に水分が供給されることが原因と思われる。すなわち発掘現場で適切な処置を行わなければ収縮変形した形状で取り上げられ保存処理されることになる。出土木材の乾燥メカニズムを明らかにすることで発掘現場における適切な First Aid を行なうことができ、出土木材を出土時の形状を保ったまま保存できると考える。また、出土木材の乾燥メカニズムが解明されることにより保存処理における乾燥方法についても提言できるかもしれない。First Aid に関しては水分蒸発を抑制するための素材、薬剤に関するデータ収集と試行を行なっている。

謝辞

本研究の遂行にあたり、天童市教育委員会、山形市教育委員会には多大なるご協力を頂きました。ここに感謝致します。

乾燥中の出土木材の AE 波伝搬特性

奈良部善之*、築瀬佳之*、○藤井義久*、奥村正悟*、高妻洋成**、肥塚隆保**

(*京都大学大学院農学研究科・** (独)文化財研究所奈良文化財研究所)

1. 緒 言

水浸出土木材を PEG 等の樹脂の注入や乾燥によって保存処理する際、材料内に温度、含水率や樹脂濃度の分布に大きな差が生じると、割れ、落ち込み、ねじれや反りなどの損傷が生じることがある。またこれらの損傷は注入や乾燥条件を急激に変更した時に起きやすいため、一般に貴重な出土木材の処理は、非常に緩やかな条件で長時間にわたって行われる。しかし現実には処理時間は、可能な限り短い方が望ましく、損傷を起こすことなくできるだけ処理効率を高めることが望まれている。

これまで損傷を防ぐ方法として、処理中の木材から発生するアコースティック・エミッション (以下 AE) を検出し、事前に損傷の徴候を捉える方法を検討してきた (前回大会で発表)。AE 波 (弾性波) は、一般には材料内の微小な破壊や変形によって発生するが、処理中の出土木材においては、材料の膨潤・収縮変形や破壊、それらによって生じる摩擦のほか、材内での水分や溶媒の移動などによって発生すると考えられる。しかしその発生機構や振動モード等には不明な点が多い。さらに材料中の AE 波の減衰をはじめとする伝搬特性についても不明な点が多く、特に乾燥過程のように材料の物性が処理中に塑性、弾塑性から弾性に変化しながら、含水率が低下していく状況では、減衰特性そのものが時間とともに変化していくと考えられる。

これらの伝搬特性は AE モニタリングを適用するにあたって、例えばセンサの監視領域を特定する際には非常に重要な情報である。本研究では、乾燥中の健全材および出土木材の AE 波の減衰特性を、擬似 AE 波を用いた簡単な実験によって評価した。

2. 実 験

実験 1. 木材中の AE の距離減衰を調べるためにヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の気乾材及びスギ (*Cryptomeria Japonica*)・クリ (*Castanea Creneta*) の気乾材と飽水材から 15 (*T*: 接線方向) × 15 (*R*: 半径方向) × 20, 50, 100, 200, 300 (*L*: 繊維方向) mm の試料を作製した。木口面に圧電素子を設置して、ファンクションシenseサイザで電圧 (30V_{p-p}) を加えることにより擬似 AE 波を発生させ、他方の木口面で加速度ピックアップを用いて到達した AE 波を検出した (図 1)。ヒノキに関しては加速度ピックアップの設置面を木口面以外で側面にも設置して検出を試みた。更に、同様の試験を出土木材 (スギ・クリ) についても行い、健全材の結果と比較した。但し、繊維方向の長さは最大で健全材試料の半分まで (20, 50, 100, 150mm) とした。

実験 2. 木材中の AE 伝搬能の含水率に伴う変化を調べるため、スギ・クリの健全材 (飽水材) と出土木材 (すべて 15 (*T*) × 15 (*R*) × 100 (*L*) mm) を恒温恒湿器内で乾燥させ、2 時間毎に実験 1 と同様の方法で AE の減衰を調べた。乾燥終了後に試料の絶乾重量を求め、各測定時点での含水率を計算した。

3. 結果

図2に擬似 AE 波の距離減衰の示す。検出波の振幅は距離と共に低下したが、その割合は、健全材より出土材の方が、また断面のより大きな材料の方が、さらに乾燥材よりも飽水材の方が大きかった。大断面の材料の方が減衰が大きいのは、距離減衰に比べて拡散減衰が優勢になるためと考えられる。一方、飽水材や出土材では、細胞壁や内腔に含まれる AE 波のエネルギーが伝搬中に吸収され減衰が生じるものと思われる。出土材について樹種によって減衰に差があるのは、樹種特性とも考えられるが、木取り、含水率の差、劣化度の差なども大きく影響していると考えられる。

図3に乾燥による含水率の減少に伴う検出 AE 波の振幅の変化を示す。乾燥が進むにつれて、振幅は大きくなるが、その割合は出土材より健全材でより大きかった。出土材では乾燥終盤で急激に振幅が大きくなる傾向が見られた。これには乾燥中の収縮による木材の物性の変化や、伝搬距離の減少があるためと考えられる。

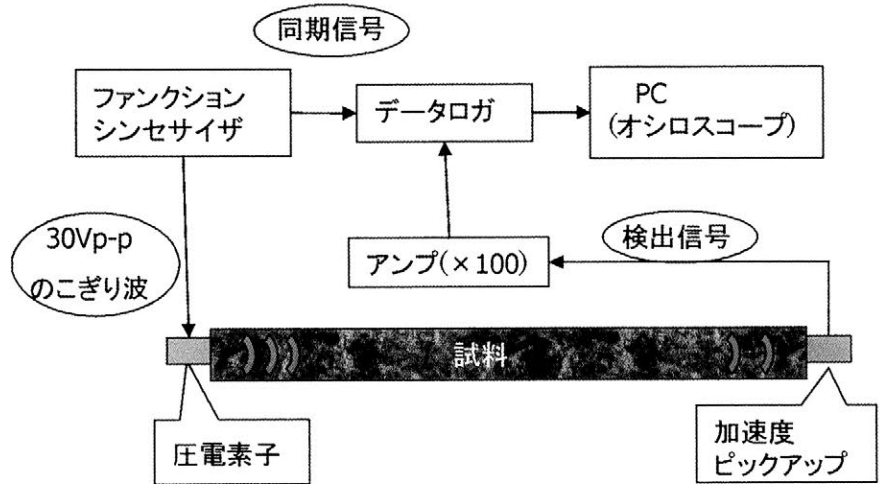


図1 擬似 AE 波の検出実験

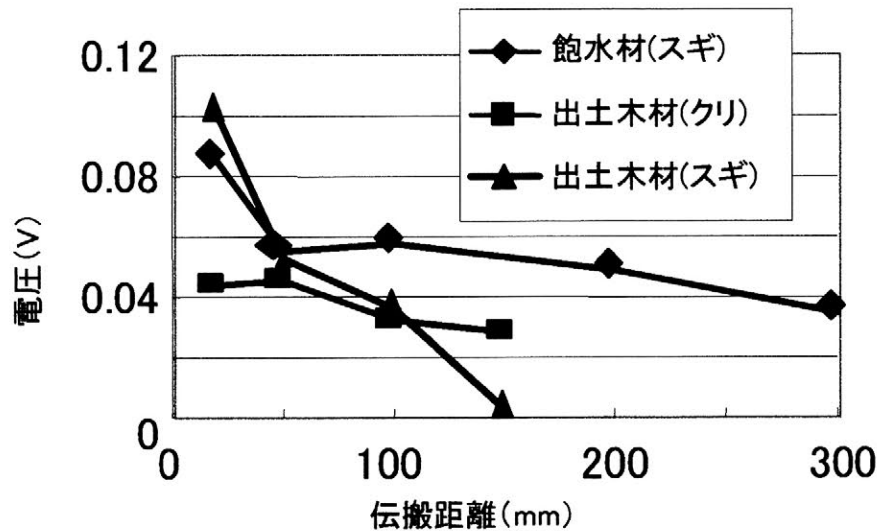


図2 擬似 AE 波の距離減衰

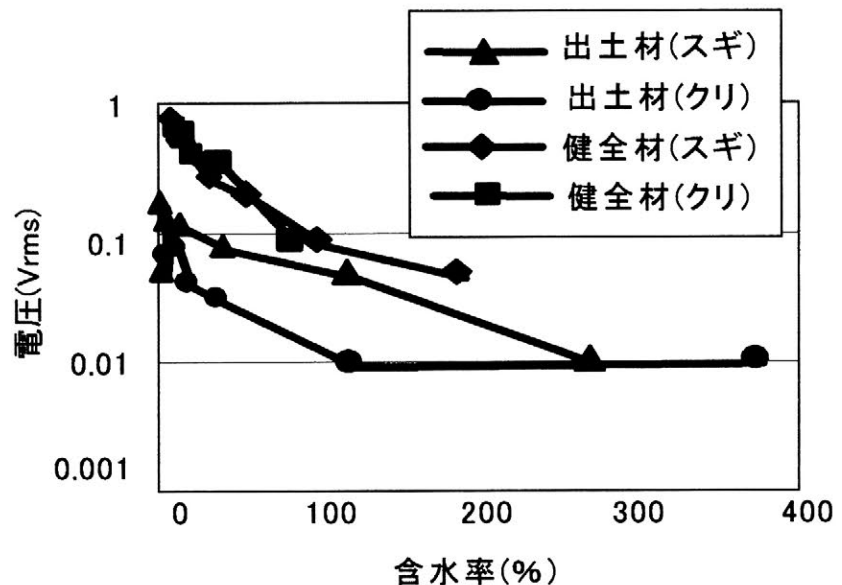


図3 含水率変化と電圧との関係

FCR を利用した木材試料の研究

○東京芸術大学 松島朝秀
東京文化財研究所 三浦定俊

1. はじめに

FCR(Fuji Computed Radiography)は、イメージングプレート(Imaging Plate: IP)を使用して X線画像を得、ガンマ値などの画像パラメーターを一定にしてその画像を出力できる特徴がある。これはわずかな現像条件の違いによって黒化度が変化する X線フィルムに比べて大きな利点で、文化財材料の厚みや密度の比較をより正確に行うことができる。木材 58 種を試料とし、板目面、木口面、早材部、晩材部の比較をした結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

国内外の針葉樹、広葉樹の木片試料 58 種

板目面：(150mm×100mm×10mm 厚み)

木口面・早材部・晩材部：(100mm×10mm×10mm 厚み)

表1 実験に用いた木材試料の樹種と気乾密度(g/cm³)

種類	科目	気乾密度	種類	科目	気乾密度	種類	科目	気乾密度	種類	科目	気乾密度
キリ	広葉樹	0.27	タモ	針葉樹	0.55	アガチス	広葉樹	0.64	クワ	広葉樹	0.79
ヒノキ	広葉樹	0.36	クス	広葉樹	0.55	シオジ	針葉樹	0.64	カバ	針葉樹	0.80
カラントス	針葉樹	0.37	クルミ	広葉樹	0.55	ミズキ	広葉樹	0.65	カエデ	広葉樹	0.80
秋田杉	広葉樹	0.40	カツラ	広葉樹	0.55	ホソディラスマホガニー	広葉樹	0.66	エンジュ	広葉樹	0.80
ヤナギ	広葉樹	0.41	トチ	針葉樹	0.56	マホガニー	広葉樹	0.67	レッドオーク	広葉樹	0.81
イチヨウ	針葉樹	0.45	米松	広葉樹	0.56	チーク	針葉樹	0.68	パドック	広葉樹	0.83
シナ	広葉樹	0.45	ヒバ	広葉樹	0.57	ケヤキ	広葉樹	0.70	クロガキ	広葉樹	0.85
ヒバ	広葉樹	0.46	タイワンクス	広葉樹	0.58	ビーチ	広葉樹	0.72	ナラ	針葉樹	0.87
姫小松	広葉樹	0.47	エノキ	広葉樹	0.58	メープル	広葉樹	0.73	カリン	広葉樹	0.89
キハダ	広葉樹	0.49	神代ケヤキ	広葉樹	0.59	ブナ	広葉樹	0.74	タガヤサン	広葉樹	0.92
カヤ	広葉樹	0.50	クリ	針葉樹	0.59	ホホワイトオーク	広葉樹	0.74	カシ	広葉樹	0.98
米松	広葉樹	0.52	カラマツ	広葉樹	0.60	イチイ	広葉樹	0.74	アカガシ	広葉樹	1.00
ポプラ	広葉樹	0.53	ニヤトー	針葉樹	0.61	オールナット	広葉樹	0.76	ツゲ	広葉樹	1.05
セン	広葉樹	0.54	ツガ	広葉樹	0.61	ツバキ	広葉樹	0.77	シタン	広葉樹	1.15
ホオ	広葉樹	0.55	スプルス	広葉樹	0.62	マコレ	広葉樹	0.78	コクタン	広葉樹	1.21

2.2 撮影方法

X線管球：MG165(最大管電圧160kV、フィリップス)

撮影条件：管電圧30kV、管電流3mA、照射時間10sec、照射距離150cm

感光体：イメージングプレート(ST-VI Type、富士フィルム)

IP画像読取装置：FCR(AC-5、富士フィルム)

黒化度(X線透過濃度)測定：FCR(VF-C1、富士フィルム)

3. 結果と考察

表1に示した試料を板目面、木口面の2方向から撮影した。IPの読み取り条件はアクリル製くさびを基準にして、階調処理パラメーターや周波数処理パラメーターを一定にして行った。IPの読み取り精度は約0.001mmである。黒化度の計測は撮影した画像からVF-C1のROI内統計測定で行った。前回の研究からX線の透過率は木材の気乾密度に比例することがわかったので、気乾密度を横軸にとり黒化度を示した。

板目面の計測面積は150mm×100mm、木口面の計測面積は100mm×10mmで行い計測面積全体の濃度平均値をとった。図1に示した結果をみると木口面と板目面の平均黒化度には大きな違いはなくX線の透過率は木口面、板目面に関係なく気乾密度に比例することがわかった。

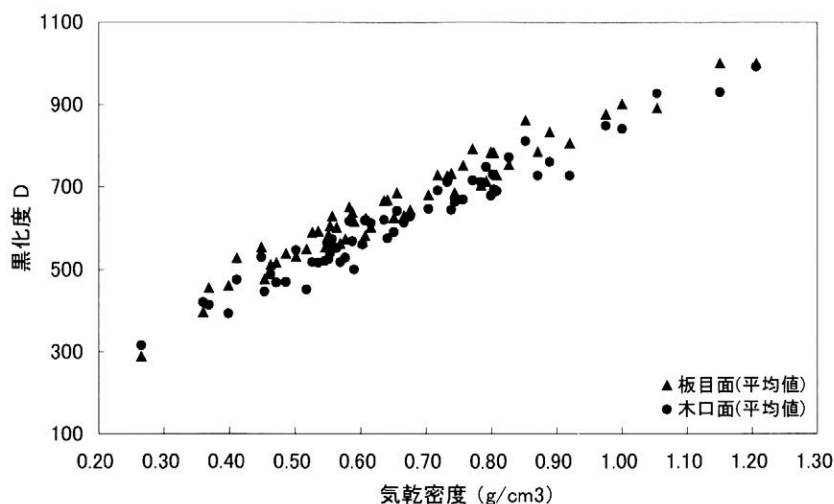


図1 FCR画像による小口面、板目面の黒化度平均値の比較

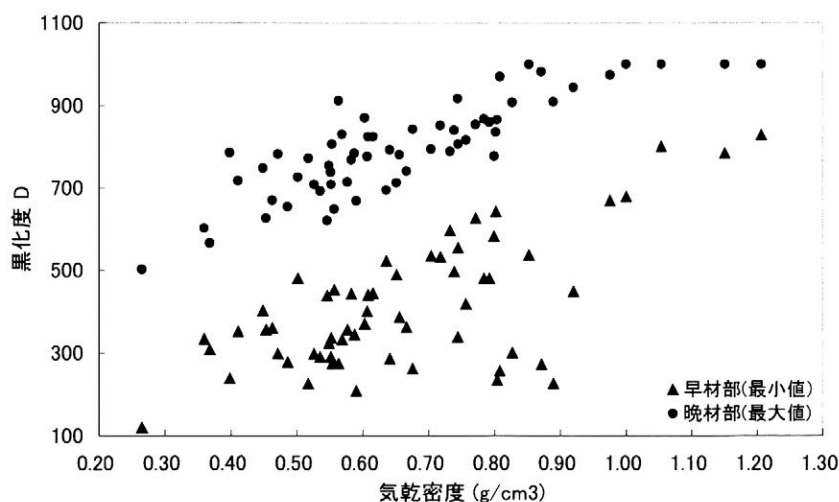


図2 FCR画像による早材部、晩材部の黒化度の比較（木口面）

早材部、晩材部の測定は小口面の 100mm×10mm の計測面積で行い、画像上で黒化度の最小検出濃度が早材部、最大検出濃度が晩材部に対応していることを確認した上で、最小検出濃度、最大検出濃度の値をそれぞれ早材部、晩材部とした。厚みのある試料では樹種によっては X 線画像上で早材部、晩材部が重なってしまうが、本実験は各試料の厚みが 10mm と薄いので、X 線画像上で早材部、晩材部が明確に区別ができる。図 2 に示した結果からいずれの樹種においても早材部、晩材部の黒化度がはっきりと分かれており、いずれも気乾密度と相関があるが、早材部の方がバラつきが大きいことがわかった。

4. まとめ

FCR を利用して木材試料の気乾密度と X 線透過濃度(黒化度)の相関を見ることができた。この実験の結果から、IP の黒化度を用いれば板目方向、柾目方向、木口方向からの X 線透過が混在している状態でも、木材の気乾密度を推定できる可能性があることがわかった。今後は以上の結果を文化財資料の調査に利用できるよう研究したい。

謝辞

本研究で用いた木材試料は東京文化財研究所修復技術部 加藤寛氏より提供を受けた。ここに記して感謝致します。

薬剤含浸処理した資料の接着の力学的研究（3）

○川本耕三*・江野朋子*・藤原千沙*・山岡奈美恵*・中村晋也**

（*財団法人 元興寺文化財研究所・**金沢学院大学）

0. はじめに

これまでに、出土木製品の保存処理に用いるエポキシ樹脂系接着剤・補填剤やシアノアクリレート系接着剤の接着強度が、ポリエチレングリコール含浸法や脂肪酸エステル法によって処理後、木器に残存する薬剤成分により低下すること等を報告した。

本発表では鉄器・土器・石材で用いるエポキシ樹脂系接着剤・補填剤が保存処理で用いる薬剤と接触することによっておこる樹脂強度の変化について報告する。

1. 実験

・シート状に硬化させた接着剤・充填剤の打抜き剪断強度

鉄器・土器・石材の保存処理に用いるエポキシ樹脂系接着剤・充填剤を約 1mm 厚のシート状に硬化させ、一片 50mm の正方形に切断し、各種薬剤に 1 週間浸漬し試料とした。この試料の色を分光測色計で測定後、JIS K 7214（プラスチックの打抜きによるせん断試験方法）に準じて、打抜き剪断試験を行った。

① 鉄器

ハイスーパー5（セメダイン（株））、ハイスーパー30（同）で試料板を作製し、樹脂については、パラロイド B72（ローム・アンド・ハース社）の 13%キシレン溶液、L-559（日東製油（株））、Vフロンの 3 種類、溶剤についてはアセトン、酢酸エチルの 2 種類、および純水にそれぞれ浸漬した。

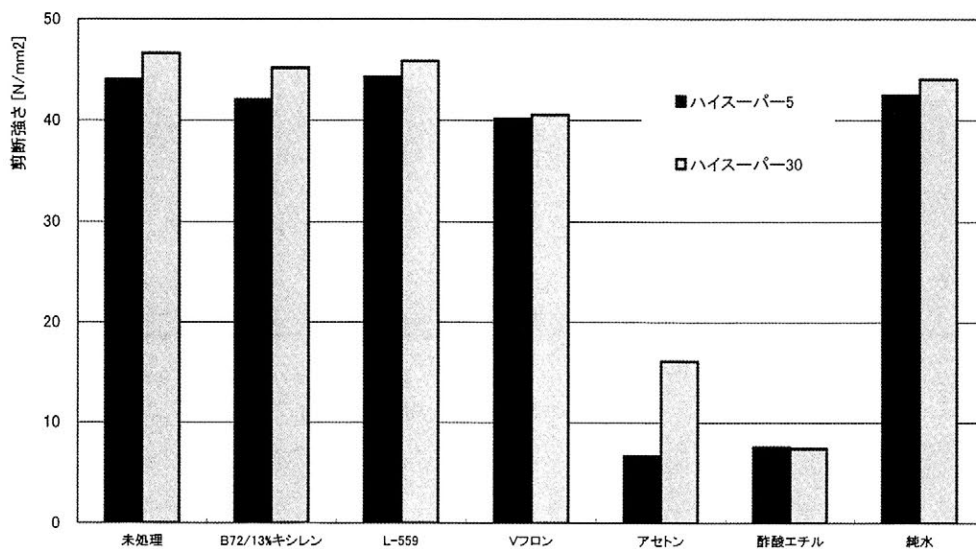


図 薬剤に7日間浸漬した樹脂の打抜き剪断試験結果(1)

なお、ハイスーパー30の硬化物をエタノールに浸漬すると著しく強度低下することは前回報告した。

② 土器

アラルダイト XN1264A(B) (チバ・スペシヤリティ・ケミカルズ (株)) と同 XNR6504 (同) をアセトン、エタノール、水にそれぞれ浸漬した。

③ 石材

ボンド K モルタル (コニシ (株)) は野外の降雨を想定し、水に浸漬した。

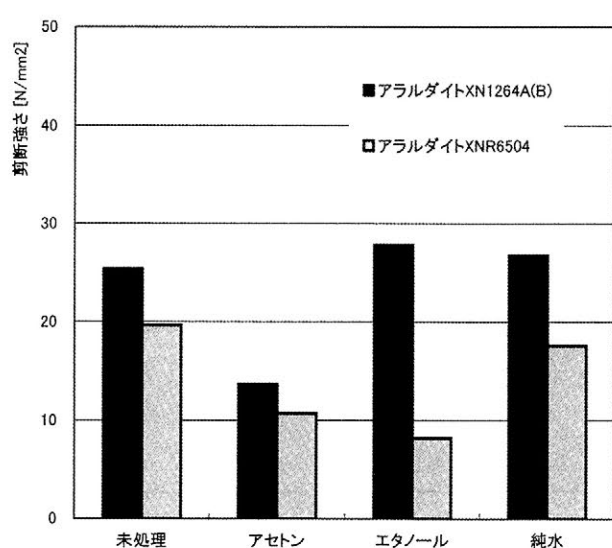


図 薬剤に7日間浸漬した樹脂の打抜き剪断試験結果(2)

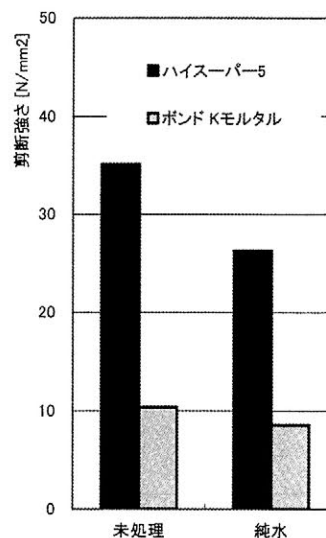


図 薬剤に7日間浸漬した樹脂の打抜き剪断試験結果(3)

2. 結果と考察

ハイスーパー5、30の樹脂硬化物を比べると、どちらも薬剤に対して同じような変化を示し、後者の強度が大きい。両者はキシレン、石油系溶剤（無極性溶剤）に浸漬すると強度低下は少ないが、アセトン、酢酸エチル（、エタノール）（極性溶剤）には強度低下が大きい。浸漬終了後約1ヶ月後の外観変化をみると、アセトンに浸漬したものは黄変し多数の亀裂が走り、酢酸エチルに浸漬したものは青味を帯びている。

アラルダイト XN1264A(B)と同 XNR6504 は土器の修復で用いているが、処理の際用いる溶剤等によって樹脂の強度が低下することが確認できた。

石材処理に用いるボンド K モルタルの硬化物は水分により強度がやや低下した。野外を考えると太陽による光劣化、温度変化による強度低下を調べなくてはならない。

3. 今後の課題

今回は強度測定と並行して、熱力学的・物理的な性質の変化を示差熱重量同時測定装置で、化学構造の変化をフーリエ変換型赤外吸収分光光度計で測定している。次回には発表できるよう解析を進めていきたい。

出土鉄製品に見られるさびとその情報 1 ～新潟県黒田古墳群出土鉄製品～

○ 松井敏也（筑波大学大学院），三ツ井朋子（新潟県埋蔵文化財調査事業団），
渡辺淑恵（東北芸術工科大学大学院）

【はじめに】

出土する鉄製品のさびの除去作業は，保存される形状を決定することであり，その後の学術的活用や展示活用の際に見る者へ大きな影響を与える．現在さびの除去に対しては，“悪性（進行性）のさび”の除去をできるだけ行うことになっているが，悪性のさびの識別方法などに関しては形態学的分類による診断と腐食要因の推定が可能になりつつある^{1,2)}．しかし，これではさびの表面の情報のみによる診断を頼っており，内部で進行するさびの構造については未だ明らかになっていない部分が多い．

本研究はさびの除去とさびの構造について調査を行ない，さびの除去作業におけるガイドラインの構築を目指すものである．また，脱塩処理前後におけるさびの構造の変化を明らかにし，その評価を行なう．

【評価方法】

試料は新潟県黒田古墳群から出土した鉄製品表面に見られたさび瘤である．これらのさび瘤は保存処理の工程で考古学および保存科学的見地より除去されるべきだと判断されたものである．これらさび瘤内に観察された腐食生成物の観察を行なった後に，さびの構造を調査するためにクロスセクションを作成した．一部の試料についてはさびの同定とさびから抽出した無機陰イオンの分析を行なった．

【結果と考察】

① 観察されたさびの構造

調査したさびの構造は大きく3層（外表面層，内層，中間層）からなることが確認できた〔写真1〕．外表面層は砂礫層などを溶出した鉄成分が取り込んでおり脆い．厚さは100 μ m以上である．EDX分析では鉄やアルミニウム，ケイ素などを多く含む．内層は10 μ m前後の層が1層から数層観察できた．これらは層ごとに偏光性を有していた．EDX分析からは鉄と硫黄が多量に検出された．また，外表面層と内層の境界には中間層が存在した．この層は偏光性を有さず，EDX分析では鉄のみを検出し，非常に硬質であった．厚さは200 μ m程で1層から2層から成る．おそらく還元雰囲気中で形成された Fe_3O_4 であると思われる．

各試料の内層表面に生成したさびから採取したさびのXRDおよび可溶性陰イオンの抽出結果を表1に示す．測定陰イオンは塩化物イオン，硫酸イオン，臭化物イオン，フッ化物イオン，硝酸イオン，亜硝酸イオン，リン酸イオンなどである．その結果，塩化物および硫酸イオン以外は検出されなかった．表より1つを除き α - $FeOOH$ と Fe_3O_4 により形成されていることがわかった． α - $FeOOH$ や Fe_3O_4 が多くの塩化物イオンや硫酸イオンを吸着していることがわかる³⁾．一部試料（No.15 B-21）の内層表面のSEM写真を写真2に示す．中央に見えるのは Fe_3O_4 の結晶である．生地（EDX分析からは硫黄が検出された）

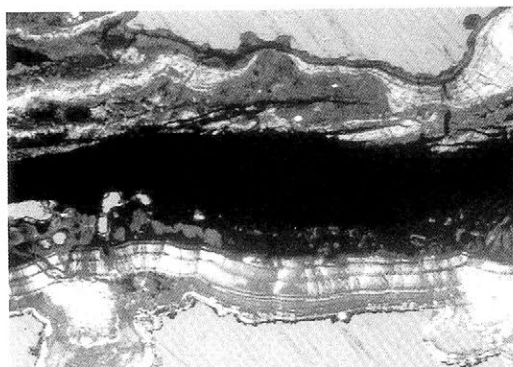


写真1 さびの3層構造（上側が外表面）

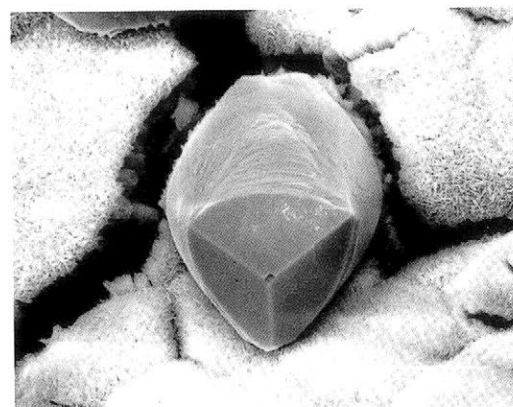


写真2 Fe_3O_4 結晶と硫黄が検出された生地

表1 採取したさび（脱塩処理前）のXRD分析結果と可溶性無機陰イオン（塩化物イオン，硫酸イオン； μ g/g）

	No. 3破片	No. 10	No. 11	No. 11	No. 11	No. 11	No. 15	No. 15	No. 15
		B-1	A-3	A-6	A-9	B-23	A-4	A-18	B-21
XRD	β - $FeOOH$	α - $FeOOH$	Fe_3O_4	Fe_3O_4	α - $FeOOH$	Fe_3O_4	α - $FeOOH$	α - $FeOOH$	Fe_3O_4
			α - $FeOOH$	α - $FeOOH$		α - $FeOOH$			α - $FeOOH$
Cl^-	16309	49	3175	519	5901	171	1027	81	48
SO_4^{2-}	—	225	9761	801	928	—	3612	361	225

この No. 15B-21 試料では塩化物イオンが微量検出されたが、脱塩過程中においては分析装置の検出限界以下の量であった。この試料は断面の EDX 分析により塩素が一部に濃縮していることがわかり、腐食の進行がうかがえた。このようなことから局所的なさびの同定分析による遺物の診断は難しいことが言える。形態学的にさびを分類し、それらに吸着する腐食促進陰イオンである塩化物イオンや硫酸イオンを関連付けてデータベース化することによって、効率的に肉眼や顕微鏡観察などによるさびの評価、診断が行えるであろうと思われる。

② 脱塩前後のさびの構造変化

本研究で用いた脱塩処理方法においては今津氏による脱塩前後の塩化物および硫黄成分量の評価の研究がある⁴⁾。脱塩前後においてクロスセクション試料を作成し、塩化物イオンと硫酸イオンが脱塩された試料のさびの構造変化について調査した。溶出したこれら塩類の量が 1/10 以下に達するまで脱塩を行ったにもかかわらず、さびの構造に変化は見られなかった。脱塩前に観察された 3 層の構造はもとより、偏光性を有した層も光学顕微鏡観察による変化を確認できなかった。 α -FeOOH は本脱塩処理方法においてその結晶構造が変化しないことを確認している。従来、 α -FeOOH などは多量の無機陰イオンを吸着することが知られており³⁾、それを裏付けることになった。一部の試料では、脱塩後に塩化物の増加が見られた箇所が存在した。このことは放出されたイオンが脱塩溶液中に全て溶出するのではなく他の層にも移行する可能性を示しているものと思われ、今後、これら放出イオンの挙動を調査する必要がある。

【さびの構造中に観察された木材組織】

分析に供したさびの構造中に木材組織を確認した(写真 3, 4)。木質成分は失われ、鉄製品から溶出した鉄成分が木材組織中に充填し組織の形態のみが残存している状態であった。厚さは $200\ \mu\text{m}$ ~ $400\ \mu\text{m}$ ほどで、偏光性を有し、組織の特徴から針葉樹であることが明らかとなった。年輪界を確認することができ、柁目方向に木取りがなされていたと考えられた。木材組織の外側には土壌成分が観察できたことから、この木材は鉄剣の鞘の一部であろうことが推定される。このように、さびの構造には鉄製品の表面装飾物質の痕跡を含んでいる可能性があり、木質以外にも漆や繊維なども確認できるであろう。

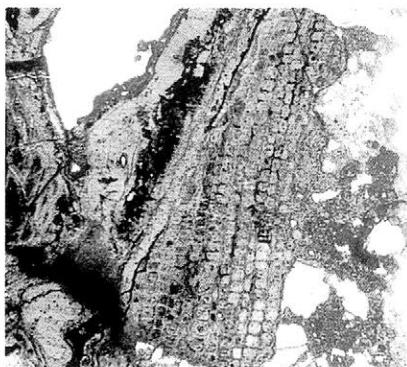


写真3 さびに覆われた木材組織

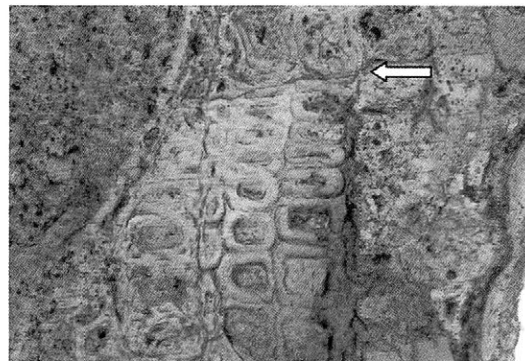


写真4 木材組織の年輪界(矢印部分が年輪界)

【さいごに】

これらの結果からさびの構造は 3 層からなり、中間層に非常に緻密で硬質な Fe_3O_4 層を形成していることがわかった。さびの除去を行う際には表面に確認できるさびのみを除去するのではなく、その下層に存在する多層からなる偏光層を取り除く必要がある。当然のことながら、それによって文化財の形状が大きく異なるなどの変化が生じる場合は除去に検討を要することは言うまでもない。除去されたさびには様々な情報が隠されていることが多い。表面は土壌成分に覆われているが製品表面との間に木質などの痕跡が残存していることがわかった。

【参考文献】

- 1) 松井ら:「日本から出土した鉄製遺物の腐食生成物の形状と腐食促進陰イオン(Cl^- , SO_4^{2-})との関係」, 考古学と自然科学, Vol. 37, pp. 25-36, 1999
- 2) 松井ら:「出土鉄製文化財の保存処理における腐食状態の解明」, 東北芸術工科大学紀要, No. 8, pp. 66-78, 2001
- 3) 金子克美:「古代鉄試料の錆の状態分析」, 国立民俗博物館研究報告, 38, pp. 273-285, 1992
- 4) 今津ら:「金属遺物の脱塩処理-高温高圧脱酸素水による脱塩効果の実例-」, 保存科学研究集会, 奈良国立文化財研究所, pp. 28-32, 1996

文化財診断車による発掘現場での遺物の非破壊診断と遺跡の3Dデジタルアーカイブ

植田直見 ○塚本敏夫 川本耕三 雨森久晃（財団法人元興寺文化財研究所）

1. はじめに

当研究所では(財)日本宝くじ協会助成金により、文化財保存保護啓発広報車として、文化財診断車(シバラ号)および関連機器を導入することができた。導入の目的は、この車で現地に出向き、移動することが困難な文化財の形状、素材、構造、製作技法などの情報を科学的に解明することである。さらに、その結果をもとに今後の保存・修復の方法や保管方法を明らかにして、全国各地の文化財保存・保護事業に寄与できると考えている。

今回は文化財診断車(シバラ号)の紹介とともに、その使用例として、リアルタイムで遺跡・遺物の診断が必要な発掘現場での利用状況を中心に紹介する。

2. 文化財診断車の概要

(1) 車両(シバラ号)

本車両は、精密機器及び貴重な文化財の輸送を考慮し振動を最小限に抑えるエアサスペンションを導入している。同時に防犯安全装置も搭載することによって文化財を盗難や破損などの事故から守ることが可能であり、その仕様は国宝・重要文化財などの輸送に使用されている美術品専用車と同等以上である。

そのほか、3Dデジタルアーカイブシステム計測用の計測スペースを荷台屋上に設けており、計測時には安全対策として可動式の落下防止用フェンスを設置している。また、計測時に車体自体の揺れを防止する装置として、車体を固定するための簡易アウトリガーを設け、不整地での計測を容易にしている。

(車両：日野自動車株式会社製 架装：日通商事株式会社)

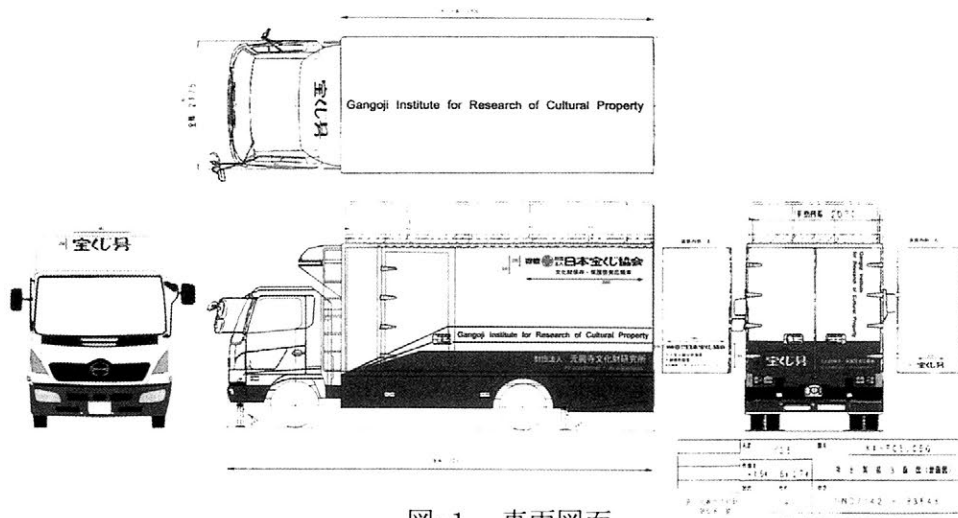


図-1 車両図面

(2) 搭載機器

現在診断車が搭載している機器は、X線検査システム、ケイ光X線分析装置、計測用3Dデジタルアーカイブシステムである。

① X線検査システム

半導体X線検出器を用いた可搬型X線検査システムを搭載している。このシステムの特徴は可搬型であることで、必要とされる遺跡や遺物・資料の保管場所(職場)に出向き、遺物・資料を撮影し、状態の診断ができる。また、このシステムはフィルム撮影と違い現像設備が不要であり、撮影現場においてリアルタイムで遺物・資料の状態を確認することができる。

(エクスロン・インターナショナル株式会社製)

②ケイ光 X 線分析装置

文化財の材質を探ることを目的とする分析装置であり、微小領域に X 線を照射することで資料から放出される固有のケイ光 X 線を検出し、構成する元素を同定し材質を特定する。

この装置の特徴は、測定部が可動する点である。従って、資料の移動を必要としないため、測定する資料の形状をほとんど問わず、多様な文化財の材質分析に適応できる。

今後、各地にある移動が難しい文化財の分析を行うことによって、文化財の基礎研究および保存・保管・修復に有効な基礎データを得ることができるだろう。（アワーズテック株式会社製）

③遺跡計測用 3D デジタルアーカイブシステム

屋外用の高速 3D レーザースキャナーである。複数の反射面を持った回転ポリゴンによってレーザービームを高速角度変化させており、これによって計測の高速化を実現している。また、カラー画像も同時に取ることで、3D データにテクスチャマッピングすることが可能である。

遺跡や建造物の計測にこのシステムを応用することで、再現性のある正確な 3D のデジタルデータとして保存、後世に伝えることができるとともに、劣化しやすい遺物の迅速な取り上げと立体的な出土状況のデータを取得できる。その結果、発掘・整理作業の時間短縮や費用の抑制の実現に大いに寄与するものとする。また、発掘の状況をリアルタイムに発信できることから遠隔地にいながら作業の指示や有識者の助言を受けることなどに役立つであろう。

（リーグル社製）

3. 発掘現場での文化財診断車の利用状況

昨年度は元興寺文化財研究所で発掘調査を行った香川県丸亀市と奈良市西大寺の発掘現場で試験的に行った。ここでは中の池遺跡での事例を報告する。

（1）中の池遺跡での調査の概要

当研究所が丸亀市より委託され発掘を進めていた弥生時代前期の多重環濠集落「中の池遺跡」で、人骨、細型銅剣の一部、材質不明破片が発見された。これらの遺物は溝に投棄されるような状態で出土しており、その出土状況を記録することが急務となり、平成 15 年 10 月初旬に導入の診断車が、機器を積んで 10 月 20 日に現地へ赴いた。知らせを聞いた近隣の人や報道関係者が見守る中、金属破片などを分析し、人骨の出土状況の計測を行った。

（2）中の池遺跡での文化財診断車での調査結果

人骨の 3 次元計測はリアルタイムでその出土状態を記録した。細型銅剣の破片はケイ光 X 線分析の結果、銅・鉛・スズが検出され青銅であることが確認され、不明破片は骨の一部であることが判明した。特に銅剣片であることを確認したことは、四国地方では最も古い細型銅剣である可能性をその場で示すことができ、歴史的にも価値のある分析となった。



写真-1 遺物の分析風景



写真-2 遺跡の計測風景

4. おわりに

今回、(財)日本宝くじ協会助成金により、文化財保存保護啓発広報車として導入した文化財診断車（シバラ号）の概要と発掘現場での利用状況を紹介した。特に、現地でのリアルタイムでの分析・計測が非常に有効であることが実証され、今後の活用が期待される。診断車が搭載する機器類は、今後、より一層の充実を図り、多様な文化財の計測・分析や保存修復に役立てていきたい。

謝辞 尚、中の池遺跡の調査に関して丸亀市教育委員会の東信夫氏のご協力を得た。記して感謝したい。

ベトナム胡朝城城門の3次元レーザー計測

○本田 卓, 郡司英一 (日立エンジニアリング株式会社)
菊池誠一, 阿部百里子, 山本暉久 (昭和女子大学)

1. はじめに

15世紀の都城遺跡ティン・ニャー・ホー（胡朝城）は、ベトナム唯一の石垣城壁をもつ国指定史跡である。城壁は南北長830m、東西長930mの方形で、総延長は3,500mに及び、それぞれの中央に門がある。遺跡全体が良好に保存されており、史跡整備を目的とした調査を2002年度から開始した。

修復のためには、城門と城壁の構造を解析する必要がある。そこで、北門（20m幅×8m高×14m奥行）を対象に、構造に関する基礎データを取得することを目的とした3次元レーザー計測を実施した。

2. 3次元レーザー計測

計測には、表1の仕様をもつ中距離タイプのレーザースキャナーを用いた。門の周辺と上面の約30ヶ所に機器を設置（写真1）し、15時間で1,200万点の点群を取得した。個々のデータは、形状の特徴点を選択して位置合わせした後、同一座標系に統合した。

表1 3次元レーザースキャナーの仕様

計測距離	3.5～10 m
精度	±1.0～±5.0 mm
走査角度	90°（水平）×40°（垂直）
重量	12 kg



写真1 計測状況

3. 結果

統合した3次元点群を基に北門の構造解析を行なった。図1は主要な寸法である。任意の2点間距離やアーチ部円弧半径の計算が可能であり、扉部分など複雑構造の検討には特に有効である。

次に、個々の石材の形状や組み方の把握について検討した。今回の計測に用いた機種では、数mm以下の凹凸や隙間の検出が難しい。したがって、目地が埋まっている部分では、点群から個々の石材を把握することができなかった。しかし、そのような部分でも、被計測物の色や材質の違いに依存するレーザー反射強度あるいはデジタル写真の色情報を重畳することで認識が可能になる。

多くの場合、調査記録として実測図の作成が欠かせない。そこで、デジタル2次元図の作成を試みた。図2は上面図の例である。この2次元図は任意の視点と縮尺率で作ることができ、石のエッジや凹凸を認識できる。門の上面には柱穴の痕跡（20ヶ所）がみられ、上屋があったものと考えられる。柱穴の位置関係や大きさ（径、深さ）など、上屋の規模

を推定するうえで重要な知見を得ることができた。また、断面図は任意位置で作成できる。図3は水平断面図の例である。さらに、ポリゴンモデルを作り、体積計算や3次元画像の作成なども試みた。

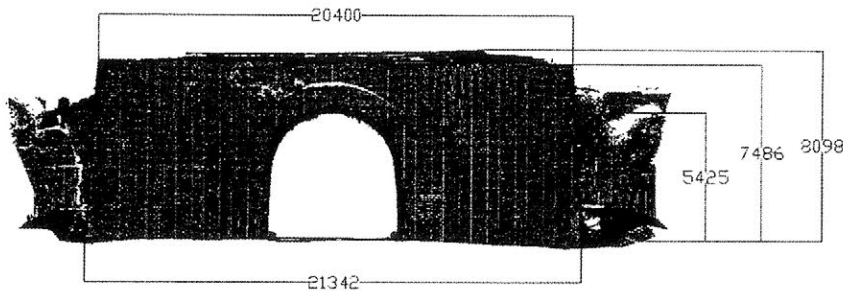


図1 北門の主要寸法 (mm)

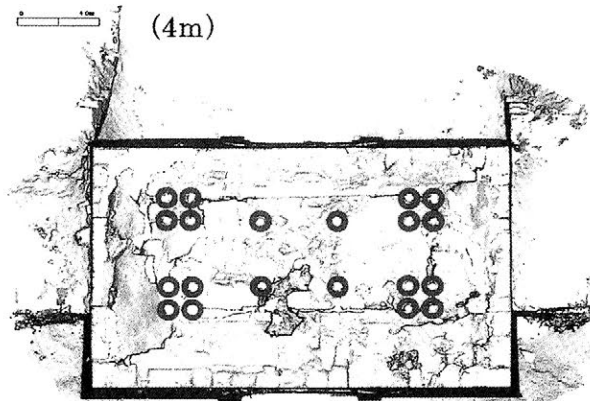


図2 上面図
(○：柱穴位置)

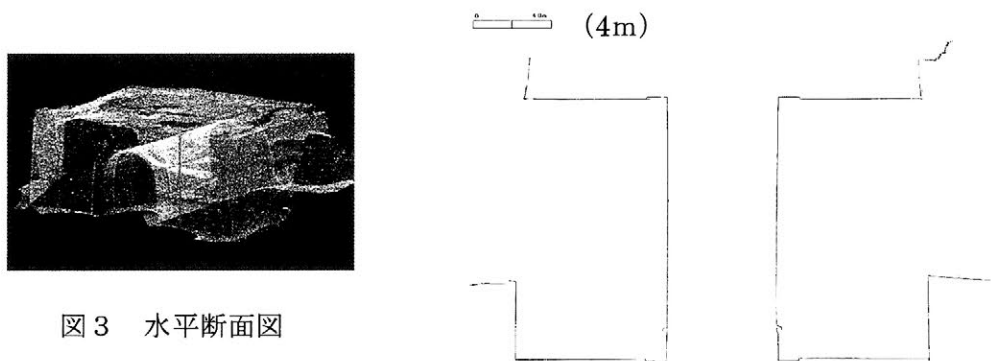


図3 水平断面図

4. おわりに

3次元レーザー計測は現況（特に、複雑構造）を短時間で詳細に計測できる利点がある。用いる機種により計測距離、精度などが異なるため、目的に合わせた機種選定が必要である。対象物が大きい場合、全体形状の把握に長距離タイプ（～50m）を用いれば、計測時間を短縮することができる。また、扉部分など詳細構造の把握が必要な部分に対しては、短距離タイプ（～1m、精度±1mm以下）が有効である。また、得られた点群を基に寸法計算や各種2次元図の作成ができるほか、修復工事の3次元的な検討も可能になるなど活用性に優れていると考えられる。

三角縁神獣鏡三次元デジタルアーカイブの活用

—新しい遺物観察方法を目指して—

○今津節生(橿原考古学研究所)、古谷 毅(東京国立博物館)、徳田誠志(宮内庁書陵部)
森本国宏(橿原考古学研究所)、鈴木 勉(工芸文化研究所)、樋口隆康(橿原考古学研究所)

1. はじめに

三角縁神獣鏡の研究は、図像の形式学的研究や、同範鏡の関係の研究など、先学によって多くの研究成果が蓄積されている。これらの研究基盤となる遺物の観察・記録方法は、古くから拓本が活用され、続いて大型カメラを使った平面写真、平面写真に観察成果を加えた詳細な図面へと変化してきた。現在は一般的に、拓本・写真・平面図などの二次元情報に加えて断面図を併用した記録が蓄積されている。

このような従来の方法に対してわれわれは、精密計測技術やデジタル化技術を応用して鏡の三次元デジタル・データベースを構築し、これまでに約 500 面(約 200 面の三角縁神獣鏡を含む)の三次元計測と実物の熟覧観察を行ってきた。今回は、三次元デジタルデータの活用例として、実物の熟覧観察を補完するための新しい遺物観察法を提案する。

2. 計測の方法

計測は XY: $\pm 0.01\text{mm}$, Z: $\pm 0.03\text{mm}$ の計測精度を保つレーザーレンジセンサを用いた三次元精密計測機 (MATUO 社 Mercury J) と、130 万ポイントの高度領域測定センサを 2 個用いた三次元精密計測機 (GPM 社 ATOS II) を使って非接触で三次元情報を計測する。いずれの計測機器でも標準的な鏡で 400 万点前後の点群を取得することができる。なお、ATOS II は可搬性に優れ、多方面からの計測値を重ね合わせることができるので死角を生じない。また、計測エリアを容易に変更できるので、鏡の計測ばかりでなく大形の遺物から遺構の計測まで応用範囲は広い。

3. 観察の方法

計測した点群はノイズ除去、平均化処理を行い、CSV、STL などの汎用データ形式で保管する。高価な汎用 CAD ソフトで視覚化することもできるが、考古学を研究する研究者がプログラムを個人で入手して活用できることを条件に、現在、二種類のソフトウェアを使用している。

鏡を手取るように自在に観察することを目標に採用したのが Surfer8 (Golden Software 社) である。Surfer8 は膨大な計測データをメモリ上に展開することができる。Surfer8 を使って光の方向を自在に変えた陰影図を作成したり、光の条件を一定に保ったまま文様や鑄造欠陥を任意に拡大して観察し、同時に高精度の断面図を作成することができる。Surfer8 を用いることで、考古学研究者が行う実物観察と実測に近い作業をコンピュータの中で行うことができるようになった。さらに、この作業を通じて陰影や拡大率などを同一条件に合わせた図像の比較研究も容易に行えるようになった。

同文様鏡(同範・同型鏡)の重ね合わせによる詳細な差異の比較を目的に開発したソフトウェアが TDC である(増田智仁氏作成、第 20 回大会報告)。TDC を使うと二枚の同文様鏡(同範・同型鏡)の位置関係を自動的に重ね合わせることができる。さらに両者の最近傍点間の距離を計算して差異をグラデーション処理して視覚化することができるので、実物の熟覧観察の指標となる。また、両者の正確な同一断面の比較は鑄造順序の証明としても使用できる。

4. おわりに

コンピュータの中に全国から発見された鏡のデータを集め、手に取るように立体的に観察したり、複数の鏡を比較したり、拡大しながら精密な平面図や断面図を蓄積する。三次元デジタル・アーカイブを活用した新しい遺物の観察方法の提案によって、鏡を実見する機会の少ない研究者も含め、多くの人が同時に鏡の研究に取り組むことができる新しい環境が生まれつつある。

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

<長法寺南原古墳 天王日月・唐草文帯二神二獣鏡>



通常のカメラを使った記録写真
陰影図には現れない錆びや付着物の情報を記録

陰影像を使った記録鑄造欠陥の熟覧記録
(陰影図を様々な観察記録の下図として利用できる)

三次元デジタルデータを活用した複製品の作成

○徳田誠志（宮内庁書陵部）、本田 卓（日立エンジニアリング株式会社）
今津節生（橿原考古学研究所）

1. はじめに

三次元レーザースキャナーを用いて非接触で計測した遺物の精密なデジタルデータを基に、ラピッドプロトタイプング（RP）技術により複製品を作成する研究を進めている。今回は、宮内庁所蔵の銅鏡を素材として、造形の精度と材料に関して検討するとともに、従来の型取りで作成した複製品との比較も行なった。

2. 計測と RP 方法

計測に用いた装置は、三次元レーザースキャナーを 3 軸ロボットアームで走査する方式のもので、XY 精度： $\pm 0.01\text{mm}$ 、Z 精度： $\pm 0.03\text{mm}$ 、計測ピッチ： 0.1mm である。家屋文鏡（面径 227mm ）の場合、3 時間で約 400 万の点群を取得した。

点群はノイズ除去、平均化処理、サーフィス作成の手順で STL 化した。このデータを用いて光造形法により樹脂製品を、粉末焼結積層法により金属製品を作成した。光造形法では、エポキシ系樹脂を 0.1mm ピッチで積層した。粉末焼結積層法では、熱可塑性樹脂をバインダーとしたステンレス鋼（SUS420）粉末を 0.075mm ピッチで積層した。積層後は窒素ガス雰囲気炉（最高温度：約 1000°C ）中で、脱バインダーとブロンズ溶浸を行なった。

3. 複製品の評価結果

肉眼で観察するかぎりには、光造形品は実物を細部まで忠実に再現している。光造形では積層縞が出ることがあるが、鏡を縦置きで造形することにより、縞は鏡の縁と紐のごく一部に観察される程度に抑えることができた。

次に、細部の形状を評価した。評価は、実物の計測結果（実物）、造形用データ（RP）、光造形品の計測結果（光造形品）の各点群から、同じ位置の縦断面を数ヶ所切り出して比較する方法によった。図 1 はその一例である。（RP）と（光造形品）に違いは認められず、今回の条件で造形すれば、銅鏡の主要部分において積層段差は現れないことが明らかになった。一方、（実物）と（光造形品）を比べると、傾斜の大きな紐側面や曲率変化の大きな角部分において形状の違いが見られる。これは造形のための平均化処理に起因しているものと考えられるが、その差は 0.15mm 以下と小さく、違いが出現した場所もごく限られていた。なお、今回の計測では鏡に直交した方向からレーザーを走査したが、紐等は斜め方向から走査するなどの工夫をすれば、形状の再現性をより向上させることができると思われる。

図 2 は従来のシリコーンを用いた型取り複製品（型取品）を（光造形品）、（実物）と比較した結果である。（型取品）は角など曲率変化の大きな部分において概ね形状が甘くなっている。これは型取りの際に離形材として用いる錫箔によって生じたものと考えられる。

RP には数種類の方法があり、使用材料は限られるが金属造形も可能である。粉末焼結積層法ではステンレス鋼の多孔質体にブロンズが溶け込んだ製品を作成でき、色は铸造時の銅鏡に近い銀褐色である。また、形状は細部までよく再現されることが実証された。

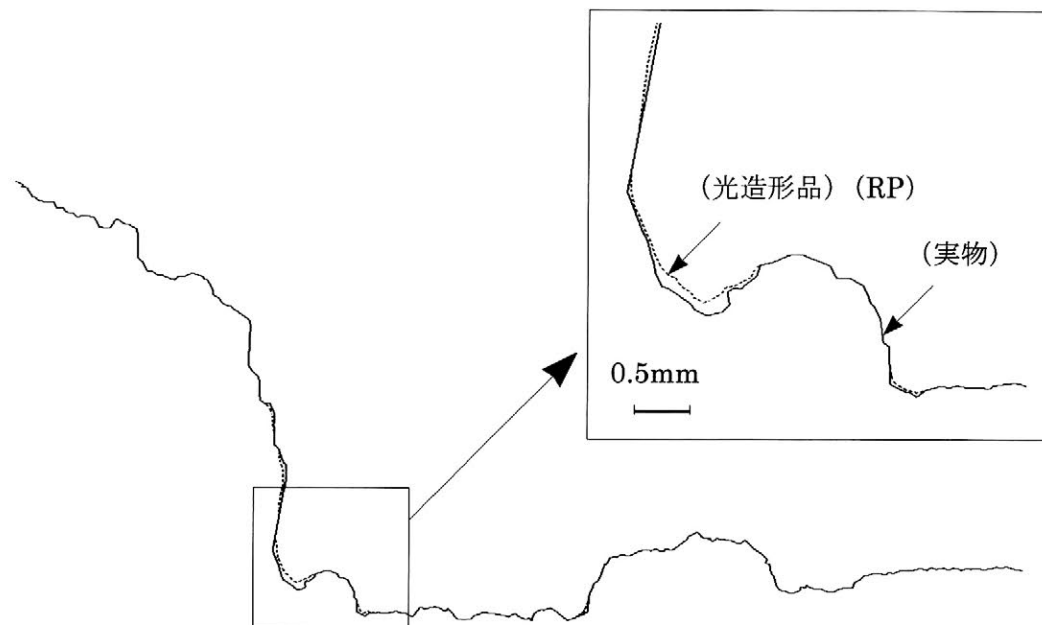


図1 光造形法による細部形状の再現性

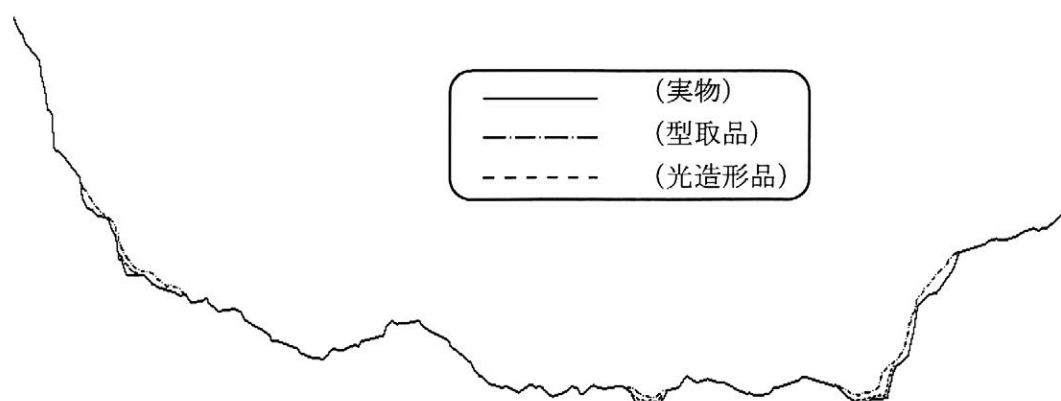


図2 型取品，光造形品と実物との形状比較

4. おわりに

三次元レーザー計測に基づく複製品の現状について述べたが、おわりに今後の課題と可能性についてまとめておく。

三次元レーザー計測の利点は、非接触で複雑な形状の複製品を作成できることである。したがって、脆弱なものや色落ちの懸念があるものには有効な方法である。一方、課題としては造形材料の選定が上げられる。考古学・博物館学における複製品の観点で言えば、素材の永続性や彩色の保持などが重要な要素である。近年、耐熱、耐水、高靱性など種々の機能をもつ樹脂が開発されており、色付け可能なものも多いが、長期安定性の観点から評価する必要があるだろう。今回、金属製品も高精度に作成できることが実証され、材料選択の幅は広がっている。また、三次元デジタルデータを基にしていることから、製造時にサイズを自在に調整できることは利点と考えられる。

また、本プロセスにより高精度の複製品を多量に作成できれば、学校や博物館における「触れる資料」として活用でき、複製品の用途も大きく広がるものと期待される。

古銭の3次元デジタルデータ保存と修復

河嶋 壽一・篠田 潤一・○平田 健太郎 (龍谷大学)

1. 緒言

3次元デジタル技術の発展に伴い、古代遺物に手を直接触れることなく、形状の測定が可能となってきた。本研究では対象物として、日本最古の古銭とみられている富本銭のレプリカを用いて、3次元形状測定・形状修復・修復品加工を行う一連のデジタルシステムを構築し、一連の作業の実現性や、それぞれのハードおよびソフトの精度・効率・利便性などの検証を行うことを目的とした。

2. 富本銭

富本銭のレプリカを図1に示す。形状が損なわれていないものと、図2のように、一部に欠損が見られるものがある。

本研究では、図2の欠損した形状を測定し、これを欠損前の形状に修復することを試みた。

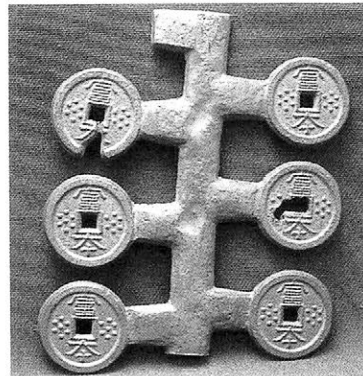


図1 富本銭のレプリカ

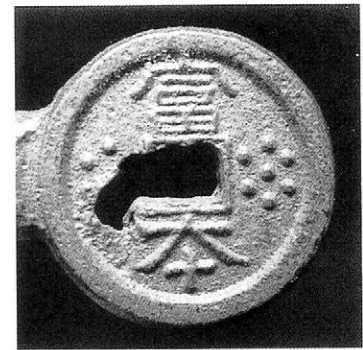


図2 欠損した形状

3. 実験方法

- (1) 光学式非接触測定機および小型の接触式測定機により、形状測定を行う。
- (2) 精度を保ちながら修復時間の短縮を図るために、測定データ量を調整する。
- (3) 3次元モデリングソフトを用いて、欠損した箇所の形状修復を行う。
- (4) 修復形状を小型の切削加工機により加工する。
- (5) 修復形状を元々欠損していない形状と比較検討する。

4. 結果および考察

4. 1 測定方法の比較

光学式非接触測定機による非欠損品と欠損品の測定結果を図3に示す。また、小型の接触式測定機による欠損品の測定結果を図4に示す。

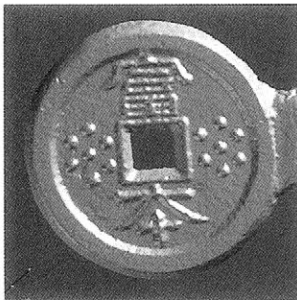


図3 光学式非接触測定機による結果

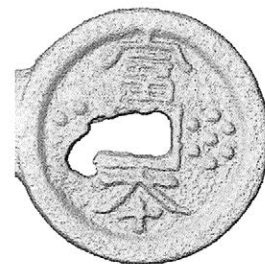
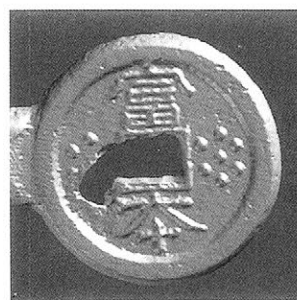
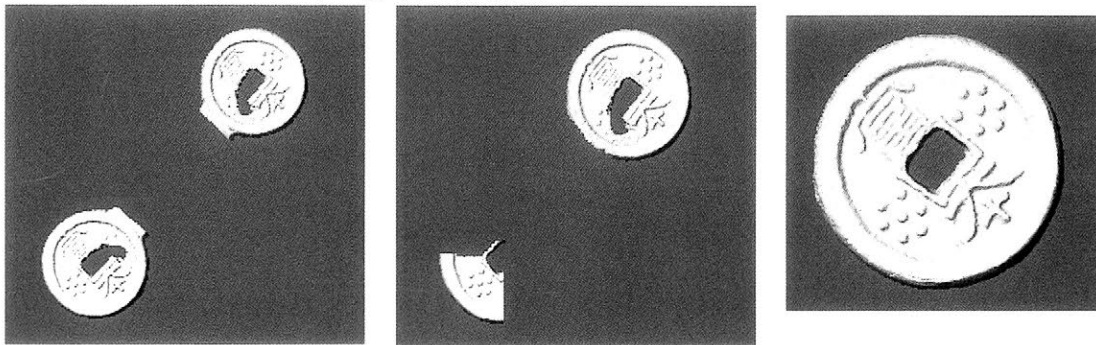


図4 接触式測定機による結果

両測定機による結果には大きな差異は見られず、形状は精度良く測定されている。光学式非接触測定機では比較的短時間で測定が可能で、壊れやすく比較的大きな古代遺物の形状測定には有効である。一方、接触式測定機では、測定時間は長いが自動測定が可能であるため、壊れにくく細かな測定が必要な古代遺物には適していると考えられる。

4. 2 形状修復方法

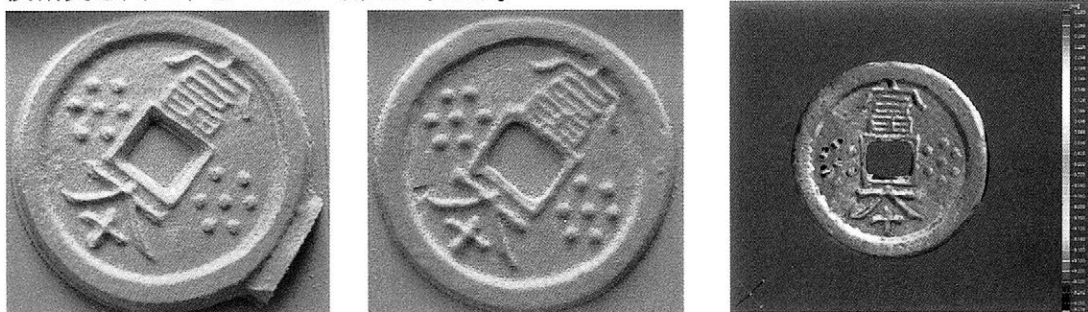
以下では、光学式非接触測定機で測定したデータを用いて形状の修復を行った。まず、図5(1)のように形状をミラー反転した後、図5(2)のように欠損部に相当する箇所を含むデータのみを切取った。この切取ったデータを元のデータ上に貼り付けることにより、図5(3)のように形状を修復した。



(1) ミラーコピーの作成 (2) 修復部のデータ作成 (3) 貼付けによる修復
図5 形状の修復手順

4. 3 修復精度

図6(1)、(2)には、小型の切削加工機によりケミカルウッド上に加工した、非欠損品の複製品と欠損品の修復品を示す。概観はほぼ同じであるが、詳細に検討するために、両者の形状を比較した結果を図6(3)に示す。修復した文様の一部で形状の差異が見られるが、これは文様形状が左右対称であると仮定したためと考えられる。今回は一つの欠損品から修復を行ったが、類似の複数の欠損品から修復を試みることで、修復精度を向上することが可能と考える。



(1) 非欠損品の複製品 (2) 欠損品の修復品 (3) 修復形状の比較

図6 複製品と修復品の比較

5. 結言

本システムにより、デジタルデータを活用して古代遺物の修復を行うことができるようになり、修復時間と費用の削減につながられる。また、形状を3次元デジタルデータとして保存することによって半永久的に残すことが可能となり、修復時に遺物を破損する危険性も少なくなった。

文化財用据置型高精細 3次元デジタルアーカイブシステムの開発と 文化財学課程での利用状況

○塚本敏夫（財団法人 元興寺文化財研究所）
森下章司、魚津知克（大手前大学史学研究所）
糊田寿夫、久保直樹、尾島隆信（コニカミノルタテクノロジーセンター(株)）

1. はじめに

近年の高度情報化社会の波は文化財分野にも押し寄せており、文化財のデジタルアーカイブは市民権を得た。著者らが進めてきた3次元計測もやっと文化財担当者にも認知され始めた感がある。

今回、大手前大学史学研究所のオープンリサーチセンターの開設に伴い、文化財の「3次元計測の実践と応用」というテーマで研究プロジェクトを立ち上げ、その一環として文化財用据置型高精細3次元デジタルアーカイブシステムを開発した。このシステムは研究用としてだけでなく、今後の文化財分野での普及・啓蒙も兼ねて、大手前大学人文科学部の文化財学課程での授業で利用している。

本報告では開発したシステムと文化財学課程での利用状況について発表する。

2. 文化財用据置型高精細 3次元デジタルアーカイブシステムの設計

(1) 設計方針

大学に設置し、使用する装置であるため、研究・教育の双方を満たす仕様とした。研究用の仕様は①測定対象を選ばず、出来るだけ自由な位置から入力可能で、測定精度も変えることができ、研究者の高度な要望、希望に応えるシステムである。教育用の仕様は②工学知識に通じない大学生でも円筒形遺物（土器や埴輪）のような標準的な測定対象の場合は安易かつ高速に3次元デジタルアーカイブが体験できるシステムとした。

(2) 設計仕様

- 1) 計測対象・計測範囲：計測対象は文化財一般とし、乾燥変形する木製品も計測対象とする。計測範囲はミドルレンジ（5～110cm）とする。
- 2) センサー仕様：計測精度は高精細（0.5mm以下）で、視野範囲が可変とする。計測時間が早く、形状だけではなく、表面カラーも同時に計測できるようにする。
- 3) 計測方式：非接触計測とする。遺物は静止させたまま計測でき、複合計測を可能とする。
- 4) 操作性：熟練者でなくとも操作可能とする。円筒形遺物は自動計測可能で、複雑な遺物は人手をある程度介することで、正確にアーカイブできる構造とする。

(3) 考古遺物用高精細 3次元デジタルアーカイブシステムの構成

設計仕様に基づき、図-1に示すような文化財用据置型高精細3次元デジタルアーカイブシステムの構成を採用した。遺物設置台は固定され、そのまわりを高い自由度で非接触3次元計測装置が移動し、多視点からのカラーテクスチャ情報と3次元形状情報を入力する。また、この計測時の非接触3次元計測装置の位置姿勢を多種のセンサを用いて正確に計測を行う。これらの多数のカラーテクスチャ情報と3次元形状情報を入力時の非接触3次元計測装置の位置姿勢から投影することで遺物の3次元形状、テクスチャ情報を取得するものである。

以下に位置・姿勢検出用に使用したデバイス（表-1）と操作仕様（表-2）について示す。

表-1 位置／姿勢検出デバイス一覧

項目	方向	使用デバイス	主な仕様
位置検出	X方向	ロータリエンコーダ	分解能： 2^{16} /回転 アブソリュート型
	Y方向	レーザ測距センサ 傾斜センサ（補正用）	計測精度：0.5mm以下 確度：±3分
	Z方向	レーザ測距センサ 変位センサ（補正用）	計測精度：0.5mm以下 分解能：10 μ m
姿勢検出	Roll方向	ロータリエンコーダ	分解能： 2^{16} /回転 アブソリュート型
	Pitch方向	ロータリエンコーダ	分解能： 2^{16} /回転 アブソリュート型
	Yaw方向	ロータリエンコーダ	分解能： 2^{16} /回転 アブソリュート型

表-2 操作仕様

項目	方向	操作方法	備考
位置調整	X方向	操作ハンドルを回転させる	手動
	Y方向	カメラスタンドのロックレバー（2ヶ所）を解除し、位置調整調整後、再度レバーをロックする	手動
	Z方向	カメラスタンドのロックレバー（2ヶ所）を解除し、位置調整調整後、再度レバーをロックする	手動
姿勢調整	Roll方向	PC制御により、自動回転（自動モード） リモコンにより、任意角度回転（手動モード）	電動
	Pitch方向	操作ハンドルを回転させる	手動
	Yaw方向	操作ハンドルを回転させる	手動

3. 教育現場での利用状況

大手前大学人文科学部の文化財学課程では『文化財科学B』の授業で「文化財のデジタルアーカイブ」という講義を行っている。その授業で、今回開発した文化財用据置型高精細3次元デジタルアーカイブシステムを使って文化財の3次元デジタルアーカイブ実習を行っている。

授業内容はデジタルアーカイブの基礎から文化財用デジタルアーカイブシステムの開発過程や応用例を中心に、計測機器の原理と簡単な画像処理法の概説を行った。その後、使用する計測機器とポリゴン編集ソフトの取り扱い説明を行い、受講者各自に計測対象を選定させて、実習形式で3次元計測とそのデータ合成を行った。写真-1に3次元計測実習風景を示す。

計測実習を通じて、文化財の3次元デジタルアーカイブとはどのようなものなのかを実体験することにより、デジタル化の必要性や簡便さ、さらに文化財への応用の難しさやデータ捏造の簡単さ等を認識してもらうことが文化財のデジタルアーカイブを認知・普及させてゆく一助になると考える。

4. おわりに

文化財用据置型高精細3次元デジタルアーカイブシステムの開発を行い、その装置を用いた大学での文化財課程での利用状況を報告した。

大手前大学史学研究所では遺物計測だけでなく、屋外の遺跡や大型建物（文化遺産）の3次元デジタルアーカイブの研究も同時に進めており、大学教育においても今年度は実習での屋外遺跡や建物の3次元デジタルアーカイブの実習を行う予定ある。

参考文献

塚本敏夫「考古遺物用3次元デジタルアーカイブシステムの開発と応用」『情報処理』第43巻第10号 pp. 1070～1077、2002年

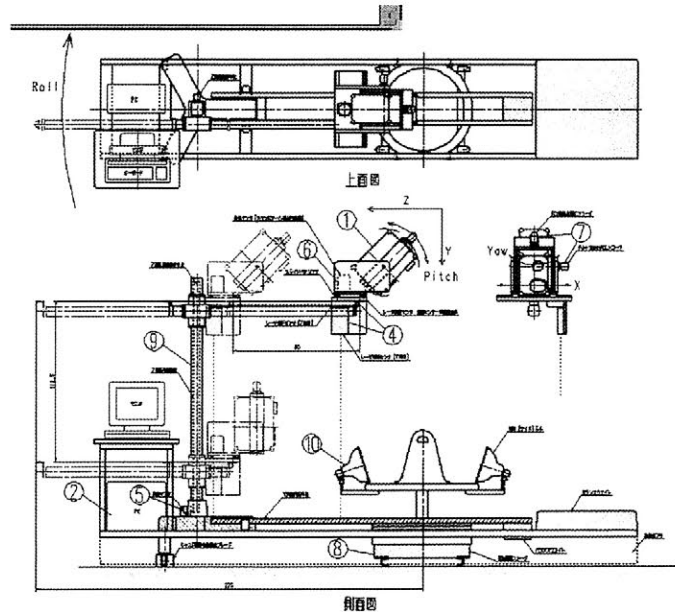


図-1 据置型3次元デジタルアーカイブシステムの構成図



写真-1 3次元計測実習風景

MeV 領域工業用 X 線 CT を用いた火焰土器の計測と応用

○ 建石 徹*・北田正弘*・定岡紀行**・高木太郎**・須能 恵***・佐藤雅一****

(*東京芸術大学大学院美術研究科、**日立製作所電力・電気開発研究所、***日立製作所日立事業所、****津南町教育委員会)

1 はじめに

報告者らは 2000 年度より、MeV 領域工業用 X 線 CT 装置の文化財資料への応用研究を進めてきた。前回の発表では、火焰土器の破片を対照として予備的に断層撮像を実施し、そのデータをもとに樹脂製レプリカを作成したこと等を報告した(建石・北田・出海・佐藤 2001)。その後、断層撮像の技術やデータの解析技術が大幅に改良され、現在は、より大型の立体文化財に関して同レベルの断層撮像を実施することが出来るようになった。今回、大型の火焰土器(半完形資料)を対象に断層撮像を実施したので、成果の一部を報告する。

2 資料(試料)

分析に供した資料は、新潟県津南町道尻手遺跡出土の縄文時代中期中葉火焰土器 1 点。現在知られている火焰土器の中では最大級(器高約 60cm)の個体で、特に立体的造形に富み、遺存度も高い優品である。接合可能な土器片は接合され、欠損部を樹脂で埋めて修復・復原された状態で、津南町教育委員会に保管されている。

3 分析方法

X 線 CT による断層撮像は、(株)日立製作所日立事業所核融合・加速器部が所有する MeV 領域工業用 X 線 CT 装置(日立製作所製 HiXCT-1M)を用いて実施した(図 1)。

電子線線形加速器(LINAC)で加速した電子線をタングステンに於て、強力な X 線(1MeV 程度)を発生させる。X 線は水平方向に扇状に広がるよう設定されており、ターンテーブル上の被検体(資料)を回転させながら照射し、透過 X 線を検出器で測定する。ターンテーブルは上下にも動く。検出器は、(株)日立製作所電力・電気開発研究所が開発した短冊形のシリコン半導体検出器を格子状に並べた高感度検出器を用いた。本撮像における 1 断面の画素サイズは 1450×1450pixel、垂直方向の撮像ピッチは 0.4mm、断層数は 1566 である。

なお、今回の撮像条件では、土器資料に対する変色・劣化は起こらないことを事前に確認済みである。

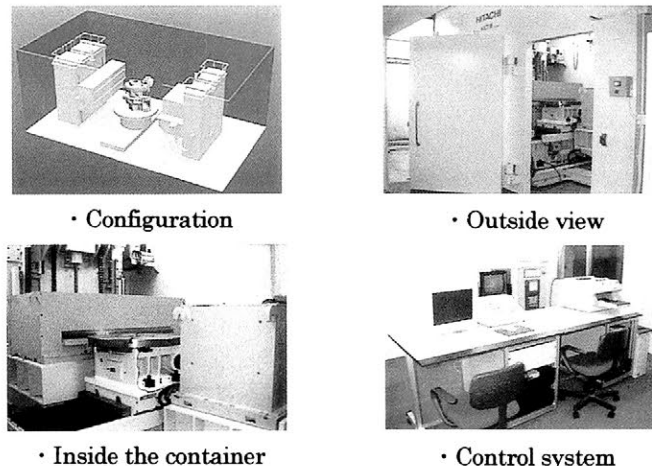


図 1 装置外観(1MeVCT)

4 結果

断層撮像データ解析事例の一つとして、図2に断層撮像データをもとに作成した対象資料の鳥瞰図を示した。土器胎土と修復用樹脂は、X線に対する線吸収係数が大きく異なる。これを利用し、図2の上段に土器部分のみの画像を出力し、下段に樹脂部分を含む復原された土器全体の画像を出力した。

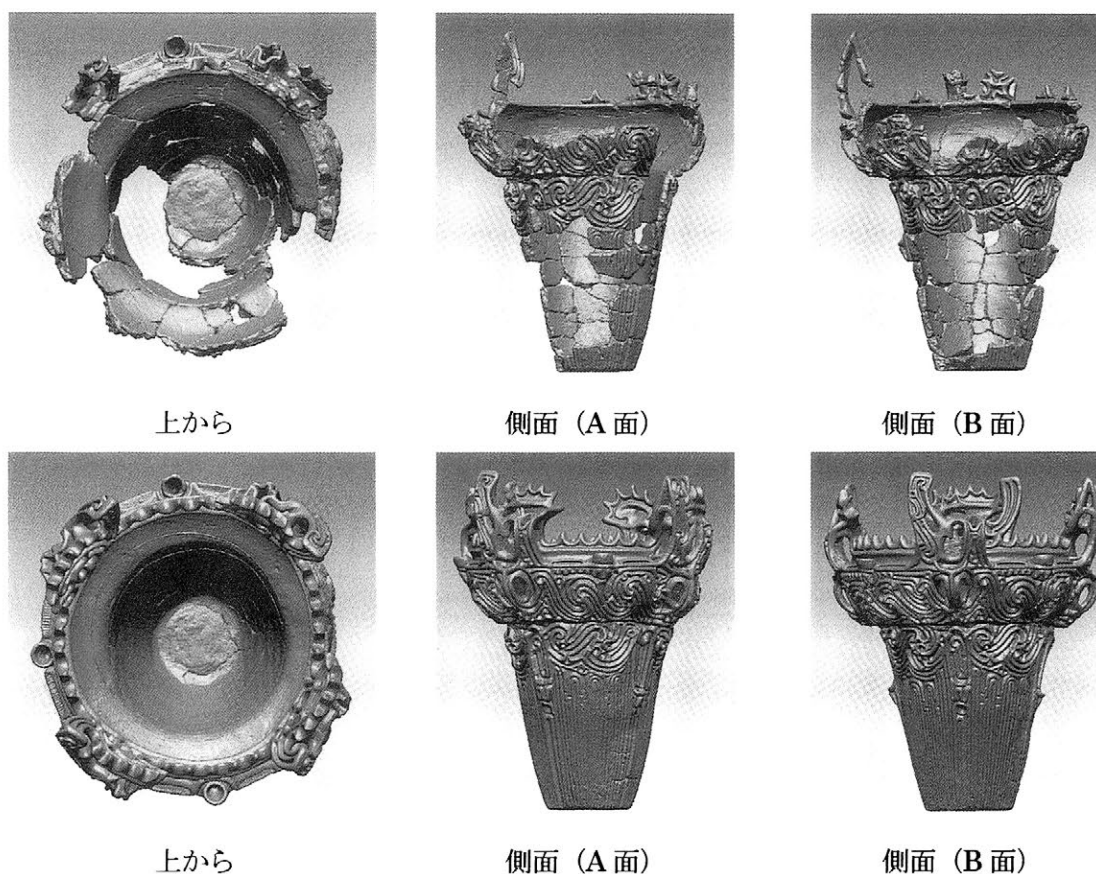


図2 火焰土器の鳥瞰図 (上段：土器のみ 下段：復原資料全体)

5 展望

近年の3Dデジタルエンジニアリング・3Dデジタルアーカイブの動向はめざましく、文化財分野への応用研究も着実に進展しているが、物体の内部を可視化しその形状を計測することについてはX線CTがほとんど唯一の方法といえる。MeV領域工業用X線CTの当該分野への応用研究は端緒についたばかりである。今後、この方法のメリット、デメリットについて議論・認識を深めながら、文化財分野への応用の可能性を検討し、成果を公表していきたい。

文献

建石・北田・出海・佐藤 2001「光造形システムを用いた MeV 領域工業用 X 線 CT 画像の実体化研究」
『日本文化財科学会第 18 回大会 研究発表要旨集』日本文化財科学会

写真測量技術の応用による 3 次元 DCM の取得と利用 —文化財保存・活用への展開—

○津村宏臣*・二神葉子**

(* 東京芸術大学・** 東京文化財研究所)

1 研究の目的

文化財の形状の記録・保存の方法として、従来は 2 次元の線画による実測が主として用いられてきたが、近年、レーザースキャナを用いた 3 次元的位置情報を持った点群による記録が応用されはじめている。前者は、3 次元対象から任意に次元を還元した線画で、記録からは 3 次元形状が再構築できないという問題がある。一方、後者では、目的的に任意の計測点を抽出することが難しく、線画による解釈的な表現も難しい。また、機材が高価で、ハード・ソフト両面で使用法の習得も困難であるなどの問題がある。かつて指摘したように(津村・寺村 2001)、理論的にも具体的なアプリケーションの場面においても、従来の記録保存の方法の延長線上に 3 次元形状データを位置づける必要がある。そこで本研究では、有形文化財の写真記録資料から、デジタル写真測量技術を応用して 3 次元形状データの抽出と 2 次元線画の描出をおこない、さらに、3 次元座標値の付された点群を作成することで、上記 2 つの記録方法のもつ問題の改善を試みた。

2 対象

科学技術振興機構「文化遺産の高度メディアコンテンツ化の為の自動化手法」プロジェクトの一環として、「史跡前二子古墳記念物保存修理事業」に関して前橋市と協定書を交わし、前橋市教育委員会の協力を得て前二子古墳石室の 3 次元写真計測と解析を実施した。

3 方法

埋蔵文化財行政、有形文化財の記録/保存の実態に即した基礎的な技術を検討した。なお、写真計測については、ローライ社製 CDW、およびテクノバンガード社製 TechnoViewer 2D / TechnoViewer 3D を、3 次元データ処理には、テクノバンガード社製 NxView、およびローランド社製 Dr.PICZA を、3 (2.5) 次元データ解析には、クラーク大学 IDRISI、およびゴールデンソフトウェア社製 Surfer を、それぞれ利用した。

a. オルソ補正による 2 次元実測図の作成

従来の記録保存にもっとも近似する方法がオルソ補正画像から任意の線画をトレースにより作成する方法である。オルソ補正画像作成はレンズの歪みなどの起因する写真のゆがみを取り除き、無限遠の視座を仮定して補正する。カメラ位置の標定が必要となる。

b. 3 次元座標値取得と実測

a の方法では、あらかじめ被写体である対象物の 3 次元座標値やカメラ位置標定が必要となるだけでなく、写り込んでいない背景部分の表現は不正確となる。平面的な対象には適しているが不整な立体物の記録には適していない。この問題には、複数の写真を 3 次元的に配置してパスポイントを介して 3 次元座標値を被写体に与え、カメラ位置を計算によって標定する方法が不可欠となる。

c. ステレオ画像を用いた 3 次元データアーカイブ

bの方法では、カメラ位置標定と対象の座標値に関する誤差を開放する問題がある。また、多量の写真画像を扱うため、タイムパフォーマンスはあまり良くない。これらの問題を解決するため、ステレオ画像を用いた3次元座標値取得を実施した。

d. アーカイブデータのアプリケーション

cで取得した3次元座標値を点群データとして展開し、解析ソフトウェアにコンバートした後、2.5次元データに次元を還元し、古墳に利用された石材の曲率解析や石材の円磨度解析などを実施した。

4 まとめ

本研究では、デジタル写真という比較的簡便な記録/保存媒体から、有形文化財の3次元形状を再構築する方法を検討した。こうした方法は、単に現状を記録/保存する1つの方法というだけでなく、これまで蓄積されてきた膨大な写真資料から文化財の形状を復原する展望を与えることができ、3次元レーザースキャナを用いた方法では不可能な利点といえるだろう。その意味でも、アーカイブとその応用技術としての重要性が強く後押しされる。

研究の側面でも、2次元の線画という従来の方法論の延長線上に3次元DCMデータを位置づけることで、線画では評価しえない文化財の形状属性（ex 石材の曲率や円磨度）の抽出が可能となった。

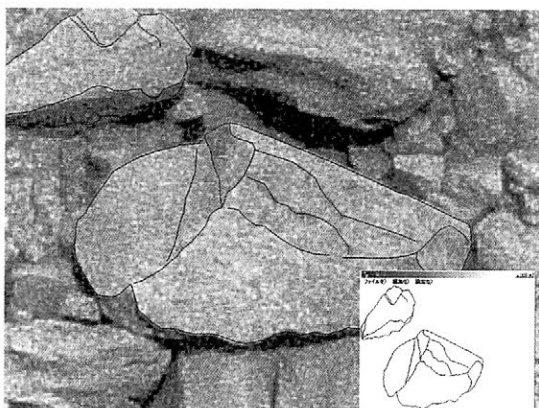


図1 オルソ補正後の石材の輪郭トレース

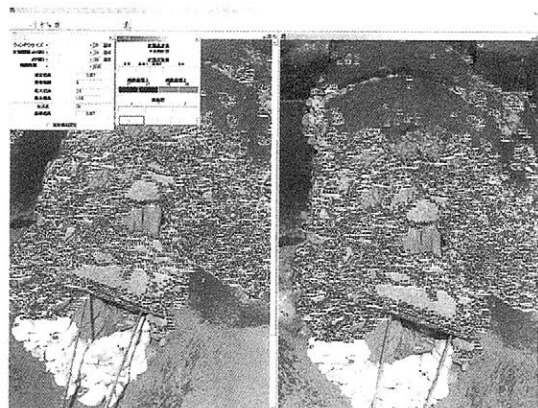


図3 ステレオ画像から3次元座標を取得

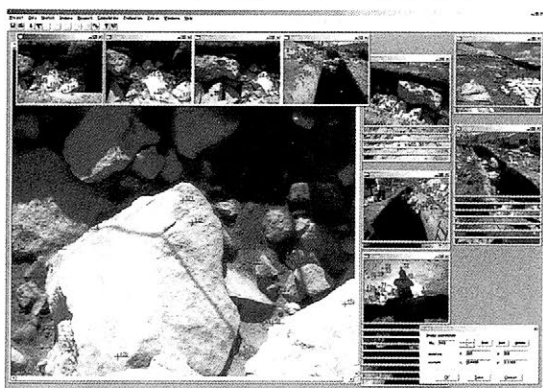


図2 パスポイントの指定と3次元座標の取得

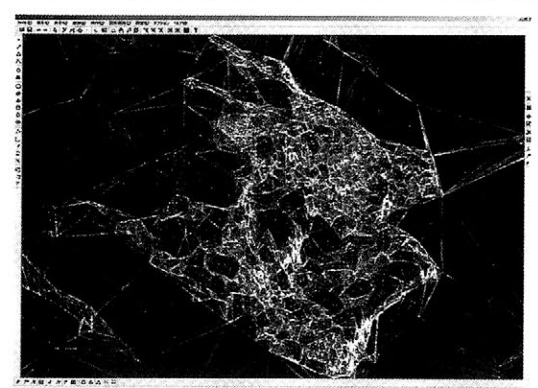


図4 3次元形状 (TIN) の生成

復元竪穴住居の保存環境に関する研究(第2報)

(富山市北代遺跡 その2)

古川知明*、○宮野秋彦**

(*富山市教育委員会、**名古屋工業大学)

1. 目的：この研究では復元竪穴住居の耐久性向上のための基礎資料を得ることを主目的とし、併せて、建築用材並びに工法と屋内温湿度の関係、特に湿潤環境への対応について、実験的に検証解明したいと考えている。なお別に、調湿建材やタタキ工法による復元竪穴住居の長寿命化に対する試みも行っており、本研究はそれとも関連するものである。

2. 実験住居及び実験条件：前報¹⁾の冬期実験と同じ富山市北代遺跡の復元竪穴住居No.6

(第1号竪穴住居複製)を対象とし、前報同様に電気ヒーターを熱源として炉位置に置き、梅雨期実験では通電量を1,000Wとし、夏期実験においては通電量を0、500及び1,000Wの3段階に変化させ、各々約1週間行った。両実験期間を通じて竪穴住居の気密度は、入口及び換気孔を藁で丁寧に覆って気密度を高め、冬期実験と略同じ状態とした。

3. 実験結果と考察：図1～2に実測例を、表1に実験結果の解析を示す。

梅雨期実験では期間平均で内外気温差2.1℃、内外相対湿度差-4%という結果が得られており、僅か860k cal/hの発熱量があれば、梅雨期でも屋内相対湿度は外気より4%低い値となる事が分かる。

夏期実験の結果では、内部発熱量の増大に伴って内外気温差が増加し、内外相対湿度差は減少している。

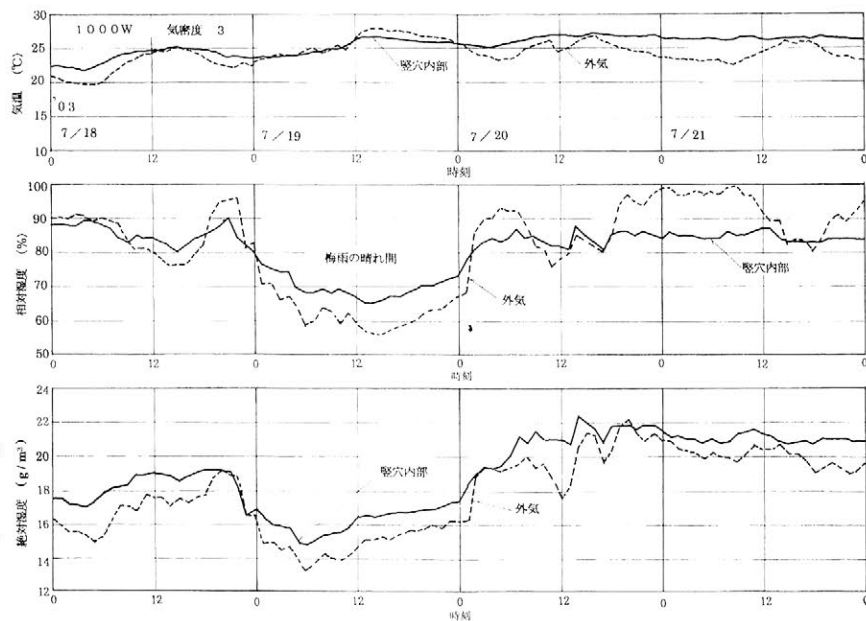


図1 北代遺跡復元竪穴住居の梅雨期実験の測定例

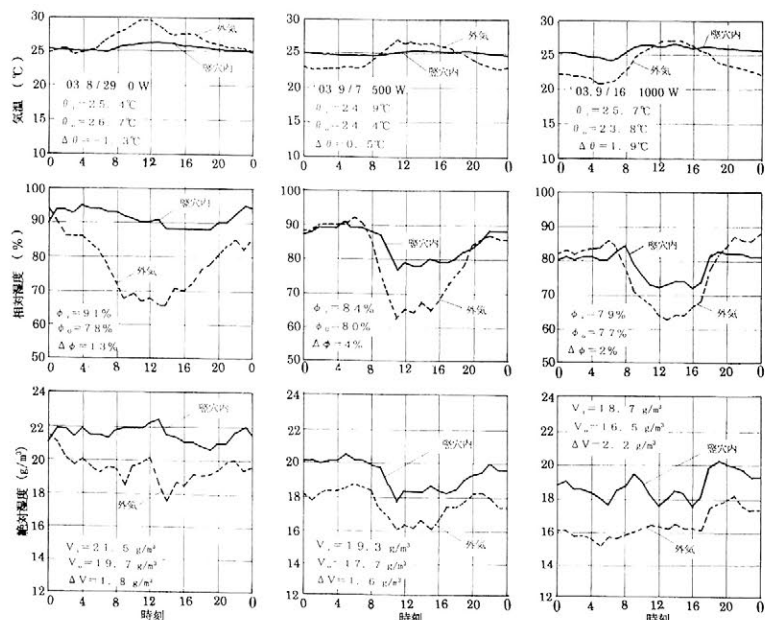


図2 北代遺跡復元竪穴住居の夏期実験の測定例

一方、内外絶対湿度差は、発熱量の増大に伴って僅かに増加しているが、これは気温上昇による地盤面からの蒸発水分の増加によるものと考えられる。

表1 解析結果の一覧 (期間平均値)

期間	発熱量	密閉度	θ_i	$\Delta\theta$	ϕ_i	$\Delta\phi$	v_i	Δv	Θ_i	η	Φ_i	ν
梅雨期	1000w	3	25.8	2.1	83	-4	19.9	1.5	1.7	0.50	10	0.48
夏期	0	3	23.8	-0.6	93	9	20.2	1.5	1.9	0.38	10	0.38
	500w	3	26.0	0.1	86	7	21.0	1.9				
	1000w	3	27.6	1.8	80	2	21.4	2.5				

θ_i : 屋内気温(°C)、 $\Delta\theta$: 内外気温差(°C)、 ϕ_i : 屋内相対湿度(%)、 $\Delta\phi$: 内外相対湿度差(%)、
 v_i : 屋内絶対湿度(g/m³)、 Δv : 内外絶対湿度差(g/m³)、 Θ_i : 屋内気温日較差(°C)、 η : 内外気温日較差比、
 Φ_i : 屋内相対湿度日較差(%)、 ν : 内外相対湿度日較差比

冬期以来の全実験結果より、内外日平均絶対湿度の相関図を描くと図3のようになる。図から明らかな如く、梅雨期及び夏期の結果に多少の散乱が見られるものの、冬期の結果には発熱量及び気密度の変化による影響は殆ど認められず散乱も小さい。

全解析結果より求めた回帰直線と富山地方の月別平均絶対湿度とから、内外平均気温差を5°Cと仮定して、竪穴住居内の月別平均相対湿度を算定すると表2の結果が得られる。

実験対象とした復元竪穴住居内の気温を外気温より5°C上昇させるに必要な発熱量は、実験結果から推定すると、冬期では約1,935 kcal/h(2,250W)で、夏期は概ね2,150 kcal/h(2,500W)となる。この発熱量は、直径20 mm、長さ300 mmの薪を、1時間に約2.5本、1日に約60本を炉で燃焼させた場合に略匹敵することになる。

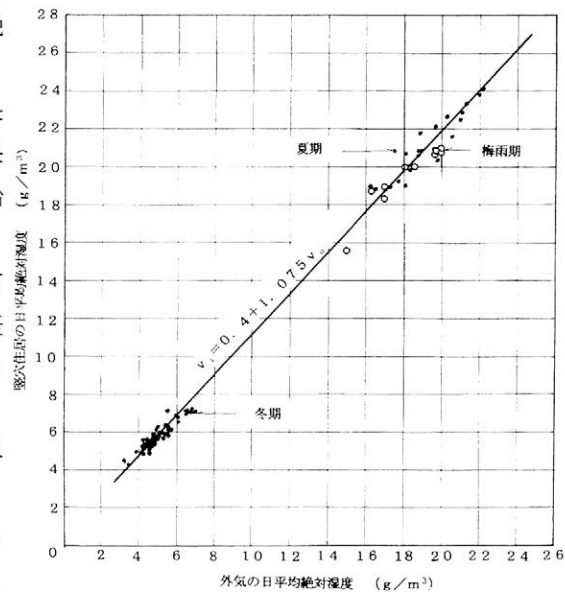


図3 復元竪穴住居の内外日平均絶対湿度の相関

表2 竪穴住居の相対湿度の推定 ($\Delta\theta=0.5^\circ\text{C}$ と仮定した場合)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
v_o	4.6	4.6	5.2	7.4	10.2	14.2	18.2	19.0	15.2	10.4	7.4	5.5
v_i	5.3	5.3	6.0	8.4	11.4	15.7	20.0	20.8	16.7	11.6	8.4	6.3
ϕ_i	68	68	62	59	60	66	67	65	67	65	64	65

v_o : 屋外絶対湿度 (g/m³)

縄文期の気候条件を始め、住居の気密度、燃焼熱量など不明確な点が多いが、表2の相対湿度の値は居住性面から見て概ね良好な湿気環境といえることができる。

4. むすび: 前報に続いて、梅雨期および夏期の実験結果について報告した。

攔筆にあたり、試料及び測定計器のご提供を頂いた日本インシュレーション㈱の関係各位並びに測定結果の解析にご協力頂いた日本大学生物資源科学部森林資源科学科宮野則彦助教に感謝申し上げます。

1): 古川智明、宮野秋彦: 復元竪穴住居の保存環境に関する調査研究(第1報)、日本文化財科学会、第20回大会、2003.5.

調湿建材による保存・展示用ガラスケース内部の湿気環境調整について

○ 宮野秋彦*、宮野則彦**、若木和雄***、村田豊****

(*名古屋工業大学、**日本大学、***日本インシュレーション㈱、****㈱ヨーケン)

1. はじめに：実大建物またはその一部、船屋形、障壁画、大形仏像、祭屋台、馬車などの大形文化財の保存、展示施設として、大形ガラススクリーン方式が採用されるようになって20数年が経過した。当初、ガラススクリーン内部の温湿度調整は空気調和設備によったが、空気流などによる障害が生じたため、これに代わるものとして調湿建材を内装して湿気環境の調整を図る方法が行われるようになった。

本報では、筆者等が関係した大形ガラススクリーンの中から代表的な施工例について報告する。

2. 調湿建材の吸放湿性能について：この数年間における調湿材料の普及発展には目覚ましいものがあり、様々な素材による多様な性能を持った製品が開発生産されるようになった。その中で、博物館等の文化施設や住宅の内部空間の壁、天井、床などに施工するものを調湿建材と呼び、2003年にはJIS A 1470「調湿建材の吸放湿性試験方法」が制定された。

文化施設の保存、展示空間に内装される調湿建材については、文化財を損なう恐れのある有害物質を空气中に放散しないことが必須条件となる。

筆者等がこれまで大形ガラススクリーンに施工した調湿建材の吸放湿性能を図1に示す。

図の縦軸の吸放湿性能は、吸放湿面以外をアルミシートで覆った試料を日射と降雨の影響の無い戸外に置いて、大気の相対湿度変動に対する単位面積当りの試料の重量変化から算定した値である。横軸には各測定期間平均の絶対湿度がとってある。

調湿建材1～3は、いずれもゾノトライト系けい酸カルシウム板で、開発研究によって時代と共に吸放湿性能が向上していることが分かる。調湿建材4はゼオライトを主原料として、これに瓦土などを混練しプレス成形した粘土系タイルで、調湿建材3と共に後述する薬師寺絵画殿の湿度調整のための特注品である。

3. 各種大形ガラススクリーンの湿気環境について：図2～図3に、中尊寺金色堂覆堂内のガラススクリーン並びに讃衡藏内秀衡公木棺ガラスケースの内外相対湿度の相関を示す。

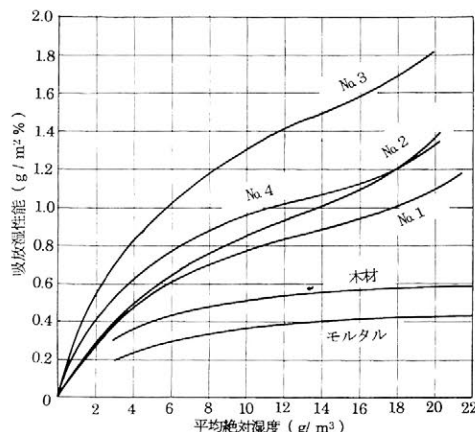


図1 調湿建材の吸放湿性能

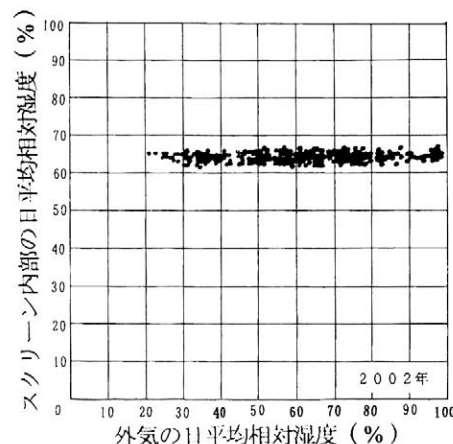


図2 中尊寺金色堂ガラススクリーンの内外相対湿度相関

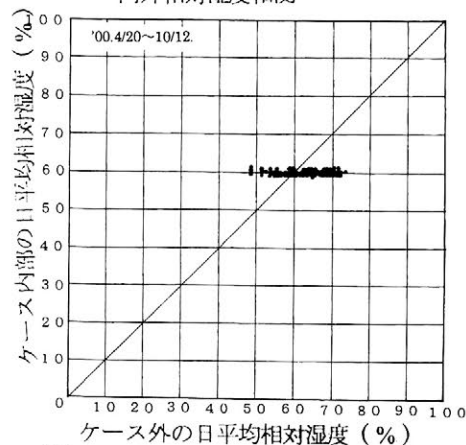


図3 中尊寺讃衡藏秀衡公木棺ケースの内外相対湿度相関

金色堂のガラススクリーンは、床、壁、天井面の全てを断湿シートで2層貼とし、内壁及び天井に25mm厚の調湿建材1を施工した。床は地盤上に防蟻層—防水層—断湿層—断熱層—断湿層—木質系調湿建材を順次施工し、床下には上に玉砂利を敷き、周囲の床はタタキ仕上とした。

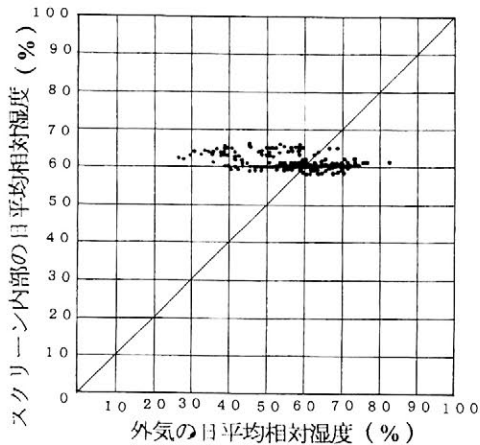


図4 城端曳山会館ガラススクリーンの内外相対湿度相関

内部の相対湿度は、完成より現在まで60~66%の範囲で極めて良好な状態で安定している。

なお、相対湿度の日変動は殆どゼロに等しい。

秀衡公木棺展示ケースの背面壁には、調湿建材2が内装されている。図3は、その内部相対湿度変化を展示室との相関で示したもので、年間を通して殆ど60%で一定している。

秀衡公木棺展示ケースの背面壁には、調湿建材2が内装されている。

図3は、その内部相対湿度変化を展示室との相関で示したもので、年間を通して殆ど60%で一定している。

図4に城端曳山会館の曳山展示ホール内外の日平均相対湿度の相関を示す。ホールの天井および壁に調湿建材1が施工されている。曳山などの出入口周辺に多少の隙間があり、そのためやや湿度変動があるが、保存環境としては適切な範囲に収まっている。

図5～図7に薬師寺絵画殿の測定結果を示す。

絵画殿の襖絵背後の土壁表面と小屋裏垂木下面に調湿建材3を、内陣の床に調湿建材4を施工した。

図5は調湿建材施工前の状態で、図6には完成後1年間の内外相対湿度の相関を示す。

年間約100万を超える人々が訪れたことを考えると、図5から図6への相対湿度変動の収斂は、調湿建材の効果をもっともよく示している。

なお絵画殿では、その後は年間を通じての公開を取止め、更に、襖絵保護のために内外陣の間にガラススクリーンを設けた。図7はガラススクリーンを設置した後の内外相対湿度の相関で、一段と散乱が収まっていることが分かる。

4. むすび：本報では、筆者等がこれまでに関係した調湿建材による大形ガラススクリーンの湿度調整に関する代表例について報告した。大形ガラススクリーンでは調湿建材を施工することのできる内装面が少ないため、今後更にその性能の向上が望まれる。

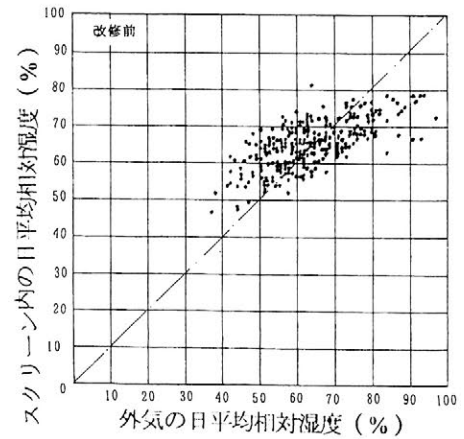


図5 薬師寺絵画殿の内外相対湿度相関 (1)

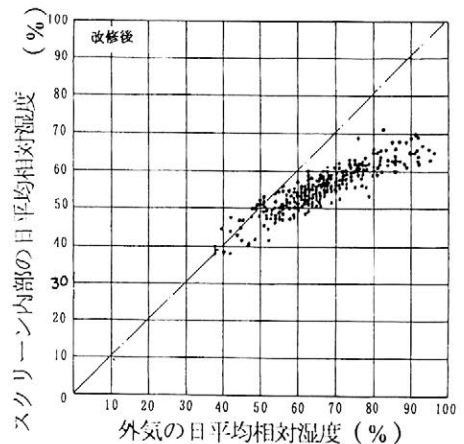


図6 薬師寺絵画殿の内外相対湿度相関 (2)

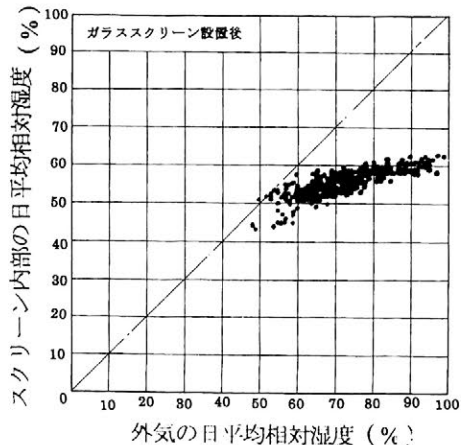


図7 薬師寺絵画殿の内外相対湿度相関 (3)

調湿建材を施工した復元竪穴住居の湿気環境

○ 宮野秋彦*、高田和徳**、赤沼英男***、村田豊****

(*名古屋工業大学、**一戸町教育委員会、***岩手県立博物館、****(株)ヨーケン)

1. まえがき：古代住居遺跡の発掘が終わった後、その調査結果に基づいた復元竪穴住居を野外に建設することが広く行われている。しかし、無人状態の竪穴住居は老朽化が早く、維持管理面でも問題が多い。老朽化の主因は湿潤環境による部材の腐朽である。

本報では復元竪穴住居の長寿命化を図る1つの方法として、筆者等が試みている調湿建材による湿気環境の改善結果について報告する。

2. 対象竪穴住居と湿気環境対策：今回対象としたのは、一戸町御所野縄文遺跡における復元竪穴住居群で、その全体図を図1に示す。

湿気環境保全対策としては、土質系調湿建材を竪穴の腰壁面に施工し、併せて土間を調湿効果に優れたタタキ仕上とする方法を採用した。調湿建材を施工したのは、図中の東地区の2棟(HE126,HB120)及び中央地区の2棟(GE60,GD64)で、併せて、西地区のDE24住居以外の竪穴住居の土間をタタキ仕上とした。

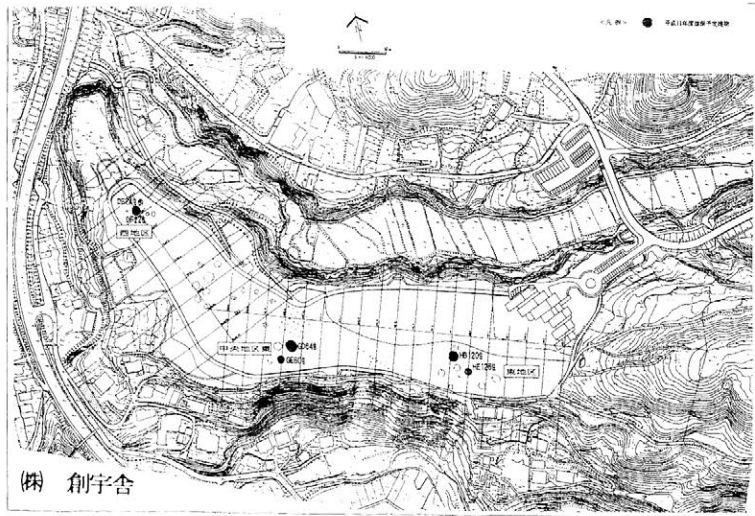


図1 一戸町御所野縄文遺跡全体図

施工した調湿建材は、瓦土にゼオライト、活性炭などを加え、水で混練し、加圧成形した厚形タイル(200×200mm²、厚13mm)で、これを何枚か木織セメント板(200×600~1200mm²、厚25mm)に貼付けてパネル状としたものである。

施工は、予め腰壁面に配置した防水シート上にパネルを小端建に並べ、シートの上下端をパネルの両端を包むように手前に折り曲げることにより、地盤水分からの断湿を図った。パネルの手前にはクリの割木が打込まれている。(図2)

図3に施工に先だって行った予備実験の結果を示した。詳細については別に報告するが、約1年間に亙る実験の結果、木質系及び石質系の調湿建材に比べて、高湿域においては土質系調湿建材の性能の高いことが判明したので、上記の材料を選定した。

3. 測定結果と考察：測定は約1年10ヶ月の間、調湿建材の有無による比較のために2~3棟を小形データロガーで同時測定した。

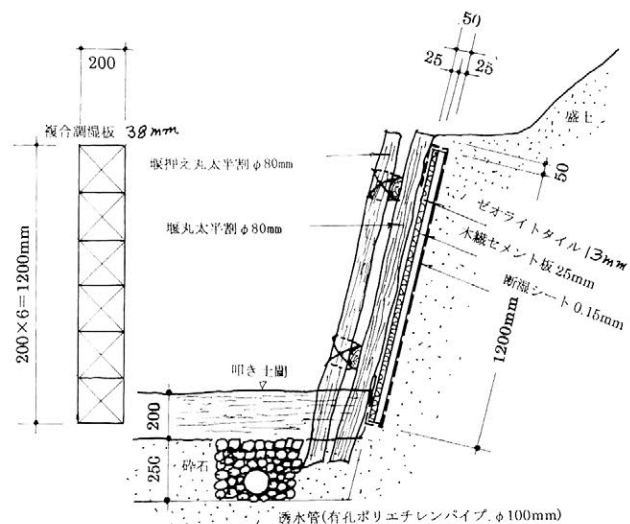


図2 調湿建材施工詳細図

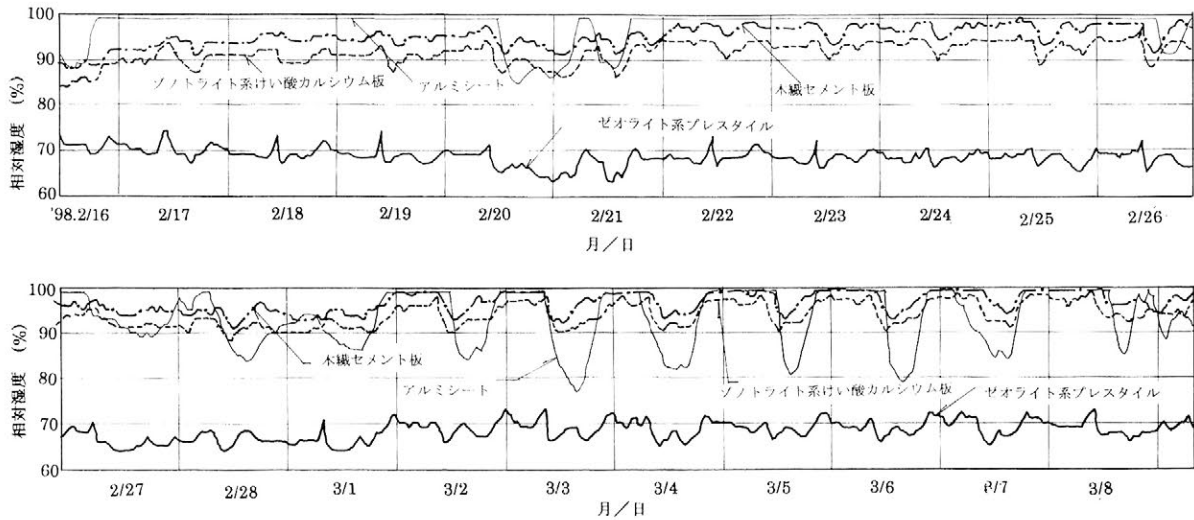


図3 調湿建材の性能比較実験結果

測定期間中、殆どの住居で屋根面から雨漏りがあり、タタキ土間の効果が湿潤して発揮されず、調湿建材を施工した住居でも内部環境が高湿となるものが出た。また、測定センサが水濡れで損傷して記録データの一部が読み取り不能となった。唯一雨漏りによる被害の無かった西地区 HE126 住居に関する調湿建材の有無による同時比較測定の結果の一部を図4に示す。

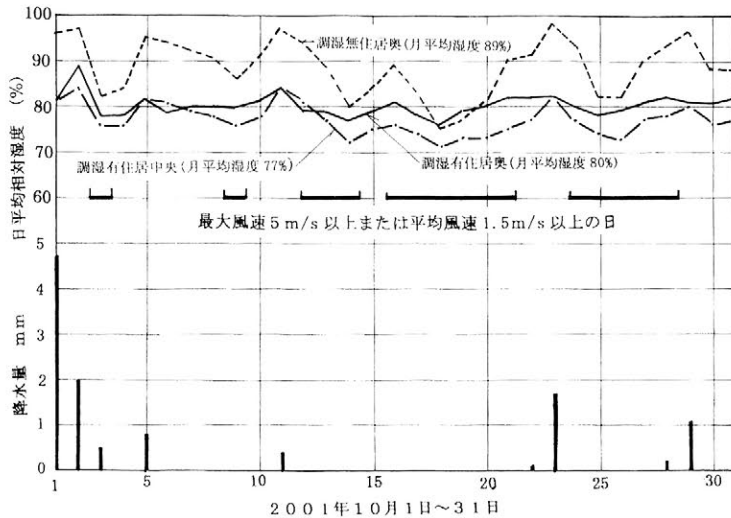


図4 調湿建材の有無による竪穴住居の相対湿度の比較

図から、屋内の相対湿度について見ると、調湿建材を施工した住居も施工していない住居も共に略5~6日の周期で変動しているが、その変動較差は調湿建材を施工した住居の方が小さいことが分かる。

因みに、この相対湿度の変動は、図中に併記したように通風と降雨による影響と考えられる。

更に、調湿建材を施工した住居内部の相対湿度は、施工していない住居に比べて、中央部で月平均で22%低く、竪穴の奥でも月平均で9%低くなっている。

相対湿度で月平均値が80%前後という湿気環境は、建物の保存環境としては必ずしも良好な状態とは言いがたいが、年間を通じて無人状態で火の無い復元竪穴住居の内部環境としては、調湿建材の施工によりかなりの改善効果と考えてよい。

3. むすび：復元竪穴住居の湿潤対策の試みとして、竪穴の腰壁に調湿建材を施工した結果について報告した。

今回の調査では殆どの住居で雨漏りが発生したが、土屋根を持つ竪穴住居における古代の防水工法の実態を探ることも今後の検討課題の一つであろう。

遺構保存用の親水性ポリマー浸透土壌中の水ポテンシャル分布

○三石 正一 宮崎毅 溝口勝 井本博美 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

1. はじめに

遺構の露出展示では乾燥による崩壊、塩類の析出、地衣類等を防止しなければならない。これらのうち乾燥による崩壊に対して、土壌からの水分蒸発を抑制するポリマーを散布する方法が普及しつつあるが、塩類の析出を防ぐことはできていない。このように、遺構の恒久的な露出展示方法を開発するためには、ポリマー散布後の土壌中の水の移動の把握は必須である。三石ら (2003) は遺構保存用の親水性ポリマー散布後の土壌中の水の移動について測定をおこない、親水性ポリマーを土壌に散布すると蒸発速度や土壌中の不飽和透水係数の低下が起こり、それらの効果がポリマーの種類によって異なることをあきらかにした。しかし、その詳細なメカニズムについてはあきらかにされていない。

親水性ポリマーの浸透深さや土壌中での濃度分布に違いがあるためと考え、遺構保存用の親水性ポリマーが土壌中の水分移動に与える影響をあきらかにするために、土壌水の水ポテンシャル分布からポリマーの土壌への浸透過程をあきらかにすることを目的として、実験をおこなった。

2. 実験

東京大学田無農場から採取した立川ローム (深さ 40~60cm) の 2mm 篩通過分を試料土として用いた。試料ポリマーには、ポリシロキサン-ポリオキシアルキレンオリゴマー (分子量 700、以下 SAO) と、ポリエチレングリコール (分子量 400、以下 PEG) を選んだ。内径 5cm、高さ 10cm のカラムを作成し、試料土を乾燥密度 0.46 Mg m^{-3} で均一に充填した。このカラムに脱イオン水を下方から飽和させ 24 時間置いた後、24 時間排水させた。排水後に試料ポリマーを所定量 (2 kg m^{-2}) 試料表面に散布した。そのカラムを温度 25°C 、相対湿度 25% に設定した恒温恒湿チャンバー内に置き、試料表面から自然蒸発させ、24 時間毎にカラム質量を測定した。24 時間毎にカラム試料の質量を測定して蒸発速度を算出した。1, 2, 4, 6, 10, 15 日を経過したカラムを分解して各深さの水ポテンシャルと含水比、乾燥密度を求めた。試料中の水ポテンシャルの測定にはデカゴン社の Dewpoint PotentialMeter WP4 を使用した。

測定原理

平衡状態では、土壌の水ポテンシャルは周辺空気の水蒸気の水ポテンシャルと等しく、重力の影響を無視できる場合、マトリックポテンシャルと浸透ポテンシャルの和で表せる。試料中の水ポテンシャルと蒸気圧の関係は次式であらわされる。

$$\phi = \frac{RT}{M} \ln \frac{P}{P_0}$$

ここで、 ϕ : 水ポテンシャル (J kg^{-1})、 R ; 気体定数 ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)、 T : 試料の絶対温度 (K)、 P : 大気中の蒸気圧 (Pa)、 P_0 : 試料温度での飽和蒸気圧 (Pa)、 M : 水の分子量 ($0.018 \text{ kg mol}^{-1}$) である。

3. 結果と考察

3.1 蒸発速度

各試料の蒸発速度の変化を図 1 に示す。無散布試料 (Control) の蒸発速度は 10 日目まで恒率蒸発が続き、10 日を過ぎると蒸発速度の低下が始まり、蒸発速度は第 1 減率蒸発へ移行していった。ポリマー散布試料の蒸発速度は、1 日目の蒸発速度は無散布試料と同一であったが、蒸発の進行とともに蒸発速度は低下してい

く傾向を見せた。SAO 散布試料の蒸発速度は徐々に低下し、8 日目以降からは一定の蒸発速度となった。PEG 散布試料は 3 日目まで無散布試料と同様に恒率蒸発期間があらわれ、4 日目から蒸発速度は徐々に低下していった。15 日目の無散布試料の蒸発速度とポリマー散布試料の蒸発速度を比較してみると、SAO 散布試料は 40%、PEG 散布試料は 30% 蒸発速度が低下した。ポリマーの種類によって蒸発速度が異なった理由について、試料表層に散布した親水性ポリマーの浸透深さの影響を受けていると考えられる。

3.2 水ポテンシャル分布

各試料の水ポテンシャル分布の時間変化を図 2, 3, 4 に示す。

グラフ中の数字は日数を表す。無散布試料の水ポテンシャル分布 (図 2) は、10 日目まで一定であった。10 日目以降から各深さの水ポテンシャルは低下し始めたが、この低下と蒸発速度の第 1 減率蒸発が始まったときと一致した。ポリマー散布試料では、深さ 0.25cm の水ポテンシャルが著しく低下した分布となった。SAO 散布試料 (図 3) では、深さ 0.25cm の 1 日目の水ポテンシャルが -4MPa となり、無散布試料に比べて大幅に低下した。また深さ 0.25cm の水ポテンシャルは時間の経過とともに低下し、10 日を経過した段階で -13MPa に達したが、0.75cm 以下では、時間経過による大きな低下は見られなかった。PEG 散布試料は、深さ 0.25cm の 1 日目の水ポテンシャルは -8MPa となり、3 試料中も最も低下した。また時間の経過とともに水ポテンシャルは低下し、10 日を経過した段階で -36MPa となった。また PEG 散布試料は SAO 散布試料とは異なり、深さ 0.75cm の水ポテンシャルが時間の経過とともに低下した。この結果から、PEG は時間の経過とともに土壤中に浸透していくが、SAO は表層に残留することがわかる。

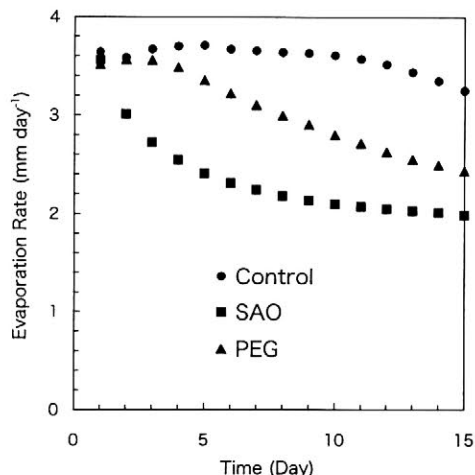


図 1 各試料の蒸発速度

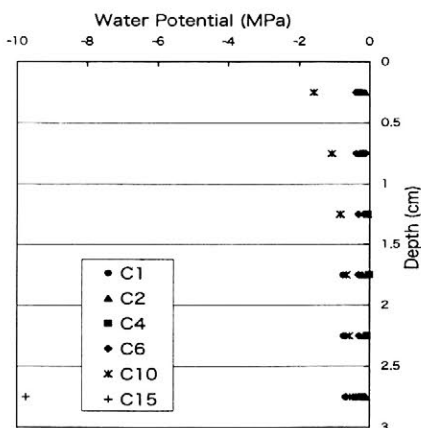


図 2 無散布試料水ポテンシャル分布

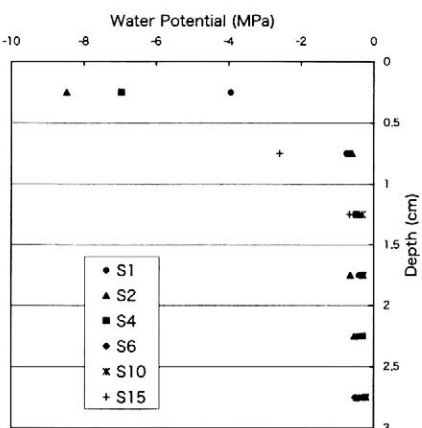


図 3 SAO 散布試料水ポテンシャル分布

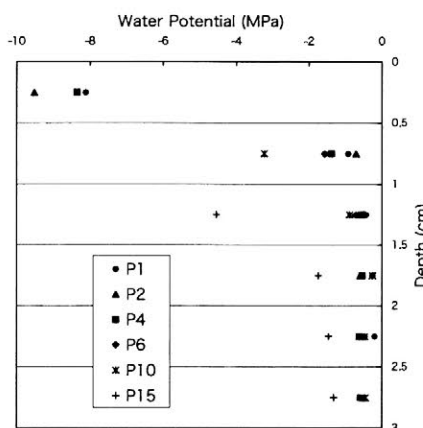


図 4 PEG 散布試料水ポテンシャル分布

4. まとめ

今回の実験でおこなった水ポテンシャル分布の測定から、PEG は時間の経過とともに浸透するのに対し、SAO は表層に残留することがわかった。また PEG の方が SAO よりも表層の水ポテンシャルが低下するにもかかわらず、蒸発速度は SAO 散布試料の方が小さくなった。この理由として、土壤の初期水分量やポリマーの物性値の違いなどがポリマーの浸透深さに影響を与え、その浸透深さの差が蒸発速度を左右していると考えられる。しかし、今回の実験ではどの項が支配的な要因なのか判断することはできなかった。今後の課題として、土壤中のポリマー濃度分布を定量的に把握する必要がある。

木質古文化財に残る「刃こぼれ痕」について

藤井 裕之*・奈良県文化財保存事務所大神神社出張所
 (* 京都大学大学院人間・環境学研究科 博士後期課程)

1. 刃こぼれ痕研究の可能性

出土木材や建築古材など、木質古文化財の表面で観察できる加工痕のうち、刃物による切削面には、わずかな凹凸をもち平行に走る、広狭さまざまな線状の傷が見られることがある。この種の傷が刃先の刃こぼれによるもの（以下、刃こぼれ痕と呼ぶ）であることは、従来から知られていた。刃こぼれ痕は人為的な痕跡ではあるけれども、その原因となる刃のこぼれ方自体は、人間の意思の及ばない偶発的なものである。しかも、研ぎ直しや破損のため、刃先は徐々に姿を変えていく。したがって、同じ特徴を備えた刃こぼれ痕どうしは、ある特定の時間に、同一の工具による加工で残されたことを明確に示しているといえるだろう。このように刃こぼれ痕は、当時の木工技術だけではなく、木質古文化財の製作過程を探る上でも、重要な研究対象となりうる。

2. 国内外の研究動向

刃こぼれ痕の特徴を手がかりとして、同一の刃物工具による切削面を識別できることについては、国内外を問わず、研究史の早い段階から認識されていたらしい（国内では、法隆寺国宝保存委員会 1955、宮原 1988 など）。しかしわが国の場合、木質古文化財の加工痕分析といえば工具の材質や種類、加工技法を取り扱うことが主流であり、切削面における刃こぼれ痕の具体的な分析は、管見によれば、これまでに行われていない。いまその理由を十分に説明することは困難であるが、分析の手間が膨大であることもさることながら、刃物の刃こぼれは研ぎ直すと消えてしまうという常識的な理解もまた、大きな妨げになったと推察する。

一方、ヨーロッパでは 1970 年代以降、サマーセットレベルズ（イギリス）をはじめとする湿地遺跡で系統的な考古学的調査が進み、有機質の遺物にたいする理解が深まった。そのような流れを背景に、刃こぼれ痕を重視した加工痕研究を行った例として、ロブ・サンズによる報告をあげることができる（Rob Sands 1997）。ここでサンズは、オークバンク・クラノグ（スコットランド、青銅器時代後期～鉄器時代前期）の水中発掘で出土した木材を題材に、実験による検討も踏まえ、刃こぼれ痕の記録と照合について方法論的な検討を行った。さらにサンズは、出土木材が構成していた木造構築物の刃こぼれ痕の分析を行い、その構築段階や個々の木材の製作順位の特定、関わった労働組織の考察にも取り組んでいる。この研究で重要なのは、①金属製斧の刃こぼれは 1 回の研ぎ直しで劇的に変化するものではなく、②研ぎ直し前後の刃先の変化は刃こぼれ痕の比較によって追跡可能であるという、上述の常識的な理解と正反対の指摘をしていることである。これが事実とすると、共時性だけでなく、時間的な前後の順序を刃こぼれ痕から引き出せることになる。

3. 方法論検証の試み ―文化財建造物の修理現場から―

上記のようなヨーロッパにおける方法論的検討と実践の成果に従い、大神神社勅使殿(安

永8 [1779]年に再興、奈良県桜井市、奈良県指定文化財)の解体修理工事現場において刃こぼれ痕の検討を試みた。その概要は次の通りである。

新材加工作業の観察 今回の解体修理では、桔木の一部を新材に取り替えている。この新材加工の際に実際に斧を使用する機会があったので、刃先の状況と刃こぼれ痕との対応関係を観察した。結論からいうと、「ハツリヨキ」または「タツキ」と呼ばれる種類の縦斧の場合、刃先の刃こぼれと刃こぼれ痕の特徴どうしはよく一致している。砂粒などによる汚れなどは、刃こぼれ自体の原因にはなりえても、刃こぼれ痕の原因とはならないようである。また、刃こぼれ痕をもたらす刃先の傷の大きさは、肉眼では見えないほど細かいものが大半であった。野仕事用の斧の場合、刃先の性能を維持するための研ぎ直しは、そうした細かい傷を除去する程度の研ぎ方で足りるのであろう。肉眼でわかるほどの大きい刃こぼれは、それ自体を除去する目的がない限り残存することが想定できる。

古材の検討 野物材を中心に刃こぼれ痕の型のサンプルを収集し、これを反転して得た模型どうしを比較した。なお、型取り材料には市販のシリコンゴム製パテ(商品名:ブルーミックス)を使用し、反転材料には市販の歯科用石膏を使用した。

サンプルの収集は、組立て工事開始後の、ちょうど桔木が入る直前の段階で行ったので、主要な部材から系統的に収集するのはすでに不可能な状況であった。しかし結果的に隅木、桔木など10点の部材から、4グループの刃こぼれ痕を抽出できた。このうち2グループは、互いに研ぎ直し前後の変化を示す組み合わせの可能性が高い。サンプル数の最も多いグループには刃の一方の端を含むものがあり、刃こぼれ痕を介して比較した結果、使用された刃物は、少なくとも15cm以上の刃幅をもっていたことが判明した。切断面の形状も踏まえると、この刃物は「ハツリヨキ」あるいは「タツキ」と呼ばれる種類の縦斧であったと推定できる。また、同じグループ内部でも、部材ごとに比較すると細かい違いが認められる。このような刃こぼれの変化の追跡から、製作順位を推定できると思われる。この順位は、実際に行われる建築工事の際に行われる木作りの順番と矛盾するものではなかった。ただし、これらの刃こぼれ痕が現場仕事によるものか、それ以前の段階における仕事によるものなのかどうかを明らかにするには、刃こぼれ痕の系統だった悉皆調査と、当時の生産体系を含めた総合的な検証が必要だろう。

4. 今後の課題

サンズが示した研ぎ直し前後の刃先の変化に対する認識や、型取りによる記録照合などの基本的な方法の有効性は、今のところ追認しうるように思われる。しかし、刃物を継続的に使用する過程で、刃先の状態や刃こぼれ痕がどのように変化していくのか、ということや、わが国特有の道具や樹種の場合に刃こぼれ痕がどのような出方をするのかということ、さらには水中遺跡ではない湿地遺跡の出土遺物に適した記録方法の確立など、実験を主体とした今後の分析に委ねられる項目は数多い。原体同定論(木立 2003)の立場から基礎的検討を積み重ねていく必要もあるだろう。

参考文献

- 木立雅朗 2003 「「刷毛目」調整と工具の基礎的研究1」『立命館大学考古学論集』Ⅲ pp.1079-1104
法隆寺国宝保存委員会 1955 『国宝法隆寺五重塔修理工事報告』法隆寺国宝保存工事報告書第13冊
宮原晋一 1988 「石斧、鉄斧のどちらで加工したか」『弥生文化の研究』10 pp.193-201
Rob Sands. 1997 *Prehistoric Woodworking* The institute of Archaeology, UCL.

縄文土器に残留したステロールの分析

○堀内晶子・笠間愛央
(国際基督教大学教養学部)

1. 背景と目的

これまでに考古学試料の残存有機物質を分析し、古代の生活や環境を明らかにしようとする数々の試みがなされてきた。生体を司っている多種多様の有機物質を分析することによって得られる情報は測りしれない。しかしその反面、物質の安定性、流出、後からの混入、絶対量が少ないなど、問題が多いのも事実である。そこで我々はこれまでに、モデル系を使って既知の脂質を土器に吸着させ、異なった条件下で脂質の組成が時間と共にどのように変化するかを検討してきた。その結果、脂肪酸やグリセリドは時間と共に組成が大きく変化するのに対して、ステロール類はほとんど変化しないことが明らかになった。以上の結果を踏まえて本研究では 2000 から 2002 年にかけて国際基督教大学構内ロケーション 20 から出土した加曾利 E 式縄文土器の浅鉢土器片に残留しているステロール類のうち、主に動物に含まれているコレステロール及び 3 種類の植物性ステロール、カンパステロール、スチグマステロール、 β シトステロールを分析し、ステロール分析をとおして推測できる古代人の生活環境の可能性と問題点をのべる。なお、生体内でステロールは主にエステルとして存在するため、検出できる遊離ステロールは微量であった。そこでステロールエステルをすべて遊離ステロールに効率よくケン化する方法を確立し、検出濃度を大幅に増加することに成功した。

2. 試料

浅鉢土器片は上部(肩部及び口縁部)(ST, n=3)、胴部(SM, n=8)、底部(SB, n=2)の3種類に分類し、それぞれの土器片を表面近くの比較的環境の影響を受けやすい「表面」と、比較的環境の影響を受けにくい「深部」に分けて分析した。

3. 実験

- a) 脂質の回収: 「表面」の脂質は土器をそのまま超音波抽出(クロロホルム:メタノール=2:1、室温、3回)した後、溶媒を除去し回収した。土器深部に浸透、吸着残留した「深部」の脂質は、残った土器を粉碎器で粉状にした後「表面」同様に回収した。
- b) ステロールエステルのケン化と遊離ステロールの回収: まず回収した脂質に内部標準物質として 5α -コレステランを加え、10%ナトリウムメトキシド/メタノール及びヘキサンを加え70℃、30分加熱ケン化した後、溶媒を除去し、ジエチルエーテルと水で分配してエーテル相に遊離ステロールを移動させ、エーテルを除去し遊離ステロールを回収した。
- c) 分析: 回収した遊離ステロールは、ガスクロマトグラフィーで分離・検出しやすくするためトリメチルシリル化した。ピリジンに溶解し、1,1,1,3,3,3-ヘキサメチルジシラザン(HMDS)及びクロロトリメチルシラン(TMSCl)を加え、室温で10分間反応させた後、FID付きガスクロマトグラフ(Spelco, SPBTM-1 カラム、30m x 0.32mm、210℃~240℃、1℃/min)、及びガスクロマトグラフ-質量分析を用いて分析した。

4. 結果及び考察

- a) ステロール残存量: 一見なにも付着していない様に見える土器片すべてからステロールが検出され、浅鉢は動物性、植物性食物を入れる容器であったことがこの分析からも明らかになった。しかし、

残存量は土器片によって土器 1g あたり 0.1mg~14mg と差が大きく、一つの土器片を 2~3 片に分割して分析した結果、5 倍以上の差が確認された場合もあった。この現象は、たとえば食後の皿や鍋の汚れは均一に付着しているのではなく、局在化していることからでも用意に理解できる。従って、一つの土器片の結果から脂質の絶対量や組成を細かく議論する事は危険であり、できるだけ多くの試料を統計的に検討することが必要であることを示唆している。

- b) 「表面」と「深部」：ステロールは「表面」のみならず「深部」にも多く残存していた。これまで一般的に行われてきた土器をそのまま超音波抽出しただけでは検出できない脂質が多く「深部」に残留していることが明らかになった。上部と胴部は「深部」に、底部には「表面」に多くステロールが残存していた(図1)。調理など、土器を直接加熱すると一番熱の影響を受けやすい底部表面部分のステロールが分解すると予測される。従ってこの結果は、浅鉢は調理用ではないという考古学的見地を裏付けている。また、底部「表面」に平均約 10mg/g と他の土器片にはみられない多量のステロールが確認されたことから、底部表面に意図的に脂質を塗り込めた可能性を示唆している。

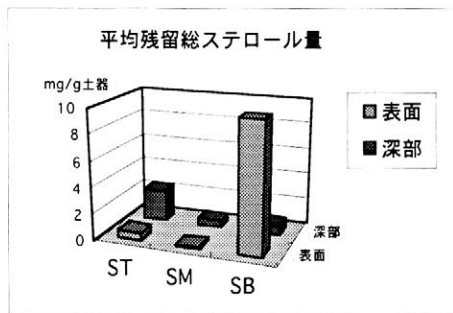


図1. 浅鉢の部位(ST=上部, SM=胴部, SB=底部)による平均残留総ステロール量の違い

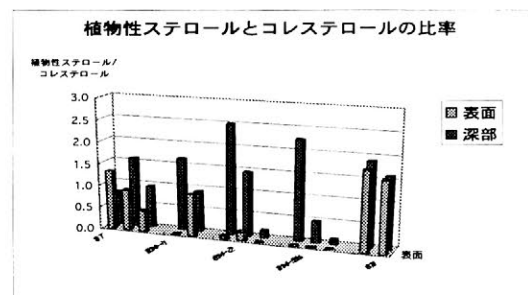


図2. 浅鉢の部位(ST=上部, SM=胴部, SB=底部)と植物性ステロールとコレステロールの比率

- c) 「表面」と「深部」のステロール：「表面」と「深部」に残留する各ステロールの割合は均一ではなかった(図2)。総植物性ステロール量とコレステロール量を比べると、一般的に「表面」ではコレステロール量が多く、「深部」では逆に総植物性ステロール量が多く含まれていた。コレステロールと植物性ステロールの安定性の違いはモデル系では確認できなかったが[1]、長い年月を経ると環境の影響を受けやすい表面の植物性ステロールの分解がコレステロールより促進された可能性がある。しかし、浅鉢に様々な食物を入れる都度、組成の異なった脂質が吸着し、土器内部に層を成して残留する非常に複雑な系を扱っていることを考慮すると、答えはそう単純ではない可能性がある。
- d) 植物性ステロールとコレステロールの比率：植物性ステロール/コレステロール比をすべての土器片試料の平均として求めると 1.26 (min=0.20, max=2.50) になった。土器に残留したステロールが古代人の食物摂取ステロールのすべてとは考えないが、植物性ステロールとコレステロールは同様の安定
- e) 性を示すと過程し、あえて現代の食生活と比較すると、この値はアメリカ人の高コレステロール食[2]の 0.20 からギリシャ、Corfu 島[3]の 2.54 の間に入り、現代日本の農村(福岡県浮羽郡田主丸町)の 1.22[3]と同等の植物性脂質を比較的多く摂取したバランスのとれた食生活をいとなんでいた可能性をしめしている。

[1] 堀内晶子、綾川美由紀、土器に吸着された脂質の基礎的研究(8) -ステロール、日本文化財科学会第20回大会、島根、2003年5月

[2] Don S. Lin, William E. Connor, American Journal of Clinical Nutrition, 74, 44-49, (2001)

[3] J. H.M. de Vries, et al., Journal of Food Composition and Analysis, 10, 115-141, (1997)

木簡および農書に現れるイネは現存するか？

○花森功仁子^{1,2}、望月峰子²、田淵宏朗³、佐藤洋一郎⁴ (1 岐阜大学連合大学院、
2 株式会社ジェネテック、3 中央農業総合研究センター、4 総合地球環境学研究所)

1. 緒言

古代～中世の遺跡から出土する木簡や江戸時代の農書には、現在にも残るイネの品種名が記載されている。これら品種名は籾や収穫時期など植物体の形態的特性や栽培環境から命名されたと推定されるものが多い。本研究では現代にも残る品種名をもつイネについてそれぞれ複数の系統を栽培し、形態的特性およびDNA分析を用いて比較した。

2. 材料と方法

木簡および農書に記載された品種名（平川、1999）と同名および類似名をもつ在来品種、赤もち5系統、黒もち10系統、はせ3系統、白和世2系統、赤わせ2系統、白髭3系統、水口糯5系統の計30系統を供試した（表1）。これらを静岡大学附属地域フィールド科学教育研究センターの水田で栽培密度15×30cmの1本植えで栽培した。各系統について到穂日数、分けつ数、稈長、穂長、草丈、1穂の粒数、芒長、ふ毛の有無などの形質調査を行った。収穫した各系統ごと1粒より、簡易抽出法でDNA抽出を行い、表1に示す11プライマーを用いてPCR増幅を行った。そのPCR産物を8%ポリアクリルアミドゲルまたは1.5%アガロースゲルで電気泳動し、エチジウムブロマイドによって染色したのち写真撮影し、多型を調べた。

3. 結果と考察

「黒もち」の名をもつ系統の中には、J21、J33、J34系統のように同一遺伝子型をもち、形質的にも近い系統もあったが、J45のように他とは遺伝子型および形質が異なるものもあった（表1）。いずれの品種内でも遺伝子型および形質の相違がみられた。したがって、木簡の出土した古代から近世までの品種はその表現型や栽培環境を反映した多様な系統の混成集団であったと推定される。現在の我々の品種概念でいえばコシヒカリやササニシキといった品種内の個体では同一の形質と遺伝子型をもつことが通念であるが、この品種の概念は極めて近年に形成されたものであることが示唆された。今後はさらに多くの品種の形質およびDNAデータを蓄積し、当時のイネの栽培環境の推定を行いたい。

表1 系統別の遺伝子型および形質

記載品種名	系統番号	品種名	地域	ブ						イ	マ	—	到穂日数	分げつ数(本)	稈長(cm)	穂長(cm)	草丈(cm)	1穂粒数	芒(1-4)	ふ毛有無	玄米モチ/ウルチ	
				6P	17P	26P	29P	33P	34P													RM1
赤もち、赤餅*1	J7	赤毛	北海道	0	0	0	1	0	0	e	b	a	a	74.0	14.5	56.5	18.5	75.0	64.3	4	+	ウルチ
	J8	赤諸	青森	0	0	1	1	1	0	d	b	a	b	82.0	8.3	69.1	22.9	92.0	118.3	0	+	ウルチ
	J44	赤もち	秋田	0	0	1	1	1	0	d	a	b	a	86.8	9.5	75.0	22.4	97.4	111.0	4	+	モチ
	J58	アカモチ	岩手	0	0	0	1	1	1	d	b	a	e	80.8	7.4	85.4	22.6	108.0	103.0	0	+	モチ
	J135	赤糯	福井	0	0	0	1	1	0	b	a	d	c	93.8	5.4	99.7	22.8	122.5	142.7	4	+	モチ
黒もち、くろもち*1	J21	黒もち	秋田	1	0	0	0	1	0	c	a	a	a	84.2	4.7	75.5	25.4	100.9	143.7	0	+	モチ
	J33	黒もち	秋田	1	0	0	0	1	0	c	a	a	a	84.5	4.8	72.6	24.4	97.0	126.3	0	+	モチ
	J34	黒もち	秋田	1	0	0	0	1	0	c	a	a	a	83.4	4.6	76.5	24.1	100.6	134.7	0	+	モチ
	J45	黒もち	秋田	0	0	0	1	1	1	d	a	a	a	81.2	6.2	77.8	24.1	101.9	141.7	2	+	モチ
	J125	黒糯	石川	0	0	0	0	1	1	d	a	d	a	85.0	6.1	79.4	21.5	100.9	116.0	0	+	モチ
はせ、和佐*2	J128	黒糯	石川	0	0	0	0	0	0	c	a	a	a	98.9	9.7	88.0	20.4	108.4	72.7	0	+	モチ
	J152	黒もち	滋賀	0	0	0	1	0	1	a	a	a	c	101.7	4.8	97.6	25.2	122.8	132.7	0	+	モチ
	J197	くろもち	島根	1	0	0	1	0	1	d	a	a	a	95.3	11.8	73.2	19.8	93.0	75.3	0	+	モチ
	J198	くろもち	島根	1	0	0	0	0	1	b	a	c	a	120.3	10.5	92.5	21.0	113.5	103.7	2	+	モチ
	J400	クロモチ	和歌山	1	0	0	1	0	1	b	a	f	a	102.3	8.6	84.0	22.8	106.8	100.3	0	+	モチ
	J477	早稲	千葉	0	0	1	0	0	0	d	a	c	a	92.2	4.8	100.7	22.7	123.4	209.7	0	+	モチ
	J482	わせ	奈良	0	0	0	0	1	0	c	a	b	a	110.4	8.6	95.4	22.5	117.9	101.0	0	+	ウルチ
	J483	早生	奈良	0	0	0	1	0	0	a	a	c	a	114.5	6.8	107.4	21.7	129.1	150.3	0	+	モチ
	J496	白早生	石川	1	0	0	0	1	0	c	a	a	a	102.7	10.2	70.3	22.0	92.3	78.7	0	+	ウルチ
	J401	白早生	和歌山	0	0	1	0	0	1	a	b	a	a	100.0	6.4	103.7	25.6	129.3	158.7	0	+	ウルチ
	J494	赤早生	富山	0	0	0	1	1	0	b	a	d	b	106.4	8.5	101.1	20.3	121.4	107.7	4	+	ウルチ
	J498	赤早生	和歌山	0	0	0	0	0	1	d	a	a	a	104.4	6.9	98.7	20.5	119.2	159.3	0	+	ウルチ
	J473	白ひげ	青森	0	0	1	1	1	1	a	a	b	a	84.6	6.7	89.6	25.6	115.2	159.3	4	+	ウルチ
J474	白鬚(モチ)	青森	0	0	0	1	1	1	e	a	d	a	101.4	8.4	81.9	20.8	102.7	118.7	1	+	モチ	
J476	白鬚(陸稲)	秋田	0	0	0	0	1	0	b	a	c	a	110.0	10.3	100.7	23.2	123.9	67.0	4	+	モチ	
水口糯	J106	水口糯	長野	1	0	0	0	1	0	d	b	a	a	79.3	8.4	82.7	20.6	103.3	84.3	3	+	モチ
	J110	水口糯	山梨	0	0	0	0	0	0	a	a	a	a	84.3	6.7	80.9	22.1	103.0	104.7	0	+	モチ
	J191	水口糯	鳥取	0	0	0	0	0	0	a	a	e	a	109.8	14.6	98.4	24.6	123.0	197.0	1	+	ウルチ
	J192	水口糯	鳥取	0	0	0	0	0	0	a	a	a	a	110.9	6.3	95.9	22.1	118.0	130.0	0	+	ウルチ
	J193	水口糯	鳥取	0	0	0	0	1	0	a	a	e	a	110.6	7.0	98.2	24.0	122.2	147.7	1	+	ウルチ

*1: 農書記載の品種名

*2: 出土木簡に記載の品種名

0: バンド無し

1: バンド有り

a~j: バンドの位置が同じものは同じ文字

各品種の一番上段と同じ遺伝子型をもつもの

中国泥河湾地域旧／新石器遺跡の光ルミネッセンス年代測定

○長友恒人*・波岡久恵*・下岡順直**・衛 奇***・佐川正敏****

(*奈良教育大・**奈良大院・***中国科学院・****東北学院大)

1. はじめに

河北省と山西省にまたがる泥河湾盆地は北京の西北西約100 kmに位置し、前期更新世から完新世にわたって、多くの石器時代の遺跡が確認されている(図1)。この地域の前期旧石器遺跡の年代推定には主として古地磁気法が適用され、東谷坨遺跡はハラミロイヴェント、小長梁遺跡はオールドバイヴェントにまで遡る報告があるが、他の年代測定法による数値年代とのクロスチェックが不十分であり、年代を確定するための研究が望まれている。

泥河湾地域は湖成堆積物と風成堆積物(レス)が互層を成している。この地域の年代測定にとって重要なレスに関するOSL年代測定の基礎データを収集するとともに、後期旧石器時代の虎頭梁遺跡群及び中期旧石器時代の許家窰遺跡群の遺物包含層に関連する地層のIRSL年代測定を行なった。



図1 泥河湾盆地の位置

2. 測定

2-1. 試料

虎頭梁遺跡群は河北省陽原県虎頭梁村一帯に位置し、土器と細石刃が共伴する旧石器時代から新石器時代にかけての遺跡群である。虎頭梁遺跡群于家溝遺跡より、6層レス二次堆積層の上部(試料名:虎頭梁1)と下部(試料名:虎頭梁2)を採取した。

許家窰遺跡群は河北省陽原県から山西省陽高県にかけて位置する。文化層は泥河湾層頂部にあり古代型ホモ・サピエンスの化石人骨が出土する。許家窰遺跡群侯家窰遺跡より石器包含層直上層(試料名:許家窰1)・石器包含層(試料名:許家窰2)を採取した。

レス堆積物は、河北省陽原県東谷坨村郊外北西嘴地点において地表下2.2mの層(試料名:レス1)及び4.8mの層(試料名:レス2)を採取した。

2-2. 実験

・プレヒートテストとフェイディングテスト

赤外光ルミネッセンス(IRSL)測定のためのプレヒートテストをレスと侯家窰遺跡試料を用いて行った。プレ

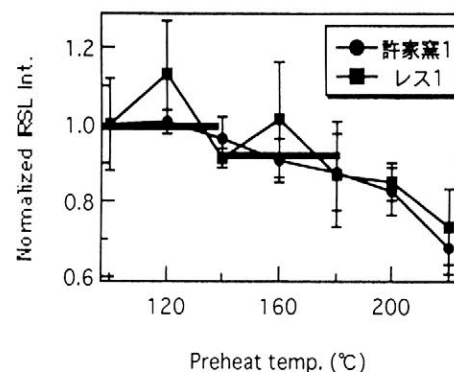


図 プレヒートテスト

ヒート時間を60秒として100℃から220℃まで、20℃間隔で行った。レスと侯家窰遺跡試料ではプレヒートプラトーに違いが見られたことから、試料ごとにプレヒート温度の設定が必要であることがわかった（図2）。

フェイディングテストは、照射した試料を常温で保管して120日後までのルミネッセンス強度変化を調べた。その結果、約2週間後に強度が安定することが分かった。

・蓄積線量の評価

微粒子試料を用いて付加線量法によりIRSL測定を行なった。測定装置は自動測定装置NRL-99-OSTLを用い、120℃、160℃または200℃で60秒のプレヒート、測定温度60℃で100秒間測定した。

・年間線量の評価

β線はすべての試料を直接測定したが、γ線と宇宙線は、于家溝遺跡試料のみ直接測定を行なった。α線及び于家溝遺跡以外の試料についてのγ線は間接測定によった。間接測定ではα線のルミネッセンス効率10%とし、宇宙線は0.15mGy/aと仮定した。

3. 結果と考察

表 測定結果

測定結果を表に示す。于家溝遺跡の年代は虎頭梁遺跡群の細石刃包含層（¹⁴C年代11±0.21ka、PV156）の上部であり、¹⁴C年代と整合している。測定した試料は二次堆積のレスであるが、この結果からゼロイ

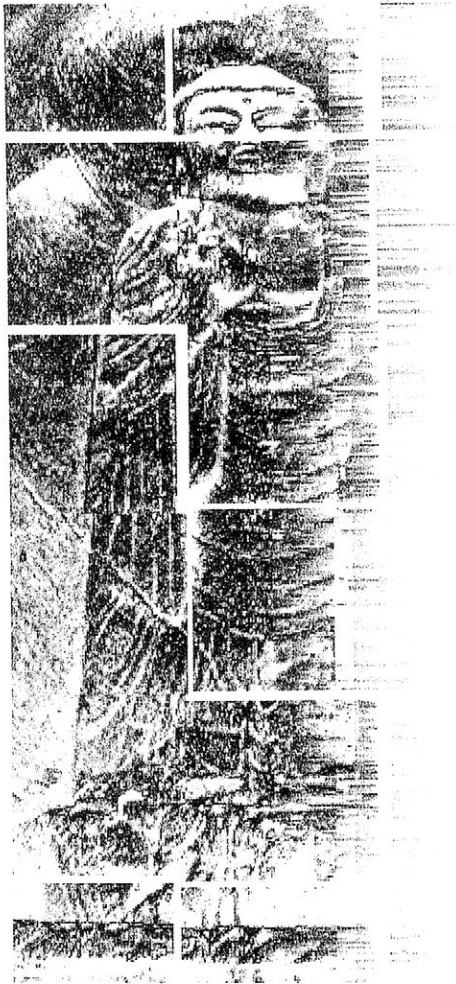
	蓄積線量(Gy)	年間線量(Gy/ka)	IRSL年代(ka)
虎頭梁 1	37.5±6.4	4.77±0.46	7.9±1.5
虎頭梁 2	45.1±6.8	4.96±0.38	9.1±1.5
許家窰 1	300.7±67.1	4.78±0.31	62.9±14.6
許家窰 2	325.6±71.2	4.95±0.31	65.8±15.0
レス 1	74.4±8.8	5.15±0.32	14±2
レス 2	139.3±19.3	5.06±0.27	28±4

ングは完全であることが分かる。許家窰遺跡群侯家窰遺跡は約65kaという測定結果であるが、測定試料がレスの湖成堆積物であることを考慮すると、乾燥した現在の状態の年間線量は過大に評価された可能性があり、今回の測定結果は侯家窰遺跡年代の下限を示すものと考えられる。

4. 課題と展望

レス試料の鉱物組成を調べるためにX線回折を行ったが、長石類の他にイライト及びクロライトの小さなピークが確認された。これらの鉱物がIRSL測定データのばらつきの原因になっている可能性がある。これらの鉱物のIRSL特性について、今後検討を加える必要がある。今回の測定でレスのIRSLが有効であることが確認されたが、堆積した時期や場所によってIRSL特性が異なるので、正確な年代測定にはプレヒートやフェイディングについて、個々の試料についてのテストが必要である。また、IRSL法はTL法やESR法と比較して測定可能な年代が若いと考えられているが、前期旧石器遺跡の地層についても測定可能であることを確認することが必要である。

広 告



STOP

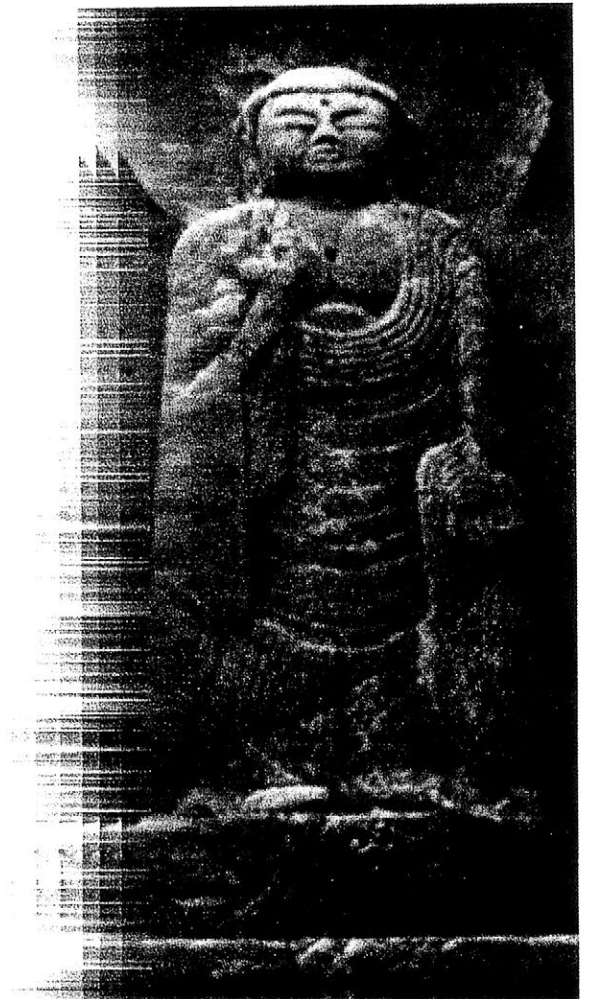
the

風化

石材強化剤
OH100

石材撥水剤
280

強化剤
OM50



TRY

the

活性

株式会社 **アクト**

本店

〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1

TEL・FAX (0595)63-8261

営業本部・倉庫

〒544-0015 大阪市生野区巽南5-9-11 森下通商ビル内

TEL (06)6796-2381

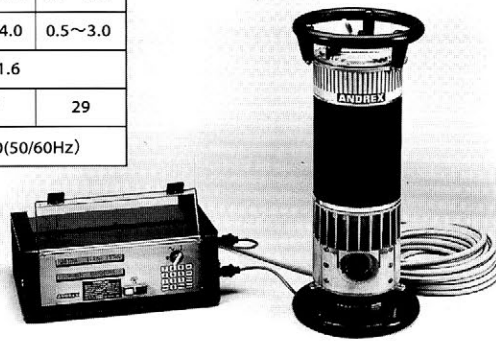
FAX (06)6794-0254



エクスロンなら、 すべての文化財の、 あらゆる現場での、 X線検査が簡単にできます。

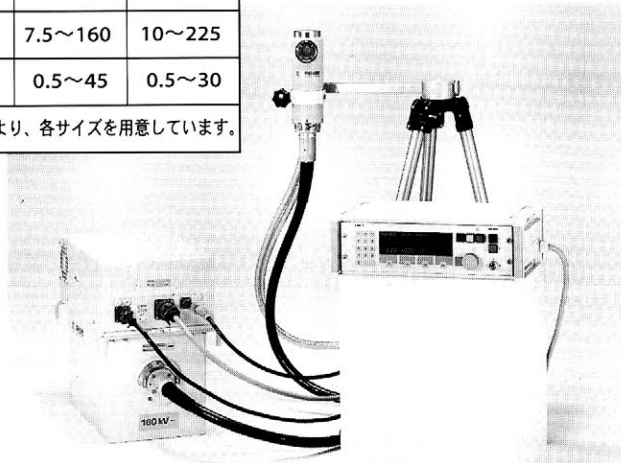
携帯式X線検査装置SMARTシリーズ

型式	160E	200	225	300HP
管電圧(kV)	10~160	60~200	70~225	50~300
管電流(mA)	0.5~6.0	0.5~4.5	0.5~4.0	0.5~3.0
焦点(mm)	0.4×0.4	1.6×1.6		
重量(kg)	22.6	26	27	29
使用電源(V)	AC100~125/AC200~250(50/60Hz)			



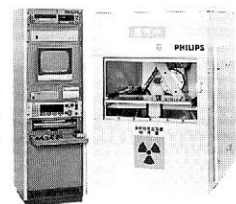
軟・中硬X線検査装置MGシリーズ

型式	103	165	226
管電圧(kV)	5~100	7.5~160	10~225
管電流(mA)	0.5~60	0.5~45	0.5~30
焦点(mm)	使用用途により、各サイズを用意しています。		

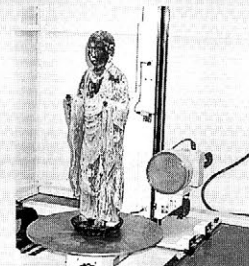


- 携帯式、軟X線装置とも、X線管に金属セラミックを使用しているため、頑丈で、過酷な使用にも耐えることができます。マイクロプロセッサ制御器により、簡単で、安全な操作ができます。
- 用途にあわせて装置を選択できるので、足場の悪い現場でのフィルム撮影、またはテレビ透視も可能です。
- 紙、布、木材、土器、金属材料など、材質を問いません。

軟X線テレビシステム
MUJ-10F



X線テレビシステム
MUJ-22FIによるX線照射例



100kV、120kV、160kV、225kV、
の軟X線テレビシステム兼用
タイプもあります。

エクスロン・インターナショナル株式会社 YXLON International K.K.

本社 〒140-0013 東京都品川区南大井3-28-10 JK大森ビル1F TEL03-5753-6021 FAX03-5753-6024
大阪支店 〒532-0003 大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪MTビル2号館 TEL06-6350-3816 FAX06-6350-3825



コンパクトサイズ

地下レーダー SIR-3000

製造元：米国 G.S.S.I.社

更に小型・軽量化して取り扱いが簡単になりました

地下レーダー探査装置SIR（サー）-3000は、アンテナから地中に向けて電磁波を放射し、その反射波を捉えることにより遺構や埋蔵文化財、空洞などを非破壊で探査する装置です。

- GSSI社の15MHz～1500MHzまでの各種アンテナを接続できます。
- 測定データは内蔵のCFメモ리카ードに記録されますので、素早くPCへデータ転送ができます。
- 電源は薄型・軽量の内蔵バッテリーで、連続2～3時間の測定ができます。（予備用バッテリーも標準付属）
- 寸法 31.5×22×10.5cm、重量 4.1kg



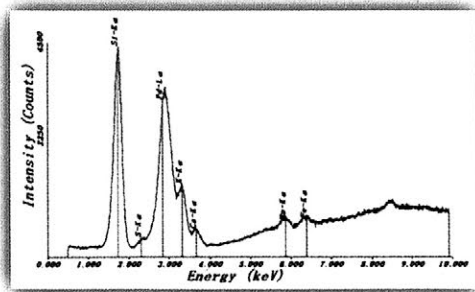
エネルギー分散型
蛍光X線分析装置

OUR TEX 100FA

製造元：アワーズテック株式会社

考古学・文化財試料に最適（可搬／オンサイト分析に）

◆励起法比較の例



1. 非破壊で迅速な組成分析ができます。
2. 大型試料や異形試料を非接触でも分析できます。
3. シャープなヘッド形状で湾曲した試料も近づけて分析できます。
4. 小型・軽量の可搬式なのでオンサイト分析が可能です。
5. 液体窒素や冷却水などが不要でAC100Vの電源だけで分析が可能です。

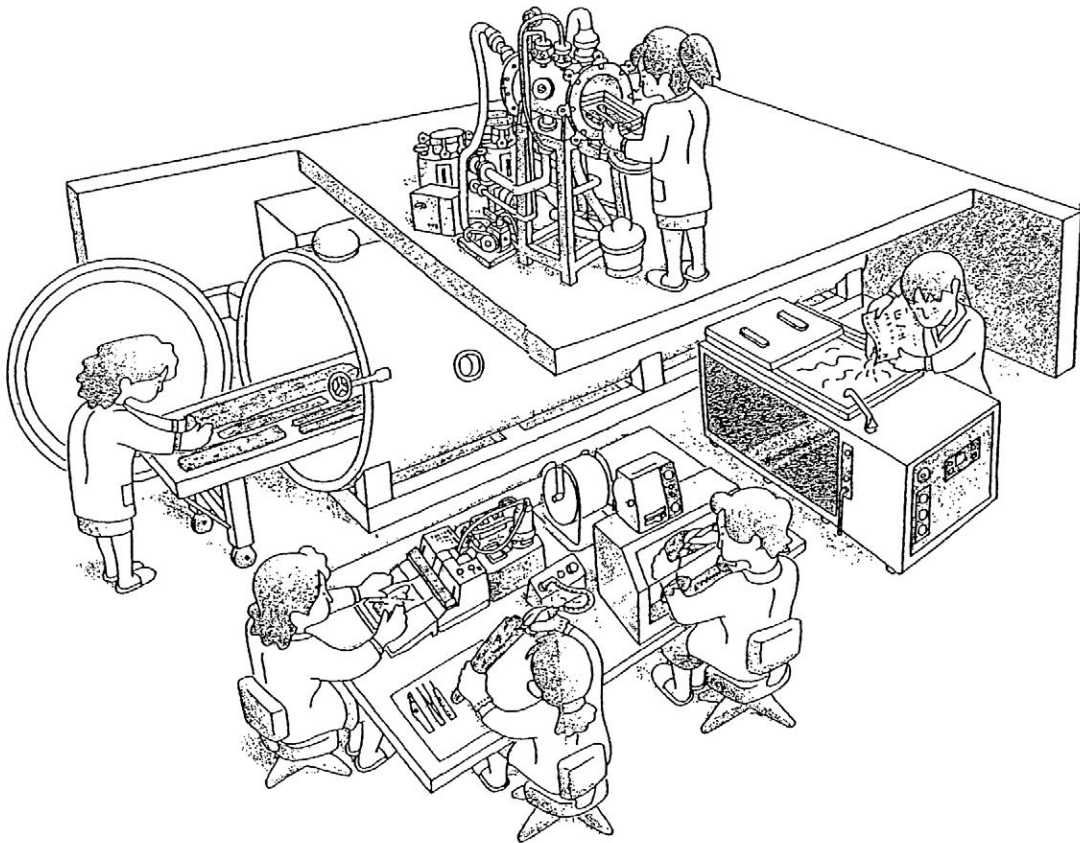
 応用地質株式会社

つくば技術開発センター／機器事業センター

〒305-0841 茨城県つくば市御幸が丘43 TEL.029-851-6621 FAX.029-851-5450

考古遺物・遺跡の保存 を お手伝いします

- ☆木製遺物用保存処理装置（PEG 処理、真空凍結処理、その他）
- ☆金属製遺物用保存処理装置・金属用補修装置・脱塩装置
- ☆上記装置に付帯する薬品類一式・RP システム
- ☆遺構、石器、土器、瓦保存用薬品・地層保存システム
- ☆各種分析・計測装置（蛍光 X 線、軟 X 線、赤外線、三次元測定、他）



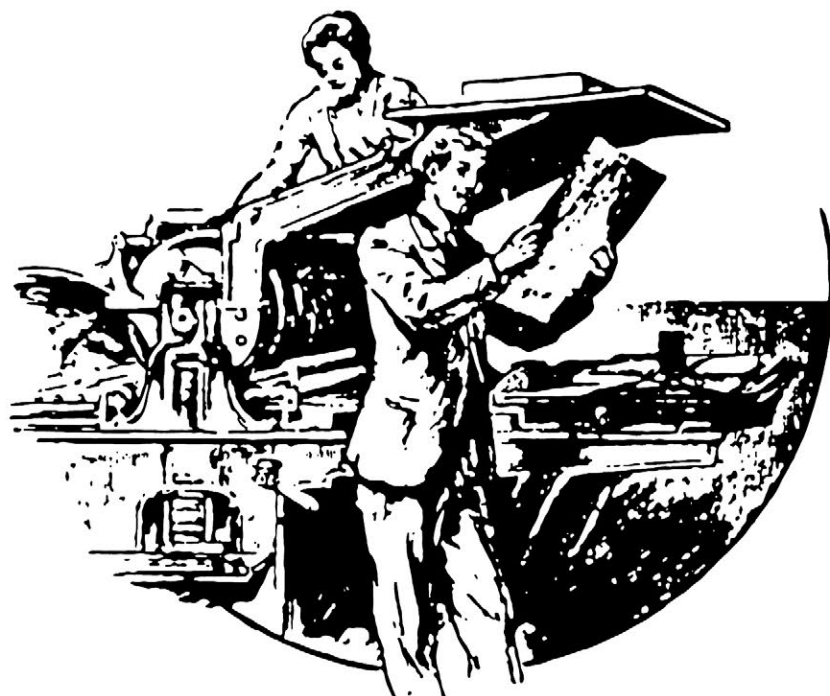
三恒商事株式会社

〒550-0013 大阪市西区新町1丁目10番2号

電話：06-6538-0571 FAX：06-6535-1292

E-mail：sanko@sanko-syoji.co.jp

報告書・概報・年報・館報・展示図録
論文集・研究紀要・パンフレット etc.



三星商事印刷株式会社

〒604-0093 京都市中京区新町通竹屋町下ル

TEL.(075) 256-0961(代)

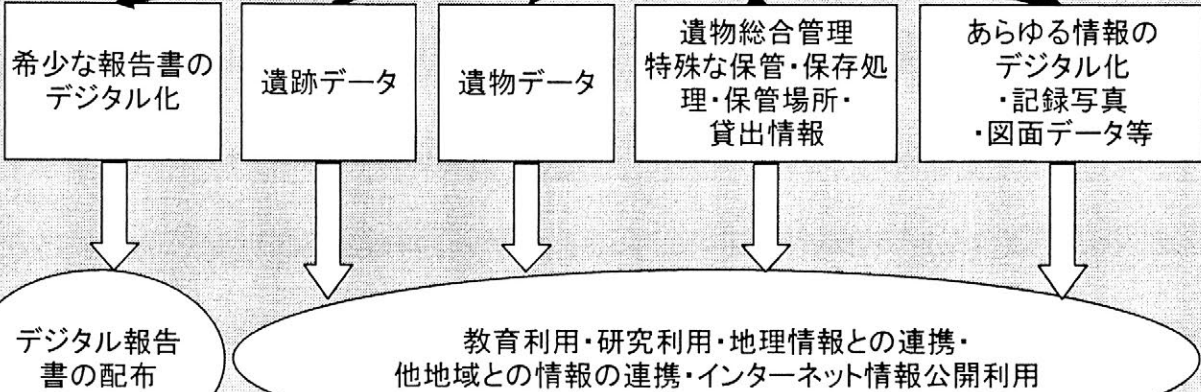
FAX.(075) 231-7141

メールアドレス sanseisyoujinsatu@muse.ocn.ne.jp

発掘調査に伴うあらゆる資料・遺物の整理承ります。

こうこのかみ 遺跡遺物管理システム「考古の守®」

ご要望に即した総合管理ソフトを開発: データベース「考古の守」



「考古の守」は、遺跡に係わる情報のトータルな管理システムの構築を行います。また、それぞれ個別の業務としてもお受けしております。

- 「遺跡や遺物に関する情報のデータベース化」
- 「報告書や写真など各種資料のデジタル化」
- 「ご利用者のご要望にお答えする個別の管理ソフトの開発」
- 「データの発展的利用のサポート」

まずはご連絡下さい。



スナガ環境測設株式会社

〒371-0056 群馬県前橋市青柳町211-1

TEL 027-234-7771

FAX 027-234-7772

<http://www.sunagakankyou.co.jp/>

kami@sunagakankyou.co.jp

業務紹介

埋蔵文化財発掘調査・測量・整理・監理業務
土木・上下水道・空中写真・測量設計業務
群馬県建設工事入札参加資格認定第0233号
国土交通省測量入札参加資格認定98-00003226
測量業登録 建設大臣登録 (5)-12684号
一般建設業許可 群馬県知事 許可(般-14)第12586号

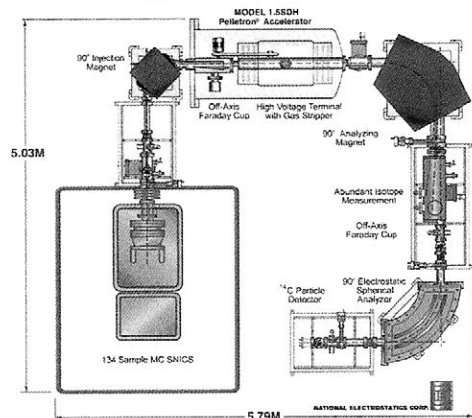
短時間に大量の遺物にネーミングができる新たなネーミング装置を導入しました。整理業務にも力を入れています。



松井田町 坂本環状列石復元工事
写真 群馬県松井田町教育委員会承認済

AMS 年代測定

相対年代から実年代へ



適正な年代を求めるために、土器付着煤類や内容物、種子類など十分吟味する必要があります。

今年夏、加速器導入・測定開始

米国NEC社製最新型AMS
取り扱い代理店伯東株式会社

株式会社 パレオ・ラボ

測定責任者

元東京大学原子力研究総合センター助教授 Ph.D 小林 紘一
元名古屋大学年代測定総合研究センター研究員 Ph.D 丹生 越子

化学処理責任者

元トビリシ大学物理学助教授 Ph.D Zauri Lomtadze
元トビリシ大学物理学助教授 Ph.D Ineza Jorjoliani

試料採取および報告責任者

山形秀樹・藤根 久

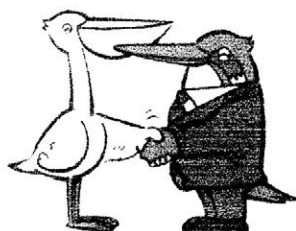
国内の主な大学等の AMS 測定施設の利用もできます
(京都大学ベンチャー企業テクノロジーシードインキュベーション株式会社との共同事業)

その他遺物分析・土器胎土分析・顔料分析・黒曜石産地推定・樹種同定・花粉分析・プラントオパール分析・種子果実の同定・珪藻分析・獣骨貝類同定・ボーリング調査などの自然科学分析および土層の剥ぎ取りを行っています。分析内容および価格などは下記へお問い合わせ下さい。

本 社 埼玉県戸田市下前 1-13-22 ビコーズ戸田 III 1 F
東 海 支 店 岐阜県羽島市小熊町島 5-63 アルビアル羽島 1 F
北海道営業所 北海道札幌市内に 5 月開設予定
AMS 測定施設 群馬県勢多郡黒保根村に準備中

お問い合わせ 本 社：(担当 佐々木由香) 048-446-2345 E-mail: toda@paleolabo.jp
東 海 支 店：(担当 藤根 久) 058-391-0881 E-mail: gifu@paleolabo.jp
http://www.paleolabo.jp

私たちは理化学機器商社として
文化財研究の最前線をお手伝いします。



地球と人にやさしい 薬品未使用の

「脱塩処理装置」をご提案します。



三ツワ理化学工業株式会社

<http://www.mitsuwa.co.jp>

TEL : 06-6351-9683

日本文化財科学会刊行図書案内

—— 日本文化財科学会研究発表要旨集 ——

『日本文化財科学会第20回大会研究発表要旨集』

2003年5月に島根県民会館で開催した第20回大会の研究発表要旨集
口頭発表40件・ポスターセッション72件・特別ポスター展示「最近話題を
集めた島根県の遺跡」を収録 B5判・231ページ・頒価2000円

—— 記念シンポジウム・記念講演会の資料集・記録 ——

『それは何年前のこと？ 遺跡・遺物の年代決定に挑む』

1999年に日本文化財科学会設立15周年を記念して名古屋と福岡で行
った公開講座の資料集 B5判・59ページ・付図5枚・頒価700円

『考古科学の最前線 — 博多湾沿岸をめぐる国際交流』

2002年に文部科学省科学研究費助成研究成果公開発表（B）として福
岡で行った公開講演6件の記録（日本文化財科学会会報第46号に収録）
B5判・68ページ・挿図多数・頒価1000円

『考古科学の最前線 — 飛鳥に迫る文化財科学』

2001年に文部科学省科学研究費助成研究成果公開発表（B）として奈
良で行った講演4件とパネルディスカッションの記録（日本文化財科学会
会報第45号に収録） B5判・43ページ・挿図多数・頒価1000円

—— 文化財科学文献目録・データベース ——

『文化財科学文献目録（前・後編）』

1917年～1990年に発表された文化財科学関係論文11,000件
を網羅（1993・94年刊行） B5判・803ページ・箱入・頒価
5200円

『文化財科学文献目録（補遺1）』

1991年～1999年に発表された文化財科学関係論文約9000件を
網羅（2000年刊行）『文化財科学文献目録（前・後編）』の続編 B
5判・548ページ・頒価3000円

『文化財科学文献目録データベース2003』

1917年～2002年に発表された文化財科学関係論文約23,000
件を網羅（2003年刊行） コンパクトディスク（CD-R）に収録
頒価4000円

—— 日本文化財科学会会誌『考古学と自然科学』 ——

『考古学と自然科学』 1号～47号 頒価360～4200円

（各号掲載内容は日本文化財科学会のホームページに掲載しています）

日本文化財科学会の刊行物の申し込み・お問い合わせは下記の事務局まで

Faxまたは郵便でお申し込み下さい

631-8502 奈良市山陵町1500 奈良大学文学部文化財学科内

日本文化財科学会事務局（Fax：0742-41-9548）

日本文化財科学会第 21 回大会研究発表要旨集

発行 2004 年 5 月 15 日
編集 日本文化財科学会第 21 回大会実行委員会
事務局 〒603-8577 京都市北区等持院北町 56-1 立命館大学文学部考古学コース
電話 075-465-1111 (内 3365)

日本文化財科学会第 21 回大会実行委員会

委員長 和田晴吾
委員 上原真人 内田俊秀 岡田文男 木立雅朗 河角龍典 高 正龍 清水芳裕
高橋 学 千種 浩 塚本敏夫 中川正人 中塚 良 森下章司 矢野健一

