# ポスターセッション

P－1

# $^{14}$C 年代測定を利用した縄紋住居埋没過程の復元

○ 小林謙一・遠部慎・坂本稔・宮田佳樹（以上国立歴史民俗博物館）、松崎浩之（東京大学）、村本周三（総合研究大学院大学）、加藤宣春（株式会社ＣＵＢＩＣ）

年代測定研究を当初から取り入れた発掘調査を行い、出土状況とリンクさせた年代測定を行うことで、年代測定と考古学的調査とがフィードバックできる調査研究のモデルを構築することを目的に、福島県楢葉町井出上ノ原遺跡の縄紋時代中期竪穴住居跡を調査した。

調査した縄紋時代中期竪穴住居の覆土の堆積は、大きく上層の褐色土層(1層)、中層の黒色土層(2層)、下層の黄褐色土層(3層)に分層される（図2）。この特徴的な中層の黒色土層からは、多数の中期土器片や石器、炭化した種子等が出土し、下層の黄褐色土層からは、ほとんど遺物は出土していない。また、住居中央部北寄りで一部のみ検出された複式炉については、現状で予想するには近隣での事例と比べると最大規模になる可能性が高い。今回の発掘調査では、遺物の出土位置を記録(全点ドット)・覆土の土壌サンプル水洗による微少遺物の検出を行っている。土器片の包含状態を時期別に見ると、最上層(1a層)に弥生・古墳時代、上層(1b層)に縄紋後期綱取式、中層に縄紋中期末～後期初頭大木10式、下層～床面に縄紋中期後葉大木9式の土器片が多く包含されている。

住居覆土の堆積年数を年代測定で明らかにする目的で、多数の炭化物・炭化種子をドット位置を記録しながら取り上げた(図1)。今回は、まず４点を年代測定した。その結果は、上層が新しく、下層は古い年代値であり、かつ出土縄紋土器型式と整合的な年代値であった。少なくとも住居廃絶後200年程度の時間で上層下部までが埋没し、その後最上層は4000年近くは微窪地として窪んでいたことが判明した。今後、測定数を増し、層位間の堆積の断続の有無や、層堆積が短期的な時期があるかどうか、他時期の所産である炭化材などを混入する層位があるかなど、年代測定結果と堆積状況を検討したい。

科学研究費基盤Ｃ（課題番号 17520529）「ＡＭＳ炭素 14 年代測定を利用した東日本縄文時代前半期の実年代の研究」（小林謙一）の成果で、楢葉町、福島県教育委員会、歴博の協力を得ている。

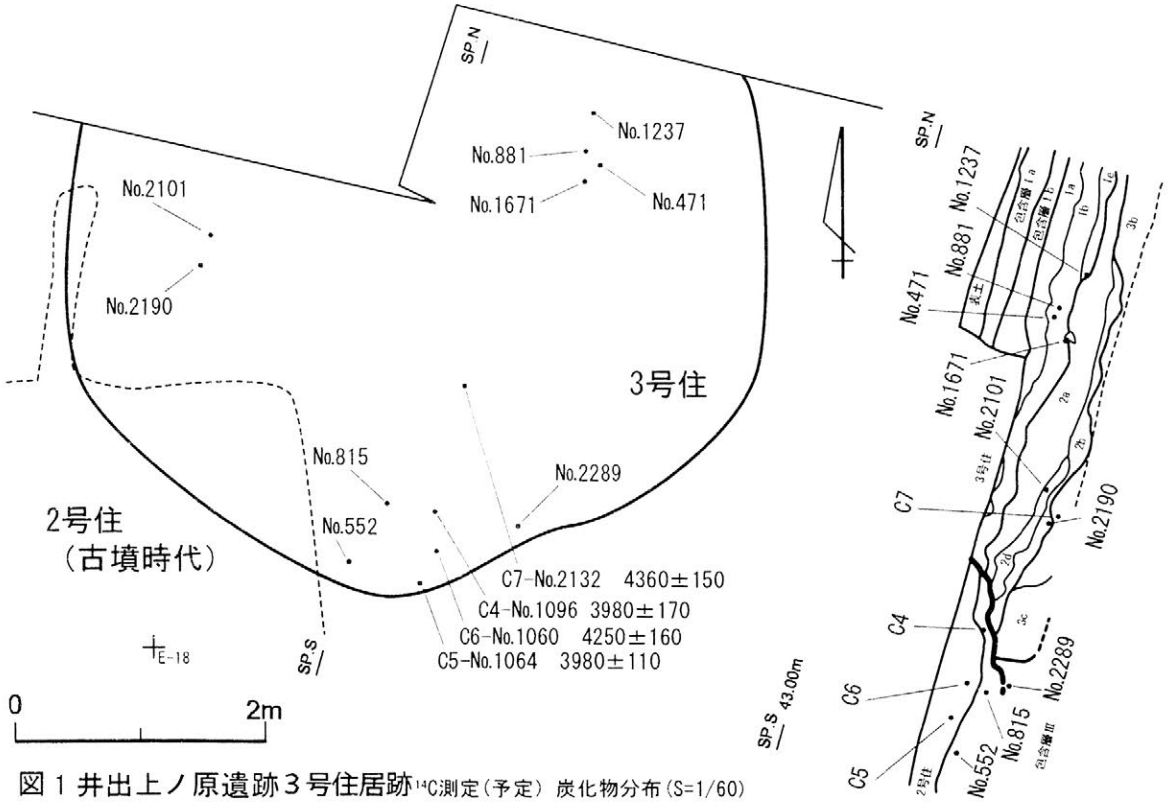
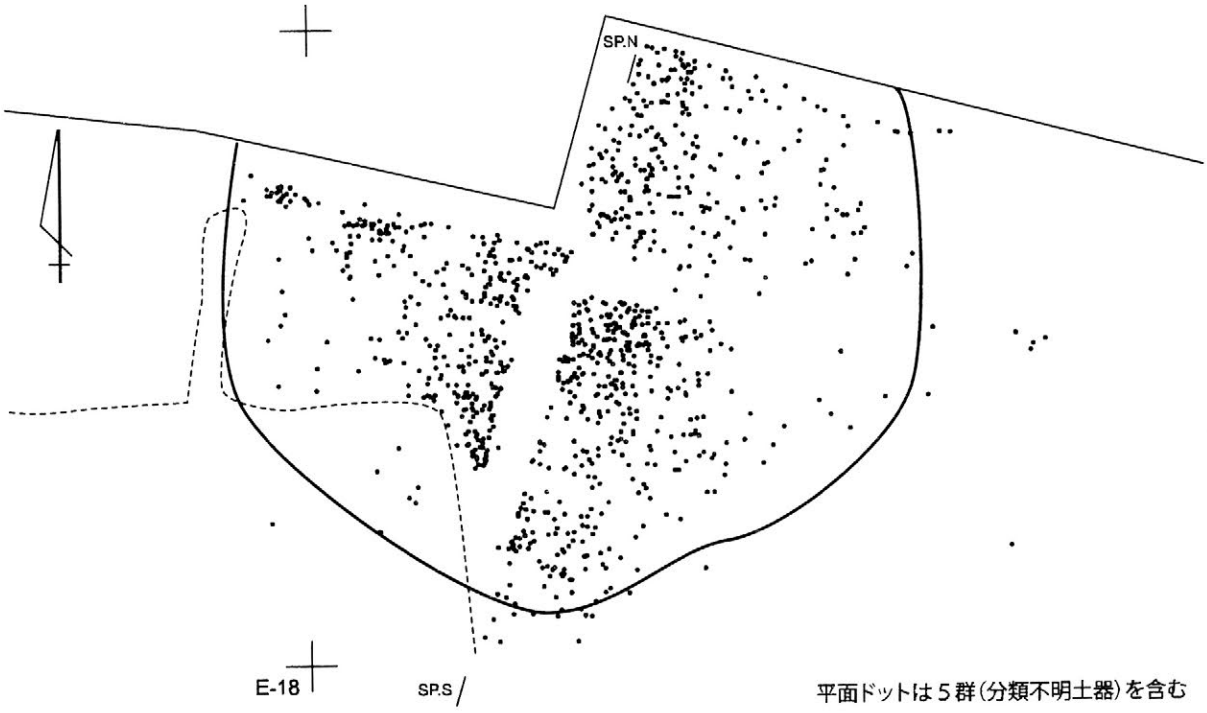



図１ 井出上ノ原遺跡３号住居跡$^{14}$C測定（予定）炭化物分布(S=1/60)



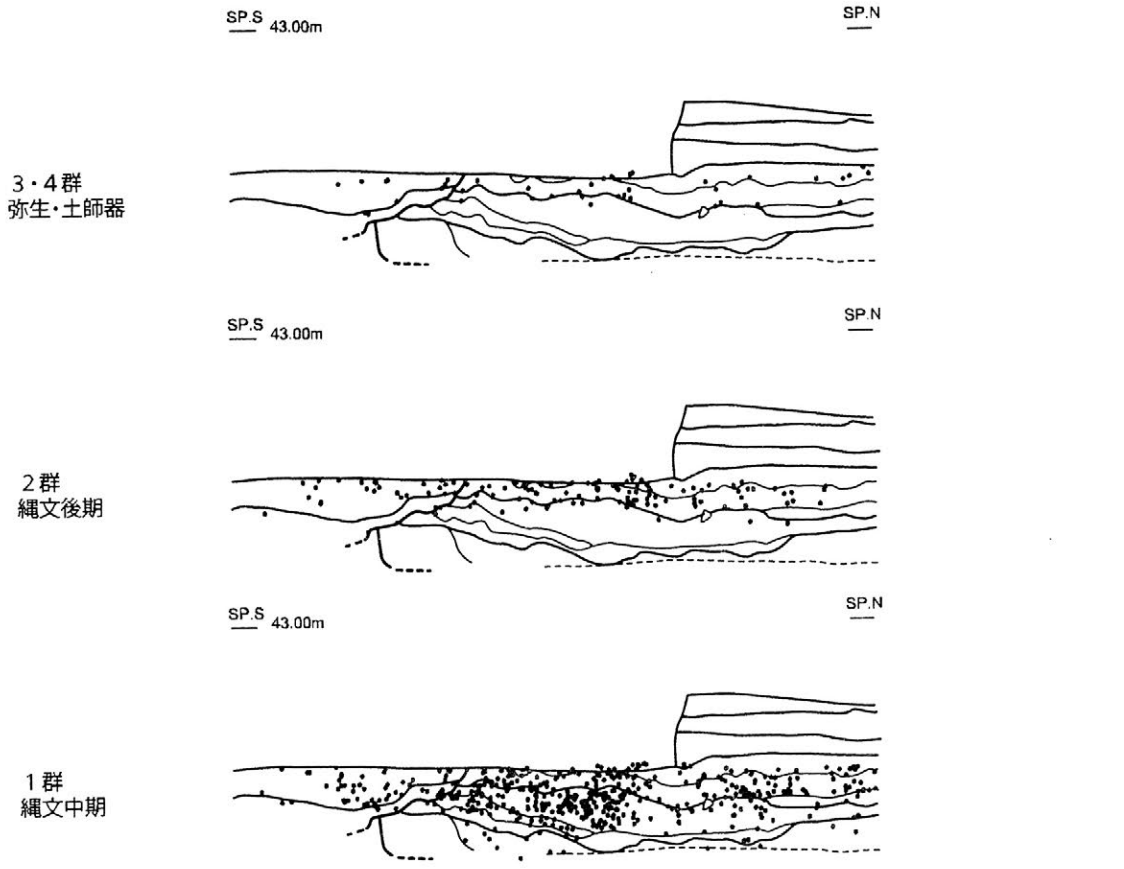




図 2　３号住居跡出土土器大別分布(S=1/60)

P－2

# 山梨県銚子塚古墳周溝出土木柱および樹木試料等の炭素年代測定結果について

○今村峯雄[1]、小林謙一[1]、廣瀬和雄[1]、森原明廣[2]
[1]国立歴史民俗博物館、[2]山梨県教育委員会

## はじめに

山梨県銚子塚古墳（全長169メートル、後円部直径92メートル）は甲府市東八代郡中道に所在する古墳前期の前方後円墳である。平成13年度・平成16年度に墳丘および周溝部の発掘調査が山梨県文化財センターにより行われ、古墳の築造と何らかの関連があると思われる多数の木製品が出土した[1]。特に、墳丘端に直立した状態で埋設され発見された径20cm x90cmの木柱は、古墳の築造年代との関係から注目された。

本研究は、この木柱から採取したコア試料、ならびに木柱と同時期と想定される自然木やS字状口縁台付甕（炭化物）、さらにその後の墳丘側面の崩落で埋没したと思われる自然木について炭素14（$^{14}$C）年代測定を行い、木製品の製作・埋没時期等について検討した結果について報告する。

## 資料

測定に用いた資料は表1の通りである。



木柱は周溝の墳端に直立した状態で発見された。金属器で丁寧な面取り調整が行われ、下端部は平坦に加工されている。下端部を土坑の底面に置いて直立させ、周りを砂礫と土で固めた構造で、上端が腐食していることから、本来はかなり長い木柱であったと推定される[1]。

トレンチ10の自然木2点は多数の木製品と共伴して検出されたもので、何らかの目的で同時に使われた可能性がある。南側拡張区の同じ13層には有孔円盤状木製品等も含まれている。自然木2は、トレンチ8の周溝外端寄り9層中から得られ、北側周溝外側から周溝内へ立木が倒れたような形で倒木状に出土したものである。自然木は樹皮または樹皮に近い年輪を含むので、年代測定対象としてより適する場合がある。

トレンチ8の周溝内最下層からは、棒状の火鑽板が出土したほか、ほぼ完形に復元可能なS字状口縁の台付甕が発見されている。その胴部外側には部分的に厚く付着した土器炭化物（スス）を伴っている。

表1．測定試料と出土地点・位置など

| 試料名： | 木柱コア | 木柱年輪 | 自然木1 | 枝材 | 自然木2 | 土器炭化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 試料番号 | YNMBT-C1 | YNMBT-C1-10 | YNMBT-C2 | YNMBT-C3 | YNMBT-C4 | YNMBT-1 |
| トレンチ | 10T | 10T | 10T | 10T | 8T | 8T |
| 遺構層位 | 13層 | 13層 | 13層 | 13層 | 9層 | 最下層 |

## 試料採取

表1に試料に関するデータをまとめて示す。木柱試料（YNMBT-C1）は、木柱の現存する最外縁から内側へ年輪10年目に相当する小片と、年輪年代測定のため採取した径5ミリメートルのコア試料2本のうちの1本（142年輪）を測定に用いた。後者は5年輪ごとに細分し、そのうち9試料を$^{14}$C ウィグルマッチ（wiggle-matching）用の試料とした。

自然木については、自然木1、枝材はその一部を採取した。また、自然木2はディスク状に切り取った

試料から最外年輪を採取した。

土器炭化物（スス）はS字甕の胴部外側から金属製スパチュラを使って採取した。

### 試料処理

木材試料はミリメートルサイズに粉砕し乾燥し、うち数十ミリグラムを測定試料とした。純水による洗浄後、酸・アルカリ・酸による化学洗浄（AAA処理）を行なった。また土器炭化物についてはアセトン洗浄の後にAAA処理を行った。その後、試料の燃焼、二酸化炭素の精製およびグラファイト化を行って、AMS用ターゲットとして成型した。土器炭化物以外は木柱の化学洗浄処理を含め一連の作業を次項に述べる炭素14測定とともにパレオラボ（株）社に依頼した。

### AMS-炭素14測定

測定は、標準試料および空試験試料とともに米国NEC社製のコンパクトAMS装置（1.5SDH）によって行った。また、S字甕の炭化物の測定は東京大学大学院工学研究系のタンデム加速器研究施設（Pelletron 5UD、米国NEC社製）において、歴博において作製した標準試料および空試験試料とともに行った。

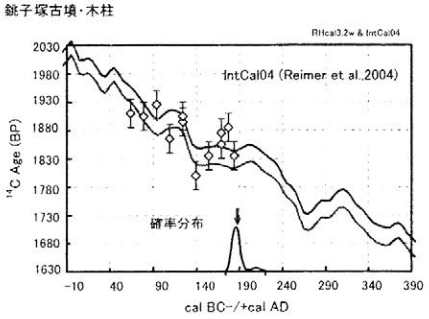



表2　自然木、S字甕炭化物試料の炭素14年代測定結果

| 試料 | 試料ＩＤ | 測定機関番号 | 測定値(BP±1σ) |
|---|---|---|---|
| 自然木1 | YNMBT C2 | PLD-4133 | 1715±20 |
| 枝材 | YNMBT C3 | PLD-4134 | 1690±20 |
| 自然木2 | YNMBT C4 | PLD-4135 | 1650±20 |
| S字甕・土器炭化物 | YNMBT-1 | MTC-07590 | 1730±40 |

図1．$^{14}$C ウィグルマッチ法による解析結果

### 測定結果と考察

得られた年代値は、暦年較正データセットIntCal04を用い較正年代＝実年代に変換した。計算には、ベイズ統計による解析プログラムRHCal3.2を用いた。

木柱コア試料については$^{14}$C ウィグルマッチ法（wiggle-matching）によって解析を行った。日本におけるこの時期の大気$^{14}$C 地域効果のため、年代が若干古めに計算される可能性があるが、最外層の年輪の年代としてAD176～AD213(95%)の値を得た。また木製品に混じって出土し、同時期と判断される枝材・自然木1はほぼ同じ年代を示し、暦年換算でAD260～295またはAD320～395、S字状口縁台付甕の付着炭化物の年代はAD225-410と得られた。木柱が古いのは木取りの効果のほか古材の再利用が考えられるが、伐採が3世紀中後半である可能性も残る。自然木やS字状口縁台付甕の結果を含めて解釈すると、古墳の築造時期は4世紀中後半（AD320～395）または3世紀後半（AD260～295）のいずれかと考えられる。

なお、木製品が検出された地層の最上部に倒木の形で検出され、上部の地層に包含されていた自然木は、より若い年代である4世紀末～5世紀初頭の値を示した。この倒木を含む地層は上部から崩落した多くの葺石を含んでおりこの時期には古墳は事実上遺棄されていたことが示唆される。

謝辞：研究に当たり、光谷拓実・新免歳靖・坂本稔・松崎浩之の諸氏の助力を得た。本研究は、日本学術振興会・学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア」(16GS0118)の援助を得た。以上記して深謝する。

1）森原明廣 2005『国指定史跡　銚子塚古墳附丸山塚古墳』山梨県埋蔵文化財センター調査報告書第228集, 山梨県教育委員会

P－3

# 年輪年代法と炭素 14 ウィグルマッチ法による年代決定の相互比較

○尾嵜大真[1]、坂本稔[1]、今村峯雄[1]、横山操[2]、杉山淳司[2]、川井秀一[2]、光谷拓実[3]
[1]国立歴史民俗博物館、[2]京都大学生存圏研究所、[3]奈良文化財研究所

## はじめに

文化財科学における年代決定法として炭素14年代法、年輪年代法のふたつはその代表格であると言えよう。年輪年代法は1年という精度で年代決定できるという年代法としては最も高い精度を誇っている。しかし、木材、それも暦年標準パターンが作成されている樹種さらには年代範囲に限られるという難点がある。その点、炭素 14 年代法は炭素含むものであれば年代決定が可能であるという特徴を持っているが、モデル年代値である炭素 14 年代値の実年代への較正という点において年輪年代法などのほかの年代法に依存している上に、精度という点では必ずしも高くはない。ただし、年代間隔が既知の年輪試料などについては較正曲線とのパターンマッチングであるウィグルマッチ法を用いることでより高い精度で年代決定することは可能である。それぞれの年代決定法は長所・短所を持ち合わせているが、組み合わせて用いることでそれぞれの欠点を補った年代決定も可能であり、この二つの年代決定法は相補的なものである。

本研究では炭素 14 ウィグルマッチ法と年輪年代法との相互比較を行うことを目的として、西暦 300 年から現在にわたる多数の木材試料について二つの年代法にて年代決定を行った。

## 実験

表1に本研究で用いた木材試料 10 点の詳細を記した。現生材を除いて、これらの木材試料はすべて木造建築物の部材である。

木材試料はそれぞれの試料について設定された基準年輪から 5 年輪ごとに切り分けた。切り分けられた 5 年輪ごとの試料から、それぞれの木材試料について最外部から一つおきに 5 点そして最内部の 1 点を炭素 14 測定に供した。ただし、現生材については最外部が 1950 年より新しい場合、較正曲線の範囲を超えてしまい暦年較正ができなくなる可能性を考慮して、最内部から 5 点、最外部から 1 点とした。

表1 本研究で用いた試料

| 試料名 | 建物・部材名 | 提供元 | 年輪数 | 基準年輪の年輪年代 |
|---|---|---|---|---|
| NRHRJ-A | 法隆寺五重塔 垂木 | 小原コレクション | 92 | 377 |
| NRHRJ-B | 法隆寺五重塔 垂木 | 小原コレクション | 155 | 492 |
| NRHRJ-C | 法隆寺 古材 | 濱島正士氏 | 103 | 451 |
| NRHRJ-D | 法隆寺 古材 | 濱島正士氏 | 107 | 471 |
| NRHRJ-E | 法隆寺 古材 | 小川三夫氏 | 209 | 687 |
| NRHRJ-F | 法隆寺 古材 | 濱島正士氏 | 60 | 1041 |
| NRHRJ-G | 法隆寺 古材 | 濱島正士氏 | 165 | 1135 |
| MESSJ | 専修寺 古材 | 京大生存圏研究所 | 368 | N.A. |
| GSR | 現生材(木曽ヒノキ) | 京大生存圏研究所 | 343 | 1725 |
| KYNJJ | 二条城 古材 | 京大生存圏研究所 | 158 | N.A. |

年代はすべて西暦(AD)

5 年輪ごとに切り分けた試料はカッターを用いて薄膜状にした後、(有)光信理化学製作所製自動

AAA 処理装置(Sakamoto et al., 2004)にて酸-アルカリ-酸(AAA)処理を行い、付着した不純物などを取り除いた。さらに超純水にて十分洗浄した後、110℃にて一晩以上乾燥し、二酸化炭素精製処理用の試料とした。これを酸化銅とともに石英管に真空封入し、850℃にて 3 時間加熱し完全に燃焼させた。その後、燃焼して生成した気体を真空ラインに導き、液体窒素および冷却エタノールなどの寒剤を用いて二酸化炭素を分離・精製した。精製した二酸化炭素を鉄粉および水素ガスとともに石英管に封入し、600℃にて 10 時間加熱することによって、グラファイトを生成させ、アルミ製のターゲットホルダーに充填し、加速器質量分析(AMS)による炭素 14 測定用の試料とした。測定は東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻のタンデム加速器、(株)加速器分析研究所および(株)パレオ・ラボにて行った。

## 結果・考察

表2に本研究により得られた各木材試料の炭素14ウィグルマッチ法による年代測定の結果を年輪年代の結果とともに示した。炭素 14 ウィグルマッチ法についてはベイズ統計に基づいた確率計算を行い、最も確率の高かった最尤値と 2 標準偏差(σ)内の年代範囲を確率を示した。年代値はそれぞれの試料ごとに設定された基準年輪についての年代値であり、最外年輪のものではない。

炭素 14 ウィグルマッチ法による年代値はおおよそ 2σ の誤差範囲内で年輪年代法のそれと一致している。すなわち、炭素 14 ウィグルマッチ法と年輪年代法とは非常に整合性の高い年代決定法であることが示された。しかし、誤差範囲に入らないものもあったり、詳細に検討すると必ずしも「良い一致」とは言いがたいものもいくつかある。炭素 14 年代法では年輪年代法の暦年標準パターンと同等の役割を果たす較正曲線として IntCal04 を用いているが、年輪年代法の暦年標準パターンと違い、IntCal04 は欧米の樹木年輪試料の炭素 14 測定から作成されている。本研究における木材試料についての炭素 14 ウィグルマッチ法と年輪年代法の年代値の差は「標準パターン」を作成するためのデータの地域差が起因しているのかもしれない。

このような較正曲線に起因した問題は AMS 法によって少量・短時間で高精度の炭素 14 測定が行えるようになり、顕在化してきたもので、高精度の年代測定に向けて解決されるべき問題である。

表2 木材試料の年代測定の結果

| 試料名 | 年輪年代 | 炭素 14 ウィグルマッチ法 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 最尤値 | 年代範囲(確率) | |
| NRHRJ-A | 377 | 401 | 373 - 457 | (90.9%) |
| | | | 472 - 489 | (4.4%) |
| NRHRJ-B | 492 | 452 | 443 - 461 | (95.1%) |
| NRHRJ-C | 451 | 469 | 449 - 499 | (95.3%) |
| NRHRJ-D | 471 | 461 | 448 - 484 | (94.9%) |
| NRHRJ-E | 687 | 690 | 685 - 695 | (94.8%) |
| NRHRJ-F | 1041 | 1014 | 998 - 1032 | (95.3%) |
| NRHRJ-G | 1135 | 1127 | 1099 - 1157 | (95.3%) |
| MESSJ | N.A. | 1234 | 1227 - 1242 | (94.9%) |
| GSR | 1725 | 1734 | 1720 - 1738 | (93.7%) |
| KYNJJ | N.A. | 1440 | 1430 - 1453 | (95.3%) |

年代はすべて西暦(AD)

## 参考文献

M. Sakamoto et al. (2004) *Nucl. Instr. Meth. B.* **223-224**: 298-301

P－4

# $^{14}C$ 年代測定によるカンボジア、チェイ村遺跡の年代について

○ 中松万由美（早稲田大学大学院創造理工学研究科）
嶋本紗枝（早稲田大学大学院文学研究科）、下田一太（早稲田大学理工学総合研究所）
中川武（早稲田大学理工学術院）、（株）パレオ・ラボ年代測定グループ

*Keywords*： *カンボジア、チェイ村、サンボー・プレイ・クック、放射性炭素年代測定、土器*

## 1. はじめに

本研究は、カンボジア、コンポン・トム州のサンボー・プレイ・クック遺跡群（Sambor Prei Kuk、以下 SPK とする）の西 2km に位置するチェイ村遺跡（図 1）から出土した土器について、加速器質量分析法（AMS 法）による放射性炭素年代測定の結果を基に、その年代観を考察するものである。

SPK 遺跡群は漢籍史料および碑文史料に記されるチェンラ王朝の首都イーシャナプラ（Isanapura）に比定され、プレ・アンコール期の 7 世紀前半に最盛期を迎えた後、少なくとも 10 世紀まではアンコール王朝の地方拠点として利用されていたことが確認されている。

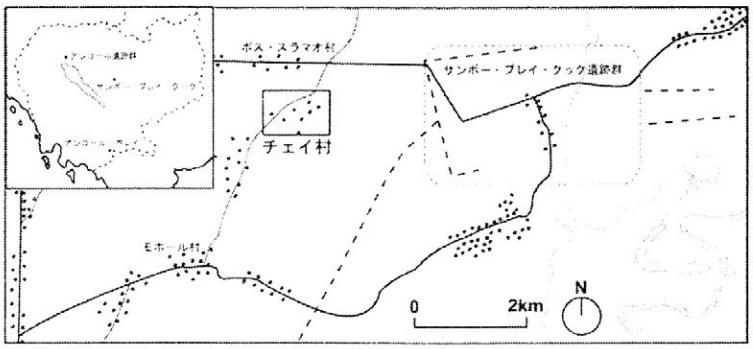
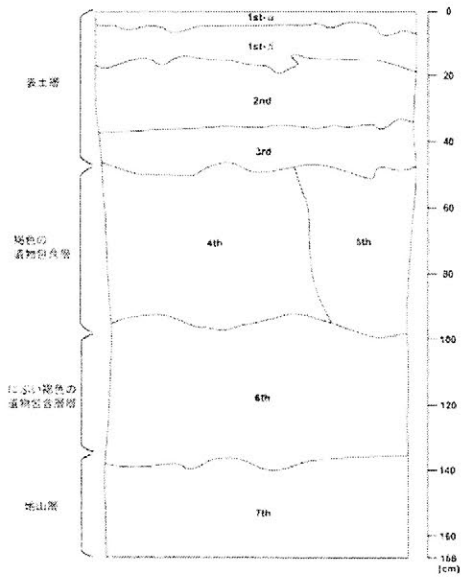



図 1　SPK 遺跡とチェイ村の位置

1998 年より開始された遺跡群周辺の遺構分布調査の過程で、遺跡群に近接するチェイ村において大量の土器・陶器片が発見されたため、2005 年 3 月に表採調査と発掘調査を行った。その結果約 1700 点の土器・陶器片とともに炭化物が採集され、これを試料として AMS 法による放射性炭素年代測定を行った。

カンボジアではアンコール期に生産されたクメール陶器の編年研究が進展している一方、チェイ村遺跡で出土したような土器については未だ編年が確立されていない。そのため放射性炭素年代測定等の理科学的年代測定を援用した土器の年代考察が求められている。

## 2．チェイ村遺跡における発掘調査の概要




発掘調査は村落西域の溜め池を対象とし、層序の把握と層位的発掘による遺物の収集・分析を目的として行われた。土層の堆積状況は以下のとおりである（図 2）。

・表土層：近世の中国とベトナムの陶磁器片、現代のものと推定されるガラス片とともに、下層に含まれる土器片が出土したため、下層の遺物包含層を撹乱した耕作土層であると考えられる。

・褐色の遺物包含層：第 4 層にピット状遺構（第 5 層）が掘り込まれており、両層から大量の土器片が出土したが、陶磁器は伴われなかった。

・にぶい褐色の遺物包含層：出土する土器の量は上層と比較して著しく減少した。

・地山層：地表下約 140cm で地山層に到達した。

図 2　土層断面図

## 3．放射性炭素年代測定の方法と結果

AMS 法による放射性炭素年代測定にあたっては、褐色の遺物包含層（第 4・5 層）より土器とともに出土した炭化物 2 点を試料とした。試料は調整の後に加速器質量分析計（パレオ・ラボ、コンパクト AMS：NEC 製　1.5SDH）を用いて測定された。表 1 は試料とその処理法である。

| 測定 No. | 試料検出地点 | 試料データ | 前処理 | 測定 |
|---|---|---|---|---|
| PLD-6642 | 位置：チェイ村溜め池 No.2<br>遺構：トレンチ B´<br>遺物 No.：9<br>層位：地表面から 73-78cm | 試料の種類：炭化物・材<br>試料の性状：不明<br>状態：dry<br>カビ：無 | 超音波煮沸洗浄<br>酸・アルカリ・酸洗浄<br>（塩酸 1.2N、水酸化ナトリウム<br>0.1N、塩酸 1.2N） | PaleoLabo：<br>NEC 製コンパクト<br>AMS・1.5SDH |
| PLD-6643 | 位置：チェイ村溜め池 No.2<br>遺構：トレンチ B´<br>遺物 No.：10<br>層位：地表面から 73-78cm | 試料の種類：炭化物・材<br>試料の性状：不明<br>状態：dry<br>カビ：無 | 超音波煮沸洗浄<br>酸・アルカリ・酸洗浄<br>（塩酸 1.2N、水酸化ナトリウム<br>0.1N、塩酸 1.2N） | PaleoLabo：<br>NEC 製コンパクト<br>AMS・1.5SDH |

表 1　測定試料及び処理

測定の結果得られた $^{14}C$ 濃度について同位体分別効果の補正を行った後、$^{14}C$ 年代を算出し、Oxcal13.10（較正曲線データ：INTCAL04）を使用して暦年代較正を行った（表 2）。

| 測定 No. | $\delta^{13}C$ (‰) | $^{14}C$ 年代 (yrBP±1δ) | $^{14}C$ 年代を暦年代に較正した年代範囲 | | 暦年較正用年代 (yrBP±1δ) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1δ 暦年代範囲 | 2δ 暦年代範囲 | |
| PLD-6642 | −26.84±0.21 | 2505±20 | 770BC(10.6%)740BC<br>690BC(11.0%)660BC<br>650BC(46.5%)550BC | 780BC(20.3%)720BC<br>700BC(75.1%)540BC | 2507±21 |
| PLD-6643 | −27.62±0.21 | 2505±20 | 770BC(9.9%)740BC<br>690BC(9.0%)660BC<br>650BC(49.3%)550BC | 780BC(95.4%)530BC | 2504±22 |

表 2　放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果

## 4．考察

以上のように、炭化物試料 2 点の年代は紀元前 8 世紀から前 6 世紀という結果が示された。試料の炭化物は土器が集中的に出土した層位から採集されたものではあるが、土器の胎土内からではなくあくまで土壌に含まれていたものであるため、今回の測定結果をすなわち土器の年代と判断するについては慎重をきたす必要がある。最終的な年代決定のためには、広く他の遺跡から比較資料となる土器の情報を収集し、比較研究のなかで放射性炭素年代測定による年代を検討することが不可欠である。

近接する SPK 遺跡の他、カンボジア国内のプレ・アンコール遺跡であるアンコール・ボレイ（紀元前 400 年から紀元後 600 年ごろ）、アンコール時代にクメール陶器を生産したシェムリアップ地域の窯跡遺跡の出土資料との比較研究からは、これまでのところチェイ村の出土品との類似点はほとんど確認されていない。

## 5．今後の課題

今回の測定結果は、将来的な土器編年の構築の基礎的資料となることが期待される。今後はカンボジア国内のみならず、東北タイやベトナム南部の諸遺跡から出土している土器との詳細な比較研究に基づいて、チェイ村出土土器の編年的位置を明らかにする必要がある。さらに、チェイ村においてはより大規模な発掘調査を実施していくことも課題である。

謝辞：本研究は早稲田大学の中川武を代表とする SPK 遺跡保全事業が、住友財団（1998 年～）、文化財保護・芸術研究助成財団（2002 年～）からの継続的な助成を受けて進める事業の成果の一部である。また AMS 年代測定については、（株）パレオ・ラボの若手研究者を支援する研究助成により、無料で測定していただいた。ここに記してお礼申し上げます。

P－5

# 真脇遺跡出土環状木柱列の高精度 $^{14}C$ 年代測定による伐採年代の推定

○西本寛*　高田秀樹**　中村俊夫***
*名古屋大学大学院環境学研究科
**能登町教育委員会
***名古屋大学年代測定総合研究センター

【はじめに】

石川県能登町に所在する真脇遺跡は、縄文時代前期から晩期にかけての大規模な複合遺跡である。本遺跡では、真円状に半截木材を配した環状木柱列と呼ばれる縄文時代晩期の遺構が出土しており、これまでの発掘調査の結果、6 つのサークルが検出された。環状木柱列の用途については様々な見解があるが、住居利用としては柱径が大型すぎる点や遺構内部に炉跡が未検出である点などより、日常的な生活の場としてではなく、祭祀的意味合いを持った建造物と考えられている。また、これらのサークルは、ほぼ同位置で重なり合うかたちで出土していることより、立て替えを行っていた可能性も示唆される。つまり、環状木柱列群は、建て替え順序や時間的な周期性の有無から、縄文時代の精神活動における時間認識を提示することのできる数少ない遺構と位置づけられる。環状木柱列の年代は、土器型式の観点から北陸地方の縄文時代晩期中葉の中屋式であることが確認されている。一般的に北陸の縄文晩期は、前葉の御経塚式、中葉の中屋式、そして後期の下野式と土器型式が区分され、$^{14}C$ 年代測定結果により、石川県の縄文晩期の存続期間はおよそ 300 年間と示唆されている（小田ほか,2001）。この期間を三分割すれば、中屋式は約 100 年間存在していたと推測されるが、より高精度な年代測定を行うことで、これ以上の詳細な議論を行うことができる。加えて、単一サークルを構成する木柱の年代差の有無についても確認しなくてはならない。そこで、本研究では環状木柱列を形成する木柱から年輪試料を採集し、これを $^{14}C$ 年代測定によるウイグルマッチングにて環状木柱列の高精度年代決定を行う。本発表では、これまでに得られた結果について紹介する。

【真脇遺跡の環状木柱列】

真脇遺跡で出土した環状木柱列は、A 環ーF 環までの 6 つのサークルに分類されている（図 1）。木柱は真円状に配置されているが、一部門扉状遺構と称される構造物が付属する。使用された木材は、木芯をはずして半截されたクリ材である。これら環状木柱列の年代については、いくつかの先行研究が報告されている。その中でも、18 本の木柱について木柱外側から採取した木片の AMS$^{14}C$ 年代測定を行った研究は（中村,2006）、単一サークルを構成する木柱の年代差を議論するうえで非常に重要である（図 2）。これによると、A 環を構成する木柱の $^{14}C$ 年代は最も古いもので 2670±35 BP、新しいもので 2520±35 BP という年代が示されている。$^{14}C$ 年代を比較すると両者は 100 年以上の開きを持っている。しかし、較正した値ではほぼ 810-760 cal BC の範囲に含まれるため、測定された木柱群が同一時期の構造物である可能性が高いという見解が提示されている。

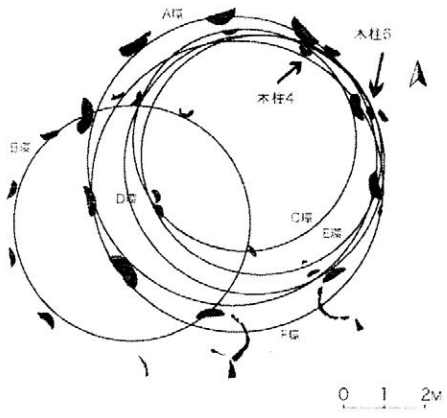



図 1. 真脇遺跡における環状木柱列

実線は木柱の配置から推定されるサークルを示す
（真脇遺跡発掘調査報告書 2006 に加筆）

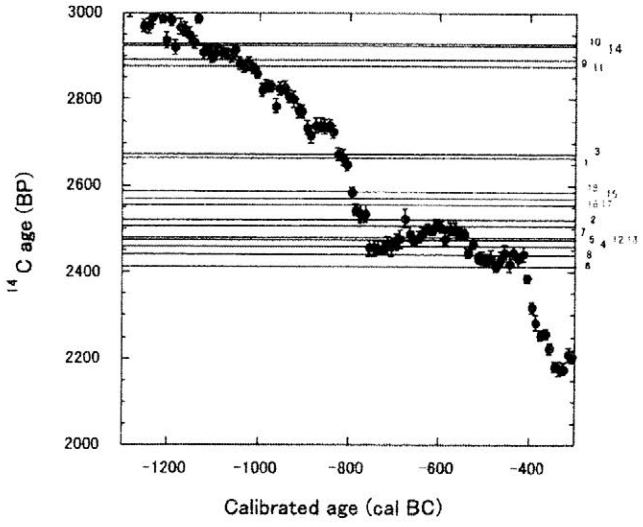



**図 2. 環状木柱列の $^{14}$C 年代と較正年代**

木柱の $^{14}$C 年代を IntCal98 データセットと比較
中村（2006）に加筆

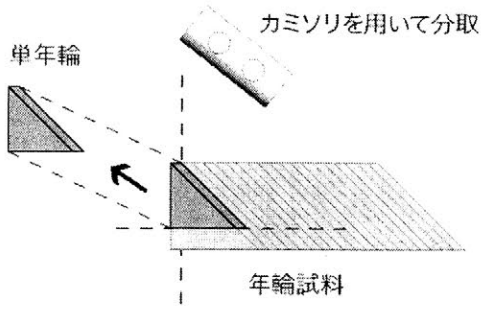



**図 3. 単年輪試料の分取**

連続する年輪試料から単年輪を分取

【試料採取】

木材は含水率が高く、成長錘による年輪試料の採取は不可能であった。そこで、半截面から年輪を観察し、5 年輪ごとにカッターナイフで分取した。木柱 4 では 98 年分の年輪を確認し、20 個の試料を採取した。木柱 6 では 59 年分の年輪を確認し、12 個の試料を採取した。これらの試料は F 環を構成する木柱であり、ウイグルマッチングにより F 環内での年代差や F 環の時期決定を行うことができる。また、1 年輪ごとの試料採取を目的として、福島大学の木村勝彦氏のご指導のもと、9 本の木柱から連続する年輪試料を採取し、これを実体顕微鏡下で一年輪ごとに分取した（図 3）。

【実験】

木柱 4 ならびに木柱 6 の年輪試料、それぞれ 20 個及び 12 個について、試薬の浸透を良くするためにできるかぎり薄くカットし、1.2M HCl、1.2M NaOH による二次汚染物の除去を行った。なお、試料の状態により、溶液の濃度、処理回数は適宜変更した。洗浄した試料を燃焼することで得られた $CO_2$ ガスを真空ガラスライン中にて精製し、これを水素還元することでグラファイトを生成した。

$^{14}$C 年代測定には、名古屋大学年代測定総合研究センターのタンデトロン加速器質量分析計を使用する予定である。$^{14}$C 年代が得られれば、IntCal04 のデータセットと比較することでウイグルマッチングを行い、同一サークル内の年代差や F 環の形成時期について言及したい。

引用文献

加藤三千雄（1986）石川県能都町真脇遺跡—農村基盤整備事業能都東地区真脇工区の係る発掘調査報告書—，23-33

小田寛貴・山本直人（2001）縄文土器の AMS$^{14}$C 年代と較正年代—石川県の縄文前期ー晩期を中心に—，考古学と自然科学，Vol.42, 1-13

中村俊夫（2006）明らかになった真脇の年代，石川県能登町真脇遺跡 2006 史跡真脇遺跡整備事業に関わる第 7ー9 次発掘調査概報，109-124

P－6

# 弥生終末期から古墳前期の土器に付着した炭化物の $^{14}C$ 年代
## ── 愛知県安城市釈迦山遺跡・中狭間遺跡の例を中心に ──

○ 小田寛貴（名古屋大学年代測定総合研究センター）・山本直人（名古屋大学大学院文学研究科）・赤塚次郎（愛知県埋蔵文化財センター）・加納俊介（愛知大学）・木野瀬正典（波田中学校松原分校）・中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）

はじめに

本研究は，弥生終末期から古墳前期にかけての土器編年の暦年代を明らかにする上で，その一助とすべく，愛知県安城市釈迦山遺跡・中狭間遺跡より出土した土器の $^{14}C$ 年代測定を行ったものである．測定を行った資料は，表１に示したとおり，廻間Ⅰ式から廻間Ⅲ式の土器の表面に付着した炭化物である．

実験・結果

土器の表面から，ステンレス製スパーテルを用いて数十 mg の付着炭化物を採取した．1.2N HCl および0.1～1.2N NaOH による交互洗浄(60-70℃)を行った後，蒸留水で洗浄した．乾燥させた試料を CuO とともに Vycor 管に封入し，850℃で２時間加熱することで，$CO_2$ に変換した．この $CO_2$ を，真空ライン中で精製した後，$H_2$，cat-Fe とともに再度 Vycor 管に封入した．これを 650℃で６時間以上加熱することでグラファイトを合成した．得られたグラファイトをターゲットとして，名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計２号機によって $^{14}C$ 年代測定を行った．各資料から２個のグラファイトを調製し，３回ずつ測定を行った．計６回の測定値の平均から $^{14}C$ 年代および較正年代を求め表１に示した．また，較正年代については図１にも示した．

考察

図１をみると，較正年代によって二つのグループに資料を分けることができる．すなわち，資料 No.1～8 の廻間Ⅰ式～廻間Ⅱ式前半の資料群①と，資料 9～13 の廻間Ⅱ式～廻間Ⅲ前期の資料群②である．資料群①の較正年代は，資料 No.7 を除くと１世紀末から２世紀前半に値が集中している．一方，資料群②では，３世紀半ばおよび４世紀初めに集中している．また，２世紀半ばから３世紀初めにかけての期間が不自然に空いていることもわかる．こうした傾向は，尾張・北陸地域の同時期の資料についての測定結果でも同じように見られる．

土器付着炭化物について一般的にいえることであるが，海産物・土器胎土などの混入によって，その $^{14}C$ 年代は土器の使用年代よりも古い値を示すことになる．しかしながら，廻間Ⅰ式～廻間Ⅱ式前半期の資料のみがこうした影響を受けているとは考えがたく，資料群①と②の間に見られる空白期間を説明することはできない．この不自然な空白期間が生じる原因の一つとして考えられることは，較正曲線の地域性の問題である．神奈川県箱根の埋没スギについて $^{14}C$ 年代測定を行った研究では，AD100～200 の年輪の測定結果が較正曲線 INTCAL98 よりも平均で 50 年程度古い値を示すことが指摘されている(Sakamoto et al., 2003)．この年代のズレが箱根という地域もしくはこの埋没スギのみに確認できるものでなく，広域的な現象であるとすれば，資料群①の較正年代は見かけ上，数十から百年程度古い値を示していることになる．

本研究は，弥生終末期から古墳前期にかけての土器の使用年代を明らかにすることを目的とするものであるが，現在のところ上述のような問題点が存在することを指摘できた段階である．今後，付着炭化物の測定例を蓄積することに加えて，同時期の愛知県産樹木の $^{14}C$ 年代測定を進めたいと考えている．

参考文献

Sakamoto, M., Imamura, M., van der Plicht, J., Mitsutani, T., Sahara, M. (2003) Radiocarbon calibration for Japanese wood samples. Radiocarbon 45(1), 81-89.

表１．釈迦山遺跡・中狭間遺跡出土土器の$^{14}$C年代測定

| 資料No. | 様式 | 器種等 | 炭化物付着部位 | $^{14}$C年代 *1) [BP] | 較正年代 *2) [cal AD] |
|---|---|---|---|---|---|
| 釈迦山 | | | | | |
| 1 | 廻間Ⅰ中 | S字甕 | 外面 | 1870±14 | 91()98, 126(129)133 |
| | | | 胴部 | ±27 | 81(129)184, 185()217 |
| 2 | 廻間Ⅰ-2～Ⅰ-3 | S字甕 | 外面 | 1913±15 | 72(81)90, 99()126 |
| | | | 肩～口縁部 | ±29 | 33()37, 55(81)129 |
| 3 | 廻間Ⅰ? | 叩目甕 | 外面 | 1903±14 | 77(85, 103, 120)127 |
| | | | 胴～底部 | ±28 | 67(85, 103, 120)131 |
| 中狭間 | | | | | |
| 4 | 廻間Ⅰ-3～Ⅰ-4古 | S字甕 | 外面 | 1893±14 | 81(89, 99, 125)129 |
| | | | 口縁～胴部 | ±28 | 72(89, 99, 125)132 |
| 5 | 廻間Ⅰ後半～Ⅱ前半 | 丸底甕 | 外面 | 1874±15 | 88()100, 125(129)132 |
| | | | 胴部 | ±30 | 79(129)181, 188()215 |
| 6 | 廻間Ⅰ終末～Ⅱ初頭 | 北陸系甕 | 外面 | 1887±15 | 83(92, 97)105, 115(126)130 |
| | | | 口縁部 | ±30 | 75(92, 97, 126)134, 204()206 |
| 7 | 廻間Ⅰ終末～Ⅱ初頭 | 北陸系甕 | 外面 | 1956±15 | 27(33, 37)42, 48(55)72 |
| | | | 口縁部 | ±31 | 3()11, 18(33, 37, 55)80 |
| 8 | 廻間Ⅱ前半 | S字甕 | 外面 | 1892±14 | 81(90, 99, 126)129 |
| | | | 口縁部 | ±27 | 74(90, 99, 126)132 |
| 9 | 廻間Ⅱ | 畿内系甕 | 外面 | 1814±15 | 135()154, 175()193, 211(231)240 |
| | | | 胴部 | ±30 | 131(231)245, 314()315 |
| 10 | 廻間Ⅱ後半～Ⅲ初頭 | 畿内系甕 | 外面 | 1797±14 | 228(239)243 |
| | | | 胴部 | ±29 | 134()159, 171()196, 209(239)257, 285()286, 301()319 |
| 11 | 廻間Ⅱ後半～Ⅲ前 | 平底甕 | 外面 | 1787±15 | 236(241)253, 305()316 |
| | | | 胴部 | ±29 | 182()188, 215(241)259, 282()290, 299()321 |
| 12 | 廻間Ⅲ初頭 | 畿内系甕 | 外面 | 1785±17 | 236(241)256, 303()317 |
| | | | 胴部 | ±35 | 179()189, 214(241)260, 280()292, 297()323 |
| 13 | 廻間Ⅱ後半～Ⅲ初? | 異型甕 | 外面 | 1766±15 | 241(255)259, 282()289, 299(304, 316)321 |
| | | | 口縁部 | ±29 | 236(255)262, 276(304, 316)337 |

*1) 上段の誤差は1σ，下段は2σである．

*2) 上段の誤差は1σ，下段は2σである．()内に示した数値は$^{14}$C年代の中央値を較正した結果，()外の数値は誤差の両限を示す．

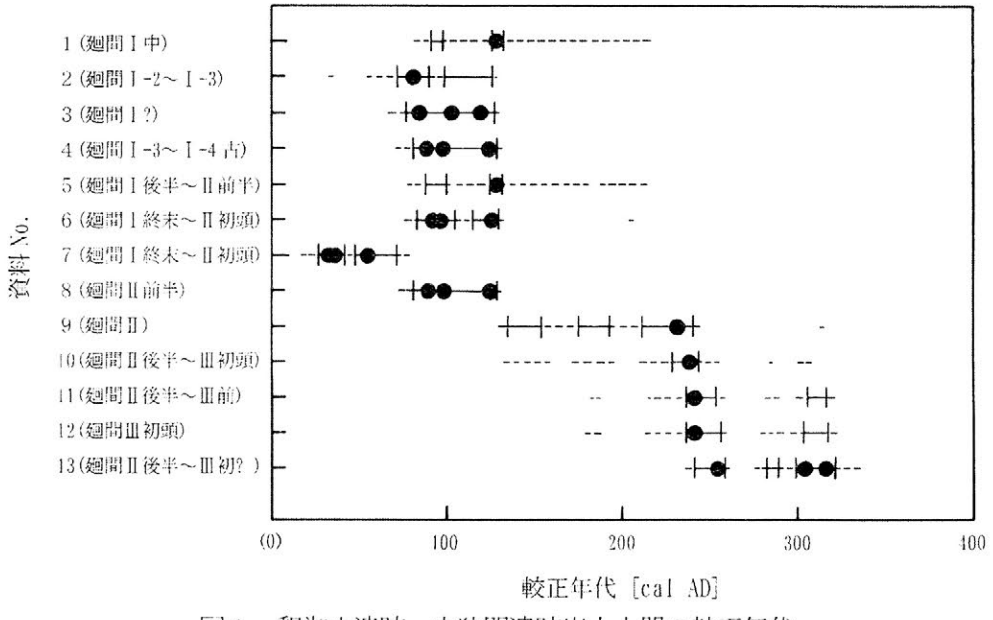



図１．釈迦山遺跡・中狭間遺跡出土土器の較正年代

実線の誤差棒は1σ，破線は2σを表す．

P－7

# 東北・北海道における土器付着炭化物の $^{14}C$ 年代

○國木田大、吉田邦夫*、宮崎ゆみ子*
（東京大学 新領域創成科学研究科、*東京大学 総合研究博物館）

## 1．はじめに

東北・北海道は、大陸側および日本列島間の文化交流の関係を議論するために重要な地域である。近年では、物質文化の時間的関係を土器付着炭化物の $^{14}C$ 年代測定値等から探る研究が数多くあり、成果を挙げている。しかし一方で、①土器付着炭化物の由来の究明、②土器編年と大きく異なる年代値の原因究明等、課題も存在する。とりわけ、東北・北海道地域では土器編年等から想定される年代より非常に古い年代値が報告されている。現在までの報告例では、土器付着炭化物の年代値が木炭等の年代値より約300～800 BP程度古く算出される事例がある（詳しくは 國木田ほか 2006, 2007）。その原因に関しては、太平洋北西部に存在する古い炭素を含んだ海洋深層水の影響を受けた海洋資源の存在（Yoneda *et al.* 2004他）等から、ローカル海洋リザーバー効果（local marine reservoir effect）にあると考えられている。また、この効果は遡上性をもつサケにも同様に当てはまることが指摘されている（坂本ほか 2005）。その海洋リザーバー効果の有無については $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, C／N等からの推定が試みられているが（坂本 2006、國木田ほか 2007 印刷中、工藤ほか 2007）、現状で補正方法の考案は困難な状況にあると言える。本発表では、青森県江豚沢遺跡（弥生前期；第1・2号竪穴住居跡）、ロシア沿海州ウスチノフカ8遺跡、北海道チャシコツ岬下B遺跡（オホーツク；第2号竪穴住居址）の資料を中心に木炭と土器付着炭化物の年代差、$\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, C/N等との関係を紹介したい。

## 2．測定資料および試料の調製・測定

測定資料は上記の遺跡を中心とした資料で、発表者が直接資料採取を行った。北海道（縄文早期～中期）は、石刃鏃文化関連の資料が中心である。測定試料の調製は通常の方法に従って行った。木炭は80℃, 1.2MNaOH 水溶液で処理した。土器付着炭化物の処理は、試料が全て溶解しない程度にとどめた。測定は、東京大学工学系研究科に設置されているAMS装置を用いて行い、$\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, C／Nの測定は東京大学放射性炭素年代測定室のEA-MSシステム（MICROMASS社製、The Isoprime EA System）を用いて測定した。$\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, C/N 測定値は、基本的に3回以上の平均値をとっている資料が多いが、資料量が少ないものは1回しか測定を行っていない場合もある。誤差表記のない資料は1回の測定値である。

## 3．測定結果

[木炭と土器付着物の年代値比較、$\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, C/Nとの関係]

江豚沢遺跡の事例を図1に、チャシコツ岬下B遺跡の事例を図2に示す。江豚沢遺跡では、砂沢式併行の土器付着炭化物1点が炭化物の年代値より古い値を示し、図3の $\delta^{15}N$-$\delta^{13}C$ 相関図でも他と異なる領域（$\delta^{13}C$:-21～-24‰, $\delta^{15}N$:10～16‰の領域、もう1点少し古めに算出された値も同領域）に分布する。チャシコツ岬下B遺跡では、ウイグルマッチングを行った炭化材資料の年代値（昨年度報告）に比べ、土器付着炭化物が全て古く算出され、その差は約300～800 BP古い結果となっている。図4のC/N-$\delta^{13}C$ 相関図では、木炭と土器付着物の年代値がよく一致していた秋田県菖蒲崎貝塚、江豚沢遺跡、ウスチノフカ8遺跡の資料がまとまって分布（$\delta^{13}C$:-24～-28‰・C/N:10～30の領域）しており、北海道関連の資料の大部分が窒素の割合が高い領域に分布する（$\delta^{13}C$:-17～-24‰・C/N:5～20の領域）。例外的にチャシコツ岬下B遺跡（オホーツク文化）の資料は他の遺跡と異なる縦長の分布をしているように見える。今後、$\delta^{15}N$ が未測定の遺跡資料を追加して詳しく吟味する必要があるが、現時点では $\delta^{15}N$-$\delta^{13}C$-C/Nの相関関係で、ある程度は海洋リザーバー効果の影響の有無を判定することが可能である。

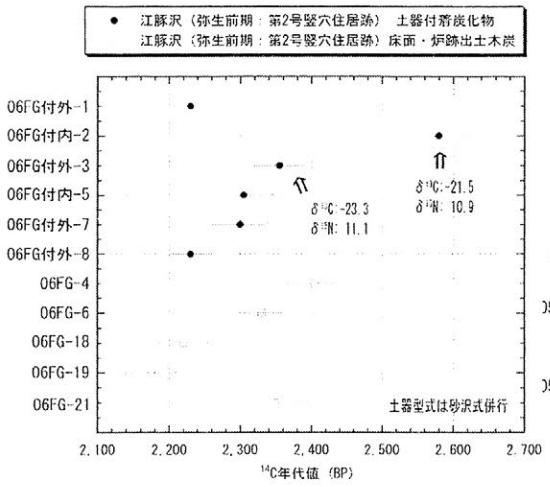



図１ 江豚沢遺跡の土器付着物と木炭の比較

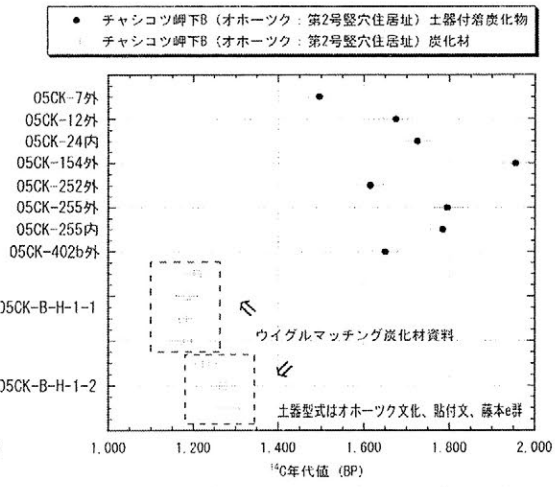



図２ チャシコツ岬下Ｂ遺跡の土器付着物と木炭の比較

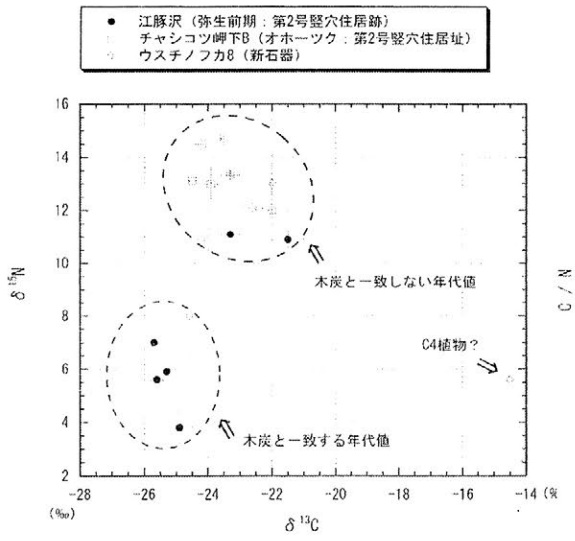



図３ 土器付着物の $\delta^{15}N$ と $\delta^{13}C$ の関係

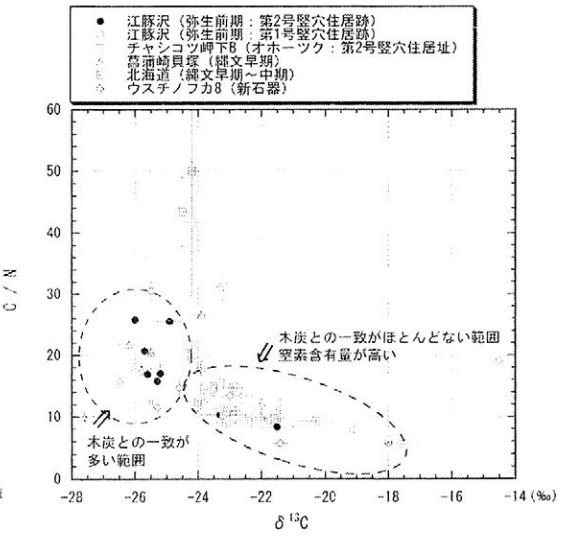



図４ 土器付着物の C/N と $\delta^{13}C$ の関係

［土器型式別の年代値分散の度合い］

図５に北海道東部の縄文時代前半期の土器付着炭化物の年代値を型式別に示した。各土器型式は約 500 年間の範囲内で分散する可能性が高い。土器型式が矛盾なく変遷することから、各土器型式間で受ける海洋リザーバー効果のバイアスは比較的一定であったと考えられる。縄文時代前半期のように数百年単位の年代精度での議論には、土器付着炭化物の年代値は有効性がありそうだが、オホーツク文化期（5 世紀から 13 世紀頃）のように 100 年以内の年代精度が求められる時期への適用は、現状では困難と言える。

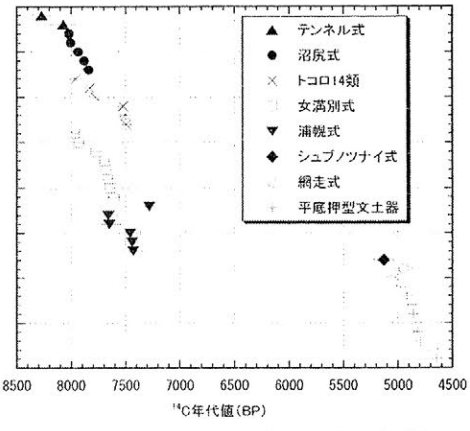



図５ 型式別の土器付着物の $^{14}C$ 年代値

＊関連文献は紙面の都合上割愛した。本要旨での遺跡の年代値の多くは報告済みである。詳細は報告書を参照して頂ければ幸いである。

P-8

# 野尻湖遺跡群出土縄文時代草創期土器のTL年代測定

○ 笹田幸佑、長友恒人（奈良教育大学）、谷和隆（長野県立歴史館）

## 1．はじめに

熱ルミネッセンス年代測定法（以下TL法）による縄文土器の年代測定は過去30年以上にわたって測定されてきたが、草創期の土器片については考古学的希少価値や、測定に満足な量の試料が採取されない点から、過去に測定された例は少ない。TL法は土器胎土中の石英粒子を抽出し、直接、最終被熱年代（焼成、調理、被火災など）を推定することができるという点で有効な方法であり、微量試料でも測定が可能であるならば、適用範囲が広がるであろう。本発表ではSingle Aliquot Regeneration法（以下SAR法）を導入して微小な土器片で年代測定を行った結果を報告する。

測定対象とした試料は長野県上水内郡信濃町に位置する野尻湖遺跡群のうち貫ノ木遺跡から出土した隆起線文土器及び仲町遺跡から出土した無文土器であり、いずれも縄文時代草創期に相当する。同試料、または関連した試料については放射性炭素年代測定法による測定が㈱パレオ・ラボ(PLD)、名古屋大学(NUTA)、国立歴史民俗博物館（加速器分析研究所;IAAA）にて行われており、測定結果が報告されている（長野県埋蔵文化財センター2004）。我々はSAR法によるTL年代測定を実施し、放射性炭素年代とのクロスチェックを行った。

## 2．測定

### ○蓄積線量

測定は石英粗粒子（粒径250～50μmの石英）によるSAR法、poly-mineral準微粒子（粒径50μm以下の非磁性鉱物）による付加線量法（以下MAAD法）の2通りで行った。測定装置はRiseo製$^{90}$Srβ線源を取付けた自作のNRL-99OSTL TL/OSL自動測定装置を用いた。

### ○年間線量

α線量、β線量は土器を、γ線量は土器の出土地点周辺の土壌を試料とし、全てγ線スペクトロメトリーによる間接測定法によって評価した。

## 3．結果と考察

Fig.にSAR法測定結果を、Table.にTL年代測定結果と放射性炭素年代測定結果を示す。貫ノ木遺跡の隆起線文土器はBP15,000超の年代結果が得られた。仲町遺跡の測定結果にはばらつきがみられたが、おおよそBP12,000～13,000ごろに中心値が得られている。これらの結果は、Table.に示した放射性炭素年代値と近似した値であり、同値を支持するものとなった。

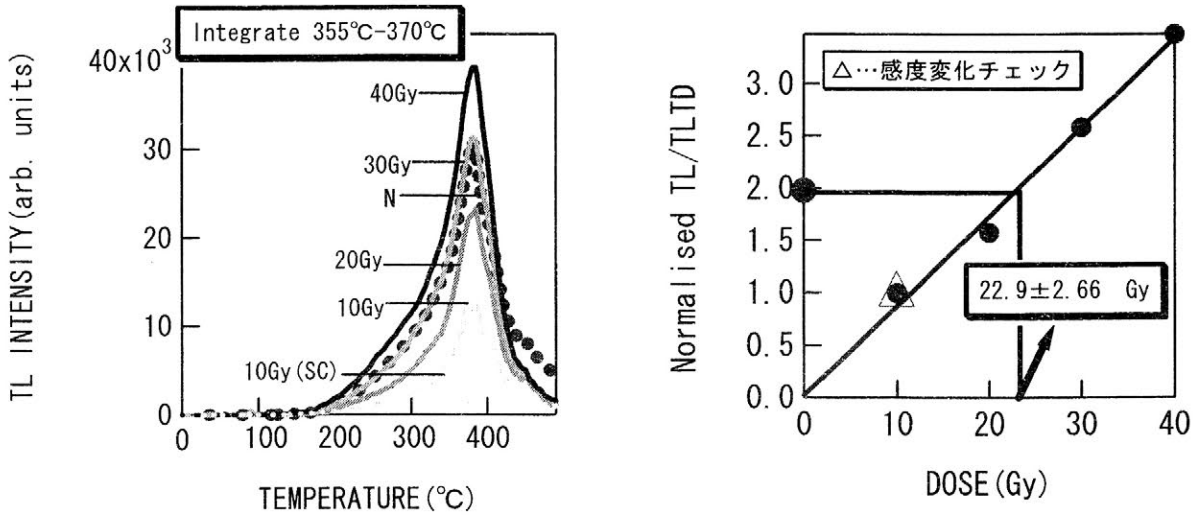



Fig. 23-MNK 測定結果（SAR 法）

Table. TL 年代測定結果と放射性炭素年代測定結果

| Sample No. ※1 | Paleo Dose (Gy) ※2 | Annual Dose (mGy/y) | TL Age (BP) | $^{14}$C Age (Cal BP) ※3 |
|---|---|---|---|---|
| 1-MKN | 42.4 ± 7.2 (M) | 2.8 ± 0.3 | 15,300 ± 3,100 | —貫ノ木遺跡— |
| 2-MKN | 46.1 ± 4.6 (M) | 2.8 ± 0.3 | 16,600 ± 2,400 | 14,451 ±353 (NUTA) |
| 3-MKN | 44.0 ± 4.1 (M) | 2.8 ± 0.3 | 15,300 ± 2,400 | 14,573 ±342 (NUTA) |
| 6-MNK | 22.3 ± 4.1 (M) | 2.0 ± 0.3 | 11,300 ± 2,600 | 14,441 ±355 (NUTA) |
| 7-MNK | 14.6 ± 1.1 (S) | 1.3 ± 0.2 | 11,000 ± 1,500 | 13,216 ±113 (NUTA) |
| 8-MNK | 28.5 ± 4.0 (M) | 2.0 ± 0.3 | 14,500 ± 2,800 | 15,871 ±514 (PLD) |
| 11-MNK | 31.6 ± 2.6 (M) | 3.1 ± 0.3 | 10,100 ± 3,100 | 15,592 ±508 (PLD) |
| 12-MNK | 32.1 ± 3.1 (M) | 3.1 ± 0.3 | 10,300 ± 3,200 | |
| 13-MNK | 26.8 ± 3.0 (S) | 2.6 ± 0.2 | 10,500 ± 1,300 | —仲町遺跡— |
| 16-MNK | 25.5 ± 1.8 (M) | 2.6 ± 0.3 | 9,800 ± 1,400 | 13,985 ± 165 (PLD) |
| 19-MNK | 37.7 ± 5.9 (M) | 2.6 ± 0.3 | 14,500 ± 2,900 | 14,210 ± 155 (PLD) |
| 20-MNK | 28.7 ± 5.6 (M) | 2.6 ± 0.3 | 11,100 ± 2,500 | 13,593 ± 98 (PLD) |
| 21-MNK | 30.9 ± 2.9 (M) | 2.6 ± 0.3 | 12,100 ± 1,900 | 14,065 ± 250 (PLD) |
| 22-MNK | 31.8 ± 3.8 (M) | 2.6 ± 0.3 | 12.500 ± 2,100 | 14,075 ± 58 (PLD) |
| 23-MNK | 22.9 ± 2.7 (S) | 1.7 ± 0.2 | 13,500 ± 2,300 | 13,380 ± 78 (NUTA) |
| 24-MNK | 21.2 ± 2.1 (S) | 1.4 ± 0.2 | 15,400 ± 2,300 | 13,464 ± 55 (NUTA) |
| 25-MNK | 19.4 ± 2.3 (S) | 1.4 ± 0.2 | 14,100 ± 2,200 | 13,978 ± 173 (IAAA) |

※1 Sample No. の略称は「MKN…貫ノ木遺跡」、「MNK…仲町遺跡」である

※2 (S)は SAR 法測定結果、(M)は MAAD 法測定結果を示している

※3 $^{14}$C Age は土器付着炭化物を試料とした測定の結果を BP に換算したものである

P－9

# 旧石器遺跡形成史解明のための三瓶起源テフラの年代測定

○下岡順直（日本学術振興会特別研究員）、福岡　孝（島根県三瓶自然館）、
長友恒人（奈良教育大）、長谷川　歩（奈良教育大）、草野高志（蒜山地質年代学研究所）

## 1. はじめに

日本の旧石器時代における石器編年研究には、層位的な出土による研究と石器型式論による研究、さらには旧石器社会構造変動論に基づく研究（安斎・佐藤：2006）などがあり、地域的な編年と地域間の併行関係の研究が今日も継続されている。特に層位的な研究においては、広域火山灰（テフラ）を指標としたテフロクロノロジーによるテフラ層序により、地域間のみに限らず広域編年を可能にした。特に、姶良丹沢火山灰（AT）は日本列島規模の層位的な指標のみならず、AT によってもたらされた環境変動によって、石器製作や狩猟方法などヒトの活動や営みの構造において変動がもたらされたことがわかってきている。

中国・近畿地方、特に中国山地における旧石器時代研究においても、AT による層位的な研究は、それまでこの地域の編年研究の中心であった石器型式論から研究方法のシフトをもたらした。これにより、AT が検出される層より上位の旧石器編年研究は深化の途をたどった。さらに、この地域－特に岡山県北部では恩原遺跡など大山系火山灰の検出により、さらに細分された編年研究が可能になった。しかし、この地域の石器包含層は、薄層で土壌の攪乱も進んでおり、また複数段階の石器が同じレベルで検出されるなど、層位的に良好な遺跡は少ない。特に AT が検出される層よりも下位については、未だ旧石器編年研究は困難な状況である。難題はあるものの、大山系火山灰は、中国山地という地域的な旧石器編年において重要な鍵層である。さらに、この地域のもう一つの第四紀の火山である三瓶山起源のテフラが旧石器遺跡から検出されれば、鍵層の切り札にすることができる。近年、島根県原田遺跡において、三瓶浮布軽石（SUk）および AT、三瓶池田軽石（SI）が層位的に検出され、旧石器はこれらテフラ検出層に挟まれた古土壌に包含された状態で出土している（伊藤：2006）。SUk や SI は、岡山県野原遺跡群旱風 A 地点や広島県下本谷遺跡などにおいて検出されている（図）。これにより、三瓶山起源テフラも鍵層として、中国山地の旧石器編年において有効であるといえるだろう。けれども、大山系火山灰と三瓶山系火山灰の層位的な関係については、非常に複雑で必ずしも明確にされていない。また、これらテフラが年代測定された事例も非常に少ないのが現状である。さらに、中国山地地域の遺跡において検出されるテフラは、一次堆積であっても非常に薄層である場合や、火山ガラスの検出ピークによって降灰層準を推定している場合がほとんどである。そこで、これらテフラの数値年代を推定するためには、給源に近い地域において層厚のある風化の少ないテフラを用いて年代測定を行い、遺跡を形成しているテフラの数値年代を蓄積していくことが重要である。

今回、三瓶山起源テフラの数値年代を推定するために、三瓶山周辺の露頭を調査し、ルミネッセンス年代測定用サンプリングを行った。その際、三瓶浮布降下軽石層において炭化木片を発見した。これまでにも、SUk に関する放射性炭素（C-14）年代はいくつか得られてきているが、三瓶浮布降下軽石層中からは得られていない（福岡：2007）。今回の C-14 データは、SUk の数値年代を考える上で重要である。

## 2. 試料について

三瓶山起源テフラの本格的な記載は、松井他（1971）などに始まるが、より詳細なテフラ記載が近年行われ、テフラ層序が明らかになってきている。福岡他（2002）によると AT 降灰以降、およそ後期旧石器時代後半期のおける三瓶火山の活動は、約十数万年以降の活動の中で第Ⅳ期として捉えられている。第Ⅳ期

には、層序の下から日影山溶岩、果瀬谷火砕流、小田サージ、小田火砕流、浮布降下軽石、緑ヶ丘火砕流、浮布降下火山灰の順に一連の活動が生じている。これまで、第Ⅳ期の C-14 年代としては、小田火砕流と果瀬谷火砕流の堆積物中から発見された炭化木片や腐食炭化物など 6 試料から 14780～16000yBP という数値年代が得られていたのみであった。今回、三瓶山の南に位置する三瓶火山第Ⅱ期にできたカルデラ壁付近の露頭において、初めて浮布降下軽石堆積物から炭化木片を発見し、加速器質量分析計（AMS）による C-14 年代測定を行った。炭化木片は、長さ約 50cm 以上、径約 10cm で軽石層の傾斜にほぼ平行に含まれていた。C-14 年代測定の前処理は、超音波煮沸洗浄の後、酸－アルカリ－酸洗浄を行った。

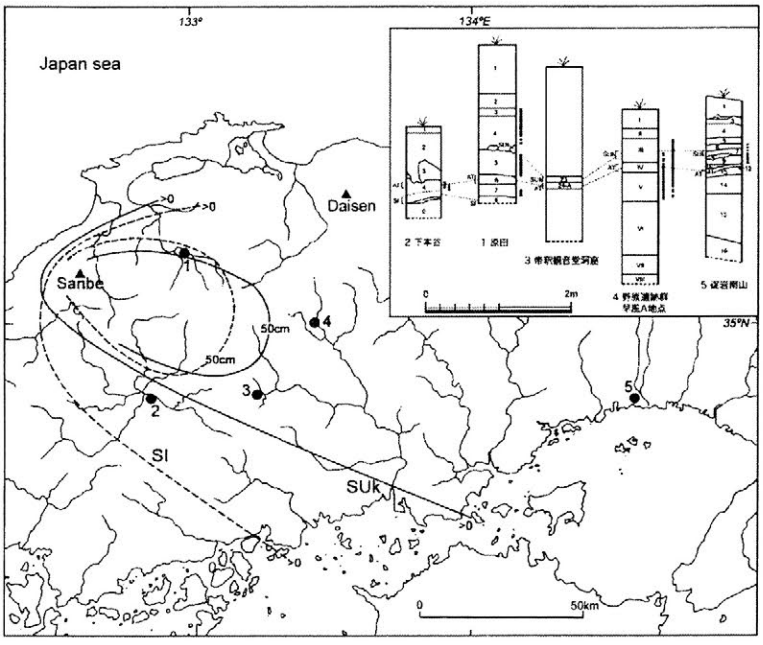



図　三瓶山起源テフラの等層厚線図と旧石器遺跡模式柱状図
(町田・新井：2003 および藤野：2006 などから作成)

3. 測定結果とまとめ

同一炭化木片を二分して得られた C-14 年代は、16000±40yBP (PLD-6317) と 16300±60yBP (Beta-222238) である。これらの結果は、過去に得られている第Ⅳ期噴出物の C-14 年代と非常に調和的である。さらに、16000±40yBP (PLD-6317) を OxCal3.1 によって暦年較正した年代は、cal BC 17300～17110 (1σ)、cal BC 17390～17070 (2σ) と得られた。この値（約 19ka）は、町田・新井（2003）の火山灰アトラスに表記されている年縞法などから推定した SUk の数値年代 20～21ka よりも若干若い値となった。

今回、浮布降下軽石堆積物中の炭化木片を C-14 年代測定し、暦年較正年代を得ることができた。島根県原田遺跡は調査中であるものの、浮布降下火山灰の一次堆積ないしは二次堆積層から石器が出土している（伊藤、2006）。しかし、原田遺跡をはじめとして図に示した遺跡において、浮布降下軽石や浮布降下火山灰層からは今のところ C-14 年代を得ることができていない。

三瓶起源テフラを鍵層とした文化財科学的な研究は 1970 年代から行われてきているが、先行研究の多くが 1970～80 年代前半にかけてのもの（笹嶋：1982）であり、三瓶起源テフラの層序に不明確な部分が多い事例を基礎にしていることなどからテフラ同定の精度に不鮮明な部分が多い。三瓶起源テフラにおいて、ルミネッセンス法と C-14 法などによる数値年代の蓄積とともに、テフロクロノロジーと旧石器考古学の綿密な連携による学際的な研究が今後継続して行われることが必要である。

<参考文献>

福岡　孝・松井整司（2002）AT 降灰以降の三瓶火山噴出物の層序、地球科学、56-2、105-122

笹嶋貞雄（1982）中国・近畿地方の旧石器時代・遺物包含層の火山灰編年の枠組、考古学と自然科学、15、1-12

P-10

# 北海道およびロシア沿海州の遺跡における考古地磁気の研究

○田中惠、菅頭明日香、岸田徹、酒井英男(富山大学)、臼杵勲(札幌学院大学)、布施和洋(北海道大学)、N.Kradin(Russian Academy of Science, Far Eastern division, Institute of History, Archaeology and Ethnography)、Yu.NIkitin (Russian Academy of Science, Far Eastern division, Institute of History, Archaeology and Ethnography)

## 1. はじめに

年代推定は様々な分野で必須の研究となっている. 地磁気変動を利用する研究方法もその一つとして有用であり, 特に過去1万年間を対象とする場合を考古地磁気学と称している. 日本では, 西南日本の遺跡焼土を用いて過去2000年間の詳細な地磁気永年変動(広岡 1977, s図1)が得られ, 条件がよければ±25年の精度での年代推定が可能となっている. しかし, 緯度による差だけでない地域差があるため, 国内全域で同精度での年代推定は難しく, 年代推定の精度を上げるには, 各地域での研究の推進が必要とされる.

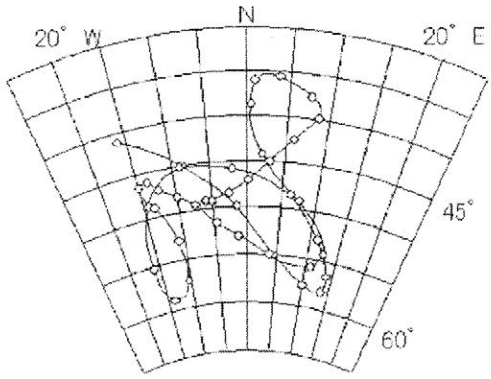



図1　西南日本の地磁気永年変動曲線

## 2. 研究目的

北海道では, 現在, 地磁気のデータが蓄積されつつあるが, 西南日本のように永年変化曲線を作成するにはデータが少なく, また, 近年, 考古時代における, 古代の人々の移動や流通・環境との研究が, 文科省プロジェクト『北東アジア中世遺跡の考古学的研究』で進められているため, 北海道での研究が盛んになり, 年代を推定する方法のひとつとして, 考古地磁気による年代推定の確立を重要視されている. よって, 本研究では, 北海道と, 北海道と同緯度のロシアにおいて, 地磁気の変動の特徴を捉えるために, 考古地磁気の研究を行った. また, それに伴い, 試料を採取した遺跡の年代推定を行った.

## 3. 測定方法について

本研究では北海道厚真町モイ遺跡(407個), 斜里町チャシコツ岬下B遺跡(17個), ロシア沿海州ウラジオストック周辺の3遺跡, アナニエフカ城址(16個), クラスノヤルスコエ城址(18個), シャイガ城址(12個)で試料を採取し, 残留磁化の測定を行った. 測定には, 2G社製のパススルー型スクイッド(superconducting quantum interference device)磁力計, および, 夏原技研製のSMM-85型リングコア・スピナー磁力計を使用した.

## 4. 北海道における考古地磁気

### (1)厚真町上幌内モイ遺跡(図2-A)

この遺跡においては, 10数地点の焼土を使用して研究を行った.

年代推定において, 西南日本版の地磁気永年変動の伏角を約7° 深くして対比すると, 考古学の見地から9～11世紀と推定された遺構では整合する結果が出た.

しかし16～17世紀(新アイヌ)の遺構では, 100～200年ほど古い結果となった. このことより, この時代の地磁気は西南日本より約20° 伏角が深かったと考えられる.

(2)斜里町チャシコツ岬下B遺跡(図2-B)

同遺跡の焼土の研究にモヨロ貝塚の結果(金井2006)を合わせた結果，伏角を7°深くした西南日本版地磁気変動は，道東でも利用でき，これらの遺跡の年代と推定される8世紀には，西南日本に比べて，この地域の偏角は東偏していることが示された．(図3)

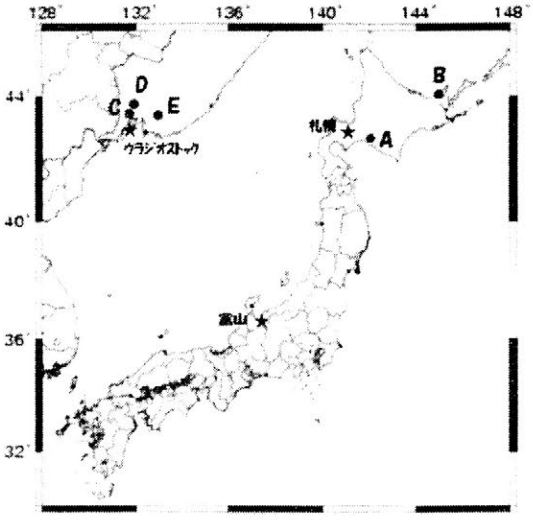



図2　調査遺跡位置図

5. ロシア，ウラジオストック近傍の3城址における考古地磁気

昨年9月に，シャイガ，アナニエフカ，クラスノヤルスコエの各城址より焼土を採取し研究を行った．その結果，厚真町上幌内モイ遺跡，斜里町チャシコツ岬下B遺跡と同様に，伏角を7°深くした西南日本版地磁気変動と対比すると，考古推定年代と調和した．

これらの遺構と北海道は緯度がほぼ等しい．つまり，日本で得られた詳細な地磁気変動はロシア沿海州でも利用できるとわかった．今後も同地域で様々な研究が計画されており，地磁気法は有効な年代推定の手段として期待されている．また，過去の地磁気分布の研究においても，ロシア，中国での研究が必要となっており，考古地磁気が貢献できると考えられる．

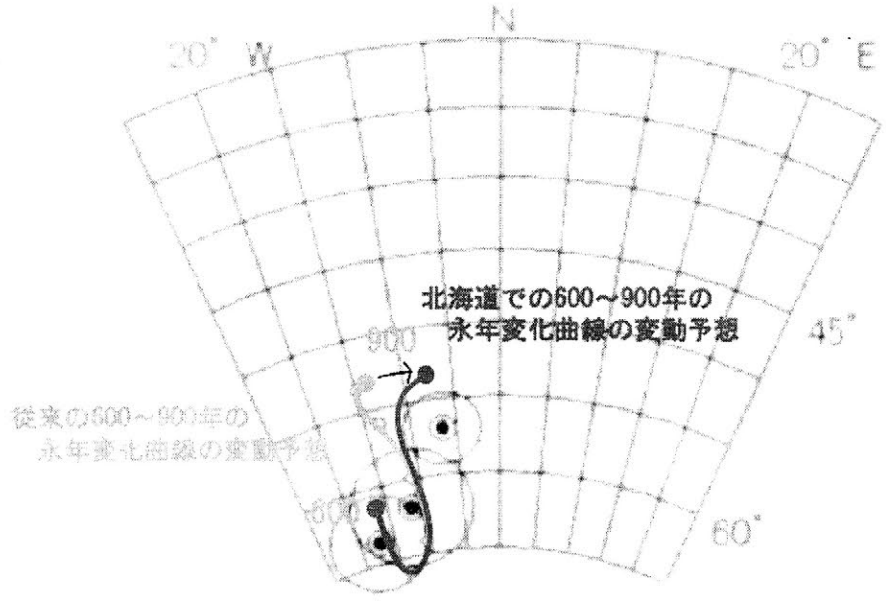



図3　北海道における永年変化曲線の予想図

＊参考文献

金井友里（2005）「考古時代の地磁気変動 - 特に北陸・北海道地域と近畿地域における変動の比較 - 」富山大学大学院修士論文

広岡公夫（1977）考古地磁気および第四紀古地磁気研究の最近の動向」『第四紀研究　vol.15』200-203

P-11

# プラント・オパールからの環境および年代情報抽出に関する基礎的研究（Ⅰ）

○宇田津徹朗（宮崎大学）、長友由隆（宮崎大学名誉教授）、花俣良太（宮崎大学）、毛利真裕子（同）

## 1．はじめに

近年の分析技術の発達により、プラント・オパールや花粉に含まれる微量な炭素からも年代測定を行うことが可能となってきた(Susan C.Mulholland 1993)。それにともない、プラント・オパールにも従来とは異なる利用の可能性が見えてきている。

その一つが、土壌や水質など過去の環境に関する具体的なデータを抽出することである。あまり知られてはいなかったが、プラント・オパールには、主成分であるケイ素、酸素ならびに炭素に加え、微量ではあるがさまざまな元素を含んでいることが明らかとなっている。しかし、その方法は、現生の植物を材料としたものであり、土壌中から特定のプラント・オパールを対象としたものはほとんど行われていない（Kanno & Arimura (1958), Jones&Beavers（1963）,Jones & Maline（1963）, Arimura & Kanno（1965）, Wilding et al（1977）, Bartoli,（1985）, Morikawa,CK;Sairusa,M（2004））。

もし、特定の植物に由来するプラント・オパールを抽出して、そこから環境とかかわりの深い元素が検出されれば、その植物が生存していた期間の土壌や水などの環境を推定する有力な手がかりとなる。さらに、同じ堆積中のプラント・オパールを多数集めることにより、そこに含まれる炭素から堆積時の年代を決定することが可能となる。

もう一つは、生産遺構の年代決定である。生産遺構は、現在の水田や畑をイメージしてもわかるように、時代の指標となる物が生産空間に持ち込まれることは極めて少ない。水田や畑については、住居址の近傍に存在するものを狙ってゆけば、層位の関係で時期を決定することもある程度可能であるが、縄文農耕のイメージの一つとして挙げられる焼畑などについては、現代の事例をみても明らかなように、前述の方法でのアプローチは非常に難しい。あとは、炭化遺物の検出を期待するしかないのだが、焼畑の耕作期間の短さやその立地などを考慮すると、これも難しいといえよう。

しかし、水田などの生産空間の探査に利用されているプラント・オパール自体に含まれる炭素から年代測定が可能となれば、検出された生産遺構の年代が明らかとなる事例が確実に増加するものと考えられる。また、分析において懸念されるプラント・オパールの垂直方向の移動、土壌のかく乱や二次堆積などについても、年代測定という点から検証することも可能となるはずである。

そこで、本研究では、新しいプラント・オパールの利用法の確立を目指し、その基礎となる以下２つの方法の検討とそれを用いた試行的な実験・測定を行った結果について報告を行いたい。

・土壌中からのイネプラント・オパールの抽出と含有元素の測定方法の検討
・土壌中からプラント・オパールを年代測定用に濃縮抽出する方法の検討

なお、本研究は、文部科学省科学研究費補助金（萌芽研究）の助成を受けて実施したものである。

## 2．土壌中からのイネプラント・オパールの抽出と含有元素の測定方法の検討

プラント・オパールの抽出方法については、本研究で目指している手法の性格に照らし、試料になるべく化学的な処理を加えることなく、物理的に特定のプラント・オパールを抽出する方法を検討した。具体的に検討を行ったのは、マイクロマニュピレーターを用いた以下の抽出工程である。

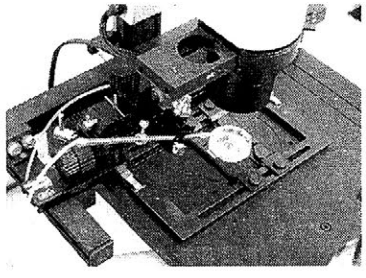


写真　マイクロマニュピレーター

【検討を行った抽出工程】

①土壌試料から、沈底法を用いて20ミクロン以下の粒子を除去する。

②試料を蒸留水中に展開し、倒立顕微鏡下で、抽出対象となるプラント・オパールの検出を行う。

③検出したプラント・オパールを視野中央に移動させ、マイクロマニュピレーターとインジェクションを用いて、ガラス管内に吸引する。

④ガラス管内に吸引したプラント・オパールをマイクロチューブまたは、測定用試料台に移す。

検討の結果、ガラス管の先端部を目的とするプラント・オパール直径の2倍程度（機動細胞由来のプラント・オパールの場合、100ミクロン）にすることにより、比較的効率よく、プラント・オパールの検出と抽出が行えることが明らかとなった。

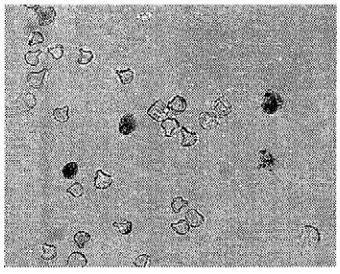


写真　抽出したプラント・オパール

含有元素に関しては、測定対象とする植物珪酸体、測定部位および測定個数について、検討を行った。測定には、エネルギー分散型X線分析装置（HORIBA　EMAX-5770 ）を用いた。

検討の結果、定量的な比較を別にすれば、機動細胞、アレイ細胞、とげ細胞など由来する細胞による検出元素の違いはほとんど見られなかった。また、元素マッピングおよび実際の測定結果からも、ケイ素、酸素、炭素などの主成分以外のKなどの元素も全体的に分布しており、測定条件に適した平滑な1ミクロン四方の範囲を測定すればよいことが分かった。さらに、測定数については、ランダムに10個測定することにより、検出元素数が安定するという結果が得れた。

試行的に行った測定では、K、Mg、Mn、Clなどの元素が検出された。KやMnなどは施肥との関連が想定される元素であり、今後、定量的な比較など、さらに検討を進めてみる必要がある。

## 3．土壌中からプラント・オパールを年代測定用に濃縮抽出する方法の検討

年代測定に用いるプラント・オパールを土壌から濃縮抽出する方法としては、テトロンメッシュおよび沈底法による粒径分画と重液を用いた比重分画を組み合わせたものを検討した。重液には、無毒、無臭、不燃とされているポリタングステン酸ナトリウム（SPT）を使用した。

検討の結果、試料を180ミクロンメッシュで篩別し、ストークス沈底法による粒子除去を行った後、2種類の重液による比重分画を行うことで、土壌中のプラント・オパールをほぼ濃縮抽出できることが分かった。さらに、プラント・オパール表面および濃縮抽出の工程で残った炭素を分解除去することで、年代測定用の試料を作成した。

試行として、宮崎県都城市で採取したアカホヤ直下ウシノスネ下部から採取した土壌について、上述の処理を行い、AMSによる年代測定（BETA社による）を行った。その結果、アカホヤ直下の土壌からは、補正年代として7780±260（年BP）というほぼ妥当な測定結果を得ることができた。

また、抽出された炭素量は測定限界に近い80μgであったことから、BETA社が定めている年代測定に必要なプラント・オパール重量の基準に照らせば、今回の処理により、試料中に夾雑している炭素は除去され、プラント・オパールに含有された炭素のみによる測定が行われたと考えられた。

## 4．まとめ

今回の結果から、土壌中に含まれる特定のプラント・オパールを抽出し、その含有元素を測定する方法および、年代測定用にプラント・オパールを濃縮抽出する方法にほぼ見通しを得ることができた。また、試行した元素分析では施肥との関連性のある元素が検出され、年代測定でも妥当な測定結果が得られている。

今後は、プラント・オパールの含有元素については、異なる土壌や水環境の試料を集め、元素の出現状況と環境との関連について検討を進めたい。年代測定については、試料の採取量や方法について、測定事例を増やしながら、最適なものを設定してゆく必要があると考える。

P-12

# 高精度プラント・オパール分析による住居址内植物利用の復元

○松田隆二（株式会社古環境研究所）・濱田竜彦・馬路晃祥（鳥取県教育委員会）

## 1．はじめに

竪穴住居での生活において、座る、寝るといった行為に際しては、何らかの敷物を使っていたことは想像に難くない。しかし、これまで敷物とみられる遺物が検出された例はなかなか見当たらない。これは植物あるいは動物の毛皮等が利用されていたとしても、長い年月の経過によって腐植・分解されてしまい、遺物として確認することが困難であるためである。しかし、敷物がイネ科の植物で編まれたものであれば、植物体自体は分解されても植物珪酸体はプラント・オパールとなって床面に残されている可能性が高いと考えられる。

本研究では、弥生時代後期の竪穴住居跡が多数検出された妻木晩田遺跡妻木山地区において、竪穴住居跡床面の堆積土を対象としてプラント・オパール分析を行い、竪穴住居内における植物利用（敷物）について検討を行った。ここでは、その結果について報告する。

## 2. 試料と方法

分析対象とした竪穴住居跡は、SI167（弥生時代終末期後半），SI172（弥生時代終末期後半），SI176（弥生時代後期後葉）の３棟である。試料の採取箇所は、SI167 と SI172 では住居跡全域を 50 cmのメッシュで区分けした 42 地点と 70 地点、SI176 では同 30 cmのメッシュで区分けした 178 地点、さらに比較用試料として各々住居外の東、西、南、北の４箇所である。分析試料は、それぞれ床面とその直上より採取した 580 点と比較用に採取した 12 点の合計 592 点である。

プラント・オパールの抽出と定量は、プラント・オパール定量分析法（藤原，1976）に従った。

## 3. 結果と考察

住居床面で検出・同定されたプラント・オパールは、イネ、ヨシ属、ススキ属型、シバ属、タケ亜科（ネザサ節型、クマザサ属型）の各分類群である。このうちイネとススキ属型の出現状況は非常に興味深い（図１～図６）。まずイネについてみてみると、検出地点数は少ないものの、住居外からは検出されておらず、床上部も低密度であるか検出されていない。このことから、床面の母材となった土壌にもとからイネのプラント・オパールが含まれていたこと、あるいは上層から後代のプラント・オパールが混入した可能性は考えにくい。したがって、調査対象とした３棟の竪穴住居跡すべてにおいて住居内に稲藁が持ち込まれていた可能性が考えられる。なお、イネのプラント・オパールが検出された地点は周壁際に帯状に分布しており、SI172 と SI176 ではその傾向が比較的明瞭である。とくに SI176 は斜面の山側（南側）に土坑を伴っており、イネのプラント・オパールの分布は土坑の手前から東側と西側の一部に偏っており、北側ではほとんど検出されていない。ススキ属型についても概ね同様の傾向が見られる。また、竪穴住居内部の空間分節の研究では、着座領域は入口から見て奥と左右の空間が想定されている（浅川，2000 など）。SI176 の入口は斜面の低い方の北側が想定されることから、本住居跡におけるイネおよびススキ属型のプラント・オパールの分布は、これと似た状況である。入口や地床炉の位置関係を踏まえたうえでこの結果を積極的に評価するならば、稲藁やススキが敷物として利用された可能性が考えられる。なお、ススキ属型はいずれの住居においてもイネに比べ広範囲で検出されているため、屋根葺き材として利用されていた可能性もある。また、SI172 については一部高密度の地点が存在すること

から、藁打ち作業等が行われていた可能性もあり、稲藁が敷物として利用されていたことを積極的に肯定することはできない。

## 文献

藤原宏志（1976）プラント・オパール分析法の基礎的研究（1）－数種イネ科栽培植物の珪酸体標本と定量分析法－．考古学と自然科学，9，p.15-29.

浅川滋男（2000）竪穴住居の空間分節，都出比呂志・佐原真編「古代史の論点2　女と男、家と村」，小学館，p.99-130.

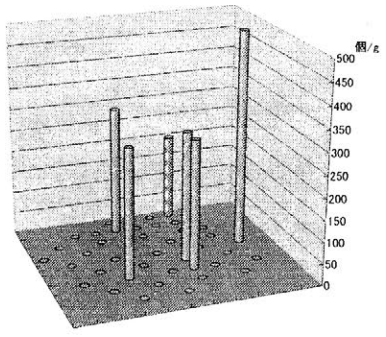



図1　SI167床面におけるイネの検出状況

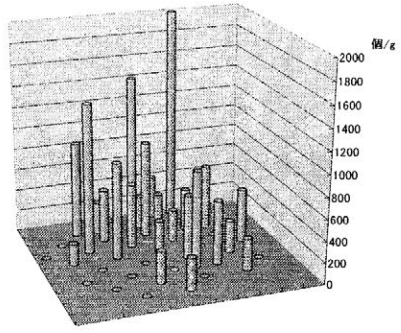



図2　SI167床面におけるススキ属型の検出状況

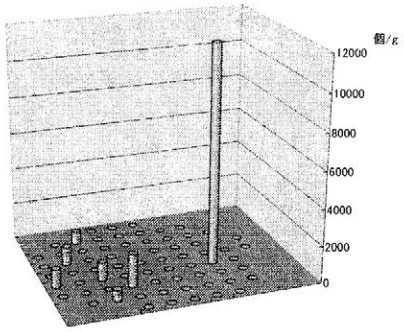



図3　SI172床面におけるイネの検出状況

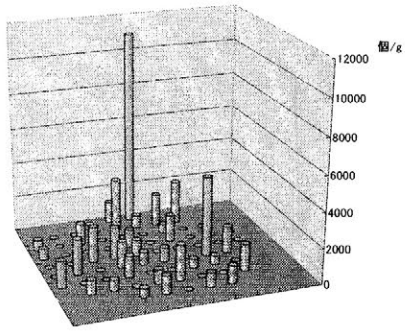



図4　SI172床面におけるススキ属型の検出状況

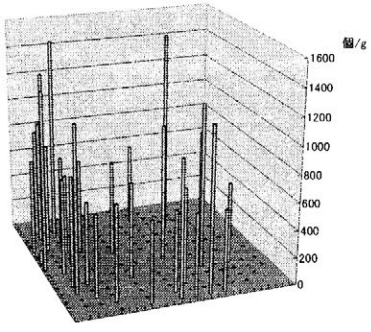



図5　SI176床面におけるイネの検出状況

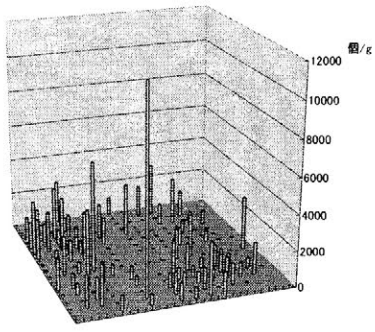



図6　SI176床面におけるススキ属型の検出状況

P-13

# 花粉分析からみた近畿地方におけるソバ栽培の変遷

上中央子（滋賀県立琵琶湖博物館　特別研究員）

## 1.はじめに

埋蔵文化財調査の際に実施される花粉分析では、ソバ属花粉がしばしば検出される。ソバ属花粉の形態は、他のタデ科植物と識別できる特徴を持つことが明らかにされており（那須・飯田、1978）、ソバ属植物（ソバ、シャクチリソバなど）が日本に自生していないことから、ソバ属花粉の検出によってその栽培が推定される（那須、1978、1981）。ソバは、原始的な農耕といわれる焼畑でも栽培されることから、縄文農耕に関連し、いつ頃どのように伝播したのかに重点が置かれ研究が成されてきた。また、弥生時代以降や近畿地方のソバ栽培の把握について、金原（1993）の他はあまり行われていないのが現状である。

花粉分析データが蓄積された現在、ソバ属花粉の検出例の増加から、ソバ栽培に関する地域的な把握も可能になってきたといえる。イネを中心とする食糧の中で、ソバがどのような位置を占めてきたのか、どこでどのように栽培されてきたのかを明らかにするため、本発表では、発表者がこれまでに報告した花粉分析データや、すでに報告されている遺跡の花粉分析データを用い、近畿地方におけるソバ栽培の変遷について検討する。

## 2.調査の方法

調査の対象とする地域は、近畿地方とくに畿内と呼ばれ地域（大阪府、兵庫県東部、京都府南部、奈良県北部）とした。対象地域の発掘調査報告書の花粉分析データの収集を行い、その中の花粉ダイアグラムからソバ属花粉の記載や検出された地層の時代および遺跡名などを抽出したリストを作製した。これをもとにソバ属花粉検出地の分布図の作製を行った。なお、試料の年代については報告書の記載にしたがった。

## 3.調査の結果と考察

花粉分析実施件数の多い大阪府の花粉分析データを例に結果と考察を示す。

【縄文時代】縄文時代の地層からソバ属花粉が検出された例はなく、ソバの栽培は明らかではないが、これからデータが補われる可能性もある。

【弥生時代】瓜破遺跡（UR05-1）では、中期～後期の地層から検出されている。また、野々井遺跡や美園遺跡の弥生時代後期の地層からも検出されている。弥生時代を対象とした分析件数が多い中、ソバ属花粉の検出例は少ないが、弥生時中期～後期頃には、ソバの栽培が行われていたといえる。

【古墳時代・飛鳥・奈良時代】弥生時代に比べ、分布地点が増加する。古墳時代、飛鳥・奈良時代を対象とした分析件数が少ないが、鬼虎川遺跡や中垣内遺跡など生駒山地の西縁に分布が見られ、ソバの栽培地域が拡大したと考えられる。

【平安時代・中世・近世】

平安時代には、西大井遺跡、菱木下遺跡など中世や近世まで連続して検出される例が多く、大阪平野の各地に分布の広がりが見られる。中世には、さらに小阪遺跡や日置庄遺跡、小阪合遺跡、志紀遺跡など、分布地点が増えることから、ソバ栽培が盛んであったと考えられる。近世には、中世にくらべ分布地点数が減少する。これは、近世を対象とした分析件数も少ないことが要因と考えられるが、久宝寺遺跡や瓜破遺跡、西大井遺跡、伏尾遺跡などでソバ属花粉が検出されている。また、大阪だけでなく、京都においても近世の地層からソバ属花粉が検出されており、近世には近畿地方においてもソバの栽培やソバ食が珍しくなかったという「摂津名所図会」などの史料を裏付ける証拠といえよう。

## 4.今後の課題

今回の検討結果からは、分析件数や分析対象とされた時代の偏りなどにも大きく左右されることは否めないが、ソバの栽培について各時代における歴史的背景や、遺跡の所在する地形、ソバの作物としての重要性、ソバ栽培の農耕形態などを考えるための基礎データが得られたといえる。今後さらなる検討により、花粉分析からみたソバ栽培の変遷の実態について追究したいと考える。

＜引用文献＞

那須孝悌・飯田祥子（1978）「日本産タデ属およびソバ属の花粉形態」『大阪市立自然史博物館研究報告 31
那須孝悌（1978）「ソバの花粉」『Nature Study』、24（12）、9－12
那須孝悌（1981）「縄文人は栽培ソバを食べた？」『科学朝日』41（6）、52－55
金原正明（1993）「遺跡におけるソバ属花粉と事例」『天理参考館』6、59－63

P-14

# 花粉分析と珪藻分析からみる肥前名護屋城の環境

○東藤隆浩・大浦史雄（奈良教育大学大学院）、吉本健一（佐賀県名護屋城博物館）、
金原正明（奈良教育大学）

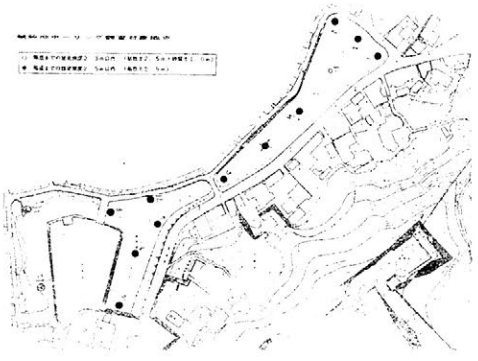
## はじめに

中世研究において当時の環境をとらえようとした調査・研究の事例は少数であり、特に城やその周辺の植生改変を対象とした調査・研究はほとんどみられない。また、今までの花粉分析・珪藻分析の手法としては、ある特定の地点から堆積層準ごとに1ないし複数の試料を採取し通時的な環境の変遷を考察することが一般的であり、同一遺跡内の複数地点から試料を採取しそれぞれの分析結果をもとに共時的な環境の考察がなされることは少ないのが現状である。

そこで、本研究では肥前名護屋城の堀である鯱鉾池のボーリング試料また鯱鉾池のトレンチから得られた試料を用いて、城と周辺地域の植生環境を考察するとともに、複数の試料採取地点間において花粉分析による植生環境、また珪藻分析を用いた水域環境の視点から考えられる共時的な層の検出を試みたい。

## 分析試料

分析試料は名護屋城跡鯱鉾池ボーリング調査より13地点から計25試料、名護屋城跡鯱鉾池トレンチ3地点から計31試料を採取し、これらに対してそれぞれ花粉分析・珪藻分析をおこなった。



## 結果と考察

(1) トレンチより得られた試料は各々において花粉組成の変化から花粉分帯をおこない、それぞれの花粉分帯の特徴よりおおきく①～③の3つに分けて分析結果および考察を述べる。

①イネ科を主とする草本の時期

イネ科の占める割合が高く、アブラナ科やヨモギ属も検出されることから鯱鉾池周辺は開けており畑作・稲作がおこなわれていた可能性が示唆できる。また2－I帯ではシイ属－マテバシイ属が検出され、局地的にその樹木が生育していたことも考えられる。

②マツ属複維管束亜属・エノキ属－ムクノキの二次林の時期

マツ属複維管束亜属とエノキ属－ムクノキの占める割合が高く、それらの検出率の増減が反比例関係にあることが特徴といえる。このことは、二次林の主要な構成種となる樹種が遷移した、もしくは二次林内での樹種の棲み分けを局地的に示していると考えられる。

③イネ科を主とする草本と二次林の時期

草本花粉の増加とマツ属複維管束亜属、シイ属－マテバシイ属、エノキ属－ムクノキの3つに代表される樹木花粉が特徴となる。この時期には再び周辺が開け、耕作地として利用さ

れた可能性が考えられる。また、前にあげた樹種を主な構成種とする二次林が周囲に存在していたのではないだろうか。

(2) 珪藻組成の変化からみたトレンチ試料の分帯とボーリング試料の対比について述べる。また珪藻分析においても、分帯の特徴からおおきく4つに分けて結果・考察を述べ、それぞれをⓘ～ⓘⓥとする。

ⓘ不安定な水流の時期

流水不定性種が優占し、流れの不安定な水域であったことが考えられる。また、3－Ⅰ帯からは沼沢湿地付着生種群の出現率が高く、水草が生育する環境であった。

ⓘⓘ水深1.5m程度の滞水の時期

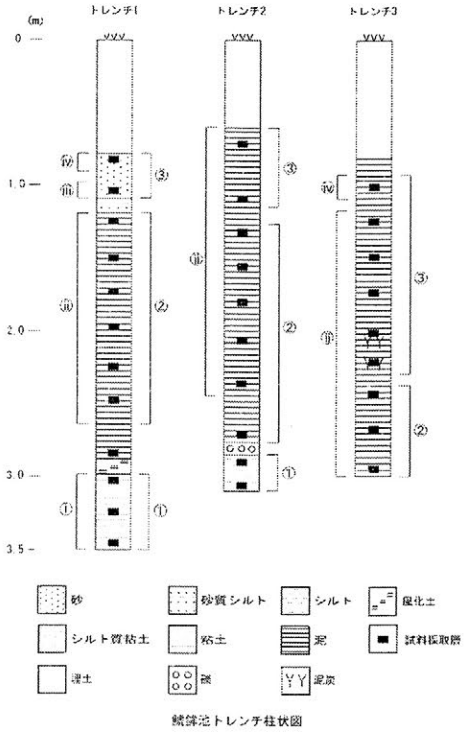
止水性種が優占し、水の流れがほとんどみられない滞水環境であったと考えられる。また、2－Ⅱ帯では湖沼浮遊生種群が優占しており、この時期には水深が1.5m前後あった可能性が示唆できる。

ⓘⓘⓘ湿った土壌環境の時期

陸生珪藻が優占することから鯱鉾池の水はほとんどなくなり、湿った土壌が存在する環境になったと考えられる。

ⓘⓥ乾燥した土壌環境の時期

珪藻がほとんど出現しておらず、乾燥した土壌環境になったことがいえる。これは、最終的に鯱鉾池が埋められたことを示唆していると考えられる。

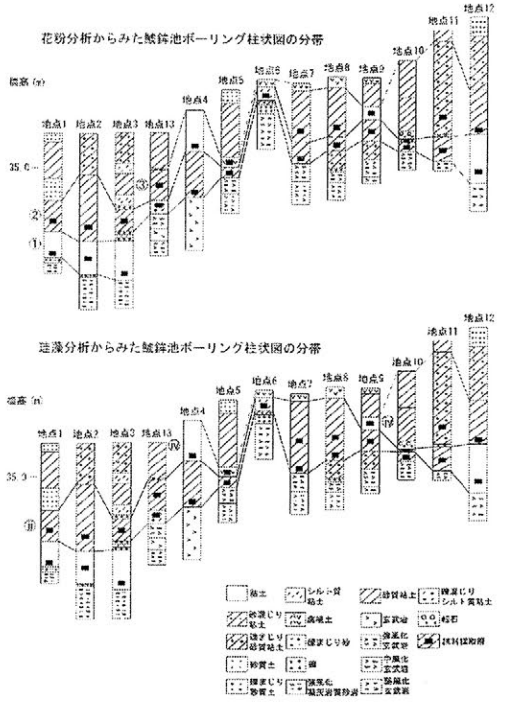


鯱鉾池トレンチ柱状図

まとめ

本研究で試料採取をしたボーリング調査の柱状図について花粉分析の視点で分帯した図と珪藻分析の視点から分帯した図を示す。珪藻分析からは鯱鉾池が堀として機能していた層が推定でき(ⓘⓘ)、その時期の植生環境を花粉分析から考察すると、周辺には二次林が存在していたといえる(②)。また、堀が機能する前と機能を果たした後の時期には周辺は開けていたようだ(①･③)。

このように、本研究では花粉分析また珪藻分析による環境の考察から共時的な地層準を推定することができたといえ、同一遺跡内の複数地点から試料を採取し、分析することでより詳細な環境考察が行える可能性が考えられる。



P-15

# 佐賀市東名遺跡の貝塚と貯蔵穴の立地環境と堅果類利用の特徴

○金原正明（奈良教育大学）、中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）
金原正子（古環境研究所）、西田巌（佐賀市教育委員会）

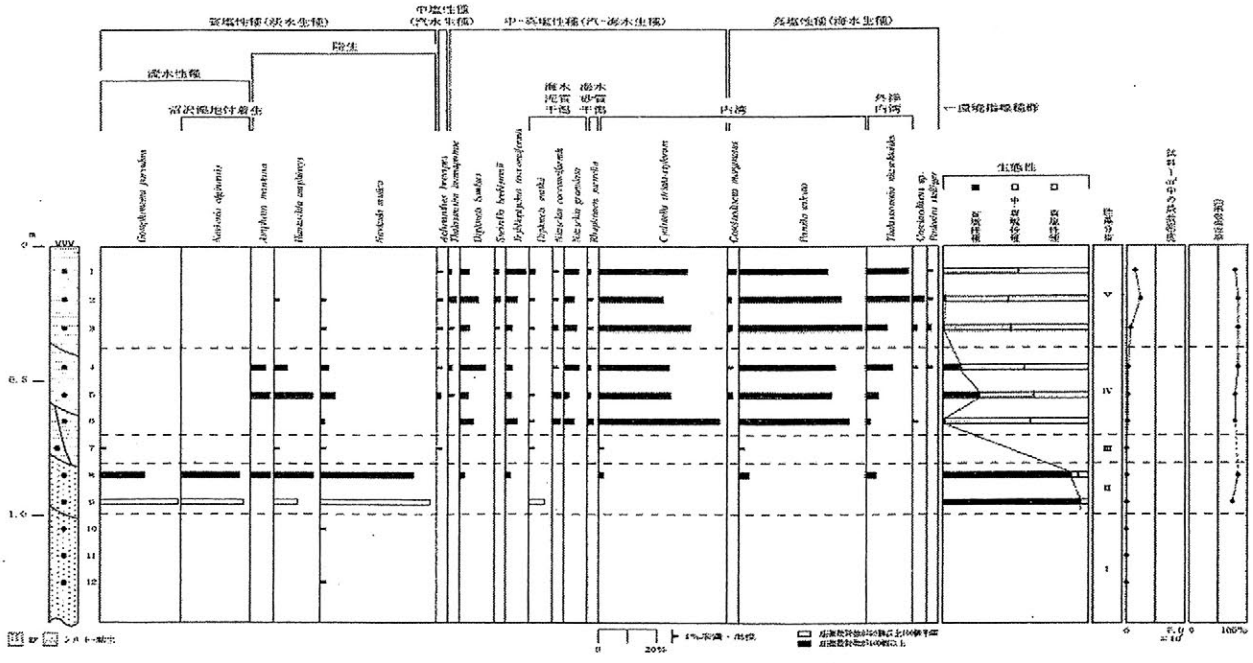
佐賀市東名遺跡は縄文時代早期末の西日本最大の貝塚である。アカホヤ火山灰層は直接観察されないが、一連のC14年代から7500年前前後の値が得られ、アカホヤ火山灰降灰以前の時期の貝塚である。貝層の延長および上部は比較的しまった海成とみられる粘土層が分布する。多くの貯蔵穴が営まれ、粘土層を主に貝層の上部や下部にも形成される。

花粉分析の結果、貝層と上部の粘土層ともコナラ属アカガシ亜属とシイ属ーマテバシイ属が優占し、他にエノキ属ームクノキ、コナラ属コナラ亜属が伴われる。貯蔵穴群の植物遺体からイチイガシとみなされ、周辺はイチイガシとシイ類を主とする照葉樹林が分布していた。草本はイネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属が海際に分布していたと推定される。

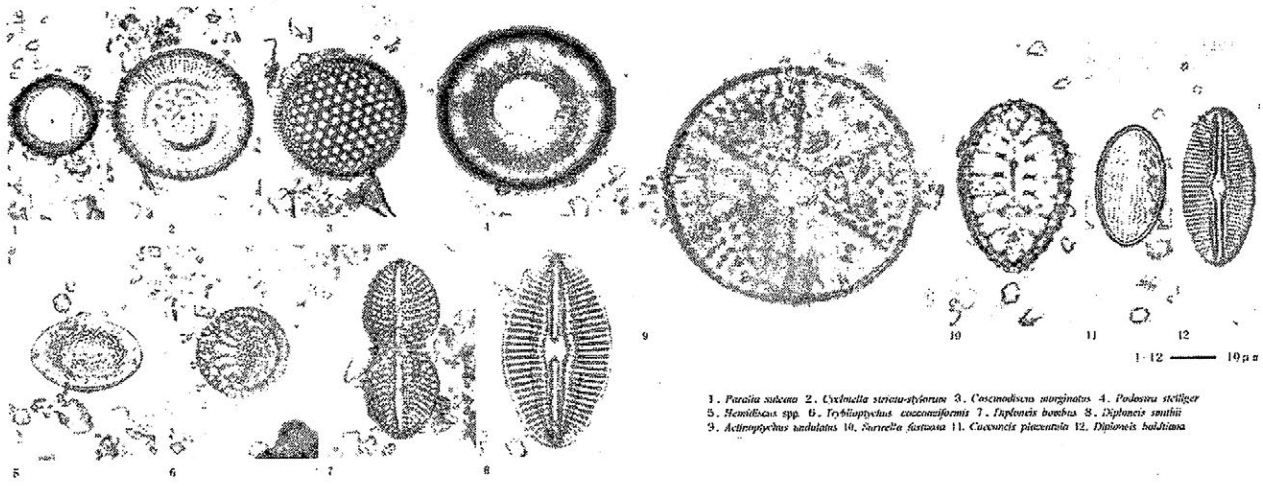
珪藻分析を行った結果、貝層と上部の粘土層とも内湾の指標となる珪藻が優占し、現在の有明海のような干潟ではなく、内湾の環境であったと推定され、海進とともに内湾し、急速に堆積して干潟化したと推定される。貝塚は内湾に面した斜面に形成され、周囲は潮干帯であったと推定される。粘土層を主に貝層の下部から上部に貯蔵穴が形成され、満潮時は水没する環境であったと推定される。

貯蔵穴のドングリ類は、イチイガシが多いものの、クヌギとナラガシワが入り、アクのないイチイガシ利用だけではなく、渋の強いクヌギとナラガシワの利用が行われている。渋の強いクヌギとナラガシワの利用は、より以前のアク抜き技法の継承とみられる。また、シイ類は入っていず利用法が異なっていたと考えられ、他にオニグルミも貝層から出土し、利用法が異なっていたと考えられる。

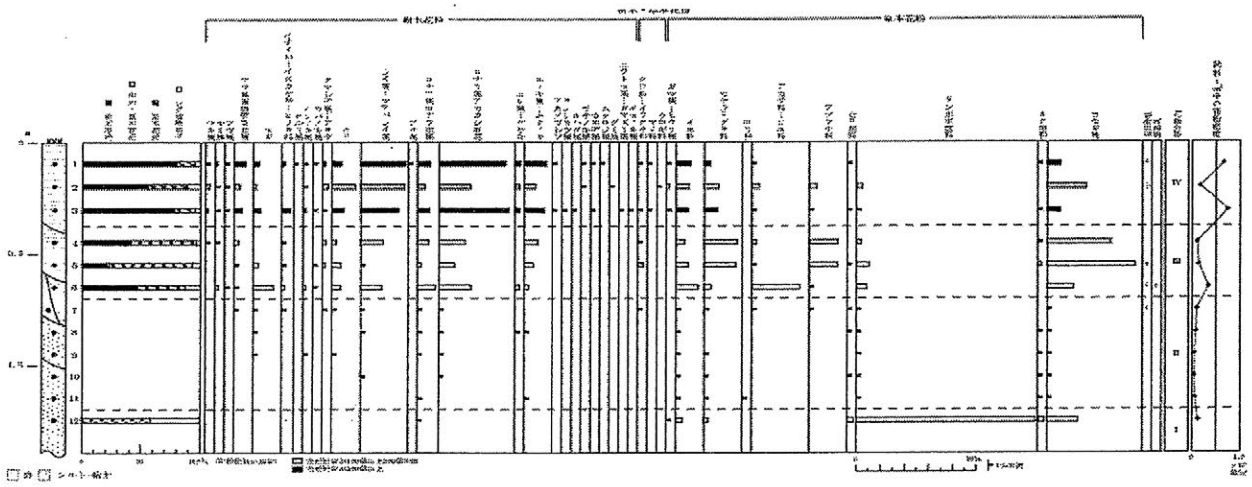
以上、東名遺跡では、貝塚と貯蔵穴は内湾に面した潮干帯に立地していたと推定された。貯蔵穴に入る種実類と入らない種実類があり、渋の有無とは無関係であると考えられた。



東名遺跡の第1トレンチ東側における主要珪藻ダイアグラム



1. *Paralia sulcata* 2. *Cyclotella striata-stylorum* 3. *Coscinodiscus marginatus* 4. *Podosira stelliger*
5. *Hemidiscus* spp. 6. *Trybliophycbus cocconeiformis* 7. *Diploneis bombus* 8. *Diploneis smithii*
9. *Actinophycbus undulatus* 10. *Surirella fastuosa* 11. *Cocconeis placentula* 12. *Diploneis baldjiana*



鹿名遺跡の第1トレンチ東側における花粉ダイアグラム

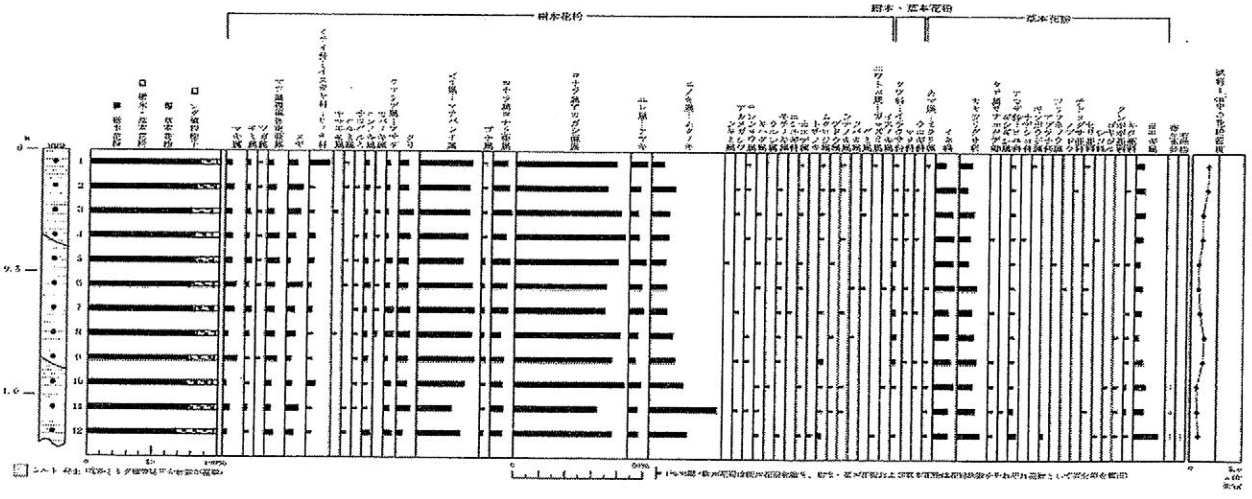


図2　鹿名遺跡の第1トレンチ西側における花粉ダイアグラム



4　マツ属複維管束亜属　　5　シイ属－マテバシイ属　　6　コナラ属コナラ亜属　　7　コナラ属アカガシ亜属

P-16

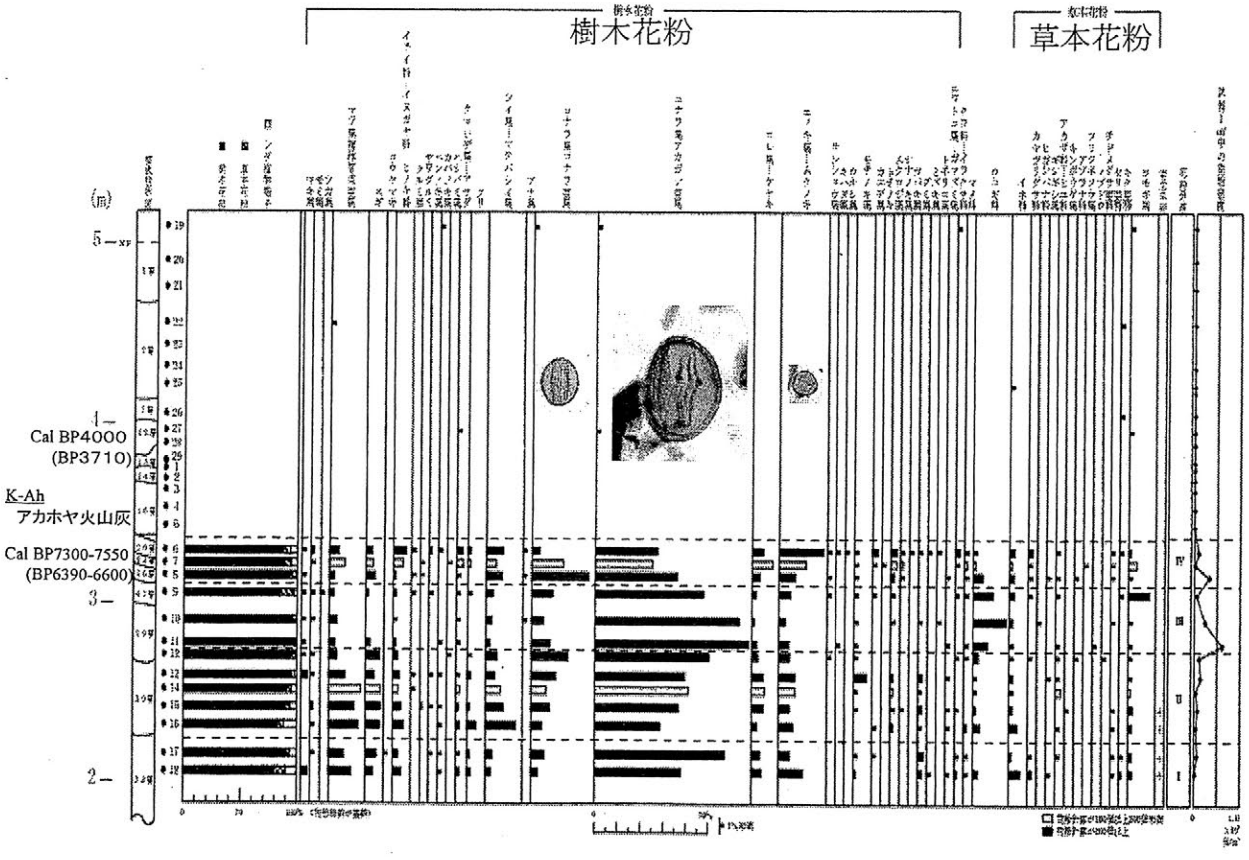
# 大分市横尾遺跡における縄文時代早期後葉の環境変動

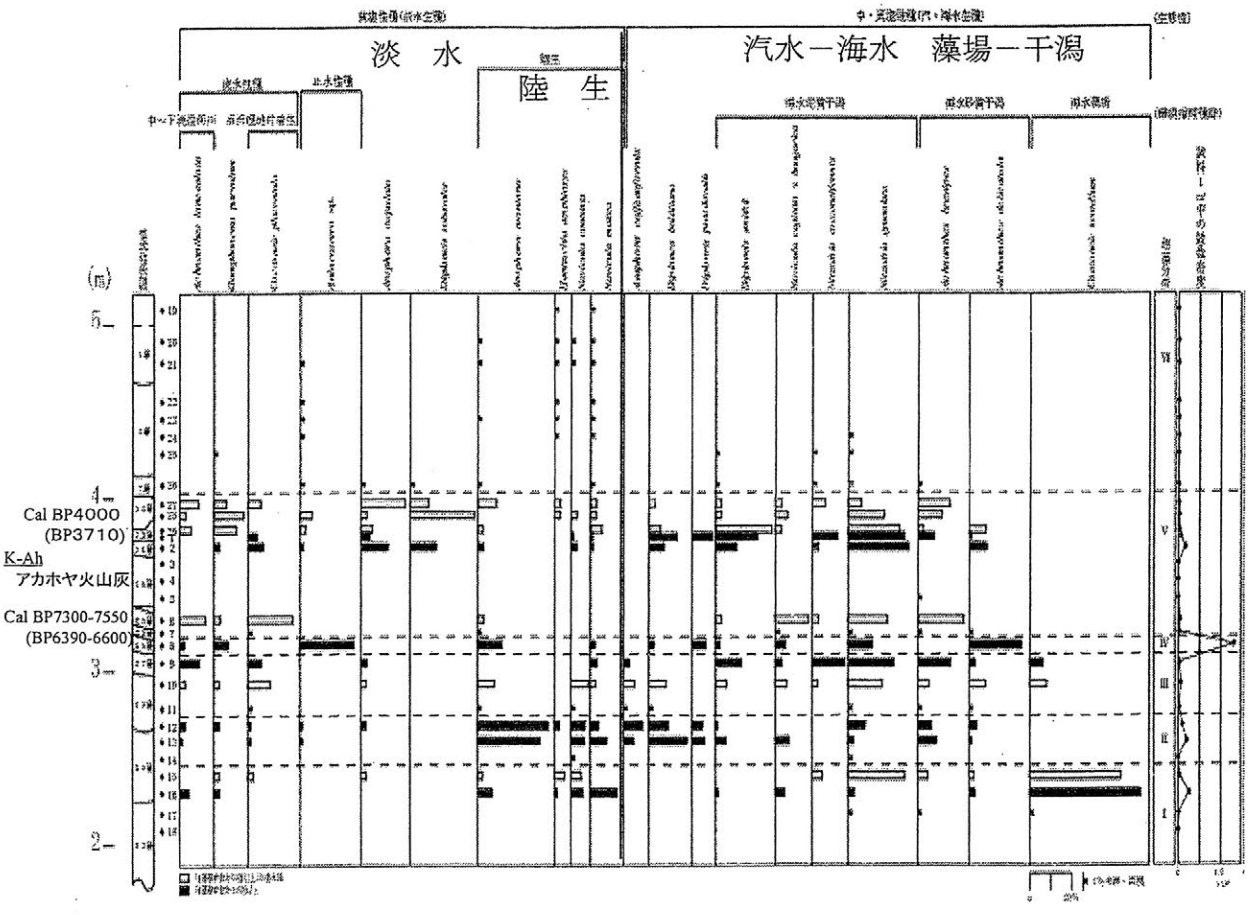
○金原正明（奈良教育大学）、中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）、塩地潤一（大分市教育委員会）

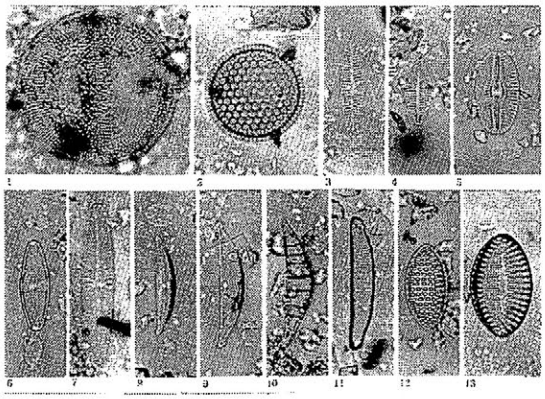
大分市横尾遺跡は、内陸約10km入った河川に注ぐ谷口周辺に位置する縄文時代早期末のcal BP7300-7550（BP6390-6600）の値が示される水場の遺構が検出された。その上部にはアカホヤ火山灰標高約４ｍまで水成堆積し、水位の降下後、cal BP4000（BP3710）の頃に後期の貯蔵穴が営まれる。

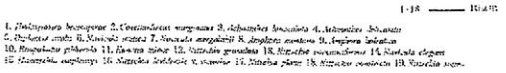
花粉分析の行った結果、コナラ属アカガシ亜属が優占し、周辺は各層準ともカシを主とする照葉樹林に覆われていたと推定される。コナラ属コナラ亜属とエノキ属－ムクノキが増加する時期があり、特にアカホヤ火山灰層直下の水場の遺構の時期に多くなる。同層準から検出される大型植物遺体からコナラ属コナラ亜属はナラガシワと考えられた。珪藻分析を行った結果、最下部では藻場の指標となる珪藻が多く、水場の遺構の時期以前に比較的海進が進行していたことが示唆される。上位に向かい湿地と汽水、汽水と干潟の環境へと変遷し、水場の遺構の時期には淡水の止水域から干潟となり、水位は少なくともアカホヤ火山灰層の上位面の標高４ｍ以上まで達し、その時期は汽水干潟から淡水域の環境となる。これらの状況から、河川の営力と関連もあるが、縄文海進は幾度か停滞を繰り返しつつ上昇したとみなされる。この中で、人々の活動が活発な水場の遺構の時期は、上下を汽水の時期に挟まれる停滞期の淡水の環境である。また、縄文人の活動が活発になると、コナラ属コナラ亜属、特にナラガシワが増加するという現象がみられた。その後、水位の低下後、縄文時代後期になって、貯蔵穴群が営まれる。

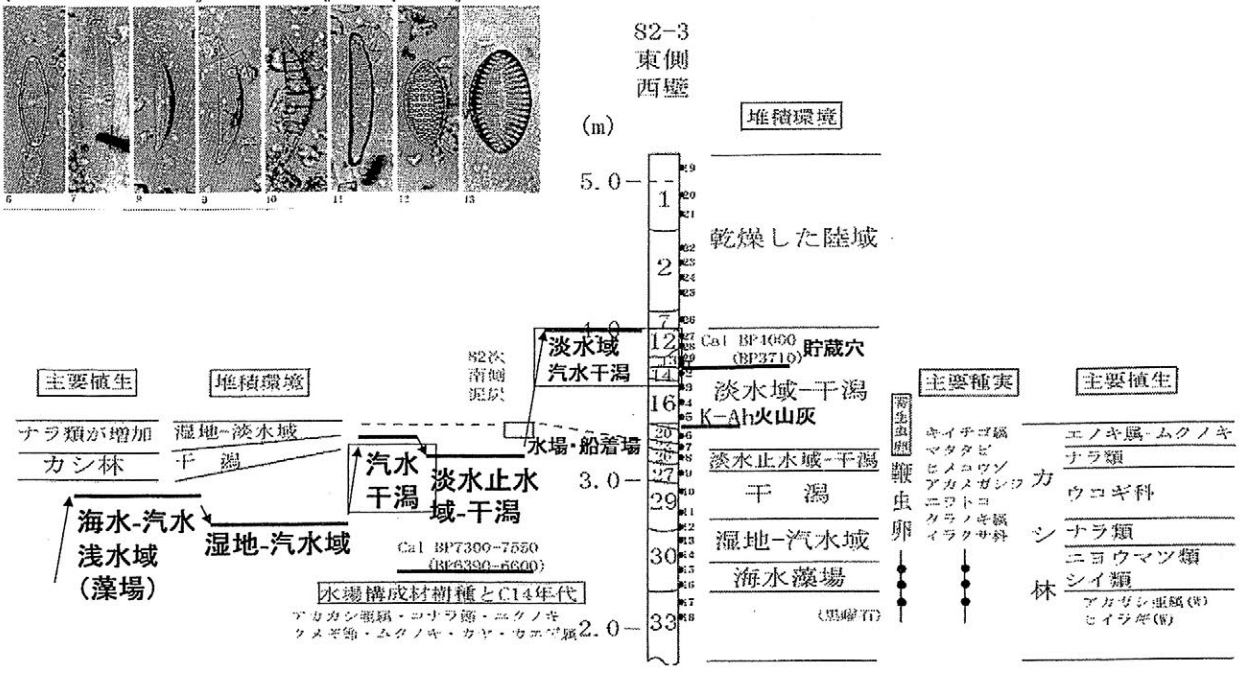
以上、横尾遺跡において縄文海進の進行が具体的に明らかとなり、縄文時代早期末の人々は淡水止水域になった時期ないし地点で、活発に活動し、カシを主とする照葉樹林下において、ナラガシワが増加した。




淡　水
陸　生
汽水－海水　藻場－干潟
(m)
5
4
3
2
Cal BP4000
(BP3710)
K-Ah
アカホヤ火山灰
Cal BP7300-7550
(BP6390-6600)






82-3
東側
西壁
(m)
堆積環境
5.0
1
2
乾燥した陸域
4.0
12
Cal BP1060
(BP3710)
貯蔵穴
82次
南側
断面
淡水域
汽水干潟
淡水域－干潟
16
K-Ah火山灰
主要植生
堆積環境
主要種実
主要植生
ナラ類が増加
カシ林
湿地－淡水域
干　潟
水場・船着場
淡水止水域－干潟
干　潟
3.0
27
29
30
湿地－汽水域
海水藻場
(黒曜石)
汽水
干潟
淡水止水
域-干潟
海水-汽水
浅水域
(藻場)
湿地-汽水域
Cal BP7300-7550
(BP6390-6600)
2.0
33
水場構成材樹種とC14年代
アカガシ亜属・コナラ節・ムクノキ
クヌギ節・ムクノキ・カヤ・カエデ属
貝生虫卵
鞭虫卵
キイチゴ属
マタタビ
ヒメコウゾ
アカメガシワ
ニワトコ
クラノキ属
イラクサ科
エノキ属-ムクノキ
ナラ類
ウコギ科
ナラ類
ニヨウマツ類
シイ類
アカガシ亜属(常)
ヒイラギ(常)
カシ林

P-17

# 都市遺跡における水利機能の解明に有効な珪藻種の考察

○大浦史雄（奈良教育大学大学院）、金原正明、池野祐季

## 1．はじめに

現在、珪藻分析は水域の環境を復元するのに用いられている。なかでも縄文海進における海水準変動に対して、小杉（1988）や安藤(1990)の環境指標種群による解析で具体的な古環境を復元することが可能となっている。しかし、遺跡において上記のような解析が適応するかどうかは不明な点が多い。そこで今回、中世大友府内町跡の側溝・溝・堀からの試料をもとに都市における水利機能の解明に有効な珪藻種を考察することを試み、その観点から水利機能の解明を行った。

## 2．調査地

中世大友府内町跡は戦国大名大友氏の本拠地として発展してきた豊後府内の都市遺跡である。当該遺跡は現在の大分市街の南東部一帯、大分川左岸の沖積地上に立地する南北約 2.2 ㎞、東西約 0.7 ㎞の範囲に形成され、16 世紀後半代の大友義鎮（宗麟）の時期に最盛期を迎えている。

## 3．分析試料

今回分析に用いた試料は大友府内町御蔵場における第 36 次調査 S-109 地点（14 世紀）より 6 試料、41 次調査 S-84,103,107112,113,122 地点（16 世紀）より計 23 試料、万寿寺堀における 43 次調査 S-012 地点（16 世紀中頃）より 31 試料を採取した。

## 4．解析方法・結果

### （1）流水及び環境指標種群に関するダイアグラム

はじめにダイアグラム（流水に対する区分は（Hustedt,1937-38））、環境指標種群は小杉（1988）、安藤（1990）を使用）を作成した。なおダイアグラムに使用した珪藻種は各地点の試料とも出現頻度上位 20 種までとした。その後、珪藻の生態的特徴の 1 つである流水に対する区分に着目し、側溝・溝・堀の水の流れはどうであったのかを検討したが、この流れの有無が排水の便と関係し、排水の便が良ければ流水性種などが比較的高い割合で出現すると考えられた。さらに環境指標種群により具体的な環境復元を試みた。

その結果、流水性種の出現率はどの地点においても低く、特に S-112,113 地点においては止水性種が優占する傾向となったために排水の便は悪かったと推測される。また、この両地点において、湖沼浮遊生種群を示す *Cyclottela radiosa* が優占的に出現した。なおこの種は水深が 1.5m 以上の湖沼に特有の種である（安藤,1990）。そこで排水の便が悪かったことを考えれば、極めて高い水位で滞水していたと推測できる。以上のことから、このような珪藻種を利用することで、遺跡の排水の便を推測することは可能であると考えられる。

### （2）有機汚濁に対する珪藻群集による汚濁指数（DAIpo）

DAIpo は流水域の付着珪藻群集の水質汚濁の程度の指数の算定の方法について提案されたものである（Watanebe et al,1986）。その後 DAIpo は止水域における有効性を報告している

(Watanabe et al.1988)。さらにAsai&Watanabe(1995)は、指標となる珪藻群集の種類数の増加を図るとともに、いくつかの種について属性の変更を行い、より適正なDAIpoの算出化を図った。そこで調査地点の側溝・溝・堀の水質を調べるために、Asai&Watanabe(1995)にしたがって好清水性種、広適応性種、好汚濁性種に分類し、DAIpoを算出した。なおDAIpoの算出方法は以下の通りである。

DAIpo=50+1/2(A−B)・・・(渡辺,1990)

A:調査地点に出現したすべての好清水性種の相対頻度の和

B:調査地点に出現したすべての好汚濁性種の相対頻度の和

この式より求められる値は、極貧腐水性水域（100−85）、β貧腐水性水域（85−70）、α貧腐水性水域（70−50）、β中腐水性水域（50−30）、α中腐水性水域（30−15）、強腐水性水域（15−0）に区分される。

上記の式より算出された値は、36次調査のS-109地点でDAIpoは50よりも低く、また41次調査における、S-107,112,122地点ではDAIpoが各層において40前後、あるいはさらに低い値を示す層もあった。S-84,113地点では50前後の値を示した。43次調査のS-012地点では各層においてばらつきがみられ、最も高い値で62.8、最も低い値で19.2であった。

しかし、DAIpoは現在の水域に対する指標で、古環境復元へ応用した事例は皆無であり、この算出された値を鵜呑みにするには問題がある。そこで、同地点で行われた寄生虫卵分析の結果を参考にした。寄生虫卵はS-109地点、及びS-012地点の下部〜中部にかけての層準で、多く検出されたが、他の地点においてはほとんど検出されることはなかった。

以上の結果を照らし合わせてみると、寄生虫卵が多く検出されている地点ではDAIpoも概ねβ中腐水性水域〜α中腐水性水域を示した。つまりこの地点における側溝や堀は雨水の排水の他、汚水も含んだ下水機能を有していたことがうかがえる。一方、寄生虫卵が検出されていない地点での汚水の流入は考えにくいものの、周囲には住宅地跡が集中している。そのため、DAIpoの低い地点においては、住居からの生活雑排水の流入があったことが推測される。また極端にDAIpoの低い地点において、寄生虫卵が検出されていないのは寄生虫卵の分解が促進されるような環境下（堆積土壌が砂質であるなど）のため残らなかったことも挙げられる。以上の結果から、中世友府内町跡の側溝・溝・堀は雨水の排水だけではなく、DAIpoが比較的低い地点では、有機汚濁を進行させる下水の影響を受けていたと考えられる。それに対して、堀においてDAIpoが最も高い値を示した層準では、その時期に生活雑排水を主とする下水の影響はなかったと言える。このように、DAIpoの変動において下水機能の有無は推測できると考えられる。

## 5．まとめ

DAIpoは現在の水域に対する有機汚濁指数であるが、都市遺跡の側溝・溝・堀の水質においても応用可能であることが判明した。そのため、有機汚濁の傾向を示す種は下水機能を解明する上で重要な役割を担う。また、流水の傾向を示す種は排水の便を解明する上で重要な種である。さらに具体的な解明を行う上で、環境指標種群の応用、寄生虫卵分析の併用も重要な要素を担ってくる。以上のような観点から都市遺跡における水利機能を解明できると判断した。

P-18

# 縄文ヒエの年代と形態について

○住田雅和・西本豊弘・宮田佳樹 (国立歴史民俗博物館)・三浦圭介 (青森県埋蔵文化財センター)

富ノ沢遺跡は青森県六ヶ所村の、太平洋に面した台地上に位置する。縄文時代中期中頃から末にかけての竪穴住居が 400 軒以上も検出された。この富ノ沢遺跡の、321 号住居跡から出土したヒエ属炭化種子を形態観察し、細長い野生型のイヌビエと、胚の両側が肥大し丸みをおびた栽培型イヌビエに細分した (図 1)。観察したヒエ属種子は、細分したタイプごとに年代測定を行った。細長いタイプ 11 個を測定し 4265 ± 35BP、較正年代 2925 年 BC～2860 年 BC(83%)、丸いタイプ 18 個測定し 4145 ± 45BP、較正年代 2875 年 BC～2615 年 BC(91.4%) の年代を得た。吉崎昌一先生は富ノ沢遺跡 361 号住居跡から出土したヒエ属炭化種子を年代測定して 2407BC～2270BC という較正年代を公表している。[2] これら 3 点の年代値はいずれも縄文中期から後期初頭の年代を示していて、この時期の北日本でイヌビエが栽培されていた可能性が高まった。吉崎氏は縄文時代から出土したヒエ属炭化種子のなかで、胴部の膨らみが大きいものを"縄文ヒエ"と呼んだ [1]。また富ノ沢遺跡から出土したヒエ属種子形態を検討し、その 50% 以上が縄文ヒエ以上に栽培ヒエに類似するとし、栽培の可能性を指摘している [3]。

青森県埋蔵文化財センターから借用したヒエ属炭化種子は番号を振り、写真撮影した。これを 50 倍に拡大して印刷して、長さを計測した。胚部分が脱落した炭化種子が多いため、それを除き全長とした。通常のイヌビエは細型、胚の両側が肥大している資料を丸型として細分した。両型ともに長さは概ね 1.2～1.6mm で、現生のイヌビエ、栽培ヒエと比較してやや小型である。栽培ヒエを炭化を試みると 10% ほど収縮したので、炭化による収縮が原因であると考える。種子のサイズをグラフ上にプロットしてみると、両型を概ね区分することができた。

形態的な検討後、タイプごとに年代測定を行い、前述の値を得た。以前、吉崎氏の公表した年代も、今回歴博で測定した 2 資料とも縄文時代中期から後期初頭の年代を示しており、炭化種子資料は後世の混入物ではないかという疑いは払拭され、遺構に伴う資料であることが明白になった。同遺跡では出土した炭化種実の過半数をヒエ属が占め、集落の周囲に生育していたイヌビエが偶然に炭化し、残存したとは考えにくく、人による利用があったと考えるのほうが無理がない。種子が現世の栽培ヒエと同程度にまで肥大していることから、イヌビエを栽培して、種子を利用していたと考えられる。縄文時代でのヒエ栽培の存在の可能性については、これまでも Crawford、小笠原、吉崎が指摘している。

それをふまえて今回の丸型の出土資料を栽培型イヌビエと呼称する。これは丸型のヒエ属が、系譜として現在のヒエ栽培に連なる可能性は高いが、植物の系統として、現在の栽培ヒエに連らなるかどうか不明であるからである。例えばアイヌ民族は固有の穀類としてヒエを認識していているが、アイヌが近世に栽培していたヒエは"蝦夷ヒエ"と呼ばれるもので、本土の栽培ヒエとは異なっていたらしい。このように文化としては連らなっていても、植物の系統としては断絶している可能性もありうる。阪本寧男は日本の東北地方で、イヌビエからヒエが順化されたという可能性が高いとしている [4]。これを否定するような遺跡からの出土資料はない。一方、沿海州などでは微小な炭化種実の探索が積極的には行われているとは言いがたく、同時期のヒエの不在を積極的には主張できない。そのため縄文時代でのイヌビエ栽培と、現生の栽培ヒエの起源を直結させてしまうと、混乱が生じるため栽培型イヌビエとした。これは吉崎氏の仮称した"縄文ヒエ"と対応する。しかし、縄文ヒエとはどこまでを含むのか不明瞭な部分もある。特に富ノ沢遺跡出土の資料に関しては、吉崎氏は"縄文ヒエ以上

に栽培ヒエに類似する”ともしており未整理の問題である。

丸型の種子については栽培されていたものだとしたが、細型の、通常の野生のイヌビエ種子が同時に出土するのをどう考えるかも問題である。丸型よりも少いが、ヒエ属以外の分類群との比較では、圧倒的な数の細型のイヌビエ種子が出土している。これから考えると、丸型・細型共に利用されていたと考えられる。両者の関係については不明であり、さまざまな推測も可能であるが、基本的には順化段階か生態型かという問題に集約できる。つまり、細型=野生種と丸型=栽培種であると見るか、肥沃地、例えば集落周辺域での栽培と粗放的な栽培の差だと見るかである。これは相反排他的な関係にもなく、今後の検討課題である。ただこの2型の関係は縄文時代のイヌビエ栽培の実態解明や、ヒエ属順化の実証には避けては通れない問題である。

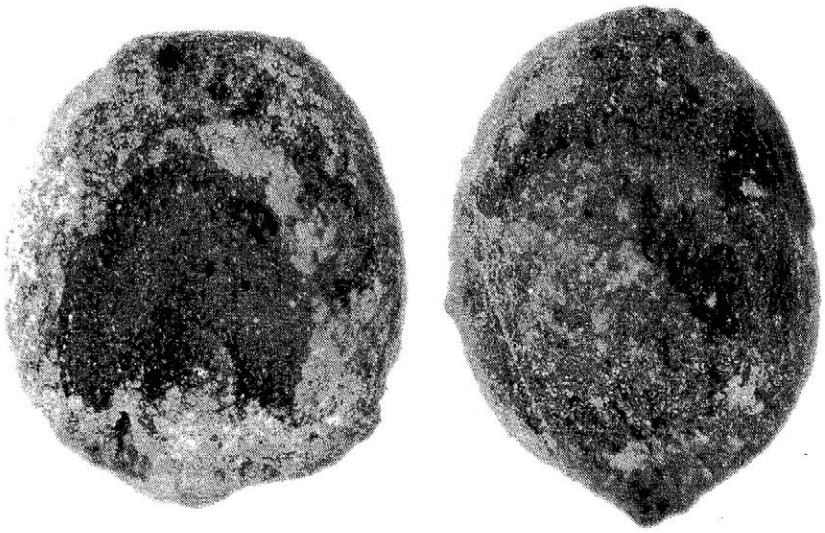


図1　青森県富ノ沢遺跡出土のヒエ属炭化種子 1:丸型 2:細型

## 参考文献


[1] 吉崎昌一. 古代雑穀の検出—考古植物学的調査の展開—. 考古学ジャーナル, No. 355, pp. 3–14, 12 1992.

[2] 吉崎昌一. 縄文時代の栽培植物. 第四紀研究, pp. 343–346, 1997.

[3] 吉崎昌一, 椿坂恭代. 青森県富ノ沢 (2) 遺跡出土の縄文時代中期の炭化植物種子. 青森県教育委員会（編）, 富ノ沢 (2) 遺跡 VI 発掘調査報告書 (3), pp. 1097–1110. 青森県教育委員会, 1992.

[4] 阪本寧男. 雑穀のきた道:ユーラシア民族植物誌から. 日本放送出版協会, 1988.

P-19

# 全国の遺跡から出土したイネ種子の遺伝的傾向

○花森功仁子*・**、大角信介***、望月峰子**、向井譲*、佐藤洋一郎****
(*岐阜大学連合農学、**株式会社ジェネテック、***株式会社ベックス、****総合地球環境学研究所)

## 1. はじめに

これまで全国の遺跡から出土したイネ種子をDNA分析し、都城遺跡群や上ノ平遺跡の出土報告としてその一部を当学会で発表してきた（2002、2003、2006）。年代が細かく特定できない出土サンプルもあるが、今回は弥生時代前期から江戸時代まで、全国のおよそ40遺跡より出土したイネ種子の遺伝的傾向を調査した。

## 2. 材料と方法

各遺跡から出土したイネ種子を3CCDデジタル顕微鏡で観察後デジタル保存したデータ、調査の古いものは顕微鏡撮影の写真およびスライドのデータを用いた。籾殻つきのものや保存画像が明瞭でないものを除き、図1のとおり完形サンプルの長さと幅を計測した。近年のデジタル保存されている画像についてはすべて画像ソフトImageJ 1.37v.によって計測し直した。また、DNA分析に用いたため現存していないサンプルについてはスライドおよび写真、報告書をスキャンし、デジタル保存後ImageJにより同様の計測をおこなった。なお、発掘事例の多い弥生時代のサンプルのうち、年代の特定できる遺跡は前期・中期・後期と区分した。また、時代をまたがるものは新しい時代を用いた。

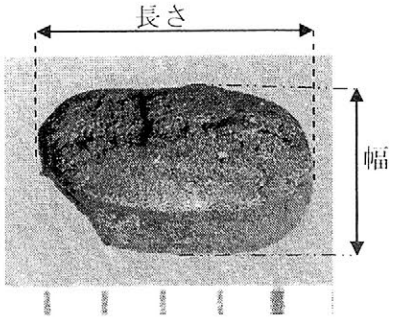


図1　サンプル測定

表1　年代別遺跡リスト

| 時代 | 遺　跡　名 |
|---|---|
| 弥生　前期 | 田村（高知県南国市）、菜畑（佐賀県唐津市）*、板付（福岡県）*、瑞穂（福岡県）*、津古空前（福岡県小郡市）*、須川（福岡県朝倉市）* |
| 中期 | 三沢北中尾（福岡県小郡市）、三沢蓬ヶ浦（福岡県小郡市）、東原田（静岡県小笠町）、日吉ヶ丘（京都府加悦町）、有鼻（兵庫県三田市）、津島（岡山県岡山市）、将監名（静岡県浜松市）、立岩（福岡県飯塚市）*、徳永川の上（福岡県豊津市）*、津古牟田（福岡県小郡市）*、安永田（福岡県鳥栖市）*、吉野ヶ里（福岡県神崎市）*、平田（宮崎県都城市） |
| 後期 | 登呂（静岡県静岡市）、菖蒲ヶ谷（静岡県掛川市）、下老子笹川（富山県高岡市）、井図地中ソネ（鳥取県東伯町）、日高（群馬県高崎市）、福島吉田（福岡県八女市）*、長峯岩崎（福岡県八女市）*、妻木晩田（鳥取県大山町）、北金目（神奈川県平塚市） |

| | |
|---|---|
| ** | 大谷尻（徳島県三野町）、華熟里（鹿児島県）* |
| 古墳 | 川除（兵庫県三田市）東囲（新潟県新潟市）、北金目（神奈川県平塚市）西沼田（山形県天童市）、泉沢谷津（群馬県前橋市）、本郷坪（静岡県静岡市）、上ノ平（静岡県掛川市）、楠本（鹿児島県川内市）、雀居（福岡県福岡市）*、基肄城（佐賀県）* |
| 奈良 | 本宮熊堂B（岩手県盛岡市） |
| 平安 | 飯岡林崎Ⅱ（岩手県盛岡市）、折返B（福島県いわき市）、加治屋B（宮崎県都城市）、陣が峰城跡（福島県会津坂下町） |
| 鎌倉 | 正坂原（宮崎県都城市） |
| 室町 | 榛名平（長野県佐久市）、川入（岡山県岡山市） |
| 戦国 | 佐古谷（岡山県瀬崎町）、都之城本丸跡（宮崎県都城市） |
| 江戸 | 千原崎（富山県富山市）、加治屋B（宮崎県都城市） |

（ ）内は現在の所在地

* 佐藤敏也（1971～1977）データによる。　　** 詳細年代が不明の遺跡。

3. 結果と考察

ImageJにより測定した27遺跡の295サンプルに加えて、これまで報告してきた11遺跡、合わせて561サンプル、さらに佐藤敏也ら（1971～1997）の調査による弥生時代前期から古墳時代の遺跡を加えて52遺跡のデータをもとに、各時代の傾向を調べた。時代別にみると、長さは弥生前期のサンプルがもっとも短く、平安時代がもっとも長くなり、幅は鎌倉時代のものがもっとも狭く、長幅比では縄文前期のものがもっとも小さな値をとり、鎌倉時代のものがもっとも大きな値をとった。時代を大別してみると表2のとおり全体的に弥生時代前期のサンプルがもっとも小さく、鎌倉以降の中世に幅が一旦狭くなるが、江戸時代にはもっとも幅が広くなっている。

炭化米の出土が弥生時代中期や後期に偏り、中世以降少ないなどの問題点もあり、一概に評価することは困難であるが、時代とともに種子は大きくなっていることが示唆された。

今後は近年精度を向上させたDNA分析の結果と合わせて、縄文時代晩期や弥生時代前期のサンプルを調べることにより日本における稲作の伝播を解明するとともに、鎌倉時代以降の中世や近世の炭化米のDNA分析により、イネの伝播を探求していく予定である。

表2　時代別長幅比

| 時代 | | サンプル数 | 長さ | 幅 | 長幅比 |
|---|---|---|---|---|---|
| 弥生 | 前期 | 8 | 4.380 | 2.754 | 1.591 |
| | 中期 | 62 | 4.501 | 2.653 | 1.696 |
| | 後期 | 272 | 4.603 | 2.721 | 1.691 |
| | ** | 4 | 4.437 | 2.679 | 1.656 |
| 古墳 | | 64 | 4.431 | 2.651 | 1.672 |
| 奈良・平安 | | 80 | 5.185 | 2.836 | 1.828 |
| 鎌倉～戦国 | | 47 | 4.546 | 2.450 | 1.855 |
| 江戸 | | 24 | 4.836 | 2.877 | 1.681 |
| 平均 | | (561) | 4.542 | 2.618 | 1.735 |

（ ）内はサンプル総数

P-20

# 縄文時代の編み籠の素材の研究

○黒沼保子 *、金原正明 *、西田巖 **
(* 奈良教育大学、** 佐賀市教育委員会)

Ⅰ．はじめに

編み籠は植物性の素材でできているために残りにくく、遺跡から出土することが少ないため、これまでの研究の多くは土器圧痕を対象として考古学、民俗学的に行なわれてきた(坪井1899、荒木1995、植松1980等)。そのために編み方については比較的多く研究されているが、素材自体についての研究はほとんど進んでいない。東名遺跡からは日本の編み籠資料の過半数を超える縄文時代の編み籠の本体が出土しているので、実際に分析して素材の性質、特徴を調べ、またその際に分析方法についても検討を行った。これによって今後の縄文時代の編み籠を調査する上での基礎的研究となること、また編み籠の素材や加工・作成方法、利用方法の変遷を知ることにより、それらと人々の生活環境の変化との関わり合いなどについて考察することを目的とした。

Ⅱ．遺跡の概要・試料

東名遺跡のある佐賀市金立町は佐賀県の東南部に広がる佐賀平野のほぼ中央に位置する。東名遺跡は縄文時代早期の遺跡であり、炉跡、墓地を主体とする集落域と貯蔵穴を伴う湿地性貝塚からなる。貝塚は海成の粘土層に覆われており、そのなかに編み籠をはじめとする多くの植物性遺物を伴っていた。この時期のものでこれだけの規模の貝塚が見つかったのは国内でも珍しく、西日本では最大である。

東名遺跡出土の編み籠は国内で出土したものでは最も古いものであり、国内の縄文遺跡にみられる編み方のほとんどがこの遺跡で確認されている。代表的な編み方（植松1980）は網代編み、木目ござ目編み、六ツ目編み、もじり編みである。このうち、２本超２本潜１本送のタイプの網代編みが最も多く出土している。現時点で編み籠は230点ほど出土しており、今回はこれらの編み籠の一部分を用いて研究を行なった。

Ⅲ．分析方法

樹種同定を行い、編み籠に使われている素材の種類を特定すると同時に、木材の加工方向などを確認した。切片の採取と永久プレパラートの作成の際には、複数の方法を用いた。

１．切片の採取

a. 両刃カミソリを用いて木口、柾目、板目の三断面から採取する

b. 特に材が脆すぎて切片を採取できない場合には、発泡スチロールで挟んで発泡スチロールごと切る

c. ミクロトームの使用

２．永久プレパラートを作成

a. エタノール、イソブチルアルコール、キシレンで脱水処理後、カナダバルサムを用いて永久プレパラートを作成

b. MOUNT-QUICK AQUEOUSを使用して脱水処理なしで永久プレパラート作成

３．樹種同定を行う

## Ⅳ. 結果と考察

71点分析した結果ムクロジが多く、他にムクノキ、ヒノキがある(表1)。また材の加工は、多少斜めのものもあるが、板目方向に長い長方形で加工されていることが観察された。

＜表1．樹種同定結果＞

| | 貯蔵穴出土 | 堆積層中出土 | 全合計 |
|---|---|---|---|
| ムクロジ | 10 | 18 | 28 |
| ムクロジ？ | 6 | 9 | 15 |
| ムクノキ | 0 | 8 | 12 |
| ムクノキ？ | 0 | 2 | 2 |
| ヒノキ科 | 0 | 1 | 1 |
| 広葉樹(髄) | 0 | 1 | 1 |
| 広葉樹(枝材/ツル) | 0 | 1 | 1 |
| 不明(髄) | 2 | 6 | 8 |
| 不明（樹皮？） | 0 | 2 | 2 |
| 不明 | 0 | 1 | 1 |
| 合計 | 22 | 49 | 71 |

(注：？付きは木口が確認できず、その他の特徴により推測したもの)

編み籠材は基本的に幅3～5mm×10～15mm、厚さ1～2mm 程ととても小さく、さらに長期間水に浸かっている状態で脆くなっているので、切片にしづらいものが多い。そのため、樹種同定において切片を作る際には材を発泡スチロールに挟んで手で切るのがよいと思われる。しかしまだ他の方法の検討の余地がある。また永久プレパラート作成においては水溶性の永久保存用標本封入剤（MOUNT-QUICK ACUEOUS）を用いると切片の破壊を防ぐことができた。

樹種同定結果からは、ムクロジ・ムクノキが多用されたことがわかった。これらが用いられた理由としては、第一に遺跡周辺にあった身近な植物であり、そのなかでもこれらが加工しやすい材であったと考えられる。またムクロジ・ムクノキともに木口面における軸方向柔組織が帯状であり、これは年輪に沿って、つまり板目方向に沿ってやや剥がれやすい性質があり、それを利用して加工を行ったのではないかと思われる。また全体的に材の年輪幅が小さいことから辺材を用いたか、髄を含むものが数点あることから枝材を少し加工してそのまま用いたものと推測される。

## Ⅴ. まとめ

この時代はまだ工具がそれほど発達していない時期であること、また籠は消耗品であり数多く造っていることから、編み籠の素材には手に入れやすいもので、その中でも加工も容易なものを選んで用いたのではないかと思われる。縄文遺跡出土の編み籠を樹種同定した例としては、福井県の北寺遺跡、熊本県の曽畑貝塚低湿地遺跡などがある。前者では主に針葉樹類、後者では主に広葉樹類の、いずれも木材をヒゴ状にしたものが素材に用いられている。

一般的に硬い素材のものは粗の、柔らかい素材のものは精密な製品が作られる傾向があるが、縄文時代の東名遺跡においても網代編みやスダレ状のもじり編みなどがあり、素材による作り分けは行われていたものと推測できる。しかしながら今回は製品の種類ごとによる樹種同定はできなかったため、それらの調査が今後の課題である。

P-21

# 埋没および現世水田にみられる土壌微細形態の比較
## ― 静岡市登呂遺跡の事例を中心として ―

○松田順一郎(史跡鴻池新田会所管理事務所)，辻康男(パリノ・サーヴェイ株式会社)，
岡村渉(静岡市教育委員会)

はじめに

考古遺跡の埋没水田は，畦畔や水路などの遺構，作土・芯土の土壌プロファイル，作土あるいは耕盤付近に残された耕作痕跡，足印・行跡，その他の人為的擾乱など巨視的な特徴によって認定されるが，それらがみとめられないか不明瞭な場合には，イネ科植物珪酸体含有量(あるいは垂直的な出現頻度の変化)，根成孔隙の形状と密度などによって水田耕作土(作土・芯土を含む)が推定ないし認定されることもある．本研究では，これらの手法に対し補完的・代替的に行える，埋没水田耕作土の土壌学的な微細形態(あるいは/かつ堆積学的微細堆積相)の同定をめざし，現世の水田土壌にみられる微細形態の特徴が埋没水田でもみとめられるかどうか，さらに埋没水田での特殊な形態があるかどうかについて検討中である．ここでは，すでに観察した静岡市登呂遺跡(図1)の作土(ないし芯土)試料の検討結果を示す．

現世水田耕作土の微細形態の特徴

現世水田耕作土について森ほか(1992，2000)によれば，作土の構造がかべ状で，とくにしろかき後にはペッド，団粒はごく少ない．ただし造成，耕耘，落水後の乾燥・生物擾乱などで生じたクロッド，団粒が残ることもある．畑地にくらべ間隙・孔隙両がかなり少ない．芯土には垂直方向の根成孔隙が卓越する．畑地では作物にもよるが，いっぱんに網目状パターンをなす．斉藤(1971)は落水後の作土で，かべ状構造とともに，主として40～50μmの粘土フロックが分布すること，作土表層約1.5cmより下位で細粒の砂粒子からなる単粒状構造(レンズ状の水平葉層と思われる)が局所的に生じていることを確かめた．有村・鬼鞍(1971)によれば細粒砂粒子の単粒状構造は湛水時の撹拌(おもにしろかき)直後の構成粒子の分散・沈積によって生じ，粒子に一定の配向が認められるといわれる．団粒は湛水・撹拌後に減少するが，寺沢(1983)によれば，湛水状態でも破壊されない二次粒子からなる粒径0.25mm以下の耐水団粒が作土中に含まれる．おそらく落水後の試料について，百原・永塚(1997)は，微細構造は角～亜角塊状，複屈折ファブリックについては，粘土集合体に干渉色がなく未分化と記載しており，後者の特徴は撹拌されたかべ状構造の特性を反映するものと考えられる．また彼らは作土中の多数の炭片と芯土中の孔隙に粘土被覆を認めている．

登呂遺跡，loc. Tm埋没水田作土の微細堆積構造

登呂遺跡と試料採取地の位置を図1 に，採取地点の柱状断面図，不撹乱試料のX 線写真，薄片試料採取か所を図2に示した．調査地点の登呂層(V層)は，その上位のIIIb 層堆積期(弥生時代後期末)に地震イベントによって変形している．メソスケールで認知される構造にはこの変形構造と耕作土の人為的な擾乱構造が混在していると考えられる．ここではマイクロスケールで耕作土の特徴とみなしうる構造の認定を試みた．薄片試料は標高5.6m付近のVa層とVb層上部の堆積物である(図2，X線写真中の1，2)．その顕微鏡写真を図3に示す．なお，同図薄片1の中央部から左右両端，また薄片2の上端から下端に向けて見られる明暗のグラデーションは薄片の厚みの差によるものである．

観察結果

薄片1では，まれに砂粒が点在し，粒径0.04mm以下のシルトサイズの粒子が鏡下で確かめられるが，中～細粒シルトサイズでは，鉱物粒子は少なく，炭片，植物片を含む腐植質，粘土分の多い，まだらな明度パターンの部分が多い．かべ状構造の様態を示すものと考えられる．また，長軸0.3mm以下の黒色化ないし炭になった植物片(Ch)がひじょうに多くみとめられる．これらの中には根や茎が識別されるものもある．直径0.3mm以下の円形で，ほぼ一様な明るい灰色の粒子は炭酸鉄ノジュール(Fo)が散布する．排水不良の水田下層土の特徴で，上位層準の耕作にともなうものと考えられる．ノジュールの周辺に同心円状の粒子の配向パターン(Ct)がみられるが埋没後の乾湿によるものかもしれない．白色に写った幅0.05mm以下，長さ0.2mm以下で，屈曲した線状に伸びる孔隙が多数みられる．これらは上位層準から発達した根の痕跡(Rt)で，かなりのものが地震変形で短く分断された考えられる．写真左辺部を垂直に伸びるものはかなり上方の層準からのもので新しい．シルトとそれ以細の物質が比較的均質に混合した，輪郭のあいまいな直径0.2～0.1mmの団粒状の構造単位が多くの部分でみとめられる(Pd)．上述した微細な孔隙と黒色の炭片，植物片の分布がそれらに挟まれている．このほかに粒状の組織はなく，ほとんど粘土からなり，散乱した輪郭の長径0.1mm以下の粘土のかたまり(Cf)がみとめられ，粘土フロックが集合し変形したものと考えられる．

薄片2では，鏡下で相対的に細粒砂以細の鉱物粒子が多くみとめられ，全体的に粗粒である．地震動によって変形し

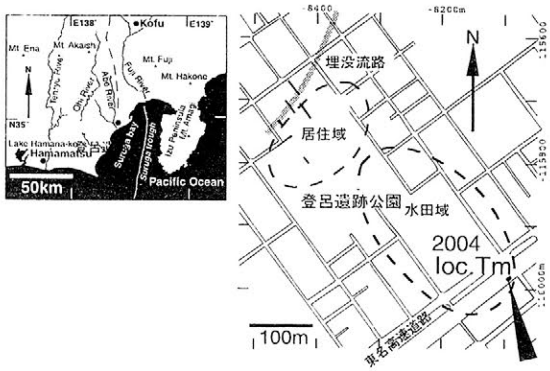



図1 登呂遺跡と試料採取地の位置

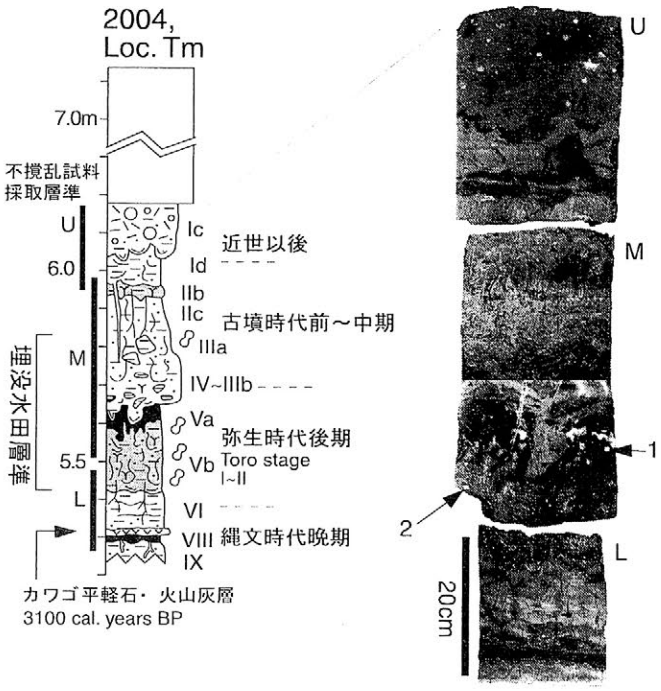



図2 登呂遺跡不撹乱試料試料採取地の柱状断面図(a)，試料のX線写真(b)．図b中の1，2は薄片での観察か所を示す．

てい るが，層の上部はX線写真でもわかるように，変形の流線とは異なる初生の葉理を残している．薄片は説明のため，葉理が水平位置を保っている部分を選んだ．画面下部が相対的に粗粒，中部で細粒，上部でふたたび粗粒になる葉理の微細構造が判読できる．単粒状構造というよりも，堆積構造としての葉理にみえるが，マイクロスケールでの物質の混在状況は薄片1と同様にかべ状であることから，耕作にともなう撹拌･沈積による構造とも考えられる．直径5mm以下の炭酸鉄ノジュールがかなり多数分布している．そのうちの直径約0.1mm以下の細かい粒子のみが薄片写真でみられる．これらの分布密度は薄片1に比べてかなり高い．根系は同程度に高密度だが，大きな孔隙が目立つ．炭片･植物片の分布と配向が根の痕跡と重複する所が多い．縦方向に伸びる細い孔隙の大部分は堆積物で充填されているようである．孔隙の内壁には粘土皮膜(Cc)をともなう所がある．直径0.25mm以下の粒団構造が散在する．粒団の内部には炭片，植物片や有機質泥の微細なブロックなどを含み，粒度組成も不均質である．散乱した輪郭をなす粘土フロックと考えられる粘土の集合も点在する．

以上の観察から，現世の水田耕作土にみとめられる土壌微細構造が登呂遺跡の埋没水田土壌においてもほぼみとめられることが確かめられた．Va，Vb層はともに作土層で，より新しい時期にVb層はVa層の芯土であったと考えられる．

今後の課題

今後，同遺跡以外の埋没水田と現世の実際の試料での検証をさらに行う予定である．また，しろかき，湛水･落水と水田放棄とのタイミングによって生じる構造の変異のモデル構築も行いたい．

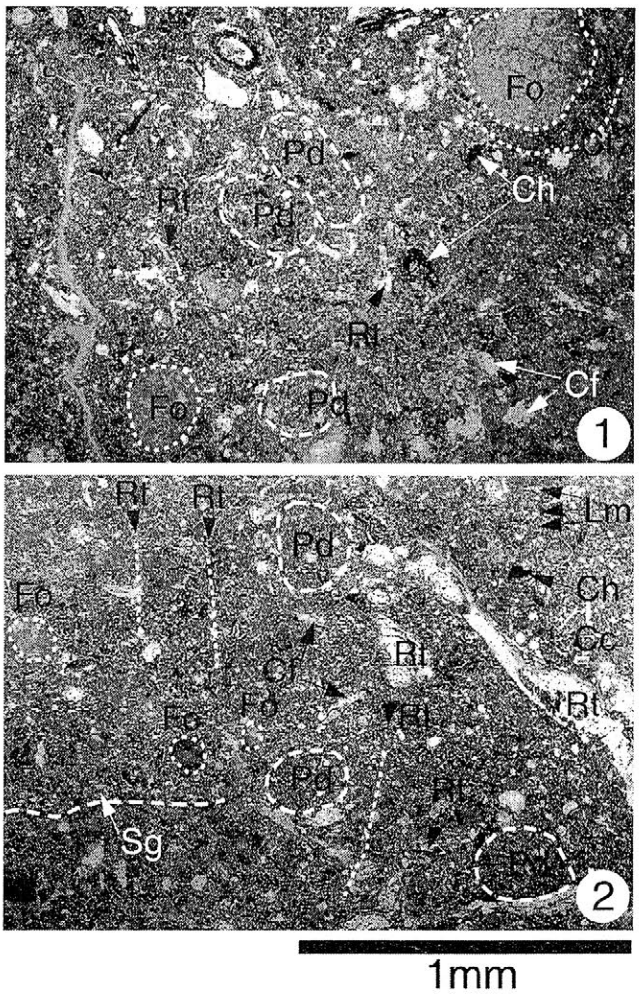



図3 登呂遺跡埋没水田作土層の薄片顕微鏡写真．写真1，2の位置は図2参照．Pd: 団粒，Rt: 根成孔隙，Cf: 粘土フロック，Cc: 粘土皮膜，Ch: 炭片，Fo: 炭酸鉄ノジュール，Sg: 単粒状構造，Lm 層状構造，Ct: コンター状構造．

P-22

# 大坂城址出土近世金工品についての材質調査

清水　梨代　((財)大阪府文化財センター)

## はじめに

織田信長による室町幕府15代将軍足利義昭の追放から、大坂城落城により豊臣氏が滅亡するまでの織豊期から江戸時代初頭にかけての約半世紀の間に生み出された美術は、日本美術史上において最もエネルギッシュで華やかなものであった。同時にそれはこれまでの深い教養を基盤とする文化の担い手とは異なる、わかりやすく絢爛豪華であることを良しとする新興の戦国大名や豪商といった新たな文化の担い手が登場した時代でもある。今回、平成11年2月～11月にかけて実施した「大阪府警察本部庁舎新築工事に伴う発掘調査（以下、大坂城址Ⅱ）」および、平成15年6月～平成16年3月にかけて実施した「大阪府警察本部棟新築2期工事に伴う発掘調査(以下、大坂城址Ⅲ)」で出土した金属製品のうち、刀装具関係を中心に織豊期から江戸時代初頭にかけての金属工芸品の科学的調査を行う機会を得た。

## 調査方法

肉眼観察　対象資料の外観的特徴および、製作技法を推定する事を目的に行った。

実体顕微鏡観察　対象資料の製作技法を推定する事を目的に行った。
【使用機器】(財) 大阪府文化財センター南部調査事務所設置　㈱ニコン製実体顕微鏡 SMZ-10

蛍光X線分析　対象資料の材質を把握し、製作技法を推定する事を目的として実施した。
【測定条件】　奈良大学文化財学科保存科学研究室設置　エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置
EAGLE　Ⅱ　XXL　NR（アメリカ EDAX　inc.製）
【測定条件】　X線管球：クロム（Cr）　電圧－電流：30Kv－650μA　コリメーター：0.1mm
測定環境：真空　測定時間：200秒

## 調査資料について

調査資料は大坂城址Ⅱで出土した目貫11点（No.13003～13014)、笄1点（No.13018)、小柄7点（No.13021・13022・13026～13030)、大坂城址Ⅲで出土した目貫6点（No.2845～2850)、小柄1点（No.1995)、鋲1点（No.2005）の27点である。このうち、大坂城址Ⅱの刀装具（目貫・笄・小柄）は大坂城本丸築造開始（1582年）から三の丸築造開始（1598年）までの土層から、大坂城址Ⅲの小柄と鋲は二の丸造成期から大阪冬の陣（1614）までの堀83から、大坂城址Ⅲの目貫は江戸時代初頭の土坑5から出土している。

## 結果

① 肉眼観察及び顕微鏡観察

- 目貫は肉眼観察および実体顕微鏡観察の結果、大坂城址Ⅱ出土の目貫は、鍛造または鋳造後に、彫金がされているのに対し、大坂城址Ⅲより出土した目貫は、鋳造後に彫金が行われていない事がわかった。
- 大坂城址Ⅲ出土の目貫（No.2845）は、0.3mmピッチの魚々子を打った地に、銀製の花菱を象嵌または鑞付けしている。
- 小柄は大坂城址Ⅱ出土のものも、大坂城址Ⅲ出土のものも長さ8.5cm～9cm前後である。また、製作技法は二枚合わせ成形と一枚折り返し合わせ成形の2種類の技法が見られた。

② エネルギー分散型蛍光X線分析器による元素分析

- 大坂城址Ⅲの目貫（No.2846・2847・2848・2850）は肉眼では観察できなかったが元素分析の結果、当初は金および銀による鍍金が施されていた事がわかった。
- 目貫 No.2845 の花菱は、銀製ではなく銅－アンチモン合金に金および銀を鍍金したものを象嵌または鑞付けしていることがわかった。
- 目貫 No.13004 鮎の蓮弁の筋に銀が鍍金されていることがわかった。
- 大坂城址Ⅱの目貫 No.13013 の花芯の銀および丁子と葉の上の露の金は金色絵ではなく、鍍金であることがわかった。
- 目貫の材料としては、銅、青銅が、小柄の材料としては、銅、真鍮、青銅が使用されている事がわかった。
- 鋲 No.2005 は、金銅製ではなく、真鍮製であることがわかった。

考察

以上のことから、次のようなことが推察される。

① 織豊期の小柄は後世のように、長さ三寸二分（約 9.7cm）、幅四分五厘（約 1.4cm）前後に集約される状況にはなく、法量にばらつきがあり、製作技法の上においても、二枚合わせ成形の小柄でも小縁がないもの（No.13028・13029）が存在している。このことは、織豊期の小柄が、未だ明確な基準が存在しない過渡期のものであったことを示していると考えられる。

② 小柄 No.1995 は真鍮製の一枚折り返し合わせ成型である。伝世品では、真鍮製の小柄の作例は確認されておらず、真鍮を小柄の素材とすることはないとされてきた。しかし、今回の分析結果から、従来考えられていた以外の合金も刀装具の素材として用いられている可能性があることを示唆できる。

③ 目貫 No.2845 および、笄 No.13018 の地板の魚々子地は墨差しである可能性が考えられる。双方ともに、ほぼ順銅に近い数値を示しているだけでなく、伝世品の作例からかんがみても、その可能性は高いものと考えられる。

【参考文献】

「大坂城址Ⅱ」（(財)大阪府文化財センター　2002）
「大坂城跡Ⅲ」（(財)大阪府文化財センター　2005）
「日本の美術　137　刀剣」小笠原信夫（至文堂　1977）
「日本の美術　437　飾金具」久保智康（至文堂　2002）
「日本の美術　443　金工技術」村上隆（至文堂　2003）
「中・近世金属工芸品の製作技法と組成成分分析」『学叢』第 26 号
西山要一・久保智康（京都国立博物館　2004）

P-23

# 佐賀県反射炉由来の鉄鋼分析

○加藤将彦、小椋幸司、平井昭司、岡田往子、鈴木章悟（武蔵工業大学）
長野 暹（佐賀大学）

## 1．はじめに

江戸幕末期の嘉永３年（1850年）６月、佐賀藩（佐賀県）の鍋島直正公により築地の地に我が国最初の反射炉が建設され、その後、日本各地に反射炉が建設されるようになった。その背景として、鎖国令が敷かれている中で多くの外国船が我が国に来航し、国防政策の一環で鋼鉄製の大砲を製造する必要が生じた。反射炉は、不純物の多い銑鉄を高温(約1500～1600℃)にして溶解し、鋳造を行うものである。

本調査では、大砲の製造に関連付けられる鉄塊、鉄片や鉄錆片などを分析試料として、燃焼赤外線吸収法により鉄鋼の性質を特徴付ける炭素及び硫黄の定量、光学顕微鏡による金属学組織の観察、EPMA（電子プローブマイクロアナリシス）法による微小領域における元素存在量の分布、機器中性子放射化分析法（INAA）による多元素分析を行い、分析試料の特徴を評価することを目的とした。

## 2．分析試料

佐賀県内の反射炉が建造されていた場所あるいはその周辺より、反射炉により製造されたと思われる大砲に関連付けられる鉄関連資料を分析試料とした。表１に分析試料の一覧を示す。

表１　分析試料一覧

| 試料番号 | 試料の種類 | 採取場所 | 試料の重量(g) | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| SN-1 | 鉄塊 | 日新 | 234 | 黒色、着磁性強 |
| SN-2 | 小鉄滓塊（鉄粒を含む） | 多布施 SX04(N0.3トレンチ) | 9.7 | 黒色、着磁性弱 |
| SN-3 | 小鉄滓塊 | 多布施　廃棄土坑 | 5.5 | 灰色、着磁性強 |
| SN-4 | 錆鉄塊 | 多布施　柳町 | 229.1 | 黒褐色、着磁性弱 |
| SN-5 | 鉄棒片 | 多布施 | 87 | 表面錆化、内部健全な鉄 |
| SN-10 | 大砲鉄錆片（大） | 武雄 | 21 | 赤褐色、内部黒色、着磁性強 |
| SN-11 | 大砲鉄錆片 | 肥後 | 5.6 | 板状、黒色、着磁性強 |
| SN-13 | 鉄錆片 | 築地反射炉 | — | 黒色、着磁性なし |
| SN-14 | 小鉄滓塊（鉄錆粒を含む） | 築地反射炉 | 16.2 | 黒色滓に白色粒状物質が混在、着磁性なし、1～2cmの鉄錆粒を含有 |

各試料よりダイヤモンドカッターを用いて、燃焼赤外線吸収法のために約100mgを１点ずつ、光学顕微鏡及びEPMA法のために直径１インチに収まる大きさに１点ずつ、機器中性子放射化分析のために約50mgを２点ずつ切片採取した。

## 3．分析

### １）燃焼赤外線吸収法

堀場製作所㈱製 炭素･硫黄分析装置：EMIA-510 により炭素及び硫黄濃度の測定を行った。定量には予め濃度が認証された鉄鋼標準物質（JSS）を使用し、濃度補正曲線を作成し算出した。

### ２）光学顕微鏡観察

採取した試料をウッドメタル（Bi-Pb-Sn-Cd 合金：融点70℃）で埋め込み、硬化させ、研磨を行った。研磨後、金属試料は試料表面を３％ナイタル液（硝酸：エタノール＝3：100）でエッチング処理し、鉄滓や錆片試料についてはそのままの状態で顕微鏡観察を行った。観察はNikon EPIPHOT 300を使用し、倍率100倍で行った。

### ３）EPMA（電子プローブマイクロアナリシス）法

顕微鏡観察を終えた試料をEPMA分析のために、再度研磨を行った。研磨後、非導電体による帯電の影響を防ぐため、分析面にAuの蒸着を行った。装置は日本電子㈱製：JXA-8200を使用し、加速電圧：15kV、照射電流：$10^{-9}$～$10^{-6}$A（自動設定）の条件で測定を行った。

### ４）機器中性子放射化分析法（INAA）

中性子照射は、分析試料と比較標準試料とを日本原子力研究開発機構の研究用原子炉：JRR-4（熱出力100ｋW）の気送管(60秒)とTパイプ(６時間)により行った。放射化試料のγ線測定は、高純度Ge検出器と4096チャンネル波高分析器を用い、解析は本研究室で開発したGAMA03プログラムで行った。

## 4．結果及び考察

### 1）燃焼赤外線吸収法による炭素濃度の定量結果

図１に炭素濃度の定量結果を示す。鉄棒片である SN-5 は 4.7%、大砲の錆片である SN-10、11 は、それぞれ 2.6%、3.0%となっていた。

SN-10、11 の２試料は錆化しており、錆化前の濃度をそのまま残しているかどうか不明であるが、鉄の特徴を知ることができると思わる。これらの３試料は炭素濃度からいずれも鋳鉄に分類される鉄であることが分かった。

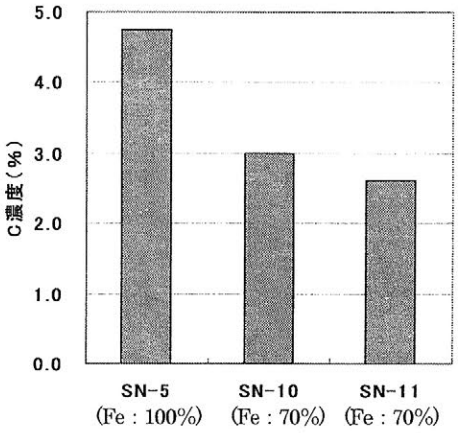



図１　炭素濃度の定量結果

### 2）金属組織観察結果

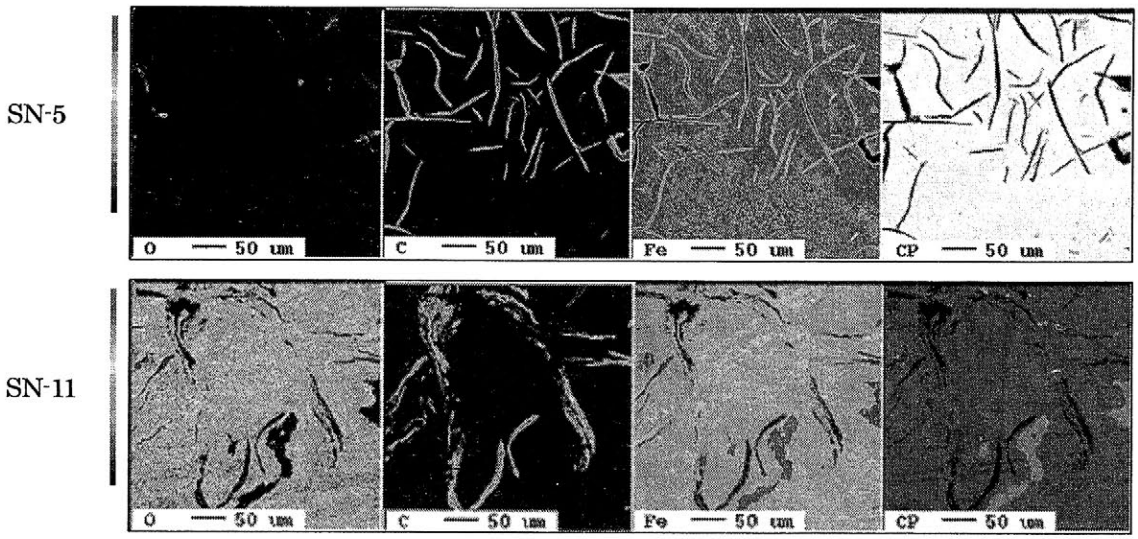



図２　ＥＰＭＡ解析像　（左からO、C、Fe、反射電子像）

図２に SN-5 と SN-11 の EPMA 解析像を示す。SN-5 には O の存在がほとんどなく、C は片状黒鉛であることから、ほぼ健全なネズミ鋳鉄であると判断できる。SN-11 は全体に分布している元素が Fe と O であることから、錆化している。また、C を示す太く長い片状黒鉛の存在が確認でき、ネズミ鋳鉄が錆化し、片状黒鉛が残存している様子が確認できた。片状黒鉛が残存していることから、錆化してもネズミ鋳鉄であったことが分かる。

### 3）中性子放射化分析（INAA）法による多元素の定量結果

表２に中性子放射化分析法による As と Sb 濃度とその濃度比を示す。鉄始発原料物質の産地推定に As/Sb 濃度比が有効であるが、分析した試料では SN-3 と SN-5 を除いてほとんど異なり、これらの試料の原料はほとんどが異なるものだと考えられる。SN-10 と SN-11 は、武雄と肥後の大砲の錆びた箇所であり、両試料の As/Sb 値を見ると明らかに異なり、他の多くの元素濃度も異なっていた。また、同一の試料から切り出した SN-14m（金属部）と SN-14s（滓部）の As/Sb 値は、前者が 38、後者が 32 とほぼ似た値となった。試料の性格が異なっても同一の始発原料物質であれば As/Sb 値は、両者で等しくなることを示している。

表２　As と Sb 濃度と濃度比　(ppm)

| 元素 | SN-3 | SN-5 | SN-10 | SN-11 | SN-14m | SN-14s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| As | 26 | 36 | 310 | 22 | 460 | 14 |
| Sb | 2 | 3.3 | 17 | 3.6 | 12 | 0.44 |
| As/Sb | 13 | 11 | 18 | 6 | 38 | 32 |

P-24

# 前近代大鍛冶工程の再現にむけた予備実験（2）

○齋藤努、坂本稔、伊達元成、高塚秀治（国立歴史民俗博物館）

## 1．はじめに

銑鉄の中の炭素を大幅に減少させて包丁鉄（軟鉄）を作る精錬技術である「大鍛冶」は、わずかに文献上の記録は残っているものの技術の伝承が途絶えており、現在ではその実態がよくわからなくなっている。われわれはその大鍛冶の再現にむけて検討を進めている。銑鉄からきわめて低炭素の鉄をつくることにはすでに成功し、昨年の本大会と「考古学と自然科学」第53号（2006）で報告した。

今回の実験の目的は、1）加熱時に銑鉄が一度に熔融せず「漸次熔融し氷柱状をなして滴下」（山田、1918）するための条件を定めることと、2）俵（1933）の記録にある、全操業時間の半分を費やして行う「予備加熱」の理由を明らかにすることである。これらの反応の詳細を明らかにするために、マッフル炉内でのテストピース加熱実験によって温度条件を定め、赤外線による熱画像を利用した非接触温度測定装置「Vario THERM head」（独 JENOPTIC 社）と送風量測定装置付のブロアを使用して炉内や原料各部の温度をリアルタイムで測温しつつ開放炉による実験を行った。実験に使用した原料はいずれも江戸時代の建築物の門に使用されていた肘金である。

## 2．テストピース加熱実験

立方体（1cm 角）にした銑鉄をマッフル炉の中で加熱（800℃、900℃、1000℃、1100℃、1150℃、1200℃で各 30 分および 60 分）し、試料断面の金属組織を観察した。原料の白銑は 900℃以上での加熱でねずみ銑に変化し、片状黒鉛が観察されるとともに、表面から脱炭が起こり、厚さ 0.2ー0.5mm の低炭素層ができた。また 1200℃では内部の銑鉄が熔融してこの層の局部から外に飛び出し、大きな空洞を形成していた。これらから、上記2）の「予備加熱」は、表面に融点の高い低炭素層を作ることによって、1）のような制御された熔融銑鉄の滴下がおこるようにするためのものではないかという仮説を立て、開放炉での実験でそれを検証してみることにした。

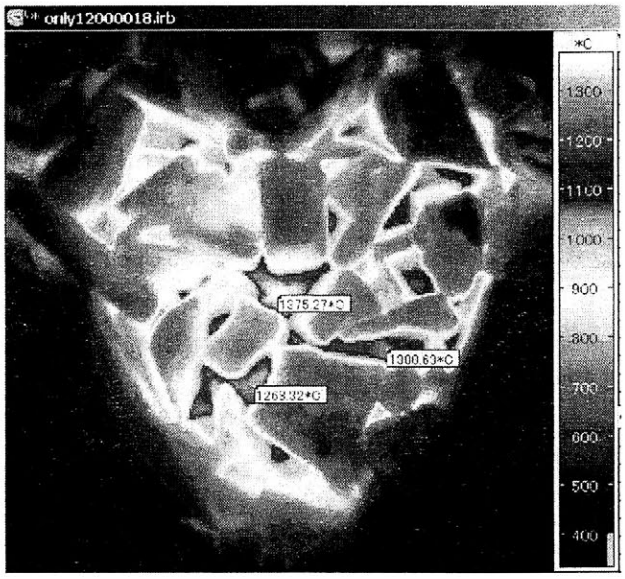
## 3．開放炉による実験

操業は宮城県在住の刀匠・法華三郎信房氏と法華三郎栄喜氏のご協力により、両氏の工房内で行った。前回の結果をふまえ、炉の形状は山田（1918）の報告にある開放型の炉を使用した。原料は切断した2片を上部が寄り掛かりあったアーチ状になるように羽口の前面に置き、風がその下を通り抜けるようにした。3回の操業を行い、いずれも合計 4ー5kg の原料と木炭 10kg を使用した。

1回目の操業と、炉底の形状を手直しして行った2回目の操業では、約 1000℃での「予備加熱」を 30 分行い、その後炉内温度を 1200℃に上昇させて脱炭反応を起こさせた。いずれの場合も、1200℃で銑鉄が原料内部で熔融し、液滴状になって落下する様子が観察され、低炭素層の皮膜が1）のような制御された熔融・滴下を行うのに有効であることは確認された。しかし、1200℃に温度を上げた後に 90 分以上もの加熱を行ったにもかかわらず、原料の外皮が融解せずに残り、内側の銑鉄部分が溶けすっぽりと抜け出して空洞ができたような状態となってしまった。

操業の様子（下）と
Vario THERM head による
温度測定画面（右、原図はカラー）






これらの操業結果をふまえ、3回目は温度の上昇を早め、1000℃に到達後7ー8分ほどで熔融の開始する温度まで上げた。熔融は銑鉄の溶ける温度である1150℃付近から始まり、熔けた銑鉄の滴下や火花が観察されるようになった。この温度を15分ほど保持していると滴下はしだいに鈍くなり、温度を上げなければ反応が進まなくなった。これは表面が脱炭し低炭素層の皮膜が生成したためと思われる。熔融-滴下-脱炭反応が定常的に起こるように温度を調整し、炉内の最高温度1300ー1375℃に保持したところ、約60分後に原料銑鉄のアーチ全体がすべて反応し終わった。

生成物については、1回目と2回目はわずかに炭素濃度が下がったものの、折り返し鍛錬をすることのできない銑鉄の範疇の鉄であった。また銑鉄が熔融し、羽口前面の最も送風量の多い場所を通って滴下した直後の生成物を回収して分析したところ、ほとんど脱炭は起きていなかった。

3回目の操業では十分な脱炭が行われ、最も炭素濃度の低いところで<0.1%、高いところでも0.7%程度と、参考文献の記録とほぼ同等の良好な生成物を得ることができた。

## 4．考察

今回の一連の実験の結果、以下のことがわかった。

まず、2）の「予備加熱」は当初の予想に反し、意図的に脱炭層を作るためのものとは考えにくい。次に考えられる可能性は、文献（山田、1918；俵、1933）に記録されている原料の重量がきわめて大きい（それぞれ白銑120ー400貫および0.319トン）ことから、原料全体に熱を行き渡らせるために必要な加熱時間なのではないかということである。その場合「予備加熱」の段階ではむしろ表面からの脱炭がおこりにくい温度にとどめる必要がある。また表面の低炭素層は意図的に作る必要はなく、温度上昇に伴ってきわめて薄い皮膜が自然に生成するものと考えられる。

次に、熔融した銑鉄の脱炭が起こる場所であるが、前回の実験によって想定された「滴下中」ではないことが明らかとなった。すなわち、滴下後、炉底に溜まって羽口からの風があたり続けることによって脱炭が起こると考えられ、それが効率的に行われるための炉底の形状と風向が必要であり、炉の構造がきわめて重要であることがわかった。

本研究は歴博基盤研究「歴史資料の材質・製作技法と生産地に関する調査研究」および科学研究費補助金特定領域（2）「分析化学的手法による銃砲技術史の相関研究」によって実施された。

P-25

# 徳島市下中筋遺跡から出土したガラス製勾玉の復元的研究

近藤　　玲（(財)徳島県埋蔵文化財センター）
植地　岳彦（(財)徳島県埋蔵文化財センター）
○魚島　純一（徳島県立博物館）

## 1．はじめに

2006年、(財)徳島県埋蔵文化財センターによる徳島市下中筋遺跡の発掘調査で、弥生時代中期後半のガラス製勾玉の破片が出土した。

このガラス製勾玉は、破損していること以外にも一見して完全品ではないことが明らかであり、そのため、製作技法を推測できる痕跡が見られたことから、出土後の早い段階からその製作技法に関してさまざまな推測がなされた。

(財)徳島県埋蔵文化財センターと徳島県立博物館は、共同でこのガラス製勾玉の調査、材質分析等を行い、製作技法を推定し、出土品と同様のガラス製勾玉を復元製作することを試みた。

## 2．遺跡とガラス製勾玉の概要

下中筋遺跡は、吉野川がつくりだした徳島平野の南方、眉山の南麓、園瀬川が流れる平地に位置する。遺跡の南方約700mには亀山型銅鐸7口を出土した星河内美田遺跡がある。

2006年4月1日～9月30日の間、徳島南環状道路改築に伴う埋蔵文化財発掘調査が行われ、弥生時代前期末から江戸時代（紀元前3世紀後半ー19 世紀）までの遺構・遺物が発見された。中でも弥生時代中期後半（紀元前1ー紀元後1世紀後半）の掘立柱建物跡1棟、竪穴住居跡12棟などが見つかり、当時の集落跡であることが判明した。

竪穴住居跡（SB3013）からは、これまでのところ四国最古に位置づけられる弥生時代中期後半（紀元前1世紀）のガラス製勾玉が出土した。勾玉は上下を欠損しており、残存長は1.55cm、幅0.75cm、厚さ0.35cmである。本来の長さは3cm程度であると推定される。色調は全体に青色で、一部に青緑がかった部分も見られる。表面には色調の異なる部分にほぼ一致して複数のヒビがある。一見して、いくつかの別個体であったものが不完全に融合したかのように見える。このことから、色調が異なる小さなガラス玉を原料とし鋳型に入れて加熱して製作したいわゆる溶融技法が用いられたものと推定される。

弥生時代中期のガラス製勾玉は、福岡県2遺跡16点、佐賀県1遺跡1点、岡山県3遺跡3点、京都府1遺跡1点、大阪府1遺跡1点が出土している。本遺跡で、9遺跡目（23点目）の出土例となる。

ガラス製勾玉が出土した竪穴住居跡（SB3013）は、直径4.4mの円形、深さ30cmである。炭化材や焼土が多量に出土したことから、火災によって焼失したために放棄されたものと考えられる。柱穴は9基あり、そのうちの1基からはヒノキの柱材も出土した。

別の竪穴住居跡（SB3002）からは、銅鏃が1点出土した。また、調査区からは、徳島県内では産出しないサヌカイトの剥片や石鏃も多量に出土している。

出土した遺物などから、下中筋遺跡は、青銅器、ガラス製品、石器、土器の流通と生産に大きくかかわっていることが明らかであり、徳島市南部の眉山南麓遺跡群の中心的な集落遺跡と位置づけることができる。

## ３．調査

肉眼での観察の他、マイクロスコープ（キーエンス製 VH-8000）による拡大観察および写真撮影を行った。

あわせて、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（テクノス製 TREX-630L）による定性分析を行い、色調が違って見えるガラス材料の成分上の違いについても検討を加えることを試みた。

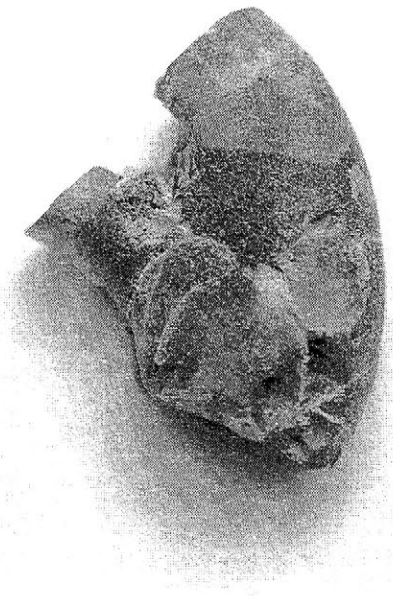
## ４．復元製作

調査の結果をもとに、溶融技法でのガラス製勾玉の復元製作を試みた。

下中筋遺跡から出土したガラス製勾玉は、鋳型を熱する際の温度が低すぎたために、ガラスが完全に溶けきっていない状態であることがわかった。

## 謝辞

遺物の整理作業中で、発掘調査報告書も未刊行である資料の調査および報告について快諾いただいた徳島県立埋蔵文化財総合センターに心から感謝いたします。



**徳島市下中筋遺跡出土ガラス製勾玉**
（徳島県立埋蔵文化財総合センター蔵・提供）

P-26

# 近世遺跡出土ガラス製品の自然科学的研究

○新免 歳靖[1)]・木下 正史[2)]・永嶋 正春[1・3)]
1）総合研究大学院大学・2）東京学芸大学・3）国立歴史民俗博物館

## 1．はじめに

日本の近世ガラスは、主原料に金属鉛(Pb)、アルカリ原料の硝石($KNO_3$)、ケイ酸原料の石粉($SiO_2$)を用いたカリ鉛ガラスである。中国の宋代に開発された技法が、近世初頭に長崎へ伝わったとされる。近年、近世遺跡の発掘調査の増加に伴い、近世ガラス製品の出土が多数報告されている。さらに、出土近世ガラスの材質や着色剤の特定を目的とした理化学分析も行われている(二宮他 1998 など)。一方、近世ガラス研究では、棚橋淳二氏によって文献資料や伝世品を用いた多数の技術史研究の成果がある。文献に記載された原料の調合比などをもとに、近世ガラス技術の伝播について検討がなされている(棚橋 1983)。しかし、この成果は、出土近世ガラスの自然科学分析には充分に生かされておらず、技術的な側面での検討はほとんど行われていない。

出土近世ガラスの自然科学分析にあたっては、共伴遺物から年代決定が可能で、安価な普及品が多い(比較的短期間で廃棄される)といった出土資料の特性を活かし、分析データと文献・伝世品研究とすり合わせることが重要である。それによって実態が不明瞭な近世ガラスの製作年代・生産地などの基礎情報が明らかになると考えられる。そこで本研究では、近世におけるガラス生産の変遷と実態解明に向けた基礎研究として、蛍光X線分析法を用い出土近世ガラスの主成分元素組成を求め、文献に記載されている原料調合比との比較を行った。

## 2．資料・分析方法

分析資料には、高松藩江戸下屋敷跡(東京都文京区，東京学芸大学附属竹早中学校校地内遺跡)から出土した近世ガラス製品を用いた。本遺跡では、17 世紀後半ないし 18 世紀初頭から遺物が見られ、19 世紀後半まで継続して遺物・遺構が確認されている(東京学芸大学 1997)。ガラス製品は、日本製・中国製・西欧製と推定される資料が 100 点以上出土している。今回は、日本産ガラスの中で最も点数が多い簪・笄などの棒状ガラスを対象とし、12 遺構から出土した 55 点を分析に供した。

元素分析には、微小部エネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA5120S(SII・ナノテクノロジー社製)を使用した。分析条件は、管電圧:15・45kV(マルチ分析)、電流:8～150μA、コリメーター径: 1.8mmφ、試料室雰囲気:真空、測定時間:180 秒×2 回である。カリ鉛ガラスの主成分3元素(Si・K・Pb)を、標準試料(英国ガラス技術協会標準ガラス試料)を用いたFP法によって定量分析し、酸化物の形で示した。近世ガラスには、3元素以外に不純物や着色剤として Fe・Al・Na・Cu・Mn・Zn・Sn・Sb・Ba などを微量に含んでいるが、本研究では3原料の調合に注目し、微量元素の定量は行わなかった。また、資料の正確な元素組成を明らかにするために、グラインダーで測定箇所の風化物を除去し、新鮮面の分析を行った。分析値と文献から計算された値を総合的に比較・分類を目的として、3元素($SiO_2$・PbO・$K_2O$)の存在量を変量とするクラスター分析を行った。分析には多変量解析ソフト SPSS14.0(SPSS 社製)を使用した。 距離尺度には標準化ユークリッド平方距離、分類手法には Ward 法を選択し、Z 得点で値の標準化を行った。

## 3．分析結果・考察

棚橋淳二氏は『金剛硝子製造法』(天保三年附言)、『日本ガラス工業史』(昭和二十五年)など近世や近代の複数の文献に記載されている調合法や、山崎一雄氏らによる化学分析データから 27 種類の調合比を復元した(棚橋 1983)。金属鉛の量を「1000」と基準にし、石粉と硝石の量を示している。

文献に見られる調合比が出土資料の分析値とどのような関係にあるのかを明らかにするために、

上記の調合比をもとにした計算値と蛍光X線分析による$PbO$・$SiO_2$・$K_2O$の3元素の存在量とをクラスター分析に供した。その結果、A～Dの4グループに分類され、AグループとDグループはさらに2グループに細分された（表1）。

Aグループの内、A1に分類された資料は23点であった。蛍光X線分析による平均値は$PbO$ 52%、$SiO_2$ 39%、$K_2O$ 9%である。この値は3原料の調合比が「鉛1000－石粉800－硝石350～420」の場合の計算値ときわめてよい一致を示し、本調合比で製作された可能性が高いと考えられる。A2の10点は、平均値が$PbO$ 55%、$SiO_2$ 37%、$K_2O$ 8%となり、調合比「鉛1000－石粉700～750－硝石350」と整合的な結果となった。Bグループの6点は、平均値が$PbO$ 50%、$SiO_2$ 42%、$K_2O$ 8%となり、調合比「鉛1000－石粉900～1000－硝石300～400」と整合的な結果となった。Cグループの8点は、平均値が$PbO$ 44%、$SiO_2$ 44%、$K_2O$ 12%となり、調合比「鉛1000－石粉1000～1100－硝石500～600」と整合的な結果となった。Dグループは、調合比とは一致しないガラスである。D1は分析値のばらつきが小さく、類似した組成を示している。そのため、文献に記されていない調合法によって製造されたガラスの可能性がある。D2は分析値のばらつきが大きい。また、全体的に鉛の量が低く、石粉・硝石の存在量が高い傾向にある。鉛は溶融する際に溶けずに残る場合があり、その滓を除去する作業が行われる。そのような製造時の影響によって鉛の量が低くなり、相対的に他の原料の存在量が高くなった可能性がある。

棚橋氏によると、当初は3原料が等量に調合されていたが、安定化のために硝石が減らされ、さらに溶融温度の関係で石粉が減らされる方向に向かったと考えられている。その点を考慮すると、C→B→Aグループの順で製作された可能性が考えられる。今後、このデータをもとに共伴遺物の年代、資料の型式、色調、微量元素（Ba、Ag、Sbなど）との比較を行うことで、年代的な変遷や生産地に関する検討を加えていきたい。

**参考文献**


東京学芸大学『讃岐高松藩・陸奥守山藩下屋敷跡　東京学芸大学附属竹早中学校校地内遺跡発掘調査概報』1997

棚橋淳二「江戸時代におけるガラス技術の変遷と伝播『松蔭女子学院大学・短期大学』第二十五号 1983

二宮修治・今野春樹・中村瑞絵「千駄ヶ谷五丁目遺跡2次調査出土のガラス及び焼継ぎ材の理化学的分析について」『千駄ヶ谷五丁目遺跡2次調査報告書』千駄ヶ谷五丁目遺跡調査会 1998


表1　原料調合比および元素組成　＊上段は棚橋(1983)より抜粋、下段(網かけ)は本研究の分析の平均値

| No. | 原料調合比 | | | 元素組成(%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 鉛 | 石粉 | 硝石 | 種類 | PbO | $SiO_2$ | $K_2O$ |
| A1 | 1000 | 800 | 350～420 | 計算値 | 52.0～52.8 | 38.6～39.2 | 8.0～9.4 |
| | | | | 平均値(n=23) | 52 | 39 | 9 |
| A2 | 1000 | 700～750 | 350 | 計算値 | 54.1～55.5 | 36.1～37.7 | 8.2～8.4 |
| | | | | 平均値(n=10) | 55 | 37 | 8 |
| B | 1000 | 900～1000 | 300～400 | 計算値 | 48.1～49.8 | 41.6～44.6 | 7.3～8.6 |
| | | | | 平均値(n=6) | 50 | 42 | 8 |
| C | 1000 | 1000～1100 | 500～600 | 計算値 | 43.8～46.6 | 42.4～44.8 | 10.1～11.9 |
| | | | | 平均値(n=8) | 44 | 44 | 12 |
| D1 | — | — | — | 計算値 | — | — | — |
| | | | | 平均値(n=4) | 47 | 39 | 14 |
| D2 | — | — | — | 計算値 | — | — | — |
| | | | | 平均値(n=5) | 37 | 49 | 14 |

P-27

# イランにおける紀元前２千年紀から９･10 世紀の陶器釉薬の分析科学的研究

新免歳靖[1)]・佐藤香子[2)]・松崎広子[2)]・伊東聡[2)]・岡野智彦[3)]・足立拓朗[3)]・○二宮修治[2)]
1）総合研究大学院大学，2）東京学芸大学，3）中近東文化センター附属博物館

## １．概要

中近東文化センター(東京都三鷹市)では、３ヵ年計画でペルシア陶器展が行われる。本研究では、その企画展に対応して、ペルシア陶器の網羅な分析を行うものである。本年度は、完形・破片資料の化学分析として、前期ペルシア陶器までの釉薬を対象とし、材質(検出元素)が異なる年代・地域の資料間でどのような違いがあるのか基礎調査を行った。具体的な課題を列挙する。

①緑釉：イラン･メソポタミヤの東部と西部の緑釉の比較、中国ローマの緑釉との比較を行なう。
②アルカリ釉薬：ジヴィエ・パルティア・ササーン朝・イスラーム前期陶器の比較を行なう。
③白釉：白濁化の原因を特定する。ラスター彩陶器と白釉藍彩陶器などの白釉の比較を行う。
④コバルト釉：着色剤・微量元素を検討する。

個々の課題については、結果の解析を進行中であり、今回は全体的な傾向の報告を行なう。

## ２．ポータブルエネルギー分散型蛍光X線分析を用いた完形・復元資料の定性分析

**2-1. 分析資料・条件**　ポータブルエネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA200(SII・ナノテクノロジー社製)を中近東文化センターに持ち込み、完形資料・復元資料の非破壊その場分析(定性分析)を行った。分析条件は、管電圧:50kV、管電流:20μA、コリメータ径:5mmφ、測定時間:120 秒間、測定雰囲気:大気である。

**2-2. 釉薬の分類**　分析資料は、定性分析による検出元素の種類とX線強度からアルカリ釉薬・鉛釉薬・アルカリ鉛釉薬の３種類に分類した（表１）。今回は釉薬の塩基性成分であるK・Ca のX線強度が大きい資料をアルカリ釉薬とした。ガラスや釉薬ではNa・K(アルカリ金属元素)が溶融剤として働くため、両元素の存在量からアルカリ釉薬の判別を行うべきである。しかし、大気雰囲気下で測定を行う本装置ではNaの検出ができないため、K・CaのX線強度から判別した。また、Caが多量に含まれる釉薬は石灰釉(陶芸用語における石灰釉という意味ではなく、Ca 分を多く含む釉薬という意味)と表記することも考えたが、分析機器の性能や表記の煩雑さを加味し、今回はアルカリ釉薬の中に含めることとした。Pb はほぼ全ての資料から検出された。その中でもX線強度が低く、Pbの存在量が不純物程度と判断した資料はアルカリ釉薬とした。

**2-3. 釉薬の色と着色剤**　検出元素の中から、釉薬の着色剤と考えられる元素をまとめた。

白色釉薬：陶磁器を白く見せる方法として、釉薬自体を白濁化する方法と、下地に白色スリップを施しその上に透明釉薬をかける方法がある。後者は、厳密な意味では白色釉薬ではないが、白色というカテゴリーで分析を行った。前者の釉薬を白濁化する方法は、釉薬中の気泡や長石、Snなどの微粒子により光の乱反射を起こし、白色化する方法である。今回の分析では、ラスター彩釉薬・白釉藍彩陶器において、Snのピークが見られたことから、Snよる白濁化がなされたと考えられる。

黄色釉薬：Fe・Sb・Crが検出された。全体的にFe着色と考えられる資料が多い。Sbが検出された資料は、X線強度値が微量でかつFeが検出されているため、どの程度着色剤として機能しているかは不明である。Crは明るく透明度の高い釉薬に見られた。一般的には緑釉薬の着色元素としては知られているが、黄色釉薬からの検出例は珍しい。ファイアンス(素地が緑色釉薬、文様が黄色釉薬)に使用された黄色釉薬からはPb(数%程度の少量と予想される)が検出された。素地の緑色釉薬と比較すると明らかにX線強度が大きく、何らかの意図を持って加えられていると考えられる。

コバルト色釉薬：Coによる着色であった。同時にMnが検出された資料も存在した。ペルシア陶器のコバルト原料にはcobaltite（輝コバルト鉱：CoAsS）などが使用されたとされるため、Asの有

無に注目したが、Pb のピークと重なり判別が難しかった。コバルト色釉薬の中には Zn と正の相関がある資料があり、原料物質に由来する可能性がある。

緑色釉薬:Cu による着色であった。ただし、緑色釉薬は時代や地域によって色味が異なっている。これは不純物として含まれる鉄分や、釉薬の基質(アルカリ釉薬か鉛釉薬かなど)に応じて変化していると考えられる。

紫色釉薬:Mn による着色であった。

## 3. 微小部エネルギー分散型蛍光X線分析装置を用いた破片資料の定量分析

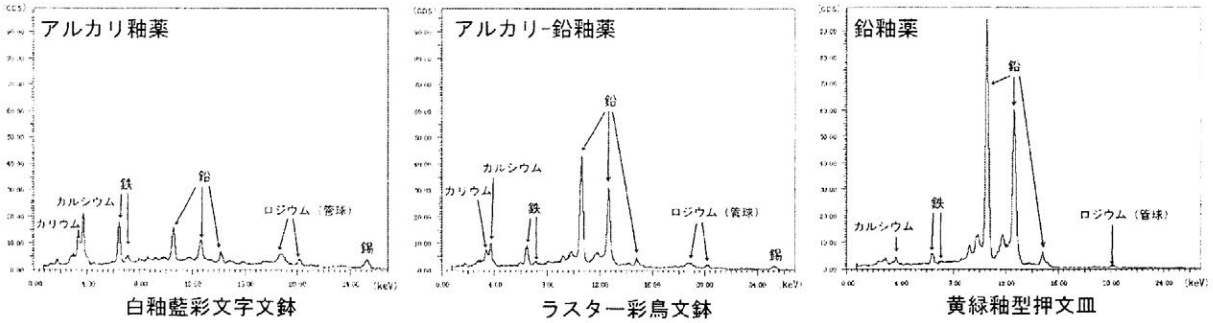
**3-1. 分析資料・条件** 中近東文化センターが所蔵する破片資料 22 点(No.1～22)の分析を実施した。分析資料はラスター彩白釉陶器(No.2・3・6・8・9・10)・緑釉陶器(No.1・4・7・11)・ラスター彩コバルト釉陶器(No.5・12～22)である。微小部エネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA5120S (SII・ナノテクノロジー社製) を用い、主成分 9 元素、金属元素・微量成分 8 元素の計 17 元素の定量分析(本装置内蔵のプログラムによる FP 方式の半定量分析)を行った。分析条件は、管電圧:15・45kV(マルチ分析)、管電流:8～150μA、コリメータ径:1.8mmφ、試料室雰囲気:真空、測定時間:180 秒×2 回である。

**3-2. 定量分析結果** ラスター彩白釉陶器釉薬 6 点は Pb とアルカリ元素を含むアルカリ鉛釉薬であった。10 世紀代の資料は 3～8%と低い PbO 含有量であるのに対し、12 世紀代の資料は 12～26%と高い PbO 含有量を示した。また Sn が検出されたため、Sn による白濁化と判断できる。$SnO_2$ の含有量は 10 世紀代の資料は低く、12 世紀代の資料は高い傾向がある。これは過去の分析例とも整合的な結果である。緑釉陶器 5 点(No.11 は多彩釉陶器)は、PbO:20%以上含む鉛釉薬、PbO を含まないアルカリ釉薬、両者を含むアルカリ鉛釉薬に分類した。No.7 は外面と内面に施された釉薬成分に違いが見られた。外面が PbO:15%、$SnO_2$:34%の乳濁釉薬であるのに対し、内面は PbO:約 4%、$SnO_2$:1%未満の透明釉薬であった。ラスター彩コバルト釉陶器 12 点のうち、No.21 を除く 11 点がアルカリ釉薬であった。大半の資料が PbO:1%未満で、着色剤として 0.3%程度の $Co_2O_3$ を含んでいた。この中で As を含む資料は No.19 のみであった。No.21 は鉛系釉薬で、Co を含まない銅着色であった。

## 4. 今後の課題

今回は、2 種類の蛍光X線分析装置を使用したが、機器により特性が異なる。可搬型 SEA200 は大型資料の大気雰囲気条件のみの測定であり、軽元素が検出され難い。一方、設置型 SEA5120S は測定可能な元素の種類が多いが、試料室に入る大きさの資料に制約される。いかにして両者の分析データの整合性をはかるかが今後の課題となる。また、定量化の問題もある。釉薬の分類には、成分元素(アルカリ成分と鉛など)の割合を重量%濃度で表示する必要がある。過去に国内外で行われたペルシア陶器の分析データとの比較を行う上でも重要である。蛍光X分析装置では定量分析法の検討が急務であり、標準試料などを用いて分析値の精確さと精度を向上させる必要がある。

図1. ペルシア陶器釉薬の蛍光X線スペクトル



P-28

# エジプトギザ GPMP 出土遺物についての考古化学的研究
## — 古王国時代のファイアンス、土器などについて

○山花京子*, K.タンタラカーン**, 田代哲也**, 阿部善也**, 中井 泉**
(*東海大学、**東京理科大学理学部)

【はじめに】 ギザ・マッピング・プロジェクト(隊長:マーク・レーナー博士)が現在発掘調査している場所は、ギザ台地のスフィンクスとメンカウラー王の河岸神殿の南東側にある。発掘区は約 10 ヘクタールにわたり、区内からは王宮と考えられる場所や、労働者あるいは衛兵の宿舎、土器や石器などの工房跡がいくつかの層序を構成している。土器編年により、調査区全体は古王国時代第 4 王朝カフラー王からメンカウラー王にいたる約 35 年間のものと推定されている。したがって、今回我々が行った分析調査もほとんどすべてこの狭い時代幅に属するものであり、特にファイアンス製作にかかわる遺物は、現在発見されているなかで最古のファイアンス製作の証拠と考えられる。

ファイアンスとは、ガラスの原材料と同じ石英粉・石灰粉・アルカリと、着色剤である銅粉を混ぜ合わせ、練り粉状にした後に土器と同じ要領で成形・焼成することによって得られる、ガラス質の釉をもつ「やきもの」のことである。ファイアンスは紀元前約 4500 年頃にメソポタミアとエジプトに現れ、次第にオリエント全域に広がり、ローマ時代には南ヨーロッパから中国にまで伝播した。4000 年以上の歴史を持つファイアンスだが、現在ではその製法が残されている地域はほとんどない。したがって、古代においてファイアンスがどのような焼成窯を使い、どのように製作されたかは謎である。この謎を解くにはファイアンス工房の発掘調査が必要だが、現在までにエジプト全時代の歴史を通しても、ファイアンス工房が出土している例は少ない。さらに、これらの工房の発掘調査は 20 世紀初頭に行われたため、現在十分な報告書さえ残されていない。

ギザ台地の発掘調査(GPMP プロジェクト)は 1988 年から行われ、1991 年には重機で破壊されてしまった区画 (現 EOG)の清掃調査を行った。その調査の過程でファイアンス製作に関連すると考えられる粉砕された石英の小石、盤、ファイアンス製品の破片、釉と思われるガラス質の物質、銅鉱石などが発見された。

【測定と資料】 分析調査は平成 18 年 12 月に行った。EOG と呼ばれるファイアンス関連遺物が多く発見された場所と、全発掘区から発見されたファイアンスとその関連遺物を分析した。型式分類は山花が行い、科学的な分析は東京理科大学の中井研究室が担当した。分析装置に関しては、ポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA II と、(株)X 線技術研究所製 ポータブル粉末 X 線回折装置を持ち込み、測定は大気下で行った。測定した試料はファイアンス 44 点とファイアンス製作に関係すると思われる土器 5 点である。

【結果と考察】 科学的分析の結果により、現在最古のファイアンス製作工房で、ファイアンスがどのように焼成されていたのかを解明する手がかりがつかめた。土器にプラスター様の物質を貼った土器盤からはファイアンスを焼成した際に付着したと推定される銅元素が検出された。さらに、ファイアンス製品を焼成中に焼成容器(エゴロ)と付着させないために使用したと考えられる平たい棒状の物質(ハマ)からも釉成分が検出され、これらが明らかにファイアンス製作と関連するもので

あることがわかった。ファイアンスの分析結果の一例として、資料とその白色X線励起による蛍光X線スペクトルをFig.1 に示す。ファイアンスの原材料である石英粉と石灰粉に多く含まれているケイ素(Si)、カルシウム(Ca)やその不純物と考えられるチタン(Ti)、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、ストロンチウム(Sr)が検出された。また、表面のガラス化(釉)に関係するカリウム(K)そしてファイアンスの緑白色、青白色の起源と考えられる銅(Cu)が最も強いピークとして検出された。さらに、何点かのファイアンスの表面に黒色に見える直線紋にはマンガン(Mn)が検出され着色剤に使われていると考えられる。時代的に分析結果をみると、緑白色または青白色の末期王朝時代のファイアンスの表面に明らかに鉛のピークが検出されている。鉛については、古王国時代のファイアンスからも検出されており今後詳細な特性化を行う予定である。

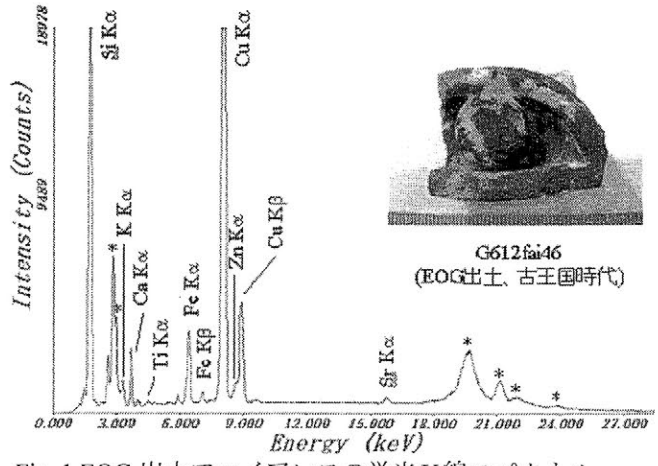



Fig. 1 EOG 出土ファイアンスの蛍光X線スペクトル

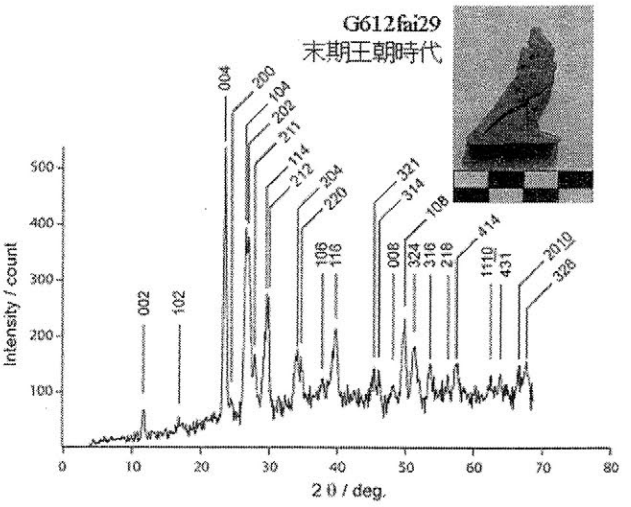



Fig. 2 ホルスアミュレットの粉末X線回折パターン

一方、型式分類の結果、この調査区から出土したタイルとして建築装飾に使われた象嵌タイルが多く出土していることがわかった。ファイアンスは青緑色がもっとも多いのだが、出土したタイルは通常の銅による青緑色と、マンガンによる黒紫色が混在している例が多く見られた。このような色づけは類例がなく、意図的に暗色を選んだ目的も不明である。また、EOG より出土したファイアンス片には完形のものがなく、同じサイズのものがほとんどないため、建築装飾として使われていたものが一括廃棄されたというよりも、製作過程で反故になったものが廃棄された可能性が高い。小容器片も同じくマンガンの彩色が施されており、同時代には類例がない。

ポータブル粉末回折装置による出土遺物の非破壊分析例として、ギザの遺跡から出土した末期王朝時代の青色のハヤブサ神護符のホルスアミュレットの粉末回折パターンをFig.2 に示す。アミュレットの原材はファイアンスではなくエジプシャン・ブルー:鉱物名 cuprorivaite($CaCuSi_4O_{10}$)と呼ばれるものから作られていたことがはっきりと同定できた。さらに分析した遺物からは、エジプシャン・ブルーや赤色ビーズなどの古王国時代の発見としては非常に希少な遺物も発見された。

以上のように、古王国時代の遺跡から出土する遺物を科学的に、そして型式学的に分析することによって、最古のファイアンス製作工房と、そこで製作されたファイアンスを体系的に整理することが可能になった。

P-29

# バクトリア遺宝の科学的調査 ―奉納板の蛍光X線分析―

○ 桑原 康郎 MIHO MUSEUM

## 1．はじめに

MIHO MUSEUM所蔵のバクトリア遺宝は、アムダリア流域のタフティサンギンを発掘したI・ピチキアン氏により、紀元前250年に成立し紀元前150年頃滅んだとされる、バクトリア王国に関連し、大英博物館のオクサス遺宝と並ぶものとして位置づけられた[1]一連の作品群である。しかし、このバクトリア遺宝がどこで発見されどういう経路をたどったのか、信頼できる情報はなく、これらは考古学上でその正しい位置づけを得ることは今のところ不可能である。そこで、現在MIHO MUSEUMでは、アムダリア流域の考古調査とこの遺宝の徹底的な調査という両面から遺宝の歴史的地理的位置づけを試みようとしている。具体的にはタジキスタン南部のタフティサンギン遺跡発掘調査への援助と、バクトリア遺宝の美術史的また科学的な調査である。

本発表は、この遺宝のうち神殿への奉納物と考えられる金製の奉納板について、蛍光X線による成分分析を行った結果である。この奉納板は図録[2]に記載のものだけで371点（作品番号64～96）にのぼり、コレクションの大きな部分を占めている。今回は、組成比の違いによってそれらが分類できるかどうか、またオクサス遺宝との関連性を検討した。

## 2．蛍光X線分析

バクトリア遺宝の奉納板371枚の内、人物や動物が描かれていると分類される215枚を分析した。分析は、奈良大学文学部保存科学研究室の西山要一教授の協力により、同研究室所有のEDAX社製EAGLE XXL エネルギー分散型蛍光X線分析装置を用いて行った。X線源はクロムターゲットであり測定電圧は30KVとした。

今回分析した奉納板の表面には薄い腐食層が見られたので、分析にあたりこれを除去するべきかどうかの検討が行われた。そして、除去した場合としない場合を予備的に分析した結果、特に金含有量と銀含有量が大きく変わる資料があることがわかった。これは、資料が土の中などに埋まっている間に、銀や銅といった腐食しやすい成分が溶出したことによると考えられる[3]。そのため、資料裏側、分析部分の腐食した表層をメスにより除去し、さらにアセトンで拭取ってから分析を行うこととした。

分析はクリーニングした表面上で2箇所ずつ行い、その結果を平均してそれぞれ分析値とした。また、定量分析は、分析資料と標準資料の表面状態を合わせる事が難しく、標準資料から得られた検量線を使用することが困難であると判断されたため、ファンダメンタル・パラメータ法（FP法）[4]を用いて行った。

## 3．結果と考察

図1は、金(Au)・銀(Ag)・銅(Cu)の三成分の測定結果を示している。そして、同時に大英博物館所蔵のオクサス遺宝に含まれる同様の形状をした奉納板の分析値[5]もプロットしている。これを見ると、オクサス遺宝が金85%以上銅8%以下の領域に集まっているのに対し、バクトリア遺宝にはこの領域のものは少なく、金85%以下銅12%以下の領域に、特定の組成比に集まることなく広範囲に広がっている。

ここで注意しなければならないのは、双方の分析条件の違いである。それは、オクサス遺宝が表面の腐食層を取らずに分析し、定量分析には標準試料を参照しているのに対し、バクトリア遺宝では、腐食層を取り除いて分析し、定量には標準試料を使わないFP法を使っている点である。

また、バクトリア遺宝では、表面の腐食層の有無により、特に金の分析値に大きな違いが生じた。腐食層を取り除くことにより、金分析値は+3%～−15%も変化し、その変化量は、金含有量が低いほど大きくなる傾向が見られた。金含有量が90%以下では変化量はマイナスとなり、腐食層表面の金含有量

は地金よりも高くなっているのである[3]。

大英博物館のオクサス遺宝にも予想されるその変化量を考慮しても、オクサス遺宝はバクトリア遺宝より成分分布の範囲が狭く、バクトリア遺宝にはあまり見られない金含量の多い奉納板が多い。

次にバクトリア遺宝のうちその形状や描かれている図柄が似ているものについて比較をしてみる。図2はその作行が似ている作品番号67-aから67-dを、図3は同様に作品番号76-aから76-cのイラストを示している。67-aからdに描かれる人物は、メディア風の服を着用し帽子をかぶる点や、片手にバルサムと呼ばれる儀式用の小枝の束を持ち、もう片方には花の様なものを持っている点（左右逆の場合があるが）、また鼻が高くカールした頭髪、奉納板の形状や尾のようなものがある点などその作行は大変似ており、同じ職人や工房などで作製された事が想像される。しかし、金銀銅の組成比から見ると同じ原料から作られているとは言えない。

また、76-aからcは地金を人物の形に切り抜き、その目やベルトなどを鏨彫りで表す点が共通しており、特にbとcは酷似している。この3点についてはI・ピチキアン氏が同じ職人か同時代の近しい職人の手によるものである可能性を示唆している。これらの組成比を見ると金と銀の比率には差があるものの、銅の量が1%以下と低くなっている。

一般に銅が2%以下のものは、自然界より得られるいわゆる山金や砂金がそのまま使用されていると考えられている[6]。この3点はこうした原料を使用している点で共通しており、ピチキアン氏の説を起想させる。同様に考えると前述の67の4点は、何らかの人為的な合金が使用されているといえる。

## 4．まとめ

今回、奉納板についてその基本データとなる成分分析を行い、オクサス遺宝との成分比の違いが認められた。また、特定の組成での分類はできないようであるが、類似の奉納板のグループで、天然産出の金や人為的な合金が共通して使用されていることが分かり、形状や図像からの推測と関連して興味深い情報を与えてくれた。

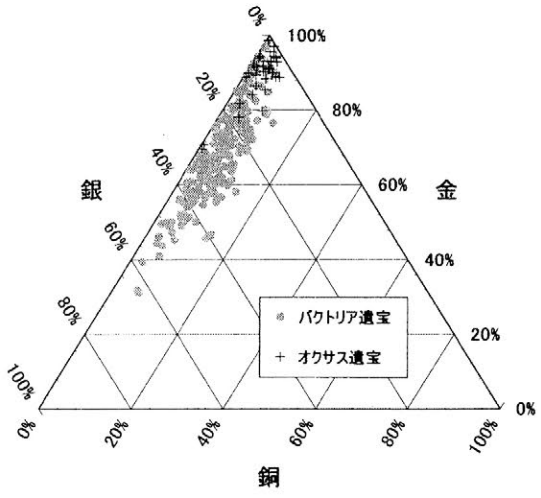


図1．バクトリア遺宝とオクサス遺宝の成分比較

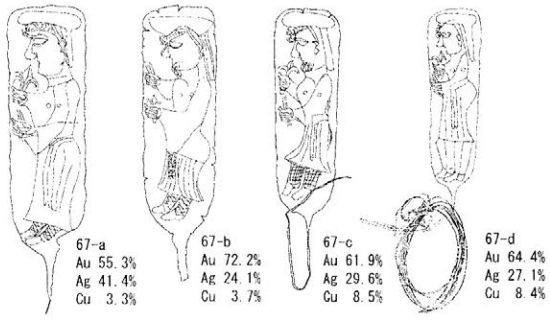


図2．奉納板･作品番号67 aからd

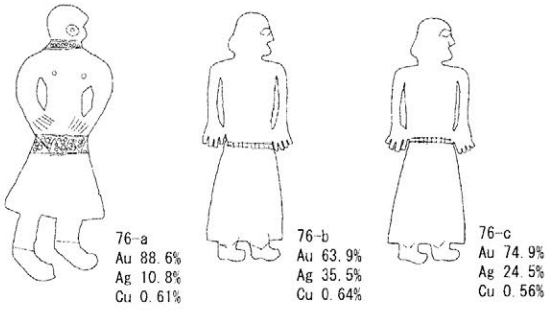


図3．奉納板･作品番号76 aからc

(1) Pichikyan, I.R., Rebirth of the Oxus Treasure : second part of the Oxus Treasure from the Miho Museum collection, *Ancient Civilizations from Scythia to Siberia* 4 (4), 306-383, 1997.

(2)『古代バクトリア遺宝』展覧会図録, MIHO MUSEUM, 2002.

(3) MIHO MUSEUM 研究紀要 vol. 6, 93-104, 秀明文化財団, 2006.

(4) サンプルを構成する元素とその組成がわかれば、それぞれの蛍光X線の強度を理論的に計算できることを利用して、未知試料の蛍光X線強度から組成を推定する理論演算法。

(5) John Curtis and Ann Searight with an appendix by M. R. Cowell, The gold plaques of the Oxus Treasure: manufacture, decoration and meaning, appendix: Analysis of gold plaques from the Oxus Treasure, *Culture through Objects Ancient Near Eastern Studies in Honour of P. R. S. Moorey*, 219-247, Griffith Institute Oxford, 2003.

(6) Christiane Eluere, Alloying and Refining: A Critical Step, *Secrets of Ancient Gold*, 109-134, Editions Trio, 1989.

P-30

# カマン・カレホユック遺跡出土の青銅器時代の赤色土器についての化学的考察

○ 黄 嵩凱、中井 泉(東理大・理)

## 1. はじめに

カマン・カレホユック遺跡はトルコ共和国の首都アンカラの南東の中央アナトリアにあり、クルシェヒル市から北約 50Km のところにある。同遺跡では、1985 年から予備調査、1986 年から発掘調査が開始され（大村幸弘隊長）、都市の住居遺構は昨年までに四層の文化層が確認された。上層から順番に、第 I 層オトマン時代(14～17 世紀)、第 II 層鉄器時代(紀元前 12～4 世紀)、第III層中. 後期青銅器時代(紀元前 20～-12 世紀)、第IV層前期青銅器時代後半(紀元前 3 千年紀)である。

同遺跡において、IV 層と III 層からは表面が胎土よりも鮮やかな赤色を呈する赤色土器が出土する。この鮮やかな赤色は化粧土（スリップ）が塗布されたためと考えられる。土器の成型法には大きく分けて手づくね法と轆轤（ろくろ）法があり、IV 層から出土する土器は手づくね法で製作された土器であり、一方、III 層から出土する土器の多くは轆轤で成型をしていたと報告されている[1)]。このように IV 層から III 層へは轆轤の導入・普及が認められることから、胎土に用いていた粘土や器面調整法などの製作技法も変化している可能性がある。この IV 層から III 層へ変化する時期はちょうどチグリス・ユーフラテス河に沿って、四大文明の一つであるメソポタミア文明がアッシリア商人の流入と共に中央アナトリアへ入って来た時期である。アッシリア商人たちはアナトリアに住んでいるヒッタイト民族よりも高度の文明をもち、ヒッタイト人は彼らと交易することによって、彼らの文化を吸収したと言われている。土器に関しても、轆轤の普及した時期はアッシリア商人たちが中央アナトリアに植民地を作った時期と考えられている[2)]。

土器の胎土については当研究室の松永らによって先行研究が行われており、III 層と IV 層から出土する土器には組成の違いがあることが明らかになっている[3)]。しかし、赤色土器の表面にある化粧土や器面調整などの製作技法について、IV 層と III 層の比較研究はこれまでなされてない。そこで、本研究では IV 層と III 層の土器の表面に塗布されている化粧土（スリップ）に着目し、その特性化と土器の焼成温度の推定を行った。

## 2. 試料と実験

試料は、IV 層の明褐色、赤橙色と赤色器表面を持つ土器 7 点、III 層の赤色器表面を持つ土器 8 点を用いた。IV 層、III 層の赤色土器の共通する特徴は酸化焼成という点で、その結果、器表面はどちらも赤色系の色を呈している。しかし、IV 層の土器の多くは野焼きであり、土器の表面には黒い斑が見られ、表面に塗布された化粧土の色も赤より、明褐色または橙色の方が多い。III 層になると、土器の表面には IV 層よりも濃い赤色を呈し、より生地の良い化粧土に変わる。このように、IV 層から III 層へ、化粧土の材質的な違いや、古代の陶工が素地粘土を選んだ理由、素地粘土の精製等に関する情報を得るため、化粧土に着目して以下の分析を行った。

赤色土器の表面に塗布された化粧土の分析は、化粧土中の結晶性物質の同定を粉末 X 線回折法とラマン分光法で、その組成分析を SEM-EDS によって行った。また、光学顕微鏡や SEM を用いて土器片断面を観察し、胎土部分と器面調整が施された表面との違いについて検討した。さらに土器焼成温度を推定するため、様々な温度で再焼成した土器片について、再焼成に伴う胎土組織の変化を SEM によって観察した。

3. 結果と考察

SEMによる反射電子像観察では、IV層の明褐色化粧土を塗布した試料と、III層の赤色化粧土を塗布した試料の形態には明瞭な差が観察された。IV層の化粧土の方が粗い鉱物が多く、化粧土の葉片状の整列が胎土の表面を平行に覆わず、乱れていた（Fig. 1）。しかし、III層の化粧土はより生地が細かく、化粧土の葉片状の整列は規則正しく、胎土の表面を平行に覆っていた（Fig. 2）。また、EDSによるスリップの組成分析から、すべての土器表面のスリップの共通的な特徴として鉄とアルミニウムの含有量が胎土より高いことが分かった。鉄の量は主に土器の色に影響し、鉄が多ければ多いほど、酸化焼成した土器の色はより赤くなる。アルミニウムは粘土の主成分の一つであり、アルミニウムの量が多ければ多いほど、粘土の割合が多く、その粘土に含まれる鉱物粒が少ないということを示す。これらの違いは素地粘土の水簸の度合いによると考えられ、水簸することによって、より粗い鉱物、例えば石英や方解石などが沈殿し、より細かい粘土が得られることになる。

また、粉末X線回折の結果より、IV層とIII層の赤色表面を持つ土器には赤鉄鉱($Fe_2O_3$)が存在し、赤色の原因は赤鉄鉱であることが明らかになった。この赤鉄鉱はラマン分光法でも同定できた。一方、化粧土の化学組成の違いに関しては、赤色を呈する化粧土の間には大きな違いはなかったが、IV層の明褐色、赤橙色の化粧土に関しては、カルシウムの含有量がIII層や同層の赤色化粧土よりも高いことが分かった。これは、カルシウムの存在により、赤色になる原因である赤鉄鉱($Fe_2O_3$)の生成を抑制するからと考えられる[4]。その他に、III層の化粧土はIV層の化粧土よりもイライトを多く含み、その結果、より光沢を持っていることが説明できる。

最後に、焼成温度を推定するため、IV層とIII層のサンプルを500℃、700℃、800℃および900℃で再焼成して、粉末回折パターンを測定し、SEMで形態観察を行った。IV層のオリジナル試料では観察できた方解石($CaCO_3$)の回折パターンは700℃で消失したが、III層のオリジナル試料では方解石の回折パターンがなく、900℃あたりで輝石のピーク強度が増大した。さらに、SEMによる組織観察の結果、IV層の焼結度合いは700℃まで変わらなかったが、III層は900℃まで変わらなかった。よって、IV層の焼成温度は700℃以下、III層の焼成温度は700℃から900℃の間と推定した。

以上より、III層とIV層の土器の違いをまとめると、粘土の精製の度合いによる生地の違い、化粧土の組成の違いが認められ、土器の焼成温度の違いも明らかになった。これらの変遷が単に時間の経過に基づく進歩か、あるいはアッシリアの影響によるものかは、今後の様式を含めた考古学的検証によって明らかにすることができるであろう。

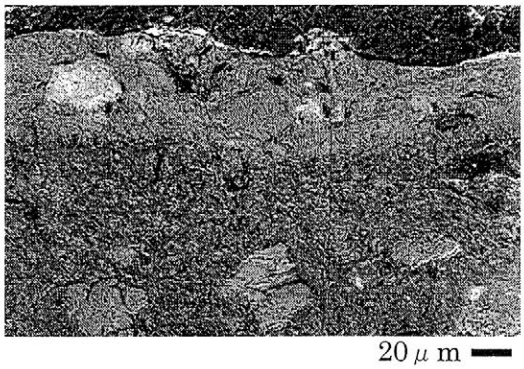



Fig.1　IV層の土器断面の反射電子像

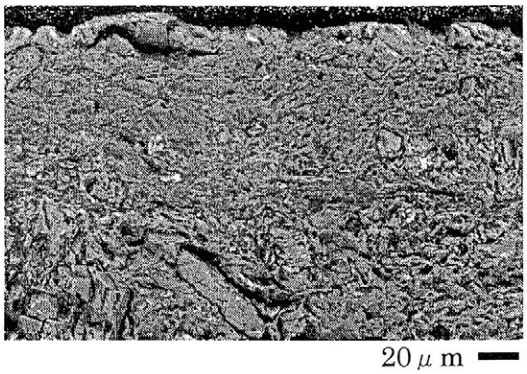



Fig.2　III層の土器断面の反射電子像

1) 大村幸弘, 1997, アナトリア考古学研究, Vol.VI, pp.1-66.

2) 大村幸弘, 2004, アナトリア発掘記.

3) 松永将弥ら, 1998, アナトリア考古学研究, Vol.VII, pp.293-303.

4) I.C.Freestone, 1982, Archaeometry 24.

P-31

# 海外調査における碑文資料の収集方法

発表者：○奥山広規(広島大学大学院)、森田拓馬(個人業)、泉拓良(京都大学)

海外調査などの限られた期間内における碑文資料(図1)収集の方法として、立体拓本とレプリカをレバノン共和国ティール市での調査成果を踏まえて提示する。

碑文資料情報の収集媒体としては①拓本(湿拓・乾拓・立体拓本)、②写真撮影(フィルム・デジタル)、③レプリカ(型取り)などが挙げられるが、2005年にレバノンで行った資料収集では、主に立体拓本とデジタルカメラでの写真撮影を行い、一部ではシリコーンゴムによる型取りとレプリカ製作を行った。

立体拓本(図2)は、主に西洋で用いられる方法である(英 squeezes、独 Abklatsche、仏 estampage)。拓本のように墨を使うのではなく、彫られている文字の溝に濡らした濾紙を筆や刷毛で叩き込み、文字の型を採取する方法である。メリットとしては、①文字の切り合い関係(筆順)の判別が読み取れる、②碑文が掘られた石材の質感がわかりやすい、③削られた碑文の文字も採取しえること、などを挙げることができる。また、拓本が3次元情報を2次元で表現するのに対し、立体拓本は3次元的に表現される。とりわけ、彫られた文字の窪んだ部分の技術的な検討を行う際、情報をより多く得ることが出来る。

拓本や立体拓本は、安価で時間もかからず、碑文が彫られている面を展開し、円柱などの碑文をよりわかりやすく提示できる(図3)。海外の碑文資料集においても、モノ自体の写真と併せて立体拓本の写真が利用されることが多い。その反面、碑文をモノから引き剥がしてしまうために、碑文が彫られているモノ自体の情報(碑の形態・大きさ・材質・設置環境など)を失ってしまう。

湿拓は立体拓本よりも作業スピードが速く、コピー機などでの加工も容易といった利点がある。それに対して立体拓本は、その特性上拓本とは異なり、コピー機を利用した加工には適さない。しかし、加工については、デジタルカメラやパソコンを利用することで容易に可能となる。なにより海外においては碑文に対して墨を使うことを忌避される可能性があるが、立体拓本については、一般的とはいえないものの実際に行われている方法であるため、理解が得られやすい。無論、立体拓本にもデメリットは存在する。上述したモノ自体の情報を失ってしまうこともあるが、立体拓本を碑文から剥ぎ取る際にモノを破損する危険性があり、モノの材質や状態に注意しなければならない。

また、手軽で、具体的なイメージを得られるほかの資料収集方法に写真を挙げることができる。特にデジタルカメラでの撮影は、その場で画像を確認でき、画像データのバックアップも容易に行えるので海外調査など機材や時間などが限られた環境での効果は非常に大きいと言える。しかしながら、写真は、スケールが入れられるものの実物大ではなく、2次元的な情報しか得ることができない。

レプリカは、碑文が彫られている面を展開する拓本や立体拓本とは反対に、実物に近い情報を得られ、型が破損しなければ幾つも複製品を作ることが出来る。しかしながら、拓本や立体拓本に比べて専門的な技術を要し、材料も高価で作業にも時間がかかる。特に海外では型取りに必要な材料の入手が困難である。屋外の碑文の型取りでは、作業環境(天候・場所)から受ける影響も大きい。

それぞれの資料収集方法から得られる情報の差があるものの、立体拓本やレプリカは三次元の情報を用いた検討を可能とし、日本においては石碑に彫られた漢字の筆順などに対する検討に貢献する方法といえる。

海外調査で行う資料収集としては、各調査の地域、期間、予算に応じて写真、拓本、立体拓本、レプリカなどの方法を使い分けていくことが肝要であろう。2005年のレバノン共和国ティール市での碑文資料収集では、主に立体拓本で大量の碑文資料を手に入れる事が出来た。



図1　碑文

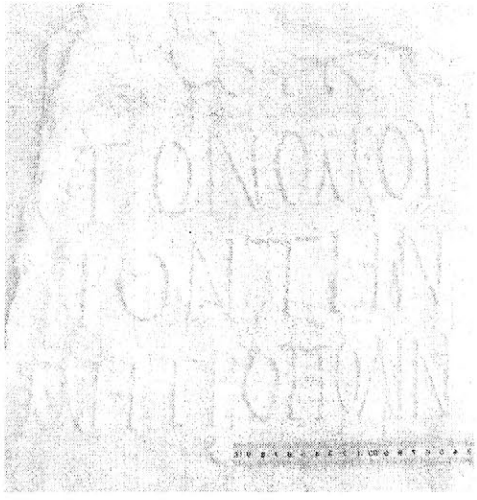


図2　立体拓本

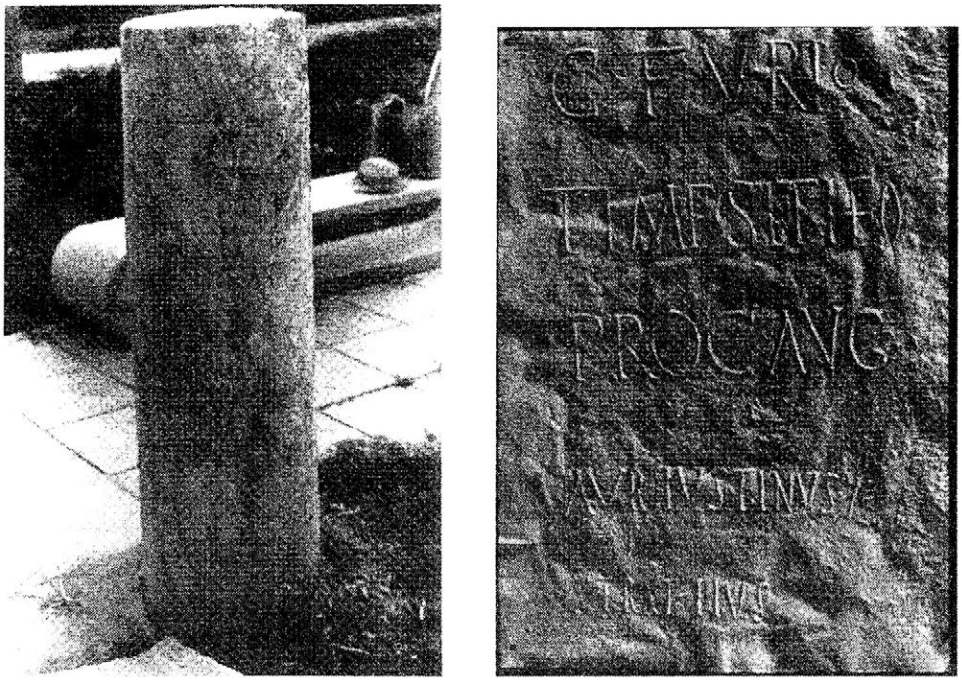


図3　円柱碑文と立体拓本　(Lehmann 2000)より転載

参考文献・引用文献


Lehmann, C. M., Holum, K. G., *The greek and latin Inscriptions of Caesarea Maritima*, Boston, 2000.

菊池大樹、「金石文史料の可能性」、『歴史評論』606号、2000年、50-63頁。

前野弘志、「古代ギリシア語碑文研究のメディア」、『西洋史学報』28、2001年、94-101頁。

P-32

# 奈良絵本「ふしのひとあな」および「長恨歌」挿絵の彩色材料の分析

野口　高史[1]，森　正和[2]，河野　益近[3]，○江南　和幸[2]

[1]龍谷大学大学院理工学研究科院生，[2]龍谷大学ディジタルアーカイブ研究センター，[3]京都大学大学院工学研究科

緒言：龍谷大学所蔵の奈良絵本に描かれた絵画の彩色材料に関する研究の一環として，今回，現存するものがわずか３あるいは４本の「ふしのひとあな」（富士の人穴）奈良絵本のひとつの龍谷大学本，および現存が確認されている６本の「長恨歌」奈良絵本のうちのひとつの龍谷大学本の各本挿絵に用いられている彩色材料を，蛍光X線分析および分光測色計により分析し．室町末期に始まる町人文化に使われた絵画材料を探ろうとするものである．「ふしのひとあな」は比較的初期の横本で挿絵は古拙で，技法もやや粗雑であり，室町末期の様相が残るものである．「長恨歌」は寛文～延宝年間刊とされる少し新しい絵本で，美しい彩色の残る比較的よくできた絵本である．今回の研究はこれら２本と，これまで分析をおこなった，「志加物語」，「竹取物語」（新・旧），との間の彩色材料の同異を調べることを目的としている．

実験方法：彩色材料の元素分析は，堀場製作所製蛍光X線顕微鏡（XGT2700）により，加速電圧30 kV，電圧1 mA，コリメーター径100μmで，点分析を行い，主要部分は面分析を行った．蛍光x線で顔料主成分の金属元素が検出できなかった彩色部分については，分光測色計i1Proを用いて，標準染料彩色票と比較して，染料の同定を試みた．

実験結果：（1）料紙ーいずれの絵本の料紙も，間似合紙に典型的な金属元素が検出された．龍谷大学善本叢書「奈良絵本」に記載された「長恨歌」にある「料紙は楮紙」はしたがって，訂正されなければならない．（2）彩色材料の分析ー①「ふしのひとあな」の彩色材料は多くはなく，元素分析から推定される顔料は，胡粉，辰砂，鉛丹，緑青，金箔（泥），銀箔（泥）であった．緑色彩色の濃淡の塗りわけを，高分解ディジタル顕微鏡により観察した結果，粒度の異なる緑青が使い分けられていることが判明したが，これが今回の挿絵でわずかに見られる工夫の跡であった．染料によると思われる青色は藍が用いられていた．黄色の彩色は，坂田墨珠堂にて作成された標準染料色彩票と比較した結果，丁子と判定された．②「長恨歌」の挿絵は，より技法が進み，鮮やかな彩色が残るものである．上と同じ顔料による彩色材料に加え，青色では，岩紺青（塩基性炭酸銅）も見出された．また金色彩色で特徴的な彩色法が見出された．広い面積にわたる金色彩色個所は，金箔によることが明らかであるが，一部，衣服のすじなどの微細部分に，銀泥描写に混じり，金色を呈する描写が見出された．肉眼による見違いも考えられるので，実体顕微鏡で観察した結果も金色を示した．元素分析では，銀のみが検出された．日本では，舞扇の金色扇に，銀箔の上に紅花油を塗って金色とする技法が伝えられているが，銀泥＋紅花油塗布の技法が，奈良絵本の微細な描写個所の彩色に及んでいたことを示す興味ある結果といえる．また黄色彩色個所は，上と同じ染料色彩票と比較した結果，藤黄と同じスペクトルが観察され，「ふしのひとあな」とは異なる染料が使われていることも判明した．表にこれまで分析した龍谷本奈良絵本の彩色材料をまとめる．

表　龍谷本奈良絵本に用いられた彩色材料の元素分析結果と推定顔料および推定染料

| | 竹取物語：上（横本） | 志加物語：下（横本） | 竹取物語：上・中・下（縦本） | ふしのひとあな：下（横本） | 長恨歌：上（横本） |
|---|---|---|---|---|---|
| 料紙 | Al,Si,S,K,Ca,Ti,Fe:間似合紙 | Al,Si,S,K,Ca,Ti,Fe：間似合紙 | Si,P,S,K,Ca：鳥の子紙 | Al,Si,S,K,Ca,Fe：間似合紙 | Al,Si,S,K,Ca,Fe：間似合紙 |
| 白 | Ca：胡粉 | Ca,一部S:胡粉，石膏 | Ca: 胡粉 | Ca: 胡粉 | Ca: 胡粉 |
| 黒 | 元素検出せず：墨 | 元素検出せず：墨 | 元素検出せず：墨 | 元素検出せず：墨 | 元素検出せず：墨 |
| 赤 | S,Hg,Ba:辰砂 | S,Hg,Pb:辰砂，＋鉛丹？ | S,Hg:: 辰砂，元素検出せず：紅花？ | S,Hg: 辰砂 | S,Hg,Pb:辰砂，＋鉛丹？ |
| 朱 | Pb,Ca:鉛丹＋胡粉 | Pb,Ca:鉛丹＋胡粉 | Pb,Ca:鉛丹＋胡粉 | Pb,Ca:鉛丹＋胡粉 | Pb,Ca:鉛丹＋胡粉 |
| 茶 | Pb,Ca：:鉛丹＋胡粉＋墨 | Pb,Ca：:鉛丹＋胡粉＋墨 | Pb: 鉛丹＋墨 | Pb: 鉛丹＋墨 | Fe:べんがら＋墨 |
| 緑 | Cu: 緑青 | Cu: 緑青 | Cu: 緑青，元素検出せず：藍＋染料 | Cu: 緑青 | Cu: 緑青，元素検出せず：藍＋染料？ |
| 青 | 元素検出せず：藍 | 元素検出せず：藍 | Si,Fe,Co,As:スマルト，Cu, Zn:紺青，元素検出せず：藍 | 元素検出せず：藍 | Cu,Zn: 紺青，元素検出せず：藍 |
| 黄 | 彩色なし | 彩色なし | Fe,Si,Pb: 黄土元素検出せず：染料 | 元素検出せず：丁子 | 元素検出せず：藤黄 |
| 金 | Au：金箔・金泥 | Au：金箔・金泥 | Au：金箔・金泥 | Au：金箔・金泥 | Au:金箔・金泥 Ag:銀泥＋紅花油？ |
| 銀 | Ag:銀箔 | Ag：銀箔・銀泥 | Ag：銀箔・銀泥 | Ag：銀箔・銀泥 | Ag：銀箔・銀泥 |

「元素検出せず」は，料紙成分以外の金属元素を検出しなかったことを示す．

なお，金，銀彩色は本文挿絵だけでなく，表紙絵，見返し箔押のものも含めている．

P-33

# 伊藤若冲「動植綵絵」の彩色材料調査

○早川泰弘*、佐野千絵*、三浦定俊*、太田彩**
(*東京文化財研究所、**宮内庁三の丸尚蔵館)

## 1．はじめに

宮内庁三の丸尚蔵館が所蔵する『動植綵絵』は伊藤若冲（1716-1800）の畢生の作として知られる。30幅に及ぶこの大作は京都相国寺に伝わる若冲筆『釈迦三尊像』の荘厳画として制作されたものである。『動植綵絵』全30幅は平成11～16年度の6ヵ年にわたって修理が行われ、その修理過程で東京文化財研究所では三の丸尚蔵館の全面的な協力のもと、全作品について蛍光X線分析による非破壊・非接触の彩色材料調査を行う機会を得た。調査に際しては、表面彩色だけではなく、修理過程でのみ調査が可能な裏彩色の調査も併せて行うことを心がけた。本報告では、この調査結果の概要を報告する。

## 2．蛍光X線分析による彩色材料調査

調査に使用した機器は、ポータブル蛍光X線分析装置SEA200（SIIナノテクノロジー）である。今回の彩色材料調査に際して設定した測定条件は以下の通りである。

X線管球、管電圧、管電流：　Rh（ロジウム）、50kV×100μA
X線照射径、測定時間　　：　φ2mm、100秒/ポイント
装置－資料間の距離　　：　約10mm

## 3．『動植綵絵』の調査結果

蛍光X線分析による調査結果を色別に整理した結果を表1に示す（辻惟雄氏の研究による制作順に配列）。蛍光X線分析による測定ポイント数も併記した。全30幅での総測定ポイント数は919ポイントに達した。以下に、色別にその特徴を簡単にまとめる。

（1）白色については、30幅すべての作品で使われているが、その材料は1種類だけである。いずれの作品からも、検出されたのはCa系白色材料だけである。

（2）赤色については、少なくとも4種類の材料が使われていることがわかった。Hgが主成分のもの、Hgが主成分でPbを少量含むもの、Feを主成分とするもの、そして赤色の有機染料の4種類である。Hgが主成分でPbを少量含む材料が使われているのは、25「老松白鳳図」から30「紅葉小禽図」の5幅だけであり、制作最終期に集中している。

（3）黄色については、3種類の材料を見出すことができた。最も多く使われているのは、Feを含んだ黄色材料であり、黄土（主成分$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$）であると考えられる。これ以外に、As系材料と有機染料が使われている。

（4）茶色については、明るい茶色から暗い茶色まで様々な色合いが使われているが、いずれの箇所からもCaと少量のFeが検出されただけである。Ca系白色材料と黄土や代赭など土壌起因でFeを茶色の発色の主体とする材料が併用されていると考えられる。

## 表１　蛍光Ｘ線分析による『動植綵絵』の彩色材料調査結果

| | 作品名 | 測定ポイント数 表 | 裏 | 白 Ca | 赤(薄赤、桃) Hg | Hg+Pb | Fe | 染料 | 黄 Fe | As | 染料 | 茶 Ca+Fe | 金、金茶 Ca+Fe | Au | 緑 Cu | Cu+As | Cu+As+Zn | 染料 | 青 Cu | 染料 | 灰 Ca+墨 | 黒 墨 | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 芍薬群蝶図 | 23 | − | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | | | | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | |
| 2 | 梅花小禽図 | 12 | 5 | ○ | | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | | ○ |
| 3 | 雪中鴛鴦図 | 35 | − | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | |
| 4 | 秋塘群雀図 | 27 | − | ○ | | | | ○ | ○ | | | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | | ○ |
| 5 | 向日葵雄鶏図 | 27 | 6 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | |
| 6 | 紫陽花双鶏図 | 34 | − | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | |
| 7 | 大鶏雌雄図 | 24 | 6 | ○ | ○ | | | | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | | | | ○ | ○ |
| 8 | 梅花皓月図 | 20 | − | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | | ○ | | | ○ | | | | |
| 9 | 老松孔雀図 | 30 | 13 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | ○ |
| 10 | 芙蓉双鶏図 | 30 | 10 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○As多 | | | ○ | ○ | | | ○ | ○ |
| 11 | 老松白鶏図 | 30 | − | ○ | ○ | | | | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| 12 | 老松鸚鵡図 | 22 | − | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| 13 | 芦鷺図 | 10 | 5 | ○ | | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | |
| 14 | 南天雄鶏図 | 20 | 11 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | | | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| 15 | 梅花群鶴図 | 35 | − | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | | ○ | | ○ | ○ | |
| 16 | 棕櫚雄鶏図 | 25 | 9 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | ○As多 | | | ○ | | | ○ | | ○ |
| 17 | 蓮池遊魚図 | 22 | 5 | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | | | | |
| 18 | 桃花小禽図 | 25 | 9 | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | ○ |
| 19 | 雪中鶴鶏図 | 28 | − | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ | | | | | ○ |
| 20 | 群鶏図 | 34 | 12 | ○ | ○ | | | | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ | | | | | ○ | ○ | |
| 21 | 薔薇小禽図 | 18 | 9 | ○ | | | | ○ | | | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| 22 | 牡丹小禽図 | 23 | 5 | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | ○ |
| 23 | 池辺群虫図 | 23 | − | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | | | ○ | |
| 24 | 貝甲図 | 35 | − | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | ○ | | ○ | | |
| 25 | 老松白鳳図 | 33 | − | ○ | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | | | | |
| 26 | 芦雁図 | 19 | 9 | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | | ○ | | | | | ○ | ○ |
| 27 | 群魚図(蛸) | 22 | 10 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| 28 | 群魚図(鯛) | 26 | 13 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| 29 | 菊花流水図 | 23 | − | ○ | | | | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| 30 | 紅葉小禽図 | 31 | 16 | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | |
| | 測定ポイント数 | 766 | 153 | (測定ポイント総数 919) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

（５）金色・金茶色については、鶏、孔雀、鳳凰、鸚鵡、鷲鳥などの羽根に数多く見られるが、これらの部分からAuはまったく検出されなかった。検出された元素はCaとFeだけである。金（金茶）色を描き出している材料は、黄色や茶色部分で使われている材料と同じで、黄土や代赭などFeを主成分とする黄～茶色の材料と、Ca系白色材料だけであると考えられる。ただし、9「老松孔雀図」と12「老松鸚鵡図」の２幅だけに金泥が使われている箇所がある。

（６）緑色については、Cuを主成分とする顔料３種類と有機染料が見出された。Cuを主成分とする顔料として、主成分Cuだけが検出されるもの、主成分Cuと少量のAsが検出されるもの、主成分Cuと少量のAsとZnが検出されるものが見出された。Cu+Asの材料とCu+As+Znの材料は制作時期によって明確に使い分けられている。

（７）青色については、2種類の材料が見出された。一つはCuを主成分とする顔料であり、もう一つは有機染料である。青色の染料が使われているのは、『動植綵絵』制作最終期の27「群魚図（蛸）」～29「菊花流水図」の３幅だけである。

（８）灰色・黒色については、鶏や鳥の羽根、あるいは岩肌や樹木の描写に多く見ることができるが、これらの箇所から検出されたのはCaだけである。Ca系白色材料に墨あるいは薄墨が併用されていると考えられる。ただし、7「大鶏雌雄図」や11「老松白鶏図」の鶏の黒目など、光沢感があり、やや盛り上がりが感じられる箇所からはCaとともにFeが検出された。Feを含む黒漆が使われている可能性がある。

P－34

# 鹿児島県における赤色顔料に関する調査事例

内山伸明・森雄二・永濵功治・西園勝彦（鹿児島県立埋蔵文化財センター）

## 1　はじめに

当センターでは，電子顕微鏡やＥＤＸなどを用いて，赤色顔料をはじめとした出土試料の分析を行っている。これまで南九州の赤色顔料関係の遺構・遺物については，大久保(1998)が報告しているが，その後も調査数の増加に比例して分析事例も増加してきた。ここでは，これまでに蓄積してきた分析結果をもとに，鹿児島県における赤色顔料の使用時期や塗彩の状況について紹介する。

## 2　分析方法

試料は，当センターの実体顕微鏡及びマイクロスコープ（VH8000，キーエンス）・電子顕微鏡（JSM－5300LV，日本電子）並びに平成18年に導入した蛍光Ｘ線分析装置（XGT－1000，堀場製作所）を用い，観察・撮影・成分分析を行った。

## 3　調査事例の紹介

### 事例１　縄文時代早期初頭の土器に塗布された赤色顔料

上山路山遺跡出土の水迫式土器，岩本式土器の深鉢形土器の口唇部及び口縁部に赤色顔料が塗布されていた。顔料はいずれも口唇部及び口縁部内面に塗布されており（写真1），分析の結果，いずれも非パイプ状ベンガラであった。これまで鹿児島県内において報告されていた岩本遺跡，稲荷原遺跡における縄文時代早期初頭の事例と同様の結果となっている。南九州における赤彩土器の起源を考察する上での追加資料となった。

### 事例２　縄文時代早期の土器に貯蔵された赤色顔料

関山遺跡出土の変形撚糸文土器が「入れ子」の状態で出土した（図２）。中にある小さい深鉢形土器の中には，赤色顔料がぎっしりと詰まっており，分析の結果，パイプ状ベンガラであることがわかった（写真２）。鹿児島県内において，ベンガラを貯蔵したとみられる例は，市来貝塚（縄文時代後期）出土の二枚貝があるが，縄文時代早期中葉としては初めての例となる。

### 事例３　縄文時代晩期土器に塗布された内外面で種類が異なる赤色顔料

上水流遺跡出土の黒川式土器に赤色顔料が塗布されたものが約60点あった。これらは全て浅鉢形土器である。このうち，内面が水銀朱，外面がベンガラと内外面で異なる顔料（図１）が塗布されているものが２点あった。また，内外面共に水銀朱である資料も１点あり，その他は，ベンガラであった。内外面で異なる顔料が塗布された例は，榎崎Ｂ遺跡出土の黒川式土器浅鉢形土器（縄文時代晩期）に次いで鹿児島県内で２例目となり，いずれも縄文時代晩期の黒川式土器浅鉢形土器であることが注目される。

### 事例４　弥生時代後期終末～古墳時代初頭土坑墓の埋土中に確認した赤色顔料

堂園遺跡Ａ地点検出の土坑墓65基のうち，８基の底面付近に，ごく少量の赤色顔料が粉体の状態で確認できた。そこで，７基から顔料を採取し分析を行ったところ，顔料の種類は，水銀朱（１基），パイプ状ベンガラ（２基），非パイプ状ベンガラ（４基）であることがわかった。また，顔料が存在した範囲を確定できた５基のうち４基は土坑墓内西端で確認していることから，当該期の顔料を用いた葬送規範の一部を窺い知ることができる。

参考文献　大久保浩二 1998「南九州における縄文時代の赤色顔料について－日本最古級の赤彩土器」『日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集』



写真１　口縁部に塗布された赤色顔料

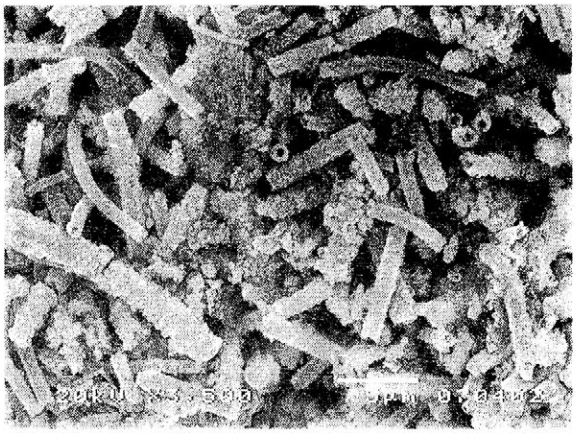


写真２　パイプ状ベンガラのSEM画像

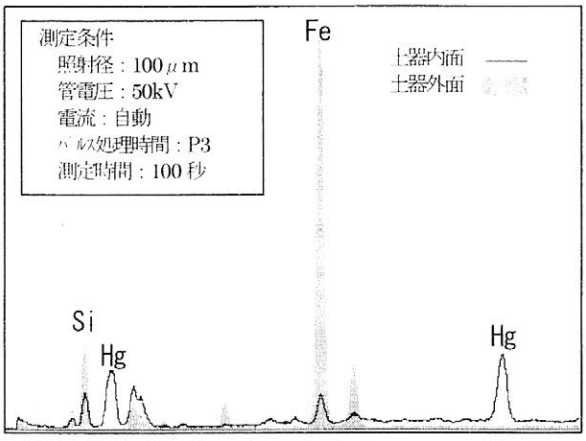



図１　赤色顔料の成分比較（内外面）

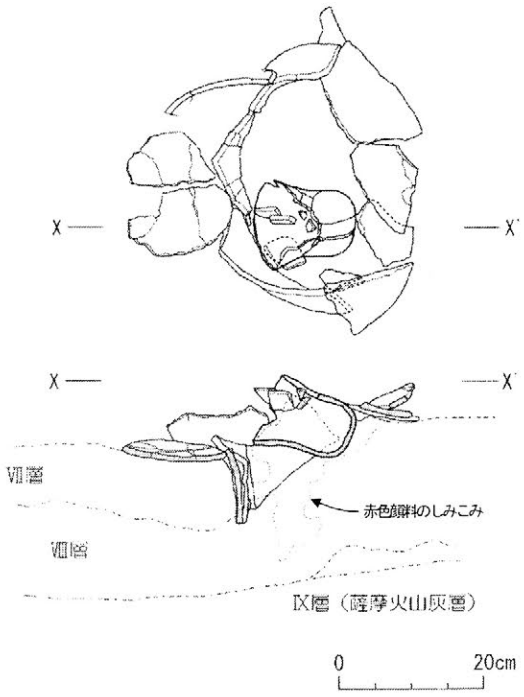



図２　入れ子状態で出土した土器の出土状況

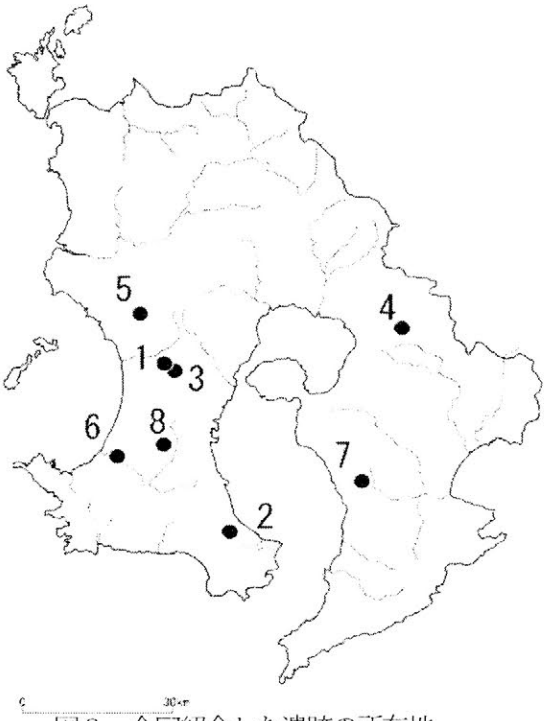



図３　今回紹介した遺跡の所在地

| 番号 | 遺跡名 | 所在地 |
|---|---|---|
| 1 | 上山路山遺跡 | 日置市伊集院町 |
| 2 | 岩本遺跡 | 指宿市小牧 |
| 3 | 稲荷原遺跡 | 日置市伊集院町 |
| 4 | 関山遺跡 | 曽於市末吉町 |
| 5 | 市来貝塚 | いちき串木野市 |
| 6 | 上水流遺跡 | 南さつま市 |
| 7 | 榎崎Ｂ遺跡 | 鹿屋市郷之原町 |
| 8 | 堂園遺跡Ａ地点 | 川辺町神殿 |

P-35

# 江戸時代の黒色仏壇に対する科学的調査

○神谷嘉美、宮腰哲雄（明治大学理工学部応用化学科）

## 1. はじめに

天然高分子材料である漆は古来より東南アジアで広く利用されており、身近な塗料のひとつである。漆膜は非常に強固な耐久性を持っている一方で、紫外線により光沢が次第に減少し、最終的には塗膜が消失してしまう。今までの研究結果から、漆膜の紫外線劣化は漆膜内において電子的に不安定な部分を開始点とした切断に続き、周囲の水や酸素による酸化反応を生じる。これらの鎖の切断と酸化反応によって、漆膜を構成しているベンゼン環とその側鎖による3次元網目構造が徐々に分解していくことが推察される。

このような紫外線による漆膜の劣化の詳細を解明するため、紫外線照射装置を用いて強制劣化させた漆塗膜を題材に、複数の測定装置による分析を行い総合的な劣化現象を論じてきた。本発表では江戸時代に製作された黒色仏壇を対象として、実際に経年劣化した場合の状態を複数の分析手法を用いて検討したので報告する。

## 2. 実験

### 2-1. 分析試料

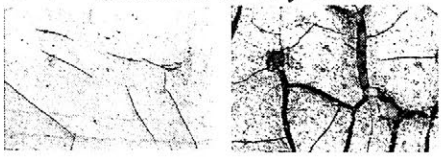
萬延元年(1860)製作の黒色仏壇で、高光沢の部分と低光沢の部分について分析を行った。

### 2-2. 分析方法

目視的評価方法：目視観察、顕微鏡観察（反射光／透過光）、色彩・鏡面光沢度測定

科学的評価方法：FT-IR、熱分解-ガスクロマトグラフィー/質量分析計〔Py-GC/MS〕

なお測定の際には塗膜表面の埃を柔らかい筆にて払い落とし、純水をわずかに含ませた綿棒にて表面の汚れなどを軽く除去してから使用した。



(a) 高光沢の部分　(b)低光沢の部分

図1 塗膜表面の顕微鏡画像（×2000）

## 3. 結果と考察

### 3-1. 目視的評価

図1(b)に多くの亀裂が見られ、2000倍観察における細かな凹凸の違いは強制促進劣化試験での結果とほぼ同様といえる。光沢の高低は塗膜表面の平滑度に依存している。低光沢の部分はL*が大きく、漆塗膜の劣化に伴う白色化現象という状態が数値に反映されている。亀裂による深さ方向の検討を行ったところ（図2）、高光沢の部分は一定した塗膜層を保っている一方で、低光沢の塗膜層に

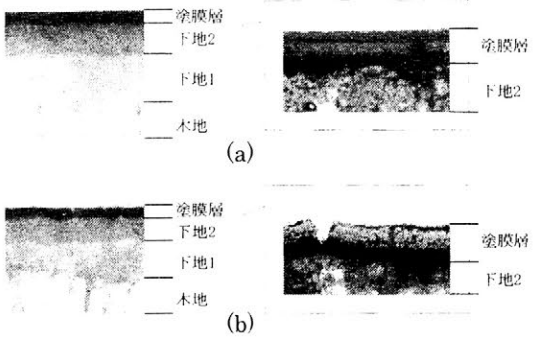



図2 塗膜の断面画像

(a)高光沢の部分 (b)低光沢の部分

は下地部分にまで到達するような深い亀裂がいくつも観察された。目視観察では黒色に見える塗膜であるが透過光の観察により、黒色顔料を含む塗膜層が下地層の上に重ねられ、続いて顔料を含まない塗膜層が2層あるのではないかと考察した。

3-2. 塗膜層の科学的分析評価

Py-GC/MS 分析の結果より低光沢の部分は架橋に関与していない成分が比較的少なく、全体的に架橋によって熱分解時に低分子量になりやすい高分子が多く含まれていることが分かった。光沢の高低には架橋している成分の量が関与していると推察される。

IR スペクトルからは漆の劣化に伴い通常減少するはずのピークである 1634cm$^{-1}$ が増加している一方で、2 重結合の切断に由来する 1456cm$^{-1}$ に着目すると、その値は増加している。これより漆膜の劣化以外の要素が混ざっていることを示唆する結果と考えられる。また高光沢の部分に存在する 1710cm$^{-1}$ ピークは、これまでの研究から天然の油脂に含まれる成分に由来することがわかっており、油を混入した漆を利用している可能性が示唆された。

3-3. 下地層の科学的分析評価

図 2 で示した下地 2 については IR スペクトルやマススペクトルの結果（図 3）から膠を利用した下地であり、下地 1 は炭酸カルシウムを含んでいることが明らかとなった（図 4）。本試料の下地は漆を含まない紛（まがい）下地である可能性が示されたといえる。

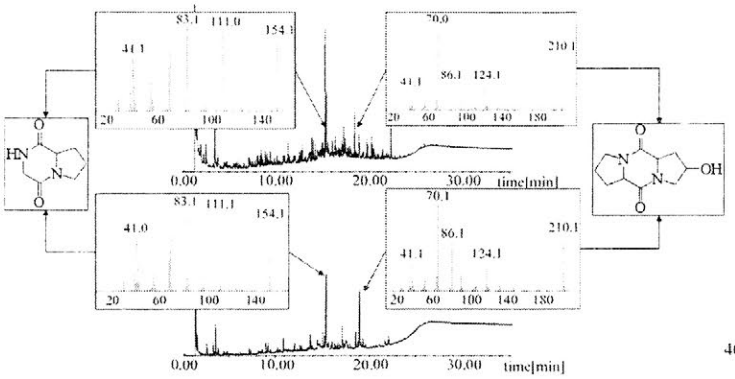



図 3　Py-GC/MS の結果

下地 2（上）／粒膠（下）

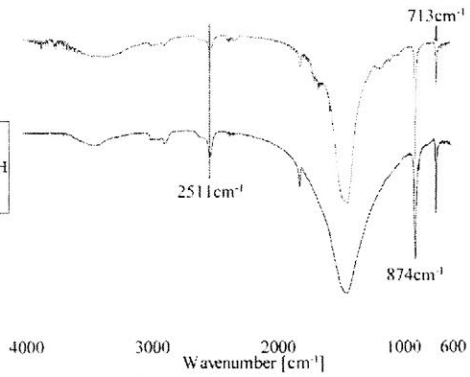



図 4　IR スペクトル

下地 1（上）／炭酸カルシウム（下）

4. まとめ

実際に経年劣化した黒色仏壇片を対象に観察を行い、光沢の高低による状態の差異や試料の構造を検討した結果、杉材の上におそらく膠を含む胡粉下地層、続いて膠下地が施され、黒色顔料を含む塗膜層の上に顔料を含まない塗膜層が塗り重ねられていると考えられる。複雑な製作工程や複数の材料を組み合わせて作られる漆塗装物の劣化状態を正しく把握するためには、複数の手法を利用して総合的に判断していくことが重要となる。

[謝辞]

本報で取り扱う試料は、不動堂㈱ 倉田治彦氏により提供していただきました。樹種同定は東北大学教授 鈴木三男氏にしていただきました。ここに記して深く感謝申し上げます。

P-36

# 一条谷朝倉氏遺跡出土漆器塗膜断面構造から推定される下地調整技法

○武田昭子(昭和女子大学)・水村伸行(朝倉氏遺跡資料館)・赤沼英男(岩手県立博物館)・
土谷信高(岩手大学)

## 1．はじめに

中世には、様々な社会需要に対応した漆器製作技法の開発とその確立があった。漆器の品質に密接に関係する製作工程として下地調整技法が挙げられる。しかし、表面塗膜層に比べ下地に関する研究は少なく、中世漆器の下地調整技法については不明な点が多い。このような状況の中で、筆者らは福井県一乗谷朝倉氏遺跡から出土した皿の塗膜断面構造解析を実施し、下地調整材として主として花崗岩起源の砂または花崗岩質砕屑物を含む火山灰が使用された可能性が高いことを明らかにした。一乗谷朝倉氏遺跡には複数の地域で製作された漆器がもたらされていたものと推定される。

## 2． 調査資料

一乗谷朝倉氏遺跡は、戦国時代に越前一国を支配していた戦国大名である朝倉氏の居館を中心とした城下町遺跡である。遺跡は南北長約２キロ、東西幅約 100～150 メートル前後を測る細長い谷間に立地している。城下町内には、朝倉氏の居館の他に家臣団の武家屋敷や宗教施設である寺院、一般民衆の住まいである町屋など、戦国時代の社会を形成した様々な階層の人達の屋敷が確認されている。本遺跡は、天正元年(1573)に織田信長の軍勢により焼討ちされたため、城下町の最終年代については明確な年代を与えることができるが、形成時期については確たる年代を示すことができない。現在までの調査所見に基づけば、15 世紀前半頃にその形成が始まったものと考えられている。

本遺跡からは、1967 年の発掘調査開始以後 40 年間に、約 160 万点を数える遺物が出土している。これらのうち約 95 パーセントが陶磁器類で、残りの約５パーセントが金属製品や石製品、木製品、漆製品などである。今回報告する遺物は第 36・44 次発掘調査で検出された皿(表１)である。

## 3． 調査方法

調査試料のサンプリングは医療用メスを使って漆塗膜断片から数㎜角摘出した。摘出した試料を２分しそれぞれを塗膜断面の組織観察が可能となる方向にエポキシ樹脂で固定した後、一方については薄片にし、透過顕微鏡で塗膜断面構造を調査した。次に塗膜断面の下地部分を偏光顕微鏡観察し、さらに混在する各鉱物を同定した。もう一方についてはダイヤモンドペーストで研磨して作成した検鏡面を、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、塗膜面に混在する各鉱物相の化学組成を求めた。これらの調査結果を基に、下地に混和された物質および下地調整技法について推定した。

## 4. 調査結果

Ask-2 の内面は赤色、外面は黒色の地塗りで無紋。外面から摘出した試料の顕微鏡観察結果、塗膜断面は５層からなることがわかった。下地層は漆に鉱物粒子を混和した３層で、その上は２層の上塗り層によって構成される。Ask-12 内面木胎上層には鉱物粒子を混和した３層の下地層と、赤色系色材料を混和した薄い上塗り層が認められる。Ask-12 内表面は赤色の地塗りで無紋。Ask-16 内外面の地塗りは赤茶色で無紋。内面木胎の上には Ask-2、Ask-12 同様、漆に鉱物粒子を混和した下地層があり、その上は２層の上塗り層によって構成される。３試料に混和された赤色系色材料はいずれも水銀朱で、Ask-16 の混和量は Ask-12 に比べ少ない。

偏光顕微鏡観察および EPMA による分析によって、Ask-2外面の下地層には破片状の石英、多結晶石英、斜長石が検出され、さらに微細な透明火山ガラス片も確認された。Ask-12内面の下地層には 破片状の石英、斜長石、カリ長石のほか、透明火山ガラス片が認められる。これら２資料の下地には、

調整材として花崗岩質砕屑物を含む火山灰が混和された可能性が高い。Ask-16内面下地層に含まれる破片状の鉱物片は、そのほとんどが石英である。一部に多結晶石英の集合体が認められるため、花崗岩質岩を源岩とする砂が混和されたものと推定される。

## 5　考察

調査資料のうちAsk-2およびAsk-12はいずれも木胎のうえに、花崗岩質砕屑物を含む火山灰が混和された地粉漆を塗布し、下地としている。Ask-16は花崗岩質岩を源岩とする砂を混和した漆を下地とし、その上に漆の薄層を重ね、最表面にはAsk-12に比べ少量の微細水銀朱が混和された漆層によって構成される。これまで中世城館跡および近世大名屋敷跡から出土した漆器の塗膜断面構造解析を通して、下地混和材として火山灰が使用されたことを指摘してきたが、今回の調査によって、新たに花崗岩質岩を源岩とする砂を混和した下地が認められた。Ask-12およびAsk-16の上塗り塗膜層からも同様に水銀朱が検出されたが、最表面の色調は異なっている。これはAsk-16が水銀だけでなく、他の物質が混和された可能性も考える必要がある。

Ask-2およびAsk-12は花崗岩質砕屑物を含む火山灰を混和した地粉漆を、Ask-16は花崗岩質岩を源岩とする砂を混和した地粉漆を下地とする。下地混和材の鉱物組成に差異がみられることから、Ask-2とAsk-12、Ask-16はそれぞれ異なった地域で製作された可能性がある。Ask-16の下地には石英が濃密に分布する。今後、一乗谷朝倉氏遺跡をはじめほぼ同時期に比定される漆器について、下地調整技法に着目した調査を実施し、それらの結果を形態学的研究結果に重ね合わせ、資料分類を進めることによって、中世の漆器製作と使用の実態に迫る重要な情報が得られるものと思われる。

表1　調査資料の概要

| 分析No. | 器種 | 発掘年月日 | 地区 | 直径φ<br>縦×横×高さ<br>(mm) | 破片総数 | 残存率% | 胎部 | | | 塗膜 | | | | | | 高台 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 木取 | 主な擦傷 | | 地塗 | | 加飾 | | 塗膜厚 | 擦傷 | | 寸法 | 種類 | 擦傷 |
| | | | | | | | | 内面 | 外面 | 内面 | 外面 | 内面 | 外面 | | 内面 | 外面 | | | |
| Ask-2 | 皿 | 830528(第44次) | HD54、トレンチ | 約90～10φ | 7 | 60 | 横木 | 巧損・欠失 | 巧損・欠失 | 赤 | 黒 | 無 | 無 | 厚 | 堅牢 | 堅牢 | 不明 | 不明 | 欠失 |
| Ask-12 | 皿 | 800509(第36次) | 9MIL・NS48、遺構面 | 約97φ | 5 | 40 | 横木 | 欠損 | 欠損 | 赤 | 赤 | 無 | 無 | 厚 | 堅牢 | 堅牢 | 不明 | 不明 | 不明 |
| Ask-16 | 皿 | 800519(第36次) | 9MIL・OJ47、下層・暗褐色(ガラ土か) | 160×51×20・最大厚8 | 3 | 20 | 横木 | 良好 | 良好 | 赤茶 | 赤茶 | 無 | 無 | 厚 | 堅牢 | 堅牢 | 不明 | 不明 | 不明 |

注1）第36次の調査区は多くの漆片が密集する地域で、粉末漆、漆塊物、石皿などの製作が検出されている。第44次の調査区では、屋敷への参道や幅18メートル前後を測る道路が検出されている。

P-37

# 北海道函館市臼尻B遺跡出土漆製品の材質と技法

○　小林幸雄※、　阿部千春※※
※北海道開拓記念館、　※※函館市教育委員会

## 1．はじめに

函館市（南茅部地区）臼尻B遺跡では、縄文文化中期末葉の墳墓から、装飾品と推定される漆製品が出土した。この漆製品の材質と技法を検討したので報告する。

## 2．調査

本遺跡出土漆製品に伴う塗膜片について、①外観観察と写真撮影、②走査電子顕微鏡による外観観察と表面の材質調査、③試料断面部の光学顕微鏡観察（落射像、透過像）と、走査電子顕微鏡による反射電子像(BEI-COMPO像)観察、およびEDS分析装置による元素分析をおこなった。

## 3．結果と考察

### 3-1.外観

調査試料（写真1）の寸法は、最大幅約5㎜、最大厚約3㎜、最大長約11㎜を示す。両側面には赤彩層（A層）、その間に明褐色の膠着材層（漆下地層：B層）が広がる。漆下地層（B層）は、両面ともに表面側に凹であり、赤彩層に近い両側面の厚さは2～3㎜、中央部分で1㎜以下と最も薄い。漆下地層（B層）の表面には、長手方向に細かな繊維質痕跡が平行して走る。直径約4㎜の木質（丸棒）2本によって挟み込まれた部分に漆下地系の膠着剤が残ったことに由来する。漆下地系の明褐色層（B層）が赤彩層と接する箇所は、緩やかな曲線から急に立ち上がる部分も有する。その場合、立ち上がり部分での膠着剤は薄い。このことは、膠着剤を挟んでいた丸棒の両面が平滑に仕上げられ、なおかつ平滑面では膠着剤を厚く塗り重ねることなく、赤色系の塗料が塗られていた結果と推測する。

### 3-2.彩色層の材質

微小片赤彩部のEDS分析によると、Fe（鉄）とHg（水銀）を検出した。ベンガラ系及び硫化水銀系の赤色顔料を赤彩材料として用いた結果が示される。

### 3-3.塗膜断面の観察

エポキシ樹脂に埋め込んだ塗膜の断面を薄片化し、光学顕微鏡下でその透過像を観察すると、表面側から赤彩層（4層：A層）、漆下地層（B層）、素地層（木質繊維痕跡層＋木質消失層：C層）の順に並ぶ。写真2および写真3に示されるように、赤彩層は横架材の欠失部（幅1.4㎜）を挟んで左右に分かれる。赤彩層は4層から構成され、左ではA1層＋A2層＝100～200μm、A3層最大200～250μm、A4層約300～400μm、右ではA1層＋A2層＝200～250μm、A3層最大200～250μm、A4層約300～400μmを示す。A3層とA4層には、ともに波打つ状態で固化した部位が観察され、漆の縮み皺に類似する。X線の面分析によると、A1層（最表層）には、HgとSが濃密に分布する。よっ

て、この層には硫化水銀（HgS）が利用されている。

## 4．まとめ

函館市臼尻Ｂ遺跡出土（縄文文化中期末葉）の漆製品を検討し、以下の知見を得た。

(1)漆製品は３種の素材から構成される。赤彩層、下地層、素地(痕跡)層である。

(2)赤彩層は４層から構成される。各層にはベンガラ（$Fe_2O_3$）が用いられている。最表層には硫化水銀(HgS)も同時に存在する。

(3)下地層には、漆単独、あるいは漆に油性系素材を混ぜ合わせた材料が用いられた。

(4)素地には、木質丸棒および結束用材料（糸・紐、草本類）の痕跡が確認された。

今回の漆製品は、表面を“削り”や“磨き”などによって調整した数本の木質丸棒（あるいは角棒）を用意し、これらを糸・紐や横架材によって結束した後に、漆下地材料（あるいは塑形材料）を塗ることで全体の形を整え、さらに赤彩（4 回塗り）を施すことで仕上げられた装飾品である。このような木質丸棒(角棒)と糸・紐、および横架材による結束をともなう漆製品は、縄文文化後期中葉から後期末葉の北海道において盛んに製作された“櫛”の技術的着想と共通する。以上、今回の漆製品は、縄文漆工の技術的変遷をたどる上で興味深い内容を有する。

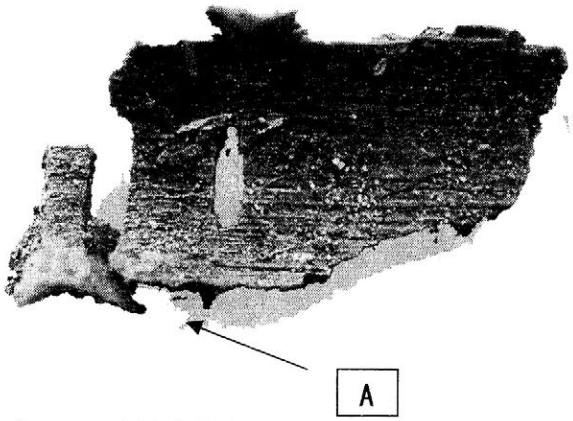



写真１　試料全体像

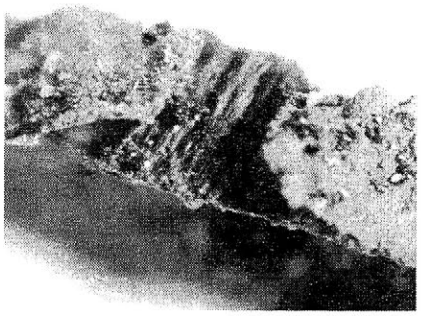


写真２　部分拡大（左下半部：A）

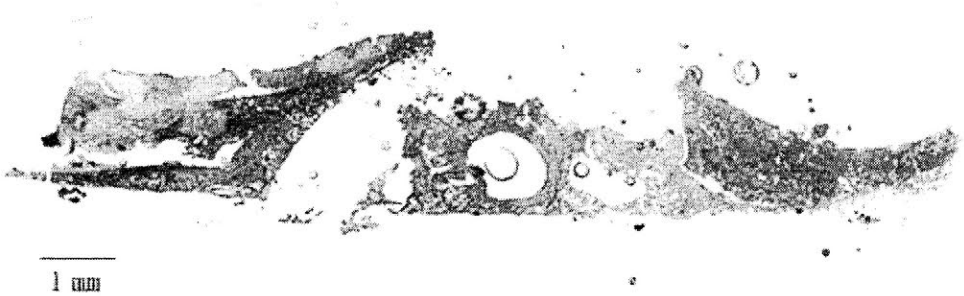



写真３　塗膜断面（写真１・写真２のＡ部分）の光学顕微鏡透過像

P-38

# 大谷コレクションウィグル語文書用紙材質の研究

藤本　慎一朗[1]，坂本　昭二[2]，岡田　至弘[2]，藤原　学[2]，河野　益近[3]，○江南　和幸[2]
増田　勝彦[4]
[1]龍谷大学理工学部大学院院生，[2]龍谷大学ディジタルアーカイブ研究センター，[3]京都大学大学院工学研究科，[4]昭和女子大学

緒言：８世紀後半，唐を襲った安禄山の乱を境に中央アジア(中国西方)は事実上ウィグル族の支配するところとなり，以後およそ100年に渉り，ウイグル文化が発展する．しかし中央アジアの民族の興亡はまたそのウイグル族をもやがて歴史の舞台から遠ざけ，ウイグル文化は砂漠の下で永い眠りについた．その文化の証が再発見されるのはようやく２０世紀初頭のヨーロッパおよび日本の中央アジア探検による．この中のひとつである大谷探検隊のもたらしたコレクションの中に断片を含めおよそ2700点の古ウイグル語文書資料が保管され，これまで古代ウイグル語の研究，ウイグル族の社会・経済的関係，宗教の研究など，文献学的研究と解読が行われている[1]．龍谷大学では大英図書館国際敦煌学プロジェクト（IDP）との協定による，大谷コレクション文書のディジタルアーカイブの編纂を機会に，中国・中央アジア文書資料の科学的分析を行っている．今回それらの文書の中でウイグル語文書に着目し，文書用紙の材質，製法について，高分解能ディジタル顕微鏡，蛍光X線分析を用いて用紙の組織観察，また紙表面の元素分析を行い，ウイグル文化の中で用いられた紙の解明を試みた．

実験方法：（１）紙表面組織観察―従来の紙の繊維観察は，繊維を抜き出して生物用光学顕微鏡により観察してその繊維の特徴を比較観察してきた．今回用いた，キーエンス社製の高分解ディジタル顕微鏡は，実資料をスルーフォーカスによりそのままの状態で撮影し，フォーカス深度合成を行い，高精細で画像を得るものである．これにより，単繊維ばかりではなく，紙の組織の中での繊維を直接高分解画像により識別し，また繊維のからみの状態など，より多くの情報が得られる．用紙材料ばかりでなく，製紙法の判定にも有効な情報が得られることが分かった．（２）蛍光Ｘ線分析―堀場製作所製の蛍光Ｘ線顕微鏡により，用紙表面の元素分析を行った．ここでは従来のわれわれの研究で明らかとなった中国の紙に含まれる特徴的な元素である，水に由来するFe，　製紙過程で使われる灰由来のK,Ca(これは同時に填料でもある)に加え，ディジタル顕微鏡の観察から類推された紙原料であるイネ科草本に含まれるSiを測定し，それぞれの紙のそれらの元素比を比較し，グループ分けを行った．

実験結果：（１）ディジタル顕微鏡による紙組織および繊維の同定―今回観察した70点余りの断片の用紙を解析した結果，おおよそ以下の４種類に大別された．①極めて粗雑で，厚さも一見して不均一なもの．②上の①に比べ，いくらか丁寧に作られ，いくらか広い面積にわたり比較的均一なもの．③丁寧に作られ，厚さも均一で，丁寧な表面処理が施されているもの．④上質紙ともいえる均一な紙．以上の紙の中で，①と③の紙には，しばしばイネ科植物の小穂の混入が見られ（写真１参照），①には同じ植物の茎も多数混入しさらに鳥の羽毛が漉き込まれているものが見られた．中国古代の紙は，簾の材料にイネ科の芨芨草(Achnatherum splendens)が使われたとされ，上に見られるイネ科植物体がこの簾由来とも思われるので，イネ科植物の小

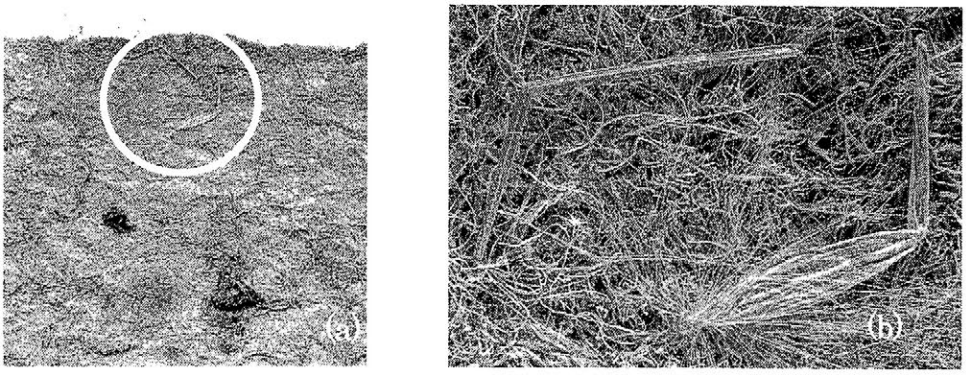


写真１　大谷コレクションウイグル語文書（a）大谷コレクション#1601 の一部. 上部円内に小穂が見える．(b) ディジタル顕微鏡による小穂の拡大図．ススキ属の小穂の特徴（長いノギおよび基部細毛）が見える．

穂および，茎組織を中国植物誌[2]，草類繊維図鑑[3]と対照し植物学的に分析した結果，植物は芨芨草ではなく，ススキ属の，ススキ（Miscanthus sinensis）あるいは，ススキの地方種ともされる，金県芒（Miscanthus jinxianensis）に極めて近縁の種であると同定された．小穂は偶然に紙に紛れ込んだものではなく，明らかに紙の中に漉き込まれており，紙繊維も茎が分離しただけの未叩解に近い粗い繊維が多数含まれ，さらに茎そのものも多数含まれ，紙がイネ科植物を原料としていることが分かる．小穂は③の上質用紙にも見られ，用紙が同じ材料で作られたことが分かる．しかし，③の用紙は，①と比べ，はるかに丁寧に叩解され，よくそろった繊維で作られている．②の用紙は，①のススキ属植物繊維と麻あるいは楮の繊維とを合わせた材料と推定された．④は明らかに楮紙で，極めてそろった繊維が見られた．①，②はウイグル語による社会・経済文書，戸籍簿であるが，③，④はウイグル語の仏典，仏教関係書とされるもので，用途により用紙の使い分けがなされていたことが分かる．（２）元素分析の結果から，粗雑紙群からは強い Si のピークが検出され，用紙材料がイネ科草本由来であることを強く示唆した．さらに元素比：K/Fe は，K が比較的多い良質紙群，K が低い粗雑紙群の２グループに大別された．材料だけでなく，製法にも違いがあることが判明した．

以上の結果は，10 世紀に中国本土に始まるとされる稲わらを用いた製紙法より遅くとも１世紀以上前に，イネ科草本を用いた製紙法がウイグル地域で始まっていたことを示すものである．しかし，今回の結果は，ウイグル族が独立に製紙法を開発したというよりは，おそらく，唐の衰退など何らかの理由により中国本土からの紙の供給不足に直面し，手近な製紙材料を探し当てついには自前の紙を確保したことを示すものであろう．

文献

[1]西域研究資料第四，中央アジア古代語文献，西域文化研究会編，法藏館，１９６１
[2]中国植物誌第１０巻，被子植物門，単子叶植物，禾本科（５），陳　守良編，科学出版社，１９９７
[3]草類繊維（禾本科），中国科学院植物研究所編著，科学出版社，１９７３

P-39

# 近世民家の用材とその樹種
## －大和・国中地方の一事例から－

○藤井裕之（奈良文化財研究所）、竹口泰生・長谷川晋平（奈良県文化財保存事務所）

### はじめに

木造の文化財建造物を修理するうえで、樹種の把握は不可欠である。どの補足材料を選ぶかといった工事実務上の必要もさることながら、建造物の価値や設計の意図、木材利用の実態を明らかにするうえでも、樹種データは貴重な情報源となっている。しかし従来、樹種はおもに大工や技師の経験則による目視で見分けられており、経験にない樹種や腐朽が著しい部材などの場合、識別が不十分になりがちであった。そこで奈良県文化財保存事務所では、最近おこなった近世民家の修理工事現場において、樹種把握の誤りを避けるとともに、より多くの歴史的情報を建築部材から引き出すことを目的として、部材全体を対象に木材組織による樹種同定を試みた。本報では、その結果について報告する。

### 調査の対象

奈良県指定文化財 吉川家住宅（橿原市山之坊町）の建築部材を対象とした。当住宅は耳成山のすぐ東に位置し、付近は奈良盆地中央部の、国中（くんなか）と呼ばれる一帯にあたる。古文書によると、主屋は元禄 16（1703）年頃の建設と伝えられる。当家は代々庄屋を務めた家柄でもあり、分家筋とされる旧吉川家住宅など（表２参照）とともに、この地方における典型的な自作農家の様子を今によく残している。調査は、平成 16～18 年度にかけておこなった３棟（主屋、内蔵、西座敷〔指定外〕）の解体修理のさいに実施した。対象部材の選定にあたっては、板や垂木類は抜き取り調査、それ以外は悉皆調査を原則とした。その結果、計 847 点の試料を得ることができた。

### 調査の方法

まず木片ブロック（5mm 角以上、大きさ任意）を木工事のつど採取し、樹種同定用の試料とした。次に安全カミソリの刃を使用して、試料から木口、柾目、板目の各断面の切片を徒手により切り出し、永久プレパラートを作成した後、これを生物顕微鏡下で観察して樹種を同定した。同定に際しては、木材組織標本および文献との比較を慎重に行い、誤りのないよう万全を期した。

### 結果と考察

軸部と小屋組における樹種構成の概要を表１に示す。国中地方周辺の近世民家の例（表２、記載した樹種は主に目視によって識別されたと思われる）と比較すると、主屋の梁と桁にスギの使用が目に付く以外、主要樹種にこれといった相違は見られない。樹種が多様になりがちな山あいの民家と異なり、用材の調達を業者に依存していた事情が反映されているだろう。細かなところでは、まとまった数のトガサワラが存在していること、エノキが主屋煙返し梁に使われていることが特筆できる。

トガサワラは、紀伊半島および四国東部に分布する針葉樹である。木造文化財の樹種としてはこれまでほとんど知られていなかった。近年、江戸城外堀から出土した加工木の報告（川田・藤根・辻 1997）を皮切りに、分布域から遠く離れた関東地方で近世の報告例が増加しつつある。建造物の場合、近代に輸入が始まった外国産のトガサワラ属の可能性も考慮する必要があるが、今回は少なくとも小屋束、高塀束に使用されているものに関して、その可能性を排除できる。本種は目視による識別が難しく、現場レベルでもあまり注意にのぼってこなかったとはいえ、隣接する橿原市森村家住宅の調査例（酒井 2000）等の状況からみると、県内の他の近世建築にも数多く使用されていることが想定できる。

エノキに対しては建築材への禁忌が指摘されている（布谷・中尾 1986）。しかし屋敷地の乾（北西方）にエノキの木を植える角榎という風習や、主屋の煙返し梁という目立つ部分に使用されていることか

らすると、この指摘には当てはまらないと思われる。

## まとめ

部材の樹種同定を綿密におこなった結果、目視による判断ではこれまで識別できなかった樹種を見出すことができた。見慣れた材でも、年輪の詰まり方次第では樹種を取り違えがちになる、というのはよく耳にする話である。より正確な情報を得るために、樹種同定のいっそうの活用を望みたい。とりわけトガサワラに関しては、今後も木造建造物をはじめとした調査を継続し、産出地周辺における利用実態や材の流通範囲などを明らかにする必要がある。

| 軸部 | 柱（ハナカミ柱） | 差鴨居 | 梁（煙返し梁） | 桁 | 貫 | 土台 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 主屋 | **ヒノキ**、スギ<br>（ハナカミ柱－ツガ） | **ニヨウマツ類**<br>モミ属、ツガ | **スギ**、ニヨウマツ類<br>（煙返し梁－エノキ） | **スギ**<br>ニヨウマツ類 | **ヒノキ**、<br>スギ、ニヨウマツ類 | **ヒノキ**<br>クリ、ケヤキ |
| 内蔵 | **ヒノキ** | － | **ニヨウマツ類** | ニヨウマツ類 | **ニヨウマツ類**、ヒノキ | **ヒノキ** |
| 西座敷 | **ヒノキ** | － | **ニヨウマツ類** | スギ、ヒノキ<br>ニヨウマツ類 | － | ケヤキ |

| 小屋組 | 棟木 | 束 | 桁 | 貫 |
|---|---|---|---|---|
| 主屋落屋根 | ツガ | **トガサワラ** | スギ、ゴヨウマツ類<br>ニヨウマツ類、トチノキ | ニヨウマツ類 |
| 主屋東高塀 | ヒノキ | スギ、トガサワラ<br>ニヨウマツ類、ヒノキ | **スギ**、ヒノキ | ニヨウマツ類、モミ属 |
| 主屋西高塀 | スギ | **スギ**、ヒノキ | **スギ**、ヒノキ | モミ属、ヒノキ |
| 内蔵 | スギ、ニヨウマツ類 | － | スギ、ニヨウマツ類 | － |
| 西座敷 | スギ、ニヨウマツ類 | **スギ**、トガサワラ | **スギ** | － |

**表１　吉川家住宅における主要用材の樹種構成（軸部、小屋組）**

※ゴシック表示は点数の顕著な樹種を表す

| 種類 | 建物名（所在地） | 階層 | 建設年代 | 柱（ハナカミ柱） | 差鴨居 | 梁（煙返し梁） | 桁 | 貫 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 農家 | 中家住宅主屋<br>（安堵町窪田） | 上層<br>（郷農武士） | 1659<br>（萬治2）頃 | 栂、桧（欅） | 桧 | 松（松） | 松、杤、杉 | 桧 | のちに大和棟に改造<br>主屋小屋組は明治31年に取替 |
| | 旧萩原家住宅<br>（もと桜井市下） | 組頭格 | 元禄？ | 杉、桧、栂 | 松、桧、杉、桜 | 松、雑木 | 松、雑木、杉 | 桜、松 | のちに大和棟に改造、山麓に立地<br>奈良県立民俗博物館内に移築 |
| | 旧吉川家住宅<br>（もと橿原市中町） | 庄屋<br>（自作農） | 18C後半？ | 桧（欅） | 松、欅 | － | － | － | のちに大和棟に改造<br>奈良県立民俗博物館内に移築 |
| | 森嶋家住宅<br>（天理市嘉幡） | 大庄屋 | 19C中頃？ | 桧、欅（欅） | 松 | － | － | － | 落屋根棟木、梁、叉首、高塀束など松が大半 |
| 町家 | 今西家住宅<br>（橿原市今井町） | 惣年寄 | 1650<br>（慶安3） | 桧<br>（大黒柱-欅） | 樅 | － | 樅、松 | － | 小屋組は松主体、樅は角材 |
| | 豊田家住宅<br>（橿原市今井町） | 商家 | 1662<br>（寛文2） | 桧、栂<br>（大黒柱-欅） | － | 松 | － | 樅 | 小屋組や垂木は樅角材が大半 |
| | 音村家住宅<br>（橿原市今井町） | 商家・庄屋 | 17C後半 | 桧 | 栂 | 松 | 栂、松、樅 | 桧 | 小屋組は棟木と母屋の一部に樅、その他松が主体に杉と松が混じる |
| | 中橋家住宅<br>（橿原市今井町） | 商家 | 18C中頃 | 桧 | 栂、松、桜 | 松、杉 | 松 | 桧、松 | 小屋組は松主体 |
| | 上田家住宅<br>（橿原市今井町） | 惣年寄 | 18C中頃 | 桧 | 松、栂 | － | 松 | 桧 | 小屋組は栂と松主体 |
| | 旧米谷家住宅主屋<br>（橿原市今井町） | 商家 | 18C中頃？ | 栂、桧 | 栂？ | 松、栂 | 栂、杉、桧、松 | 杉 | 小屋組は松主体 |
| | 河合家住宅主屋<br>（橿原市今井町） | 商家 | 18C後半 | 桧、栂、杉 | 松、栂 | － | 松、栂、杉 | 松、栂 | 小屋組は松主体に栂と杉が混じる |
| | 高木家住宅<br>（橿原市今井町） | 商家 | 19C中頃<br>（文政～嘉永） | 桧、栂、杉 | 松 | 杉、松 | － | 栂 | 小屋組は松と杉の混用 |

**表２　国中地方および今井町の修理・移築民家にみる主要軸部当初材の樹種**

※各修理工事報告書から抜粋、下線表示は点数の顕著な樹種を表す

## 文献


川田秀治・藤根久・辻誠一郎 1997「江戸城外堀跡市谷御外橋詰・御堀端遺跡から出土したトガサワラの加工木について」『植生史研究』第5巻第1号、pp.43-46

酒井温子 2000「重要文化財森村家住宅で使用されている木材」『奈良県森林技術センターだより』No.66、p.3

布谷知夫・中尾七重 1986「民家の構造材の樹種」『大阪市立自然史博物館研究報告』No.40、pp.21-30

P-40

# 韓国瑞山富長里遺跡の百済三葉環頭大刀の入絲（象嵌）技法と保存

○鄭光龍・李壽熙・林姻珍・范大建・白吉煥（韓国伝統文化学校保存科学科）

## 1．序言

韓国忠清南道瑞山市音岩面富長里一帯の百済時代の墳丘墓から西暦 420～440 年頃製作されたと推測される金銅冠や鉄製鐙斗、環頭大刀、鉄帽、金銅耳飾、広口壷など様々な遺物が出土した。

本研究は、今までに確認された百済時代の入絲（象嵌）技法と富長里三葉環頭大刀の入絲工芸技術及び保存処理についてまとめたものである。

## 2．非破壊分析と入絲表出

### 2．1非破壊分析（X-ray, P-XRF）

三葉環頭大刀に施された入絲技術を確認するためにおこなった放射線透過撮影の撮影条件は電圧 130kV・電流 3mA・露出時間 4 分・FFD 600mm である。また入絲された素材の材質を調査するため P-XRF 分析をおこなった。分析条件は、X 線管球 Rh・、管電圧 50kV・分析面積 2mm・測定時間は 100 秒である。

放射線透過撮影の結果、三葉環頭大刀の環頭部分に入絲された紋様は波紋様であると推定される。また、P-XRF 分析の結果、三葉環頭大刀に適用された入絲方法は鉄（Fe）の地金の上に銀（Ag）を利用して鉄表面に溝を掘り、銀糸を施した後、表面を一定の方向に研磨して製作した線入絲技法であると推定される。



写真 1）環頭大刀全体

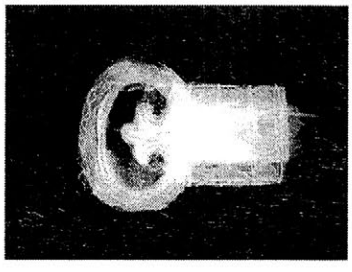


写真 2）環頭部Ｘ線透過画像（上面）

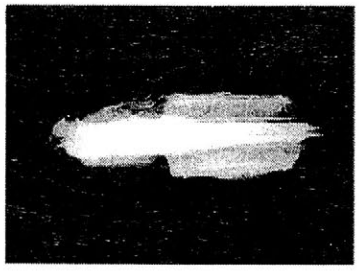


写真 3）環頭部Ｘ線透過画像（側面）

### 2．2保存処理

保存処理前の環頭大刀は長さ 770mm・幅 40mm で、環頭の直径は 60mm、全体の重さは 838g である。

保存処理は9段階の過程でおこない、放射線透過撮影で確認された入絲紋様を表出させることを主眼とした。

第1段階は、考古・美術史学的な形式分類をもとにした処理前の記録と科学的な処理のための非破壊分析を実施した。第2段階は、環頭部分に集中的に入絲紋様が確認されたため、異物除去の際、実体顕微鏡で観察しながら除去した後、洗浄した。第3段階の安定化処理には入絲紋様に影響が及ばないように炭酸ナトリウム（Sodium Sesquicarbonate）0.5%溶液を使用した。第4段階では、脱水処理後105℃で1週間以上乾燥させた。第5段階では、KR-TTS 3%溶液で4時間以上減圧含浸した後、防錆処理した。第6段階では、2回にわたって105℃で24時間程度恒温乾燥させた後、NAD-10　20%溶液で3回真空含浸した。第7段階は、入絲紋様の表出のため実体顕微鏡で観察しながらVibrator Toolを利用した。第8段階では、接合復原のためAralditeとMicroballon、無機顔料などを用いた。古色処理はパラロイドNAD-10に無機顔料を混ぜ古色処理し、最終的には再含浸処理した。第9段階として、保存処理過程と保存処理後の状態などを記録し、写真撮影後、安全な保管のためRP-Systemで真空包装した。

3．結果及び観察

古代韓国の入絲技術は三国時代には鉄製品に金・銀の糸を線入絲技法で入絲し、溝の断面はほとんど「V」字であり、入絲材質は金・銀・銅を合金して使用したことが確認できる。表面に現れた微細な線から、入絲の最後の過程で砥石のような道具で表面処理をした痕跡がみられるなど、古代入絲技法の一面を確認することができる。

統一新羅時代の入絲紋様は三国時代の環頭大刀を線によって施紋したものより仕上がりがよく、また青銅や鉄で作られた工芸品に金・銀を入絲しており、時々面入絲技法も使用された。高麗時代なると青銅に紋様をタガネでたたき、主に銀を入絲した入絲工芸品が製作され、線と面に入絲したものがよくみられ、入絲材料としては金・銀が使われた。朝鮮時代前期の入絲技法は高麗時代の入絲伝統を継承して初期には線・面を主に嵌め込む入絲技法が続く。しかし、朝鮮中・後期には啄入絲技法が登場して入絲技法の主流になり、鍍金入絲技法も導入される。

結論的に瑞山富長里遺跡の百済三葉環頭大刀の入絲技法は線入絲技法で波紋様を施紋したものである。

〈参考文献〉

K.Y. Chung, S.H. Yi and H.W. Jeong,「Manufacturing Technology of a Set of Iron Bit from Eonnam-ri Site」,『Conservation Studies』26, (2005)

P-41

# 出土有機質遺物に対するシンクロトロン顕微赤外分光法の応用

## ～繊維資料を中心に～

○奥山誠義（奈良県立橿原考古学研究所）、佐藤昌憲（独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所）、赤田昌倫・後藤卓真（京都工芸繊維大学大学院先端ファイブロ科学）、森脇太郎・池本夕佳（高輝度光科学研究センター）

### 1. はじめに

発掘調査によって出土した資料の材質調査は、出土品の埋蔵当時の姿・形や製作技術等を探るため重要な作業である。文化財の材質調査では、無機質遺物に対しては蛍光X線分析法やX線回折分析法などが広く利用され、有機質遺物に対しては赤外分光分析法や液体クロマトグラフィーなどが広く利用されている。

赤外分光分析法、なかでも顕微FT-IR分析法は微量の試料で分析が可能であることから、有機質遺物の材質分析には非常に有効である[i]。近年、大型放射光施設SPring-8（BL43IR）のシンクロトロン顕微赤外分光法を利用することにより、さらに少ない試料（極微量）で精度の高い分析が可能になり、ごく少量しかサンプリングが許されない資料に対して有効に利用できることが明らかとなってきた[ii]。

我々は遺跡より出土した有機質遺物に対するシンクロトロン顕微赤外分光法の利用によって、微量なサンプルからより精度の高い分析を行うことが可能であることを確認するとともに、分析結果を得るまでの過程の中で得た知見を述べる。

### 2. 資料について

本研究に用いた資料は、①奈良県天理市下池山古墳出土繊維製品、②同古墳出土の有機質から成ると思われる構造物、③藤原京右京十一条一坊より出土した土師器表面の赤彩塗装面（確認調査のため）である。

①は出土後保存処理のため高分子樹脂（POLYOX-N80）により強化処置され保管されてきた。②は出土時の状況から、繊維を漆のような樹脂状物質で幾層にも積層していたものであると考えられていた。③は、赤色発色材料が鉄系顔料であることがすでに知られており、顔料をどのような材料で定着させていたのかを調査するため分析に供したものである。

各資料はいずれも大変貴重な資料であり、本来は非破壊分析が望まれるところではあるが、SPring-8 BL43IRに設置されているシンクロトロン顕微FT-IR分析装置の特性（後述）を活かし極微量を採取し、分析に供した。

### 3. 分析方法

分析はSpring-8 BL43IRに設置されているシンクロトロン顕微FT-IR分析装置を利用した。シンクロトロン顕微FT-IR分析装置は、実験室レベルの顕微FT-IR分析装置に比べ赤外光の輝度が高く、極微量な試料で精度の高い分析が可能であるため、今回の調査のように極微量（針先ほど）の試料しか得られない場合に有効な方法である。また、放射光は偏光性を有しており、偏光赤外スペクトルの測定が精度良く行える。

①から採取した試料は、予め樹脂を除去する前処理を施し分析に供した。②から採取した試料は、前処理を施すことなく分析した場合、土中埋蔵中に付着した土壌等のIRスペクトルが、繊維や漆のIRスペクトルに重なり分析が困難となる可能性があった。これまでに古代漆の分析に際して、酸による前処理によって精度良く漆のIR分析が可能であることが知られているので[iii]、それを参考として、前処理は塩酸により実施した。試料は塩酸に浸し、15分間超音波洗浄装置にかけ、さらにおよそ12時間浸漬したま

ま放置した。その後十分に超純水で洗浄し乾燥させ、これを分析試料とした。③から採取した試料も同様の処理を施し分析試料とした。

## 4. 結果と考察

図1～4に、前処理を施す前後の各試料のIRスペクトルを示す。

①では除去前のスペクトル【図1中の(c)】に高分子樹脂POLYOXのピーク(1741～800 $cm^{-1}$)が繊維のピークが現れる領域と重複するため、繊維の同定を困難にしていた。また、②及び③の試料においては、土壌成分など付着物の影響により全体がブロードなスペクトルになり、物質の同定を困難にしていた(図2～4)。

前処理実施後の分析結果では、①の試料については、1600$cm^{-1}$付近にアミドⅠ、アミドⅡが一体化したと思われるピークが現れ、これにより絹が存在していた可能性が考えられた。②の試料では、断定はできないものの漆と植物繊維と思われるピークが確認できた。しかしながら、②の繊維の種類や積層している樹脂が漆であるかという点については、現時点でははっきりしないため、今後さらに研究を進め解明に当たりたい。③では漆が検出された。これより赤彩塗装は漆に顔料を混ぜ塗彩していたことが確認できた。

以上より、いずれの試料からも「前処理」によって、高分子樹脂や土壌等の影響を排した繊維試料および樹脂状物質のIRスペクトルを得ることができた。

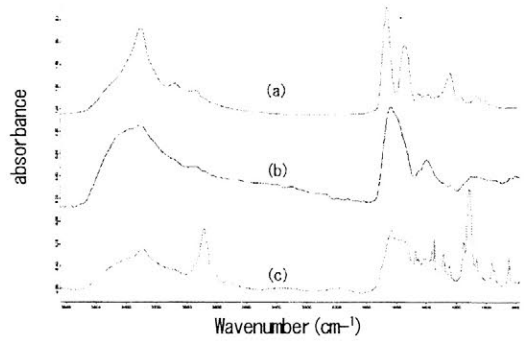



図1 繊維試料の一部のIRスペクトル
(a:精練絹糸、b:除去後、C:除去前)

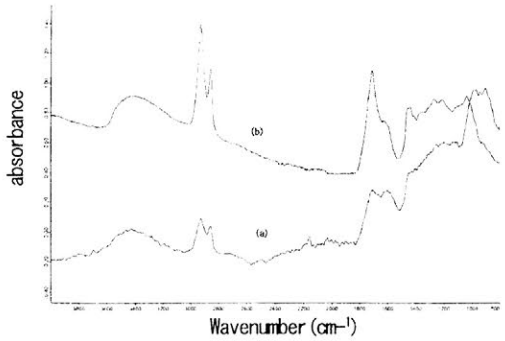



図2 藤原京出土土師器赤彩塗装面
(a:酸処理前、b:酸処理後)

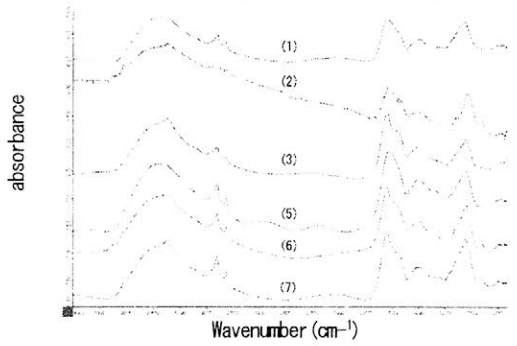



図3 有機質構造物酸処理前のIRスペクトル
(1) ～(7)は層構造の層順を示す

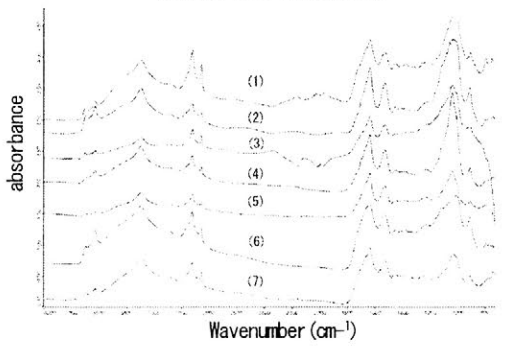



図4 有機質構造物酸処理後のIRスペクトル
(1) ～(7)は層構造の層順を示す

---

[i] 佐藤昌憲「顕微赤外分光法～出土絹繊維の科学～」『絹文化財の世界』独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所編 角川出版 2005

[ii] 佐藤昌憲 「シンクロトロン顕微赤外分析法による古代絹繊維の研究」『文化財保存修復学会第27回大会研究発表要旨』 p50～51 文化財保存修復学会 2005

[iii] 見城敏子 「古代漆の分析の際の前処理」『保存科学』 25号 p49～53 東京国立文化財研究所 1986

P-42

# X線CTスキャナによる考古資料の調査

○ 鳥越俊行・今津節生（九州国立博物館）
比佐陽一郎（福岡市埋蔵文化財センター）

## 1．はじめに

九州国立博物館は、大型文化財を調査可能な最新の文化財用X線CTスキャン装置を平成18年6月に導入し、文化財の構造・技法調査を開始した。本装置は、等身大の木彫像のような大型文化財の内部構造を高精度に2時間程度の短時間で調査できる国内最大のCTスキャナである。大型で高出力・高精度の文化財用X線CTスキャン装置を博物館に導入したことにより、文化財が移動する経路で様々な文化財の非破壊調査が可能となった。本発表では、これまでに調査した鉄製品や青銅製品、土製品、陶磁器などの考古資料に関して、構造や制作技法、劣化状況の把握などについて新知見を得たので報告する。

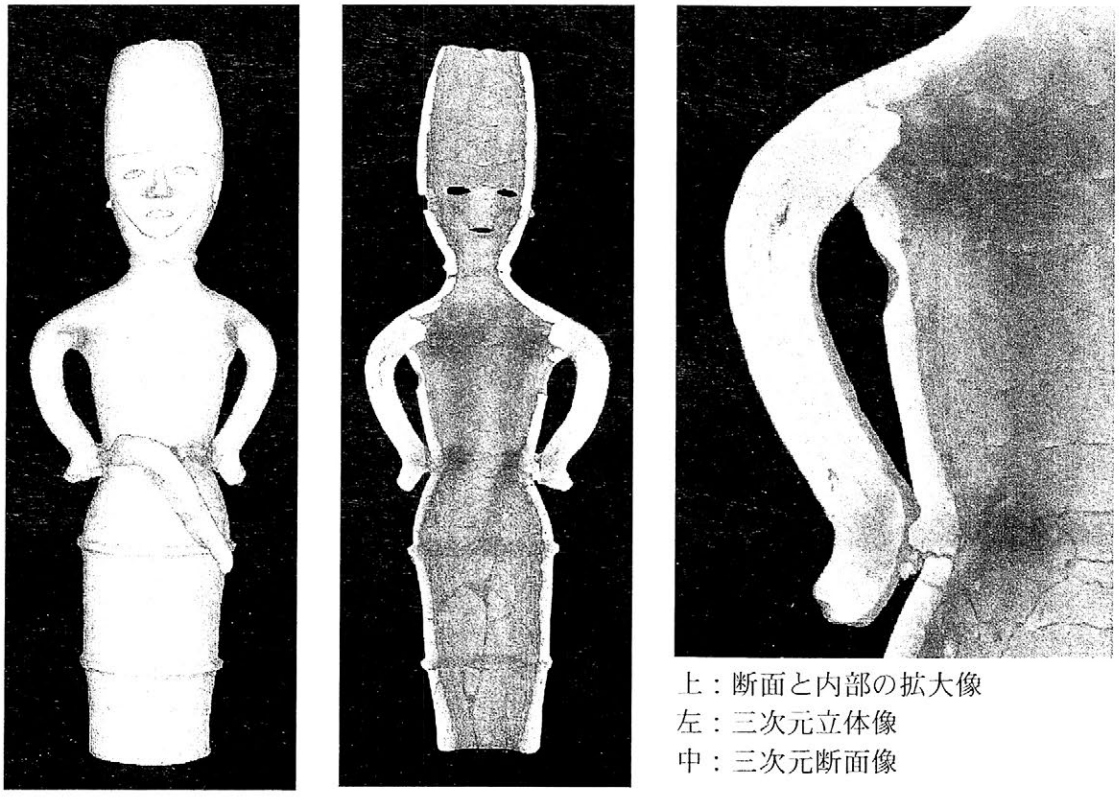
## 2．調査方法

重量100kg、直径1m以内の文化財を調査可能な九州国立博物館の文化財用X線CTスキャナを用いた。直径60cm×高さ180cmの範囲を読み取り、最高0.2mmの高精度で断面・立体像を作成することができる。医療用X線CTスキャナに比較して高出力・高精度・高速であり、多様な資料に対応できる。

撮影は、160kV～320kV、5.0mA～2.0mAの範囲で材質に応じて条件を変更し実施した。

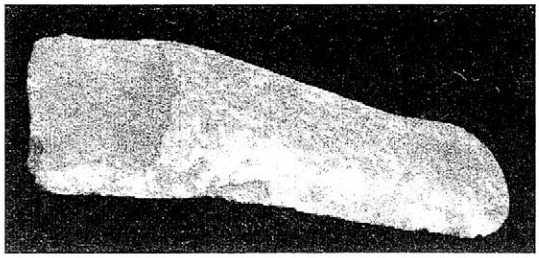
## 3．調査資料

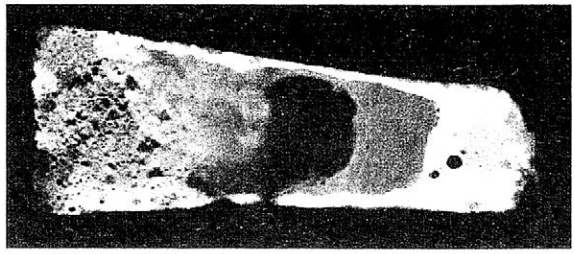
形象埴輪　製作技法の解明を目的に調査を実施した。その結果、内面に残る輪積痕跡や接合跡が明瞭に観察できた。さらに、胎土の鉱物粒子が明瞭に判別できた。

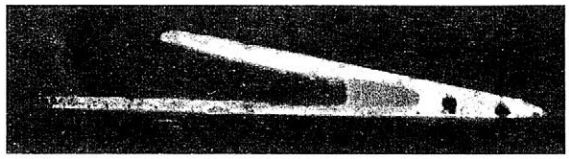


上：断面と内部の拡大像
左：三次元立体像
中：三次元断面像

鉄製品　鋳造製品および鍛造製品の相違を目的に調査を実施した。その結果、鋳造鉄斧の内部にある気泡が明瞭に識別できた。気泡を立体的に観察することで、鋳造による球状の気泡か腐食による空隙かが明らかとなった。

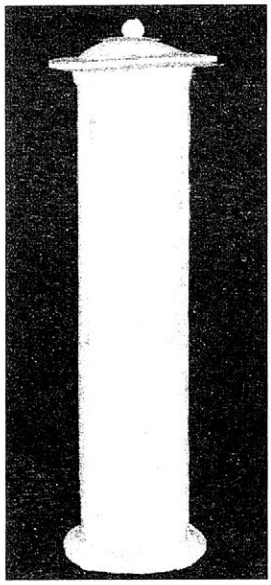


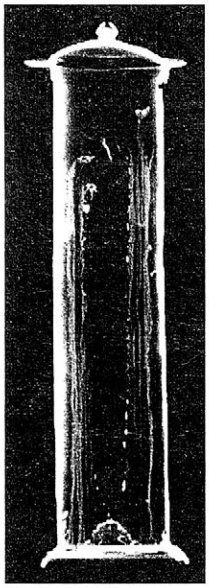


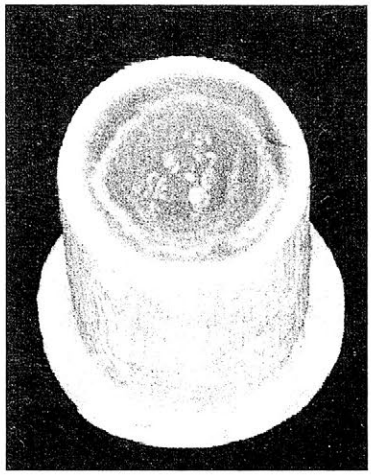


上　：鋳造鉄斧の三次元立体像
右上：鋳造鉄斧の横断面
右　：鋳造鉄斧の縦断面

青銅製品　金属容器中にある密度の軽い物質の把握を目的に調査を実施した。その結果、経筒内の紙を識別できるとともに、紙本経の状態も判明した。さらに経筒の構造も明らかとなった。







上：経筒の三次元断面像
左：経筒の三次元全体像
中：経筒の断面

## 4．まとめ

考古資料は様々な材質で構成されていることが多く、資料表面に土が残存している場合もある。本装置は、測定で得られたX線の透過量をコンピュータ処理し画像化することから、例えば従来のX線撮影では確認が難しい金属容器内の紙についての情報も得られる。また、鉄製品内の気泡を立体的に観察できるため、鋳造か鍛造かを判断するにも役立つ。土を除いた画像化も容易であることから、断面観察や計測も可能である。

測定から解析まで短時間でできる文化財用X線CTスキャナが導入されたことで、従来調査が行われていない様々な材質の文化財を非破壊で構造調査することが可能となった。今後、本装置を使って文化財科学と考古学・美術史との共同研究が飛躍的に推進することが期待される。

P-43

# 青森県内の消費地遺跡出土須恵器の産地問題

O 三辻利一（大阪大谷大学）、三浦圭介（青森県埋文）、藤原弘明（五所川原市教委）
宇部則守（八戸市教委）、佐藤智生（青森県埋分）

1）はじめに

日本列島の地質の基盤を構成する岩石が花崗岩類である。全国各地の花崗岩類、3000点ほどの岩片試料の分析データをK-Ca、Rb-Sr分布図上にプロットした結果、花崗岩類にも地域差があることが判明した。花崗岩類中のK、Rbは主として、カリ長石に、また、Ca、Srは斜長石に由来すると考えられる。K、Rbの多い花崗岩類は新潟県の五頭山、福井県敦賀半島、および、その延長上にある琵琶湖西部の比良山、さらに、西へいって丹後半島、倉吉市の後背地の山を構成する花崗岩類、山口県の長門鋼山周辺で採集された花崗岩類など、日本海側に片寄って分布しており、これに対応するように、五頭山山麓の笹神丘陵に分布する窯跡出土須恵器、中世陶器、若狭美浜町の興道寺窯、丹後竹野町の鬼神谷窯、山口市の周防陶窯群の須恵器にはK、Rbが多いという化学特性をもつことが分析データで示されている。

他方、K、Rbが少なく、Ca、Srが多い花崗岩類は東北地方の北上、阿武隈山系を構成する花崗岩類や、近畿地方では南部の葛城、金剛山を構成する花崗岩類である。これに対応するように、宮城県、福島県の大平洋側の窯跡出土須恵器にはK、Rbが比較的少ない。また、葛城、金剛山の麓に近い富田林市竜泉寺に在る中佐備窯跡出土須恵器や、羽曳野市にある古市窯群の埴輪にはCa、Srが比較的多い。

以上に挙げた地域差は長石類に起因する地域差であるが、有色鉱物に由来するFeも地域差を示す場合がある。主として、火山活動に絡んだ地域である。青森県五所川原市にある五所川原窯群の須恵器、宮城県白石市にある一本杉窯群の須恵器、東北窯の中世陶器、埼玉県鴻巣市にある生出塚窯群の埴輪、生駒山西麓遺跡群の軟質土器、鹿児島県徳之島のカミヤキ窯群の類須恵器にはFeが多く、識別因子として有効である。Feが少ない愛知、岐阜県の窯跡出土須恵器、灰釉陶器、中世陶器、山茶碗もあるが、一般的には、Fe因子は有効に地域差を示さない場合が多い。

これらのことから、地域差をよりこまかく示す長石系因子が全国的に土器類の地域差を示す有効因子として使用されることになった理由である。

以上のことから、五所川原窯群の須恵器を識別する因子として、長石系因子のほかに、Fe因子も使用される。また、五所川原窯群の製品は考古学的にも他の産地の製品から見分けやすいといわれている。

土器の考古学研究には二つの立場がある。形式論と材質論である。蛍光X線分析法による産地推定法は材質論による研究成果であるが、この方法を使って産地推定した結果は形式論でも再検討することは必要である。このプロセスを経て、蛍光X線分析の結果は考古学側に受け入れられることになる。そのためには、考古学的にも見分け易い須恵器を研究対象として選択することには意味がある。青森県内には五所川原窯群が操業に入る前の段階の、8～9世紀代の須恵器が搬入品として県内各地の消費地遺跡から出土している。ま

ず、五所川原産と推定される須恵器を摘出する作業が考古学者と分析化学者の共同研究で行われた。

2）分析方法

蛍光X線分析法は従来通りであるので説明を割愛する。五所川原産須恵器の摘出には五所川原群と瀬谷子群（胆沢城周辺にある大平洋側の北限の須恵器窯群）間の判別分析を適用した。K、Ca、Rb、Sr の４因子を使う場合と、K、Ca、Fe、Na 因子を使う二通りの方法を使用した。五所川原産と推定された須恵器は考古学的にも検討された。

3）分析結果

K、Ca、Rb、Sr の４因子を使って五所川原群と瀬谷子群間の判別分析の結果は図１に、また、K、Ca、Fe、Na 因子を使った判別分析の結果を図２に示す。両者はほぼ完全に分離しており、その相互識別は可能であることがわかる。この両判別図を使って、青森県内の多くの消費地遺跡から出土した須恵器の産地を推定した結果、日本海側の遺跡には瀬谷子産の須恵器は殆ど検出されなかったのに対して、大平洋側の八戸市周辺の遺跡からは瀬谷子産と推定される須恵器を多数検出した。五所川原産の須恵器は県内各地の消費地遺跡から多数検出された。そして、産地不明とされる須恵器も多数検出された。その多くはK、Rb が比較的多く、日本海沿岸側の製品と推定された。これらの須恵器が秋田県か、山形県か、新潟県か、富山県内産の製品である可能性が高く、現在、探査中である。

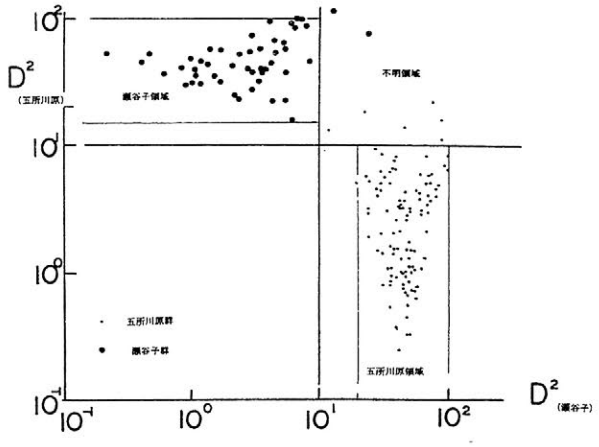



図１　五所川原窯群と瀬谷子窯群の相互識別（K、Ca、Rb、Sr）

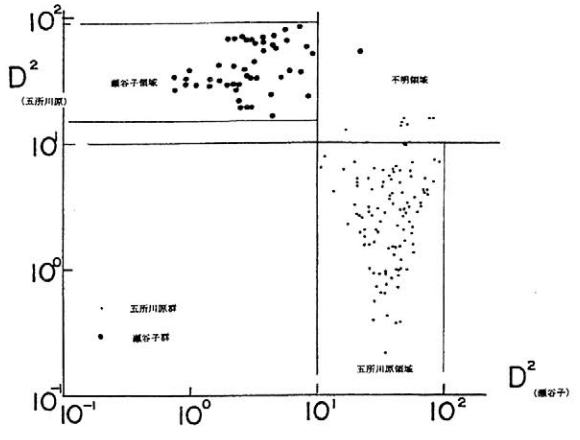



図２　五所川原窯群と瀬谷子窯群の相互識別（K、Ca、Fe、Na）

P－44

# 松山平野の初期須恵器と軟質土器の蛍光Ｘ線分析

三辻利一（大阪大谷大学）、O 山之内志郎（松山市埋分センター）、
高尾和長（松山市埋分センター）

１）はじめに

５世紀代の各地の古墳からは和泉陶邑から搬入されたと推定される須恵器が検出されているが、地元に須恵器窯がある場合には、地元産の須恵器も検出されている。

松山市には市場南組窯という初期須恵器の窯跡が発見されている。はじめに、市場南組窯跡出土須恵器の化学特性が求められた。市場南組群と陶邑群、市場南組群と伽耶群間の２群間判別分析が試みられた。これらの母集団の相互識別が十分可能であることを確認した上で、船ヶ谷遺跡、出作遺跡をはじめ、周辺の遺跡から出土した須恵器の産地を２群間判別分析法で求めた。

また、松山市内の樽味高木遺跡と樽味四反田遺跡から出土した韓式土師器と在地産土師器の胎土も比較された。その他、砥部町の水満田遺跡出土の弥生中期、後期の土器、古墳時代以降の土師器、中世土師器や同じ砥部町の麻生小学校南遺跡の古墳時代以降の土師器の胎土とも比較された。生産地である窯跡が残っていない弥生土器、土師器の蛍光Ｘ線分析からどんな情報を引き出すことができるかを検討した。

２）分析法

試料はすべて、表面を研磨したのちタングステンカーバイド製乳鉢で 100 メッシュ以下に粉砕された。粉末試料は 10 トンの圧力を加えてプレスし、内径 20mm、厚さ 5mm の錠剤試料を作成した。蛍光Ｘ線分析は相対分析であるので、標準試料 JG-1 を含めてすべての試料は一定形状にして測定した。

蛍光Ｘ線分析には理学電機製 RIX2100（波長分散型）を使用した。この装置には TAP（Na）、Ge（K、Ca）、LiF（Fe、Rb、Sr）の３枚の分光結晶が装填されており、ガスフロー比例計数管（Na、K、Ca）、シンチレーションカウンタ（Fe、Rb、Sr）の検出器で蛍光Ｘ線強度を測定した。また、この装置には 50 試料が同時に搭載できる自動試料交換機が連結されており、完全自動分析ができる。Ｘ線管球には Rh 管球を使用した。使用条件は 50kV、50mA である。入射Ｘ線はスリットで直径 15mm に絞られ、固定されている。

標準試料には岩石標準試料、JG-1 を使用した。測定された蛍光Ｘ線強度は JG-1 の各元素の蛍光Ｘ線強度で標準化された値で表示された。K-Ca、Rb-Sr の両分布図の作成や、マハラノビスの汎距離の二乗値の計算にはすべて、標準化値が使用された。

３）分析結果

図１には地元、市場南組窯の須恵器の両分布図を示す。Rb-Sr 分布図では市場南組窯の須恵器は陶邑領域に包含されてしまうが、K-Ca 分布図では多くの試料が陶邑領域からずれており、相互識別の可能性があるこがわかる。市場南組群と陶邑群間の判別分析の結果は図２に示されている。小さな重複領域があるものの、相互識別は十分可能であることが

分かる。この判別図を使って、船ヶ谷遺跡、出作遺跡などの松山市周辺の遺跡から出土する初期須恵器を分析した結果、地元、市場南組窯の製品はもちろん、陶邑産と推定される須恵器も多数検出した。

砥部町の水満田遺跡から出土した弥生中期の土器、後期の土器の両分布図を図３、４に示す。これらの図には比較のために、水満田領域を描いてある。弥生中期と後期の土器の分布を比較すると、両者とも殆どの試料は水満田領域に分布することはこの遺跡の周辺の粘土を素材として土器を製作したことを示唆する。しかし、両者の分布はぴたりと一致しているわけではない。後期の土器は領域の下半分の領域に片寄って分布することがわかる。このことは粘土の採集場所が多少はずれたことを意味する。同じ遺跡出土土器とはいえ、製作時期がずれているから当然のことである。古墳時代以降の土師器も水満田領域に分布しており、弥生時代以来、地元で軟質土器を製作していたと推察された。このように、同じ遺跡で時代を越えて同じ胎土をもつ軟質土器がどの遺跡でも出土するとすれば、軟質土器は遺跡周辺で製作していたことの間接的な証明になる。このような方法で、軟質土器の胎土を集落間で比較する研究が始められている。

図１ 市場窯跡出土須恵器の両分布図

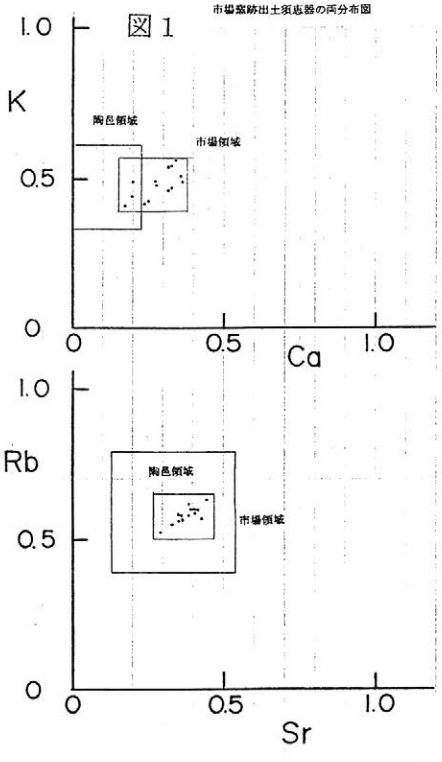



図３ 水満田遺跡出土弥生土器（弥生中期）の両分布図

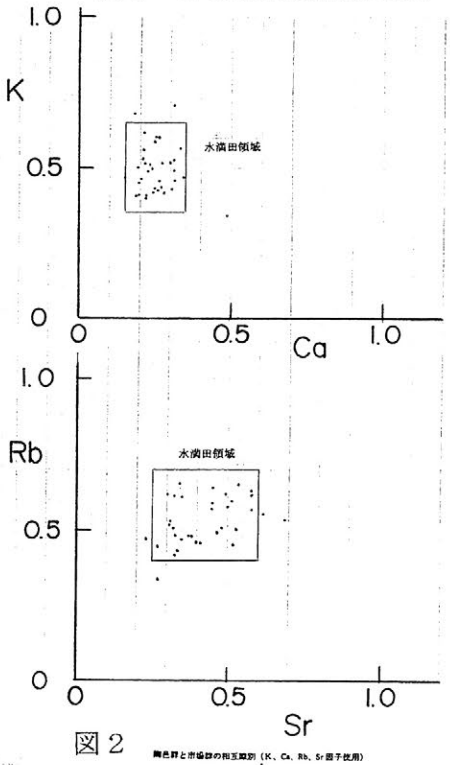



図４ 水満田遺跡出土弥生土器（弥生後期）の両分布図

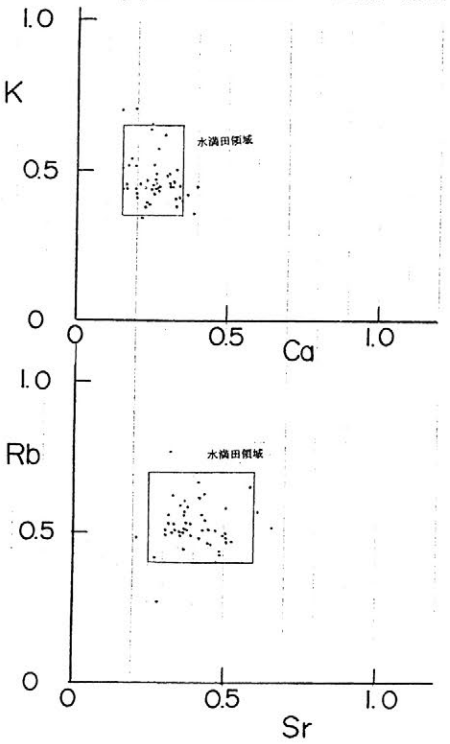
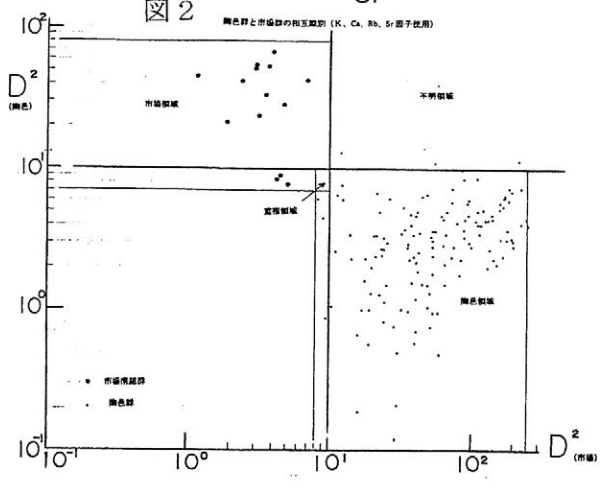



図２



P-45

# 富山平野の消費地遺跡出土須恵器、土師器の産地研究

O三辻利一（大阪大谷大学）、宮田進一（富山県文化振興財団）

1）はじめに

北陸地方では福井県には越前国府の近くに越南窯跡群、石川県には加賀国府の近くに小松窯跡群（加南窯群、辰口窯群）、能登国府の近くに鳥屋窯跡群という大規模な須恵器窯跡群が発見されている。他方、富山県内には中部の富山市、西部の小矢部市、北部の上市町、滑川市の３地域に多数の須恵器窯跡が発見されている。８世紀代を中心に７世紀から９世紀にわたって操業した窯跡群である。律令体制下では、越前、加賀・能登、越中のこれらの大規模窯群で製作された須恵器がそれぞれの国内で消費されたものと推察される。国を越えて供給された例があるかどうかも不明である。その供給の模様は殆ど追跡されていない。当然、富山県内のこれらの窯で製作された大量の須恵器が富山平野の消費地遺跡に供給されたと推察されている。その供給の模様を追跡するためにはまず、富山県内の窯跡出土須恵器の化学特性を整理しておかなければならない。そして、考古学的条件を入れて、２群間判別分析法が適用され、消費地遺跡出土須恵器の産地が推定される。今回は2007年度に分析された富山市の任海宮田遺跡出土須恵器、墨書土器、土師器を中心に、その蛍光Ｘ線分析の結果について報告する。

2）分析法

須恵器の伝播を追跡する研究では生産地である窯跡出土須恵器はもちろん、消費地遺跡出土須恵器も大量に分析することが必要である。伝播の流れを把握する必要があるためである。そのために、分析法にも工夫が必要である。岩石学研究における岩石の分析のように、化学組成を求める必要はないが、従来の試料数をはるかに上回る大量の須恵器試料の分析が必要である。そのための方法として、岩石標準試料、JG-1 による標準化法を採用した。この方法で窯跡出土須恵器に地域差があることはこれまでの研究成果で十分立証されている。この方法では毎日、JG-1 の各元素の蛍光Ｘ線強度が測定されており、年間のばらつきはどの元素についても、変動係数にして数%以下である。きわめて安定性のよい分析値が得られている。その理由として、測定試料は 100 メッシュ以下に粉砕された粉末試料を高圧をかけてプレスし、内径 20mm、厚さ 5mm の錠剤試料を作成し、スリットで有効照射面を 15mm に固定して測定していることが挙げられる。Ｘ線を 1mm 程度に絞って照射すると、粉末試料とはいえ、試料面が溶液のように均質ではないため、Ｘ線の照射面によっては測定値にバラツキを生じることになる。蛍光Ｘ線分析や放射化分析の測定では検出器と試料の間の幾何学的条件を一定に保持することが必要である。

3）分析結果

後背地を構成する花崗岩類の化学特性が同じであるため、富山県内の窯跡出土須恵器の化学特性は類似するものが多い。いくつかの例を示す。図１，２には富山市内の平岡Ⅱグループと室住池グループを、図３，４には小杉町の赤坂 B、C グループと天池Ｃグループ

を比較してある。小地域内でも微妙な地域差があることが分かる。これらの小地域差を使って消費地遺跡の須恵器の産地を推定することになる。図５には任海宮田遺跡出土墨書土器（須恵器）の両分布図を示す。Ca、Sr が多いグループと少ないグループの二つのグループがあることがわかる。いずれも県内産の須恵器と推定される。さらに、K、Rb が多いXグループがあることがわかる。同じ胎土をもつ土師器も検出されており、その産地を探査中である。ここではいくつもの消費地遺跡出土須恵器の産地推定の例を紹介する。

図１

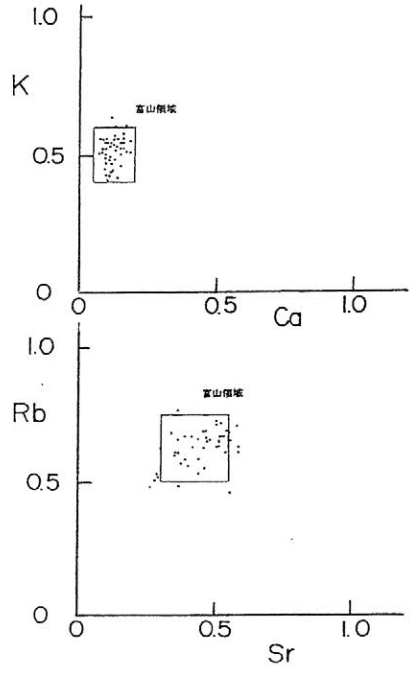



図２

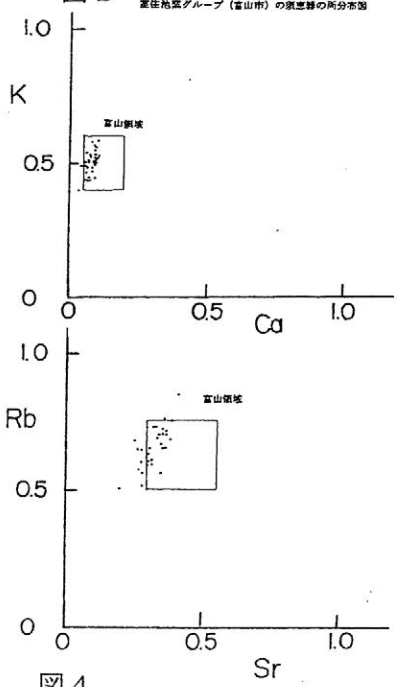



図３

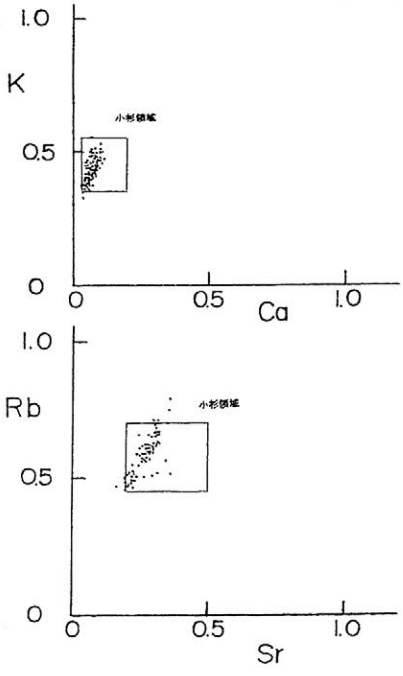



図４

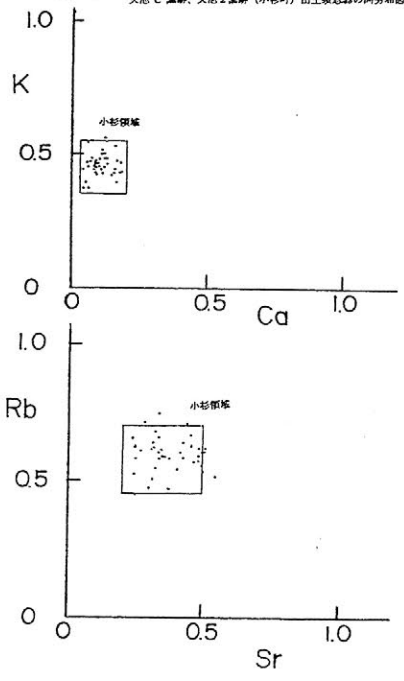
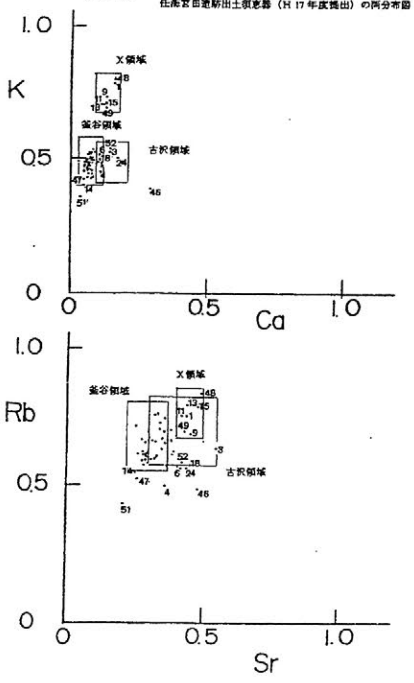



図５



P－46

# 高松平野の初期須恵器の蛍光X線分析

O三辻利一（大阪大谷大学）、森下英治（香川県埋分センター）

1）はじめに

香川県内には2ヶ所で初期須恵器の窯跡が発見されている。三谷三郎池窯と宮山窯である。まず、両者の化学特性が求められた。ついで、三郎池群と陶邑群、宮山群と陶邑群、三郎池群と宮山群間の2群間判別分析が試みられた。この結果を使って、香川県内の遺跡出土初期須恵器の産地推定が試みられた。

香川県には下川津遺跡という弥生時代の大集落がある。下川津遺跡出土弥生前期、後期の土器の胎土が比較された。後期の土器の大集団とは異なる化学特性を持つ少数派の土器群が検出された。これらは下川津B類系といわれる土器群である。さらに、弥生時代後期の上天神遺跡から出土した土器、大浦浜遺跡から出土した古墳時代後期の土師器の胎土も生駒山西麓産の庄内式かめの胎土と比較された。香川県でも集落間で軟質土器の胎土の比較研究が開始された。

2）分析法

土器試料はすべて、表面を研磨してから粉砕した。粉末試料は高圧をかけてプレスし、内径20mm、厚さ5 mmの錠剤試料を作成して、蛍光X線分析を行った。

蛍光X線スペクトルの比較から、殆どすべての土器試料で観測される元素は同じであることが実証されている。大小、いくつもの元素のスペクトル線が観測されるが、ルーチン分析では小さなピークは除外される。通常、30秒程度の測定で10000カウントを越える程度の大きさのピークのみを測定する。それがK、Ca、Fe、Rb、Srである。蛍光X線スペクトル線は原子番号の順に並んで観測されるから、K/Ca、Ti/Fe、Rb/Srのピーク比を各地の窯跡出土須恵器について比較した結果、K/CaとRb/Srのピーク比は地域によって変動することが観測された。このことはこれらの元素が窯跡出土須恵器の地域差を示す有力な元素であることを示す。分子、分母のどちらの元素が有効に地域差を示すかを知ろうとすると、分子／分母の関係をはずして、K-Ca、Rb-Srの両分布図上に分析データをプロットするしかない。かくして、全国各地の窯跡出土須恵器について、分析データをK-Ca、Rb-Sr分布図上にプロットする作業が始まった。20年近い年月をかけてデータを比較した結果、両分布図が有効に地域差を示す分布図であることが実証された。これが両分布図を作成することになった理由である。須恵器（粘土）にみられる地域差は小さいので、地域差を示す分布図が発見されたことは須恵器の産地推定法を開発する上に第一の関門を突破したことになる。過去に天然の粘土の地域差を研究した例はない。むしろ、岩石が風化して生成した粘土には地域差がみられないのではないかといわれていた。それがたまたま、窯跡出土須恵器に地域差があるかどうかという問題が提示されてはじめて、研究の対象となってきたのである。もし、窯跡出土須恵器に地域差がなければ、須恵器の産地推定法の開発研究は成立しなくなるからである。

ついで、窯（群）の相互識別のために、２群間判別分析法が導入されることになった。

３）分析結果

三郎池窯の須恵器の両分布図を図１に示す。また、三郎池群と陶邑群間の判別分析の結果を図２に示す。相互識別が十分可能であることを示している。宮山群と陶邑群、三郎池群と宮山群間の相互識別も十分可能であることが分かった。これらの判別図を使って、香川県内の遺跡出土須恵器の産地を推定した結果、多くの陶邑産の須恵器を検出した。地元、三郎池産や宮山産の須恵器は少数しか検出されなかった。

下川津遺跡出土弥生前期、後期土器の K-Ca 分布図を図３，４に示す。後期の弥生土器の内の基準領域から大きくずれて分布する少数の土器群が B 類系の土器である。胎土観察では生駒山西麓土器と類似する。生駒山西麓産の庄内式かめとの相互識別も検討した。その他、上天神遺跡、大浜浦遺跡出土土器の分析結果についても考察する。

図１　三谷三郎池西岸窯跡出土須恵器の両分布図

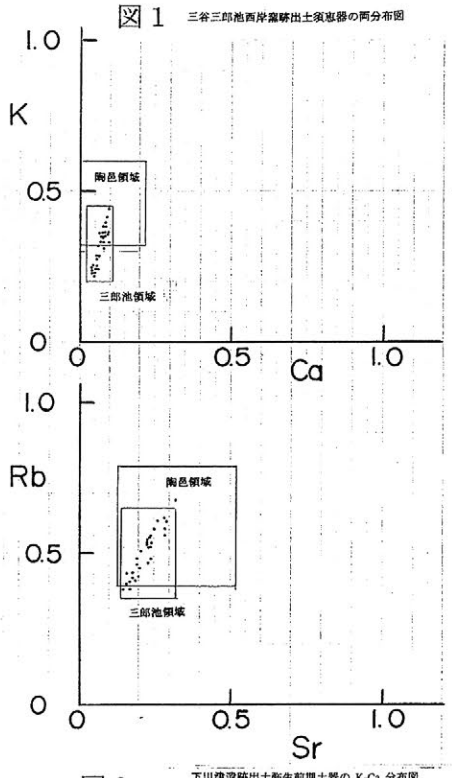



図２　陶邑群と三郎池群の相互識別（K、Ca、Rb、Sr）

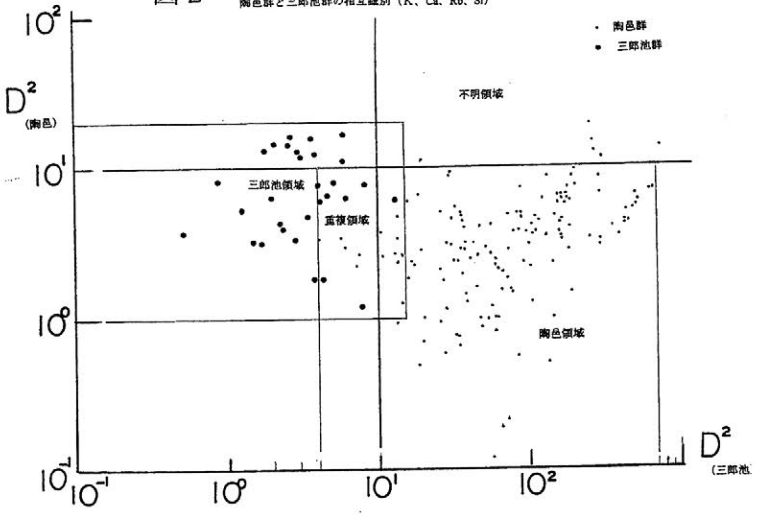



図３　下川津遺跡出土弥生前期土器の K-Ca 分布図

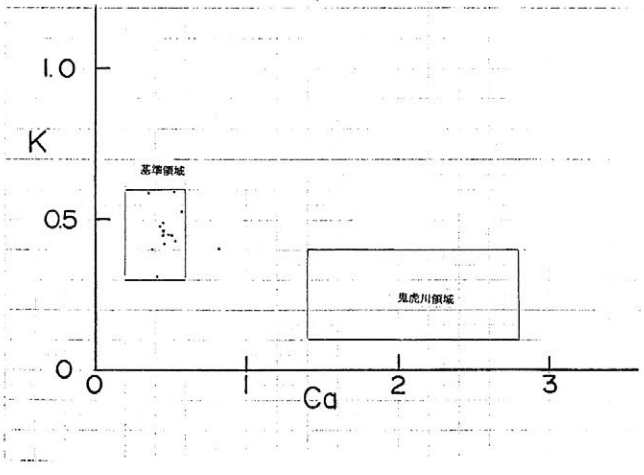
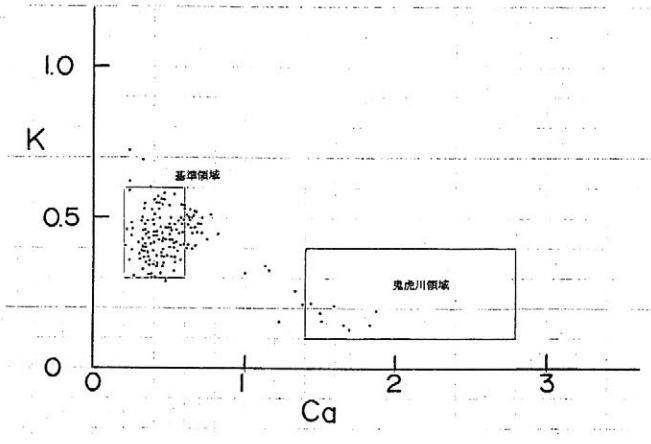



図４　下川津遺跡出土弥生後期土器の K-Ca 分布図



P-47

# 中性子回折を用いた縄文土器の分析と岩石学的手法による胎土分析の比較

小林謙一(国立歴史民俗博物館)・○河西　学(山梨文化財研究所)・
神山　崇・池田　進(高エネルギー加速器研究機構)

1.　はじめに

中性子は、その透過能と散乱能により、土器の構造情報を小角散乱や多結晶回折により抽出することができる。中性子回折は、非破壊分析で、X線回折に比較して軽元素にも敏感であり、格子定数、結晶構造、結晶配向、ガラス相の構造を分析できる。中性子回折の考古学資料への適用は、海外では、焼成温度の研究や貨幣の真贋判定や修理の有無などの報告例があるが、我が国においてはほとんどみられない。中性子回折の考古学への適用により、産地推定、焼成温度などの製作プロセス、埋没条件等による劣化や保存状態等の情報を得ることが期待される。今回は、基礎的な実験として、縄文土器胎土中の結晶相の中性子回折パターンから鉱物モデルを構築し、それに基づいて結晶の定量解析を試みた。また同一試料に対して岩石学的な胎土分析を行ない、両者の結果を比較した。

2.　試料と分析方法

試料は、関東・中部・東北・四国地方の縄文土器(縄文草創期～晩期)を中心とし、比較対象とした弥生土器・近世陶磁器を含む32点である。

中性子回折用試料は、土器片をそのまま用いた。実験は、高エネルギー加速器研究機構の中性子科学研究施設の回折装置Siriusによって、1試料あたり2～8時間、ビームサイズ幅1cm×高さ1～4cmで陽子加速器を用いたパルス中性子回折実験である。岩石学的分析では、土器の岩石薄片を作製し、ポイントカウント法により0.05mm以上の岩石鉱物を計数した。

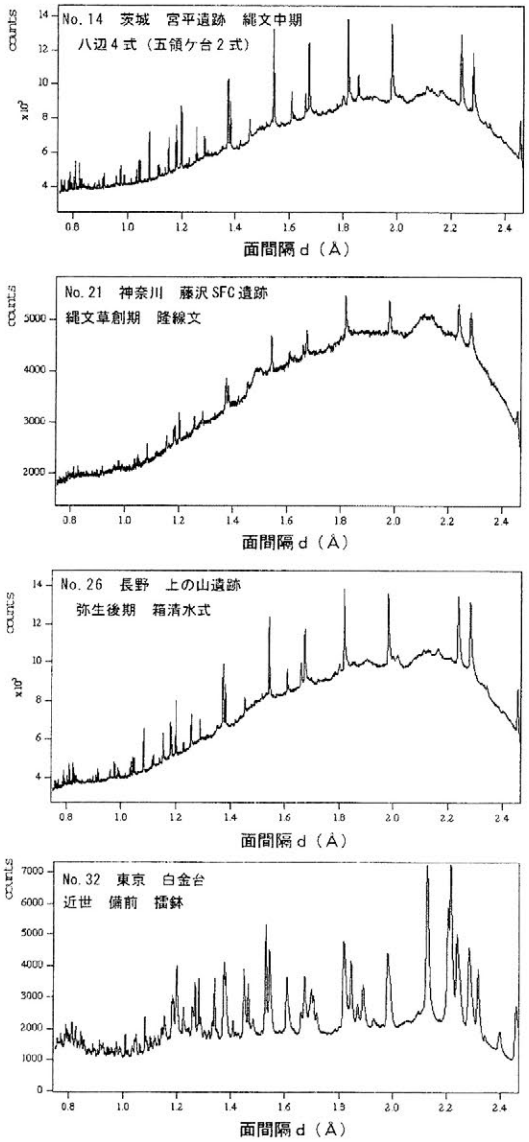
3.　分析結果

中性子回折パターン(図1)を、面間隔dに対し Q=2*π/d として規格化した全散乱パターンS(Q)では、縄文・弥生土器では認められないガラス相の構造を反映した長周期の振動が、近世陶磁器類(焙烙、瀬戸、備前擂鉢)において認められた(第2図)。これらの陶磁器類では、薄片において胎土のガラス化が認められ、ガラス中には径約1μm、長さ10～20μmの針状結晶が生じており、中性子回折からはムライトが検出された。

中性子回折パターンから結晶を定量解析するには、まず鉱物モデルを構築する必要がある。結晶構造データベース(ICSD)から回折パターンをシミュレーションし、測定データと比較して鉱物モデルを構築し、Rietveld解析によって定量解析を行った。岩石学的手法による胎土分析では、多くの試料で地域的特徴を示す岩石鉱物組成が得られた(第3図)。鉱物モデル1における石英・カリ長石の中性子回折の定量解析値と岩石学的手法による組成値との相関係数は、0.4～0.5であった。両者の組成値は、岩石学的分析対象が砂粒子に対し、中性子回折はシルト～粘土サイズ以上の結晶を測定対象とするという分析対象の差異を反映させている可能性がある。

4.　おわりに

中性子回折の考古学遺物への適用は、緒についたばかりであり、今後より実用的な鉱物モデルを確立したい。現在準備中の陽子加速器施設J-PARCの運転が開始されれば、中性子回折の分析精度の向上や適用範囲の拡大が期待される。



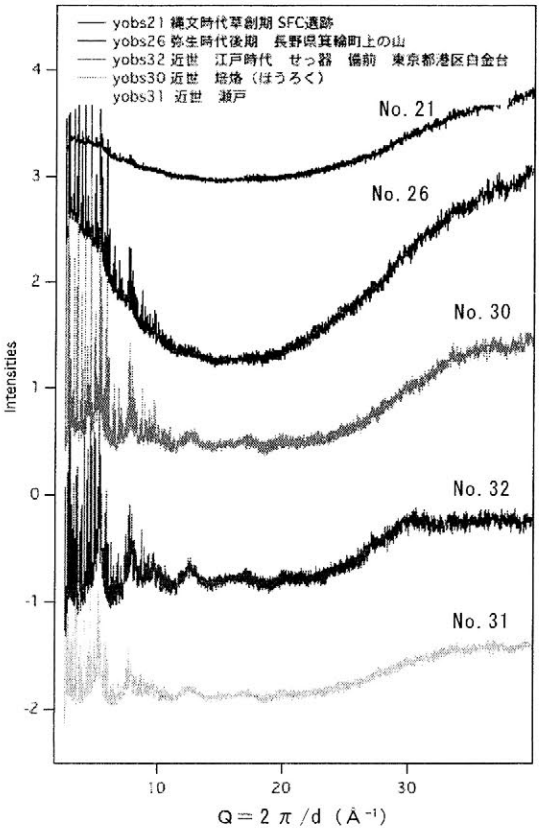




図2　全分散パターン

図１　中性子回折パターン

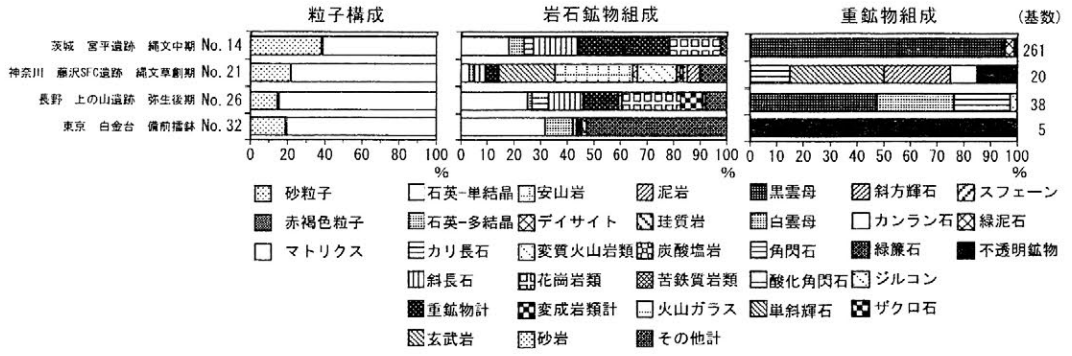



図3　土器の岩石鉱物組成・重鉱物組成

P-48

# フィジーにおける土器および関連資料の胎土分析

○ 中園　聡*・松本直子**・川宿田好見*・黒木梨絵*
（*鹿児島国際大学，**岡山大学）

## はじめに

南太平洋のフィジーにおける考古学的・民族考古学的調査によって得られた，土器および関連資料について，蛍光X線分析による胎土分析を実施した成果について述べる。

太平洋地域では先史時代以来，島嶼間において様々な種類・性質の交渉が行われたと考えられるが，ビスマルク諸島からポリネシア西部まで広く展開したラピタ土器についても移動が確認されている。それは，近年この地域で実施された土器の胎土分析の成果に負うところが大きいが，島嶼間の交渉に関する考古学的に高次な研究を行うに足る組織的・体系的な胎土分析の実施という意味では，いまだ不十分である。とくに，多量の土器を分析することが可能な蛍光X線分析の実施状況については立ち遅れており，ラピタ文化の東端にあたるフィジー周辺の資料の分析については，これからの課題といえる。そこで本研究では，フィジーの土器や土器素材（粘土・砂）の化学特性を把握することを第一の目的として，先史時代の土器や，伝統的製作法による現代の土器とその素材を分析する。

また，例えば弥生時代の集落間で土器の化学特性に多少の差がみられることがしばしばであるが，現在の土器製作を行う近接した集落間で実際にそれを確認することが課題であった。さらに，製品の胎土の差を生じさせるのが，素材の採取地の差によるものか，それとも混和材の混ぜ方などの調整法によるものかについても，論理的推定の範囲を超えて，現存する実例によって確認しておく必要がある。こうした考古学的に未解決または解決が不十分な課題についても，フィジーの民族考古学的調査によって得られた資料の分析を通じて貢献したい。

## 試料と方法

分析に供した試料は，以下の通りである。

フィジー諸島最大の島であるヴィチレブ島西南部，シンガトカ川流域に，近接して所在する2つの村（Lawai村，Nakabuta村）において製作されている土器。両村の粘土の採取地から得られた粘土。両村で使用されている混和材としての砂。また，ヴィチレブ島東南部のレワ川流域で製作されている土器についても試料とした。さらに，ラピタ文化の遺跡があるBourewaの土器や，またシンガトカ川流域のタヴニ砦の土器も分析した。以上，分析した試料の総点数は，231点である。

分析は，三辻の方法により実施した。採取した試料は試料表面の付着物や汚染を除去するために研削を行い，タングステンカーバイド製乳鉢で粉砕した。その粉末試料を内径20㎜，厚さ5㎜のビニール製リングの枠に入れ，約12tの加圧により錠剤試料を作成して，蛍光X線分析に供した。装置は，鹿児島国際大学に設置されている波長分散型蛍光X線分析装置（理学電気工業製　ZSX100e）を使用し，K，Ca，Fe，Rb，Sr，Na，Mg，Tiの8元素を測定した。分析値は同時に分析されたJG-1の各元素のX線強度を使った標準化値で表示する。

## 結果と考察

試料全体に共通する分析値の特徴としては，次のような傾向がある。日本の土器と比較してRb値が非常に低いことは顕著な特徴である。また，Fe値がやや高めで，K値がやや低いなどの傾向があるが，日本の土器の範疇を越えるほど著しいものではない。ヴィチレブ島全域の試料を分析したわけではないため確実でないことは言うまでもないが，地域差・時期差のある試料群から得られた結果であることから，ヴィチレブ島の土器胎土は概ねこのような化学特性をもつと一応みなしておいてよかろう。なお，シンガトカ地方とレワ川地方の試料の分析値を比較すると，上記の範囲内で差がみられることも判明した。このことは，ヴィチレブ島内において地域的な化学特性の差があることを示唆している

といえよう。

現代土器とそれ以前の土器との分析値を比較すると，ラピタ土器を含むBourewa遺跡のものはSr，Mg，Ti値が大きく，明らかに化学特性が異なっている。現代土器の分析値には上述のような地域差があるが，その範囲を大きく超えていることは注目される。したがって，島外からの搬入品である可能性を考えなければならない。仮に先史時代の土器が現代土器と類似した粘土・砂を使用していたとすると，その配合を変えてもこうした分析値は出ないと考えられるため，搬入品である可能性が高くなるが，ヴィチレブ島に分布する土器素材の詳細や混和材の調整法などが不明な現状では，断定はできない。

一方，タブニ砦の試料は，同地方の現代土器と比較すると微差があり，SrとCa値が若干大きい傾向があるが，重なりが大きく同じグループとみなすことができる。タブニ砦のものは年代が明らかではないが現代土器とは技法の異なるものを含んでおり，本遺跡の成立がAD1800年のトンガからの移住によるという所伝を参照すると，19世紀ごろの土器の可能性がある。同地方とみなせるBourewa遺跡の試料は紀元前に遡るものを多く含んでおり，タブニ砦のものとは年代的に大きな開きがあると考えられる。

現代土器を製作している2つの村間では，分析値の重なりが大きい。村間の距離はわずかであり，胎土はかなり近いが，Rb，Sr値に微差があるようである。両村の試料は，土器のほか粘土と混和材である砂も分析できたことに大きな意味がある。粘土は大きくみて2種類あり，Rb値の小さな群（A群）はLawai村で採取される粘土とNakabuta村のそれとが重なっている。また，別の群（B群）はNakabuta村のみである。ただし，Lawai村の土器は粘土の分析値と重なりをもつものもあるが，それと大きく外れてNakabuta村の土器と重なるものが多い。現地では，双方の村の粘土採掘地1箇所ずつから試料を採取したが，聞き取りでは両村で競合するもう1箇所の採掘地があることがわかっている。このことから，混和材（砂）による効果を考慮しても，Lawai村ではNakabuta村のB群に近い粘土も使用されていると推定できる。また，粘土と砂の分析値には大きな差があり，土器の分析値は概ねその間にあたる。例えばRb－Sr図では傾きをもって長く分布しているが，これは粘土と砂の混合比の変化が大きな要因とみなせる。同じ村でも大形品と小型品ではRb，Sr値の大小に差があり，砂の量の違いを反映しているといえる。以上のような現代土器およびその素材の分析成果は，集落間で胎土に差がみられる弥生土器などの研究に資するところがあろう。

なお，Lawai村では村から遠いほうから採取された粘土を用いたものが多いことが分析から推定されたが，このことは単に資源へのアクセスのしやすさよりも，資源をめぐって競合するという近接した両村のコンテクストのほうが，粘土採取の戦略に大きな影響を与えているといえる。このようなことがありうることも，土器の胎土研究上，考慮しておくべきであろう。

## おわりに

ヴィチレブ島，とりわけシンガトカ川流域における土器胎土の化学特性が把握できたことは一つの成果である。また，その中でも地域間や，集落間に微差があることを確認できたことも，これまで演者らが確認してきた日本の縄文・弥生時代のあり方など，過去の土器の生産・流通システムを検討するうえで役立つと考えられる。さらに，フィジーの先史時代の土器と伝統的製作法による現代の土器との間で，胎土に差がみられることも確認できた。その要因が素材やその調整法によるものか，島外からの搬入によるものかを明らかにすることは現状ではできないが，後者であればラピタ文化における島嶼間の交渉を検討する格好の材料となり，考古学的に大きな意義をもつことになる。フィジー諸島におけるヴィチレブ島以外の土器や，他の諸島の土器との比較が今後の課題である。

現地調査と試料収集について，南太平洋大学のPatrick Nunn教授のご協力を得た。また，分析にあたって，鹿児島国際大学考古学研究室の諸氏の協力を得た。記して感謝したい。

本研究は，科学研究費補助金・基盤研究（S）（課題番号15102002）による現地調査に基づく。

P-49

# 蛍光X線分析の応用による土器製作者個人の変異の検討
## —産地における製作者の把握—

○ 中園　聡・川宿田好見・折尾真紀・黒木梨絵
花田寛典・平川ひろみ・池平壮峻
（鹿児島国際大学）

**はじめに**

考古学では人間集団を対象とすることが多いが，考古資料群から行為者である個人を同定・抽出する試みも大きな意味をもちうる。そこで，演者らは土器を多角的に分析し，土器製作者個人の高確度同定法の確立を目指している。分析的手法を多角的に用い，確度の高い個人同定を行うのに最適な方法の組み合わせを，実例に即して見出すことが主眼である。そのための手段として，土器の形態に関する個体間の類似度を評価することや，土器表面に残された調整痕等の微細痕跡について個体間での一致度を評価すること，調整痕や文様などの施し方から製作者に内面化された身体技法を復元して個体間での比較を行うこと，色調や胎土の類似性を評価することなどが挙げられる。

このような目的に従い，本研究では以上の検討課題のうち胎土についてとりあげる。ここでは蛍光X線分析による胎土分析を主として用いるが，演者らの研究では，2個を組み合わせて使用する弥生時代の甕棺においては，形態・技法だけでなく胎土が非常に類似したものがみられることがわかっており，同時製作を意味すると考えている。また，同一製作者による可能性が高い。これは粘土や混和材の質・配合の共通性によると考えるのが妥当であろうが，胎土分析は製作者同定において，少なくとも一つの指標となりうる。

もし，製作者によって胎土の調整がある程度一定であり，製作者ごとにある程度差があるとすれば，産地推定を究極まで推し進めれば製作者の個人同定に行き着くと考えることが可能である。ただし，個人の安定度や，同一「産地」における個人間の差異については，データがほとんどないので確かめておくことが必要である。そこで，伝統的製作法が現存する産地の民族考古学的調査によって得られた，製作者が既知の土器を試料として分析する。また，胎土分析以外の方法によって抽出した，同一製作者による可能性のある弥生土器についても，同様に胎土分析を行う。

**試料と方法**

以下の試料を分析に供した。

南太平洋のフィジー諸島にあるヴィチレブ島の西南部，シンガトカ川流域に，近接して所在する2つの村（Lawai村，Nakabuta村）において製作されている土器。両村の粘土の採取地から得られた粘土。両村で使用されている混和材としての砂。また，ヴィチレブ島東南部のレワ川流域で製作されている土器についても試料とした。また，タイ東北部に所在するコンサワン村の土器も試料とした。以上が伝統的製作法が行われている村の試料である。

弥生土器の分析は，北部九州の，弥生時代中期の甕棺のほか，一部弥生時代終末期前後の住居跡出土土器を試料とした。

分析は，三辻の方法により実施した。採取した試料は試料表面の付着物や汚染を除去するために研削を行い，タングステンカーバイド製乳鉢で粉砕した。その粉末試料を内径20㎜，厚さ5㎜のビニール製リングの枠に入れ，約12tの加圧により錠剤試料を作成して，蛍光X線分析に供した。装置は，鹿児島国際大学に設置されている波長分散型蛍光X線分析装置（理学電気工業製　ZSX100e）を使用し，K，Ca，Fe，Rb，Sr，Na，Mg，Tiの8元素を測定した。分析値は同時に分析されたJG-1の各元素のX線強度を使った標準化値で表示する。

## 結果と考察

民族考古学的調査によって収集された土器試料については，同じ村内では本来分析値の分散は高く低いが，とくに製作者個人で安定性がみられることが判明した。これはとくに同一個人が製作した同一器種において顕著である。フィジーでは同一個人が粘土採取から，混和材としての砂の混合，土器の製作まで担当することが多いため，同じ粘土・砂を使用しても，個人に固定されたハビトゥス（好みやクセ）が表れやすいと考えられる。

フィジーでは素材の採取から焼成まで少量ずつ行われるが，一方，タイは専業の程度が強く，より多くの材料から多数の土器を製作する。胎土の個人差の抽出は可能であったが，調整済みの素材が共有される場合にはその判別が困難であった。この場合，胎土の差は，個人というよりも同じ村内での製作者グループ（通常は近親者）を抽出することになる。多くても2~3人ではあるが，同一の胎土でも複数の個人を含む場合があるということになる。ただし，この問題は他の型式学的な要素での判別を併せて検討することにより，ある程度クリアすることは可能であろう。

さらに，フィジーの両村では，それぞれ2箇所の粘土採取地があり，採取地の個人差も生じている。また，同一個人が製作するもののうち，アクセサリーなどの小型品と壺などの大形品では同じ粘土と砂を使用するが，混合時の配分が異なっており，それが分析値の差となって現れている。一般に，消費地遺跡よりも産地遺跡のほうが胎土の分散が小さいことが知られているが，その産地遺跡における分散は個人差が包括されており，さらに場合によっては器種ごとの差も包括されているということを認識しなければならない。

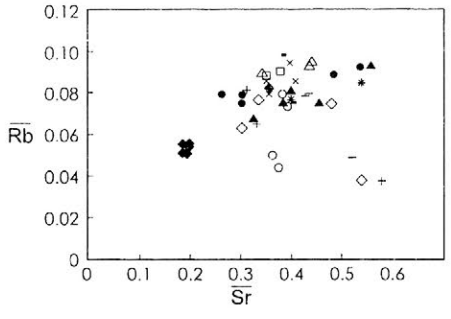
弥生土器については，型式学的類似性の高い甕棺墓で胎土に著しい類似性がみられたほか，弥生時代終末期前後の試料については，一括資料に近い状態で出土したもののうち，形態，製作技法，タタキやハケメ等の身体技法，ハケメの痕跡などの諸点で一致または類似した試料は，とくに分析値の類似性が高かった。これは同じ胎土が使用されたと考えられる。もちろん胎土の一致度だけで同一製作者であると主張することは無理であるが，同一製作者の抽出にあたり，他の要素と組み合わせて検討することで，胎土分析は有効な証拠を与えうることを示している。したがって，胎土分析を個人研究の一環として位置づけることが可能なのである。

## おわりに

上述の分析によって，胎土の個人的変異についていくつかの有効な情報を得ることができた。加えて，蛍光X線分析による胎土分析を様々な考古学的問題意識によって柔軟に応用することにより，従来のマクロな産地推定からさらに拡張して，考古学への貢献が可能であることも示しているといえよう。

今後さらに試料を増やして検討していくので，ご協力をお願いしたい。

科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号18652073）の成果の一部である。




フィジー・Lawai村における製作者ごとの胎土（Rb−Sr）。（器種ごとの区別をせずに表示）。

P-50

# 土器表面の痕跡による個人同定法の開発と産地推定への試験的研究

○ 中園　聡・池平壮峻
（鹿児島国際大学）

## はじめに

演者らは，土器を多角的に分析することによって，土器製作者個人の高確度同定法の確立を目指している。伝統的な考古学では集団を扱うことが多いが，個人への注目はとりわけポストプロセス考古学の勃興以降，重要になっており，今後さらにその重要度は増すであろう。産地推定とのかかわりでいえば，生産－流通システムを解明するうえでも，同一人物による製作物の同定は意味あることといえよう。

なお，「産地」とは，いくつかの窯や工房などをもつ具体的生産地（分業が未分化な時期・地域においては集落など）を指す場合もあれば，それを統合した様式的・組織的つながりをもつまとまりを指すことも多い。特殊な用法としては，国や文化のようにそれらを包括する単位であることもありうるが，「産地」は具体的であれ抽象的・包括的であれ，基本的には生産の単位を意味するということができる。あらゆる考古遺物の存在が個々人の行為の結果であるように，「産地」には製作者個々人が包括されていることは疑いない。したがって，産地推定を究極まで還元すれば，製作者の個人同定に行き着くと考えることができる。方法論的にも，通常の産地推定が産地の特性を明らかにしておくことで消費地出土の個体との比較ができるように，形態・身体技法・胎土などのクセや，製作具の一致など，個人に固定化された特性を明らかにする必要がある。また，年代や器種などの考古学的条件による絞り込みをしなければ，消費地での産地推定が困難であるように，出土状態のコンテクストや型式学的な条件による絞り込みが必要である点でも共通している。

そのような意味で，個人同定法の開発は産地推定とも問題を共有するところが多い。土器における個人同定の方法にはいくつかの方法があり，演者らは土器の形態に関する個体間の類似度を評価することや，土器表面に残された調整痕等の微細痕跡について個体間での一致度を評価すること，調整痕や文様などの施し方から製作者に内面化された身体技法を復元して個体間での比較を行うこと，色調や胎土の類似性を評価することなどを行っている。このうち本発表では，土器の表面に残された痕跡，とりわけハケメ（柾目の板材を擦過することによる数本から数十本単位の平行条線）に注目して個人同定に資する情報を得ようと試みるものである。

なお，これまでにもハケメを個体間で比較することで，製作者ないし製作者集団を明らかにしようとする研究は少ないながらも存在した。そのなかでしばしば行われてきた，拓本や写真などを重ねることによるマッチング法は，非常に簡単ではあるが，2次元的把握（幅に関する情報）にとどまること，拓本の皺や歪みや収縮，レンズの歪みなどの問題を回避することが困難であることなどの問題点があった。また，弥生土器のように，ハケメが浅く，土器の曲率との関係からハケメの単位幅が狭いことが普通であるものについては，従来の方法では誤認の可能性も大きいと考えられる。そこで，ハケメの復元実験品と，現物の弥生土器から，シリコンによるハケメの型取りを行い，その断面の高解像度画像を比較することでハケメの奥行き（深さ，断面形状）に関する情報を得ることを試みる。

## 試料と方法

まず，杉の柾目材を用いて陶芸用粘土にハケメを施して復元したものの型取りを行った。同じハケメ工具で連続してつけたハケメについて，乾燥条件を変えるなどして型取りした。次に，現物の弥生土器についても表面の詳細観察を行ったのち，同様に型取りを行った。上記の実験品との比較のために，現物においても同一個体において同一のハケメによって施されたことが明らかな部分から複数の試料を採取した。また，同一個体中の別の部位からも採取した。また，個体間の比較については，少なくとも埋設時の同時性が保証され，日常の甕と同じものが使用された，弥生時代中期の北部九州の

乳幼児用甕棺（通常は2個体を使用）が初期的な研究にはふさわしいため，それを主に使用した。さらに，住居跡など比較的同時性が高いとみられる状態で出土した土器群から，類似した個体を抽出し，ハケメの型取りを行った。

型取りにあたっては，一部通常の工業用シリコンを用いたほかは，歯科用印象材を用いた。この方法は，丑野毅らによって土器表面の植物種子の圧痕や文様などについて行われており（丑野・田川，1991），再現性，精度ともに良好である。

シリコン印象の横断面をデジタルマイクロスコープで観察するなどした後，イメージスキャナによりその高解像度の画像を得た。個体内・個体間でのマッチングの方法は，画像処理ソフトを用いてモニタ上で重ね，それを視察して評価する方法を採った。これらは簡便で，比較的迅速に行えるという特長があり，将来多数の資料を対象とすることを配慮したものである。

**結果と考察**

1ストローク分のシリコン印象の数箇所から得られた切片を用いて横断面のマッチングを試みたが，土器を平面的に見たときにも確認できるようにハケメの条線（図では凸部）間の間隔が揃っているとともに，深さや断面の細かな形状が非常に一致することを確認した。したがって，現物の土器表面が多少風化していることなどを考慮すれば，現状では条件が最も良いときにはこのくらいの類似性があると考えておいてよかろう。

個体間を比較する場合，製作時の乾燥・焼成による収縮の問題をクリアしておく必要がある。同じハケメ工具によるものであっても，個体間で収縮率が著しく異なるとマッチングが困難となる恐れがあるからである。ハケメの復元実験品では，ハケメを施した段階から焼成後までに約5%収縮した。ハケメを施した直後のものと焼成後のものについて上記の方法により比較したところ，収縮分を補正すれば概ね合致する画像が得られた。なお，実際に考古資料として遺存した土器は基本的に焼成後のものばかりであり，また民族考古学的調査からも同一人物が短期間に製作したものでは粘土の調整がほぼ一定であることなどを考慮すれば，収縮率の差はさほど問題にならない。

弥生土器のハケメのマッチングについては，同一個体の同一部位に施されたハケメは，断面が非常に類似することが確認できた。また，同一個体であっても，部位によって明らかに別種のハケメが施されたものがあることも明らかになった。さらに，乳幼児用の甕棺に使用された2つの甕の間では，ハケメの断面が極めて類似するものを見出すことができた。なお，住居跡出土土器でも，とくに特徴が類似する個体間において，ハケメ断面が類似したものがみられた。

**おわりに―今後の課題―**

以上から，ハケメの断面のマッチングが同一工具の同定に有効であるとの手ごたえが得られたが，そのほか，問題となるものもいくつかある。例えば，形態，サイズや身体技法レベルでも非常に類似している個体間で，ハケメが左右逆転している可能性のあるものがある。断面の特徴はかなり類似するが，仔細に見ると幅が僅かに異なる。ハケメ工具は概ね蒲鉾板状の形態と考えられるため，表・裏で2箇所ずつの木口側の角，すなわち最大4箇所が使用できる。左右の逆転を無視すれば，4箇所のハケメはある程度類似するが，完全には一致しない。また，同一の板材から切られた，延長線上にある別のハケメ工具や，同一の厚い材から割り取られた背中合わせであったハケメ工具が存在しうる。そのようなキョウダイ関係にあるハケメの判別法については，今後の課題といえる。また，ハケメ工具の「他人の空似」を排除することはもとより，ハケメを施す際のわずかな持ち方の違いによる若干の変異（その一部は実験によって確認済み）によって別のハケメ工具であると誤判定しないよう，検討する必要がある。さらに，ハケメ工具は擦り減るため，形状の変化についても確認する必要がある。

科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号18652073）の成果の一部である。

P-51

# イスラーム陶器における緑釉の考古化学的研究
## ～ ラーヤ遺跡出土品を中心に ～

○田代 哲也*、中井 泉*、真道 洋子**
(*東京理科大学理学部、**中近東文化センター)

【 序 】

これまでのイスラーム陶器に関する考古化学的な研究では、ラスター彩陶器などの釉に関する分析は行われている[1]が、より日常的な陶器の物質科学的な研究はあまりなされていない。ここで扱う緑釉はその代表的な例であり、イスラーム時代以前からの長い歴史を持っており、中近東や中国など広範囲の地域で使用されていた。本研究では、エジプト・シナイ半島のラーヤ遺跡城塞区[2]から出土した陶器に使用されていた緑釉に着目した。同遺跡は 6～12 世紀のイスラーム時代に栄えた紅海沿岸の港市であり、エジプトの様式と、イラクの様式の陶器が共に出土している。この中で、緑釉に関しては地域や時代によって色調差が見られ、考古分類の指標の一つにもなっている。現在、この緑釉における色調差の原因を明らかにすることにより陶器の地域差や年代を考察することを目的として、エジプト及びイラク製陶器、緑釉陶器、ファイユーム陶器について研究を進めている。まずは、緑色、緑褐色、黄緑色、青緑色など、緑を中心に色調が異なる試料を分析し、化学組成と色調との関係の考察を行った。

【 実験 】

ポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA II-L と、(株)X 線技術研究所製 ポータブル粉末 X 線回折装置を(財)中近東文化センター・イスラーム・エジプト調査隊(隊長:川床睦夫主任研究員)トゥール研究施設に持ち込み、分析を行った。各々の測定における前処理は測定表面をエタノールで拭き取るのみとし、測定は大気下で行った。測定したラーヤ遺跡城塞区出土の陶器は計 202 点であり、内訳は初期エジプト多彩釉陶器 30 点、初期イラク陶器 22 点、ヒジャーズ陶器 13 点、緑釉陶器 104 点、ファイユーム陶器 20 点、他 13 点である。一方、日本においては早稲田大学が所蔵するエジプト・フスタート遺跡出土の陶器についても分析を行った。測定部位は緑系の様々な色合い(青色や褐色など)を呈する釉の部分である。

【 結果と考察 】

釉は鉛の含有量によってアルカリ釉と鉛釉に大きく分類できるが、分析の結果、緑釉に関しては全てにおいて顕著な鉛のピークが検出され、鉛釉であることが分かった。また、銅のピークも同時に検出されたことから、緑色の原因は鉛釉中の銅であることが分かった。一方、銅が同様に検出されたが、鉛はほとんど含まれないアルカリ釉に分類される釉では、青色を呈していた。

このように鉛の含有量が少ないと銅による着色は緑系から青系へ変化するが、ファイユーム陶器の中には、鉛釉に銅が含まれているのにも関わらず空色・青緑色を呈する試料があった。蛍光 X 線分析の結果、それらにはスズやカルシウムが多く含まれ、一部の試料ではX線回折により、白釉

の白濁原因の一つとして知られている錫石($SnO_2$)の存在が確認できた。図1は種々の色調を示す試料について、測定スペクトルの励起X線(Pd Lα線)の散乱線強度で規格化したスズと鉛の面積強度のプロットである。このプロットより、鉛が含まれていてもスズが多いものは空色・青緑色をしていることが確認できる。これらについて着目したところ、スズが含まれている試料は、空色から青緑色を示していた。この結果から、スズ自体が青の着色元素ではないが、色調に影響を与えていることが示唆される。このことは、鉛自体は色には関係がないが銅入りガラスに鉛が入ると青色から緑色へ変化することと同様であり、共存元素により着色元素の電子状態が変化することによるものと考えられる。青色に近づく原因がスズやカルシウムをイオンとして多く含んでいることにあるのか、それとも、錫石の微結晶を生成させるための条件(白釉などでは焼成後に急冷する場合がある)によるものなのか、その要因追究は今後の課題である。

次に、褐色や黄緑色を呈する緑釉を分析したところ、鉛釉であることは同じであったが、他の色調の緑釉より鉄が多い傾向がみられた。褐釉においては、着色元素は鉄が大部分を占めており、黄緑色では銅と鉄の両者ともに検出された。このことから鉄は赤色側への色調変化に影響を与えると考えられる。

以上のように、緑釉において、スズやカルシウムが多く含まれている場合は青色へ、鉄が多く含まれると黄・褐色へ色調が変化することが分かった。同時に、スズやカルシウムなどの直接に色の原因とならない元素も色調に影響を与えていることが分かった。昨年の報告にてエジプト製陶器と、イラク製陶器・ヒジャーズ陶器においてチタンと鉄の含有量によって差がみられたことを発表したが、イラク製陶器の一部ではスズが含まれている青緑色の試料もあり、地域差に繋がる可能性もあると考えられる。これらも踏まえて地域差が見られる他の元素も色調差に影響を与えるか検討してゆきたい。また、再現実験などで色調差の原因を追及してゆく予定である。

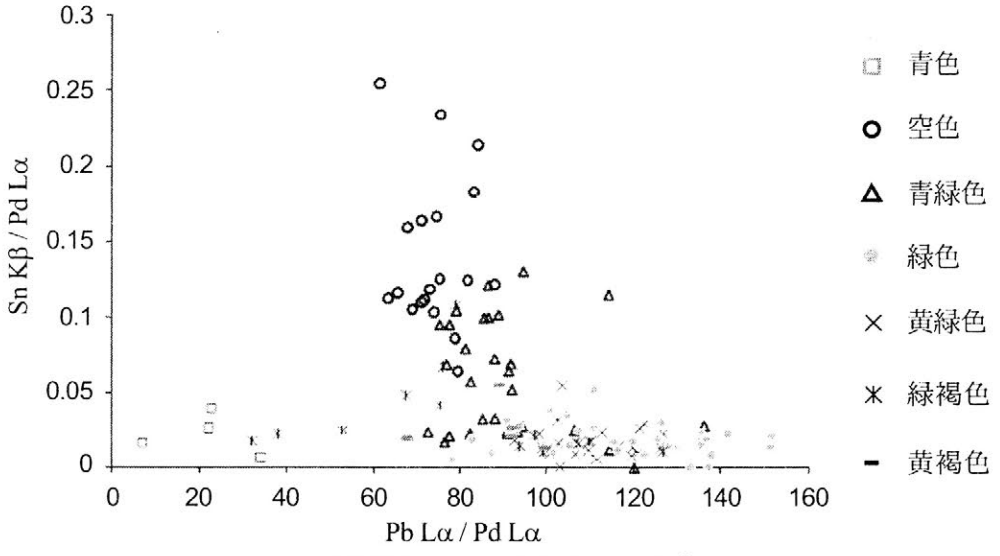



図1　色調別試料における鉛 *vs.* スズプロット

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

2) 川床睦夫, エジプト・イスラーム考古学25年史, 財団法人中近東文化センター イスラーム・エジプト調査委員会 (2002).

P-52

# ICP 発光分光分析を用いた中・近世陶磁器の産地推定に関する基礎的研究

○佐藤香子[1)]・伊東聡[1)]・松崎広子[1)]・新免歳靖[2)]・二宮修治[1)]
(1)東京学芸大学　2)総合研究大学院大学)

## 1. はじめに

中・近世陶磁研究では、蛍光X線分析をはじめとする機器分析を用いた生産地推定が行われている。これらの研究は、微量成分元素などの特定の指標となる元素に注目したものが多い。しかし、諸種微量成分元素の存在量にもとづく生産地推定だけではなく、主成分元素にも着目することで、材質学的な検討により技術的な見地からの生産地の検討が可能になると考えられる。本研究では、主成分元素から微量成分元素の測定が高感度で可能である ICP 発光分光分析法（ICP-AES）の産地推定への適用を目的として、陶磁器の分析法としての測定条件の検討を行った。具体的には、標準岩石やセラミックス標準物質等を用いて ICP-AES における精確さや精度の検討を行い、さらに、各種の陶磁器の分析を通して陶磁器資料の均質性、再現性を検証した。

## 2. 分析法

### ●ICP-AES

ICP-AES（Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry：誘導結合プラズマ発光分光分析法）は、多元素を高感度で迅速に測定することが可能である。分析機器には、セイコー電子工業製 SPS1200A を使用した。ICP-AES では試料を溶液化したものを用いるため、極少量であるが数 10mg 程度必要となる。

各々の試料について 3 回ずつ測定を行い、定量値はその平均とする。あらかじめ目的とする元素の濃度がわかる標準溶液を使って検量線を作製し、その発光強度と比較することにより試料中の目的元素の濃度を測定した。定量する元素は、主成分元素である Ti、Al、Fe、Mn、Mg、Ca、Na、K、微量成分元素である Sr、Ba である。定量性の確認には GSJ(Geological Survey of Japan：工業技術院地質調査所)配布の標準岩石 JB-1a(玄武岩)、JG-1a(カコウ閃緑岩)を用いた。測定条件についての詳細はここでは省略するが、Na、K の定量と他の 8 元素の定量とを分け、プラズマの出力をそれぞれ 0.74kW、1.24kW とした。

### ●試料調製

テフロン密封容器を用いた王水 - フッ化水素分解と蒸発乾固法を用いた。精秤後、王水 0.5ml とフッ化水素酸（HF）3.5ml を用いて加圧分解（内部温度 110℃、約 1 時間加熱後、約 30 分～1 時間冷却）し、150℃のホットプレート上で約 2～3 時間、蒸発乾固した。その後、硝酸 3.5ml と蒸留水約 7ml を入れ 150℃のホットプレート上で、約 5 分間温め溶解し、蒸留水を加えて 100ml 定容した。

## 3. 標準試料と資料

標準岩石（JB-1a、JG-1a）による定量性が確認されたため、マトリックスの類似性を確保するため JB-1a、JG-1a を標準物質とする比較標準法を用いることとした。今回は、その精度を検証するために日本セラミック協会の標準物質を用いた。

さらに、ICP-AES を用いた陶磁器片資料への産地推定法への適用を行っている。

4. 結果・考察

日本セラミック協会標準物質の定量結果を表１に、陶磁器資料の定量結果の一例（河北省曲陽県澗磁村・定窯窯址で採集された 13 点）を表２に示した。

標準物質を用いた ICP-AES の定量性については濃度が低いものに関して多少の問題があるものの概ね、よく一致している。実際の陶磁器資料への適応について検討を行い、均質性・再現性も保証された。その結果、ICP-AES は主成分元素から微量元素の測定が高感度で可能であり、中・近世陶磁器の生産地推定を行う場合に、有効な手段の一つであることが分かった。

表1 日本セラミックス協会認証標準物質の ICP-AES による定量結果 （%）

| 分析番号・名称 | | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | MnO | MgO | CaO | $Na_2O_3$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JCRM 蛙目(生)R-604 | 測定値 | 0.877 | 35.0 | 1.51 | 0.007 | 0.268 | 0.256 | 0.102 | 0.512 |
| | 推奨値 | 0.865 | 35.4 | 1.36 | 0.006 | 0.251 | 0.216 | 0.083 | 0.468 |
| JCRM カオリン R-605 | 測定値 | 0.074 | 35.3 | 0.308 | 0.001 | 0.011 | 0.398 | 0.061 | 0.011 |
| | 推奨値 | 0.068 | 35.6 | 0.283 | — | 0.004 | 0.004 | 0.032 | 0.008 |
| JCRM 曹長石 R-702 | 測定値 | 0.028 | 17.4 | 0.091 | 0.005 | 0.093 | 0.583 | 11.6 | 0.135 |
| | 推奨値 | 0.030 | 19.6 | 0.058 | 0.004 | 0.103 | 0.546 | 11.3 | 0.137 |
| JCRM 加里長石 R-703 | 測定値 | 0.007 | 17.2 | 0.096 | 0.003 | 0.046 | 0.123 | 3.503 | 10.8 |
| | 推奨値 | 0.005 | 17.9 | 0.082 | 0.003 | 0.040 | 0.095 | 3.32 | 11.0 |
| JCRM 陶石 R-750 | 測定値 | 0.016 | 13.3 | 0.379 | 0.004 | 0.061 | 0.145 | 0.186 | 2.98 |
| | 推奨値 | 0.010 | 14.2 | 0.340 | 0.003 | 0.049 | 0.033 | 0.121 | 3.00 |
| JCRM ろう石 R-802 | 測定値 | 0.106 | 22.7 | 0.060 | 0.002 | 0.020 | 0.109 | 0.234 | 2.38 |
| | 推奨値 | 0.104 | 24.0 | 0.047 | 0.0014 | 0.017 | 0.033 | 0.165 | 2.32 |

表２ ICP-AES による陶磁器胎土資料の定量結果

（河北省曲陽県澗磁村・定窯窯址採集資料（D-1～D-12）／杭州鳳凰山山下資料（D-13））（%、Sr,Ba は ppm）

| | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | MnO | MgO | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | Sr | Ba |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D-1 刻花盤 | 1.11 | 34.3 | 0.97 | 0.011 | 0.89 | 1.09 | 0.17 | 1.29 | 56 | 74 |
| D-2 花竜紋合子蓋 | 0.67 | 35.4 | 2.44 | 0.015 | 0.80 | 2.71 | 0.20 | 1.09 | 45 | 79 |
| D-3 壷 or 水注の胴部 | 0.78 | 35.0 | 0.80 | 0.015 | 0.81 | 0.72 | 0.34 | 1.60 | 41 | 141 |
| D-4 刻花盤 or 碗 | 0.82 | 38.2 | 0.70 | 0.006 | 0.60 | 1.03 | 0.27 | 0.65 | 41 | 78 |
| D-5 刻花盤 | 0.91 | 32.2 | 1.00 | 0.013 | 1.29 | 2.70 | 0.31 | 1.21 | 65 | 196 |
| D-6 刻花盤 | 0.80 | 31.5 | 0.82 | 0.012 | 0.96 | 1.26 | 0.19 | 1.46 | 46 | 102 |
| D-7 刻花盤 | 1.40 | 34.5 | 0.88 | 0.01 | 1.00 | 1.93 | 0.31 | 1.08 | 77 | 147 |
| D-8 刻花盤 | 0.78 | 35.1 | 1.01 | 0.019 | 1.15 | 0.97 | 0.22 | 1.32 | 79 | 149 |
| D-9 刻花盤 or 碗 | 0.98 | 35.4 | 0.84 | 0.015 | 0.91 | 2.59 | 0.67 | 1.16 | 99 | 251 |
| D-10 刻花盤 | 1.32 | 35.4 | 0.72 | 0.011 | 0.76 | 1.12 | 0.30 | 1.16 | 48 | 85 |
| D-11 白瓷碗 | 0.87 | 29.4 | 0.90 | 0.027 | 0.97 | 2.48 | 0.68 | 1.77 | 127 | 329 |
| D-12 白瓷碗 | 0.92 | 30.4 | 1.38 | 0.032 | 0.81 | 1.82 | 0.43 | 1.59 | 87 | 255 |
| D-13 白瓷碗 | 0.67 | 35.3 | 0.60 | 0.017 | 0.63 | 0.67 | 0.52 | 1.15 | 32 | 84 |

P-53

# 長野市宮崎遺跡出土の河床礫起源の石器石材に関する分布調査

○塚原秀之*、李基星*、大和槙**、吉田真澄**、矢野健一***
(*立命館大学大学院、**立命館大学学生、***立命館大学)

## 1. はじめに

自然科学的な産地推定法を応用することができない堆積岩については、石器に残された自然面などの観察より、石材採取地を推定することが可能である。長野市宮崎遺跡の立命館大学考古学コース調査分（縄文時代晩期主体。1994 年～2003 年調査）からは、現在までに 3000 点を超える石鏃が出土しており、水洗ふるいにより大量の石核、剥片も回収している。石鏃の約８割はチャートと珪質頁岩で占められており、石核や剥片の自然面における水磨の進行状況から比較的水量の多い河川で採取されたことが予想された。そこで、宮崎遺跡の近傍を流れる千曲川および犀川水系の河床礫の分布調査を行い、宮崎遺跡で利用された河床礫起源の石器石材について、その採取地の推定を試みた。

## 2. 分布調査の方法

調査は籠川（P1）、梓川（P2）、奈良井川下流部（P3）、高瀬川下流部（P4）、犀川・千曲川合流部（P5）、千曲川篠ノ井橋付近（P6）、千曲川昭和橋付近（P7）の７箇所で実施した（図１）。ひとつの調査ポイントにおいて４㎡のグリッドをそれぞれ数メートル離れた位置に４箇所設定し、それぞれのグリッド内から拳大の礫を無作為に 50 点ずつ採取した。採取した礫は石材別に分類を行なった上で４箇所のグリッドから採取された点数を合計し、ひとつの調査ポイントの数値とした[1)]。

## 3. 分布調査の結果

各調査ポイントで得られた結果を表１に示した。まずチャートについて見ると、P2・P3・P5 において石器石材として利用可能な良質のものを採取することができた。長野県内におけるチャートの分布は、長野県西南部から岐阜県にかけて広がる美濃帯と、八ヶ岳東麓から関東山地に広がる秩父帯において確認できる。P2・P3 は美濃帯に近く、採取されたチャートは美濃帯からの流出物であると考えられる。一方、宮崎遺跡に最も近い P5 で採取されたチャートは、P6 および P7 でチャートの点数がきわめて少なく、良質なものはまったく認められなかったことから、ほとんどは美濃帯起源のものであることがわかる。

珪質頁岩については、P1 において宮崎遺跡のものと石質が良く似た珪質頁岩が一定量採取できた。また、P1 より 20km ほど下流になる P4 においても、P1 と同様に良質の珪質頁岩がわずかながら採取された。これら P1・P4 で採取された珪質頁岩は、P1 の北に位置する爺ヶ岳から流出したものであると考えられる[2)]。その他の調査ポイントにおいては、珪質頁岩は１点も確認することができなかった。

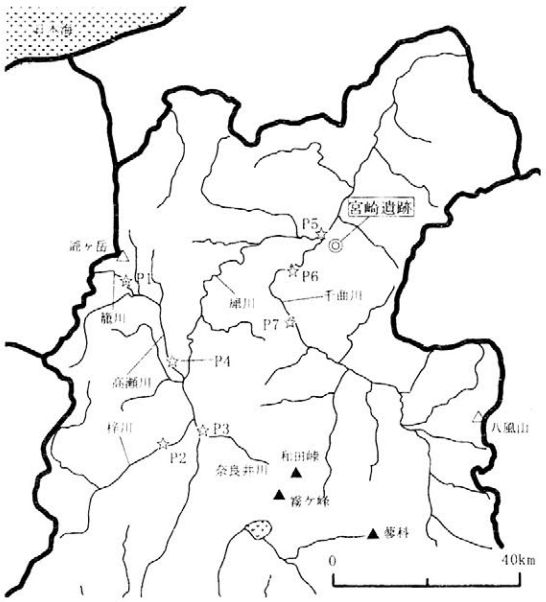



図１　遺跡と調査ポイントの位置

表１　河床礫分布調査の結果

| no. | 頁岩 | 珪質頁岩 | チャート(良質) | チャート(悪質) | その他 |
|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 31 | 11 | 0 | 0 | 158 |
| P2 | 0 | 0 | 36 | 106 | 58 |
| P3 | 1 | 0 | 9 | 71 | 119 |
| P4 | 3 | 2 | 0 | 5 | 190 |
| P5 | 24 | 0 | 6 | 22 | 148 |
| P6 | 23 | 0 | 0 | 9 | 168 |
| P7 | 9 | 0 | 0 | 7 | 184 |

## 4. 円磨度の比較による石材産地の推定

宮崎遺跡の石器に残された自然面と分布調査によって採取された礫の円磨度の比較を行なった。宮崎遺跡の剥片石器類は資料整理の途上であるため、1998年度調査で出土したチャートと珪質頁岩の剥片類のうち、自然面が残っており円磨度がある程度推定できる資料76点（チャート20点、珪質頁岩56点）を抽出した[3]。円磨度の判定は［Pettijohon et al. 1975］を参考にした。P1からP5の河床礫の円磨度は、表1に示した点数以外に同じ地点から採集した同一石質の礫も加算して分析した。

チャート（良質）についてみると、P2よりもP5で採取されたチャートの方が、宮崎遺跡のものに近い円磨度をなしていることがわかる（図2）。このことから、宮崎遺跡で利用されたチャートはP5付近で採取されたと考えられる。

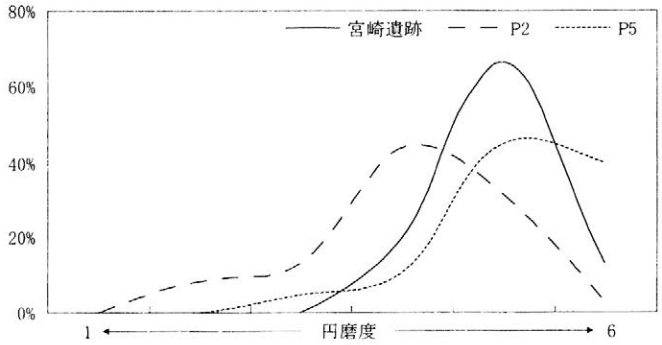


図2　円磨度の比較（チャート）

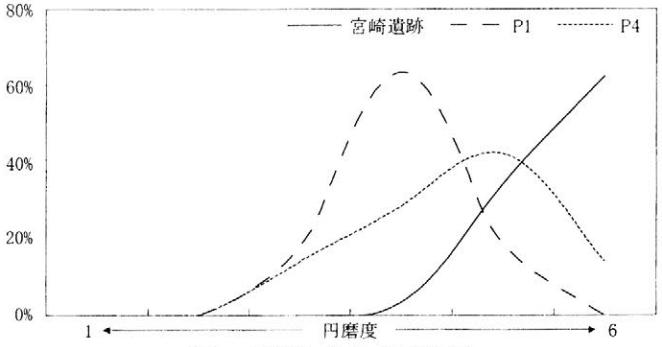


図3　円磨度の比較（珪質頁岩）

珪質頁岩は、P1で採取されたものは円磨度4程度が最も多く、水磨が進んでいない。P4ではやや水磨が進んで円磨度のピークが5付近になるが、宮崎遺跡で利用されたものに比べると円磨度は低い。現在、高瀬川上流に大規模なダムが建設されていることを勘案するならば、縄文時代において珪質頁岩は現状よりも広域に流出していた可能性も考えられるが、これまで産地を同一視されがちだった河床礫起源の堆積岩においても石材によってその採取地が異なっていた可能性を指摘したい。

## 5. まとめ

当該地域のチャートについては中村由克や堤隆らによって分布調査が既になされており、今回の調査はそれらを追認する形となった。宮崎遺跡では石鏃全体の約4割が珪質頁岩で、チャートも同様である。今回の調査によって遺跡から直線距離で約40km離れた爺ヶ岳産の石材がかなり利用され、かつ遺跡近くで採集可能なチャートとは石材採取地が異なっていた可能性を指摘することができた。

### 註

1）チャートは割れ口にクラックがほとんど入らず石器石材として利用可能なものを「良質」とし、クラックが多く意図した剥離が困難であると思われるものを「悪質」とした。また、花崗岩や砂岩など石材についてはすべてその他として扱った。

2）島田哲夫氏の御教授による。

3）今後、整理の進展により数値が若干変動する可能性がある。

### 参考文献

堤隆他 1996「八ヶ岳東麓における石材環境と旧石器時代の石材利用」『中ッ原第1遺跡G地点の研究II』

長野市教育委員会 1988『宮崎遺跡』（『長野市の埋蔵文化財』28）

中村由克 2005「チャートの原産地推定はどこまで可能か」『石器石材III―在地系石材押してのチャート』岩宿フォーラム 2005 予稿集

家根祥多他 2000『長野市宮崎遺跡－第1～5次調査概報－』立命館大学文学部学芸員課程研究報告第9冊

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R.　1975　sand and sandstone. Springer-Verlag, New York.

P-54

# 北海道における黒曜石の原産地に関する定量・定性分析

## －置戸安住遺跡出土遺物について－

○ 金成太郎（明治大学大学院）、杉原重夫（明治大学文学部）、
長井雅史・柴田徹（明治大学文化財研究施設）

### 1 はじめに

蛍光X線分析装置を用いた黒曜石遺物の産地推定においては、前処理による遺物の破壊を避けるため、遺物にX線を直接照射して定性・半定量化学組成分析が多く行われている(望月,1996；藁科・東村,1988など)。しかし、X線強度が遺物の状態や装置によって変化するため、測定分解能が悪く、また分析機関の間での比較が出来ない。したがって、遺物についてはやむを得ないとしても、少なくとも原産地における原岩の定量分析値を提示しておき、非破壊試料の定性分析においても同様な結果が得られることを確認しておく必要がある。本報告では北海道の黒曜石原産地採集試料について原石試料の定量分析を行い定性分析結果と比較した。また、黒曜石産出地に近接している置戸安住遺跡（北海道常呂郡置戸町）から出土した黒曜石試料の産地推定を行った。

### 2 蛍光X線分析

試料は北海道の黒曜石原産地(図 1)で採集した。定量分析は波長分散型蛍光X線分析装置(リガク製,RIX1000)を用いてガラスビード法で行った。ガラスビードは岩石試料を岩石圧砕機、鉄乳鉢、めのうボールミルを用いて粉末化し、試料：融剤($Li_2B_4O_7$)比＝1：5 に希釈して作製した。検量線作成条件は佐野(2002)に準じた。定性分析は原岩を砕くか、岩石カッターで切断してスラブ状試料を 5～10 個以上作成し、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(JEOL製,JSX3201)を用いて分析した。

### 3 定量・定性分析結果

定量分析の結果、原産地試料の$SiO_2$量は 73～77.5wt%でハーカー図上ではTi、Ca、K、Rb、Sr、Zrで原産地ごとに異なる領域にプロットされる(図 2)。北海道中央部の主要な原産地(赤石山・十勝石沢・生田原・所山・美蔓・上士幌・ケショマップ・名寄・置戸山)について概観すると、大まかに見てK、Rbに富むものはTi、Ca、Sr、Zrに乏しい傾向がある。生田原はやや例外的で、$SiO_2$が少なくTi、K、Rb、Zr、Yに富む。

定性分析のX線強度と定量分析による組成の関係をみるとTi、 Fe、Mn、Mg、Ca、K、Rb、Sr、Zrについては良い相関性(平均値同士の比較による$R^2$値は 0.78~0.97)が認められる。一方、Yについては大きくばらつく($R^2$値は 0.45 程度)。相関性のよい元素でもばらつきが大きい試料、系統的に平均的傾向から外れる試料が少なからず認められた。これらは岩石試料そのもののもつ組成幅を反映しただけでなく、表面形状、鉱物種や結晶サイズ、変質度等の違いにより定性分析時の特性X線強度が変化したためとみられる。このような妨害要因の影響を少なくするために、元素比を使用する方法が一般的である。Rb#(図 3)、Sr#、Zr#、Ti/Mnなどは比較的よい相関を示し黒曜石の産地推定にこれらを使用する方法が有効であることを示している。

### 4 置戸安住遺跡出土黒曜石製遺物の産地推定結果

今回産地推定を行った試料は明治大学博物館所蔵の置戸安住遺跡出土遺物である。測定点数は 472 点であり、判別点数は 403 点である。産地推定の結果(図 4)は、置戸地区所山系が 87.3%を占めており遺跡形成に重要な役割を果たした産地であると考えられる。その他は、十勝地区上士幌・美蔓系や白滝地区赤石山系などが推定され、非常に多様な産地構成により遺跡が形成されたことが判明した。今回の分析により、黒曜石産地と遺跡の関係性を考える属性として距離が与える意味について多角的に検討する必要が生じ、今後の周辺地域の継続的な産地推定を行うことで解明していきたい。

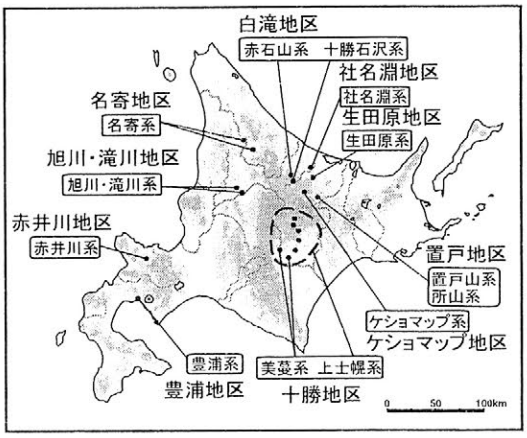



図 1　北海道の黒曜石原産地

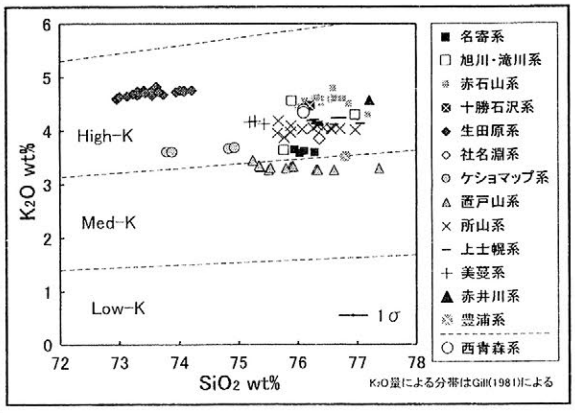



図 2　北海道の黒曜石の全岩化学組成；$SiO_2$-$K_2O$ 図

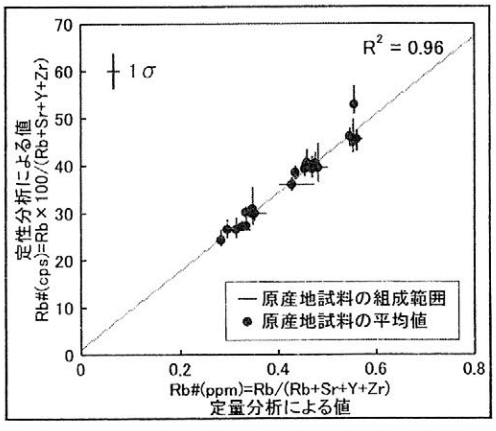



図 3　定量分析と定性分析の比較；Rb 値
定量では重量値（ppm）、定性はカウント値（cps）を使用した。

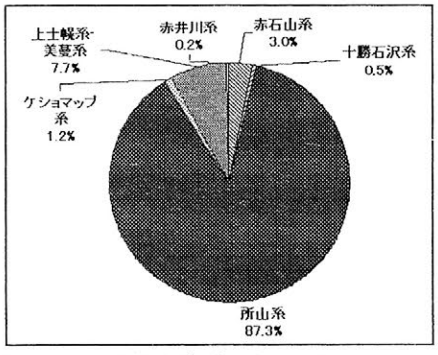



図 4　置戸安住遺跡における
産地推定の集計結果

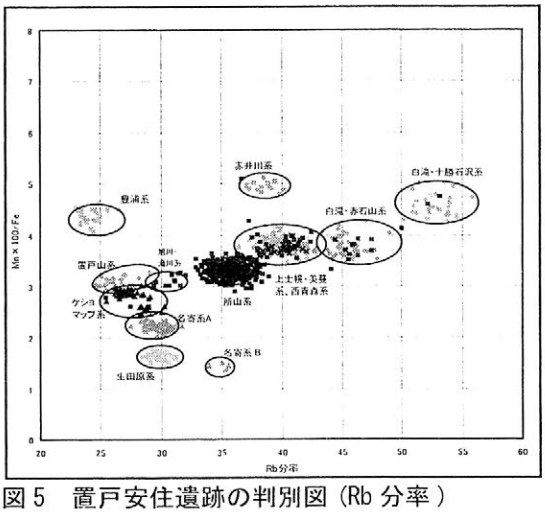



図 5　置戸安住遺跡の判別図（Rb 分率）

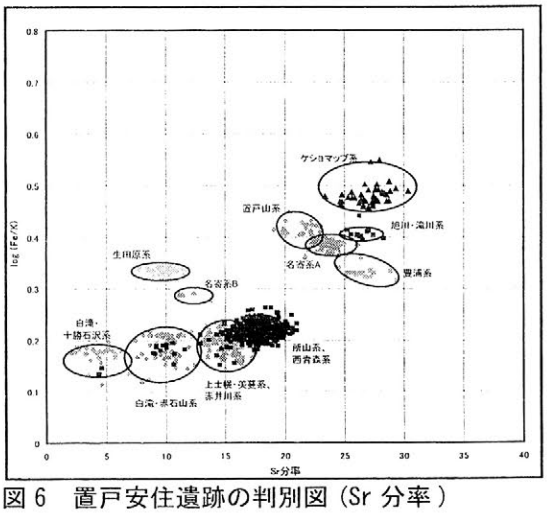



図 6　置戸安住遺跡の判別図（Sr 分率）

P-55

# 石器・玉類の原材産地分析（２３）

○藁科哲男（遺物材料研究所）・中村大介（高麗大學校考古環境研究所）

## はじめに

日本・ロシア産の黒曜石原石を数十年研究を行っている鳥取大学名誉教授吉谷昭彦氏の定量分析値を参考にし、また同氏の貴重な定量分析試料を本研究の元素比法でのホテリングのＴ２乗検定で、定量分析、相対定量分析（元素比法）が同等の精度で産地分析が可能のなことを、すでに検証している。産地分析学では『遺物原材とある産地の原石が一致し、必要条件を満たしても、岩石学では他の産地の原石に一致しないと言う理論がないため、他の産地に一致する可能性が残っているから、一致した産地のものと言い切れない。しかし、一致しなかった場合そこの産地のものでないと言い切れ、一致しなかった産地との交流がなかったと言い切れる。』を大原則としている。一致しなかった結果でも、考古学資料として非常に有用と思われる。

**調査した石器・玉類材料原石群・遺物群**

蛍光Ｘ線分析法により黒曜石の原石・　遺物群の個数は日本、北朝鮮、ロシア、アラスカの地域に広がり合計２９５群。安山岩の原石・遺物群では合計１７９群。従って、黒曜石石器１個について必要条件と十分条件で証明結果は２９５個になる。玉類材料は、ヒスイでは１０個の原石群、碧玉・緑色凝灰岩では原石・遺物群で２１６群、結晶片岩様緑色岩は遺物群は７群で、玉類材料については、電子スピン共鳴の信号と比重を産地分析の同定に利用している。

**石器材料の産地分析結果**

ロシア出土遺物、採取原石を極東大学と古田武彦教授から４８個提供され分析を行った。ルドウナヤープリスタニーＩ遺跡出土の遺物は非破壊分析による水和層測定でB.P.４千～５千年前の石鏃（図１）に約 1200km 離れた北海道・所山産黒曜石が使用されていた。北朝鮮の会寧城外遺跡から出土した遺物は、100Km 離れた白頭山の黒曜石が使用されていた(図１－④)。ロシアのゴルバトカ遺跡では近くのイリスタヤ川の黒曜石が使用されている(図１－⑤)。ウスチノフカ４、６、８遺跡から出土した遺物は、この遺跡から 650Km 離れた白頭山の黒曜石と 250Km 離れたイリスタヤの黒曜石が使用されていた(図１－⑥)。オシノフカ１遺跡、ボリショイーカメン遺跡で

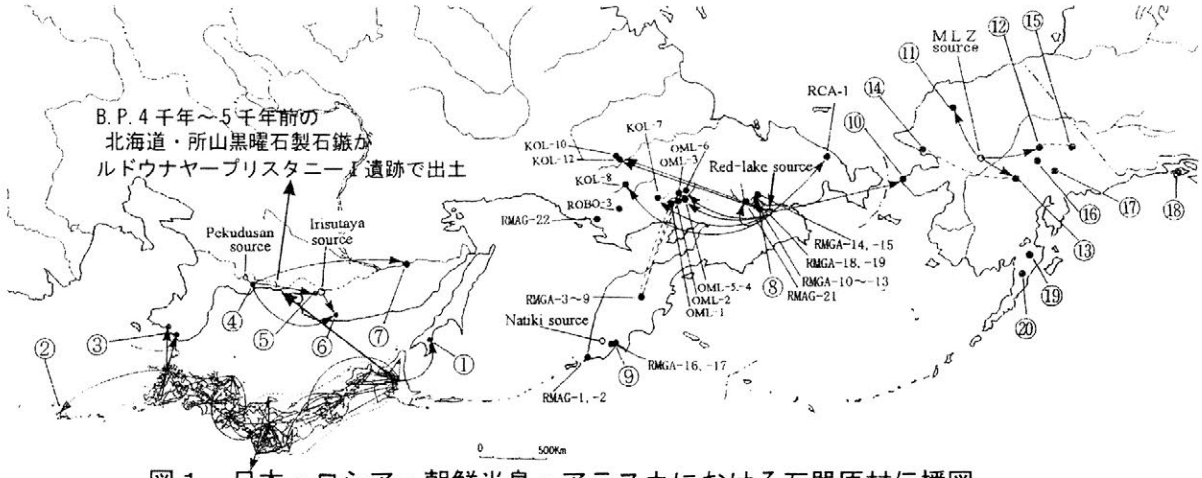
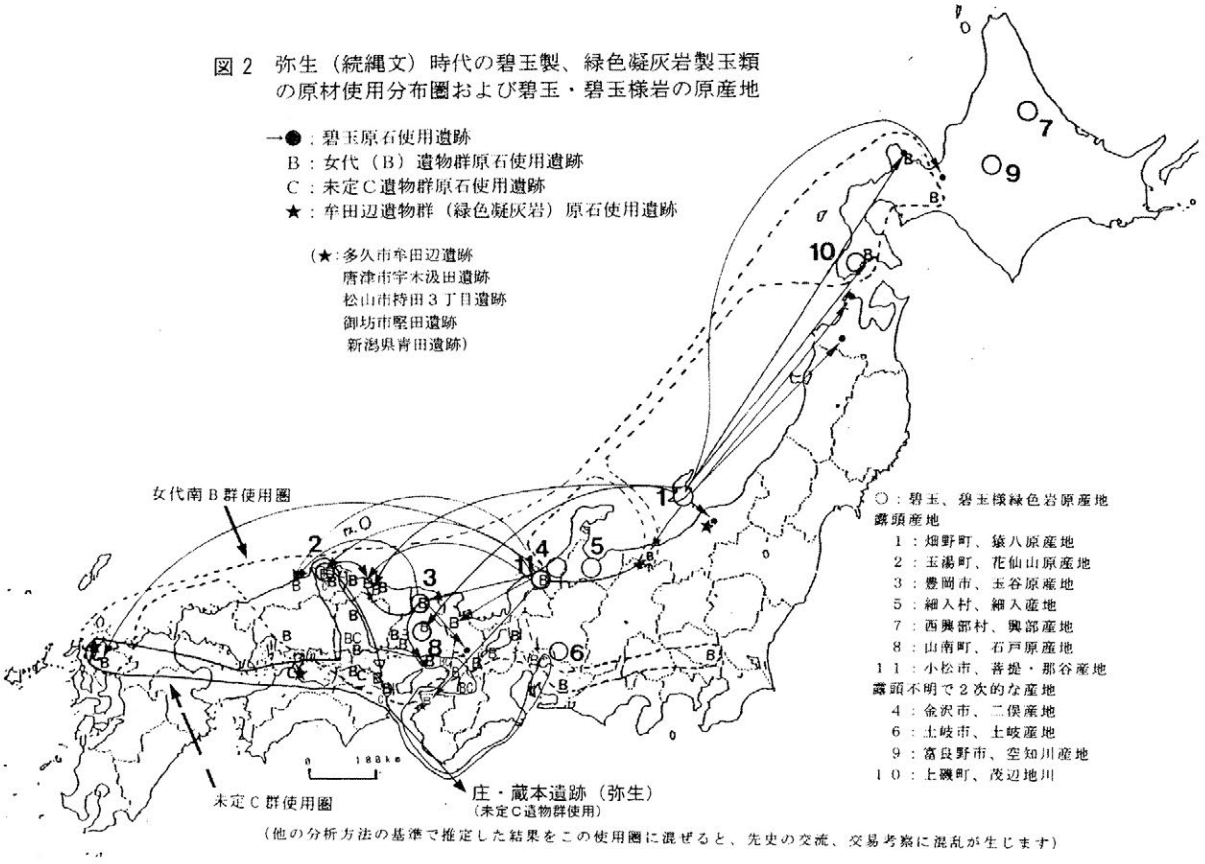



図１　日本・ロシア・朝鮮半島・アラスカにおける石器原材伝播図




はイリスタヤ川産黒曜石が使用され、ボリショイ－カメン遺跡とボゴポル４遺跡の産地不明の黒曜石製遺物で、ボリショイ遺物群とボゴポル遺物群を作った。クネビチャンカ川流域採取の７個の黒曜石原石は円礫で、６個はイリスタヤ川群に一致し、１個は何処の群にも一致しない元素組成の黒曜石で、この黒曜石でクネビチャンカ第２群を作った。今回の分析で、ウラジオストックと北海道の交流が明らかになったことから、北海道の遺物にも、白頭山産黒曜石、会寧城外遺物群、ウラジオストック産黒曜石が伝播している可能性を考慮する必要がある。

**碧玉製玉類材料の産地分析**

弥生時代の碧玉・緑色凝灰岩製玉類（管玉）使用圏を図２に示す。分析した徳島市、庄・蔵本遺跡出土管玉の中の１２個は、蛍光Ｘ線分析とＥＳＲ分析の両結果が未定Ｃ遺物群に一致し、また、２個は蛍光Ｘ線分析の結果が未定Ｃ遺物群で、ＥＳＲ分析では持田３丁目 K008 形と K009 形を示し、この持田３丁目遺跡の両管玉の蛍光Ｘ線分析結果も未定Ｃ遺物群に同定された遺物であることから、同じ玉造遺跡で作られた管玉が伝播して来た可能性が想像される。蛍光Ｘ線分析法で未定Ｃ遺物群に同定された管玉は、ＥＳＲ分析で弥生早期にみられる菜畑形、弥生前期の未定Ｃ形、古墳時代の紫金山形に分けられる。庄・蔵本遺跡では弥生前期にみられる未定Ｃ形が中心であった。未定Ｃ遺物群の碧玉は日本では完成品の管玉で、剥片が出土していない。この未定Ｃ遺物群の、菜畑、未定Ｃ、紫金山の各形が、韓国の何処の遺跡と一致するかを求めることが、今後の課題の一つである。

**謝辞**

本研究には３０年のノウ・ハウが蓄積されているが、遺跡の関係者の協力なしでは考えられないことで、成果は協力者全ての共有の成果と感謝しています。石製品の材料産地に関する小さな情報であっても御提供頂ければ研究はさらに前進すると思われます。

P-56

# 五島列島の茶園遺跡出土黒曜石の産地分析

富士常葉大学環境防災研究所　高橋　豊

## 1　はじめに

朝鮮半島釜山近くの縄文時代の遺跡（東三洞など）から出土した黒曜石遺物の原石産地は、九州北西部産のものが大部分を占めた。

この海を渡る黒曜石の移動の一端を探るべく、最西端・五島列島の南端福江島岐宿の茶園遺跡の旧石器時代から縄文時代早期にかけてのV,IV,III層の各層準の遺跡出土黒曜石の産地推定を試みた。

## 2　遺跡の地理的環境

茶園遺跡の立地には、旧石器～縄文時代早期の遺跡にみる典型的な地理的・地形的環境が認められる。福江島の南部は、第三紀層からなる標高 460.8m の父ケ岳を最高点に起伏に富む。茶園遺跡が在る島の北部は様相が一変し緩やかで、ここに、約 70 万年前、更新世に北側に流出した玄武岩溶岩流がみられ、茶園遺跡がのる標高 10m～20m の低平な溶岩台地を形成する。北端は海に達し、侵食され出入りの激しい海岸線をみせる。小支谷には沖積層を伴い、谷奥には湧水がみられる。茶園遺跡は、海に面したこの低平な溶岩台地の尾根部から南向きの緩斜面に展開し、湿地化した沖積面にいたる。現在の海岸線まで数 10m の位置にある。

茶園遺跡のV層下部にみる木炭の $^{14}C$ 年代測定値(AMS 法)は、15,470 ± 190 年 B.P.を示す。

茶園遺跡に供給される黒曜石石器素材は、今回の分析で、淀姫・針尾島・牛ノ岳群と腰岳群に２分される。茶園遺跡と九州北西部の黒曜石原石産地との間の黒曜石の移動を考えるとき、18,000 万年前の最終氷期極相の最大海面低下期以降の海水準上昇の挙動が問題となる。五島列島と九州本土との水深は平戸の南東方向で-－70m 前後の部分が一番深い。ここに、海面上昇で海峡が形成され、五島列島が島嶼化する時期は、縄文海進極相の 6.,000 年 B.P.頃までである。

茶園遺跡の旧石器―縄文草創期―縄文早期の層準にあたるV～III層に包含される石器は、上記の変遷の鍵を握っていると考える。

## 3　茶園遺跡にみる土層の層序区分

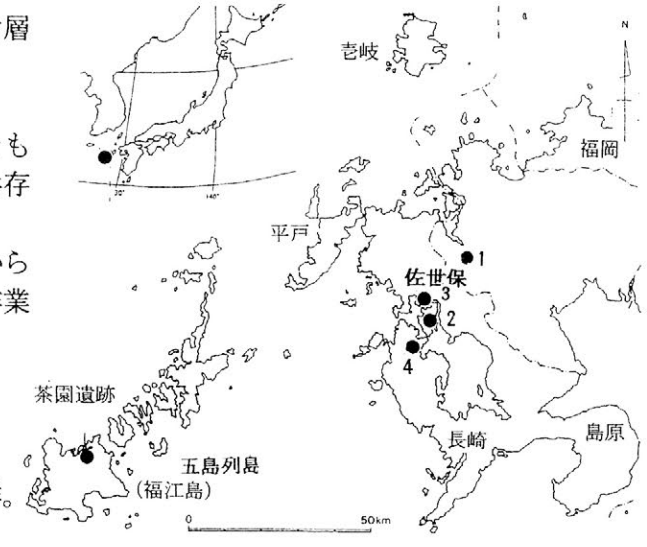
層序区分は次のとおりである。I層は表土、II層は縄文時代早期～後期の遺物の混在層。

III層　縄文時代早期の遺物の包含層

III層　上半の層準：縄文時代早期の遺物の包含層
　　下半の層準：細石刃の包含層

IV層　縄文時代草創期の単純層
安山岩製の木の葉形の石槍、と西海技法をもつ細石器（細石核は野岳・休場形）群が共存する包含層。
石材は黒曜石に限定される。扁平細石核から剥離される細石刃は幅広であり、小口に作業面を持つ西海技法をもつ細石刃の幅は狭く、細石刃の狭小化がみられる。V～IV層にかけて細石核の形態変化をみる。

V層　旧石器時代の細石器石器群の単純層。
土器出現前の、旧石器終末期細石器石器群。
石材は、黒曜石に限定される。
刃の長径は 10～30mm と長い。
細石核は、
1.扁平細石核（a 茶園形細石核、b 位牌塔形細石核）




1. 腰岳　2.針尾島・牛ノ岳　3.淀姫　4.上土井行

**茶園遺跡と九州西部の黒曜石原石産地●**

2.陵柱形細石核（野岳・休場形細石核）からなる。

Ⅴ層下部の $^{14}C$ 年代測定値・15470 ± 190 年 B.P..。

Ⅵ層　ナイフ形石器群の包含層、一部に細石器をみる。

Ⅶ層　玄武岩溶岩流の風化土壌。玄武岩の巨大礫。（ナイフ形石器、石核、剥片量数量が貧弱。）

**4　エネルギー分散蛍光Ｘ線分析**

産地同定は次の方法でおこなった

分析は SEIKOU SEA2001 エネルギー分散蛍光Ｘ線装置を用い、非破壊で行われた。

測定値にみる各元素のＸ線強度を用い、次の指標を用いて、判別図法と判別分析により各試料の産地同定を試みた。

元素記号は各元素のＸ線強度を表すとし、Sum=Rb+Sr+Y+Zr とする。

指標として、次の値を用いた。Rb 分率＝Ｒｂ×100/Sum,　Ｓｒ分率＝Ｓｒ×100/Sum,

Ｚｒ分率＝Ｚｒ×100/Sum,　Mn×100/Fe,　log(Fe／K)

**5　産地同定結果と考察**

茶園遺跡のⅤ層・Ⅳ層とⅢ層から出土した、細石刃、細石核に関わる剥片について、素材黒曜石の産地同定をし、結果を表Ｉに示した。

次の A,B,C の原石産地に集中する同定結果を得た。大部分が、A（＝淀姫・針尾島・牛ノ岳産黒曜石）と、B（＝腰岳）に同定された。わずかに、C（＝上士井行他）に同定されるものがあった。

茶園遺跡のⅤ層(旧石器)・Ⅳ層(縄文草創期)の細石器石器群の組成は単純層に近い。Ⅲ層(縄文早期)の細石器石器群の組成は、他の石器群に対する割合が 64%である。

表１の値に対する対比資料として、表２を示す。表２は、Ⅴ,Ⅳ,Ⅲ層の細石器石器群のうちの完成品の細石刃・細石核について、その黒曜石素材を肉眼鑑定し、その同定結果を原石産地別に示したものである。参考資料とした。

表１　Ⅴ層,Ⅳ層,Ⅲ層各層準の細石器石器群の剥片にみる黒曜石素材の原石産地別割合

| 細石器剥片 | A/A+B+C　(%) | B/A+B+C　(%) | C/A+B+C　(%) |
|---|---|---|---|
| Ⅲ層 | 125/191 点(65.4%) | 66 /191 点( 34.6%) | |
| Ⅳ層 | 366/401 点(913%) | 34 /401 点(　8.5%) | 1 /401　点( 0.27%) |
| Ⅴ層 | 118/146 点(80.8%) | 26 /146　点( 17.8%) | 2/146 点(1. 4%) |

表２　Ⅴ層,Ⅳ層,Ⅲ層各層準の細石刃・細石核完成品にみる黒曜石素材の原石産地別割合

| 細石刃・砕石核 | A/A+B+C　(%) | B/A+B+C　(%) | C/A+B+C　(%) |
|---|---|---|---|
| Ⅲ層 | *29/59　点(47.5%) | *30 /59　点( 50.8%) | |
| Ⅳ層 | 648/680 点(95.3%) | 32 /680　点( 4..7%) | 32 /680　点( 4..7%) |
| Ⅴ層 | 375/402 点(93.3%) | 27 /402　点( 6.7%) | |

(A＝淀姫・針尾島・牛ノ岳産黒曜石，Ｂ＝腰岳、Ｃ＝上士井行　＊印のみ細石核数、他は細石刃数)

表１のⅤ,Ⅳ層とⅢ層から出土する細石器の原石素材の産地数比に A＞B, から A,<B,への切換えが認められる。つまり、Ⅴ層の旧石器、Ⅳ層縄文草創期の遺跡層準からの出現率は、A＝淀姫・針尾島・牛ノ岳産黒曜石が圧倒的に高く,Ｂ＝腰岳が低い。Ⅲ層縄文早期にはこの関係が接近し、逆転する可能性もみせる。

Ⅴ層下部の $^{14}C$ 年代測定値は 15,470 ± 190 年 B.P.、Ⅳ層は縄文草創期(1.2～1.0 万年)前に、Ⅲ層は縄文早期(0.6～0.5 万年)前の海水準上昇極相期とこれに引き続く＋2～3m に達した海面が高水準で安定化した時期に形成された。Ⅳ層の上層、Ⅲ層の形成は、平戸の－70m の地点の海峡化、引き続く五島列島の島嶼化の時期であった。星鹿半島や度島の海岸に見るように、腰岳の黒曜石素材の沿岸流による西への漂移と平戸の海峡への到達が、素材の変換、西海技法を伴う細石器群の茶園遺跡への搬入をもたらしたと考える。

P-57

# 熊本地方出土の青銅製品に関する鉛同位体比

○魯　禔珓(ジヒョン)・下村　智・平尾良光(別府大学大学院)

## 1．はじめに

日本の弥生時代に関する研究は北部九州や近畿地方がその中心地となっており、特に朝鮮半島との関係は北部九州を中心に研究が行われてきた。その中では科学的な方法を用いて客観的なデータを示す研究が含まれており、鉛同位体比を用いた青銅製品の産地推定研究もその一つである。特に青銅製品の産地推定研究は青銅製品の原料の生産や製作技術、専門集団などと関連されており、文化交流の痕跡を確認することには最適な方法である。

地理的に朝鮮半島と距離が短く、朝鮮半島の影響を受けた痕跡もたくさん確認される九州地方では出土した青銅製品に関して鉛同位体比測定を行い、青銅製品の材料の産地を調べる動きが活発的に行われている。しかし、これらは北部九州が中心になっており、中部九州の場合は青銅製品に関する産地推定研究があまり行われていない。文化交流に関して全般的な様相を理解するためにはある地域だけではなく、日本全域に関して釣り合いを保つ研究が必要である。

本研究では文化交流を明らかにするには最適である青銅製品を中心に中部九州である熊本地方から出土した青銅製品 18 点に関して材料の産地を推定し、文化交流の一面を確認した。

## 2．鉛同位体比の測定

各資料から測定用試料として錆を少量採取した。採取した試料は硝酸で溶解し、直流 2V で電気分解した。析出した二酸化鉛にリン酸とシリカゲルを加えてレニウムフィラメント上にのせた。準備したフィラメントを質量分析計(本学に設置されているサーモエレクトロン社の表面電離型質量分析計 MAT262)の中にセットし、条件を整え、鉛同位体比を 1200℃で測定した。同一条件で標準鉛試料 NBS-SRM981 を測定し、規格化した。

## 3．結果と考察

測定した資料は熊本地方から出土した弥生時代中期～古墳時代初期の青銅製品で、鉛同位体比を図で示した。一般的に日本において青銅材料は弥生時代前期末には朝鮮半島産材料が使われており、弥生時代中期になってからは朝鮮半島産材料と共に中国華北産材料が利用された。弥生時代後期になると朝鮮半島産材料は使われなく、中国華北産材料だけが利用されるようになる。しかし、測定結果を示した図からみると、熊本出土の

青銅製品はその青銅材料の流れに矛盾することになる。この結果だけから考えると、熊本地方では時代あるいは時間の経過に関係なく、朝鮮半島産の材料が利用された可能性が考えられる。

青銅材料の変化の基準になっている北部九州出土青銅製品と中部九州出土青銅製品でみられる材料変化の違いを理解するためには朝鮮半島での青銅材料の変化を調べる必要がある。しかし、韓国ではまだ青銅材料の変化がまだ成立されていないため、詳しい比較はできないが、紀元前の青銅器時代から三国時代まで朝鮮半島産材料が使われたと考えられる研究結果もあるため、韓国では持続的に朝鮮半島産材料が利用されたことが推測できる。

韓国でみられる青銅材料の変化が熊本地方でのそれを類似であることは熊本を含む中部九州では北部九州とは異なる様相で朝鮮半島との持続的な交流があったことを示唆する。今後、熊本から出土した青銅製品に関する鉛同位体比研究がより活発に行われ、中部九州での青銅材料の変化がより明らかになることが期待される。

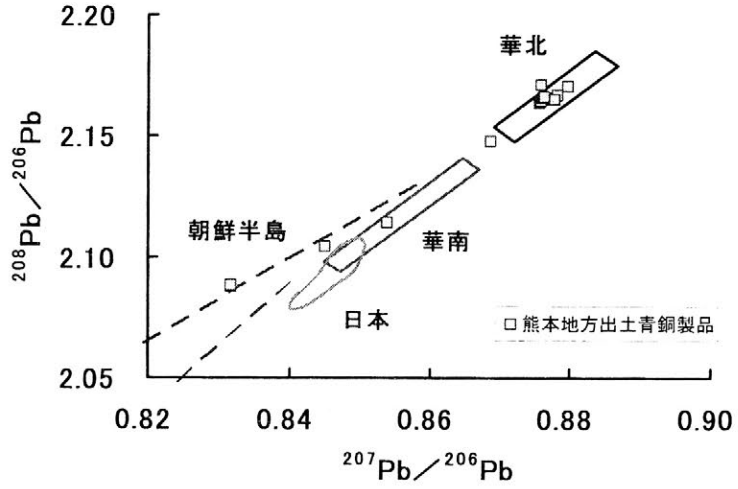



図1　熊本地方から出土した青銅製品の鉛同位体比
($^{207}Pb/^{206}Pb$—$^{208}Pb/^{206}Pb$)

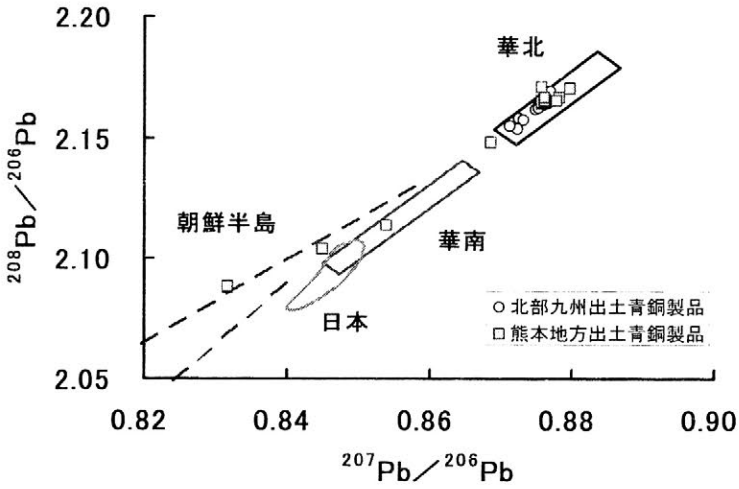



図2　北部九州と熊本出土青銅製品(弥生後期)の鉛同位体比
($^{207}Pb/^{206}Pb$—$^{208}Pb/^{206}Pb$)

P-58

# 黒崎城跡から出土した鋳造関連遺物に関する鉛同位体比

○角川茂・平尾良光(別府大学大学院)、佐藤浩司・梅崎恵司(北九州市芸術文化振興財団)

## 1．はじめに

福岡県北九州市に所在する黒崎城は福岡藩主黒田長政が家臣の井上周防之房に命じて築城させた近世城郭である。慶長９年（1604 年）の築城から元和元年（1615 年）の破却まで黒田藩の六端城として存在していた。道伯山山頂の黒崎城から 300m南側一帯は黒崎城跡と呼ばれる遺跡がある。この地域一帯は黒崎城が存続していた当時、黒崎城の城下町として栄えたと考えられている。また、城の破却後は宿場として整備され、長崎街道の黒崎宿として栄えた宿場町であった。この遺跡から坩堝やトリベ、青銅片などが多数出土した（以後、鋳造関連製品とする）。これらの出土から黒崎城築城準備期もしくはそれ以前の時期から黒崎城存続期（1604～1615）または廃城後に黒崎宿として整備された寛永期（1624～1644）までの間に稼働した金属器生産工房であったと考えられている。これらのうち 58 点に関して鉛同位体比を測定し、材料の産地に関する調査を行った。今回の結果から福岡地域、黒田藩における 1600 年前後の流通と交易を理解する一つの指標となりうると考えられる。

本測定資料の 58 点の内訳は、坩堝や滓などは 37 点、古銭９点、青銅片 12 点である。

## 2．鉛同位体比の測定

各資料から錆を微量採取し、試料とした。採取した試料から鉛を分離・精製し、本学に設置されているサーモフィッシャーサイエンティフィック社製の表面電離型質量分析計 MAT262 にて測定した。

測定値は同一条件で測定した標準鉛 NBS-SRM-981 で規格化し、測定値とした。

## 3．結果と考察

測定された鉛同位体比を図１、２に示した。図から本測定資料には日本産や華南産の鉛が含まれており、お互い比較的類似した値を表した。また、朝鮮半島産の鉛がほとんど見られなかったことは本資料が考古学的知見から黒崎城存続期（1604～1615）または廃城になった後、黒崎宿として整備されたと考えられている寛永期までであるならば、17 世紀初頭である。この時期は朝鮮出兵（文禄・慶長の役）後の国交断絶期であるので、今回の結果はこの事実を示唆していると考えることもできる。測定した試料の鉛同位体比がほぼ一直線上に並ぶことから、全資料がバラバラではなく、なんらかの関連性を持っていると考えられる。

今後、黒崎城跡の鋳造遺講が江戸時代初期のどの時代に稼動していたのかという理解を深めておく必要がある。国内をはじめ、朝鮮半島や中国と貿易を行っていた商人とのつながり、鎖国との関連性など日本の鉱石を利用した理由、中国の材料が利用されていることとの関連性を考えていく必要がある。

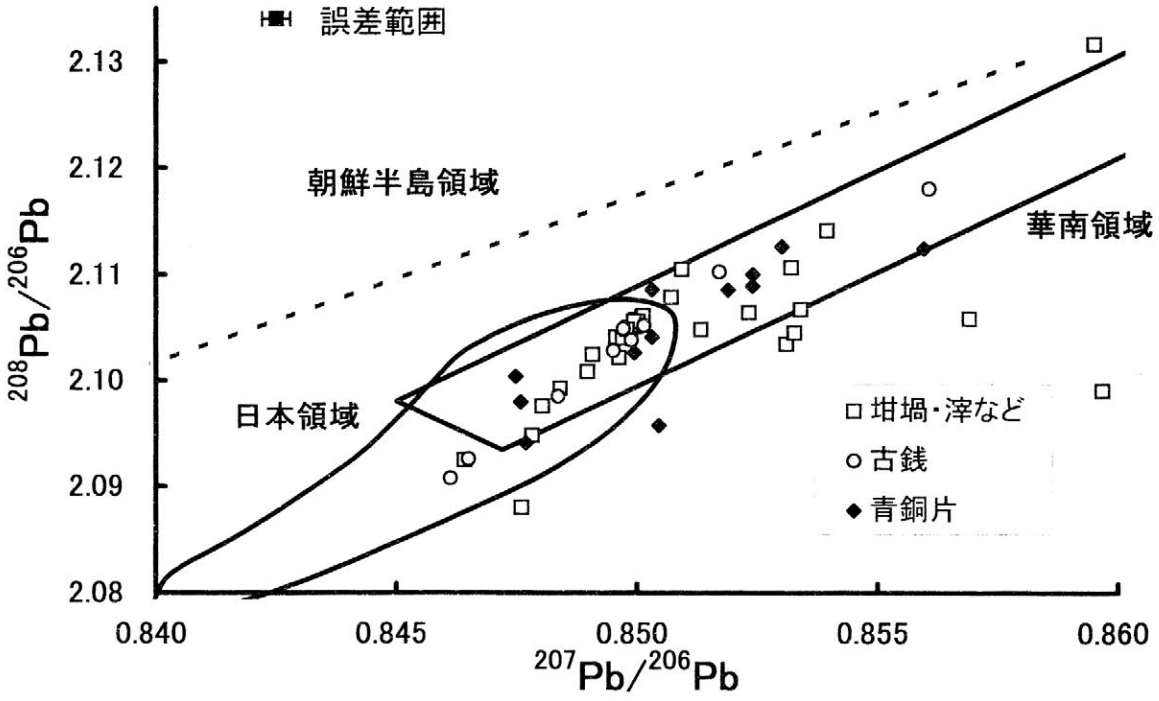



図1　福岡県北九州市黒崎城跡から出土した鋳造関連製品の鉛同位体比
($^{207}Pb/^{206}Pb$–$^{208}Pb/^{206}Pb$)

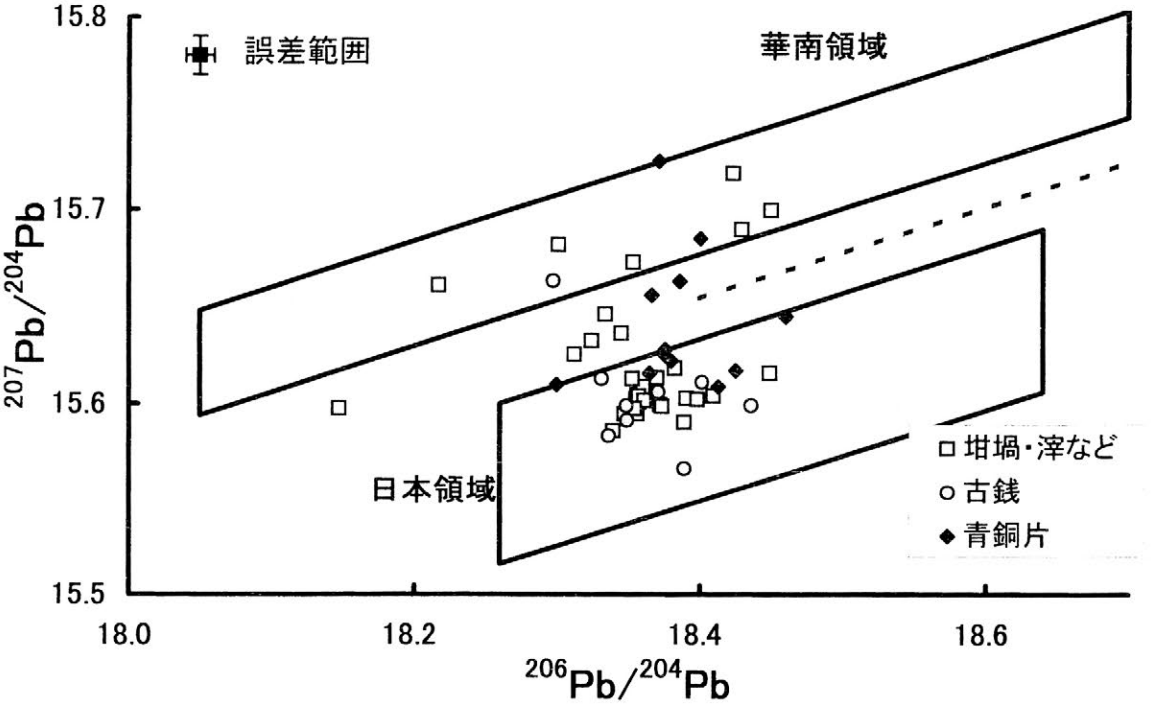



図2　福岡県北九州市黒崎城跡から出土した鋳造関連製品の鉛同位体比
($^{206}Pb/^{204}Pb$–$^{207}Pb/^{204}Pb$)

P-59

# 九州から出土した経筒の鉛同位体比

○ 石川ゆかり、平尾良光、上野淳也（別府大学大学院）

## 1 はじめに

九州での埋経は、宇佐八幡宮、求菩堤山、英彦山、四王寺山、背振山、太宰府などを拠点としておこなわれた跡がみられ、福岡、佐賀、大分の三県に11世紀後半から12世紀中頃にかけての埋経遺跡が濃密に分布している。埋経に関しては比較的早い時期に属する11世紀後半の遺跡がこの三県にかなり多い。

九州から出土した銅製経筒に関して自然科学的手法を用いて材料の産地推定をおこなった。経筒に使用されている材料の産地を推定することで、九州における経塚造営の拠点や経容器の生産の状況に関する考察をおこなう。

## 2 資料

今回調査をおこなった資料は

- 福岡県宗像郡玄海町（現 宗像市）から出土した経筒の破片 1点
- 大分県宇佐市妙楽寺から出土した経筒 2本 ・湖州鏡破片 1点
- 大分県杵築市東光寺から出土した経筒 5本
- 大分県立歴史博物館が所蔵する経筒 8本

である。

全ての経筒には年代を示す銘文、遺物などが発見されていないため、正確な製作年代はわからない。

比較資料として東京国立博物館に所蔵されている経筒の鉛同位体比[*1)]を参照した。

- 福岡県太宰府市太宰府原経塚から出土した経筒2本 である。

共に筒身側面に仁平二年（1152年）の墨書銘がある。

## 3 結果

鉛同位体比法で材料産地を推定し、蛍光X線分析法を用いて経筒の化学組成を調査した。材料産地の全体的な傾向として、中国華南産領域と日本産領域に多くの経筒の鉛同位体比が分布しているといえる（図1）。

次に鉛同位体比と化学組成において特徴的な結果を示した経筒について述べる。

### 3－1 東京国立博物館に所蔵されている太宰府出土経筒の鉛同位体比[*1)]と今回調査した経筒の鉛同位体比を比較した結果、近い値を示す経筒があった。それらは

- 玄海町出土経筒破片
- 宇佐市妙楽寺出土 2番経筒
- 杵築市東光寺出土 NO3経筒、NO7経筒、NO8経筒
- 大分県立歴史博物館所蔵 第1号経筒、第2号経筒

である。出土地が異なるこれらの経筒が太宰府出土経筒と同じような材料で製作されていることから、太宰府という経塚造営の拠点となっていた地域と関連する可能性もある。

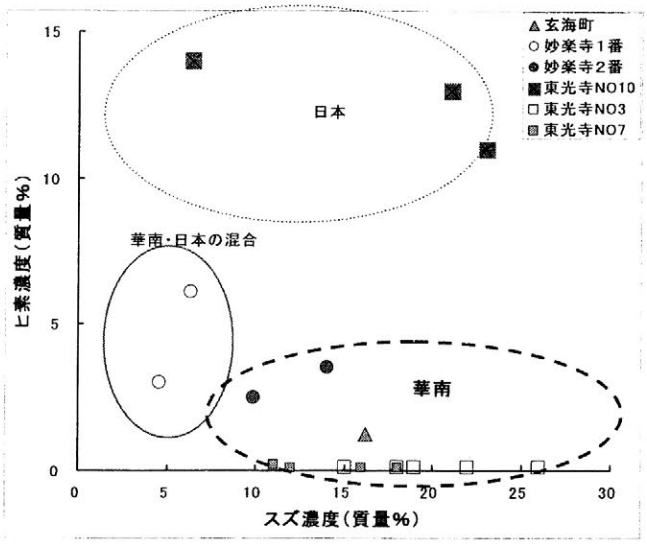
### 3－2 図1では大分県立歴史博物館に所蔵されている鍍金宝塔の鉛同位体比の結果がそのほかの経筒とは大きく異なっていた。中国・遼寧省の鉱山の鉛同位体比と近いといえるかもしれないが、産地は現在のところ不明である。

３－３　東京国立博物館所蔵経筒の化学組成測定結果からは、スズと鉛濃度が高い資料は中国産材料であり、ヒ素濃度が高い資料には日本産材料であるという仮説が提示されている[*1)] 今回の資料についてもこの傾向が当てはまるかどうかを見るために、玄海町出土経筒、宇佐市妙楽寺出土経筒２本、杵築市東光寺出土経筒３本に関してスズと鉛、スズとヒ素の分布を考察した。

その結果、材料産地が華南産の資料の鉛濃度がやや高く、日本産材料を使用している可能性が高い東光寺出土NO10経筒は鉛濃度が低かった。

しかし華南産材料の中でも鉛濃度にかなりばらつきがあるため、産地による明確な違いに関しては断言できない。

次に華南産の資料のヒ素濃度は低く、東光寺出土NO10経筒のヒ素濃度は高かった（右図）。そして華南産材料と日本産材料の混合である妙楽寺出土１番経筒のヒ素濃度は両者の中間程度の値であった。ヒ素濃度の違いは産地によって明確な差があるということがわかった。




＊1)原田一敏・平尾良光：東京国立博物館所蔵経筒の科学的研究；東京国立博物館紀要 41号（2006）

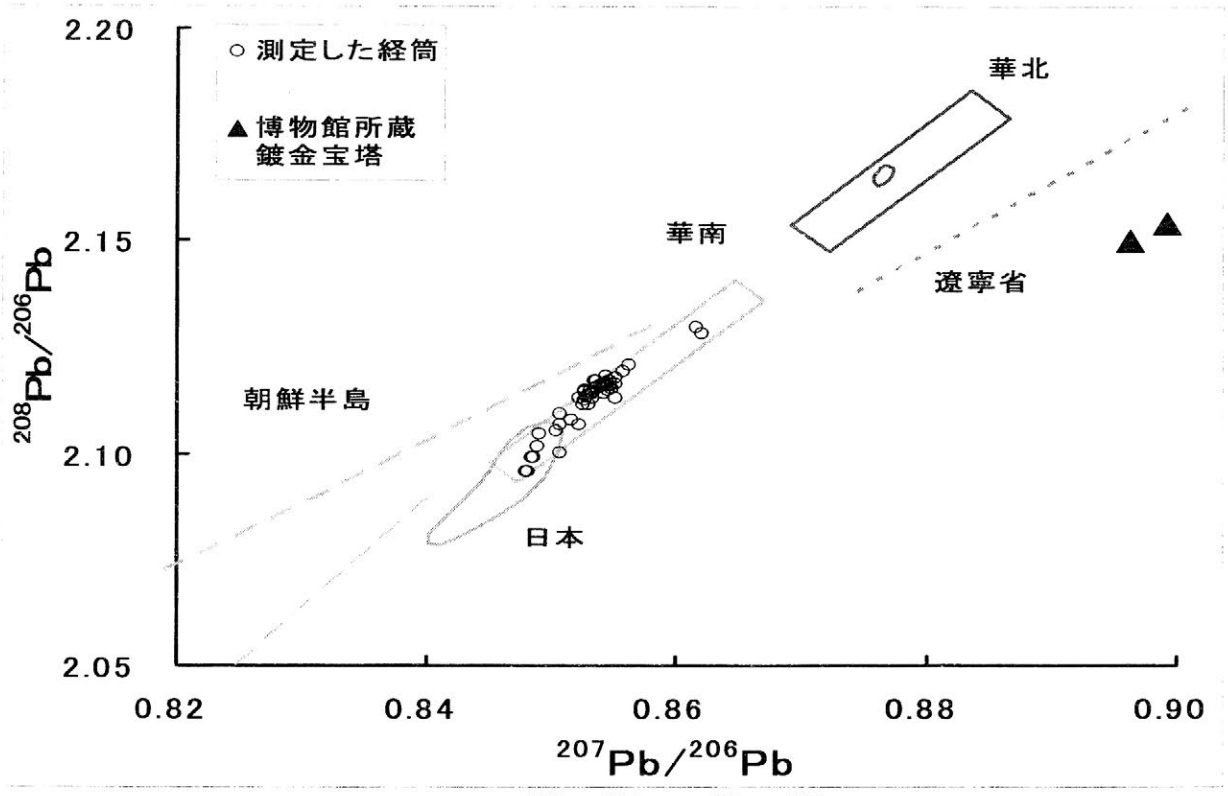



図１　測定した全経筒の鉛同位体比($^{208}Pb/^{206}Pb$—$^{207}Pb/^{206}Pb$)

P-60

# 熊本県玉名郡和水町（旧三加和町）田中城跡から出土した鉄砲玉の鉛同位体比

○西田京平[1]、下村智[1]、平尾良光[1]、黒田裕司[2]
[1]別府大学、[2]和水町教育委員会

## はじめに

熊本県玉名郡和水町に所在する田中城跡から数十点の鉄砲玉が出土している。この鉄砲玉は 1587 年に発生した肥後国衆一揆において使用されたと考えられている。これら出土鉄砲玉のうち 56 点に関して材料である鉛の産地推定を行うために鉛同位体比を測定した。

## 資料採取と測定方法

鉄砲玉表面の錆を採取し、鉛同位体比測定用の試料とした。試料を硝酸で溶解し、白金電極を用いて直流2V（ボルト）で電気分解し、鉛を二酸化鉛として陽極に集めた。析出した鉛を硝酸と過酸化水素水で溶解し、試料溶液とした。この溶液から一定量の鉛をとり出し、リン酸シリカゲル法でレニウムフィラメント上に塗布し、本学に設置されている表面電離型質量分析計 MAT262 で鉛同位体比を測定した。同一条件で測定した標準で規格化し、測定値とした。

## 結果と考察

測定結果を図1と図2にプロットした。この結果によると、日本領域内に分布した資料が 24 点と、日本・華南・朝鮮のいずれの領域でもない特定の領域（以下 N 領域と呼称する）に 22 点と、鉄砲玉のほとんどがこれら領域に分布した。この二つの主分布域の他には、華南領域に 6 点、朝鮮半島領域に 3 点、産地不明な鉄砲玉が 1 点みられた。華南領域に分布するが日本の神岡鉱山の鉛の分布と近似した資料が 1 点みられたので、日本領域内として扱った。これらの結果によると、今回測定した田中城跡から出土した鉄砲玉に使用された鉛材料は、一部に華南や朝鮮半島の材料を使用したと推定されるものを除いて、日本と N 領域が産地と推定される鉄砲玉が大半を占めている。

N 領域に分布した資料の産地がどこに由来するのかが問題となる。N 領域に分布する資料として、韓国出土のガラス資料がある。このガラス資料は「アジア系のガラス」と一般に言われているソーダ石灰ガラスである。このガラスは、特に東南アジアに由来する資料であるといわれている。ただし、このガラス資料は A.D5～6 世紀の資料であり、16 世紀の資料である鉄砲玉と比較するのは妥当でないかもしれない。しかし、この N 領域に分布した資料の産地に関して、可能性の一つを提示している。

N 領域に分布した鉄砲玉が日本領域に分布した鉄砲玉と近い点数みられることから、当時の鉛材料が日本国外の材料にかなりの部分を依存していたことを示唆するのかもしれない。

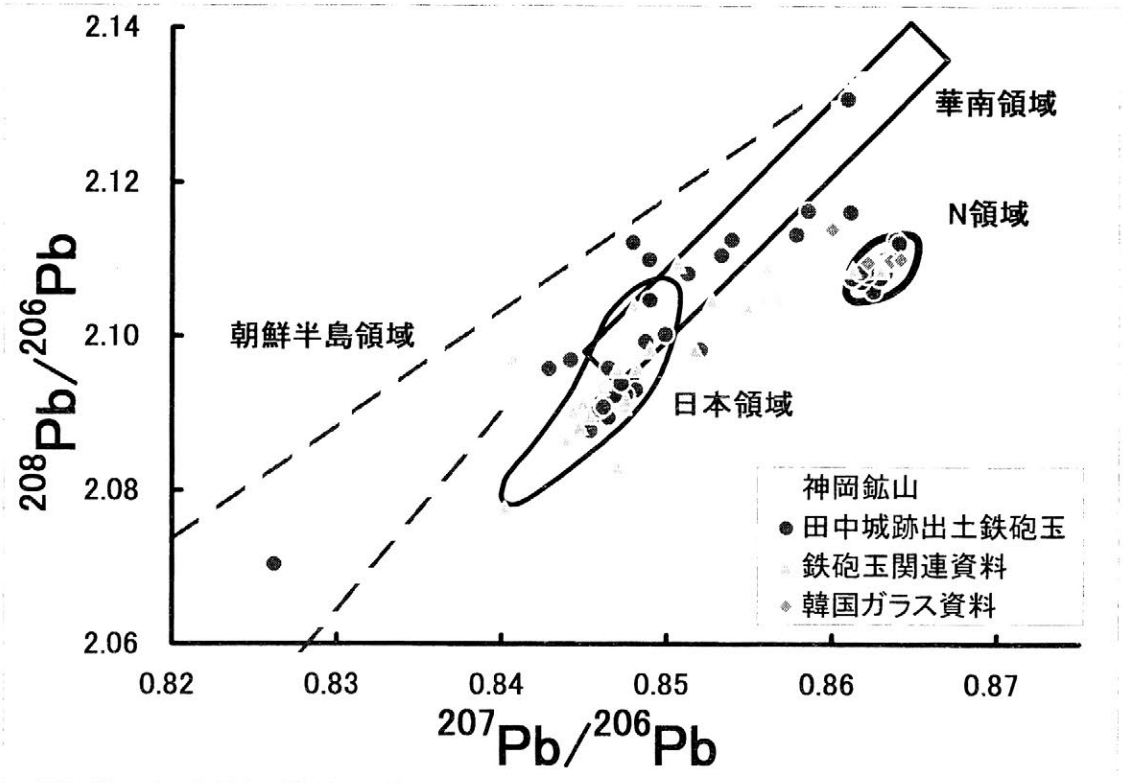



図 1. 田中城跡から出土した鉄砲玉の鉛同位体比

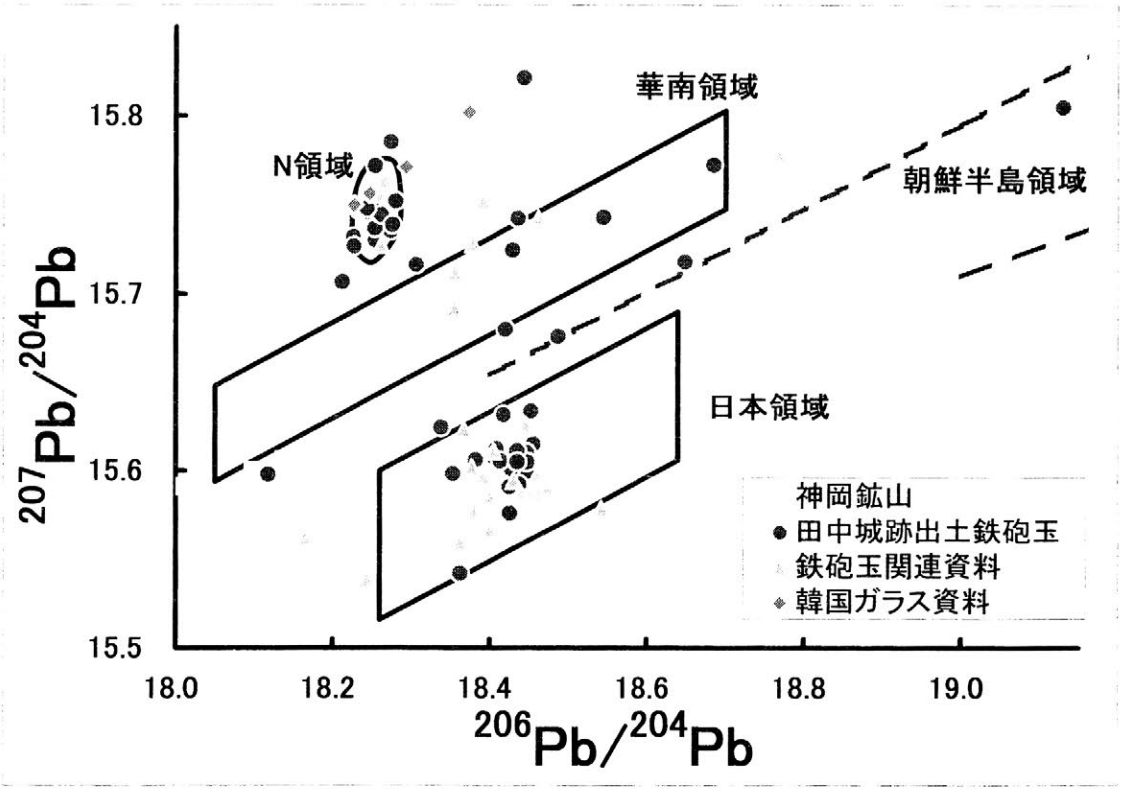



図 2. 田中城跡から出土した鉄砲玉の鉛同位体比

P-61

# 鉛同位体比分析による敦煌莫高窟の壁画に使用された鉛系顔料の産地推定への試み

趙 林毅（ZHAO Linyi）[1]・齋藤 努[2]・○谷口 陽子[3]・范 宇権（FAN Yuquan）[1]・于 宗仁（YU Zongren）[1]

1）敦煌研究院保護研究所（中国）
2）国立歴史民俗博物館
3）東京文化財研究所 文化遺産国際協力センター

## 1. 目的

敦煌莫高窟においては、数百の石窟が、1世紀以上にわたり開鑿され仏教寺院として使用され続けてきた。それらの石窟には、古代のシルクロードを通じて、西アジア、中央アジア、インド、中原地域など様々な地域の様式を反映する壁画が描かれており、その様式については様々な研究がなされている。ここでは、様々な時代に描かれた壁画に使用された顔料の特徴を明らかにすることで、物資が敦煌莫高窟へ持ち込まれた経路に差異があるかを検討し、顔料の原材料の特徴と、壁画の絵画的な様式の間に相関性があるかどうかを総合的に研究することを目的として、鉛同位体比の分析を行うこととした。

本研究で扱う鉛系顔料である鉛丹と鉛白は、鉛鉱物やそこから得られた金属鉛を人工的に炭酸塩化あるいは焼成することにより酸化することで得られる人造の顔料である。

本調査では、まず、既に敦煌研究院保護研究所によって採取された、壁画から得られた顔料試料を使用して分析を行った。

## 2. 鉛同位体比分析による鉛系顔料の原産地に関する研究

鉛同位体比の分析による鉛系顔料の産地推定は、考古学的な出土遺物のそれに比べ極めて少ない。

壁画に使用された顔料の調査にいたっては、ガラスの研究者として著名なブリルによって行われた一例だけである［Brill, et al. 1997］。ブリルは、ハーヴァード大学フォッグ美術館（現サックラー美術館）所蔵の資料のうち、天龍山石窟の浮き彫り、雲崗石窟第6窟の石彫像の彩色から8点、バーミヤーン西大仏の仏龕天井付近の壁画から2点、合計17点の試料を対象として分析を行っている。その結果、雲崗石窟や天龍山石窟では複数の鉛の供給源から得られた材料で顔料が製造されていることが示されている。

## 3. 莫高窟から採取した試料について

試料採取の対象とした石窟は、第5、25、40、95、249、259、260、265、272（2点）、275、285（2点 ）、290、296、334、352、365、465、477窟の18窟であり、時代は、北魏、西魏、北周、五代、宋代、西夏、元代にわたる（4世紀～14世紀）。殆どの試料は、鉛丹の橙色ではなく、黒色を呈しており、おそらく、何らかの化学変化により生じている鉛丹の変色生成物であろうと推定される。全ての試料は、保護研究所にある粉末X線回折（Rigaku D/max2500）により分析を行い、全ての試料から、黒色の変色生成物であると考えられるplattnerite（$PbO_2$）と、僅かに未変色で橙色を呈するminium（$Pb_3O_4$）を検出した。

## 4. 莫高窟の鉛系顔料の同位体比分析

敦煌研究院保護研究所と東京文化財研究所間の共同研究の一環として、趙林毅研究員が2007年1月11日～3月9日にわたって来日し、国立歴史民俗博物館にて実体顕微鏡観察、EDS（JEOL JXA-8200, 加速電圧15.0kV）による化学組成の分析を行った上で、鉛同位体比の測定を実施した。

鉛同位体比の測定には、表面電離型質量分析計（TIMS）／Finnigan MAT-262を用いた。鉛試料の分離に際し、高周波加熱炉を使用し、分離後に、

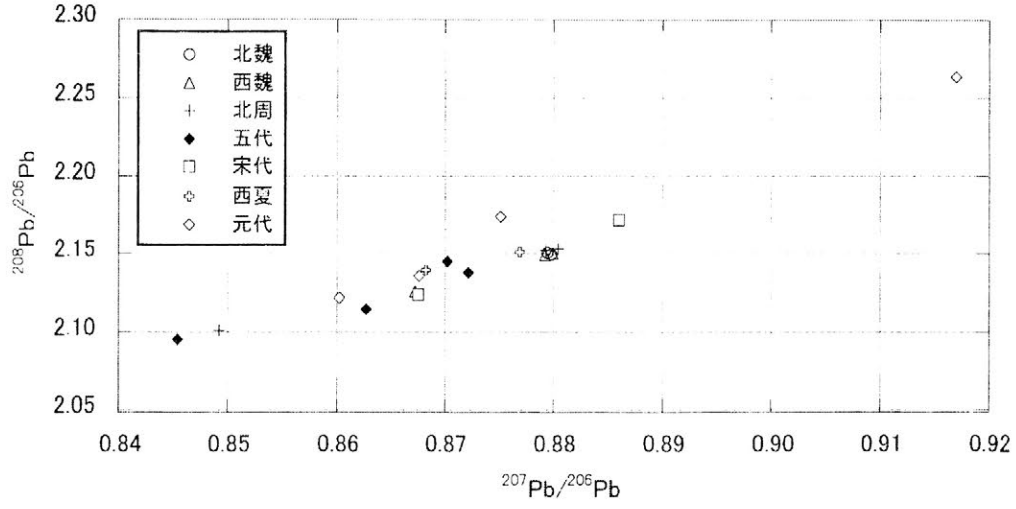



図１．莫高窟から得られた含鉛顔料試料の鉛同位体比分析結果

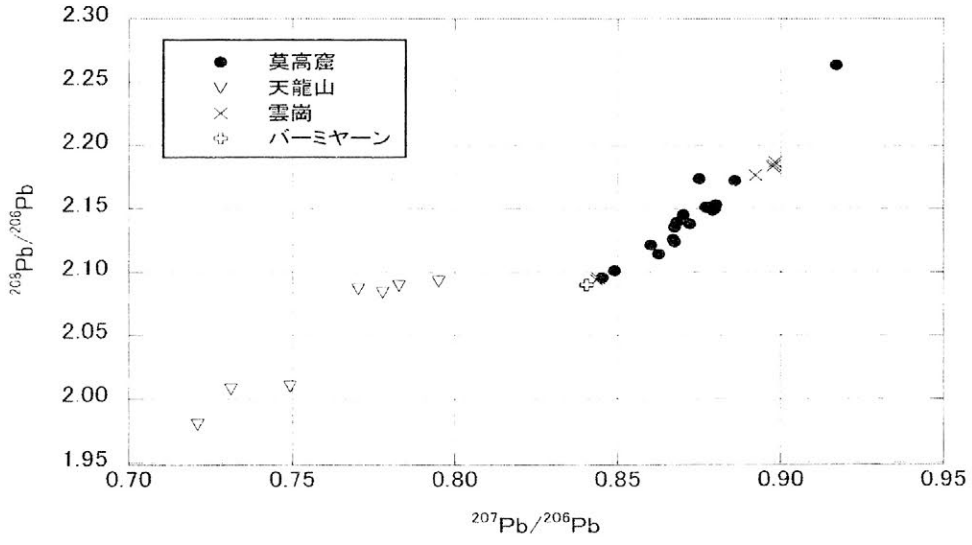



図２．莫高窟、天龍山、雲崗石窟の鉛同位体比分析結果の比較（Brill et al. 引用）

試料を１％の希硝酸に溶解した。

５．　分析結果

図１から、莫高窟から得られた 20 試料の鉛同位体比は、大きく分布しているが、北魏・西魏・北周時代の試料については、ほぼ類似した範囲に分布がまとまっていることが特徴的である。

図２は、Brill et al. [1997] らの分析したフォッグ美術館収蔵のバーミヤーンの壁画、雲崗石窟および天龍山石窟から得られた試料のデータと重ね合わせたものである。ここからでは鉛系顔料と産地の問題について述べることはできないが、少なくとも、遺跡や時代と、鉛同位体比との間には、なんらかの相関が存在する可能性がある。時代ごとに、壁画を描いた画工たちが、ある特定の製造方法あるいは地域から得られた顔料を使用していたのかを検討する為のひとつの手がかりといえよう。

今後は、中央アジアをはじめシルクロード地域の鉛系顔料についても視野を広げて調査を行う必要がある。

引用文献

Brill, Robert H.; Felker-Dennis, Csilla; Shirahata, Hiroshi; and Joel, Emile C.: Lead isotope analyses of some Chinese and Central Asian pigments, Conservation of ancient sites on the Silk Road: proceedings of an International Conference on the Conservation of Grotto Sites. The Getty Conservation Institute (1997), pp. 369-378.

P-62

# イオウ同位体比分析と微量元素分析から推定する朱の産地

○南　武志*、高橋和也**、今津節生***
(*近畿大学理工学部、**理化学研究所、***九州国立博物館)

1. はじめに

弥生時代から古墳時代にかけて、朱を内部に施した埋葬施設が多数見受けられる。赤色顔料として知られる朱は、硫化水銀（II）という単純な無機化合物であるが、粒子の大きさによって赤色の鮮やかさが異なり、細粒化されるほど鮮やかさが増す。古代において朱を埋葬儀式に用いる風習はおそらく中国より伝来したと思われ、吉野ヶ里遺跡・出雲西谷墳丘墓・赤坂今井墳墓・岡山楯築遺跡・大和天神山古墳など、多量の朱が墳墓内より発見されている。これらのことから、古代中国と密接な関係が当地の権力者にあったと思われる。しかし、朱鉱山は日本国内に多数存在しており、朱鉱石も縄文時代より日本国内で採掘されていたと考えられている。

われわれは、朱を構成しているイオウの同位体に着目し、朱の産地推定を今日まで試みてきた。すなわち、火山国である日本国内の朱鉱石は標準品（キャニオンディアブロ隕石）のイオウ同位体比に比べマイナスの値を示すのに対し、海水中で熟成され結晶化した中国産朱鉱石はプラスの値を示す。このことから、弥生時代後期から古墳時代にかけた北九州・山陰・丹後地方の一部で中国産朱が使用されていたことを発表している。一方、古代大和地方・四国地方はもちろんのこと、山陰・丹後・九州地方でも日本産朱が使用されていたデータも得ている。しかしながら、日本国内に多数の朱鉱山が存在する中で、イオウ同位体比分析だけから国内産地を推定するにはリスクが伴う。

朱鉱石は、他の金属をその内部に取り込んで成長することは殆んどないめずらしい鉱石である。しかし、鉱石から朱部分を採取するとき周りの部分から混入する破片があることを、遺跡朱の顕微鏡観察から先に本学会で報告している。すなわち、朱周辺部分から混入する元素が朱粉末に混在する可能性が示唆される。実際、三重県丹生鉱山産朱は他鉱山産に比べ砒素含量が高いことが知られている。そこで、朱鉱石と遺跡朱における微量元素含量をICP-MSで測定し、イオウ同位体比分析から得られた産地と関連付けられるかを検討した。

2.　試料と実験方法

三重県丹生鉱山、奈良県大和水銀鉱山、徳島県水井鉱山、高知県穴内鉱山、北海道龍昇殿鉱山、中国貴州省満山より採取した朱鉱石より朱部分を削り取り、

実体顕微鏡下で朱部分を集めた。遺跡朱は、吉野ヶ里遺跡・出雲西谷墳丘墓・大和天神山古墳・五条猫塚古墳より採取されたサンプルから実体顕微鏡下で朱部分を収集した。朱部分およそ 10 mg に王水を加えホットプレート上で蒸発乾固し、残渣に硝酸を加えて加熱溶解後、超純水で希釈して ICP-MS で測定した。

3. 結果と考察

イオウ同位体比分析の結果からは、中国産と日本産朱はほぼ完全に区別できることがわかった。一方、日本産の中で三重県丹生鉱山産とその他の鉱山産は区別が可能であった。しかし、弥生時代から古墳時代に開発されていたと思われる徳島県水井鉱山産と奈良県大和水銀鉱山産は区別できなかった。そこで代表的な朱鉱山鉱石を用いて微量元素を測定して比較を試みた。その結果、中国産朱は微量元素をほとんど含有していなかった。中国産朱は結晶性が高く、他元素を夾雑することは殆んどないと考えられる。これに対し、日本産朱鉱石は細粒化した朱を含んだ鉱石が多い。したがって精製段階でどうしても他元素が夾雑すると考えられる。ICP-MS で測定したところ、龍昇殿鉱山産はアンチモンが多く、大和水銀鉱山産はマンガンを多く含み、かつ鉛が検出される場合が多い。これに対して水井鉱山産はストロンチウムとカルシウム量が高く、穴内鉱山産はストロンチウム・バリウム・マンガン含量が高いとの結果が得られた。このことは検出される元素を組み合わせることから、産地を推定することが可能であることを示唆している。そこで、遺跡朱の微量元素含量を測定したところ、出雲西谷墳丘墓出土朱は微量元素を殆んど検出せず、吉野ヶ里遺跡朱はマンガンを多く含んでいた。若杉山遺跡朱はカルシウムを検出し、天神山古墳朱はマンガンと鉛を検出した。このことから、イオウ同位体比分析で判別できなかった若杉山遺跡朱と天神山古墳朱は、それぞれ徳島県水井鉱山産と奈良県大和水銀鉱山産の可能性が高いと推察される。また出雲西谷墳丘墓朱はイオウ同位体比分析の結果と合致し、中国産であると思われる。

以上の結果から、従来のイオウ同位体比分析だけでなく ICP-MS を用いた微量元素量の測定を組み合わせることによって、遺跡朱の産地推定の信頼度が格段に高くなり、この組み合わせを用いて今後各地の遺跡朱の産地推定を試みる予定である。

P-63

# 出土琥珀の産地同定における諸問題

○ 植田直見（財）元興寺文化財研究所

## 1. はじめに

以前より出土琥珀の材質分析、劣化状態の調査、保存処理方法について研究を行ってきたが、考古学研究者の産地同定に対する関心は高く、これまでも一部、同定を実施してきた。これらの産地同定は現在まで主に赤外分光分析によって行なわれてきた。しかし、発掘の精度が上がり、小さな破片や劣化した琥珀が数多く検出されるようになったため、健全なものから劣化したものまで同定することが必要となり、従来の分析方法だけでは同定が困難なものも現れた。そのため新しい分析方法を開発することが必要となり、一部のものには熱分析を併用し、同定を実施した。しかし、劣化の激しいものはそれでも同定が困難なものがあり、今回これらについて同定方法の検討を試みた。

まず、同一固体で劣化の激しい部分と健全な部分についてフーリエ変換型赤外分光分析（FT-IR）、熱分析（TGA・DTA）を実施し、同定を困難にしている理由を検討した。さらに、問題点を見極めたうえで同定方法の確立を目指すため、解析方法を見直し、検討を行ったので報告する。

## 2. 劣化した琥珀の分析

### 2-1. 分析資料

出土琥珀は縄文時代および古墳時代出土琥珀について劣化の激しい部分および比較的健全な部分を採取し、乳鉢で粉末にしたものをFT-IRおよびDTAに用いた。

### 2-2. 分析方法

上記の琥珀をKBrと混合し錠剤としたものを日本電子㈱製FT-IR装置（JIR-6000）で分析した。次に同じ資料数 mg をアルミニウムセルに入れ、熱分析を行なった。分析は㈱島津製作所製熱分析装置（DTG-60）を使用した。

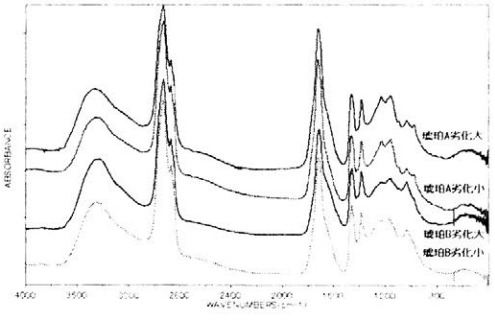



図1．出土琥珀のFT-IRスペクトル

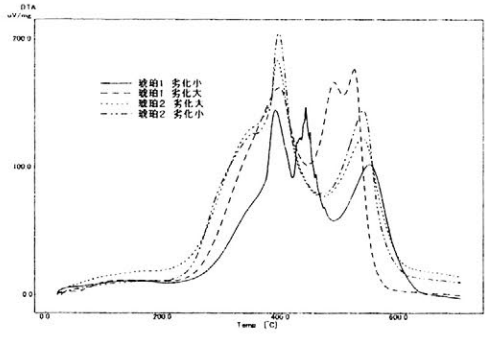



図2．出土琥珀のDTA曲線

### 2-3. 結果

代表的なものについてFT-IRスペクトルおよびDTA結果を図1および図2に示した。FT-IRスペクトルでは3400～3500、1720cm$^{-1}$付近の水酸基およびカルボニル基が酸化によって幾分増加した。また、指紋領域の1100～900 cm$^{-1}$付近のスペクトルの強度が変化していることがわかった。しかし、琥珀AとBは一見すると異なった産地であると見られるが、指紋領域のピークの違いが劣化によるものであることも否定できない。同一産地のものであるかどうかは熱分析やさらに解析方法を検討する必要があった。

また、DTAでは380℃および550℃付近のピークの位置や強度が変化し、さらに琥珀1では新たな温度でピークが現われた。この結果は明らかに劣化により琥珀を構成する主成分が変化を受けている可能性が高くこの結果からでは劣化した琥珀では熱分析が産地同定に応用できない可能性が考えられた。

## 3. 同定における問題点

出土琥珀はその多くが縄文時代と古墳時代に集中して出土する。古墳時代出土琥珀は赤外分光分析でのグルーピングが容易であるのに対し、縄文時代出土琥珀は様々なパターンが検出されるといった特徴を持つ。また、熱分析でも同様な傾向を示す。これは、琥珀の産地の違いに由来するものかあるいは、埋蔵環境の違いによるものかそれ以外の理由によるものかは現時点では不明である。以下に分析方法ごとの問題点をまとめた。

### 3-1. 赤外分光分析

現在まで最も多くの測定データがある。主産地の標準データも数多くあり劣化していない琥珀については指紋領域のピーク位置・強度からほぼ産地同定が可能である。しかし、縄文時代出土琥珀では劣化状態によってこの領域のばらつきが大きく同定が困難なものも多い。

### 3-2. 熱分析

比較的最近の分析方法であるためデータ量が少なく、分析結果の解析が難しい。そのためピークの位置と強度で分類しているが、測定条件によってはばらつきがあるため条件を統一することが必要となる。また、赤外分光分析と同様に縄文時代出土琥珀は測定結果にばらつきが多い。

## 4. 産地同定

まず主産地の標準となる琥珀の分析結果と出土琥珀の比較的健全な部分の分析結果を比較し産地同定を試みた。その結果、FT-IR と DTA から産地が同定できるものと断定できないものに分かれた。両者を併用することで同定の可能なものの精度は高くなった。一方困難なものについてはこれらの分析結果をさらに異なった角度から解析する必要があった。以下に劣化の激しいものについての検討結果を記す。

### 4-1. FT-IR における差スペクトルの解析

まず、標準資料について1固体中で劣化の激しい部分と健全な部分の差スペクトルを求めた。その結果、指紋領域においては産地ごとで特徴のあるスペクトルが得られた。次に、出土琥珀についても同様の解析処理を行った。その結果、劣化している琥珀についても1固体中で劣化状態に差があるものはその差スペクトルを求めることで、今まで同定が難しかったものに対しても結果を得ることが可能なものがあった。しかし、全ての琥珀については状態によって対応できないものもあった。

### 4-2. DTA と FT-IR の組み合わせによる解析

まず、標準琥珀について DTA の最終温度を 400℃まで変化させた後、残渣を FT-IR 分析した。その結果、1600cm$^{-1}$ 付近に吸収が現れ銚子市産を除いて 2800～3000cm$^{-1}$ 付近の吸収が消滅し、吸収位置および強度に変化が現れた。また、いずれの琥珀もまた、3400～3500、1720cm$^{-1}$ 付近の水酸基およびカルボニル基が減少した。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。その結果、それぞれの分析結果を標準琥珀と比較することで同定が不可能であった劣化した琥珀でも産地が同定できる可能性が高くなった。

## 5. さいごに

過去に数多くのデータを持つFT－IR分析と比較的、最近行い始めた熱分析の両者の結果から産地同定を試みた。しかし、単純な分析結果からでは同定が困難なものも多く、これらについてさらに両者を組み合わせるあるいは解析方法を検討することでさらに可能な資料を増やすことが出来た。しかし、標準資料のデータと一致しないものがあり、現時点では産地が異なるためであるか、劣化機構が異なるためであるのかそれ以外の理由があるのか不明である。今後も標準試料および出土資料について、さらに多くの資料の分析結果を収集することが必要であると考える。

P-64

# 大臼の保存処理　－滋賀県草津市・柳遺跡出土例－

中川正人・平井美典(滋賀県文化財保護協会)

はじめに

草津市柳遺跡の発掘調査により、弥生時代後期から古墳時代にかけての木製品が数多く出土している。これらの木製品のなかで2001年に出土した「大臼」は、とりわけ大型であり極度に脆弱化していたため、準備期間を含め専用の処理槽において約3年かけて保存処理を実施した。ここに保存処理にともなう事前調査をはじめ、準備作業、樹脂含浸、保存修復作業を報告する。

1. 事前調査

大臼は、ほぼ完全な形で出土し直径87.0cm、高さ48.8cmを計る。用材はトチノキである。トチノキは、日本特産の落葉高木で、大きいもので樹高は35mに達し、胸高直径が4mになる。木質は柔らかく緻密で、材の構造には特徴があり、放射組織が規則的に配列しているため、板目にいわゆるリップルマーク(漣紋)として肉眼でも観察できる。建築材や彫刻材、挽もの木地などへ多用される有用材であるが、耐久性に乏しいとされる。

含水率測定の結果、大臼の平均含水率は900%と高く、木質が極度に劣化している状態であった。また、木取りの観察を行ったところ、用材の芯は臼の底の中心を外し、縦木取りとしている。

2. 保存処理の方針

遺物の劣化状態や形態的特徴を考慮し、PEG含浸処理法を採用した。変形や収縮などの防止対策としては、基本的に次の4つの項目に留意して計画し保存処理を実施した。

a. 大臼専用の含浸処理槽を準備する（容量:約1Kℓの処理槽を使用)。
b. 含浸期間をできるだけ長く設定（処理期間:約3年)。
c. 樹脂製固定型を作成し、処理中および固化過程で大臼を固定する（多層FRP構造)。
d. 安全な保管法および展示活用法を提示する。



Fig. 1　大臼の出土状況

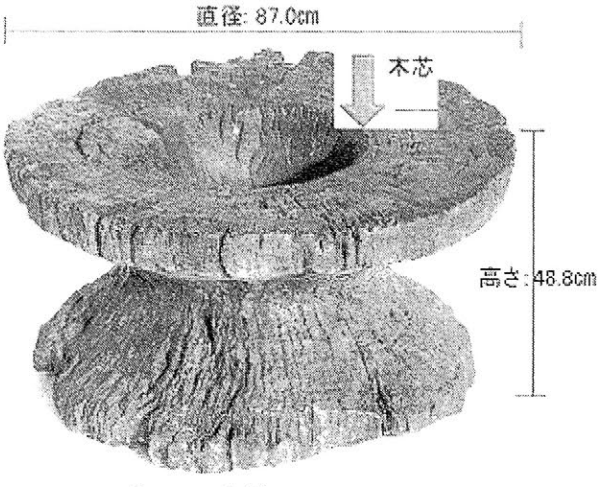



Fig. 2　大臼の法量

3. 保存処理工程

①大臼の洗浄

②FRP製固定型の作成（使用材料:エポキシ系接着剤、ガラスマイクロバルーン、ガラス繊維）

③PEG含浸処理（PEGの濃度管理を徹底）

④含浸槽からの取り出し（PEG濃度 100%で含浸完了）

⑤固定型を外し温湯で一次洗浄

⑥乾燥固化（固定型のなかで固化）

⑦二次洗浄（温湯による洗浄）

⑧三次洗浄（60%エチルアルコール水溶液による洗浄）

⑨保存修復（接合、充填、整形、補彩）

⑩保管・展示台の作成（保管環境、展示環境の整備）

4. 大臼の特徴

木臼の用途は、主に脱穀、製粉、精白(米)、さらに餅搗きなどである。今回保存処理を終えた柳遺跡出土の大臼は、全国で出土している弥生から古墳時代にかけての木臼のなかでも、とくに大型の臼である。また、形態的に高さと比較して臼上部の口径が大きいのが特徴である。

大臼の出土した近くから、カナメモチやツバキを用材とした竪杵も多数出土している。これらの木製品は、当時の遺跡周辺の豊かな環境を背景とした農耕社会を考えるうえで貴重な資料である。今後、保管環境を整備し展示活用に備えたい。

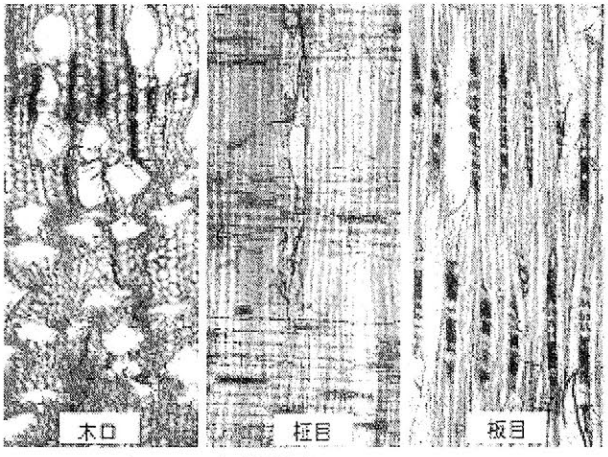



Fig. 3　大臼の事前調査
（樹種同定結果:トチノキ）



Fig. 4　保存処理終了

P-65

# 保存処理木製遺物の強度特性に関する評価方法の試み

(財)大阪府文化財センター　山　口　誠　治

## はじめに

保存処理された後の木製遺物に関する強度特性が課題となっているが、その評価方法については各種の装置が考えられているわけではなく、数値データとしてのまとまった出土木製遺物に関する文献も少ないのが現状である。また、いろんな強度測定が考えられるが、測定装置の大きさや費用も大掛かりとなり、破壊する方法が多いために実施された例が少ないのが現状である。

しかしながら、保存処理が済んだ木製遺物を展示するためには、ある程度の木製遺物の強度や耐久性が要求されることは避けられないが、これまでに木製遺物の強度や耐久性に関しては目視による評価しかなく、個人の感性に頼るのが状況である。

この状況を改善するために、本研究では携帯用の木材曲げ破壊強度と圧縮強度を測定する装置を用いて、出土木製遺物の応力許容範囲を数値データとして表示し保存処理後の木製遺物の強度特性評価に応用したので、ここに報告する。

## 1. 保存処理済み出土木製遺物の応力試験方法

立木の樹齢や成長率を測定するスント生長錐(フィンランド　スント社製)により、出土木製遺物より測定コアを抽出する。これにより、測定コアは30×5φmmを抽出するので、できる限り破壊しても問題のないあらかじめ遺跡から、大量に出土した杭類で保存処理を実施して、この遺物を試験試料とした。

試験試料は、ポリエチレングリコール（ＰＥＧ4000）を含浸し、ＰＥＧ含浸後に真空凍結処理した遺物を用いている。

応力測定は、携帯用フラクトメータ(ドイツ製)で曲げ破壊強度と圧縮強度を測定した。

○応力について

**応力(Stress)**は、物体のある一部分に微小な直方体を考え、回転運動・並進運動が存在しないと仮定したときに、微小直方体の各面に働く単位面積あたりの力と定義されている。**法線応力**（Normal stress）と**せん断応力**（Shear stress）の２種類が存在する。

応力の単位は、SIでは［Pa］、重力単位系では［kgf/mm²］で、圧力（Pressure）と同じ単位である。

まず簡単な場合を考えると、長さL、断面積Sの棒が力Fを受けて、長さがLだけ伸びたとき、このとき、応力 f とひずみ ε には、 f＝F/S、ε＝L/L という関係が成立し、さらに両者の間に比例関係があって、 f＝Eε（E＝ヤング率）が成立する。

（フックの法則）

許容応力を求めることにより、「これくらいの力まで持ちこたえられる」という数値を示してみた。さらに、この値により実際にはもっと持つけど、出土木製遺物の場合には展示や保管環境などで大きく影響され、その品質が変化するのでかなり安全を見積もった値を検討するべきとは考えている。

## 2. フラクトメータによる出土木製遺物と現生樹との比較分析結果

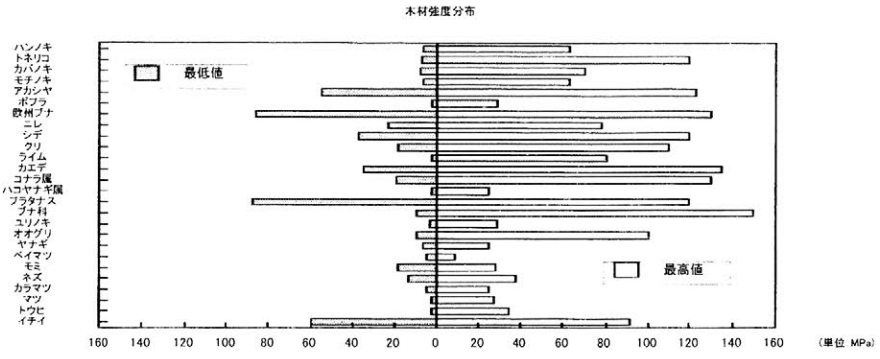



図 1.フラクトメータによる木材の強度特性 (文献値)

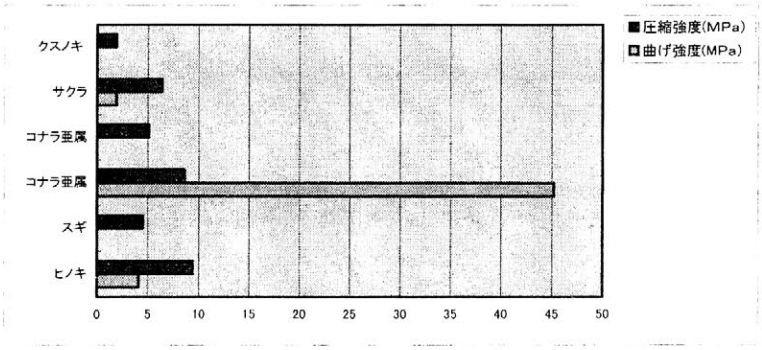



図 2. フラクトメータによる出土木製遺物の強度特性 (測定値)

劣化が激しく測定しにくい出土遺物もあり、曲げ強度が測定できていない樹種もあります。曲げ強度が高い木製遺物は耐久性があり、充分に保存処理が完了したことを示している。測定は各樹種の遺物に対して 10 回測定した平均を図示しており、今後個別のデータを統計処理して劣化診断をしたいと考えている。

## おわりに

出土木製遺物の保存処理後の劣化診断技術を確立し、確固たる診断基準を定めることにより、出土木製遺物を展示する上での安全性・信頼性を高め、ひいては博物館等での有効利用にも繋がることと考えられる。

今後は、出土木製遺物の保存処理方法との検討により、耐久性調査を実施するとともに、展示環境モリタリングと木製遺物の基礎データを集積し、展示環境による木製遺物の耐用年数を推定したいと考えている。

## [参 考 文 献]


1. "Is lateral strength in trees controlled by lateral mecanical stress?" Journal of arboriculture 21(2) : March 1995 p.83 - 87
2. "Use of the Fractometer to determine the strength of Wood with incipient decay" Journal of arboriculture 21(3) : May 1995 p.105 - 112

3.Mattheck C., Bethge K., 1993. "Ein Prüfgerät für Holz im Taschenformat-Das Fractometer," Allgemeine Forstzeitschrift 3, p.114-115

P-66

# 収縮・変形した出土木製遺物の形状回復に関する研究・その3

## ―PEG含浸法による収縮木材の回復試験―

○井上美知子*、植田直見*、伊藤健司*、藤田浩明*
*(財)元興寺文化財研究所

### 1　はじめに

ポリエチレングリコール(以下、PEG)含浸法による出土木製遺物は、保存処理中に収縮・変形を生じるケースが多く見られる。前回(昨年度)は、変形を生じやすいアカガシ・クリ・クヌギの出土木材のPEG含浸処理で変形した試験片の回復試験をおこなった。その方法として①PEG水溶液濃度を80%から20%ずつ序々に下げる、②60℃の水に浸漬、③水に浸漬の3法をおこなった。その結果、いずれの方法においても回復率3%未満となりほぼ元の形状にもどった。PEG含浸中に大きく収縮したにも関わらず水を与えれば順調に回復した原因として試験に用いた材の劣化が小さかったことが考えられた。そこで、今回は、劣化の大きい(含水率の高い)クリ、クヌギを用いて同様の実験をおこなった。

なお、本研究は平成17年度科学研究費補助金　基盤研究(C)(2)「収縮・変形した出土木材の形状回復に関する研究」(研究代表者　井上美知子　課題番号16500641)の成果の一部である。

### 2　実験方法

#### 2－1　試験片の作成

出土地不明のクリ(以下、劣化クリ)と津島岡大遺跡から出土した縄文時代のクヌギを用いた。試験片は約30mm(接線方向)×30mm(放射方向)×30mm(繊維方向)の立方体に切りだした。それぞれの試験片の空気中重量と水中重量を量り以下の式で含水率を求めた。また、体積は空気中重量から水中重量を引いて求めた。

$$含水率=\left(\frac{a-1}{a}\times\frac{A}{B}-1\right)\times 100 \qquad (a=1.47\quad A:空気中重量、B:水中重量)$$

保存処理中の試験片は、3～4日または7日毎に60℃のPEG20, 40, 60, 80, 100%水溶液に順次浸漬した。

#### 2－2　回復試験方法

回復試験は以下の方法によった。

①PEG80%→60%→40%→20%→水と水溶液濃度を下げてそれぞれ60℃で7日間浸漬

②60℃の水に浸漬

③常温の水に浸漬

### 3　結果及び考察

今回は、前回より含水率の高い劣化クリと岡大クヌギを用い、PEG含浸および回復試験中の重量と寸法の変化を追跡した。

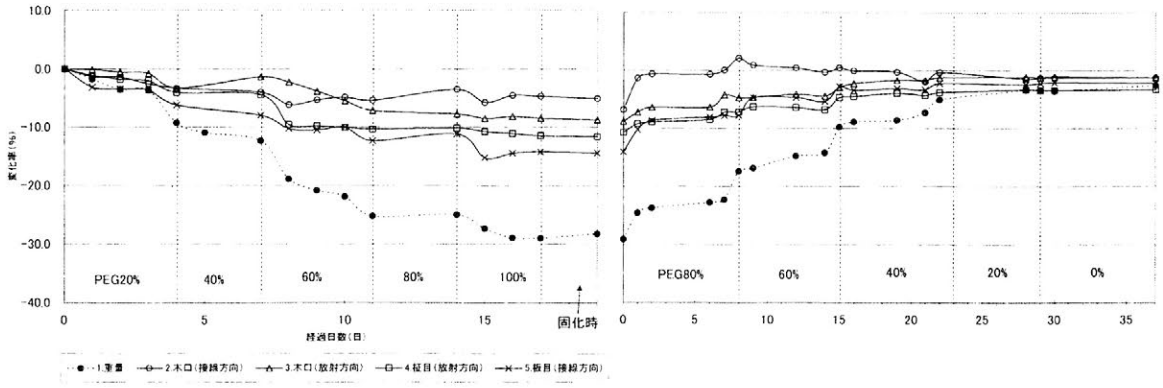
前回の出土材の含水率がクリでは100～180%と非常に低く、PEG含浸中には低濃度から重量の減少と収縮が進み、最終的に重量が約30%減少した(図1, a)。回復試験中は、前回は水分が多く

なるほど回復が進みほぼ形状回復した(図 1, b)。

それ対し、今回の劣化クリは含水率が 600～800%と高く PEG 含浸中は 60%水溶液まで重量が増加したが、80%・溶融液浸漬で重量と寸法の減少がみられた(図 2, a)。回復試験中は PEG80%・60%まで寸法と重量の増加がみられ処理前に近い値になったが PEG40%では寸法はほぼ横這いで重量は減少傾向であった。PEG20%・水浸漬でさらなる寸法と重量の減少がみられた(図 2, b)。

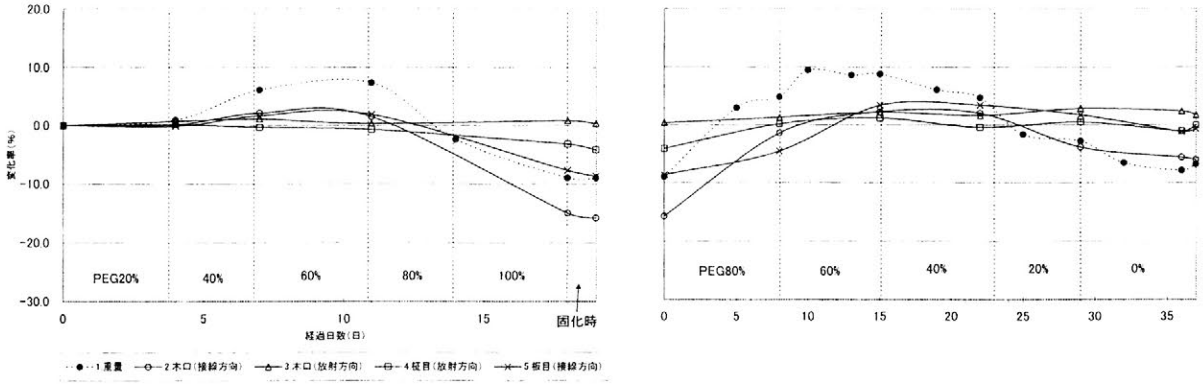
以上より、形状を回復するには含水率の低いものは水まで、高いものは PEG40～60%まで水溶液濃度を下げることが有効である。しかし、大型遺物では部位により含水率が異なることが予想される。このような場合、PEG20%か水まで戻し寸法変化の差をなくすることが有効と考えられる。

次の課題として部位により含水率の異なる大きな試験片を用いて実験を行なう予定である。




a　PEG 含浸処理　　b　方法①による回復処理

図 1　クリ(含水率 118%)の PEG 含浸および回復試験中の重量・寸法変化率




a　PEG 含浸処理　　b　方法①による回復処理

図 2　クリ(含水率 730%)の PEG 含浸および回復試験中の重量・寸法変化率

参考文献

植田直見　「PEG 含浸により収縮した出土材の寸法回復に関する試み」　『元興寺文化財研究所研究報告 2001』　p 18-22　(2002)

P-67

# セルロース誘導体を用いた出土木材の保存処理

○片岡太郎*、栗本康司**、高妻洋成***

* 秋田県立大学大学院・学術振興会特別研究員 DC、** 秋田県立大学木材高度加工研究所、*** 独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所

## 1. はじめに

本研究は、出土木材空隙にセルロース誘導体を充填することにより、軽量でありながら剛性が高くなる保存処理方法を開発することを目指すものである。セルロース誘導体は、天然高分子であるセルロースの親水性水酸基にメチル基やヒドロキシプロピル基などの置換基を導入して機能化したものであり、工業製品、食品・医療の添加物などに利用されている。

本研究では、水に可溶であるメチルセルロース（MC）、水やアルコールなどの有機溶媒に可溶であるヒドロキシプロピルセルロース（HPC）を用いた。これら市販のセルロース誘導体は、従来法に用いられている薬剤よりも分子量が大きく、その溶液の粘度も高いため、濃度勾配を利用した従来法において含浸期間の長期化や処理中の収縮・変形が懸念される。

そこで本報では、*Trichoderma viride* 由来の酵素である meicelase[1]を用いてセルロース誘導体溶液の低粘度化を試みた。その後、meicelase 処理したセルロース誘導体を用いて、最大含水率（MMC）が 312%の出土スギ材および MMC が 588%のクリ材に含浸し保存処理前後の寸法変化を比較検討した。

## 2. 実験

### 2. 1 試料

青森県青森市三内丸山遺跡より出土したクリ材（*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.）および島根県大田市三瓶小豆原埋没林より出土したスギ材（*Cryptomeria japonica* D. Don）を用いた。

### 2. 2 セルロース誘導体の meicelase 処理

0.1wt. %の meicelase（明治製菓製）脱イオン水（DW）溶液に対して 2wt. %の MC（信越化学工業製、METOLOSE SM-15）あるいは HPC（和光純薬工業製）を投入し所定時間 25℃で反応させた。反応溶液を煮沸して失活させた後、それぞれ保存処理実験に用いた。なお、水系での保存処理では反応水溶液をそのまま、TBA 系での処理では反応溶液を凍結乾燥した後に TBA に溶解した溶液を用いた。

### 2. 3 セルロース誘導体を用いた保存処理

試料から 20×20×5mm（繊維×放射×接線方向、L×R×T）の試験片（N = 3）を切り出し、TBA または DW に置換した試験片を meicelase 処理後の MC または HPC の DW または TBA 溶液に所定時間浸漬し、真空凍結乾燥した。処理中は経時的に寸法および試験片の空中重量を測定した。なお、セルロース誘導体の最終濃度はいずれも 20wt.%とし、溶液浸漬時の温度は DW 系では室温、TBA 系では 55℃とした。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 Meicelase 処理によるセルロース誘導体の粘度低下

図 1 に MC および HPC の meicelase による各反応時間毎の粘度低下率を示す。粘度低下率は、25℃でオストワルド型粘度計を用いて測定した反応溶液の落下時間を元に算出した[2]。MC 水溶液の粘度低下率は、反応時間が 15 分で急激に低下した後、8 時間まで徐々に低下し、その後は一定となった。一方、HPC 水溶液の粘度低下率は、24 時間経過後においても変化せず、

meicelase 処理の効果は認められなかった。以上から、保存処理実験にはmeicelase 反応時間を 24 時間としたMC あるいは HPC を用いた。

### 3. 2 Meicelase 処理したセルロース誘導体を用いて保存処理した試験片の寸法変化

表 1 にスギ試験片（MMC312%）の空隙充填率および保存処理前後の寸法変化を示す。TBA 系で HPC 処理した試験片の空隙充填率が 2.1%であり、他の処理に比べて最も低かった。収縮率は処理剤の有無、処理剤や溶媒の種類にかかわらず、いずれの方向においても大差なかった。

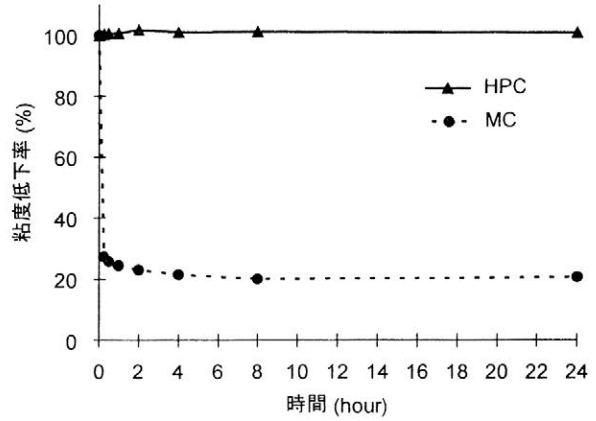



図 1 Meicelase 処理によるセルロース誘導体の粘度低下率

粘度低下率 (%) $= t / t_0 \times 100$ ただし、t は反応時間における溶液の落下時間（秒）、$t_0$ は meicelase 処理なしの溶液の落下時間（秒）

表 2 にクリ試験片（MMC588%）の空隙充填率および処理前後の寸法変化を示す。処理剤や溶媒にかかわらず、空隙充填率は約 10%であった。一方、TBA 系で HPC 処理した試験片の収縮率がいずれの方向において最も低い値を示した。

以上から、セルロース誘導体を用いた処理では、真空凍結乾燥した場合、溶媒に TBA を使用した方法が水系に比べて寸法安定性が高く、収縮・変形抑制効果があるものと思われる。しかし、低含水率および高含水率いずれの試料も空隙充填率が低く、収縮の抑制が十分ではなかった。今後はより低分子のセルロース誘導体を用いて保存処理を行う予定がある。

表 1 スギ材(MMC312)の空隙充填率および処理前後の収縮率

| 処理剤 | 溶媒 [a] | 空隙充填率 (%) | 収縮率 [b] (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | R | T |
| HPC | TBA | 2.1 (0.4) | 0.4 (0.5) | 1.7 (0.2) | 2.7 (0.8) |
| HPC | DW | 4.9 (0.1) | -0.7 (0.3) | 2.5 (0.6) | 4.1 (1.3) |
| MC | DW | 5.0 (0.2) | -1.3 (1.1) | 2.4 (0.8) | 2.4 (2.6) |
| - | TBA | - | 0.3 (0.1) | 1.4 (0.6) | 1.4 (1.3) |

[a] TBA: *t*-ブチルアルコール、DW: 脱イオン水　[b] L: 繊維方向、R: 放射方向、T: 接線方向

括弧内の数値は標準偏差を表す

表 2 クリ材(MMC588%)の空隙充填率および処理前後の収縮率

| 処理剤 | 溶媒 | 空隙充填率 (%) | 収縮率 (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | R | T |
| HPC | TBA | 10.4 (1.9) | 4.5 (0.7) | 4.4 (1.5) | 2.9 (0.9) |
| HPC | DW | 8.8 (1.3) | 5.7 (0.8) | 5.5 (0.9) | 4.2 (0.5) |
| MC | DW | 8.9 (1.9) | 7.8 (1.1) | 5.3 (1.9) | 6.4 (1.3) |
| - | TBA | - | 5.1 (0.5) | 4.6 (1.7) | 5.8 (3.1) |


文献

[1] G. Okada : J. Biochem 77 (1), 33-42 (1975)

[2] 磯貝明："木質科学実験マニュアル"、日本木材学会編、2000、pp.98-103

P-68

# 糖アルコール法における木材および植物遺存体保存処理の基礎的研究

○金原正子、木寺きみ子（古環境研究所研究所）、
金原正明（奈良教育大学）

## 1．はじめに

遺跡より出土した木製品は、出土後ほとんどが水浸かり状態で保管され、時間と共に傷みが増すため、有効な保存処理を施す必要がある。以前、漆椀、炭化材及び炭化米、種実について糖アルコール含浸法の適用について紹介した。今回、保存処理が困難で、処理方法についてもいまだ有効な方法が確立されていない土付きの漆椀、土付きの編みカゴなどについて糖アルコール含浸法の適用について検討した。

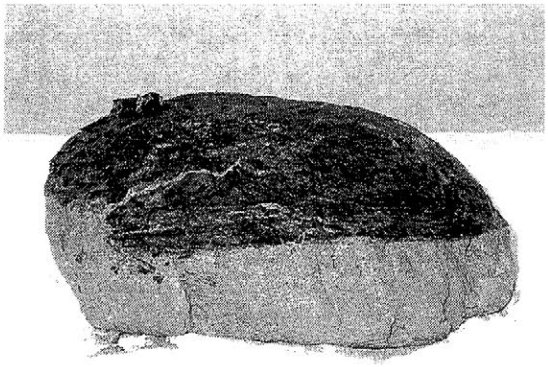
## 2．方法および所見

### 1）土付き漆椀

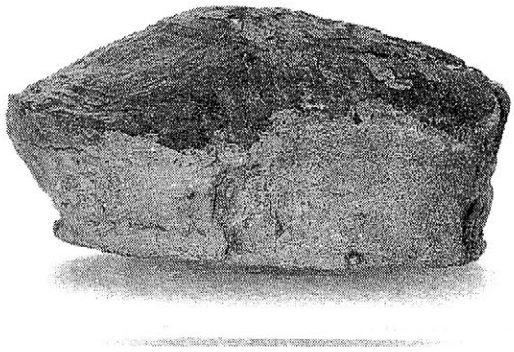
遺物は、椀の木質部分がほとんど分解され漆膜のみが土に張り付いたような状態で、土圧で歪み分割されて土と分離することが困難な状態だったため、土付きのまま保存処理を行うことにした。土はシルト～粘土で、出来るだけ遺物の大きさに切り取った後、保護のため包帯を巻いて糖液に浸け込み、糖液の混和も細心の注意を払いながら漆椀の含浸よりは長い期間浸け込んだ。包帯をはずしてパウダリングし再び包帯で固定し乾燥した。結果、漆膜が土からはがれることも、収縮や色調の劣化もなく、土もそのままの状態で残り、良好な結果を得ることが出来た。

### 2）土付き編みカゴ

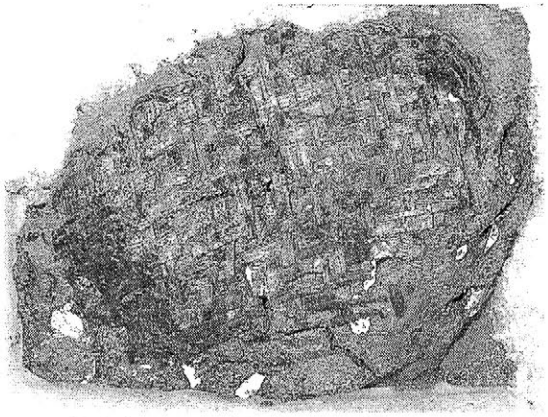
遺物は、土付きのムクロジの編みカゴでタッパーにて保管中に４分割した状態であった。土は、貝混じりの砂礫で、編みカゴから取り外すことも、出来るだけ小さく切り取ることも出来なかったため、土付きのままで処理を行った。土が粗いため編みカゴ表面のクリーニングもレスピレーターなどを使いゆるやかに取り除いた。その後４分割した大きな亀裂を圧着するように、カゴを保護するように不織布や包帯などで固定し含浸した。結果、編みカゴの収縮はほとんど認められず、色調も材質本来の色を損わない仕上がりであった。４分割の大きな亀裂は糖の接着性によりきれいに接着された。ただし問題点として、処理前には小さかった亀裂がパウダリングの後に大きくなり編みカゴを変形させた。その亀裂から遊離した礫が出てきた。パウダリング後の変形は熱をかけてもほとんど戻すことは困難であった。この新たに出来た亀裂は土の性状と大きな関係があると考えられ、ここでは直径が不揃いな砂礫や貝などの混入により隙間の水分が糖と置き換わる際に時間差が生じるなどの要因が影響を及ぼす可能性も考えられるが確定的ではない。



・土付き漆椀保存処理前



・土付き漆椀保存処理後



・土付き編みカゴ保存処理前



・土付き編みカゴパウダリング後



・保存処理前



・保存処理後

## 3．まとめ

今回、土から剥がすことの出来ない漆椀、編みカゴについて糖アルコール保存処理の適用について検討をおこなった。収縮、色調の劣化、糖の接着性などについては概ね良好な結果が得られたが、付着する土の性状により遺物の変形を起こすことがあり、適用条件などの今後の追試が望まれる。

P-69

# リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理Ⅲ

## ― 材内における存在状態 ―

○片岡太郎*、栗本康司**、高妻洋成***

* 秋田県立大学大学院・学術振興会特別研究員 DC、** 秋田県立大学木材高度加工研究所、*** 独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所

### 1. はじめに

本研究は、出土木材の細胞壁をリグノフェノールによって重点的に強化することで、軽量でありながら剛性が高くなる保存処理方法を開発することを目指すものである。前報では、試料に最大含水率（MMC）が902%または1178%のドロノキ（*Populus maximowiczii* A. Henry）を用いて、リグノフェノール処理した試料の寸法変化と強度特性をポリエチレングリコール（PEG4000）処理のそれらと比較した。その結果、最終濃度を10wt.%としてリグノフェノール（TBA系）処理した試験片の収縮率が3%以内であり、PEG4000処理した試料よりも高い寸法安定性が得られることが明らかとなった[1]。

本報では、試料に出土スギ材（MMC312%）とクリ材（MMC588%）を用いて、リグノフェノールの飽和吸着量をPEG4000と比較検討した。また、リグノフェノール処理の最終濃度を40wt.%として出土材の保存処理を行い、PEG4000処理したそれの寸法安定性を比較検討した。

### 2. 実験

#### 2.1 試料

青森県青森市三内丸山遺跡より出土したクリ材（*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.）および島根県大田市三瓶小豆原埋没林より出土したスギ材（*Cryptomeria japonica* D. Don）を用いた。

#### 2.2 リグノフェノールの調製

機能性木質新素材技術研究組合から提供された粗リグノ-*p*-クレゾールを定法[2]に従い精製した。精製リグノ-*p*-クレゾールのTBA抽出画分をリグノフェノールとして以下の実験に用いた。

#### 2.3 吸着量の測定

脱脂した試料（60-80mesh）を吸着実験に供した。吸着質にリグノフェノールまたはPEG4000、溶媒にTBAを用いて、吸着温度55℃で1週間吸着処理した。飽和吸着量は吸着処理より得られた吸着等温線からLangmuir plotを行うことによって求めた。

#### 2.4 リグノフェノールを用いた保存処理

試料から20×20×5mm（繊維×放射×接線方向、L×R×T）の試験片（N = 3）を切り出した。TBAまたは脱イオン水（DW）に置換した試験片をリグノフェノールまたはPEG4000のTBAまたはDW溶液に所定時間浸漬し、真空凍結乾燥した。処理中は経時的に寸法および試験片の空中重量を測定した。なお、処理剤の最終濃度はいずれの処理でも40wt.%とし、溶液浸漬時の温度は55℃とした。ただし、30wt.%以上のリグノフェノール溶液の浸漬温度は70℃とした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 吸着特性

表1にMMC312%のスギおよびMMC588%のクリへのリグノフェノールとPEG4000の飽和吸着量をそれぞれ示す。MMC312%試料へのリグノフェノールの飽和吸着量は149mg/gで

あり、PEG4000の145mg/gと同等であった。一方、MMC588%試料へのリグノフェノールの飽和吸着量は152mg/gであり、PEG4000よりも17mg/g増大した。MMCが大きくなれば、リグノフェノールとPEG4000の飽和吸着量の差が大きくなるのは、既報の結果[3]と同様であった。

表1 スギ（MMC312%）、クリ（MMC588%）への飽和吸着量

| 吸着質 | 溶媒 | 飽和吸着量 (mg/g) | |
|---|---|---|---|
| | | スギ | クリ |
| リグノフェノール | TBA | 149 | 152 |
| PEG4000 | TBA | 145 | 135 |

### 3.2 リグノフェノール処理による寸法変化

表2にスギ試験片（MMC312%）の空隙充填率および処理前後の寸法変化を示す。リグノフェノール処理した試験片の収縮率は、いずれの方向においてもPEG4000処理および溶質なしと比べて大差なかった。

表3にクリ試験片（MMC588%）の空隙充填率および処理前後の寸法変化を示す。リグノフェノール処理した試験片の収縮率は、いずれの方向においてもPEG4000処理および溶質なしよりも高い値を示した。これは30wt.%以上のリグノフェノール溶液浸漬中に収縮が生じたためである。本実験で用いたリグノフェノールは濃度30～40wt.%の溶液の場合70℃で溶解するが、粘度が高く、溶液の材内への拡散・置換が困難になったものと思われる。

今後は、より低粘度のリグノフェノール溶液を用いて保存処理を行う予定である。また、本実験では20wt.%リグノフェノール溶液浸漬時までは55℃とし、30wt.%からは70℃に上昇させた。処理開始から溶液温度を70℃としたリグノフェノール処理も行う予定である。

表2 スギ材（MMC312%）の空隙充填率と処理前後の収縮率

| 処理剤 | 溶媒[a] | 空隙充填率 (%) | 収縮率[b] (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | R | T |
| リグノフェノール | TBA | 30.3 (1.0) | -0.9 (0.3) | 0.7 (0.2) | 0.7 (0.4) |
| PEG4000 | TBA | 29.2 (0.8) | -0.1 (0.3) | -0.2 (0.1) | -0.5 (0.2) |
| PEG4000 | DW | 38.2 (4.3) | -0.3 (0.9) | 1.0 (0.5) | 4.8 (5.9) |
| - | TBA | - | 0.3 (0.1) | 1.4 (0.6) | 1.4 (1.3) |

[a] TBA：*t*-ブチルアルコール、DW：脱イオン水　[b] L：繊維方向、R：放射方向、T：接線方向

括弧内の数値は標準偏差を表す

表3 クリ材（MMC588%）の空隙充填率と処理前後の収縮率

| 処理剤 | 溶媒 | 空隙充填率 (%) | 収縮率 (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | R | T |
| リグノフェノール | TBA | 40.0 (1.1) | 5.0 (1.5) | 8.1 (2.6) | 3.9 (2.4) |
| PEG4000 | TBA | 38.9 (5.4) | 1.6 (0.5) | 3.0 (0.4) | 1.4 (0.6) |
| PEG4000 | DW | 35.3 (0.3) | 1.5 (0.3) | 3.9 (1.2) | 4.5 (1.0) |
| - | TBA | - | 5.1 (0.5) | 4.6 (1.7) | 5.8 (3.1) |

**文献**


[1] 片岡太郎、栗本康司、高妻洋成：日本文化財科学会第23回大会研究要旨集、58-59（2006）

[2] 船岡正光：“木質資源循環利用技術研究成果報告書”、機能性木質新素材技術研究組合編、2006、pp. 27-108

[3] 片岡太郎、栗本康司、高妻洋成：木材保存 **33** (2)、63-72（2007）


**謝辞**


リグノフェノールは、機能性木質新素材技術研究組合「木質資源循環利用技術開発」事業から提供いただきました。心より深く感謝申し上げます。

P-70

# 出土スギ材リグニンの化学構造の解析

○片岡太郎*、芦谷竜矢**、黒田健一***、栗本康司**、高妻洋成****

* 秋田県立大学大学院・学術振興会特別研究員 DC、** 秋田県立大学木材高度加工研究所、*** 九州大学大学院、**** 独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所

## 1. はじめに

一般に出土木材は、劣化の初期段階ではヘミセルロースとセルロースの非晶領域が優先的に分解され、相対的にリグニン含有率が増加している[1]。劣化がより進行しているものでは、セルロースの結晶領域も分解され、リグニン量も減少している[2]。

玉井[3]は、過マンガン酸カリウム酸化や $^1$H-NMR の測定結果から、最大含水率が 841%の出土トチノキ材リグニンは新材のそれに比べて、非縮合構造が流出し、相対的に縮合構造が増大しているという結果を報告しているが、これまでに出土木材のリグニン構造について詳細に調べられた報告例は極めて少ない。

本研究では、出土スギ材のリグニン構造に関して知見を得ることを目的に、高分子物質の構造解析によく利用されている熱分解ガスクロマトグラフ（Py-GC）分析およびリグニンの主要構造であるβ-O4 構造の定量に用いられている Derivatization followed by reductive cleavage（DFRC）分析を行なうことで、新材のそれと比較検討した。

## 2. 実験

### 2. 1 試料

島根県大田市三瓶小豆原埋没林より出土したスギ材（*Cryptomeria japonica* D. Don、最大含水率 318%、クラーソンリグニン含有率 36.9%）および新材として秋田県産スギ（クラーソンリグニン含有率 26.9%）をエタノール/ベンゼン混合溶媒（1/2、v/v）を用いて脱脂処理した試料を分析に使用した。

### 2. 2 Py-GC 分析

既報[4]に準拠して分析を行った。脱脂木粉サンプル(約 500μg)をパイロフォイル（500℃: Japan Analytical Industry Ltd.）に包み、キュリーポイントパイロライザー（JHP-5: Japan Analytical Industry Ltd.）を接続したガスクロマトグラフ/質量分析計（GC/MS: GC-17A/QP5000、 Shimadzu）を使用して分析を行った。このとき 500℃での熱分解時間は 4 sec.で行った。

### 2. 3 DFRC 分析

Ralph らの方法[5]に準拠して DFRC 分析を行った。試験管に 20%臭化アセチル酢酸溶液 3 ml と木粉 5mg を加え、水浴中 50℃で木粉が溶解するまで攪拌した。減圧下で臭化アセチルと酢酸を除いた後、酸性還元溶液（dioxane/acetic acid/water=5/4/1、v/v/v）に溶解させ、亜鉛粉末を加えて 30 分間室温で攪拌した。ジクロロメタンと飽和塩化アンモニウム水溶液を用い、内部標準として n-octacosane を加え、塩酸にて水層を酸性とし、有機層を抽出した。有機層を濃縮後、無水酢酸・ピリジンにてアセチル化を行い、余剰のアセチル化試薬を除いた後、ジクロロメタンに溶解させて GC-MS 分析を行った。

## 3. 結果および考察

Fig. 1 は新材および出土材の熱分解クロマトグラムであり、Fig. 2 は各化合物のピーク面積の和を 100%として算出したピーク面積の割合（GC%）である。Fig. 1 および 2 から新材と比

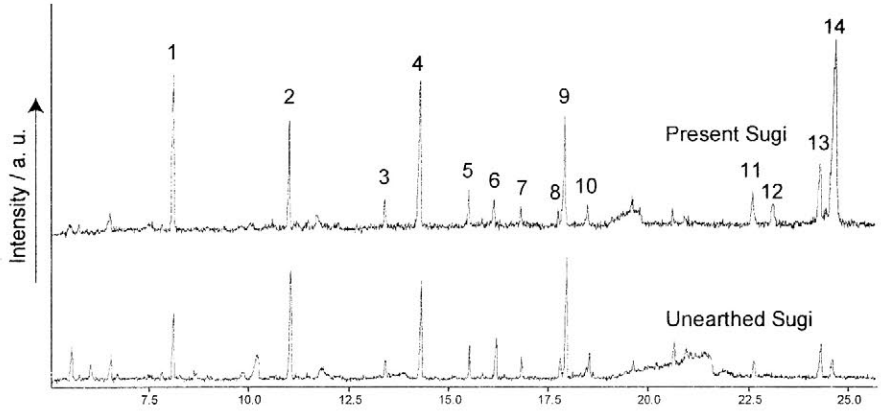



Fig. 1. Py-GC chromatogram of present and unearthed Sugi.

Note: Peak identification; Guaiacol (1), 4-Methyl guaiacol (2),4-Ethyl guaiacol (3), 4-Vinyl guaiacol (4), Eugenol (5), Vanillin (6),cis-Isoeugenol (7), Homovanillin (8),trans-Isoeugenol (9), Acetovanillone (10), Dihydroconiferyl alcohol (11), cis-Coniferyl alcohol (12), Coniferaldehyde (13), trans-Coniferyl alcohol (14).

較して出土材では coniferyl alcohol の相対量が減少し、代わって 4-methylguaiacol、eugenol、isoeugenol、vanillin、homovanillin、acetovanillin の相対量が増加しており、出土材のリグニンは、新材リグニンと比較して構造が異なることが示された。Fig. 1 および 2 において、isoeugenol、vanillin などが出土材で多く検出されたことから、出土材リグニンは新材リグニンと比較して、側鎖の脱水・酸化反応が生じているものと推察される。Fig. 3 に新材と出土材の DFRC 分析の結果を示す。DFRC 分析では、β-O4 構造の量を coniferyl alcohol の収率で表すことができる。出土材の conifenyl alcohol の収量は、新材に比べ 6 割程度であった。このことから、出土材のリグニンはβ-O4 構造の割合が新材と比較して約 4 割程度少なく、新材と異なる構造になっているものと思われる。

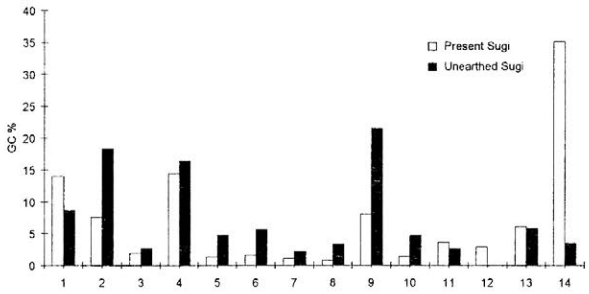



Fig. 2. Peak area ratios of each compound on the py-GC chromatograms.

GC % was calculated by target peak area / (total peak area of 1 to 14) x 100

Note: The Nos. of compound (x axis) correspond to Fig. 1.

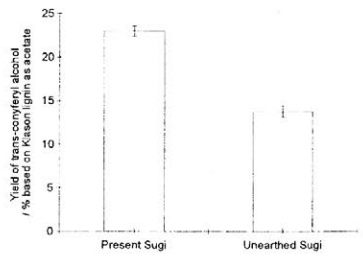



Fig. 3. Result of DFRC analysis for present and unearthed Sugi woods.

**文献**


1) 岡村圭造、岡本一、谷口巌、原田浩、藤田稔：“木製遺物の保存の基礎としての劣化現象”、古文化財に関する保存科学と人文・自然科学 － 総括報告書 －、文部科学研究費特定研究「古文化財」総括班、85-99 (1984)

2) 高妻洋成、湊和也、片山幸士：木材学会誌 **42** (7)、689-687 (1996)

3) 玉井篤：”出土木材リグニンに関する研究”、筑波大学大学院能楽研究科修士学位論文 (1979)

4) K. Kuroda and A. Nakagawa izumi : Organic Geochemistry **37**, 665-673 (2006)

5) F. Lu and J. Ralph : J. Agric. Food Chem **46**, 547-552 (1998)

P-71

# 出土木製品の保存処理に用いられるPEGの分子量分布の変化（3）

○米村祥央（東北芸術工科大学），大久保治恵（東北芸術工科大学）

## 1．はじめに

ポリエチレングリコール(PEG)は分子量の差異によって常温下における状態が異なる．一般に出土木製品の保存処理に使用するPEGは平均分子量が3000付近のPEG-4000である．この分子量のPEGは常温で固体であるため処理後の出土木製品は安定した形状を維持することができる．ところが，処理後の木製品の調査では表面にPEGが溶出し乾燥していない例や変形した例などが報告されている[1]．この原因の一つとしてPEGの低分子化が挙げられる．低分子化が進んだPEGは常温で液体となるため，本来の機能を果たさない．PEGの低分子化は，保存処理の段階や，保存環境に要因があると推測されているが，詳細は明らかになっていない．発表者はこれまでに高温，酸素供給下における低分子化について報告してきた[2]．本発表では，実際の保存処理現場や展示・保存環境で想定される水分量，紫外線との関係ついて報告する．

## 2．実験

### 2－1．PEG水溶液濃度と低分子化速度の関係

PEG4000（関東化学）の20，40，60，80wt%水溶液を2口のセパラブルフラスコに入れ，一方の口に栓をした．それぞれのフラスコを80℃に設定した高温オーブンに入れ，連続的に加熱した．蒸発した分の水を加えることで，濃度を維持した．7日毎に少量のサンプルを採取し，1wt%に希釈した後,ゲルパーミエーションクロマトグラフ(GPC)で分子量分布を測定した．測定条件は表1の通りである．また，分子量分布の校正曲線はPolymer Laboratories社のPolyethylene glycol calibration kitよりPolyethylene glycol standards Mp = 106, 194, 400, 615, 1970, 3930の分析結果から導き，平均分子量と分散度を算出した．

表1．分析条件

| | |
|---|---|
| 装置 | WATERS 社製 GPC システム 1515+2414 |
| 溶離液 | メタノール：水＝3：2 |
| カラム | SHODEX 社製 OHpak SB-802.5 HQ |
| カラム温度 | 40℃ |
| 送液速度 | 1 mL/min |

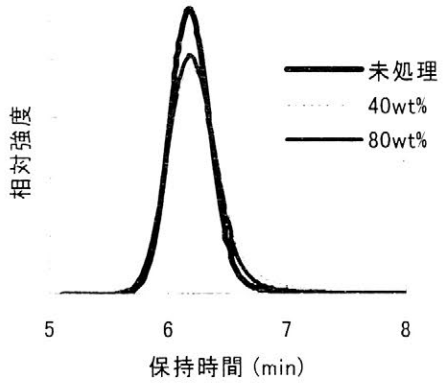



図1．各濃度のGPCクロマトグラム

### 2－2．紫外線(UV)照射の影響

PEG4000(関東化学)を一度融解し固化させ，UV（主波長352nm）を870時間照射した．表面のPEGを採取し，分子量分布を測定した．

## 3．結果と考察

図1は80℃で7日間加熱したサンプルのGPCクロマトグラムである（データが重なるため未処理，40wt%，80wt%のデータのみ表示）．GPCでは低分子量であるほど，保持時間が遅くなる．低濃度となるに従い，ピークの頂点が低分子側にシフトし，同時に低分子側へのテーリングが生じた．図2は濃度と加熱後の平均分子量の関係を示したものである（Mn：数平均分子量，Mw：重量平均分子量，Mz：z平均分子量）．20 wt%の低分子化が著しかった．図3は濃度と加熱後のPEG分子量分布分散度の関係である．低濃度となるに従い，分散度が大きくなった．以上の結果から,濃度が低いほど，低分子化の速度が大きくなることが明らかである．水溶性の高分子は，水の存在によって加水分解が進むことが知られており[3]，保存処理工程においても温度管理とともに注意を要するものである．特に，水分を蒸発させて濃度を上げるような手法をとる場合，系が開放され，水分，酸素供給という低分子化を促進させる条件がそろうこととなる．さらに，水分蒸発速度を速めるために設定温度を高くすることは低分子化を加速させることとなる．

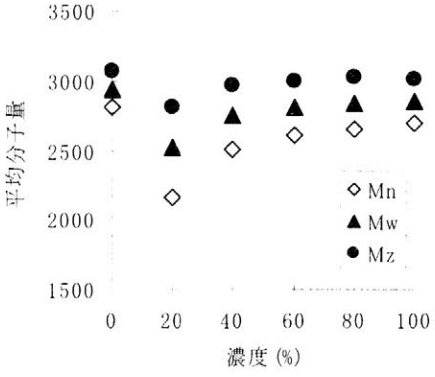



図2. PEG水溶液濃度と平均分子量の関係

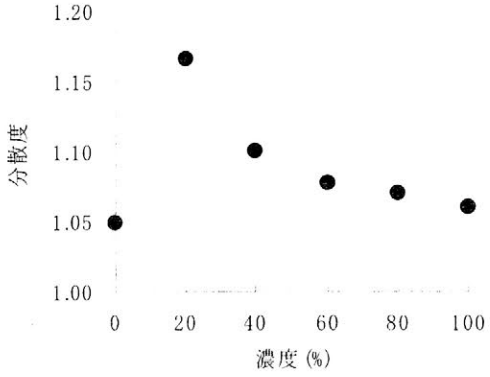



図3. PEG水溶液濃度と分散度の関係

UVを630時間照射したPEGには，高分子側に検出強度の高い領域があらわれ，さらに240時間照射を継続すると，高分子側に明らかなピークが得られた．採取したPEGを1 wt%の水溶液にする際，困難を要し，難水溶性となっていた．実験では同時にPEGを含浸させた出土木材にもUVを照射したが，表面で白色化の現象を確認した．

PEG分子量分布を変動させる因子としては金属の影響も重要である。多くの出土木製品には鉄分が含まれているため，PEG含浸中，液内に溶出していることは明らかである．今後、こうした点においても詳細な研究を進め，より好条件下における処理のため、情報提供していきたい．

参考文献

1) 伊藤健司ほか：「保存処理遺物の経年調査(1)」、日本文化財科学会大会要旨集（2001）

2) 米村祥央：「出土木製品の保存処理に用いられるPEGの分子量分布の変化(2)」、日本文化財科学会大会要旨集（2003）

3)W・シュナーベル，高分子の劣化，裳華房，東京，1993, p. 202～205

P-72

# 紙資料の劣化とその保存対策
## —天草アーカイブズを事例として—

○早田紘子（(財)沖縄県文化振興会）・渡辺智恵美（別府大学）、本多康二（天草アーカイブズ）

### 1．はじめに

熊本県天草市立天草アーカイブズは、天草地域の地方文書や天草市の公文書など、数万点を超える紙資料を所蔵している。それら紙資料の中には、虫損や水損・破損により閲覧に供せない資料が多数存在した。資料の保存には大きく分けて①内容情報の保存と、②記録媒体そのものの物理的原形（「モノ」）の保存の二つがある。同館では資料の記録内容に関する調査については実施してきたが、記録媒体である紙については、劣化の種類や程度、その量の把握が行われていなかった。そこで本研究では、天草アーカイブズを対象として、先述の②に該当する「モノ」としての紙資料の保存に焦点を当て、劣化調査と保管環境調査を実施した。さらにこれら一連の調査結果をもとに、劣化原因の究明、具体的な保存対策案の作成、長期的な保存計画の立案を目指した。

本発表は、今回実施した調査のうち、主に紙資料の劣化調査と保存対策案について報告するものである。

### 2．調査の概要

2−1　劣化調査マニュアルの導入

2000 年に国立公文書館での調査時に作成された「国立公文書館所蔵資料保存対策マニュアル」に沿って調査を実施した（図１：(財) 元興寺文化財研究所『国立公文書館所蔵資料保存対策マニュアル』より抜粋）。

2−2　対象資料

天草アーカイブズ側から要望のあった２つの資料群について調査を実施した。

①宗像家文書（江戸後期～明治期の土地・金銭関係の証文類が中心。総数約 800 点。）

②松田家文書（明治期～大正期の土地・金銭関係の証文類が中心。総数約 300 点。）

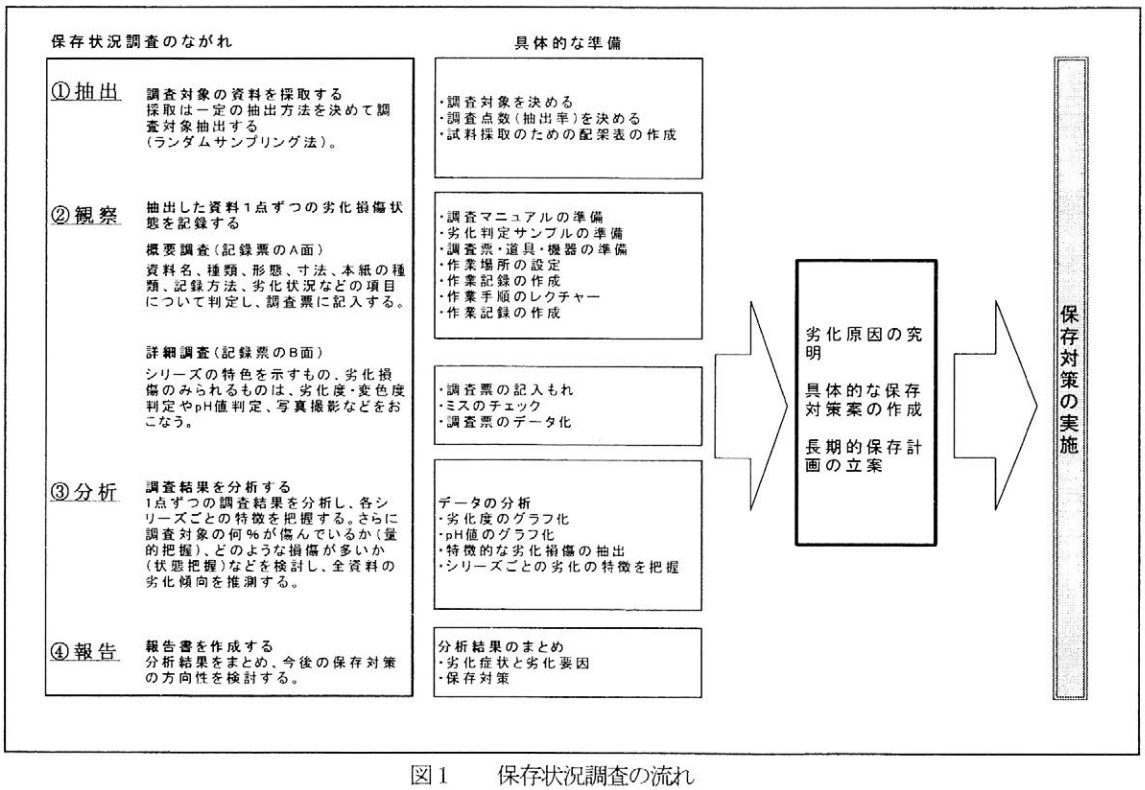
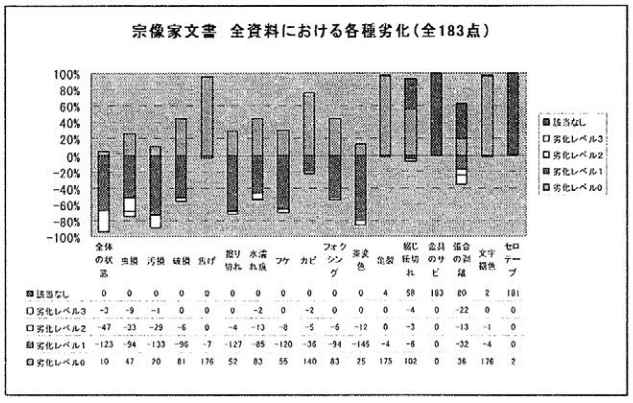
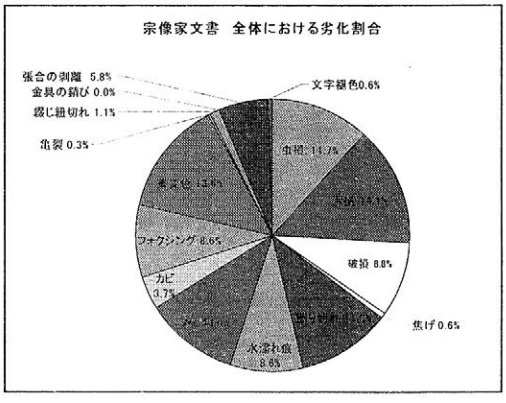
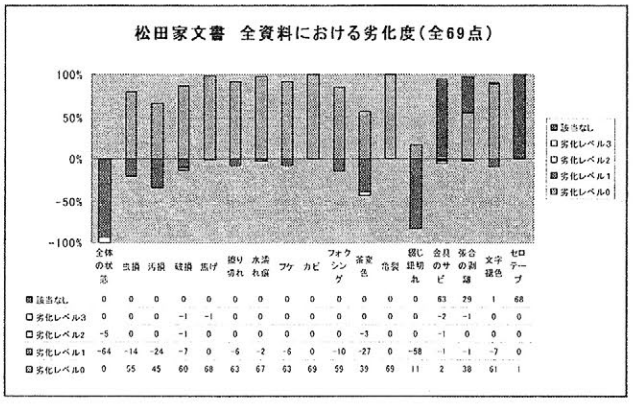


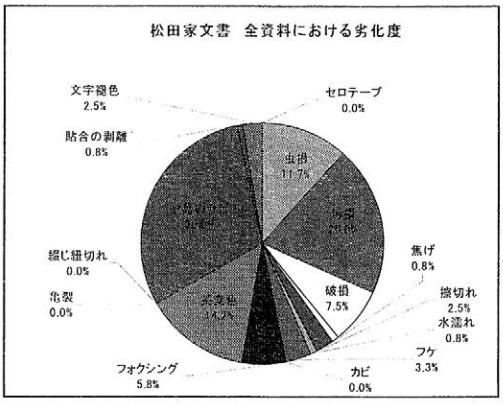

図１　　保存状況調査の流れ

3．結果・・・各文書群の全体的な傾向を以下に図示する。




4．保存対策案の立案とその実施

調査の結果、環境面・材質面の双方に問題点が認められた。問題点と実施した改善措置、また今後の課題について表１にまとめる。

表１　問題点とその改善点

| | 改善項目 | 達成度 | 改善点と今後の課題 |
|---|---|---|---|
| 環境整備 | 温湿度の管理 | △ | 温湿度の年間動向の把握に留まる。今後はより確実な温湿度管理が必要。 |
| | 窓の封鎖 | △ | 応急処置として発砲スチロール（断熱材）で塞ぐ。完全に封鎖する必要がある。 |
| | 収納場所の設定 | ○ | 棚の際下段には収納しないこととした。 |
| 紙自体の整備 | 保護紙・保存箱入れ | ○ | 劣化した資料や梱包が不十分な資料は薄葉や中性紙の箱に入れ、局所的に保護できるようにした。 |
| | 保存処置や修復の実施 | × | 劣化が甚大で取扱いに支障がある資料に関しては、保存処置や修復措置を実施する。 |
| | 代替化（マイクロフィルム化、複製化） | × | 利用頻度が高く、劣化が進行している資料に関して、複写やマイクロフィルムでの撮影などの代替化を行う必要がある。 |
| | クリーニング（カビ・埃） | ○ | カビについては発見次第無水アルコールでのふき取りを実施。埃は湿度を好みカビの発生と関係するため、こまめに掃除を行う必要がある。 |

（○：達成　△：実施中　×：実施無し）

5．まとめ

今後の課題として、今回の調査で確認された環境・材質双方の問題点への対応・取り組みが必要とされる。特に書庫には窓や通用口・排水管が存在し、紙資料を長期保存する環境として適切であるとは言い難い状況であった。また劣化調査に関して、今回参考にした調査マニュアルは、劣化度や紙質の判定の際、経験にもとづく知識が必要とされる点が多かった。紙資料の長期保存を目的とした劣化調査は、公文書館や図書館等において今後も必要となる調査であり、未経験者でも可能な調査法の構築が、調査に要する時間やコストの削減につながると考えられる。今後も調査を続ける中でより分かりやすい調査方法の構築を目指したい。

（参考・引用文献）
・金山　正子「紙資料を保存するー状態調査法と保存管理プログラムの策定―」『元興寺文化財研究所研究報告 2001』2002
・青木　睦・西村　慎太郎「アーカイブズ保存のための物理的コントロールに関する現状」『国文学研究資料館　アーカイブズ研究篇　第１号（通巻第36号）』2005

P-73

# 重要文化財島根県加茂岩倉遺跡出土銅鐸の保存修理

## －保存科学調査から－

○*肥塚隆保、高妻洋成、降幡順子、**山崎　修、***松本岩雄
（*奈良文化財研究所、　**雲南市教育委員会、***島根県立古代出雲歴史博物館）

### 1．はじめに

平成８年10月、島根県雲南市（大原郡）加茂町大字岩倉から道路工事にともなって多数の銅鐸が発見され、その後の調査により総数39鐸の銅鐸が確認された。平成11年には、加茂岩倉遺跡は国指定史跡に、発見された銅鐸は重要文化財に指定された。

奈良文化財研究所では、文化庁の依頼により受託研究として平成 11 年度から平成 18 年度の８年間をかけて、調査指導委員会で策定された計画に基づき、これらの銅鐸の調査（現状の劣化・損傷状態に関する調査、製作技術に関する情報などの収集）と調査結果にもとづきクリーニング、安定化処置、強化処置などの保存修理を実施した。現在、これらの銅鐸は島根県立古代出雲歴史博物館で公開展示されている。今回はこれらの銅鐸についての調査の概要とその結果について報告する。

### 2．調査法

保存修理を実施する前の保存科学調査として、遺物の表面状態と内部状態に関する調査と、金属材料に関する分析調査も併せて実施した。

遺物表面の状態調査は、付着する土、腐食生成物（さび）、一部に付着する赤色顔料の観察と分析調査をおこなった。調査には、実体顕微鏡をはじめ、赤外、紫外線を用いた観察と、非破壊蛍光Ｘ線分析法、回折分析法（平行ビームおよび集中ビーム法）、レーザラマン分光分析法(励起用レーザ波長：633nm)による測定を実施した。

内部状態については、出土直後の土砂が充填されている状態での、入れ子銅鐸の構造的な調査)、土砂を取り除いた後の金属部分の残存状況や腐食状態、鋳掛の状態などに関する情報を収集することを目的としたX-CT、CR、X 透過撮影等による調査を実施した。

銅鐸の金属材料の分析調査には、内部から分析用試料を採取して、それに硝酸と塩酸を加えて加熱分解した後、ろ紙を用いて不溶解残渣をろ過した。残渣は炭酸ナトリウム、ホウ酸ナトリウム混合融剤で融解し、塩酸溶液に溶解した。それぞれを純水 50ml に希釈定容して分析用溶液とした。主成分は ICP 発光分光分析法(Cu, Sn, Pb, As, Fe, )、微量成分は ICP 質量分析法(Bi, Ni, Zn, Mn, Ag, Sb, Co, Au)により測定した。

### 3．調査結果と考察

銅鐸表面の状態調査を実施した結果、全体的にはベースとなる褐色の酸化銅の上層に層状もしくは皮殻状の緑色や青色の塩基性炭酸銅系のさび（腐食生成物）が生成していた。また、腐食の著しい部分では、最上層に灰色ないし黒灰色を呈する酸化錫（結晶性は良くない）の皮膜状、粉状のさびが存在し、その下層には淡緑色粉状の軟弱な非晶質のさびが分布していた。塩化物、フッ素（黒雲母の分解）などにもとづく腐食の増大の可能性が考

えられ、防食処置の必要性が指摘された。また、表面に付着する土砂からは、銅鐸が埋納していた花崗岩起源の風化物を示す、石英や長石（Or,Pl）と雲母（分解してイライトに変質）、カオリナイト、ハロイサイト系の粘土鉱物が検出された。銅鐸表面に水分の吸着の大きい粘土鉱物が付着していると、水分の吸着により金属がより劣化することが想定され、遺物表面の土砂は出来る限り取り除く必要があることも指摘された。いっぽう、表面の顕微鏡観察によって、3鐸の銅鐸（10号、21号、33号）から赤色顔料がわずかに残存していることが確認され、レーザラマン分光分析による測定の結果、いずれも水銀朱が同定された。いずれも微量しか残存せず、かつ銅鐸の埋納坑からも朱が検出されていないことなどから、埋納時に銅鐸に朱が塗布されたとは考えにくい。

銅鐸の内部状態の調査では、発見直後に入れ子状態の銅鐸に残存する土砂の状態（土砂の充填状況）をX-CTで調査したところ、土砂が完全に充填された状態ではなく、空間がかたよってかなり残存することなどから、埋納時に自然に土砂が内部に流入したとも考えられた。また、銅鐸自身の調査では、腐食状況以外に、鋳型成型時における鋳型のズレや、鋳込みに伴う鋳流れ、気泡の分布状態、複雑な鋳掛の様子などが明らかになった。

銅鐸の金属材料について分析したところ、従来から公表されている銅鐸の金属材料と同様で、特異なものは存在しない。銅鐸39鐸の主成分の平均値と標準偏差は、銅：77.7±5.4%、錫：11.4±4.9%、鉛：7.4±1.2%で、錫のバラツキは大きいが、鉛のバラツキは少ない傾向が認められる。しかし、なかには平均値から大きく外れるものも存在した。いっぽう、副成分として銀：0.11±0.02%は比較的バラツキは少ないが、アンチモン：0.23±0.17%、鉄、砒素に関してはバラツキは大きいことも明らかになった。これらの材料的な異なりは、比較的銅鐸の形式が関与しているような結果を得た（表1）。

いっぽう、鋳掛部分と本体について3鐸について成分の比較をおこなったが、いずれにおいても有意な差は認められず、本体の材料と同じ材料が用いられていたことも明らかになり、成型された直後に修理されたとも考えられた。現在、これの分析結果について整理と検討を進めている。

表1. 加茂岩倉遺跡出土銅鐸の主成分（wt%）

| Type | No | Cu | Sn | Pb | Type | No | Cu | Sn | Pb | Type | No | Cu | Sn | Pb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ⅱ-1 | 03 | 65.92 | 14.12 | 9.24 | Ⅱ-1 | 27 | 76.64 | 11.42 | 7.41 | Ⅱ-2 | 34 | 84.17 | 4.97 | 8.69 |
| Ⅱ-1 | 04 | 73.88 | 14.22 | 7.69 | Ⅱ-1 | 30 | 74.74 | 13.15 | 8.21 | Ⅱ-2 | 37 | 92.24 | 1.79 | 3.66 |
| Ⅱ-1 | 06 | 73.92 | 13.90 | 8.05 | Ⅱ-1 | 33 | 76.61 | 12.81 | 7.03 | Ⅱ-2 Ⅲ-1 | 15 | 82.09 | 6.53 | 8.87 |
| Ⅱ-1 | 07 | 78.03 | 12.01 | 7.00 | Ⅱ-1 | 36 | 76.37 | 13.55 | 6.93 | Ⅱ-2 Ⅲ-1 | 28 | 85.94 | 2.19 | 7.10 |
| Ⅱ-1 | 09 | 74.57 | 13.71 | 8.50 | Ⅱ-1 | 38 | 76.59 | 13.91 | 7.21 | Ⅲ-2 | 01 | 76.12 | 13.80 | 7.29 |
| Ⅱ-1 | 12 | 76.43 | 12.63 | 7.77 | Ⅱ-1 | 39 | 75.95 | 14.69 | 7.51 | Ⅲ-2 | 08 | 73.88 | 15.68 | 8.16 |
| Ⅱ-1 | 14 | 76.88 | 12.11 | 7.66 | Ⅱ-2 | 02 | 76.39 | 4.35 | 7.41 | Ⅲ-2 | 10 | 70.41 | 18.03 | 6.11 |
| Ⅱ-1 | 16 | 76.63 | 13.44 | 6.68 | Ⅱ-2 | 05 | 87.66 | 3.21 | 5.88 | Ⅲ-2 Ⅳ-1 | 18 | 79.53 | 10.38 | 7.12 |
| Ⅱ-1 | 17 | 76.81 | 15.15 | 7.36 | Ⅱ-2 | 11 | 86.53 | 3.15 | 7.98 | Ⅲ-2 | 20 | 73.63 | 18.77 | 5.76 |
| Ⅱ-1 | 19 | 75.50 | 13.15 | 7.56 | Ⅱ-2 | 13 | 83.27 | 7.52 | 6.81 | Ⅲ-2 | 23 | 70.65 | 15.95 | 11.27 |
| Ⅱ-1 | 22 | 75.81 | 13.98 | 6.93 | Ⅱ-2 | 21 | 84.95 | 3.75 | 7.34 | Ⅲ-2 | 26 | 73.86 | 14.74 | 7.58 |
| Ⅱ-1 | 24 | 76.10 | 13.61 | 7.60 | Ⅱ-2 | 31 | 82.35 | 4.64 | 8.64 | Ⅲ-2 | 29 | 71.72 | 19.62 | 5.66 |
| Ⅱ-1 | 25 | 77.31 | 12.85 | 7.39 | Ⅱ-2 | 32 | 85.14 | 4.26 | 6.45 | Ⅲ-2 Ⅳ-1 | 35 | 75.09 | 15.53 | 7.24 |

型式分類は、島根県教育委員会・加茂町教育委員会発行『加茂岩倉遺跡』（2002年）　P.292～297　による。

P-74

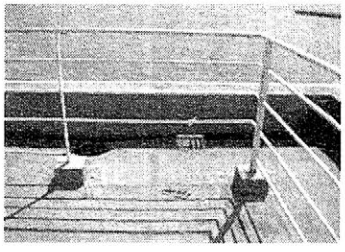
# 環境による金属の劣化実験

## －別府地域の環境が金属に及ぼす影響について－

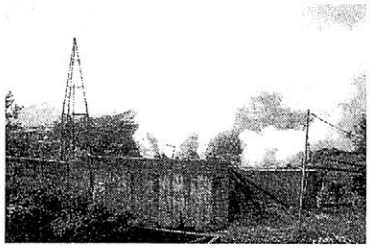
○朴(パク)　芝然(ジョン)・渡辺智恵美(別府大学・大学院)・山田拓伸(大分県立博物館)

### 1. はじめに

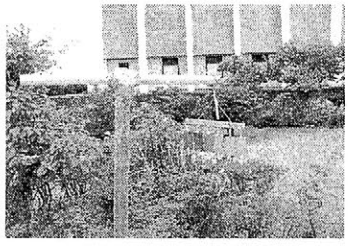
別府地域は海や温泉という文化財にとって劣悪な環境を持つ地域である。本研究では文化財保存という立場から、金属のさびの進行という問題を取り上げた。鉄および銅のテストパネル(以下、実験片と表す)を使用し、どのような影響を具体的に受けているかについて暴露実験を行った。環境による金属の腐食実験であるため、その環境を強く反映している場所を基準として以下の3箇所を選んだ。海の近くにあるため潮風の影響を確認できる別府市美術館(以下、海岸地域と表す)、また近くに噴気孔があり、温泉成分の影響について観察できる朝日大平公民館(以下、温泉地域と表す)、比較的内陸部にあり、海や温泉の影響が少ない所として別府地域との環境と比較するため、宇佐市に所在する大分県立博物館(以下、山間地域と表す)に実験片を設置した(写真1, 2, 3)。場所ごとに室外と室内とに実験片を設置した。



(写真1. 海岸地域-別府市美術館)



(写真2. 温泉地域-朝日大衡公民館)



(写真3. 山間地域-大分県立博物館)

### 2. 実験方法

今回の実験に使用した実験片は幅30mm、 長さ50mm、厚さ1mmのもので、まず、アセトン、酢酸エチル、エタノールの三種類を混合した溶液で表面に付着した不純物を表面に傷がつかないように洗浄した。自然乾燥し、さらに105℃の乾燥器で約3時間、強制乾燥を行った。その後乾燥機内に放置し、常温になるのを待ちアクリル樹脂を塗布した。樹脂はV-フロン1液マイルドクリア(大日本塗料)、パラロイドB-72(Rohm&Hass社)、パラロイドNAD-10(Rohm&Hass社)の三種類を用いた。樹脂の選択基準としては金属の修復に頻繁に使われているもので、分析に影響が少ないものを使うことにした。また無塗布の実験片も用意し、樹脂塗布のものと比較した。実験は2005年の8月に始め、2006年には2005年と同様なものを新たに製作し、追加して実験を進めている。さびの経年変化について調べ、実験を再確認するためである。

## 3. 観察・分析方法および結果

▩ 肉眼での色調観察

各場所別に色調の差違を肉眼観察し、写真で現状を記録した。銅の場合、山間地域の方が赤茶色なのに対して、温泉地域や海岸地域では黒に近い茶色であった。鉄の場合、色調的には変化が少なく比較は難しかった。

▩ X線回折分析

機器名：Lab　X/XRD-6000　Shimadzu(X-ray　Diffractometer)

会社名：Shimadzu　Corporation

上記の器機を利用し、一定期間毎に金属の表面に発生した生成物を調べた結果、場所によって樹脂塗布をした実験片からも検出成分に差違が確認できた。鉄の場合、V-フロン1液マイルドクリアを塗布し、温泉地域や海岸地域の室外に設置した実験片から酸化鉄(FeOOH)検出された反面、山間地域では反応がなかった。パラロイドB-72を塗布し、海岸地域の室外に設置した実験片からも酸化鉄が検出された。このことよりV-フロンは温泉地域や海岸地域に、パラロイドB-72は海岸地域に適していないと考えられる。銅の場合、錆びの進行が鉄より遅かったため成分としての検出はされなかった。

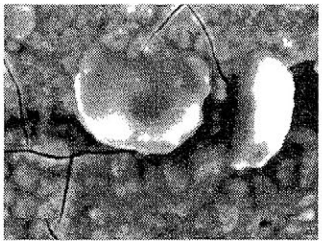
室内の場合は鉄・銅ともに生成物の確認はできなかった。

▩ 電子顕微鏡での観察

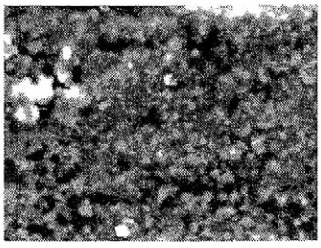
電子顕微鏡を利用しX線回折では確認できなかったさびの形態の差違として確認しようとした。銅の場合、温泉地域や海岸地域の試料ははっきりとした固まりを形成しているのに比べ、山間地域の試料は平面的にさびが生成していた。 鉄の場合、温泉地域のさびは一つ一つ独立しているのが確認できるのに対して山間地域のさびでは織物のような組織が観察できるなど、形やさびの分布に差違が確認できた。



温泉地域、無塗布、銅(×10,000)



海岸地域、無塗布、銅(×9,000)



山間地域、無塗布、銅(×9,000)

## 4. まとめ

2006年までの観察の結果、設置した場所によってアクリル樹脂の劣化程度の違いが観察できた。環境による金属の腐食実験に加え、電子顕微鏡観察などを利用し、さびの進行過程および金属やアクリル樹脂の劣化状況の違いなども確認できた。これらの結果を基に2005年に製作した試料と2006年に作製した試料との比較をさらに続け、金属製遺物の効果的な保存環境や修復材料などについて考えていきたい。

P-75

# 臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討（２）
## —冷風浸入制御のための実験—

森井順之
（東京文化財研究所）

１．　はじめに

自然崖面に彫刻された磨崖仏は、温湿度変化や降雨、背後の地下水など自然環境の影響を強く受ける。磨崖仏の場合、特に岩石風化が保存上大きな問題であり、その主な要因として、凍結破砕・塩類風化・植物繁茂が挙げられる。

臼杵磨崖仏においては、過去２度の大規模修理において様々な保存対策が講じられており、現在それらは良好に機能している。しかしながら、大寒波到来時には、石仏表面が凍結、その後崩落するなどの被害が生じ、緊急対策が必要な状況である。

そこで我々は、磨崖仏保存のため、現地での環境計測および様々な材料・技法に関する実験を行っている。今回は、凍結破砕防止策のうち、赤外線灯照射に引き続き、冷風浸入を防ぐことによる石仏表面温度の制御を試みたので、その結果を報告する。

２．　臼杵磨崖仏の覆屋内環境

臼杵磨崖仏に設置している観測機器のうち、外気温と覆屋内気温について比較したところ、覆屋内は外気に比べて気温変動が小さいことが確認できた。このことから覆屋は、当初の設置主目的であった雨水制御のみならず、安定した温度環境にも貢献していることが分かる。

しかしながら、臼杵磨崖仏の各群にて、その効果に若干の差が見られる。特に山王山石仏（写真１(a)）では、他の群より温度変動が小さい。代表して、ホキ石仏第二群の覆屋形状（写真１(b)）と比較すると、群の規模にも違いがあるが、左右側壁の有無がこの違いを生む原因となっているのではと推察される。

さらに、過去に凍結被害のあったホキ石仏第二群については、超音波風速計を用いた覆屋内空気流動計測を行った結果、冬期卓越風である北風が覆屋内に流入することが確認されており、凍結が生じる主な原因のひとつであると推察される。

３．　実験概要

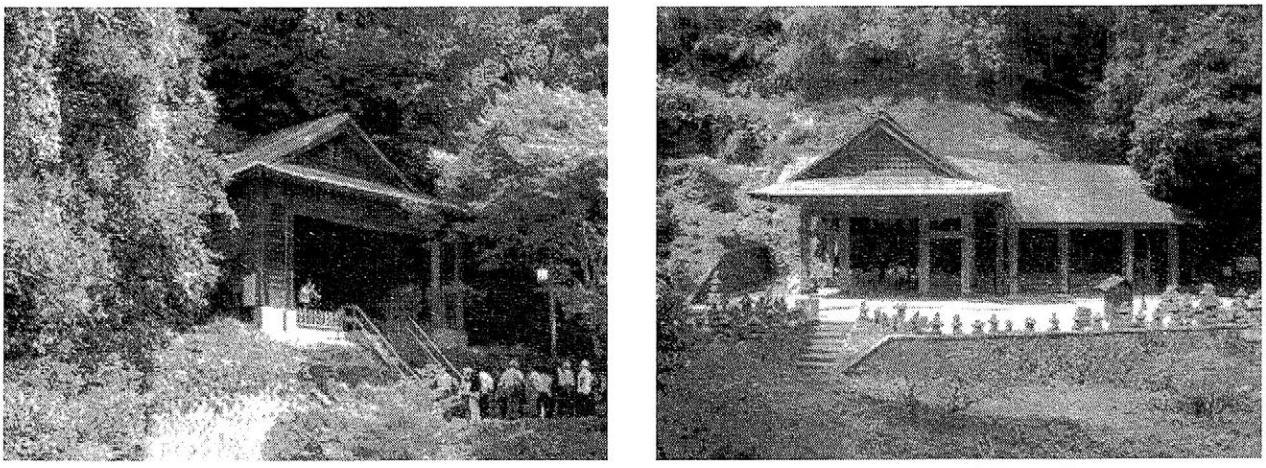
２より、凍結被害が生じる主な要因として冷風浸入が考えられたため、ホキ石仏第二群において覆屋内環境の制御に関する実験を行った。詳細には、現在設置されている覆屋に、新たにテント生地製のロールカーテンを設置した。通常、観覧時間帯は収納しているが（写真２(a)）、凍結が予想される場合、観覧時

間終了後にロールカーテンを閉じ（写真２(b)）、冷風浸入を防御する仕掛けとなっている。

４．　実験結果および考察

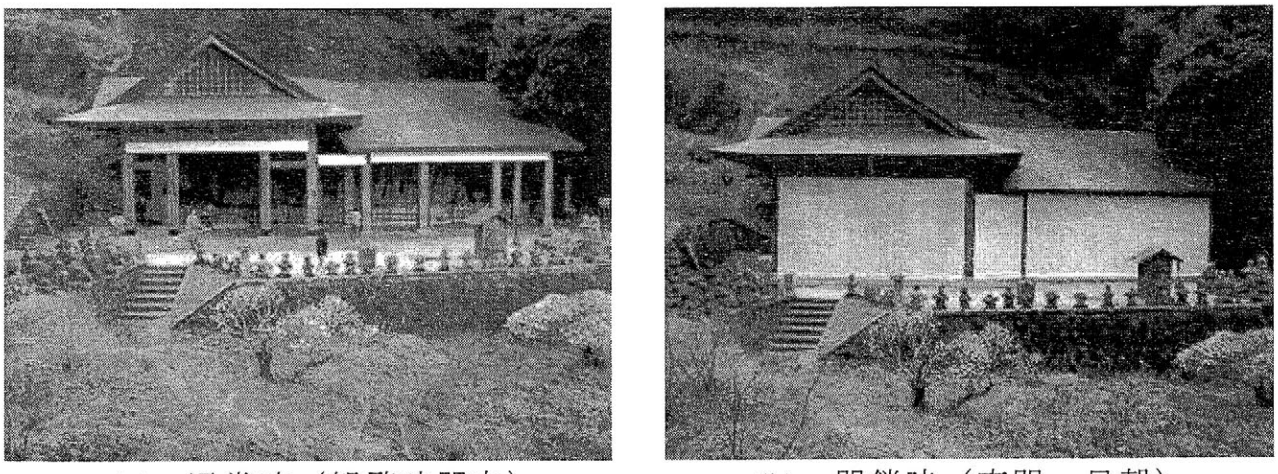
2006～2007 年冬期は比較的暖かく、2005 年 12 月に生じたような凍結現象は確認されなかった。そのため、本実験の直接的な効果を確認することは不可能であったが、ロールカーテンの効果について、温湿度、風環境に関する計測より把握した。

その結果、開放時に覆屋内に流入していた空気は、ロールカーテン閉鎖時には流入しないこと、さらには、閉鎖期間中の温湿度は開放時より変化が少ないことを確認した。



(a)　山王山石仏　　(b)　ホキ石仏第二群

写真１　臼杵磨崖仏における覆屋形状の相違



(a)　通常時（観覧時間内）　　(b)　閉鎖時（夜間・早朝）

写真２　冷風防御用カーテンのホキ石仏第二群への設置

P-76

# 石造五輪塔表面の生物繁茂と環境条件との関係について

○朽津信明・宇野朋子(東京文化財研究所)

【はじめに】 石仏や石塔などの屋外石造文化財の表面に地衣類や藻類、蘚苔類などの緑色生物が繁茂すると、景観を損ねるばかりでなく、その文化財を構成する石材の劣化に繋がる場合もあることが懸念される[1]。こうした問題に対しては、それぞれの生態を十分に理解し、文化財の置かれている環境を生物が繁茂しにくい条件に近づけることが本質的解決に繋がると考えられる。このような観点から、本研究では鎌倉市の重要文化財・浄光明寺五輪塔における、生物繁茂状況と環境条件との関係について検討したので、その結果を報告するとともに、生物を繁茂させにくい環境を与える方向性についても提案する。

【調査対象】 調査対象は、現在は鎌倉市扇ガ谷の浄光明寺裏山で、かつては多宝寺の裏山だったと判断される場所に位置する、3m 近い高さを持つ安山岩製の五輪塔である。この塔は、納骨器の銘から 1306 年に多宝寺長老の覚賢の墓として建てられたことが確認され、重要文化財に指定されている[2]。塔は南面する傾斜地の中腹を人為的に切り開いた平坦地に建てられており、南面を除く三方が急斜面に囲まれた状況になっている。塔の火輪部(笠)は東西南北の各方位に面していることになるが、夏場にはその南面において緑色生物の繁茂が顕著に観察された(図1)。北面にそうした植物が繁茂する文化財は多い[3]が、南面にそれが目立つケースは報告例が乏しいことからこの塔に着目した。

【調査項目と方法】 上記のように、塔の火輪では方位および季節によって表面の生物繁茂状況が異なったため、季節ごとに南北各面の繁茂状況を観察して比較した。特に、梅雨時の 2006 年 6 月 26 日と、冬場の 2007 年 1 月 17 日には、生物の繁茂状況と環境要素を定量的に計測した。調査項目は、赤外線水分計による表面水分量の計測[4]、分光色彩計による植物繁茂量の評価、全天空写真撮影による付近の地形や植生条件に基づく各面での日射受照量の推定である。赤外線水分計は、JT エンジニアリング社製赤外線水分計(JE-100)を用いて、近赤外域の吸光度を測定した。分光色彩計は、ミノルタ製の CG-400 を用い、直径 2cm の円内を測定対象として 400～700nm の波長域の平均分光反射率曲線を測定した上で、それを L*a*b*値に変換した。日射受照量の推定は、デジタルカメラ(Coolpix 8700 Nikon)と魚眼レンズ(Fish-eye Converter FC-E8, Nikon)を用いて撮影した全天空写真をもとに、各面が面する上半球に対して、樹木や山の斜面などに隠されずに確認される空の面積率を開空度として算出し、太陽軌道を考慮して各面に当たる日射量を計算した。日射量は、全天日射量の日積算量の月別平均値(それぞれ、8.5[MJ/m$^2$]、13.6[MJ/m$^2$] [5])に基づき、法線面直達日射量、天空放射量をブーガの式、ベルラーゲの式[6]をもとに算出し、木々にさえぎられる日射および太陽高度、方位角を考慮した上で、南北各面に当たる量を計算した。

【結果】 各実測値および計算値を表1に示し、1 月と 6 月の全天空写真を図 2 に示す。吸光度は含水率を反映していると思われるが、いずれの方位でも 6 月の方が 1 月よりも高く観察され、同じ季節では常に南側の方が北側よりも高く観察された。測色値の中では、b*値が緑色の濃さ、すなわち植物の繁茂量を反映すると思われるが、いずれの季節でも南側で北側よりも値が低く(繁茂量が多く)

観察され、南側では6月の方が1月よりも値が低く(繁茂量が多く)観察された(北側では季節による差は小さかった)。直達日射量は、北側ではいずれの季節にも0と計算され、南側では1月に天空の開口部を通る際に直達日射が当たり極端に値が大きくなると推定された。天空放射量は、いずれの方位でも1月の方が6月よりも値が大きく、常に南側の方が北側よりも大きく計算された。その結果、両者の合計として算出される日積算全天日射量は、南側で北側より常に大きく、特に1月には大きな値を示すと推定された。

**【考察】** 植物繁茂が南側で顕著に観察された事実は、直達日射量と天空放射量がいずれも南側で大きく、植物繁茂に有利な日積算全天日射量が大きいことに主として起因すると考えられる。ただし、その南側では、直達日射量が極端に大きくなる1月には、むしろ植物繁茂の減少が観察されている。このことは直達日射量が大きすぎても、かえって乾燥しすぎるなどの理由から繁茂が制御されることを意味するのだろう。すなわち、水の供給や温度などの諸条件がほぼ同様と判断される、本石塔火輪表面の環境条件を前提とすれば、月平均の日積算全天日射量を3.55 [MJ/m$^2$](南側1月の値)以上とするか、あるいは0.17 [MJ/m$^2$](北側の1月の値)未満とするかのいずれかであれば、植物繁茂をある程度軽減することが可能なのではないかと期待される。現実には、屋根をかけるなどして南側面の開空度を下げることが、保存対策に繋がるのではないかと思われる。むろん単純に日射量だけを減らすと、表面が濡れがちになるなどの良くない影響も懸念される。しかし、現状で6月の北側面において、日積算全天日射量 0.1 [MJ/m$^2$]でも植物繁茂は顕著ではないことから、極端に空気の流通を変えるなどの環境変化を与えない限りは、日射受照量の軽減が植物繁茂という観点で大きな悪影響を与える事態は考えにくい。

**文献** 1) 東京文化財研究所(2007)文化遺産の生物劣化と国際協力、2) 文化財建造物保存技術協会(1976)重要文化財浄光明寺五輪塔修理工事報告書、3) 朽津信明(1994)考古学と自然科学 29, 1-10、4) 朽津信明(2006)当学会第23回大会研究発表要旨集 246-247、5) 国立天文台編(1996)理科年表平成9年, 丸善, p.263 東京の値を参照、6) 鉾井修一ほか(2002)エース建築環境工学 II, 4-9, 朝倉書店

| | | 南 | 北 |
|---|---|---|---|
| 吸光度 | 1月 | 0.076 | 0.038 |
| | 6月 | 0.44 | 0.32 |
| b*値 | 1月 | −1.58 | 0.74 |
| | 6月 | −5.15 | 1.13 |
| 日積算直達日射量 (MJ/m$^2$) | 1月 | 3.22 | 0.00 |
| | 6月 | 0.27 | 0.00 |
| 日積算天空放射量 (MJ/m$^2$) | 1月 | 0.33 | 0.17 |
| | 6月 | 0.30 | 0.10 |
| 日積算全天日射量 (MJ/m$^2$・日) | 1月 | 3.55 | 0.17 |
| | 6月 | 0.57 | 0.10 |

表1. 結果一覧



図1. 浄光明寺五輪塔

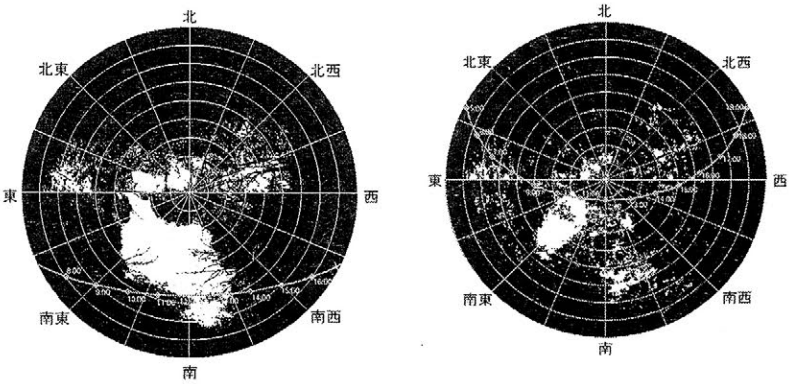



図2. 全天空写真と太陽位置図(左:1月、右:6月)

P-77

# 文化財の透過X線撮影における蛍光増感スクリーンの特性

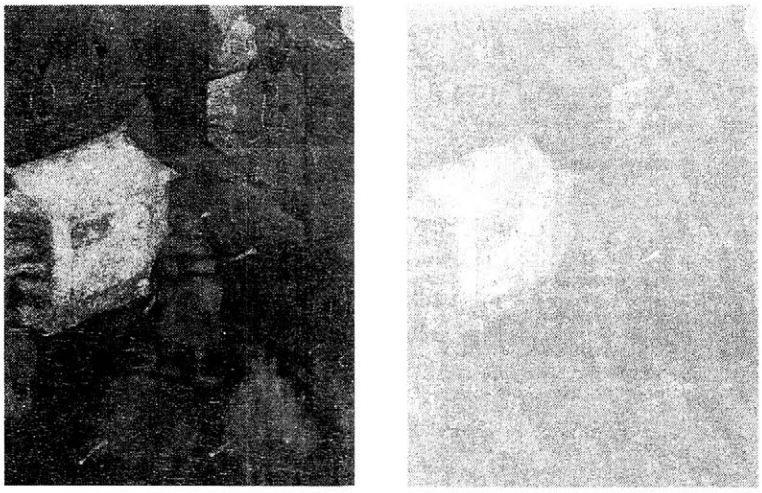
○松島朝秀　東京芸術大学大学院
三浦定俊　　東京文化財研究所

## はじめに

文化財の透過X線撮影では、X線が物質と相互作用して引き起こされる影響は報告されていないが、資料へ及ぼす影響が最小限に抑えられるよう、なるべく短時間での撮影が好ましいと考えられる。

そのため、前回の発表では、これまで使用してきたフィルムを、短時間の照射で良好なコントラストが得られるフィルムへ代替することができればより安全性が高まると考え、短い照射時間で人体の疾患を鮮明に描出できるマンモグラフィ用フィルムの特性を、これまで我々が使用してきたフィルムと比較することで、従来よりも短い照射時間で視認性の高い画像が得られるのか検討した結果を発表した。

研究では、マンモグラフィ用フィルムであるUM-MA HCと、これまで使用してきた工業用フィルムのIX-FRを、特性曲線と日本画資料を撮影した画像で比較した。その結果、X線の照射時間を1分で求めた特性曲線の比較から、UM-MA HCが最も高いコントラスト特性を持つことがわかった。つづいて、UM-MA HCとIX-FRを同じく1分の照射で日本画資料を撮影した結果（図1）、画像でもUM-MA HCがIX-FRよりも視認性が高いことが確認できた。



UN-MA HC　　IX-FR

図1　1分の照射によるUN-MA HCとIX-FRの透過X線画像の比較

以上の結果から、実験に用いた日本画資料、またはこの資料のような日本画の撮影には、マンモグラフィ用フィルムのUM-MA HCは、1分の照射でIX-FRよりも調査に適した撮影が可能になることがわかったが、筆者らは、さらにX線の照射時間を短縮できる蛍光増感スクリーンの使用について調査することが重要であると考えた。しかし、一般的に、画像の鮮鋭度が低下することが知られている蛍光増感スクリーンの使用で、文化財の透過X線撮影において

解像度の低下がもたらす視認性への影響を検討しなければ、X線の照射時間の短縮も無意味になってしまう。

実験方法

マンモグラフィ用フィルムのUM-MA HCに、専用の蛍光増感スクリーンの有無で以下の撮影を行い比較した。

① X線テストチャート（化成オプトニクス株式会社）を撮影し、画像の鮮鋭度を測る。

② アクリル樹脂の階段くさびを撮影し、特性曲線を求める。

③ 日本画資料の撮影を行い、画質を比較する。

X線の管電圧、管電流、照射距離の設定は、我々が日本画の撮影に用いてきた条件で行った。実際の絵画撮影では、作品を移動させて起こるリスクを避けるために、低出力のポータブルX線発生装置を現場で使用することが多い。本実験の照射条件について、X線の全強度は管電流に比例して増加するため、管電流を高めれば照射時間をさらに短くすることもできるが、現在、我々が使用している低出力ポータブルX線発生装置の最大の管電流値は 5mA で、撮影時間を短縮させるために電流値を高く設定して撮影を行うと、空冷式であるX線管球が蓄熱してしまい撮影の続行が困難になる場合がある。よって、本実験では特性曲線や日本画資料の撮影に管電流を3mAに設定して行った。照射時間については、前回の研究で、すでに蛍光増感スクリーンを使用しない１分の照射時間で、調査に適した撮影が可能であることがわかっているので、１分よりも短い時間で撮影を行った。

撮影試料

1. 画像の鮮鋭度の測定：X線テストチャート（化成オプトニクス株式会社）
2. 特性曲線の作成：アクリル樹脂性の階段くさび
（メタクリル酸エステル：日東樹脂工業製，15×33cm，厚み1mm刻みで30mm厚さまで）
3. 日本画資料の撮影：模写作品「黒谷上人絵伝断簡」

撮影条件

X線発生装置：フィリップスMG165

X線管球：フィリップスMCN165(最大定格100kV)

X線管電圧：20，30(kV)　　X線管電流：3mA　照射距離：150cm

照射時間：10，20，30，40，50(sec)

X線フィルム

マンモグラフィ用フィルム：UM-MA HC（富士フィルム）

蛍光増感スクリーン

UM-MAMMO FINE：標準感度タイプ（比感度：100）

UM-MAMMO MEDIUM：高感度タイプ（比感度：140）

現像条件

現像液：富士レンドール(20℃)・・・現像時間5分間（富士フィルム）

定着液：富士フィックス・・・定着時間10分間（富士フィルム）

本発表では、上記の実験方法によって、蛍光増感スクリーンの有無による画像の鮮鋭度や特性曲線、資料を撮影した画像を比較することで、文化財の透過 X 線撮影において解像度の低下がもたらす視認性への影響を検討し、蛍光増感スクリーンの使用で X 線の照射時間を短縮できないか検討した結果を発表する。

P-78

# 保存修復処理教材の開発（I）

○松井敏也、András Morgós、加藤つむぎ（筑波大学）

## 【はじめに】

日本国内で文化財保存関連の学科が設置されている大学は 2006 年度で 20 校を超える。これまで保存修復科学を学んだ学生は 1000 名を超えるまでになり、文化財保存修復における人材育成の裾野が広がってきた。それに伴い関係機関に就職する卒業生も多くなりつつあるが、その反面、時間の限られた大学教育において多様な文化財に対する保存修復技術をまんべんなく習得できるカリキュラムを構築することは難しい。また教員がそれらの準備、指導をすべて行うには限界がある。このような背景は殆どの教育機関において認識されてはいるものの、教員の専門分野外の高等教育を実施するには難しい現状である。文化財保存修復科学教育には、その修復理論や哲学だけではなく、常に技術の習得が必須である。実習用の教材は文化財を直接使用しているケースもあるが、技術的に未熟な学生が劣化した文化財を取り扱うことは、文化財がさらなる損傷を受ける可能性が高いため推奨できない。したがって多くの教育現場では、専門家や教員による実演を見学するにとどまっている。

本研究は文化財教育および処理現場における基礎的修復処理作業技術の習得を目指した教材開発研究である。文化財材質に近い物性を保持した教材製作を試み、基礎的な保存修復技術の習得を容易にすることを目的とする。文化財を使用した保存修復処理実習では、その残存状態によって修復処理の仕上がりがケースバイケースとなるが、本教材では一定規格の教材を用いることで反復学習を達成することができる。本発表では大量に出土する鉄製考古遺物の教材化を試みた。X線透過撮影からさび取り、脱塩処理、樹脂含浸、接合までが可能で、これにより客観的な処理技術レベルの判断が可能になると考えられる。これらのほかにも処理技術の向上や新技術の開発、処理後の取り扱いの指導や収蔵環境のテスト等にも使用することが出来るであろう。これらの教材は文化財を収蔵する関係機関従事者においても同様の効果を期待できる。

## 【教材開発の基準】

最近の分析調査に進展により、文化財材質の構造やｷｬﾗｸﾀﾘｾﾞｰｼｮﾝは詳細になりつつある。それらのデータを基に平均的な腐食または劣化層を再現する。発掘により出土した鉄製文化財はオリジナルが健全な状態では殆ど残らず、酸化物などの腐食層で覆われ、表面は土とわずかなさびにより構成されている。こうした特性をふまえた上で、出土遺物の外観に似せるのではなく、文化財の物性と構造に重点をおいた。また、文化財との誤認識を避けるため教材には樹脂などを添加する。一定規格の教材を提供することで、個々人が自身の技術習得度を認知することが容易となるよう試みた。

## 【教材用鉄製品の製作】

出土した刀子をモデルとした。芯には金属鉄(鋼板 JIS_G_3141 SPCC-SD)を用い、その上に金属鉄粉、土を配合比を変えながら積層した。積層はシリコン型を用いて成型し、各層の厚さはおおよそ 1mm に調整した。第１、２層には腐食を誘発させるために NaCl 水溶液（0.3wt%）を塗布した。樹脂は固まり具合を調整しながら添加した。樹脂にはエチルシリケート系、でんぷん糊、アクリル樹脂、CMC(Carboxymethyl Cellulose)などを試した。その結果、CMC が適度に形状を保持でき、土やさびの除去の作業時に違和感が少なかった。芯を除く各層に含有される CMC 量はおよそ 0.1ｇである。土は園芸用の土（赤玉土）をベースに顔料系着色剤を混ぜ、各層ごとに色合いを変えた。

各層の配合比とを表１に、試作した鉄製品とそのX線透過写真を写真１に示す。

表１　製作した鉄製品の各層素材の配合比と塩、樹脂濃度

| | 配合比（%） | | | 濃　度（%） | | | 乾燥後の積算重量（g） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 鉄 | 鉄粉 | 土 | NaCl 水溶液 | CMC 濃度 | 水 | |
| １層（芯） | 100 | — | — | 0.3 | — | 適宜 | 3 |
| ２層 | — | 100 | — | 0.3 | 2 | 適宜 | 7 |
| ３層 | — | 60 | 40 | — | 2 | 適宜 | 10 |
| ４層 | — | 40 | 60 | — | 2 | 適宜 | 15 |
| ５層 | — | — | 100 | — | 2 | 適宜 | 20 |

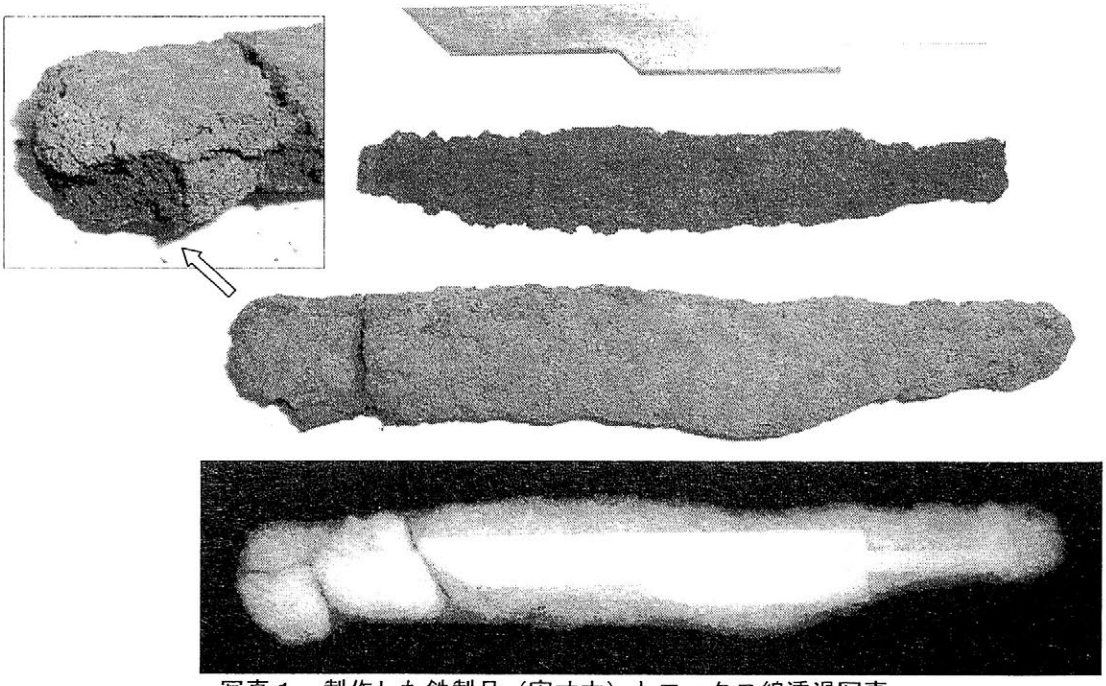


写真１　製作した鉄製品（実寸大）とエックス線透過写真

１ヶ月経過後、腐食により新たに生成したさびを確認した（写真１左上枠内）。腐食が進行し、より出土遺物に近い状態を呈するようになった。混入する塩を選択することで、塩特有の腐食を誘発することが可能であると思われる。また含有する塩分量が既知であるので、各種の脱塩処理方法を評価する事ができる。

X線透過写真撮影を行ったところ積層構造を確認する事ができた。撮影条件に即した撮影結果が得られ、X線透過撮影の教材としても利用できることを確認した。製作後の製品を環境の異なる雰囲気中で放置することにより、収蔵環境の適正をも知る事ができるであろう。

近年、文化財の保存と活用の必要性は定着した感があり、文化財修復技術の習得も単に文化財の劣化を食い止めるだけではなくその先にある活用場面を視野に入れる必要がある。現在までのところ処理遺物の活用は資料館などにおける展示がそのほとんどを占めているが、今後教材開発を進め、関係各機関でのワークショップを開催し、様々な場面での活用の可能性を探る予定である。

【謝　辞】

鉄製品の試作には株式会社トリアド工房、有限会社歴史環境研究所のご助言とご協力を得ました。ここにお礼申し上げます。本研究は文部科学省特別教育研究費「地域再生と観光戦略としての世界遺産等の保存・活用に関する高度専門職業人養成のための教育システムの構築」の一環として行われている。

P-79

# 漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策（2）

## ～山形県河北町を事例として～

○鈴木雄太*　松田泰典*　米村祥央**
（*東北芸術工科大学大学院　**東北芸術工科大学）

1．はじめに

山形県村山地方には，数多くの土蔵が現存している．中でも，河北町の土蔵の多くは，江戸・明治時代に上方との紅花貿易でもたらされた雛人形や紅花染めに代表される文化財を収蔵し，その歴史を護り伝えている．土蔵は河北町の歴史を継承する上で重要な文化財であり，地域市民のアイデンティティを形成する貴重な地域文化遺産でもある．

本研究では漆喰壁土蔵の劣化原因として予想される水分に着目した．特に，山形地方の気候の特徴から，凍結破砕による物理的劣化作用が主たる劣化現象と捉え，実験を行った．試験片を用いた漆喰の凍結破砕劣化促進実験の結果を報告する．

2．試料

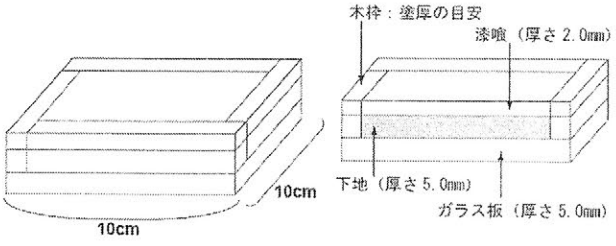



Table1 漆喰試験片の材料組み合わせ

| | 主材 | 骨材 | 糊材 | 下地 |
|---|---|---|---|---|
| A | 消石灰 貝灰 | 麻スサ | 角叉 | 中塗り土 |
| B | 消石灰 貝灰 | 麻スサ | 角叉 | 砂漆喰* |

Fig.1 試験片外観と断面

・漆喰配合：消石灰 20kg 貝灰 3kg　・麻スサ（漂白済）200g 角叉 250g
・　下地用砂漆喰配合…漆喰 1：砂 1.6　・下地用中塗り土配合…荒壁：砂＝1：1.6
・荒壁 - 山形県中山町内最上川河川敷から採取した粘土に左官職人がワラを混入したもの
・砂は一分目（3mm メッシュ）の篩を通したものを用いた
＊砂漆喰…仏閣寺院などの下地に使用された．

3．実験方法

試験片を垂直に設置し，恒温恒湿機（ADVANTEC 社製 THN064PA）を用いて+10℃を 12 時間保持した後，恒温恒湿機の最大能力で-10℃まで低下させ，温度低下による劣化促進実験とした．-10℃を 12 時間保持した後，恒温恒湿機の最大能力で温度を+10℃に上げて 12 時間保持した．これを一サイクルとし，計 20 サイクル測定した．蒸留水は実験開始時，7 サイクル後，14 サイクル後の+10℃のサイクル中に毎回 300ml ずつ加えた．

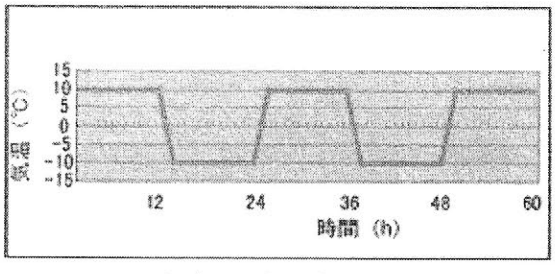



Fig.2 凍結 - 融解温度サイクル
（二サイクル目まで）

4．結果・考察

試験片 A は漆喰表面に亀裂が生じ，底面（水吸水面）の中塗り土が膨張していた．試験片 B は漆喰表面，砂漆喰も変化がなかった。砂漆喰裏面には，クレーターの様な孔が生じていた．

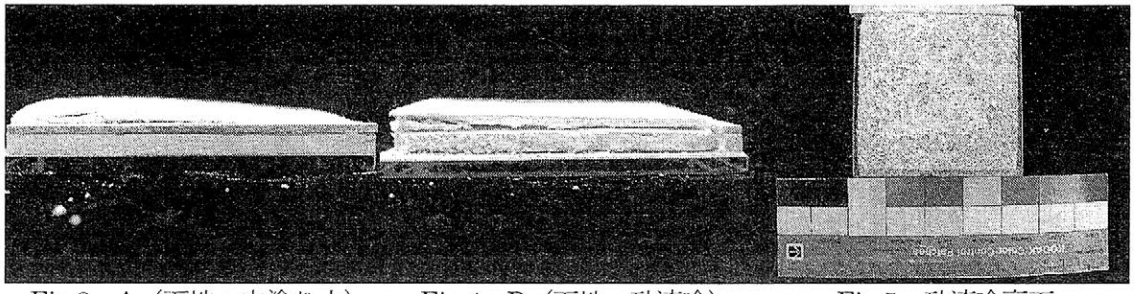


Fig.3　A（下地：中塗り土）　　Fig.4　B（下地：砂漆喰）　　Fig.5　砂漆喰裏面

底部←　　→上部　底部←　　→上部

下地が中塗り土の試験片は，水の吸水側（底部）に中塗り土の膨張が起きた．中塗り土は空隙が小さく，透水性が悪いので水を保水するので，間隙水の氷点下以下での体積膨張が顕著だったと考えられる．また，荒壁や中塗り土は有機物のワラを混入することにより，更に保水性を高めていると考えられる．

下地が砂漆喰の試験片は，砂漆喰裏面に多数のクレーターのような孔が生じた．砂漆喰は空隙が大きく，透水性が良いので水を保水せず，水はガラス面と砂漆喰との間に溜まり，氷点下以下で水は氷に変化したため，砂漆喰裏面に孔が生じたと考えられる．

Table2 下地と水の関係（垂直状態）

| | 構成 | 保水能力 | 透水性 | 水の吸い上げ | 水の位置 | 凍結の影響 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 中塗り土 | 粘土<br>シルト<br>砂 | あり | 悪い | あり | 吸い上げた所まで存在（主に下部） | 層全体で受ける |
| 砂漆喰 | 漆喰<br>砂 | なし | 良い | ほとんどない | ほとんど下方に排水，下部に溜まる | 試験片下部で水が溜まった箇所で受ける |

5．まとめ

漆喰の劣化は，漆喰自体に含まれる間隙水などの氷点下における体積膨張よりも，荒壁や中塗り土が含んでいる間隙水などの氷点下における体積膨張によるものと考えられていた．しかし，本実験では中塗り土に含まれる保水性の良いワラの存在が，氷点下における体積膨張により寄与していると位置づけられる．漆喰自体は水を過剰に吸水しない限り，氷点下における水の体積膨張の影響はあまり受けないが，下地は漆喰以上に間隙水を保水する．保水性の良いワラが存在することによって，間隙水やワラが含んだ水の氷点下における体積膨張が，表面の漆喰壁の劣化となって現れると考えられる．本来，土壁は上塗りを重ねるごとに，固化材（粘土や消石灰）に砂を混ぜ，貧調合とし，結合強度を下げるとともに壁表面から侵入した水を壁内部の下地に排水するようにしてきた．しかし，粘土に砂を混ぜ，中塗り土の大きい間隙に保水性の良いワラが存在すると，間隙水とワラが含んだ水は氷点下以下での体積膨張に大きな影響を及ぼすと考えられる．つまり中塗り土の露出は土蔵劣化のシグナルと考えられる．また，砂漆喰が下地として凍結破砕に耐性を持つ可能性があることを把握した．しかし，砂漆喰は化学的にも物理的にも特性が未解明であるので，砂漆喰の特性解明を進めるとともに，凍結破砕に有効な材料・施工方法を追及していきたい．

謝辞　本研究に際し，凍結－融解メカニズムと地質に関する知見を北海道立地質研究所　高見雅三技術情報科科長に，試料作成を山形県山形市原田左官工業所　原田正一・正志両氏にそれぞれ御教授・御協力いただきました．記してここに謝意を表します．

P-80

# 妻木晩田遺跡における保存科学的研究
## －土質遺構の露出展示にむけた環境調査－

○脇谷草一郎[1]・長尾かおり[2]・高妻洋成[1]・降幡順子[1]・肥塚隆保[1]
[1]奈良文化財研究所・[2]鳥取県埋蔵文化財センター

はじめに

妻木晩田遺跡は鳥取県西部、大山の北麓の丘陵上に位置し、弥生時代後期を中心に営まれた集落遺跡である。本遺跡はムラや墓など集落全体の変遷を追うことができる点において大きな価値を有している。現在、上記の観点から様々な整備手法の検討をおこない、周辺の自然環境を含めた集落景観の復元をめざして、遺跡全体の整備を進めている。

今回調査を実施した3軒の竪穴住居跡は標高約120 mの丘陵上に位置し、暫定的に建設された覆屋内にて露出展示されている(図 1)。これらの住居跡を保存処置を施さずに公開(2000 年)したところ、乾燥によって大きなひび割れが生じた。修理を目的として透水性エポキシ樹脂(サイト FX:IN テクニカルラボ社製)を混和した擬土をもちいてひび割れの充填、及び壁面や柱穴など垂直面に対してキャッピングによる処置が施された。またケイ酸エステル共重合体を用いて遺構全体の強化処置が施された。現在、遺構に大きな劣化は認められないものの、局所的な水のしみ出しやコケの繁茂、ひび割れが認められ、その劣化要因として水の影響が大きいものと考えられたので、過去 2 年にわたって遺構周辺における水の挙動に着目した調査を実施した。今回はその調査から得られた結果について報告する。

調査方法

赤外線熱画像法による遺構表面温度測定

一般に土、水および空気ではその比熱が異なることから遺構表面土壌の含水比が異なる箇所、あるいは擬土層が浮きを生じている箇所では温度の変化速度が異なるものと考えられる。今回の調査では赤外線熱画像法を用いて遺構表面温度の変化を捉え、遺構表面における土壌含水比の分布や擬土層の浮きの有無を調べた。

赤外線水分計による遺構表面土壌の含水比測定

水は近赤外域(1.45 μm、1.94 μm)において吸光を示すことから、その吸光度を測定することにより水分量を推定することが可能である。本調査では遺構表面を1 m四方に区分して、各区分内の吸光度を測定することにより、遺構表面土壌における含水比の分布を調べた。

TDR 法による遺構表層土の含水比測定

TDR 土壌水分計を用いて覆屋内の四隅および水のしみ出しが認められる、深さ約60 cm の柱穴底部の土壌含水比を継続的に測定し、その長期的な変化を調べた。測定は2005 年 6 月から継続して実施している。

遺構表層土のコンシステンシー

遺構表層における土は液体状になって流出する、あるいは塑性を失って分離し、崩落に至ることが無いよう、塑性状態を保って安定していることが望ましい。そこで遺構表層土の液性限界および塑性限界を求め、土壌水分計によって測定した遺構表層土の含水比がどのような範囲で推移しているのか調査をおこなった。

比抵抗映像法による地盤構造の推定

一般に地盤の比抵抗は地盤を構成する土粒子や岩石、地盤内に含まれる地下水の比抵抗によって変化する。今回の調査では比抵抗映像法による地盤の構造解析をおこない、得られた結果から水の流動経路を推定した。

## 調査結果

赤外線水分計による測定の結果、遺構表面の土壌含水比にはばらつきが認められた。含水比が高い箇所では表面にコケの繁茂が認められた。含水比が低い箇所は主に壁面であり、これらの箇所では擬土層の浮きが認められた。赤外線熱画像法による調査結果からもこれらの箇所では表面温度の上昇速度に差異が認められ、両者の調査結果は良く一致した。

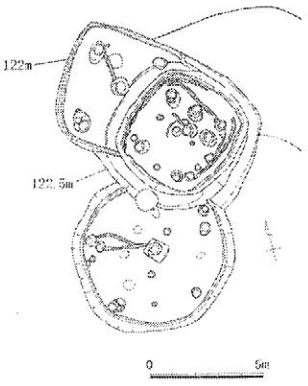


図1　遺構平面図

TDR 土壌水分計により土壌表層含水比を継続的に測定したところ、遺構南側では 31-36%、北側では 33-39%の範囲内で緩慢な年変動を示した。遺構表層の土壌含水比は降雨の直後においても急激な変化を示すことが無く、また常に南側に比べて北側で高いことが示された。遺構表層土のコンシステンシーを調べた結果、液性限界は 46.7%、塑性限界は 32.4%、塑性指数は 14.3%であった。粒度試験の結果、均等係数 16.0、曲率係数 1.12、60%粒径 0.081 mm であった。これらの結果から遺構表層土は土の工学的分類では ML に分類され、圧縮性が小さく、塑性も小さな土であると考えられる。土壌表層含水比はおおむね塑性限界と液性限界の範囲内で変動していたが、冬季では塑性限界を下回る期間も認められ、これらの乾燥期において遺構表面にひび割れが生じたことが推察される。

遺構周辺の地盤構造を比抵抗映像法により調査した結果を図 2 に示す。図より表層から深度 2 m 以浅では比抵抗値が低く、2 m 以深では深度とともに比抵抗値が増加することが認められる。すなわち低比抵抗値を示した深度 2 m 以浅の層は地層水を含んだ細粒土の層であり、降雨によって供給された水はこれらの層を移動するものと推察される。土壌表層に浸透した水が遺構表層を地形に沿って北へと移動し、それらの一部が住居跡の柱穴内でしみ出しているものと推察される。

## まとめ

土質遺構の露出展示保存を目的として、妻木晩田遺跡における水の挙動に関する調査を実施した。調査の結果、遺構表層土の含水比は遺構の北側と南側で異なっており、おおむね塑性限界と液性限界の範囲内で変動するが、一部ひび割れを引き起こす乾燥状態になることが示唆された。遺構表面から深度 2 m 程度までは細粒土層が存在しており、この層を地層水が移動して、一部遺構の北側で表面に染み出しているものと推察される。これらの水の挙動は遺構の劣化に対して直接的な影響はおよぼしていないものと考えられるが、一部で苔の繁茂などが認められ、今後これらの問題について検討する必要がある。

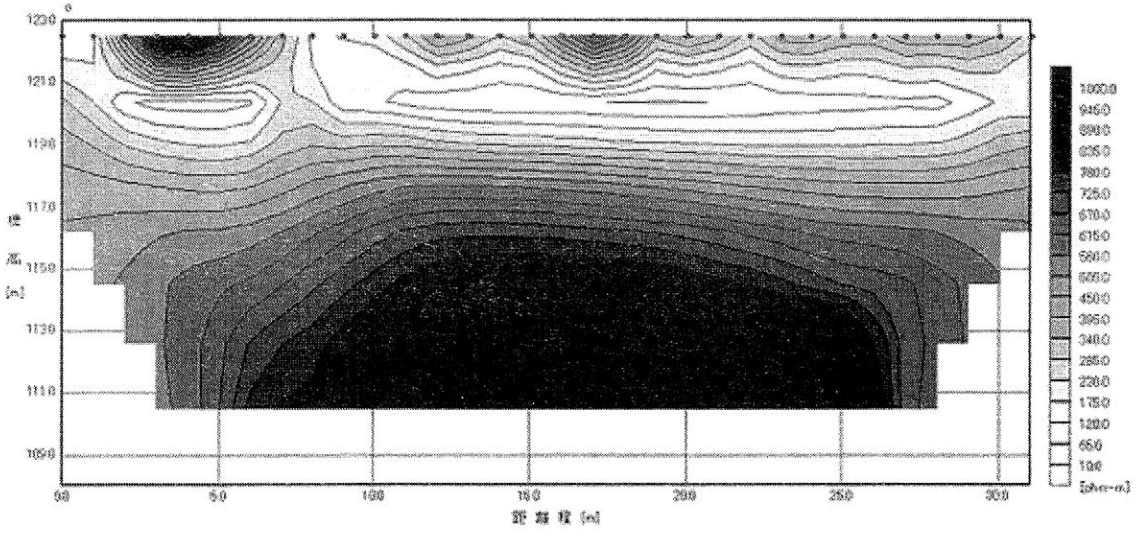


図2　比抵抗映像法結果図

P-81

# キャスティング・テープを用いた遺物の取上げの一手法

○ 岩本佳子（愛知県陶磁資料館）・村尾政人（島田組）・野澤則幸（名古屋市見晴台考古資料館）

## 1．初めに

発掘現場での遺物の取上げに関しては様々な方法が模索されている。例えば硬質発泡ウレタンによる取り上げ等もあるが、重量が増し、移動に手間と費用がかかる点などが課題である。

考古遺物の取上げで通常よく使われる硬質発泡性ウレタンは、薬品で安全に配慮が必要であり、重量が重くなると重機で取上げが必要になり、開封にも手間がかかり、開封時の衝撃による遺物の損傷も考えられるといった短所もある。そこで、より手軽にできるキャスティング・テープを用いた遺物の取上げを行うことになった。これは人が骨折をした時に巻く包帯状のもので、はさみで開封でき水を含ませしばらく置くと硬化する。手軽で安価という利点がある。奈良県黒塚古墳の鏡の一時保存にも使われたそうである（註1）。既に愛知県埋蔵文化財センターでは動物の骨の取上げを数度この手法で行っていた。そこで筆者は先行研究に発想を得て、近年キャスティング・テープを用いた遺物の取上げ方法をまとめ、遺跡の発掘現場で実践してきたので紹介する。

## 2.方法

①吉胡貝塚（愛知県田原市・国指定史跡）での事例　＜イヌの骨の取上げ＞

（材料）ALCARE キャストライト・α　ファイバーグラスキャスティングテープ（註2）10cm×3.6m（ロール4号）を4本使用。1巻き880円程度。サラシ・近くの洋品店で販売している綿100%のものを使用。1100円。キッチンペーパー150円、コンクリートパネル800円、ゴム手袋、バケツ、スポンジ、水、竹串、釘など。材料費は6000円程度である。

2－①－A　作業を行う前の問題点は①大きく取り上げるため重量がある。②すでに写真撮影、現場説明会の為できる限り検出しているため、骨が露出した状態であった。③下に混土貝層が15～20cmほどあり、最低限の厚さで取り上げると遺構が崩壊し犬の骨にまで及ぶ可能性がある。④出土・保存は予想外で、緊急のため予算措置等がしておらず、外部委託等ができない事であった。増山学芸員から連絡を受けた、筆者が県埋蔵文化財センター調査研究員に相談の上、可能な方法を考慮した。

2－①－B　処置と手順

日時は平成13年12月16日約4時間で作業参加者は増山学芸員・岩本ほか1名の3人。

① 取上げの周囲の作業スペースを（1.9m×0.9m）確保し、対象物を柱状に残す（0.6m×0.4m）。
② 露出した骨を保護する。隙間にキッチンペーパーをつめる。当日は風がありペーパーが飛ばされるため竹串で一時的に抑えながら行う。隙間を埋めたら、キッチンペーパーを上面にかぶせる。
③ サラシを2枚ほどかぶせ、側面も巻く。側面は崩れを防ぐ意味もあるのできつく巻く。
④ 水で濡らしたギブス用のテープを上面、そして側面も同様に巻く。その際、テープはなるべく幅半分以上ほど重ねる様にする（註2）。10分位で硬化する。また温水だとさらに速くなる。
⑤ 柱状に掘る。⑥下側をクサビ状に掘る（高さ0.3m）。

⑦取上げ　ある程度掘ったら一気に横に倒し、移動できるようにコンパネ、その下に手を入れるための杭を2本敷く。コンパネに1度下ろし、再び横に倒し、置いても安定するように底を平らに削る。持ち運びができる様に軽くするため、できる範囲で薄く削る。若干角がはずれたので、サラシで側面から底にかけて支え、さらに水で濡らしたギプスを巻き硬化を待つ。これで角の自然崩壊を押さえる。その後、正位置でコンパネに乗せ、下は持ち運びできる様に杭で浮かせておく。

⑧保管場所に運ぶ。ワゴン車に乗せ、田原市博物館屋外搬入口付近にコンパネに乗せたまま置き、ブルーシートをかけて保管した。北側の軒下の日陰で、風通しがよい環境であった。

平成15年3月下旬、経過を西山要一教授（奈良大学）増山学芸員と確認した。一部カビの発生が認められキッチンペーパーに少し虫喰いの痕があったが、土のひび割れも少なく保存状態は良好だった。

2－②平手町遺跡（愛知県名古屋市北区平手町１丁目）＜編篭の取上げ＞

西部医療センターに伴う開発が予定され、発掘調査が平成 18 年度に調査が行われた。名古屋市と（株）島田組文化財事業部の調査であった。弥生時代の網代篭が良好な状態で出土した。連絡を受け、3者協力して取上げに協力することになった。

2－②－A　取上げ時の問題点

湧水があるシルト質の土壌であった。ポンプによる汲み上げがなされ、土壌が乾燥し堅い状態で取上げが可能となった。後日、編み方を研究者に見てもらうため、表面をとるか裏面をとるかの相談なされ、表面を表にして保護して取上げることになった。

2－②－B　処置と手順

日時は平成 18 年 12 月 15 日約 3 時間半で作業参加者は野澤・島田組担当者・岩本、作業員数人。

① 取上げの周囲の作業スペースを（２m×２m）確保し、対象物を柱状に残す（１×１×0.5m）。
② 露出した篭の保護のため隙間にキッチンペーパーをつめる。キッチンペーパーを上面にかぶせる。
③ 遺物保護の為アルミホイルを被せる。アルミホイルは整形が容易で篭を保湿に適するため使用。
④ サラシを上面にかぶせ、側面も巻く。側面は崩れを防ぐ意味もあるのできつく巻き縛る。
⑤ 水で濡らしたギブス用のテープを上面、そして側面も同様に巻く。その際、テープはなるべく幅半分以上ほど重ねる様にする。
⑥ 柱状に掘り、下側をクサビ状に掘る。数人で 3 方からスコップなどで掘り進める。
⑦ 取上げる。ある程度掘ったら移動できるように木製板、その下に手を入れるための杭を２本敷く。板は予め尖らせておき木槌で掘り進める。板に１度下ろし再び横に倒し、置いても安定するように底を平らに削る。その際、金属の針金の両端を持ち、二人で削ぐと効果的であった。持ち運びができる様に軽くするため、遺物が崩れない様に注意しながらできるだけ薄く削る。その後、正位置でコンパネに乗せ、下は持ち運びできる様に杭で浮かせておく。
⑧ 保管場所に運ぶ。今回は分離と近くへの移動を行う。搬出は時間不足で翌日以降に持ち越した。

3．反省

段取り良くテープを巻き、底を素早く削る作業、持ち運ぶ事を考えると、準備と人手が必要である。また時間を置くとテープ同士が接着しないので、巻く順序、段取りを決めて一気にやるべきである。テープを隙間に押し込む事ができないので、キッチンペーパーによる養生時にでこぼこをなくすべきである。サラシ目の細かい物を使用し保存上良いが、粗い方が竹串を刺しやすくガーゼも有用である。

吉胡貝塚では倒すと割れる心配があったため、当初くさびを打って、板に滑らそうとしたのだが、逆に振動で角の土が外れ、滑らす分のスペースが余分に必要になる。また土中に小石があっても進まないため、あまり現実的ではない。以前に遺構の取上げの際に養生の為トイレットペーパーを使用したが、土に密着し保存処理の際、剥すのに手間がかかったそうである。青木繁夫氏(東京文化財研究所)に伺ったところ、キッチンペーパーが適度な空間ができる良いとご教示を得て各遺跡で試した所、有効であった。豊橋市馬越長火塚古墳で馬具、内田貝塚で人骨の取上げにもこの方法が有効であった。

4．まとめ

応急処置事例は、報告書や関係機関の通信、概論書や手引きに掲載されていることがある。日本でも誰もが知る事ができ、必要な時に最善の方法をとる事ができるよう様、体制づくりがなされると理想的である。人材の充実、派遣体制を整え、技術を伝え、共有する事が重要であると考えられる。

＜謝辞＞本稿をまとめるにあたり次の方々にお世話になりました。記して感謝致します。増山禎之氏（田原市教育委員会）,西山要一氏（奈良大学）,鬼頭剛氏,堀木真美子氏（愛知県埋蔵文化財センター）

註（註１）黒塚古墳で 34 枚の鏡を発見の瞬間から現地説明会まで２ヶ月の間、鏡に密着した医療用のギブスと防錆剤が遺物の劣化を防いだ（橿原考古学研究所ほか 2000『大古墳展』東京新聞）。

（註２）Casting Tape ガラス繊維で織った水硬性の固定用テープ。医学用。

＜参考文献＞ディビット・ワトキンスン／バージニア・ニール　2002　「第７章　壊れやすい遺物の取上げ」『出土遺物の応急処置マニュアル』柏書房。　各遺跡現地説明会資料等。

P-82

# 簡便な採取法を用いた密閉型ケース内の残留揮発性物質調査

○ 山田　卓司・川本　耕三（財団法人　元興寺文化財研究所）

## 1. 概要

近年、博物館における資料の長期保存対策として、また、シックハウス症候群による揮発性物質規制の強化要求から、公共の環境である展示室における揮発性物質（ガス濃度）が計測されるようになった[1)]。これまでの揮発性物質の調査は、展示環境全体を調査するため展示室全体にわたる計測が多く、密閉された展示・保管ケース内の環境は、温湿度や環境モニターを用いた調査が主流であった。また、調査対象も文化財に影響を与えることが明らかであるホルムアルデヒド、アンモニア等の酸性やアルカリ性の揮発性物質が中心であった。そのため、これまでケース内の中性揮発性物質が幅広く調査されたことはなく、ケース内にどのような揮発性物質が残留しているか明らかにされていない。しかし、接着剤や支持台等に様々な合成樹脂が用いられる現状では、予期せぬ揮発性物質の発生と濃度の上昇及び資料への影響が考えられるため、ケース内に残留する揮発性物質を幅広く調査する必要が生じている。

中性の揮発性物質調査を妨げている原因は、揮発性物質の推測が可能な場合には、ガス検知管を用いて採取と検査が簡便に行えるが、一般的に、低濃度で成分不明なガス採取には専門的で高価な器具が必要であり、採取期間も8時間から1日程度必要とされる場合が多く、採取測定が困難なためである。幅広く調査を行うため本調査では、試料濃縮用シリンジを用いてケース内の気体を簡便に濃縮採取する方法を選択した（写真1）。本採取法は、ガス検知管と同様の方法でガス採取ができる上に、ニードル内に濃縮採取したガスをガスクロマト質量分析計により多種の中性揮発性物質を高感度に分析することが可能である。今回、様々な条件下の密閉型ケース内に残留している揮発性物質の現状について報告する。この密閉型ケース内の様々な残留揮発性物質の知見は、ケース作製時の材質選択への新たな見解になるものと考えられる。

## 2. 分析方法

揮発性物質の採取

ガス採取器に試料濃縮用ニードルを備え付け、測定対象となる密閉型ケース内に全体を設置もしくは隙間からニードルのみを差し込む（写真 1）。採取器のレバーを引き、10分後 100 ml のケース内ガス試料がニードル内に濃縮採取される。

採取した濃縮ガスをガスクロマト質量分析計にて測定し、保持時間およびマススペクトルから展示ケース内に残留する揮発性物質を明らかにする。

なお、本測定では、中性揮発性物質を主に濃縮するニードルを選択した。

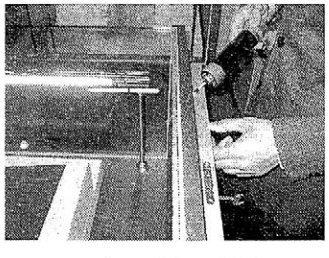


写真1. 採取方法

3. 分析結果

表 1. 密閉型ケースに残留していた中性揮発性物質

| 密閉型ケース | 検出された揮発性物質 |
|---|---|
| No.1 | トルエン、キシレン、スチレン、δ-Cadinene、Copaene |
| No.2 | δ-Cadinene、Copaene |
| No.3 | トルエン |
| No.4 | なし |
| No.5 | なし（ケース外にてトルエンを検出） |

設置から 2 年経過した密閉型保管ケース（No.1）だけでなく 5 年以上経過している密閉型展示ケース（No.3）内においてもわずかながら揮発性物質（トルエン）を検出した。さらに設置からの時間が短いものでは、キシレンとスチレンを検出する例が見られた。検出量はわずかなため、文化財を急速に劣化させることはないと考えられるが、長期にわたり暴露された場合の影響を検討する必要がある。逆に、周辺環境にトルエンを検出しても、展示ケース内では検出されない例（No.5）など、密閉型ケースの利点も明らかにできた。

さらに、数箇所ではトルエンより沸点が高い揮発性物質（δ-Cadinene、Copaene）が検出された。密閉型ケースやその施設に、用いられている桐や杉等の木材から発生したものと考えられる。すでに、ベイスギ等から試料劣化する成分が発生することが知られている[2)]が、試料濃縮用注射針を用いた本方法で高揮発性（トルエン等）から低揮発性（木材由来）の物質を幅広く採取できることが明らかとなった。

非常に微量な揮発性物質も簡便に採取可能であり、今後採取箇所を増やすことによって更なる解析が可能になると思われる。

4. 今後

気体濃縮針をもちいた簡便な採取方法をもちいて、密閉された空間の揮発性物質を測定する第一の目的を果たすことができた。しかし、定量には、濃縮率の確証や再現性等の問題から本法の改良が必要であることが分かってきた。また、用いているガスクロマト質量分析計のカラムを汎用性が高いものから揮発性物質ごとに適したものに変更することによって、揮発性物質の同定精度も向上すると考えている。さらなる改良を検討することで、中性揮発性物質の幅広い調査が行える環境を整備していきたい。

参考文献

1) 佐野千絵・吉田直人・石崎武志, 保存科学, **45**, 215(2006).
2) 及川規, 東北歴史博物館研究紀要, **2**, 151 (2000).

P-83

# キトラ古墳保護覆屋内の環境について(2)

## －土壌水分量推移と環境管理－

○佐野千絵[1)]・犬塚将英[1)]・間渕創[1)]・木川りか[1)]・吉田直人[1)]・森井順之[1)]・加藤雅人[1)]・
降幡順子[2)]・石崎武志[1)]・三浦定俊[1)]
独立行政法人国立文化財機構　東京文化財研究所[1)]・奈良文化財研究所[2)]

１．はじめに

キトラ古墳壁画の調査や管理・壁画処置については一括して独立行政法人文化財研究所が受託しており、手法の適否や手順について検討し、文化庁の了解のもと各種作業を実施している。また得られた成果についてはすみやかな公表をめざしている。本報告では、平成18年度のキトラ古墳保護覆屋内の環境制御状況を、温度湿度や土壌水分計データなど実測結果をもとに、制御の基本方針やその評価手法を中心に報告する。また、計測・解析・評価の結果を制御に生かし、実際に高湿度環境下で施設をいかに管理しているか、概略を報告する。

２．保護覆屋中の環境制御方針と監視

環境ステーションの設置は平成15（2003）年11月末、測定項目は石室内の温度、相対湿度、炭酸ガス濃度、小前室内の温度、相対湿度、炭酸ガス濃度、地中温度、墳丘の異なった場所や深さの地中温度、土壌水分量、墳丘上の風向、風速、雨量、日照量である。測定したデータは１時間ごとに文化財研究所（東京、奈良）に転送され、常時監視できる。そのほか、週に２回の点検にあわせて、殺菌等処置のほか、浮遊菌および落下菌を採取して施設の清浄度を評価し、施設管理方法の有効性を判断している。

石室に隣接する区画（小前室と呼称）には、温度を10℃から26℃の範囲で任意に調整できる温度管理された水で満たされたスポンジ状のものの中を通気させて相対湿度100%まで加湿できる清浄空気が供給される。小前室を前室に対して正圧にして、汚染物質の室内流入を避けるよう配慮されており、この制御は設計通り実行されていることは、浮遊菌量の推移から確認できている。

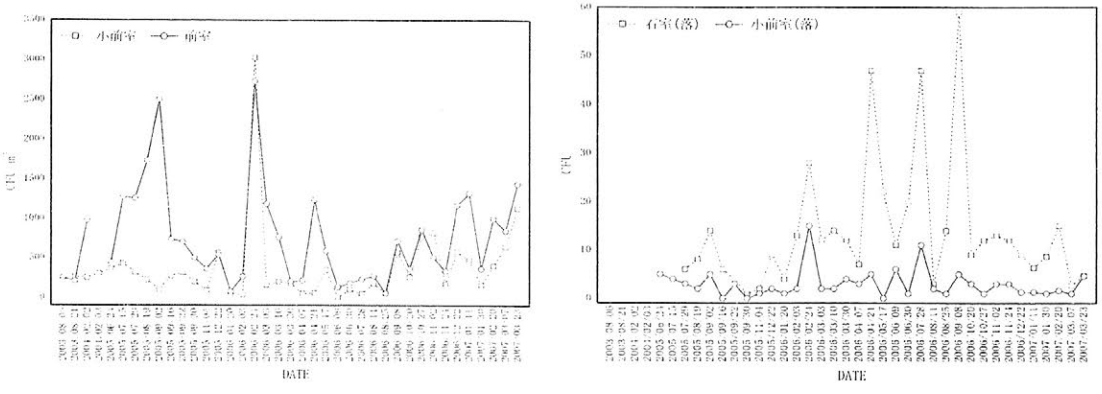



図　左：浮遊菌調査事例　右：落下菌調査事例

室内の空調空気は小前室から前室に向かって流れていくので、小前室の浮遊菌量が増加した場合、空調稼働中は前室の浮遊菌量が増加する。2006年２月は空調系を止めていたため、小前室・前室ともに浮遊菌量が高くなった。

小前室は高湿度に調整した清浄空気を流しているため、落下菌は少ない。石室内は頻繁にカビ発生が見られるため、落下菌量は小前室に対して多く、また両空間の落下菌量は相関がない。

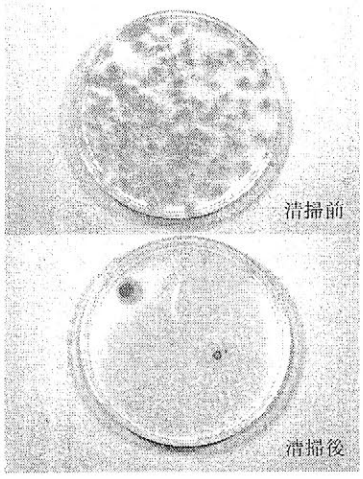
## ３．微生物被害低減のための施設管理

### 3-1. 墳丘および石室内の自由水低減のための天井結露対策

盗掘口左側で土壌水分量を計測しているが、その数値は小前室の制御方法の影響を受けていると思われる。キトラ古墳保護覆屋は仮設であり、傾斜地に設置されているため、外気に面した部分と地面に埋設された部分があり、建物として元来、温度むらを生じやすい。100%に調整された小前室では冬季には冷えた天井面や東側壁に絶えず結露が生じており、これが直接墳丘版築等に余剰水を供給している。そのため土壌の飽和水分量を超えた状態に常になっており、石室内をバクテリア繁殖に有利な状況にしていると考えた。そこで、石室直上のコンクリート天井の結露抑制のために、小前室天井断熱補強と結露を散らす目的での擬土付けを行った。その性能評価のため、平成19年1月16日に熱画像撮影をおこなったところ、小前室北側天井、墳丘なども含めて温度差は観察されず、機器精度の限界 0.5℃の範囲内で、工事部分については一様に温度制御できるようになったことが判明した。

### 3-2. 施設除菌清掃

施設内は一般的に、使用年数を経るにつれ微生物汚染は飛躍的に増大する。この増加を抑制するには、除湿と気流設計も含めての換気が有効であるが、保護覆屋については古墳壁画の保存のため高湿度で維持されており、施設管理として除菌清掃が欠かせない。引き渡し後の使用期間も３年を越え、特に前室、通路など高湿度で維持されている空間での浮遊菌量が増加していることから、小前室天井結露受け、通路・前室の壁・床・天井また各種配管に対して、塩化ベンザルコニウム水溶液（1000ppm）で除菌清掃をおこなった（一般清掃委託：(株) 鹿島建物、通路前室等高所除菌清掃委託：イカリ消毒株式会社、写真）。




右写真　滅菌水で濡らした滅菌綿棒による一定面積拭き取り試料培養結果/MA培地　上：除菌清掃前の壁面　下：除菌清掃後

## ４．おわりに

古墳の管理において、温度・湿度の計測は大変重要であるが、正確なデータでなければその記録に意味がない。常に監視し、異常値について早期に気づくようなシステムを構築することが重要と考えている。また、清浄化できない表面を持つ古墳内の壁画を高湿度下で保存することは、常に微生物繁殖のおそれが大きく、墳丘全体から侵入する自由水への対策が万全でなければならない。なによりも墳丘全体の保存状況を向上させていくことが重要である。また管理とは恒常的なものであり、監視システムも含め保存施設に対して定期的なメンテナンスを計画実行していく必要がある。

本稿が壁画の安全な保管の資となり、また各地に点在する遺跡の保存活動のための基礎資料となれば幸いである。

＜参考文献＞

１）佐野千絵・犬塚将英・吉田直人・森井順之・加藤雅人・村上　隆・高妻洋成・降幡順子・肥塚隆保・石崎武志・三浦定俊：キトラ古墳保護覆屋内の環境について－温度・湿度と炭酸ガス濃度－、保存科学、45、79-92(2006)

２）佐野千絵・犬塚将英・間渕創・木川りか・吉田直人・森井順之・加藤雅人・降幡順子・石崎武志・三浦定俊、キトラ古墳保護覆屋内の環境について(2)－土壌水分量推移と環境管理－、保存科学、46、235-242(2007)

P-84

# 高松塚古墳石室解体時の石室周囲の気流性状解析

小椋大輔[1)]　○石崎武志[2)]　鉾井修一[1)]　北原博幸[3)]　犬塚将英[2)]
多羅間次郎[1)]　木下舞子[1)]
1)京都大学大学院工学研究科，2)東京文化財研究所，3)トータルシステム研究所

**1．はじめに**　高松塚古墳壁画は、石室を解体し、取り出して修理を行うことが決定された[i)]。この解体作業の間に、壁画のカビの発生や剥落といった劣化を防ぐために、石室周囲に断熱覆屋を設置し、内部の温湿度環境を制御することになった[ii)]。本研究では、石室解体時における石室の温湿度環境制御による壁画の劣化防止を目的として、既に石室周囲の温湿度環境制御のために設けられた空調システムのある断熱覆屋について実大実験を行い、温湿度、結露性状を検討し、問題点を明らかにし、その対策について検討を行った[iii)]。しかしこの実大実験では、解体時を想定した条件下での検討は気流性状を含めて十分にできていない。本報告では、実大実験に対応した数値流体解析を行い、気流性状予測の精度を確認し、解体時に想定される条件下の解析を行い、発生が予想される問題点とその対応策について検討を行う。

**2．断熱覆い屋と空調システムの構成**　図 1,2 に石室解体時の空調空間の断熱覆屋の平面と立面の概要をそれぞれ示す。断熱覆い屋は、石材の取り上げを行う無軌条クレーンを支える鉄骨架工物を覆うような形で造られ、石室の取り上げを行う室（空間 A）と取り上げた石材を梱包・回転する室（空間 B）から構成される。環境調整は、空間 A では温湿度の空調制御を行い、空間 B では外気との緩衝ゾーンとして温度のみの空調制御を行う。断熱覆い屋の壁体は内部に 10cm 厚の断熱材が挿入されている。また壁面及び天井面にアクリル製の採光窓（実験場は天井のみ一重窓）を設け、断熱性を高めるため二重となっている。空間 A と B の間に開閉可能な隔絶用シャッターを、空間 B と外気の間に断熱扉を設け、できるだけ気密化をはかり、漏気による熱負荷をできるだけ抑えるような構成としている。石室周囲の温湿度の制御目標値は、石材及び石室内壁画の劣化防止を目的として、周囲室温 10℃、周囲相対湿度 80-95%となっている。

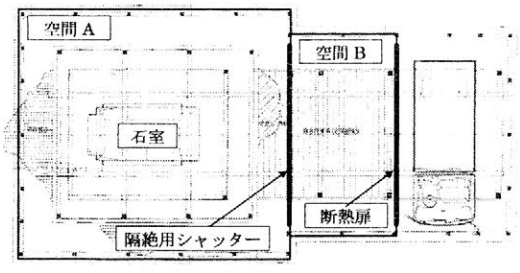


図 1　断熱覆い屋の平面

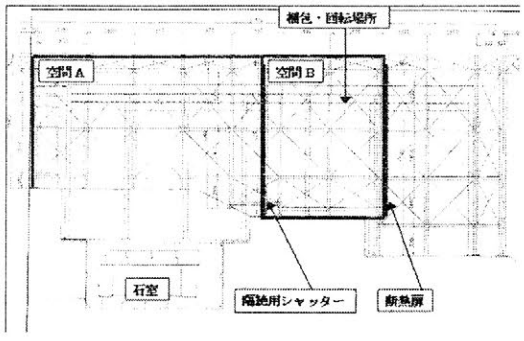


図 2　断熱覆い屋の断面

**3．断熱覆い屋内の気流・温度分布の解析**

**3.1．解析方法と条件**　実験は、実大実験場において、2006 年 9 月 26 日から 10 月 13 日まで行った[iii)]。実験の詳細は、文献 iii)を参照頂きたい。解析対象は実大実験の実験場の空間 A のみを考える。解析モデルは標準 k-ε 型 2 方程式モデルを用い、計算は汎用コードの CDAJ 社製 STAR-CD により行った。境界条件は表 1 のように与えた。

表 1　境界条件

| | |
|---|---|
| 流入面(吹出口) | 平均温度、平均風速の測定値 |
| 流出面(吸込口) | 自然流出 |
| 壁面(天井,壁,石室など) | No Slip<br>実測の表面温度 |

**3.2．解析結果と考察**　図 3 に風速の実測結果と解析結果の比較を示す。図より石室周囲は、両者とも 0.1m/s 以下の状態と一致しており、吹き出し高さ近傍についても実測結果のばらつきに対して解析結果は大略一致している。図 4 に温度の実測結果と解析結果の比較を示す。図より、覆屋内温度については全体的によく一致している。図示していないが別途行った夜間の解析結果においても、全体的によく一致した。

**4．石室解体時の室内温度・気流解析**　前章の解析手法を用いて解体時に想定される、夜間の冷気生成や作業時の発熱が石室周囲の温度、気流性状への影響を検討する。壁画の劣化防止の観点より、石室周囲の温度むらは石室内の温度むらの原因となり高湿な石室内の結露の危険性が高ま

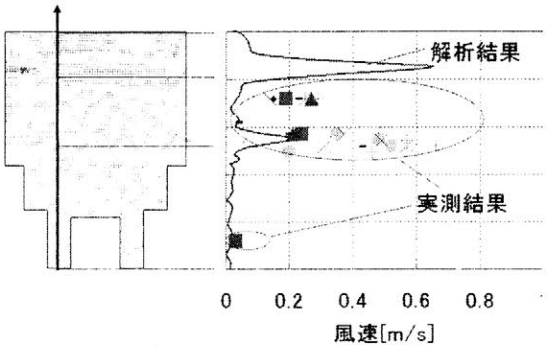


図３　風速分布の解析と実測の比較

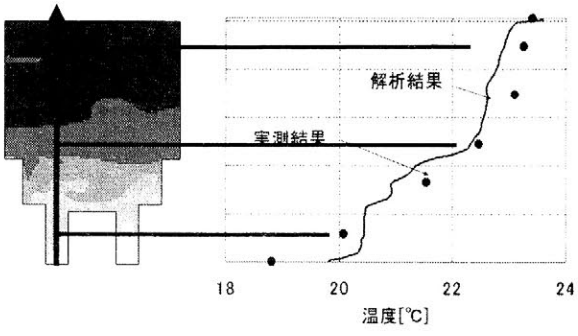


図４　温度分布の解析と実測の比較

るためできるだけ避け、石室内の温度上昇もカビ抑制の観点からできるだけ避けた方がよい。

**4.1. 解析条件**　1) Case1 ：外気温度が低下した場合：外気温を 0℃とし、外気に接する天井や壁体には外気温と壁体の熱抵抗を与え、その他の石室周囲等の境界で表面 10℃一定とした。2) Case2：石室の上に断熱シートを設置した場合：断熱シートを石室上に被せた場合の効果を検討する。石室の 30cm 上に熱抵抗のあるシートを設置する。他の条件は Case1 と等しい。 3)Case3：覆屋内に人がいる場合：石室の発掘・解体作業時の人や照明器具等発熱の影響を検討する。解析には石室の周囲に作業している人を想定した発熱体を設置し、表面 35℃一定とした。

**4.2. 解析結果と考察　4.2.1 Case1 と Case2 の解析結果**：図 5 に Case1 と Case2 の温度分布を示す。図より Case1, 2 ともに天井面の一部と壁面の下部で温度が低い部分があり、冷気が生成していることが分かる。Case1 では、吹き出し口に近い側（図の左側）の石室周囲で温度低下が大きく温度むらが生じており、石室周囲は全体的に 10℃を下回っている。Case2 では、全般的に石室周囲の温度は 10℃に近く、吹き出し口側の石室周囲が若干温度低下するが温度むらは小さい。断熱シートの設置は、冷気の下降への対策として有効であると言え、隙間をさらに抑えることでより温度低下と温度むらが抑えられると考えられる。ただし、冷気が断熱シート上にたまるため、断熱シートの石室側での表面結露の発生には十分に注意する必要がある。

**4.2.2 Case3 の解析結果**　図 6 に Case1 と Case3 の温度分布の比較を示す。図より Case3 は発熱体の上部で温度の高い領域が上部に天井にかけて伸びており、Case1 より覆屋内全域が温度上昇している。発熱体に近い石室周囲空間も温度が上昇しており、石室周囲へ気流を吹き込めないため空調による全ての除去は難しく石室の温度上昇と温度むらが生じる可能性が高い。これらの抑制のため、作業時の石室周囲の上限温度を設ける事や、作業のため覆屋内に入室する人を出来るだけ制限し、石室の周囲で発熱を伴う機器の使用時間を短くする事などの対策が必要と考えられる。

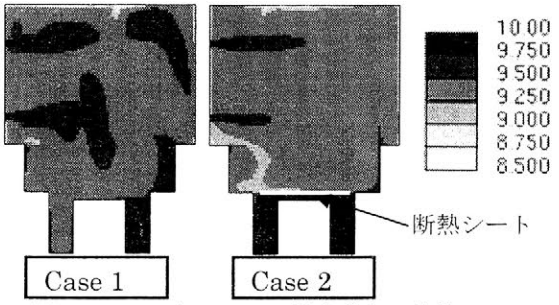


図５　Case1 と Case2 の温度分布の比較

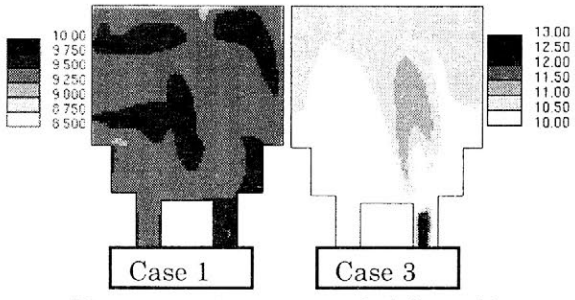


図６　Case1 と Case3 の温度分布の比較

**５．まとめ**　石室解体時の断熱覆い屋内の数値流体解析を行い、実大実験と比較を行い精度を確認し、解体時に想定される石室の結露と温度上昇の問題とその対策について検討を行い以下の結論を得た。１）寒冷な時期の夜間における石室周囲への冷気の下降により石室の温度低下と温度むらが生じる。断熱シートの設置は、冷気の下降への対策として有効である。２）石室周囲での作業により石室周囲および空間全体の温度上昇が生じ、石室の温度上昇と温度むらが生じる。この抑制のためには、作業時の石室周囲の上限温度を設け、作業のため覆屋内に入室する人を出来るだけ制限し、石室の周囲で発熱機器の使用時間を短くするなどの対策が必要と考えられる。

参考文献　i) 文化庁ホームページ、http://www.bunka.go.jp/、国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会、第 4 回、(2005)
ii) 文化庁ホームページ、http://www.bunka.go.jp/、国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会、第 5 回、(2006)
iii) 小椋大輔、石崎武志、鉾井修一、北原博幸、大塚将英、多羅間次郎、木下舞子、高松塚古墳石室解体時の空調方法の検討、保存科学、46、(2007)

P-85

# 地中レーダ探査法による城館遺跡の研究

○岸田　徹*，酒井英男*
（*富山大学大学院理工学研究部）

## 1．はじめに

中世の時代（12～16 世紀）の，山城や大規模な豪族居館は日本全国に存在しており，その数は数万にのぼると言われている。しかし，この様な大規模な遺跡においては，その範囲や遺構の様相，造成規模を部分的な発掘調査で把握することは困難である．そのため，広範囲を迅速に調査できる探査の手法が有用となる．

我々は，徳島県と岐阜県の２箇所の城館遺跡（図１）において，地中レーダ探査を用い，遺構の分布や造成範囲を非破壊で把握することを目的として研究を行った．

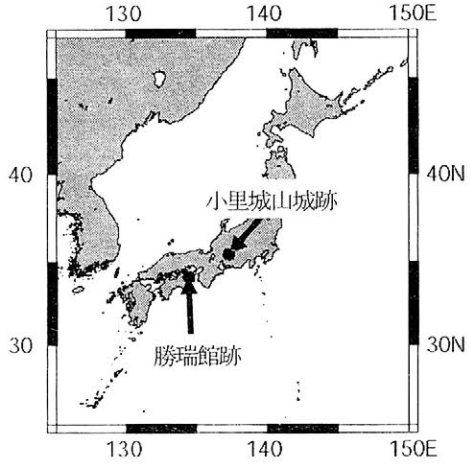



図１　研究した遺跡の位置

## 2．調査した遺跡及び探査の概要

本研究で対象とした遺跡は，徳島県藍住町の勝瑞館跡，および岐阜県瑞浪市の小里城山城跡である．探査は中心周波数の異なる３種類のアンテナ（100，250，500MHz）を適宜使用し，行った．

探査結果については，擬似的な地中断面図（Profile 図）と共に，全測線から得られた探査データをまとめ，等深度の反射強度の平面分布を見る Time Slice 図法による解析も行っている．

## 3．探査結果と考察

### 3-1．勝瑞館跡

国の指定史跡である勝瑞館跡では，三好氏の居館を巡る濠跡を対象に探査を行った．複数の測線において図２に示す様な濠跡を示す構造が認められた．探査結果から，幅 10m を超える濠が史跡指定範囲の外にも存在しており，遺跡の規模が現在の想定よりも大きくなると推測された．

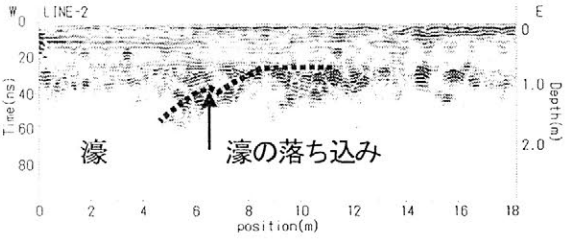



図２　勝瑞館跡における探査結果

### 3-2．小里城山城跡

小里城山城跡では，御殿場跡と呼ばれる山城南側の２つの平坦面（Ⅰ郭，Ⅱ郭）で探査を行った．Ⅱ郭の東側では，地表面より 20cm 深度に等間隔（約 2m）で並ぶ強い異常応答を捉えた（図３）．一部の発掘調査の結果から，この異常応答は建物の礎石跡に対応すると考えられ，探査結果から，東西 10×南北 8m の礎石建物の存在が明らかになった．

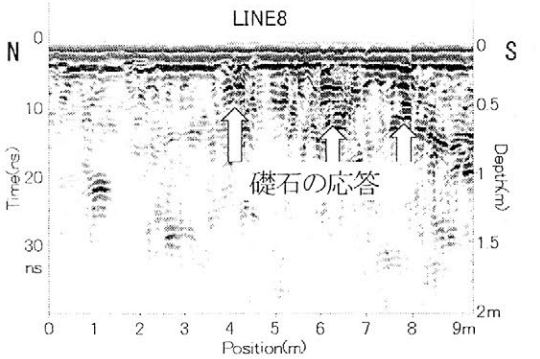



図３　小里城山城跡における礎石を捉えた探査結果

また，Ⅰ郭とⅡ郭における探査結果では図４に

示す様な斜めの境界面（土層構造）が認められた．発掘結果との対比からこの境界面は地山（旧表土面）と平坦面造成にために斜面を切り崩して下方に盛った盛土の境界面であることが判明した．この境界面はⅠ郭とⅡ郭両方で明瞭に認められ，御殿場跡の平坦面の造成規模を推定することができた（図５）．

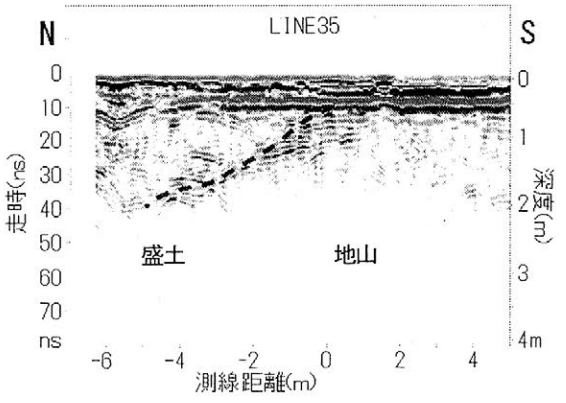



図４　小里城山城跡における探査結果

## ４．まとめ

中世の大規模な城館遺跡を対象として，遺構の分布範囲，造成規模を探るべく，非破壊の地中レーダ探査法を用いて研究を行った．その結果，全国有数の居館跡である勝瑞遺跡においては，館の周囲を巡る濠が史跡指定の範囲外にも存在しており，遺跡の規模がさらに大きくなる可能性が考えられた．

また，戦国期に築かれた小里城山城跡では，礎石建物の位置や大きさだけでなく，平坦面の造成範囲を推察することが出来た．盛土の厚さと施工範囲が判明したことで，盛土の総土量を推算することも可能となり，造成工事の規模を数値化できると考え，現在解析を進めている．

城館遺跡はその規模も大きく，限られた発掘調査で，その全容を把握することは困難である．探査を利用することで，広範囲での遺構の分布だけでなく，造成範囲も検討できることがわかり，土木工事の規模の解明にも繋がる有用な情報を得ることができると考える．

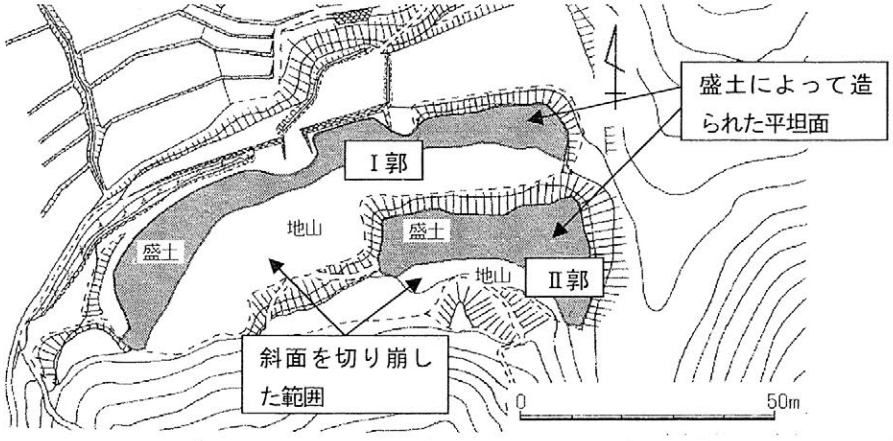



図５　地中レーダ探査より推定したⅠ郭・Ⅱ郭における盛土の範囲

## 参考文献


・藍住町教育委員会（2005）：勝瑞館跡第10次発掘調査概要報告書，藍住町教育委員会，23p.

・岐阜県瑞浪市教育委員会（2005）：小里城山城跡 -御殿場跡発掘調査報告書-，瑞浪市教育委員会，145p.

・岸田 徹，酒井英男(2007)：地中ﾚｰﾀﾞ探査による古墳の研究ー削平された古墳の復元・盛土量の推定，考古学と自然科学，日本文化財科学会，45-59.

・Kishida, T. and H. Sakai (2006): Study of *kofun* in Tokushima prefecture using ground penetrating radar and electric resistivity surveys: Reconstruction of the moat of the leveled mound, J. Archaeological Prospection Soc. Jap., 15-24.

P-86

# 実験製塩土器に吸着されたステロール類の研究

○堀内晶子[1]、森山英範[1]、宮田佳樹[2]
[1]国際基督教大学教養学部、[2]国立歴史民俗博物館

1. はじめに

塩は人間の営みに欠かす事のできない重要なミネラルである。周辺を海に囲まれた日本では、古代から塩を海から採取していたことが知られており、塩を作るために用いられたとされている製塩土器が縄文遺跡からも出土している。製塩土器は、塩の付着や出土状況などから、塩との関連が明らかになっている物もある一方、考古学的考察のみから推測されている物もある。水溶性の塩は特殊な条件を除いてほとんど残らない為、化学的手法を用いた分析はこれまでになされていない。そこで、我々がこれまでに行ってきた古代土器に残留するステロール類の研究[1] [2]を元に、海水中に含まれている微量のステロール類が海水を濃縮する製塩過程で土器の胎土内部に濃縮、残留する可能性を検討することにした。

2. 実験

試料: 御所野縄文遺跡(岩手県二戸郡一戸町)から出土した粘土を用いて作成した土器を使って2004年11月、千葉県千倉海岸で海水を加熱濃縮する直煮製塩法(素水製塩)で塩を作り実験製塩土器とした。内部に析出している塩を分けとり、土器を縦半分に切断し試料とした。土器はさらに細かく口縁部(T=top)、胴上部(UM=upper middle)、胴下部(LM=lower middle)、底部(B=base)に分け、土器の部位とステロール類の残留量との関係がわかるようにした。図1.に試料として用いた実験製塩土器とその部位を示す。

ステロールの抽出: まず、土器片を蒸留水中、硝酸銀溶液で塩化銀の白沈が生じなくなるまで、繰り返し超音波洗浄し、塩分を除去した。ステロールは脂質の一種で、グリセリドや脂肪酸と共に抽出される為、脂質と同様の抽出方法を用いた。土器表面のステロールは、塩分を除き、乾燥させた土器片をジクロロメタン：メタノール＝2：1(C/M)溶液約40 mLで30分超音波抽出し、その操作を3回繰り返してすべての抽出液を合わせ、内部標準物質として3μLのα-コレスタン(4.93mmol/mL)を加えロータリーエバポレーターで溶媒を除き、残差をC/Mに溶かし、3本のねじ口付きバイアルに等分にわけ、溶媒を窒素気流下で除去したのち-80 ℃の冷凍庫に保存した。データは3本の平均値とした。土器深部に吸着されたステロールは、一度表面のから抽出した後の土器片を、粉砕器(Heiko Sample Mill TI-200)を用いて粉砕し、表面からの抽出方法同様の操作をし、-80 ℃の冷凍庫に保存した。

ステロールの分析: ステロールの多くはエステルとして存在する為、まずねじ口付きバイアル中の脂質に500μL水酸化ナトリウム・メタノール溶液（10% v/v）及び100 μLヘキサンを加え70℃で30分加熱して加水分解し、遊離ステロールとした。有機溶媒を窒素気流下で除いた後、新たに1000μLジエチルエーテルと500μL蒸留水を加えて分配し、ステロールを有機層に移した。これらの操作は共存するグリセリドも同時に加水分解し、生成する脂肪酸をナトリウム塩として水相に移して除去することができる。水相をピペットで吸い出した後、飽和塩化アンモニウム溶液、飽和塩化ナトリウム溶液で有機層を洗い、窒素気流下で有機溶媒を除去した後、残った水分を減圧下で除去した。ここに100 μLアセトニトリル、6.6 μL *N,O*-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide(BSTFA)を加え70℃で30分加熱して遊離ステロールをトリメチルシリル化し、1μLをガスクロマトグラフ(GC)の試料とした。GCは島津GC 14-B，FID検出器、カラム:Inert Cap 17(GL Science, 60 m x 0.25 mm, 厚さ0.25 mm)、カラム温度;280℃、注入口温度:320℃、検出器温度:320℃、スプリットレスを使用した。

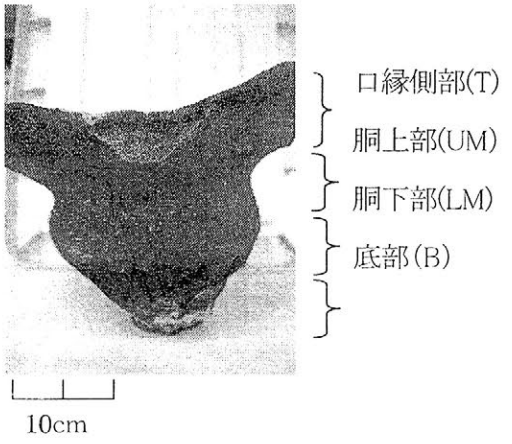



図1. 製塩土器とその部位

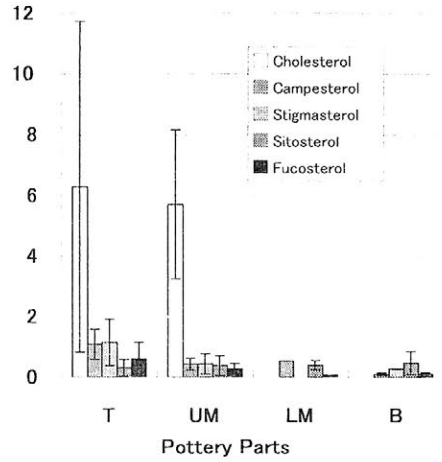



図2. 製塩土器深部から検出されたステロール

3. 結果と考察

海水中にはさまざまなステロール類が存在することが知られている[3]。ステロールの種類は場所や季節によって変動するが、コレステロール、ブラシカステロール、カンペステロール、スチグマステロール、β-シトステロール、フコステロールが主なステロールである。特にブラシカステロール、とフコステロールは藻の中にふくまれている特異的なステロールとして製塩土器の指標になる可能性がある。しかし、含有量はいずれも ng/L 単位と非常に微量な為、ほとんど検出できないのではないかと考えていた。しかし予想に反して、図2. に示すように実験製塩土器からコレステロール、カンペステロール、スチグマステロール、β--シトステロール、フコステロールを検出する事ができた。塩分を除去する為、土器表面を超音波洗浄した為か、ステロール類は土器「表面」からは殆ど検出されず、主に土器「深部」から検出され、コレステロールが主なステロールであった。また、フコステロールが検出された事から、フコステロールが製塩土器の指標として用いることができることがわかった。しかし、ブラシカステロールは検出されなかった。ステロール類は塩が析出していた底部ではなく、土器上部、特に口縁部に多く残留していることがわかった。この傾向は煮炊きに用いられたと考えられる縄文土器の深鉢の結果[2]と類似しており、加熱された海水中の脂質が主に海水表面に浮き、特に口縁部に吸着されたか、あるいは口縁部の温度が加熱時に一番低く、加熱分解を免れた為と考えられる。この結果は今後発掘された土器を分析する際、口縁部がよい分析対象になる事を示している。

土器を用いた製塩方法は直煮製塩法以外にも藻を使ってあらかじめ塩分濃度を上げてから水分を加熱蒸発させる藻塩法がある。藻塩法製塩土器の同定は、海草に特異的に付着する珪藻類を土器表面から検出した森の報告がある[4]。今回の直煮製塩法製塩土器と藻塩法製塩土器の区別が、ステロール分析から可能か否かを検討するため、今後、藻塩法で製塩した実験土器を分析する予定である。

最後に、製塩土器を提供してくださった総合大学院大学(総研大)村本周三さんと製塩実験を行った加曽利貝塚博物館に感謝致します。

[1] 堀内晶子、笠間愛央、「縄文土器に残留したステロールの分析」、日本文化財科学会大 21 回大会発表要旨集、206-207, 2004

[2] 堀内晶子、黒澤こずえ、「縄文土器に残留したステロールの分析(2):浅鉢と深鉢の比較」日本文化財科学会大 22 回大会発表要旨集、334-335, 2005

[3] Bayona J.M., Steroid Alcohols and Ketones in Coastal Waters of the Western Mediterranean:Sources and Seasonal Variability, *Marine Chemistry*, 27, 79-104, 1989

[4] 森勇一, 「松崎遺跡における古代製塩法について」, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第 20 集, 53-66, 1991

P-87

# 細川家船屋形保存展示ケースの温湿度環境の改修結果

○ 宮野秋彦（名古屋工業大学）、石原武矩（熊本市熊本博物館）、福西大輔（同上）、
若木和雄（建材試験センター）、御厨秀俊（日本インシュレーション㈱）、
村田豊（㈱伸興サンライズ）、寺村敏史（クリオン㈱）、稲垣憲次（同上）

## 1：まえがき

細川家船屋形の保存展示ケースに関する内部温湿度環境の改修経過と現在までの結果を報告する。

この船屋形は昭和37年に熊本城小天守閣に移されて解体修理後、昭和38年より一般公開された細川藩主の御座船「波奈之丸」の二層御殿の遺構である。

公開以来40年以上を経過して金属部分の発錆、障壁画の劣化などが生じたので、その修理を行う機会に併せて内部環境の改善を図ることになった。

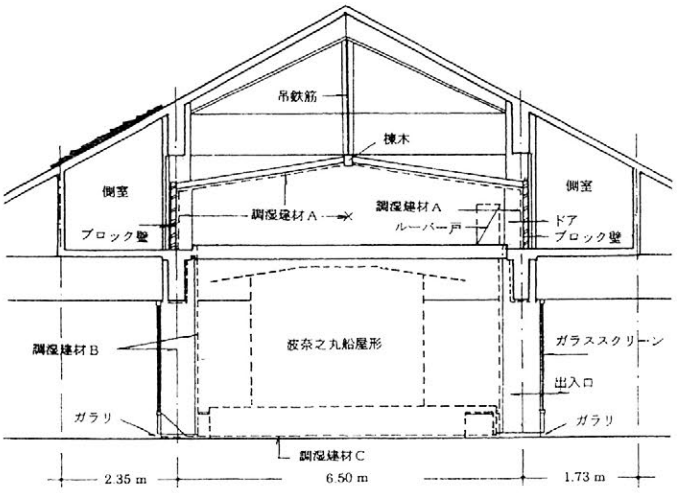



図1「波奈之丸船屋形」保存展示ケースの概要

改修計画策定に先立って、平成14年11月より東京文化財研究所の石崎武志保存科学部部長主導による現状調査が始まり、平成15年6月には筆者が温湿度測定を開始した。

改修工事は平成17年4月に終了し、現在は経過観察を行っている。

## 2：改修工事の概要とその後の対応

図1に保存展示ケースの概要を示す。元設計並びに施工では、ケースへの出入口を引戸形式としているのを始め、ガラススクリーンの床面附近にガラリを設けたり、2階踊場からの出入口の扉をルーバータイプとする等、むしろ通風換気を主眼とする考えに基づいているもののようで、現状調査の折の発煙実験でも、1、2階の出入口を始め2階側室との隔壁や天井面でも通気現象が観察された。

改修計画の策定には、展示ケースの気密化と床、壁、天井等に対する耐火、断熱、防湿及び調湿性能の附加を目的として、材料及び工法の選定を行った。

調湿材料は全て耐火性の材料を選び、天井及び2階部分の壁面には、断熱性に優れたボード状材料を採用し、梁及び柱表面には、薄くても調湿効果と強度に優れ、接着可能なタイル状材料を選定した。

床面には、薬師寺絵画殿の床と同じ叩き工法による土質系厚型タイルを特別に製造を依頼した。

施工に当っては、天井面は、既存天井下面に耐火性断熱ボード（厚25mm）を下張りし、断湿シート（厚0.05mm）を挟んで溝形表面加工した調湿建材（厚25mm）で仕上た。

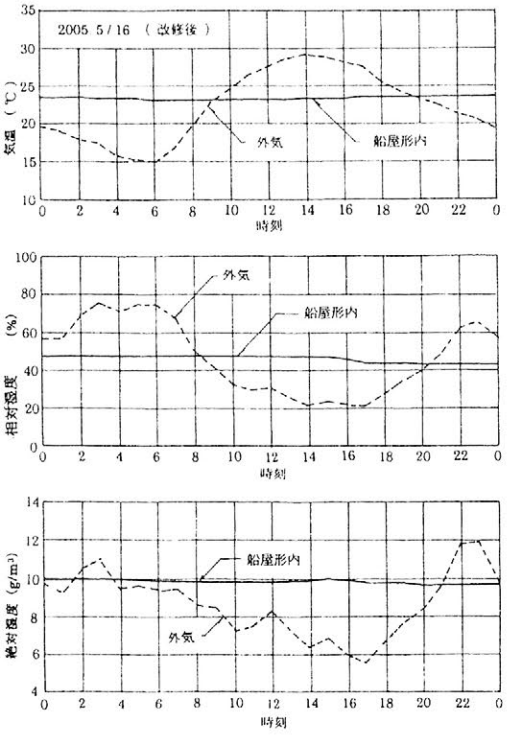



図2　改修後の温湿度日変動の測定例

壁面には、既存壁面に断湿シートを裏張りした天井と同じ調湿建材を張った。梁及び柱表面には、耐火ボード（厚8mm）を下張りした上に、大形タイル状調湿建材（303×303×8mm）を接着（一部ビス留）して仕上た。

床面には、土質系厚型タイル（200×200×35mm）を船屋形の床下も含めて全面に敷き並べた。

なお、2階出入口扉には、内側からアルミシートを貼った壁と同じ溝付き調湿建材で内張りした。

なお、工事完了後の測定で内部湿度の変動がなお大きいことが判明したので、追加補修として、ガラススクリーン下のガラリ部分に対して、再度、外側から防水合板とコーキング剤で入念に閉鎖した。

また1階出入口についても、ガラス面の隙間からかなりの通風があり、隙間にクッション材を補修的に取付けたが、引戸形式のために完全とは言い難く、発煙実験でもなお通気が認められた。できる限り近い将来において、密閉型扉形式への改造が望ましい。

今回の報告は、この段階までの測定結果を対象としたが、さらにその後の調査で、2階側室への出入口扉と踊場からの出入口扉の隙間を通してなお多量の吐き出し通気のあることを発見したので、取敢えず、合板とテープで扉周辺の隙間からの通気を仮止めして現在なお測定を続けている。

## 3：測定結果と検討

図2に改修後の快晴日の測定例を示す。図の結果によると、ケース内の気温、相対湿度及び絶対湿度は略一定値を示しており、今回の改修によって極めて良好な温湿度環境が得られたことになる。しかし、この結果は日変動に関するもので、長期に亙る相対湿度変化から見ると必ずしも満足すべき状態とは言い難いことが図3～図5から覗われる。

図は、外気の日平均相対湿度とケース内の日平均相対湿度の相関関係を、改修前、改修後及び補修後の各期間別に分けて示したものである。

改修前の1年間では、約35%～80%の範囲に散乱していた測定結果が、改修後の年変化では略35%～70%に収斂し、ガラスケース下のガラリ部分の再度に亙る閉鎖補修と、出入口ガラス面へのパッキングの取付けによって、相対湿度の変化範囲が45%～65%に縮小したかに見えるが、当初の予想から考えると必ずしも充分とは言い難く、上記したように、2ヶ所の出入口の気密化に対する処置も終っていない。特に、図5の測定期間は僅かに3ヶ月に過ぎないため今後の経過を見る必要がある。

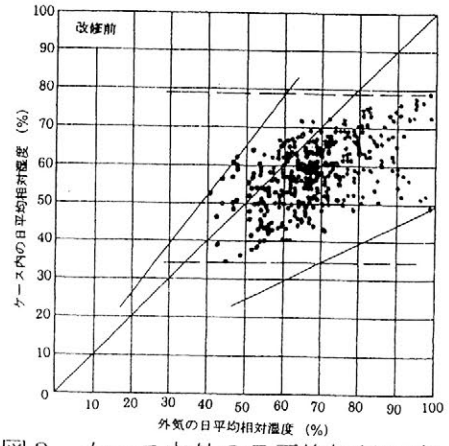


図3　ケース内外の日平均相対湿度

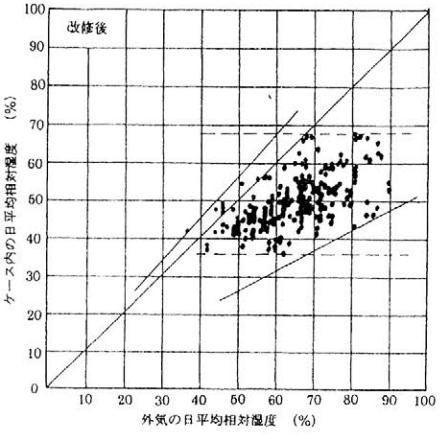


図4　ケース内外の日平均相対湿度

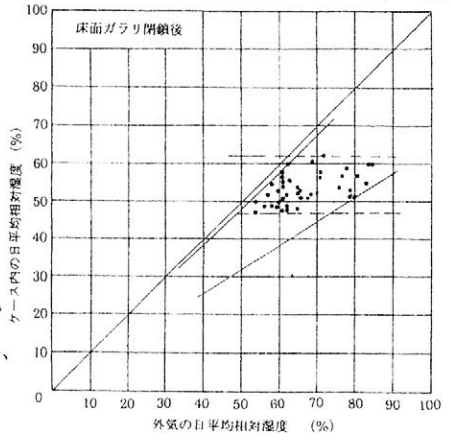


図5　ケース内外の日平均相対湿度

## 4：むすび

次報では、その後の測定結果も含めて、さらに詳細な解析結果について報告する予定である。

終りに、今回の改修工事に当って格別のご指導、ご高配を頂いた独立行政法人東京文化財研究所保存科学部部長石崎武志氏並びに(財)文化財建造物保存技術協会熊本城跡本丸御殿大広間復元設計監理事務所所長青木弘治氏に厚く御礼申し上げる。

P－88

# 縄文期高床倉の温湿度環境に関する実験的研究（第１報）

～富山市北代遺跡の復元高床建物について～

○　宮野則彦（日本大学）、古川知明（富山市教育委員会）、宮野秋彦（名古屋工業大学）

１：はじめに

筆者等は、古代遺跡に復元された建物の内部環境について一連の実験的研究を行なっており、前報[1]では北代縄文遺跡の復元竪穴住居の測定結果から、居住状態下における当時の竪穴住居内の相対湿度を推定することを試み、年間を通して常に炉に火熱があり内外気温差が略 5℃程度に保たれていたと仮定すると、屋内の相対湿度は６５％前後となることを推論した。

ただし、これは竪穴住居の気密度を復元当初よりかなり高めることによって得られた結果で、室内を屋外より平均約５℃高く保つために必要な燃焼量についても推定している。

今回、測定対象とした高床建物の推定用途が収穫物の貯蔵のためのものであったとすれば、食糧庫としての防虫、防鼠対策と併せて、その保存環境に対する構法的な配慮がなされていて当然であろう。

この実験的研究の目的は、そうした当時の人々の創意工夫を実験を通して推測することにある。

実験は、2003 年 5 月から復元当初のままの状態で内外温湿度の測定を開始したが、復元後の傷みが進んだため一旦測定を休止して修繕を行なった。その後、2004 年 12 月に測定を再開し、気密度（開口比）や床敷物の有無等による内部環境への影響を中心とした実験を行ない、2005 年 11 月から収穫物を収納した状態での実験を開始した。

２：対象とした高床建物と実験方法について

図１に実験の対象とした高床建物の概要を示す。

建物は床高 1.7m、棟高 3.6m で６本の丸太で支えられ、東西 2.9m、南北 3.1m で入口は北に向いている。内部面積は桁行 3.3m、梁間 3.4m で、床面には直径約 10cm の丸太を２つ割としたものを敷き並べ、45 度勾配の切妻屋根（葺厚約 20cm）を架け、床から棟木まで略 2m である。

実測による隙間面積は、入口部分 0.16m²、床面 0.53m²、両側面の桁行部分の床面と軒先部の開口 0.72m² で合計 1.41m² となるが、この他にも竪穴住居の場合と同様に屋根部分からの通気を含めると屋内環境に及ぼす外気流入の影響は極めて大きいと考えなければならない。因みに、現状での全内表面積に対する全隙間面積の比は概ね $r_a$=0.052 となる。

実験では、床全面に藁莚を敷き、特に中央部分は２枚重ねとし、その中央部分に２年間に亙って収穫した収穫物を 5kg づつ袋詰にしたもの 10 個を 50cm 間隔に置いた。収穫した木の実は、オニグルミ 31.60kg、トチ 15.85kg、総量 47.45kg である。

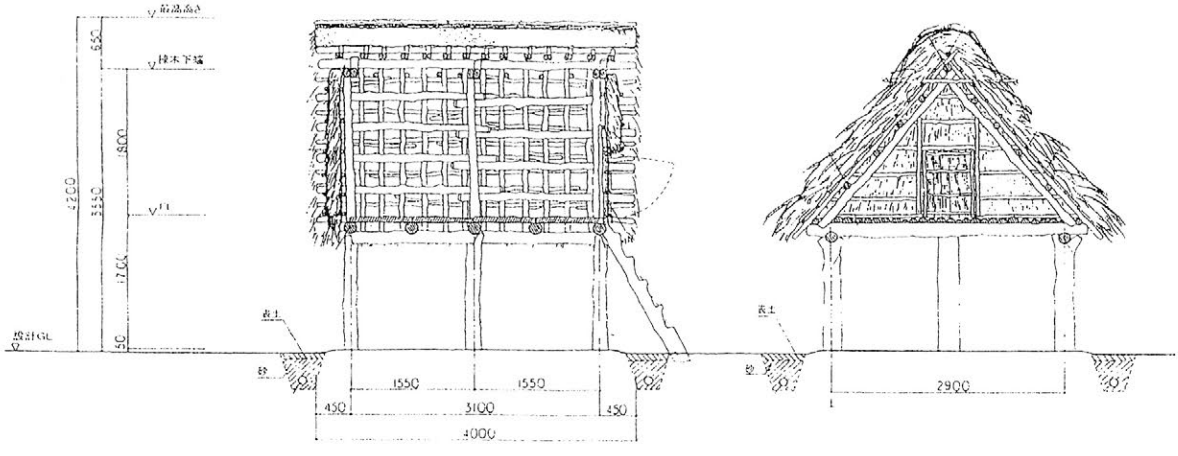



図１　復元高床倉の概要

## 3：実験結果とその検討

表1に解析結果の一覧を、図2に測定結果の一例を示す。

表1　解析結果一覧（2005.）

（床上に莚敷き、堅果入袋10個を置く）

| 温湿度他 | | 11月 | 12月 | 平均 |
|---|---|---|---|---|
| $\theta$ | 庫内 | 10.4 | 5.4 | — |
| (℃) | 外気 | 10.5 | 5.6 | — |
| $\Delta\theta$ | 差 | −0.1 | −0.2 | −0.2 |
| $\Theta$ | 庫内 | 4.3 | 4.9 | — |
| (℃) | 外気 | 6.3 | 6.2 | — |
| $\eta$ | 比 | 0.69 | 0.76 | 0.73 |
| $\phi$ | 庫内 | 75 | 84 | — |
| (%) | 外気 | 83 | 87 | — |
| $\Delta\phi$ | 差 | −7 | −3 | −5 |
| $\Phi$ | 庫内 | 21 | 26 | — |
| (%) | 外気 | 31 | 31 | — |
| $\nu$ | 比 | 0.69 | 0.81 | 0.75 |
| V | 庫内 | 7.3 | 5.8 | — |
| (g/m3) | 外気 | 8.0 | 6.2 | — |
| $\Delta$V | 差 | −0.7 | −0.3 | −0.5 |
| 平均風速 (m/s) | | 3.1 | 3.8 | — |
| 日照時間 (h/日) | | 1.4 | 2.5 | — |

$\theta$：日平均気温、$\Theta$：気温日較差

$\eta$：日較差の比（内 / 外）、$\phi$：日平均相対湿度

$\Phi$：相対湿度日較差、$\nu$：日較差の比（内 / 外）

V：日平均絶対湿度、$\Delta$：内外の差.

測定期間が短いため、庫内温湿度と外気の相関についての解析結果としては季節的な偏りが懸念されるが、これまでに測定した各種の高倉と比較すると表2のようになる。

今回の測定では、庫内の日平均温湿度はいづれも外気より僅かながら低くなっている。

日較差比の方は、温湿度共、冬季ということもあってやや高くなっている。

## 4：むすび

今回は冬期の実験結果について報告した。次報には、気密度や収穫物の量を変えた実験結果について報告する。

[1]：古川知明、宮野秋彦：復元竪穴住居の保存環境に関する研究（第2報）、日本文化財科学会第21回大会研究発表要旨集、2004.4.

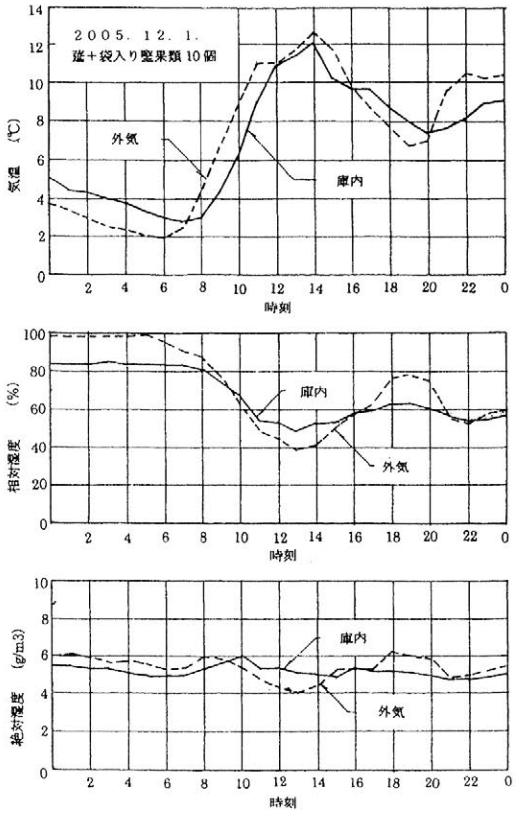



図2　高床倉内外の温湿度日変動の測定例

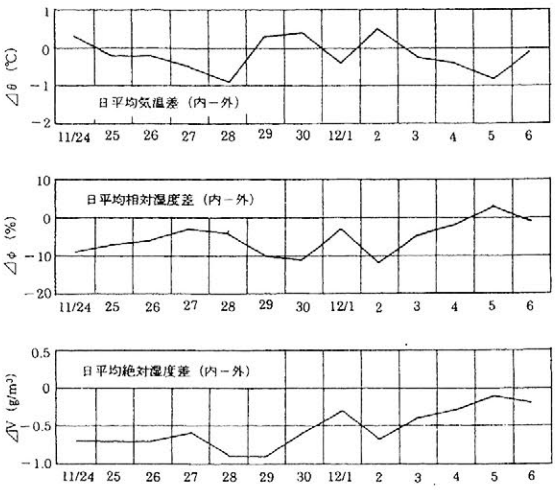



図3　高床倉内外の温湿度差

表2　各種高倉の解析結果の比較

| 名称 | $\Delta\theta$ | $\Delta\phi$ | $\eta$ | $\nu$ |
|---|---|---|---|---|
| スペイン | 1～2 | −9～−14 | −0.9～−14 | 0.9～1.1 |
| バリ | −0.3～0.7 | −2～0 | 0.3～0.7 | 0.1～0.7 |
| 貴州 | 0.5～1.1 | −3～−10 | 0.6～0.9 | — |
| 沖縄 | 0.9 | 4 | 0.6 | — |
| 北代 | −0.2 | −5 | 0.73 | 0.75 |

P-89

# 沖永良部高倉の内部温湿度

○　宮野則彦（日本大学）、宮野秋彦（名古屋工業大学）

## 1：まえがき

奄美の高倉は、沖縄の高倉と共に主に種籾などの貯蔵に使われたもので、高温多湿の気候風土の中にあって、その安全な保存のために永年に亙る先人の知恵が随所に込められており、それを求めて現代に生かすことは建築環境学分野における重要な課題の一つである。

本報では、先に報告した[1]沖縄型の高倉との比較検討も兼ねて、奄美型の高倉の内部温湿度について報告する。

## 2：調査建物と測定の概要

調査した高倉は、奄美大島から移築したもので、現在は沖永良部島（鹿児島県大島郡和泊根折）の和泊町歴史民俗資料館の敷地内にある。

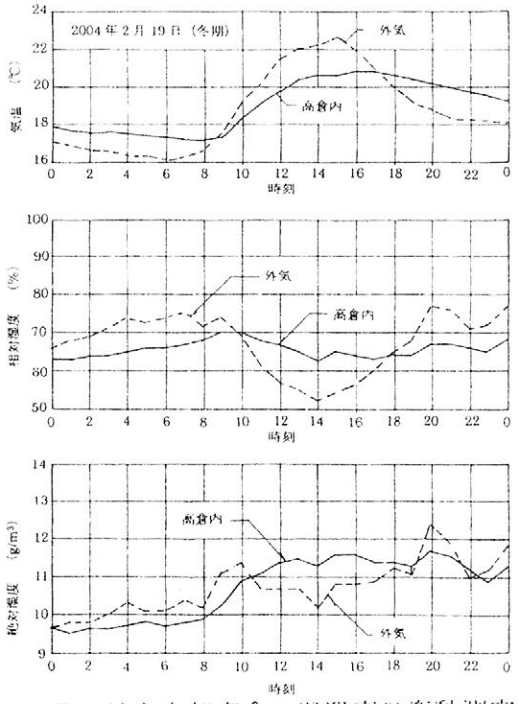
最盛期には数百棟はあったとされるこの島の高倉も、現在実際に使用されているものは殆ど無く、毎年の台風などで破損、倒壊して次第にその数が減少している。そうした中で、資料館の管理下にあって最も保存状態が良好なこの高倉を測定対象とした。

調査した高倉は、「九本股倉（くくぬらまたくら）」と呼ばれる直径約38cmのイジュの丸柱9本で支えられたタイプのもので、外柱の中心距離による内部面積は3.85 m×3.40 mで、床高2.2 m、軒高2.8m、軒出2 m、寄棟形茅葺き屋根（勾配約45°、葺厚約56cm、水平棟長約85cm）を載せ、屋根下には高さ約70cmの板床が張られている。入口は南南東に向かって中央に1ヶ所設け、出入庫時には梯子を架ける。

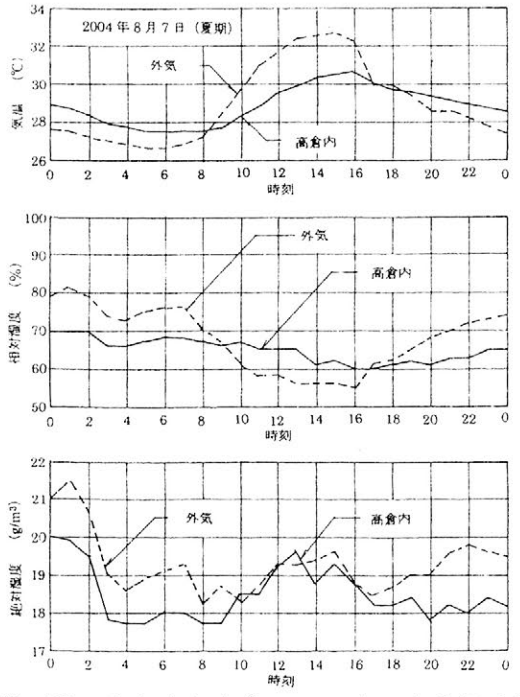
測定期間は、2003年4月13日より2004年10月14日までの約1年半である。

## 3：測定結果と検討

図1～3に冬期、夏期及び梅雨期における温湿度日変動の測定例を掲げた。




第1図　沖永良部高倉の温湿度日変動測定例（冬期）

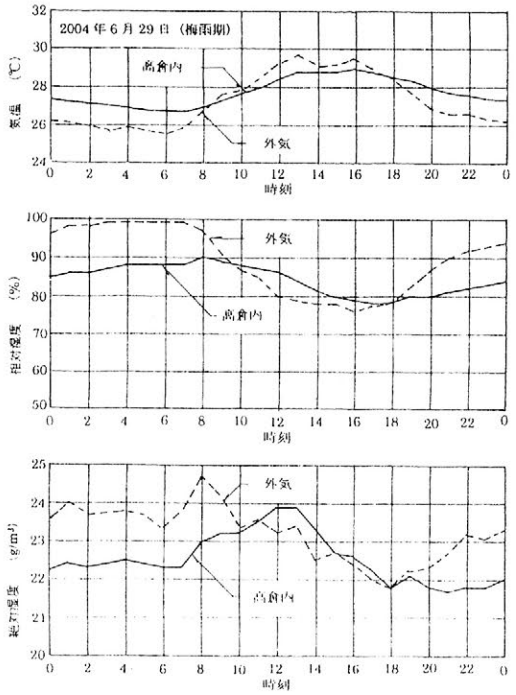



第2図　沖永良部高倉の温湿度日変動測定例（夏期）

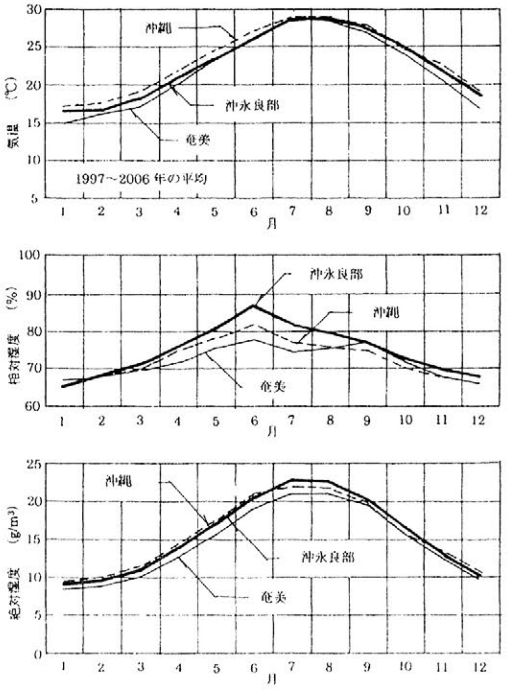
図１及び図２より、高倉内の日最高気温は冬期、夏期ともに外気より約２℃程度低く、内外気温の日較差比は約0.5～0.6となっていて、厚い草屋根による日射断熱の効果が認められる。

また、内外相対湿度の日較差比は更に小さく、年間を通じて略0.3～0.4程度で、日射断熱と適度な通風、換気の効果と考えられる。

この高倉の環境調整効果は、更に図３の梅雨期の測定例に見ることができる。図は、梅雨の晴間の測定例で、外気湿度が99%であるにもかかわらず高倉内部の相対湿度は90%以下に保たれている。




第３図　沖永良部高倉の温湿度日変動測定例
（梅雨期）




第４図　沖永良部、奄美大島、
沖縄の温湿度年変動

絶対湿度も、夏期と同様に、昼間の３時間程度を除き略１日中外気より約1～2 g/m³程度低くなっていることが分かる。

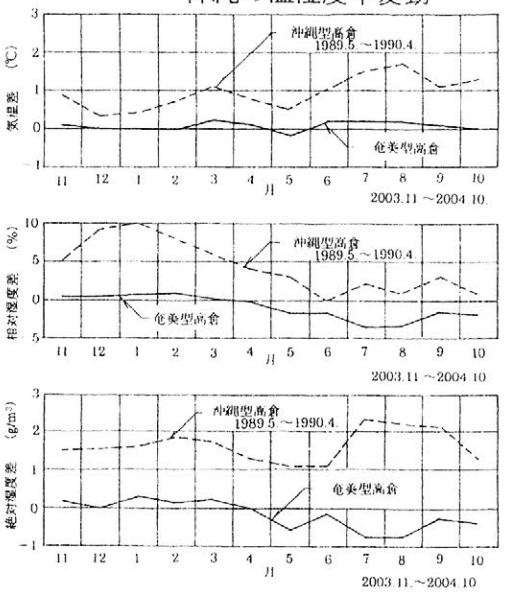
図４に奄美・沖縄地域の温湿度年変動を、図５には沖縄型高倉と奄美型高倉の内外日平均温湿度差に関する解析結果の比較を示した。

図４の３地域の中で最も湿潤な気候の沖永良部における奄美型高倉の内部温湿度環境と、沖縄型高倉のそれとの間に見られる大きな相異については、更に詳細な検討によって解明を計りたい。

４：むすび

今後は高倉内に実際に収穫物を収納した状態で、調査、測定を行ないと考えている。

これまでの調査研究の実施にあたり、常に御懇篤な御指導、御高配を賜わった和泊町歴史民俗資料館先田光演館長並びに格別のお力添えを頂いた沖永良部郷土研究会の会員各位に厚く御礼申し上げる。




第５図　奄美型と沖縄型の内外
日平均温湿度差

[1]：倉の収蔵環境に関する研究、第46報（沖縄中村家高倉の内部温湿度）：日本建築学会東海支部研究報告集、第30号、宮野秋彦、半沢重信、宮野則彦、森田大、長堂和男、1992.3.

P-90

# 伝統的祭服の収納保存ケースとその性能

## ～（財）神山復生病院復生記念館において～

○　武田昭子（昭和女子大学）、小嶋康子（(財)復生病院）、宮野秋彦（名古屋工業大学）

1：まえがき

宗教的祝祭事に、司祭者等が身に着けた歴史的文化財としての祭服には金属製の飾物が付いていることが多く、その保存又は展示に当っては、酸性又はアルカリ性環境を避けることが必要となる。

そうした文化財を収納するために、中性特殊紙による二重段ボールで構成された保存ケースがある。

神山復生記念館において、その内部温湿度の変化を約 10 ヶ月に亘って測定してきたので、これまでに得られた結果を報告する。

2：測定結果とその検討

測定の対象としたケースの内法寸法は、125 cm、横70 cm、深さ 30 cm の上蓋形式のもので、測定時には底から約 10cm まで祭服が収納されていた。ケースは復生記念館の２階に置かれ、小型データロガーで、外気、室内及びケース内の温湿度を一時間間隔で測定した。

図１、２に、衣裳ケース内外の温湿度、日最大値及び日最小値の日平均値の年変動を示す。

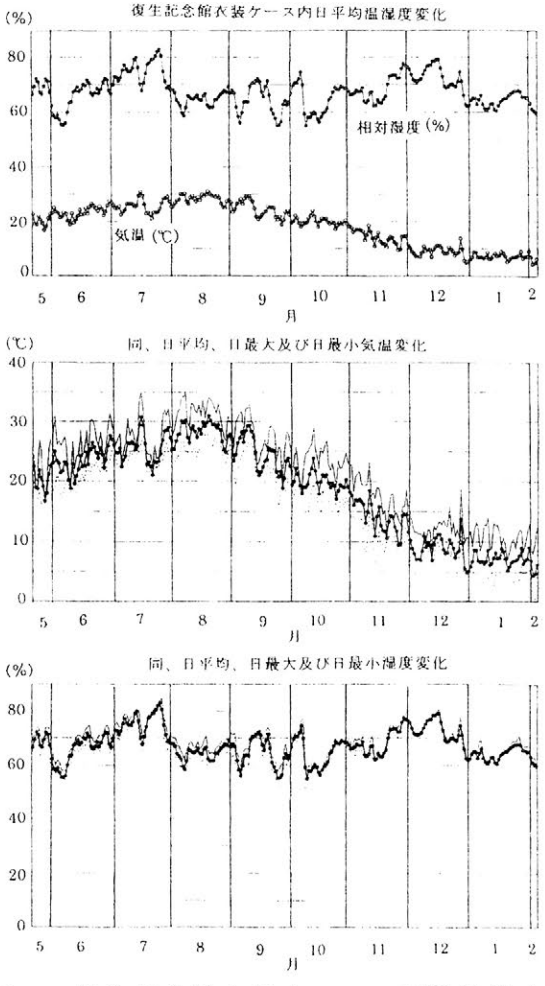



図１　復生記念館衣装ケース日平均温湿度
（2006.5/21～2007.2/4）

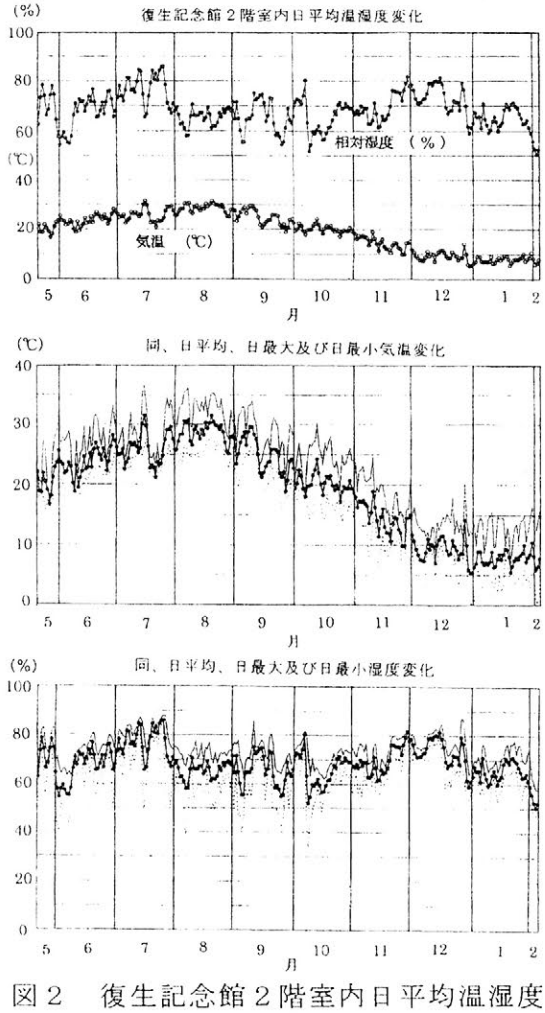



図２　復生記念館２階室内日平均温湿度
（2006.5/21～2007.2/4）

図より、ケース内外の気温変化には大きな違いは見られないが、ケース内の相対湿度の日較差が著しく小さくなっていることが分かる。

表1に衣裳ケース内、2階室内及び外気の温湿度日較差の月平均値を示す。表より、外気、室内及び衣裳ケース内の気温の日較差は、夫々概ね8℃、7℃、6℃と順次減衰しているのに対して、相対湿度の日較差は外気の平均30%に対して室内の日較差はその約2分の1の14%で、衣裳ケースの中は更にその3分の1で4%となっている。ただし、この点については、祭服自体の吸放湿作用によるものが加わっていると考えられるので、直ちにこの結果を持ってケースの湿度調整性能とすることは出来ない。

図3に、外気温湿度日較差に対する2階室内温湿度日較差の比（$\eta_{R/O}$, $\nu_{R/O}$）と2階室内温湿度日較差に対する衣裳ケース内温湿度日較差の比（$\eta_{C/R}$, $\nu_{C/R}$）の月平均値を併記した。

表1　各部の温湿度日較差の一覧

| 年月 | '06.5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | '07.1 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Theta_C$ | 5.5 | 5.3 | 4.1 | 6.2 | 6.0 | 6.6 | 6.6 | 6.3 | 6.7 | 5.9 |
| $\Theta_R$ | 6.0 | 6.7 | 5.0 | 7.4 | 6.8 | 7.8 | 7.7 | 7.5 | 8.7 | 7.1 |
| $\Theta_O$ | 7.4 | 7.0 | 5.5 | 8.9 | 7.6 | 8.0 | 8.0 | 8.4 | 8.9 | 7.7 |
| $\Phi_C$ | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| $\Phi_R$ | 15 | 13 | 12 | 16 | 16 | 12 | 10 | 16 | 12 | 14 |
| $\Phi_O$ | 31 | 29 | 18 | 35 | 34 | 38 | 36 | 38 | 44 | 30 |

Θ:気温日較差の月平均値（℃）、Φ:湿度日較差の月平均値（%）
添字$_C$：衣裳ケース内、添字$_R$：2階室内、添字$_O$:外気

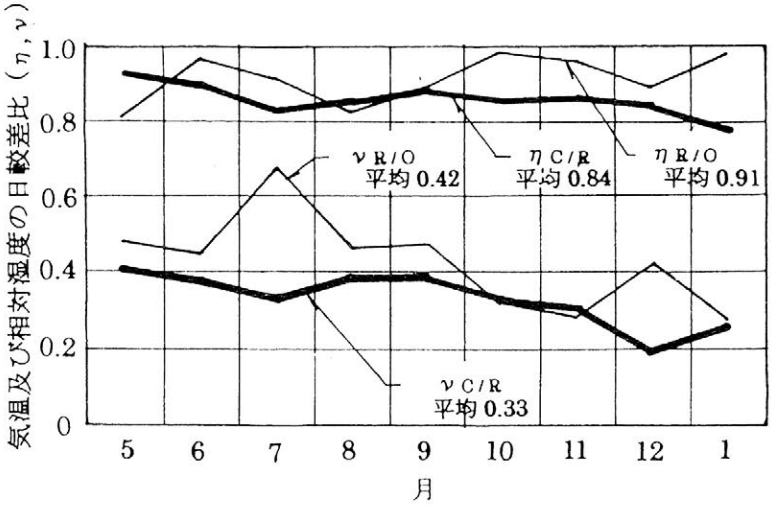



図 3　気温及び相対湿度の日較差比

室内に対するケース内の日較差比は、室温変動については平均約 0.84 、相対湿度については平均略0.33で、共に5月から翌年1月にかけて次第小さくなる傾向が見られる。

現在、復生記念館内には収蔵庫が新設され，目下その環境調査を実施中で、このケースも近くそこに収納される予定である。

これまでの解析結果[1]によると、収蔵庫内部の相対湿度の日較差は概ね3 ～ 5 %となっているので、このケースが収納された場合の内部湿度の日変動較差は 1～2 %と推測され、現在の更に約2分の1程度の極めて僅かな湿度変動になるものと考えられる。

3：むすび

(財)神山復生病院の復生記念館に伝えられてきた歴史的文化財としての祭服の保存ケースについて、その温湿度性能に関する解析結果を報告した。本来、このケースは収納物を酸性又はアルカリ性環境から護るために考案製作された極軽便な収納具である。従って、上記のような耐火、断熱、調湿性能を備えた収蔵庫内に置かれて、一層その性能を発揮することができるものと考えている。

今後は、測定条件を変えた測定も行い、次報には更に詳細な解析結果を報告する予定である。

本研究は2005年度財団法人トヨタ財団の研究助成金によるもので、記して厚く御礼申し上げる。

[1] ： 武田昭子、小嶋康子、若木和雄、赤沼英男、増田勝彦、宮野秋彦：歴史的近代建造物における展示室と収蔵室の環境改善（第2報）－神山復生記念館を例として、文化財保存修復学会大会研究発表要旨集、'06.6.

P-91

# 江戸遺跡出土鳥骨の考古学的検討

○ 岩本佳子（愛知県陶磁資料館）

## 1．はじめに

近年、都心部の再開発に伴う発掘調査に伴い、発掘報告書で動物遺存体の報告例が増した。江戸遺跡において鳥骨の出土数が多い。しかし江戸時代の鳥類狩猟・飼育に関する考古学的研究は少ない。まず鳥骨の出土事例について考える際に、金子浩昌は（金子 1969・1994）葛西城跡等の江戸時代の動物遺存体の報告を行い、動物考古学の立場から鳥骨の出土について言及している。新美は縄文時代の鳥類狩猟を検討し（新美 1994）、縄文時代を通じ多くの遺跡で人々が積極的に鳥類狩猟を行い、難易度が低い事を述べ、「狩猟対象としての鳥類の占める割合は縄文時代以降次第に増加し、江戸時代に至っては大きな部分を占めるようになる」と示唆している。ここで鳥類遺存体はどの遺跡でも必ず一定量出土する事に注目している。江戸遺跡について汐留遺跡など発掘に伴う報告例（西本・江田 1997）山根(1998)（佐原 1996 中新美）が増したが江戸時代全体を通しての集成的な研究が行われていないため筆者は江戸における鳥骨の出土例を集成する。そして江戸における鳥骨の出土傾向・消費の在り方について探る事にする。

## 2—① 鳥骨の資料と調査の方法について

図に鳥類の出土の出土破片数を遺跡ごとに示した。取り上げた遺跡は、鳥類について原則的に出土した種名・出土部位・出土数が遺跡の発掘報告書で報告されている 45 遺跡とした。いずれも江戸時代の江戸(東京 23 区)の遺跡である。鳥類が出土していても種名だけしか報告されていない遺跡や、出土した部位や数が不明な遺跡は含めていない。使用の報告書は 1974～2006 年に刊行されたものである。種ごとの破片数は椎骨と肋骨を除いた各部位の破片数を合計することとし、四肢骨については近位端・遠位端・完形品のみを数え、中間部は数えないことにした。ここでは鳥類利用を縄文時代と比較するために、表の形式は新美（1994）に準じている。また種ごとの出土破片数は、椎骨と肋骨を除いた各部位の破片数を合計することとし、四肢骨については近位端・遠位端・完形品のみを数え、中間部は数えないことにした。種同定が難しい場合が多いことと、かつては椎骨・肋骨や四肢骨の中間部を採集していない発掘も多かったからである。遺跡により発掘方法が違うので鳥骨に関するサンプリングエラーの問題も様々である。従って筆者もサンプリングエラーの可能性に留意する。また鳥類の種名で「～類」と表記した場合は中に数種が含まれていることを示す。例えばニワトリ類にはニワトリ・シャモ、チャボが含まれる。

## 2—② 調査に使用した遺跡

遺跡の所在地は以下の通りで、武家地（大名・武家）、町人地、寺社地、台場、農村等を含む。①汐留遺跡(所在　東京都港区東新橋1丁目５他)②－Ａ　東京大学　本郷構内　御殿下記念館地点(文京区) 東京大学　本郷構内　法学部4号館・文学部3号館建設地遺跡（文京区) 東京大学　本郷構内　医学部附属病院地点（文京区）③尾張藩上屋敷遺跡（新宿区市谷）④尾張藩麹町遺跡（千代田区）⑤萩藩毛利家屋敷跡（港区）⑥信濃町南遺跡（新宿区）⑦雁木坂上遺跡（港区）⑧北青山遺跡（渋谷区）⑨麻布市兵衛地区の武家屋敷跡遺跡（港区）⑩明石町遺跡（中央区）⑪紀尾井町遺跡（千代田区）⑫真砂遺跡（文京区）第１・２地点⑬内藤町遺跡（新宿区）⑭筑土八幡町遺跡（新宿区）⑮市谷薬王寺町遺跡（新宿区）⑯三栄町遺跡（新宿区）⑰西久保城山地区武家屋敷跡遺跡（港区）⑱郵政省飯倉分館構内遺跡（港区）⑲動坂遺跡（文京区）⑳駒込追分町遺跡（文京区）21．九段南一丁目遺跡（千代田区）22．溜池遺跡（千代田区）23．錦糸町駅北口遺跡（墨田区）24．日本橋蛎殻町一丁目遺跡（中央区）25．第１台場遺跡（港区）26．永田町2丁目遺跡（千代田区）27．江東橋2丁目遺跡（墨田区）28．南山伏町遺跡（新宿区山伏町16番地）29大塚窪町遺跡（文京区）30．丸の内三丁目遺跡（千代田区）31．飯田町遺跡（千代田区）32．竹橋門遺跡（千代田区）33．千駄ヶ谷5丁目遺跡（渋谷区）

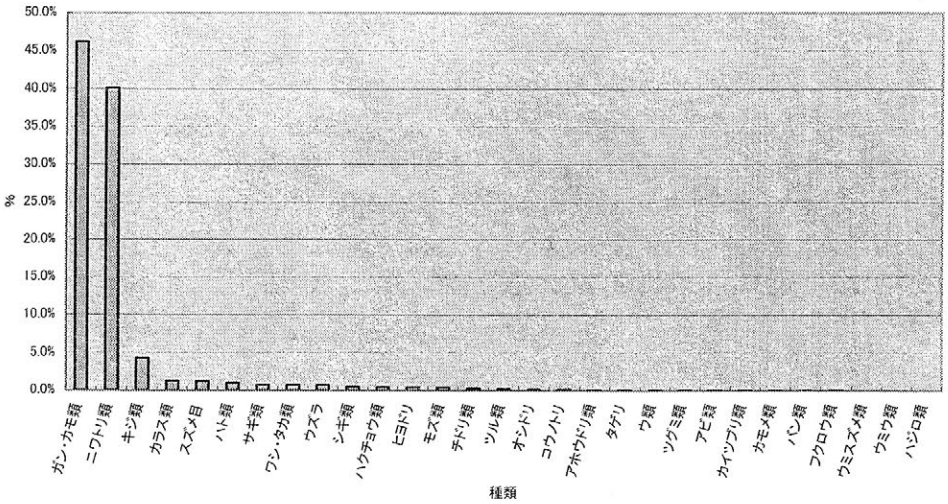
34. 葛西城跡（葛飾区）35. 市谷御門外橋詰・御堀端（新宿区市谷田町一・二丁目先、市ヶ谷橋北側の外濠土手）36. 上野忍岡遺跡群（台東区）37. 増上寺子院群（港区）38. 三田台町・台裏町・芝伊皿子台町町屋敷（港区）39. 岩本町2丁目遺跡（千代田区）40. 一橋高校地点（千代田区）41. 外神田4丁目遺跡（千代田区）42. 日本橋一丁目遺跡（中央区）43. 日本橋二丁目遺跡（中央区）44. 八丁堀三丁目遺跡（中央区）45. 四葉地区遺跡（板橋区）

## 3．結果

江戸時代に見受けられる鳥類について結果をまとめた。

最も多いのはガン類（ヒシクイ含む）・カモ類（コガモ含む）である。次いでニワトリ類（ニワトリ、シャモ、チャボ）が多い。スズメ目やハト類、ウズラ、ヒヨドリ、モズ類、ツグミ類といった小型の鳥の、種類が多い点も特徴的である。キジ類はガン・カモ類に次ぎ、縄文時代と同じく多めである。江戸時代ではガン・カモ類とニワトリ類が圧倒的に多い事が特徴といえよう。

図1 江戸時代鳥骨 破片量グラフ




## 4．検討

①縄文時代の鳥類利用　まず縄文時代と比較してみると、種類の構成が変化している。

②江戸時代の鳥類利用　特にニワトリ類が圧倒的に多い。それではニワトリの必要性の可能性は鶏肉・卵・闘鶏が考えられる。ワシ・タカ類について武士階級には狩猟の習慣（鷹狩など）があり、獲物の下賜や、獲物（ツル等）の飼育（餌としてハトやスズメ）が行われていた。猛禽類の羽根の需要があったと考える必要があろう。鳥骨の加工について尾張藩上屋敷では、御細工所に帰属する遺構から、中型カモ類の尺骨と種不明鳥骨が出土している。笄と推定されている。

③小鳥について　江戸時代は小鳥（モズ類、スズメ目）の出土点数が多い遺跡がある事も特徴的である。動坂遺跡は鷹匠屋敷であった為、鷹の餌としてハトやスズメが使われたと指摘される（金子 1978）。飼い鳥として考えられる鳥は表ではハト、ヒヨドリ、モズ、ウズラ等が考えられる。

④鳥の餌入とされる陶磁器は、時期は 18-19 世紀にかけ、生産、消費傾向がみられる。中世に遡る可能性もある。瀬戸美濃産の他、信楽、相馬焼(福島県)、飯能焼(埼玉県)、九谷焼、中国産も確認した。

## 5．まとめ

江戸時代の人々にとって鳥類は単なる食料資源ではなく、狩猟・食用・飼育・愛玩・装飾加工品・下賜品等の意味があるものであった。江戸時代の鳥骨の出土検討により、人為的に選択し、利用に多様性がみられるといえよう。

<参考文献>金子浩昌 1994「葛西城跡出土の動物遺体の研究」『葛西城ⅩⅧ』葛飾区遺跡調査会

西本豊弘・江田真毅 1997「汐留遺跡出土の動物遺体」『汐留遺跡Ⅰ（第５分冊）』153-159 頁。　ほか

P-92

# 多数遺体埋葬における遺存部位の構成比と最小個体数との相関

○瀧川渉（東北大学大学院医学系研究科）・佐藤敏幸（東松島市教育委員会）

## 1．はじめに

墓地遺跡から出土した遺体の個体数を求める際、単体の一次埋葬であればそのまま遺構内の遺体を一体ずつカウントすれば良い。しかし追葬や改葬等によって、遺体の解剖学的連携が大きく乱れ、複数個体が混在するケースにはこれが通用しない。本研究では、宮城県東松島市（旧矢本町に該当）矢本横穴墓群の発掘調査における埋葬例を通じて、どの骨格部位や歯種が遺跡において遺存しやすいのかを検討し、墓内被葬者の最小個体数（MNI: Minimum number of individuals）を求める新しい方法を提案する。

## 2．資料

今回検討を実施した宮城県東松島市矢本横穴墓群は、古墳時代後期から平安時代初頭（7 世紀中葉～9 世紀初頭）に造営された墓地遺跡である。かつて 1968～1969（昭和 43～44）年に第一・二次調査が実施されたが、2003（平成 15）年 7 月の宮城県北部連続地震によって旧調査区近隣の丘陵斜面が崩壊したことに伴い、翌 2004（平成 16）年から新たに発掘調査が開始され、約 40 基の横穴墓から多数の人骨が出土することとなった。今回分析に適用した古人骨資料は、2004～2006（平成 16～18）年度調査において検出されたものである。

当横穴墓群では、各玄室に埋葬された人骨が解剖学的な連携を保っておらず、複数個体の骨格各部位が散乱ないし集骨された状況が確認された。各墓における個体数をカウントする際には、頭蓋（遺存状況によって上下顎あるいは側頭骨の数も考慮）ならびに左右判定が可能な四肢骨と歯冠（永久歯のみ）を対象とした。

## 3．方法

墓ごとの MNI を算出する前に、四肢骨と永久歯の歯冠に関して、墓全体に占める各部位や歯種の出土構成比を求めた。この作業において左右別は特に区別せず、純粋に各部位の点数のみを積算した。

四肢骨については、遺存数量そのものが極めて少ない部位（全体で 3 点未満のもの）は除外し、鎖骨・肩甲骨・上腕骨・橈骨・尺骨・寛骨・大腿骨・脛骨・腓骨・距骨・踵骨の 11 種類についてカウントを行った。歯冠に関しては永久歯に限定しているが、上顎骨ないし下顎骨に植立するものだけでなく、各墓の玄室における堆積土壌を 5 ㎜メッシュの篩にかけて抽出した遊離歯も含めている。上下顎の切歯・犬歯・小臼歯・第一および第二大臼歯・第三大臼歯の 5 歯種に関してグループ分けを行い、カウントを実施した。ただし、1 個体における各々の歯種数は異なっていることから（例えば第一・第二大臼歯は上下顎合計で 8 点であるが、犬歯は 4 点である）、この補正のため各歯の検出点数を各歯種数で割った場合の構成比も併せて算出した。

四肢骨や歯に基づく各墓の MNI の算出にあたっては、部位や歯種の特定が可能であっても遺存状況によって左右が不明な場合は、その旨別途カウントを行った。通常は左右の個体数のうちその大きい側の数を MNI とするが、左右不明の個体が存在する場合には下記の手順に従って MNI を求めた。

①各部位ないし各歯種で左右全ての個体数と側別不明の個体数を合計し、二等分する。

②二等分して割り切れた場合はその数をその部位の MNI とし、割り切れなかった場合は小数点以

下を繰り上げた数をMNIとする。

③ただし、①の方法によって求められた数値が、本来の左右の個体数のうちいずれかよりも小さい場合には、数値が大きい側の個体数を優先する。

④以上の作業を全ての部位および歯種で実施し、最も大きい数値を示した部位・歯種のMNIをその墓におけるMNIと見なす。

得られたMNIについては、頭蓋・歯冠・四肢骨のそれぞれに基づいて算出した結果を各墓ごとに集計し、部位ごとに求められたMNIの相違を比較した。

## 4．結果

同定可能な四肢骨319点について部位別に出土構成比を求めたところ、最も多く確認された部位は大腿骨（26.9%）であり、次いで脛骨（20.4%）、上腕骨（20.1%）という結果となった。これら上位3点はいずれも出土四肢骨全体に占める構成比が20%に達しており、この3点のみで全体の構成比の7割近くにまで及んだ。これ以外の部位については、いずれも構成比7%を下回り、遺存率が大幅に減少することが示された。

また、永久歯の歯冠681点に関しては、上・下顎の第一・第二大臼歯が最多で全体の半数近くを占め（上顎21.6%、下顎27.5%、総計49.1%）、小臼歯（上顎12.9%、下顎10.4%、総計23.3%）が次に続いた。各歯の出土点数を歯種数で割った場合の補正を施した構成比では、第一・第二大臼歯の比率は若干減少するものの、依然として高い遺存率（上顎18.4%、下顎23.4%、総計41.8%）を占めることが確認された。

頭蓋・歯冠・四肢の各々についてMNIを算出すると、頭蓋からは横穴墓全体で37個体（未成年の個体を含む）と算出されたが、歯冠や四肢に基づく結果では40個体を超過することが判明した。どの墓においても、四肢では大腿骨・脛骨・上腕骨に基づいて、また歯冠では上下顎の第一・第二大臼歯に基づいて各々MNIを求めることができ、これらはいずれも遺存率の高い部位および歯種であることが明らかとなった。

さらに、頭蓋と四肢に基づくMNIが一致している墓もあれば、四肢や歯冠に基づくMNIが頭蓋よりも多く推定された墓も存在することが示された。一方で、墓によっては頭蓋が検出されていない場合でも、歯冠だけで相当個体数分の埋葬が認められた例もあった。

## 5．考察とまとめ

以上の結果から、遺跡において遺存しやすい部位は、四肢骨では骨幹部の緻密質が厚い大腿骨・脛骨・上腕骨であり、永久歯の歯冠ではエナメル質が厚い第一・第二大臼歯であると結論づけることができそうである。これらは各々の墓でMNIを確定する際にも有効であったことから、多数遺体埋葬遺構においてMNIを求める際には、特にこれらの部位や歯種に着目すれば、効率的かつ妥当な結果を得ることが可能であると考えられる。

また、従来は古墳や横穴墓の被葬者数を求める際、比較的目立ちやすい頭蓋のみに着目して判断が下されることが多かった。しかし、今回の矢本横穴墓群のケースからも分かるように、実際は頭蓋から導かれるMNIが必ずしもその墓の被葬者数をそのまま反映している訳ではない。各墓におけるMNIを求める際には、頭蓋のみにとどまらず、四肢骨と歯冠の個体数にも配慮して総合的に判断することが望ましい。ただし、埋葬の性格によっては改葬等によって特定の部位が他所へ移動している可能性も十分想定されること、また埋蔵環境（土壌のpHや水利作用等）によっても遺存状況に相異が生じ得ることから、実際の適用には個々の墓のケースに即した検討が必要である。

P-93

# 移動困難な試料の主成分金属元素分析を目的とした可搬型蛍光X線分析装置の開発

## ——$^{57}$Co 線源・CZT 検出器を用いた定量可能な軽量装置開発の試み——

○川本耕三（元興寺文化財研究所）、松井一明（袋井市教育委員会）、河野益近（京大院・工）、江南和幸（龍谷大・理工）

はじめに　近年、様々な文化財試料に対して物理化学的分析が試みられている。しかし、文化財の全てが分析装置の狭い測定空間に収まるわけではなく、また試料を、分析装置のある場所に持ち込めるわけでもない。今回開発した可搬型蛍光X線分析装置は、照射光源として $^{57}$Co 線源を、検出器に CZT 検出器（金属元素の発する特性X線の範囲内で検出効率がほぼ100%）を用いている点が特徴である。分析装置全体として非常に軽量であり、システム設計とスペクトル解析をきちんと行えば、金属元素を定量することが可能である。今回は以前文化財科学会発表された原理[1]を応用し、ほぼ実用可能な装置として開発できたので、今大会で発表する。

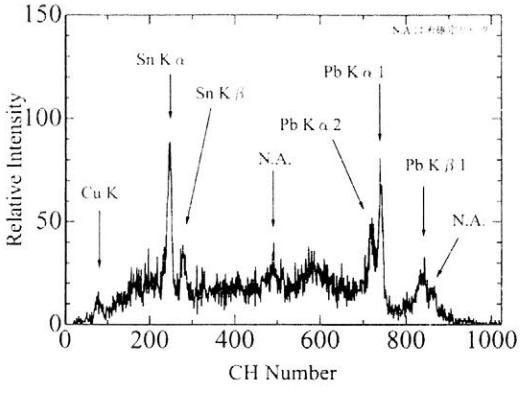
装置開発の目的と方針　可搬型装置の開発は、当初、仏像・梵鐘等の重量物を想定して行なわれた。しかし文化財は「重量」のみではなく、「貴重」という面から移動が困難なものが多く、また壁画などは特殊な例を除いて「物理的に」移動不可能である。このことから、装置の開発には新たに、移動困難な「貴重」試料を現場で測定する、という目的を加えた。

装置の開発に当っては、Cu 合金の主成分元素を測定対象として考えた。合金に含まれる各元素の定量も装置開発の重要なテーマであるため、測定対象となる蛍光X線は金属元素のKα、β線とした。

照射光源と検出器の選択　1）照射光源　Cu 合金に主成分として含まれる元素の中で重い方の元素は Pb や Bi である。例えば Pb の特性X線は、Kα1 線が 74.96keV、Kβ1 線が 84.92keV であるため、Pb のK線を得ようとすれば、これよりも高いエネルギーを持つ光源を用意する必要がある。そのため、放射線障害防止法を考慮した上で、122.06keV（γ線放出率 85.6%）のγ線を放出する Co-57 を照射光源として選択した。　2）検出器　検出器としては Pb や Bi のK線を効率よく検出するために、100keV 付近までのX線に対してほぼ100%の検出感度を持つ CZT 検出器を選択した。この検出器は、分解能などの性能から、Cu のKα線(8.04keV)よりも低いエネルギーの検出には不向きであるが、我々が開発を試みた装置に使用するには十分に有効なものである。

Cu 合金の測定結果の一例　今回開発した可搬型蛍光X線分析装置を使って得られた Cu 合金(Sn:10%, Pb:5%)のX線スペクトルを示す。

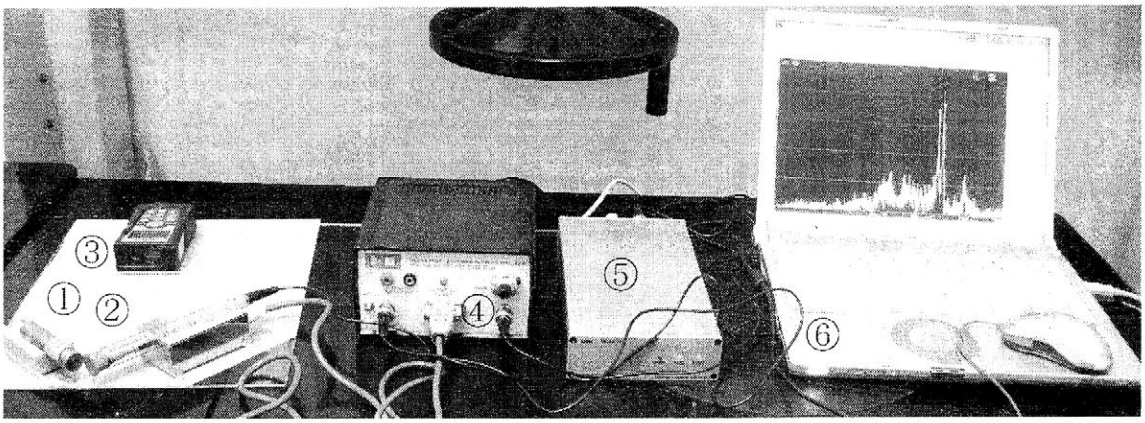
照射γ線のエネルギーが 122.06keV と高いため Pb のK線が励起され、また検出器の検出感度も十分にあるため Pb をK線で観察することが出来る。各元素の電離断面積が照射γ線のエネルギーに依存するため、85%の濃度がある Cu のX線ピークが 5%の Pb よりも低くなっている。




開発した可搬型システム　写真に今回開発した可搬型蛍光X線分析装置の構成を示す。重量は、キャリング・ケースを含めても 7kg

程度であるため、片手で持ち運ぶことが出来る。

実際の測定は、1) レーザー距離計で線源と検出器が焦点を結ぶ位置と測定部位の確認を行い、2) 線源と検出器を設定位置に配置した後、3) 検出器の出力を波高分析器で測定、4) 測定状況を制御用パソコンでモニターする、という手順になる。




①$^{57}$Co γ線源 ②CZT 検出器 ③レーザー距離計 ④検出器用電源 ⑤波高分析器 ⑥制御用パソコン

今回開発した可搬型蛍光X線分析装置の利点・改良点・欠点　1) 利点　照射光源にγ線を使った蛍光X線分析装置は、照射装置を小さく出来るため、X線発生装置を照射光源として使う装置に比べて、小型軽量の装置を組み上げることが出来る。また$^{57}$Coのγ線源とCZT検出器を用いることによって、重い元素（Au, Hg, Pb, Bi など）のK線を測定することが出来るようになる。このことは、L、M線などを測る場合と異なり、妨害する特性X線が無いため定性分析が容易になる。定量に関しては、試料の厚さによって生ずる誤差が小さくなり、また試料—検出器間にある空気の厚さによる特性X線の減衰が無視できるので、この点でも誤差を小さく出来る。　2) 改良点　しかし本装置は、比較的軽い金属元素（Cu, As, Ag, Sn, Sb など）の検出感度を上げるため、これらの元素のK線に対してより電離断面積が大きいAm-241（59.54keV、γ線放出率35.7%）を$^{57}$Coと同時に使用することを考えていた。そのため、照射光源を点線源で設計したが、照射光源と検出器の幾何学的配置によって試料に照射できるγ線の量が少なくなり、その結果試料の測定時間が長くかかることになってしまった。放射線量の大きい線源を使用すれば検出感度の問題は解決するが、管理区域外で使用する装置であるため放射線障害防止法の規定上それは出来ない。これを改善するために、照射光源として$^{57}$Coと$^{241}$Amのリング状線源を設計して幾何学的配置を改善し、試料に照射するγ線量を増やすことである。実際の測定ではこれら二つの線源を付け替えて測定をすることによって、各金属元素に対してより感度の高い測定が可能になる。　3) 欠点　本装置は管理区域外で使用できる放射線源の強さの制限から、微量金属元素の分析には不向きであり、またCuよりも軽い元素の検出が出来ない。しかし軽元素については、線源を目的にあったものに置き換え、検出器をSi系（Si-PIN, Si-Drift など）に変えれば同様に軽量な蛍光X線分析装置を作ることが出来る。実際に小型装置を作成し分析に利用している例[2, 3, 4]もある。

参考文献

[1]小泉好延・小林紘一・河野益近・伊藤博之、日本文化財科学会第16回大会研究発表要旨集 pp. 114-115 (1999)

[2]下山進・野田裕子、分析化学 Vol. 49, No. 12, pp. 1015-1021 (2000)

[3]下山進・野田裕子・朽津信明、分析化学 Vol. 51, No. 11, pp. 1045-1047 (2002)

[4]朽津信明、日本文化財科学会第23回大会研究発表要旨集 pp. 170-171 (2006)

P-94

# 軽元素を含む試料の蛍光X線分析と考古試料への応用

仁頃丈二郎[1]，○藤原　学[2]，江南和幸[2]，松下隆之[3]，池田重良[4]

[1]龍谷大学理工学部大学院生，[2]龍谷大学デジタルアーカイブ研究センター，[3]龍谷大学理工学部，[4]立命館大学SRセンター

**1．はじめに**　龍谷大学大宮図書館にはおよそ百年前の大谷探検隊将来品などの貴重な資料が保管されている。しかし、探検隊に考古学者または歴史学者が随行しておらず、調査過程における発掘記録も残されていないため、現在でも未整理のままの資料が数多く存在している。国内外でも高く評価されているこれらの資料を分類し、それらについての情報を収集し社会に還元する必要がある。その目的のために、龍谷大学には古典籍デジタルアーカイブ研究センターが設置されている。

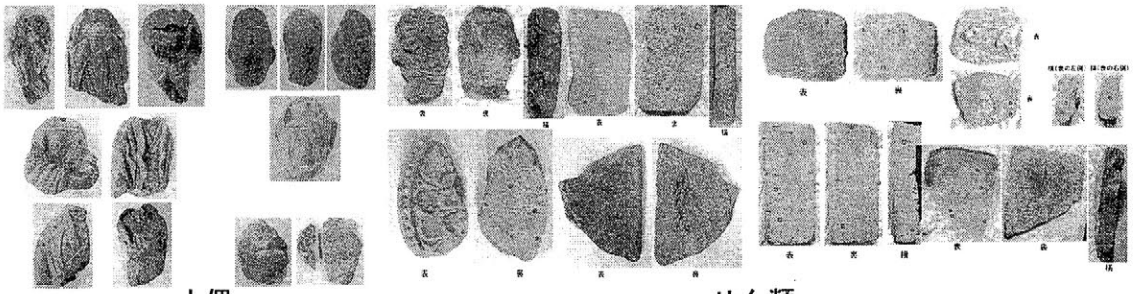
考古試料の科学分析では非破壊分析である蛍光X線分析法が最も数多く用いられており、考古資料の材料や製法に関する情報を得ている。それらはいずれも比較的重元素についての情報のみであって、軽元素に関する情報は考慮されていない。ところが、考古試料は生物遺物、土器、石器、ガラス、陶磁器、金属製品、布、紙・印刷物、鉱物・岩石、木製品などであり、この中で試料表面に塗布された無機顔料や金属製品を除いて、一般的な蛍光X線分析法が対象としない軽元素を含む原材料から成る試料が多い。そこで本研究では、あえて軽元素を含む種々の試料の蛍光X線分析を行い、それらのデータからできるだけ軽元素に関する情報を得ようと試みた。既に、X線散乱光の一つであるコンプトンおよびレイリー散乱光の強度比を利用して、軽元素に関する情報を得た報告がなされている。これを考古試料に適用することを目指し、基準物質（単体・化合物・混合物）と大谷探検隊将来品の中から「せん類」と「土偶」を対象とした蛍光X線分析を行った。

**2．実験**　X線分析顕微鏡（HORIBA XGT2700）を用いて測定を行った。基準試料として、金属板・高分子板・酸化物などを測定した。また白色顔料の白亜（$CaCO_3$）と石膏（$CaSO_4 \cdot H_2O$）の混合比を変えた試料についても測定した。考古試料としては、「せん類」および「土偶」を測定した。それらの測定データからX線源Rh Kα線の弾性散乱であるコンプトン散乱光（18.7 keV, **C**）と非弾性散乱であるレイリー散乱光（20.1 keV, **R**）のピーク面積を算出し、それらの強度比（**C/R**）を求めた。

**3．結果と考察**　本研究において測定した考古試料の写真とそれぞれの試料の測定ポイントを図1に示す。まず、原子番号が3のホウ素から82の鉛試料について測定した。それらの結果を図2に示す。単体試料元素の原子番号が増加するに伴い、低エネルギー側に現れる**C**の強度の減少と高エネルギー側に現れる**R**の強度の増加が観測された。エネルギー

分散型装置を用いた大気中での測定であっても、このように軽元素を含む試料の情報が得られることが確認できた。次に化合物と混合物平均原子番号に対し **C/R** 値をプロットすると図３に示す相関関係が得られた。また、高分子板の中でもポリ塩化ビニルの **C/R** 値が低くなっており、重元素である Cl の影響が明確に現れている。鉛化合物についても、試料中の Pb と O の含有比を示す良好な直線関係が得られた。白亜と石膏の混合比を変えた試料においても、非常に良く対応していた。

本研究において、本来では蛍光 X 線測定データにとって妨害となるベースラインの上昇や散乱光のピークを考慮することによって、蛍光 X 線ピークとして現れない軽元素についての、より多くの情報を得ることができることが明らかとなった。次に考古試料の **C/R** を検討したところ、ほぼ同じような値となった。しかし、土偶の一つのみが大きな **C/R** 値を示し、それにはワラが粘土の中に練りこまれていた。有機物(C, O, H 等 )が含まれていたために平均原子番号が下がり、**C/R** 値が増加したと考えることができる。これは、通常の蛍光 X 線では得られない軽元素の情報を明らかに含んでいることを示唆している。



**土偶**　　**せん類**

**図１　本研究で測定した考古試料と測定ポイント**

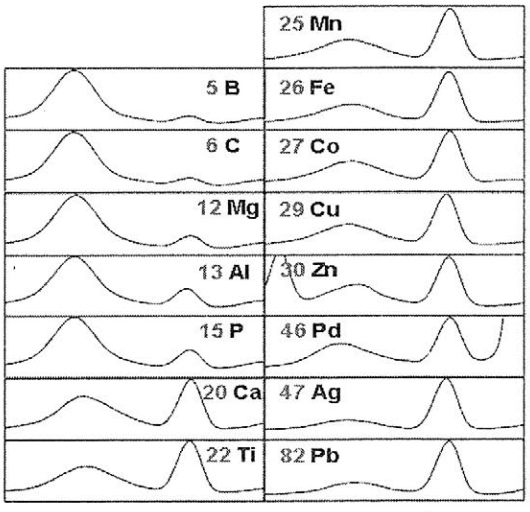



**図２　単体試料におけるコンプトン散乱とレーリー散乱**

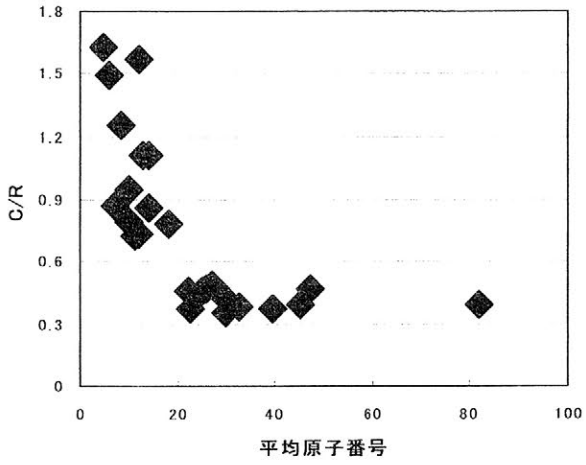



**図３　化合物試料における平均原子量と C/R 値の相関**

P-95

# 磨崖仏の保存修復後におけるモニタリングの重要性

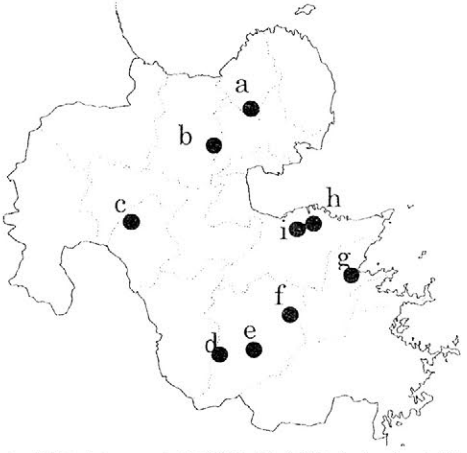
## —大分平野に分布する磨崖仏を中心として—

○ 安田奈央*、山路康弘**、平尾良光*
（＊別府大学大学院、＊＊別府大学文化財研究所）

1）はじめに

大分県は日本を代表する磨崖仏の密集地域である。県内の磨崖仏は軟岩である凝灰岩に刻まれているため劣化が進んでいることが問題視されている。このため傷んだ磨崖仏は保存修復が行われ、県内で大規模修復が進められた磨崖仏は現在９箇所にのぼる（図１）。各磨崖仏は修復後数年～数十年が経過しており、メンテナンスが必要となる磨崖仏がでてきた。そのため修復後における磨崖仏の現在の劣化過程を把握するため、モニタリングを実施することとした。今回は大分平野を中心とする磨崖仏を取り上げ、保存修復後の現状を報告する。また、モニタリングでは塩類の析出や着生植物などによる風化作用が認められたため、その結果を受けて凝灰岩でモデルを作成し、塩類の析出や着生植物の確認および樹脂耐候試験を行うこととした。

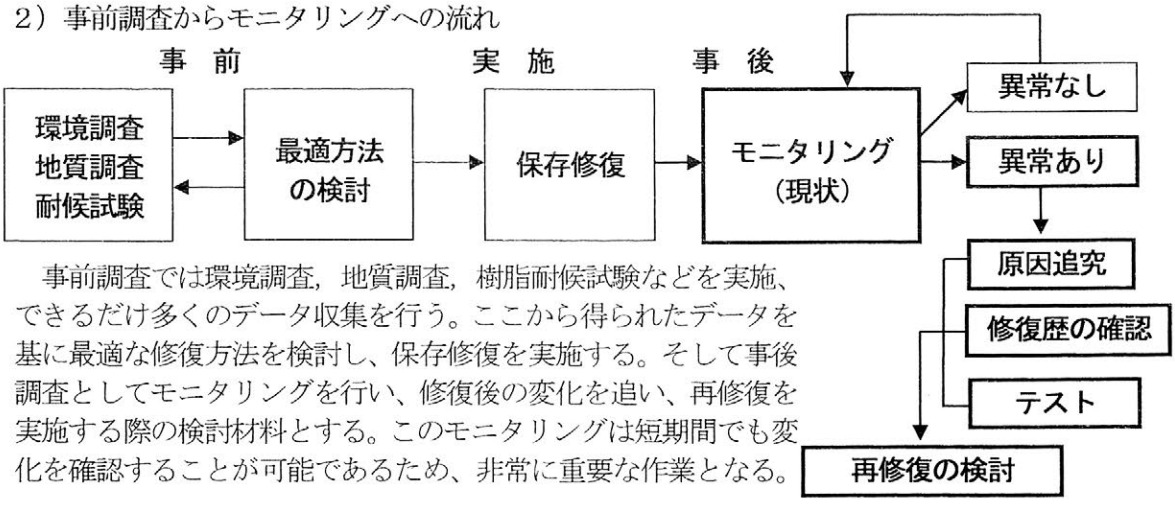
今研究では修復後におけるモニタリングの重要性とその結果を受けて実施するモデリングについて報告する。




【ａ】熊野磨崖仏（豊後高田市）
【ｂ】楢本磨崖仏（宇佐市）
【ｃ】瑞巌寺磨崖仏（九重町）
【ｄ】普光寺磨崖仏（豊後大野市）
【ｅ】緒方宮迫東・西石仏（豊後大野市）
【ｆ】菅尾石仏（豊後大野市）
【ｇ】臼杵石仏（臼杵市）
【ｈ】大分元町石仏（大分市）
【ｉ】岩屋寺石仏（大分市）

図１　大分県内にて大規模修復が行われた磨崖仏の位置図

2）事前調査からモニタリングへの流れ




事前調査では環境調査，地質調査，樹脂耐候試験などを実施、できるだけ多くのデータ収集を行う。ここから得られたデータを基に最適な修復方法を検討し、保存修復を実施する。そして事後調査としてモニタリングを行い、修復後の変化を追い、再修復を実施する際の検討材料とする。このモニタリングは短期間でも変化を確認することが可能であるため、非常に重要な作業となる。

### 3）大分平野の磨崖仏

大分平野の地質状況は大分層群を基盤とし、阿蘇火砕流堆積物（溶結凝灰岩）によって被覆されている。ここでの溶結凝灰岩は全体的に固結度が低く、緻密で軟質の岩質である。大分平野では大分元町石仏、岩屋寺石仏、高瀬石仏、曲石仏などこの岩質に刻まれた磨崖仏が多数存在している。そのうち、大規模な保存修復が行われたのは大分元町石仏と岩屋寺石仏の２件である。



写真１　大分元町石仏
薬師如来坐像

●大分元町石仏（写真１）

- 国指定史跡　〔昭和９年１月 22 日指定〕
- 薬師如来坐像を含む 13 軀の磨崖仏が刻まれている
- 薬師如来坐像の左頬下部および胸部にかけて大きく剥落している
- 昭和 61 年度～平成７年度にかけて保存整備が実施される
- 現在では表層を失った部分に塩類の析出が目立つ



写真２　岩屋寺石仏
十一面観音立像

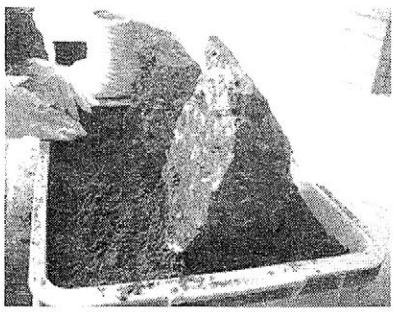
●岩屋寺石仏（写真２）

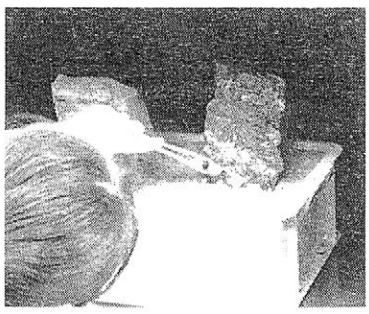
- 県指定史跡　〔昭和 45 年３月 31 日指定〕
- 十一面観音立像を含む 17 軀の磨崖仏が刻まれている
- 十一面観音立像を除くほとんどの磨崖仏が像容を失っている
- 平成 10～11 年度にかけて保存整備が実施される
- 現在、塩類の消失，風化現象，表層剥離が確認できる
- 修復から数年で表層剥離が著しく目立つようになったため、平成 18 年度に再修復が実施される

### 4）モニタリングからモデリングの実施

モニタリングから以下の手順でモデルを作製した。モデリングではどのような環境・時期に塩類の析出や植物の着生がおこるのか把握することを目的としている。ここではモニタリングを現地で継続して行い、その結果からモデリングを実施するという新しい実験スタイルの一事例を報告する。

① 岩が土壌化した土に析出塩類（テナルダイト：$Na_2SO_4$）を混入させ、さらに磨崖仏に見立てた溶結凝灰岩を設置する（写真３）
② 樹脂の耐候試験を実施するため、一方のモデルには撥水剤を塗付する（写真４）
③ 覆屋を想定しモデルの周囲を寒冷紗で覆い、同時に温度湿度の測定を行う（写真５）
④ 自然環境にある磨崖仏により近い条件になるよう霧吹きで適度な水分を与える
⑤ 目視にて塩類の析出や植物の着生を観察する





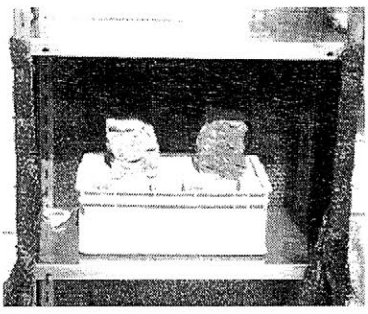


写真３　モデルの作製状況　　写真４

P-96

# 臼塚古墳出土舟形石棺における劣化調査

○ 稗田貞臣*、山路康弘**、平尾良光*
（*別府大学大学院、＊＊別府大学文化財研究所）

## 1）はじめに

大分県には数多くの石造文化財が存在している。しかし近年では石造文化財の劣化の進行が問題視され始め、石造物の表面剥離や土壌化など岩の脆弱化に対する研究がなされるようになった。写真１の臼塚古墳出土の舟形石棺２基も同様である。そのため周辺環境および石棺表面の劣化状況を把握し、劣化の抑制および修復方法の検討を行なうためデータ収集を実施した。調査内容は石棺の現状把握として目視観察（含写真撮影）、温度湿度測定、熱赤外線サーモグラフィによる劣化診断解析である。

本研究では上記調査から目視観察結果と熱赤外線サーモグラフィによる劣化診断を行なった。

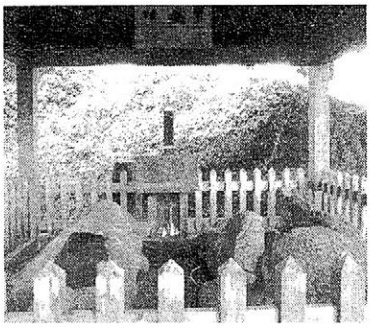


写真１　臼塚古墳出土石棺

## 2）目視観察の結果

目視観察は2006年4月10日から開始し、現在も月１回のペースで観察を継続している（写真２）。この観察において石棺表面の剥落が２度確認された。１度目は５月17日の観察で確認し、写真中○内の一部分が剥落していた。２度目は11月26日の観察で確認し、矢印で示した部分が剥落していた。両者とも目視観察で表層の剥落を確認することができた。この結果を受けて、どの範囲まで劣化が進行しているかを把握するため赤外線サーモグラフィによる劣化診断を行なった。

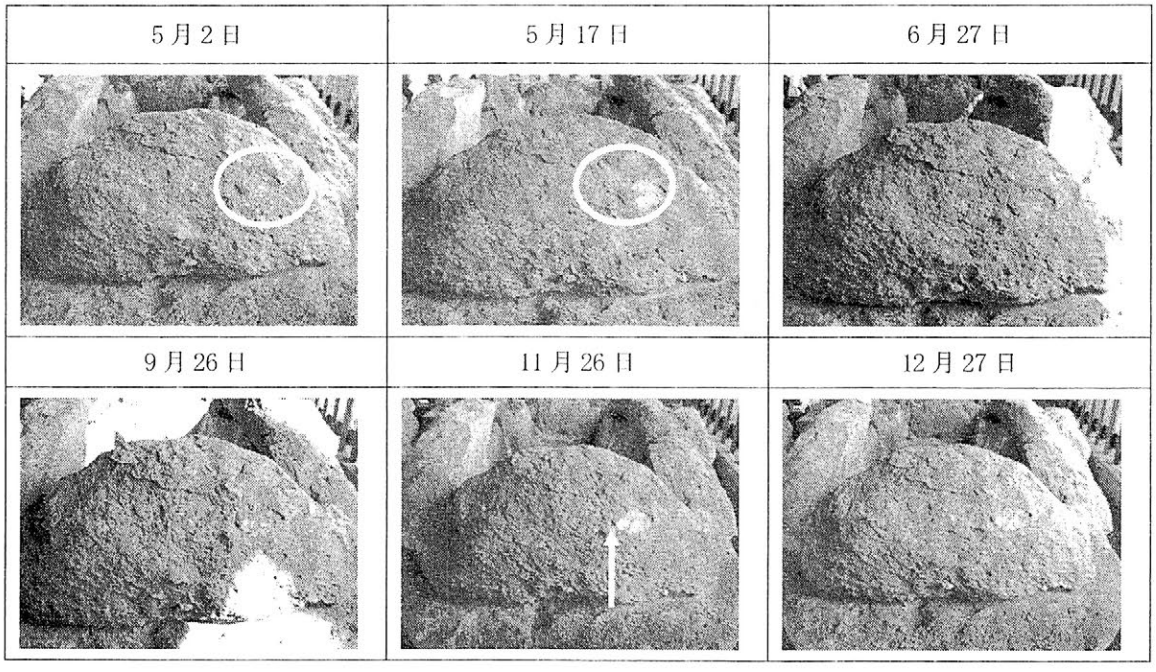



写真２　１号石棺南側蓋部写真（剥落前後写真）

### 3）熱赤外線サーモグラフィによる劣化診断解析結果

熱赤外線サーモグラフィを使用し、石棺の劣化がどの程度進行しているかを調査した。調査は2006年7月28日にⅠ次調査として1号石棺、2号石棺の全体把握を行ない、解析を実施した。その後、Ⅰ次調査の結果を基にⅡ次調査を2006年12月15日に1号石棺の北側蓋部と同石棺の南側蓋部に対して実施し、劣化診断結果を写真3および写真4でまとめた。

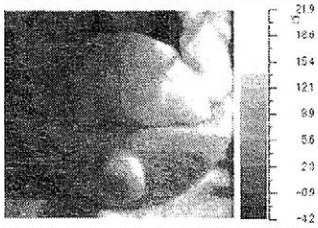
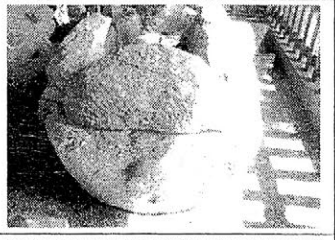
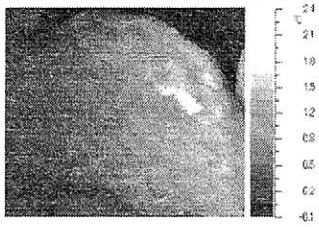
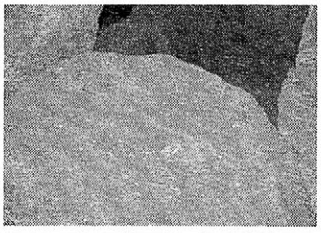
| | 差画像 | 現場写真 | 結果 |
|---|---|---|---|
| Ⅰ次調査 |  |  | 差画像から表面温度差が 20℃以上になることが確認された。しかし全体的に表面温度が上昇したため剥落した部分の温度変化を捉えることが困難であった。 |
| Ⅱ次調査 |  |  | 連続撮影時にも確認できた劣化部分が差画像を作成することにより明確に捉えることが出来た。 |

写真3　1号石棺南側における赤外線サーモグラフィ診断結果

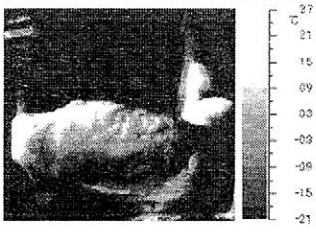
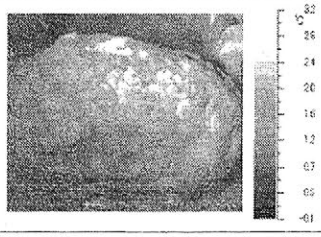
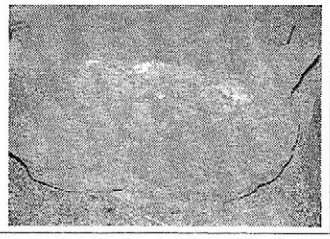
| | 差画像 | 現場写真 | 結果 |
|---|---|---|---|
| Ⅰ次調査 |  |  | 南側同様に日射による石棺表面の温度上昇が差画像から確認された。 |
| Ⅱ次調査 |  |  | Ⅰ次調査では確認できなかった劣化している箇所や範囲が差画像で確認された。 |

写真4　1号石棺北側における赤外線サーモグラフィ診断結果

### 4）おわりに

赤外線サーモグラフィによる劣化診断にて、1号石棺の北側・東側・南側の表面温度が最高で52.1℃に達していたことが確認され、差画像を作成した際に20.0℃以上の温度差が示された。しかし、2号石棺については表面温度の温度差は少なく、解析結果や目視観察においても劣化の進行が1号石棺に比べ、遅いことが推測された。今回の調査結果から両者における石棺表面の劣化の差は表面温度の差に起因したと考えられる。今後はこの調査結果を踏まえて、「表面温度の差」の原因となる日射を遮って再度劣化診断解析を実施し、劣化要因を追求していきたいと考えている。

P-97

# 時間軸のある４次元ウォークスルーＣＧの開発と利活用研究

## ――インターネットによるバーチャル資料館にむけて――

○ 木村 寛之・田邉一元・松田　繁（イビソク）・宇田 晃（アシストコム）

１．はじめに

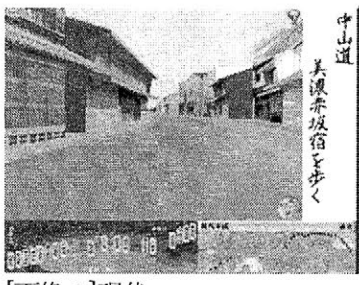
考古学・文化財を公開する支援技術として、３次元立体ＣＧを利用したバーチャル技術の一つである「ウォークスルー」が注目されている。この技術をより考古学・文化財に適する技術とするために「時間軸」を追加した４次元ウォークスルーＣＧを開発した。現在は、４次元ウォークスルーＣＧ技術をベースにしたバーチャル資料館に向けて、インターネット環境の利用や操作性の研究開発を行っている。今回の発表では現在までの成果を紹介する。

２．開発１：４次元ウォークスルーＣＧの開発（時間軸の追加）

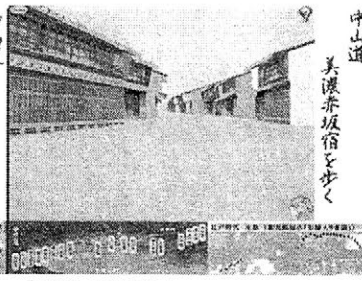
遺跡現場説明会や報告書で利用する資料として、発掘調査資料をもとに遺跡復原の３次元ＣＧを作成してきた。ほとんどの場合において、２時期以上のCGモデルを必要とした。

その利用方法であるが、報告書など印刷物で表示する場合では、必然的に作成時代分を並べて表示することになる。データ利用でも画面上で並べるかデータごとに利用する。同じ視点で簡単に表示（操作）をすることを要望された。

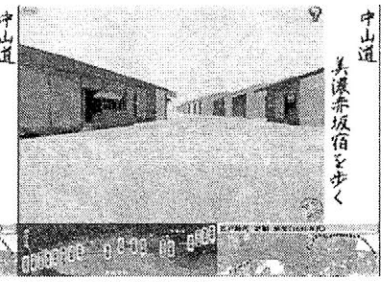
よって、ウォークスルーＣＧを文化財で利用するには時間概念が不可欠と判断し、時間（時代）を操作できる機能（画像４）を付加したウォークスルーCG を開発した。画像４のバーをスライドさせると該当する時代を表示できる（画像１～３）。この機能により、同一位置・視点で時代の変遷が表現できるようになった。



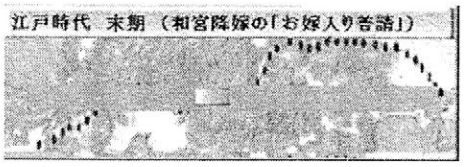
[画像１]現代



[画像２]幕末



[画像３]江戸初期



[画像４]時代の操作バー

３．開発２：公開技術の開発（インターネットの利用）

近年のパソコンを取り巻く状況は、スピード・記録量の性能が向上ししかも安価になっている。また、通信も高速になりインターネットＴＶも本格的になってきた。今の技術ならインターネットでウォークスルーが利用できると考え、ウォークスルー公開サーバーの開発を行った。やはりデータ量を減らす工夫が必要であった。

公開技術では、次の２条件を最重要と考えた。条件１：インターネット上でも軽やかに動く事、条件２：利用者は一般の方を想定。

4．ユーザーインターフェイス（ＧＵＩ）の研究

インターネットでの公開では、不特定多数の人が様々な条件で見る。このウォークスルーＣＧ技術を広めるには操作方法の多様性や使い易さが重要な技術と考える。「中山道・赤坂宿」のウォークスルーＣＧは２００４年１０月にイビソクＨＰで公開以来、意見を取り入れながら以下のような機能を開発し改良している。

1） 自動走行機能

ウォークスルーは自由に動き回れる点は良いが、 全ての人に受け入れられる機能では無かった。特にマウスの操作が苦手な方々からは、世代を問わず自動走行する機能を要望された。この機能は、ウォークスルー技術を無意味にするのではないかという情報関連の方々のご意見がありましたが、一般の方には評判がよく実装をしました。

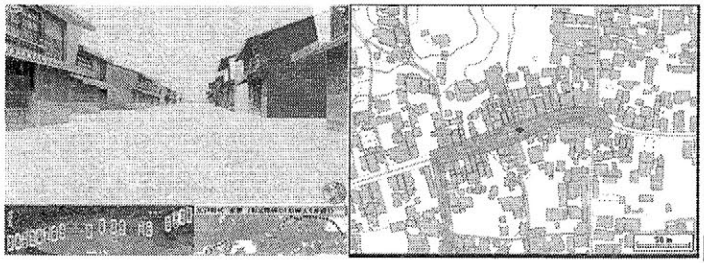
最近は、自動走行に加えて時代も変化する機能も実装している。

2） データ・タグ

これはＣＧデータの中にタグを挿入して、詳細情報の表示や該当の場所・時代へ移動する機能であり、博物館・資料館を想定した技術である。専門家または一般人（大人・子供）に応じて表示や説明文が変化する機能や、インターネットを利用して他のサイトと連携し情報の高度集積できる機能の研究開発を進めている。

3） ２次元Ｗｅｂマップとのリンク　　- 宇田 -

３次元ＣＧをウォークスルーの画面だけで見ていると結局は２次元である。移動するのに位置把握は難しい。そこで使い慣れている２次元マップとの併用は、仮想現実空間の中で自分の位置を立体的に把握するのに役立つ。実際に外を歩く場合に位置関係を把握して歩くのに近く人間工学的にも重要な機能で、ウォークスルーを普及させるには重要な機能と考える。この機能は岐阜県統合型ＧＩＳを普及させる実証実験で共同開発した機能である。実際に利用すると３次元認識の補助機能としての役割を実感できる。２次元地図から位置指定も可能で三次元ＧＩＳの画面構成としても一考できる。



[画像５]３次元ＧＩＳ

5． 立体モデルの発掘調査への利用を展開　　- 田邉・松田 -

従来の遺構及び遺物を表現するには、図面か写真を利用する２種類の方法がある。図面では平面図、断面図（あるいは立面図）でその造型・位置関係を表し、写真で質感や色彩などを表していた。こうした複数の情報を一度にみることができるメディアとしてCGを利用できないかと考える。今までも報告書でＣＧが利用されているが、CG を画像にしてしまうとある一定方向からしか見ることができないので、より有効活用するためにも、データとしてCD などの記録媒体におさめるかインターネット公開の必要があると思われる。私たちが担当する発掘現場で実証実験的に利用研究を行いたいと考えている。

6． まとめ

バーチャル資料館にするには、同じＣＧモデルをいろいろな人が違う視点で見られるマルチメディア・ツールが必要と考えられ、現在の情報技術の進歩はその実現可能を示している。

※中山道赤坂宿の４次元ウォークスルーは、イビソクＨＰ（http://www.ibisoku.co.jp）で実際に利用できます。感想やご意見を頂けると幸いです。

P-98

# 文化財測定用携帯型ラマンイメージング装置の開発とその応用

○ 小瀬戸恵美[1)]・落合周吉[2)]・東山尚光[2)]・増谷浩二[2)]・木村淳一[2)]
古川剛志[2)]・坂本章[3)]・田隅三生[4)]・趙林毅[5)]・日高薫[1)]
1）国立歴史民俗博物館　2）(株) エス・ティ・ジャパン
3）埼玉大学・院理工　4）埼玉大学　5）敦煌研究院保存研究所

## 1．はじめに

文化財そのものを知り、その保存・修復を行う際には文化財を構成する顔料、支持体、膠着剤などの文化財構成物質の構造同定が重要である。構造同定には現在、X線回折が頻繁に用いられるが、X線回折法では試料採取を必要とする。このため、試料採取や移動が制限される文化財に関しては、非接触の測定として蛍光X線分析による元素同定が主流であった。

発表者らは、より直接的に分子構造情報を知る手法であるラマン分光法を用い、非破壊、非接触で文化財構成物質の構造同定が可能な携帯型ラマンイメージング装置を開発した。また、本装置を用いて実資料の測定を行ったので、その結果を報告する。

## 2．装置

今回、開発したラマンイメージング装置の主構成はプローブ部、液晶チューナブルフィルター(LCTF)、CCD検出器及び785nm励起用レーザーである。また、イメージング装置であるため面での測定が可能であり、さらに測定箇所の正確な位置出しを可能にするXYZ移動ステージと写真記録用のCCDカメラを搭載することによって測定部位を視覚的にとらえることが可能となっている。イメージング測定領域は3～0.1mm平方であり、その領域は256（16×16）点に分割されて、各点は同時に測定される。すなわち、測定時間ごとに、そのときLCTFにより選択されている波長における256点のラマン強度が、CCD検出器上に記録される。図1にラマンイメージング測定画面の一部を示す。これは装置テストのために作成したモデル試料を測定したものである。モデル試料はドーサを引いた未晒生漉紙を支持体として左に天然辰砂、右に日本藍を鹿膠で塗布した。図1の左上は付属の高解像度カメラによる試料の可視像、下のデータは可視像の中に見える四角形で囲まれた天然辰砂部分のラマンスペクトルであり、右上はスペクトル中の十字点で示すバンド強度に対して作成したイメージ図である。

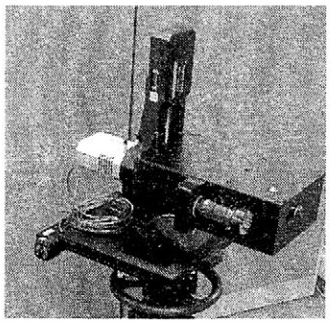


写真　ラマンイメージング装置

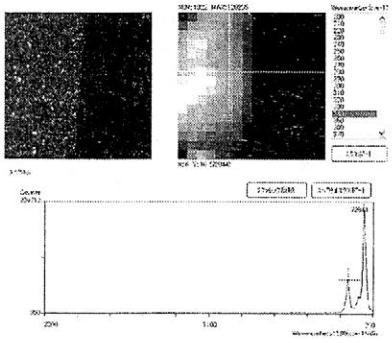


図1．ラマンイメージング測定画面

## 3．資料の概要

### 3．1　敦煌莫高窟壁画顔料

本試料は早期の莫高窟のうち、唯一、大魏大統4年、5年の紀年銘発願文が読み取れる重要窟である285窟前室北壁から採取された褐色顔料である。これは元来「敦煌莫高窟の保存に関する日中共同研究」の一環である鉛同位体比測定用に採取されたが、その事前調査用として作成された約5mm平方

のカーボンテープ中央部に貼付したものを測定試料とした。また、本試料はX線回折測定により、プラトネライト（$PbO_2$）、滑石、緑泥石、石英を含有することが確認されており、プラトネライトが鉛丹（$Pb_3O_4$）の経時劣化物質と考えられることから、彩色顔料は鉛丹とされている。

### 3．2　花鳥螺鈿箱（縦21.2cm×横30.cm×高26.3cm）

本資料は個人蔵の推定1840年代から1880年代とされる蝶番、鍵金具付の長方形合口造の箱である。用途は不明。本資料は伏彩色部については採取片の金属光学顕微鏡観察及びエネルギー分散型特性X線検出器付走査型電子顕微鏡を用いた元素分析が行われており[II]、今回測定を行った青色彩色部は無機顔料のウルトラマリンブルー（$Na_{8-10}Al_6Si_6O_{24}S_{2-4}$）によるものと推測されている。

## 4．結果

測定領域を図2に、測定結果を図3に示す。図2は左四角形が全測定領域、右四角形が一点の測定領域である。本試料の彩色顔料とされる鉛丹のラマンスペクトルでは 122 $cm^{-1}$、149 $cm^{-1}$、223 $cm^{-1}$、313 $cm^{-1}$、340 $cm^{-1}$、390 $cm^{-1}$、548 $cm^{-1}$にバンドが見られるが、これと図3のスペクトルを比較したところ、313 $cm^{-1}$、390 $cm^{-1}$、548$cm^{-1}$のバンドが一致した。これは壁画顔料が鉛丹を含有することを示しており、X線回折で鉛丹変成物質であるプラトネライトが確認されたことと矛盾しない。加えて、今回の測定で特徴的なバンドが確認されたのは、可視像上で図2右上に示される極小領域にある顔料粒子を選択した結果であり、これは面で測定を行うイメージング測定が効力を発揮したといえる。

また、花鳥螺鈿箱の伏彩色青色部の測定においても、ラマンスペクトルを得ることができ、現在、測定データの解析を急いでいる。伏彩色が表面から貝-彩色部-銀箔の構造になっていることを考慮すると、最表面の貝に接触することなく、その下に存在する物質のラマンスペクトルが確認できたことを示している。これは今まで試料採取が困難であるがために情報が得られなかった文化財構成物質の構造同定の可能性を示しており、新しい測定手法としての将来が期待される。

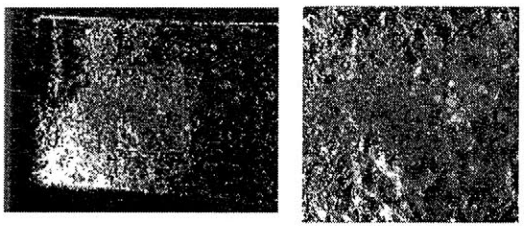


図2．敦煌莫高窟壁画顔料の測定領域

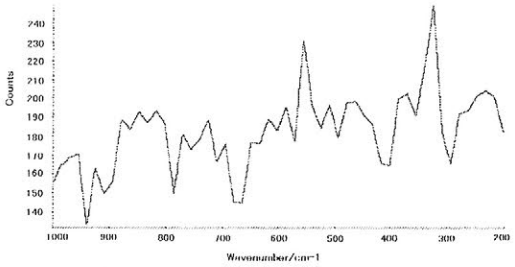



図3．敦煌莫高窟壁画顔料の測定結果

## 5．まとめ

非破壊、非接触での文化財構成物質の測定が可能な携帯型ラマンイメージング装置を開発し、実資料の測定に応用したところ、得られたスペクトルから彩色顔料のキーバンドを検出するなど実際の資料の有効であることを確認した。装置としては、まだスペクトルに迷光が存在するなどの課題も残されている。これを除去する工夫を現在重ねており迷光が除去されれば、より高感度測定が期待される。

［謝辞］

本研究は科学技術振興機構革新開発研究事業の助成を受け推進されている。また、趙林毅の国立歴史民俗博物館における研修は独立行政法人文化財研究所、敦煌研究院間で行われている「敦煌莫高窟の保護に関する日中共同研究」の一環として行われた。

---

[I] 落合他（2007）「非破壊、非接触測定による文化財構成材料の構造同定システム―ラマンイメージング法を中心にして―」第68回分析化学討論会要旨集

[II] 小瀬戸恵美、日高薫（2003）「19世紀の輸出漆器における螺鈿技法の分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』 vol.108, pp281-300

P-99

# 顕微反射スペクトル測定による微小試料の染料分析

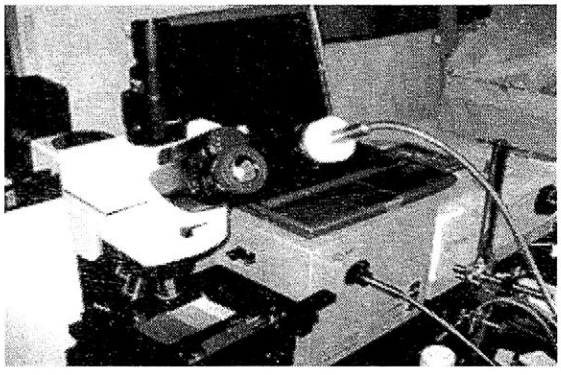
吉田直人
東京文化財研究所

## 1．はじめに

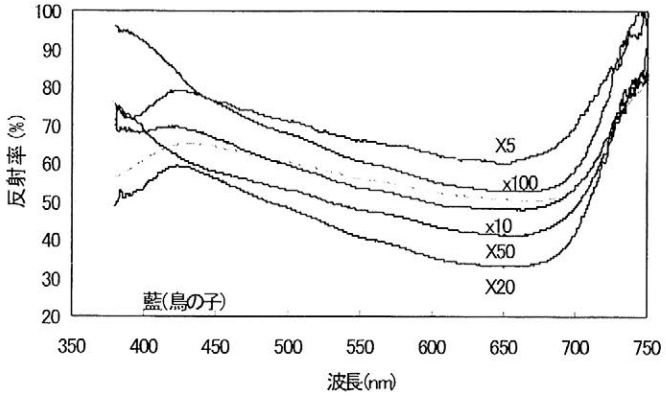
これまでに、光ファイバー送受光型超高感度分光光度計（大塚電子 MCPD-7000）を利用した、紫外・可視反射スペクトル測定による染料の分析を目指した基礎的な研究を行い、学会や論文での発表を行ってきた。MCPD-7000 では、長くても 1～2 秒で高 S/N のスペクトルが得られ、また光ファイバーを用いているため、最小直径 3 mm 程度の試料に対する測定が可能である。しかし、剥落片など、これよりも小さな試料を対象とする場合、目的領域の外にも照射光がはみ出し、正確なスペクトル測定が出来ない。そこで、MCPD-7000 と光学顕微鏡を組み合わせ、拡大像の反射スペクトルを測定（顕微反射スペクトル測定）する試みを行っている。今回は、染料で彩色した、日本画や染織品を想定した試験片試料の顕微鏡下での反射スペクトル測定を行い、試料の種類やレンズ倍率によるスペクトルの相違の有無、その原因などについて考察する。

## 2．測定・結果

顕微反射スペクトル測定は、MCPD-7000 の受光用ファイバー先端部を、穴を開けたゴム栓に通し、オリンパス製光学工業顕微鏡 BX51 の接眼部に固定したシンプルなシステムで試みた（右写真）。対物レンズ(MPlanN)の倍率はそれぞれ、X5(0.1)、X20(0.25)、X20(0.40)、X50(0.75)、X100(0.90)である（括弧内の数字は開口数）。顕微反射スペクトル測定にあたっては、落射ハロゲンランプ(U-LH100-3)を光源として用いた。測定波長域は、対物レンズが透過する 380-750 nm である。測定時間は、試験片の染料濃度などに応じて適宜調節した。

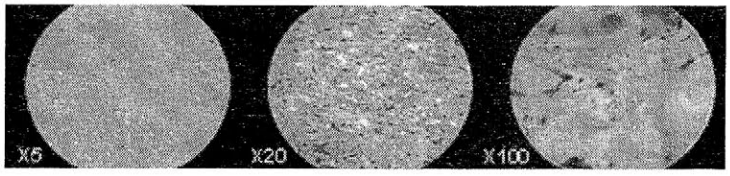


測定結果の一例として、ドーサ引きした鳥の子紙に、膠に混ぜた藍を塗った試験片の顕微反射スペクトルを下に示す。




藍で彩色した鳥の子紙試験片の反射スペクトル：
数値は対物レンズの倍率を示す。また、点線は通常測定での反射スペクトルを示している。

顕微鏡を用いない、通常の反射スペクトル測定（上図点線）では、425 nm 付近で反射率極大、また 680 nm 付近で反射率極小を示した。顕微反射スペクトルでは、倍率に関わらず、後者は明瞭に認められた。一方、前者については、その明瞭さに差が生じた。この差異はレンズ倍率よりは測定部位によって変化が顕著にみられたことから、試験片表面の不均一構造および藍の不均一分布（下の写真）による、光の乱反射に起因しているものと考えている。また、レンズ倍率に依存しない反射率の相違も、藍の不均一分布が影響していると思われる。




試験片の顕微鏡写真

本会では、同様の測定を他の染料や、染織品を想定した試験片に対して行った結果も示し、基質の微細構造と顕微反射スペクトルとの関係などについてさらに詳しく報告する予定である。

（参考文献）

1．Possibility of Non-Destructive Dye Analysis by UV-Visible Spectroscopy, pp. 144-151, The 28th International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property, 06.03

2．紫外・可視反射スペクトル法による染料非破壊分析のための基礎研究（3） －染織品を想定した試験片の紫外スペクトル測定－『保存科学』46 pp. 75-79, 07.3

P－100

# 寒冷地に建つ博物館の収蔵・展示環境について

## ～八幡平市博物館の場合を中心として～

○　宮野秋彦（名古屋工業大学）、赤沼英男（岩手県立博物館）、矢萩昭二（八幡平市博物館）

### １：調査の目的

寒冷地に建つ博物館では、冬季寒冷湿潤な環境下で、如何にして効率良く収蔵・展示環境を良好な状態に保つかについて、温暖地とは異なる配慮が必要となる。

最近では、従来の結露被害の他に、展示ケースの高気密化に伴って、暖房時にケース内が過乾燥となり、木部の割裂や岩絵具の剥落事故が発生するようになった。

今回の調査では、全国に多く見られる比較的小規模な地域文化振興を目的とした博物館の中でも、特に寒冷地に建つ施設の収蔵・展示環境の改善に係る基礎資料を得るために行なった。

対象とした八幡平市博物館は、１月の平均気温が－３～－５℃、標高約 300～400m の寒冷の地にある施設で、館内各部の温湿度について約１年余に亙る実態調査を行なったのでその一部を報告する。

### ２：測定調査の概要

八幡平市博物館は旧安代町にあり、図１の如き１階平面の RC 造二階建で、主に郷土資料の収蔵展示を行なっている。

１階には民家展示場、主展示室及び第１収蔵庫があり、２階に第２収蔵庫を設けている。

測定には、主展示室と同室内の大形展示ケース、民家展示場、第１収蔵庫、第２収蔵庫、２階展示室および外気の各測点に小型データロガーを設置した。

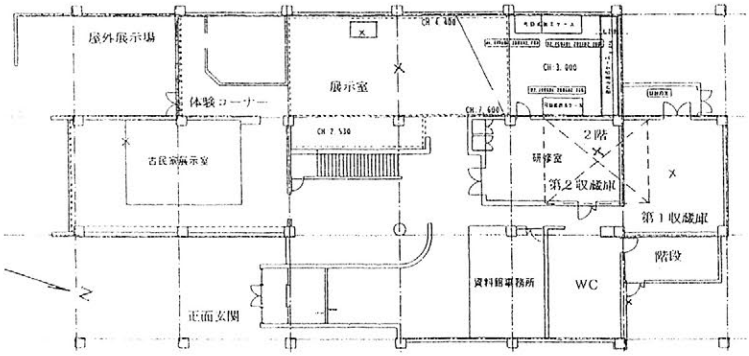



図１　八幡平市博物館１階平面図

調査測定は2005年12月から開始し、現在も測定中である。

### ３：測定結果と検討

図２に、１階展示室と室内に置かれた大形展示ケース内部の温湿度測定結果を、図３には、第１及び第２収蔵庫内の温湿度測定結果を示す。

展示室も展示ケースも、相対湿度はともに約60%で安定しており、湿度変動の日較差は展示室内が2～3%で、ケース内は1%以下である。

収蔵庫については、第１収蔵庫の方の湿度変動がやや大きくなっている。

相対湿度の日較差は、第１収蔵庫で平均3.5%、第２収蔵庫が平均2.2%である。

図４に、民家展示場の温湿度測定結果を示す。前２図の結果に比べて気温及び相対湿度の日変動が大きく、特に、日最大気温及び日最小湿度が極めて大きくなっている。

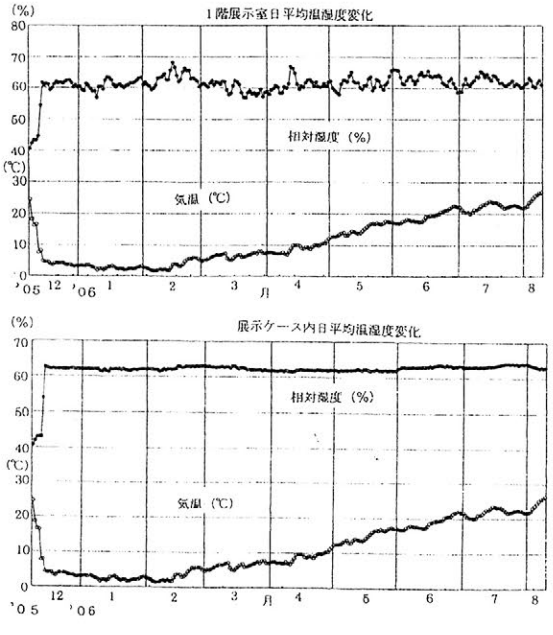
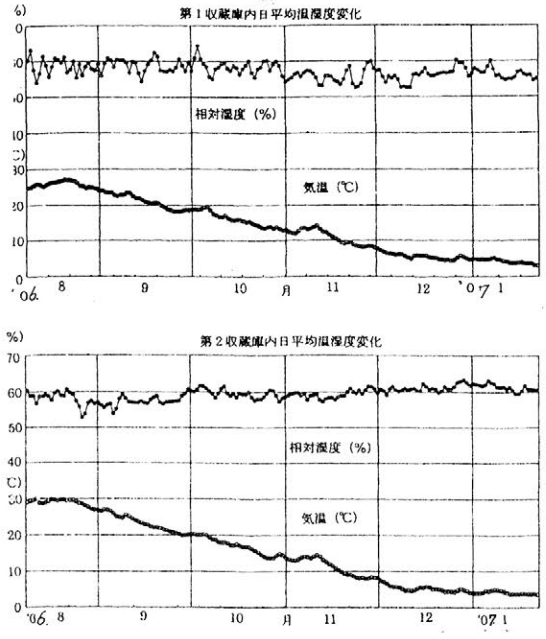



図２　１階主展示室の測定結果



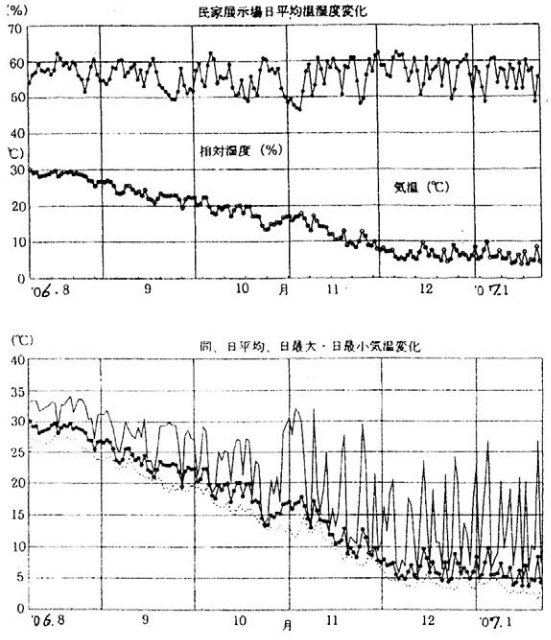




図３　収蔵庫の測定結果

気温日較差の月平均値は、８月の5.8℃から冬季に向かって増加して１月には10.5℃となり、相対湿度日較差も、８月の14.5%から１月には25.3%となっている。これは、南側のガラス面からの日射熱の影響で、冬に向かい太陽高度が低くなるためである。

図５に、展示場の温湿度日変動の測定例を示す。

南面する窓からの日射の影響で正午をピークとして、気温が15℃、相対湿度が40%程急変しているおり、展示物への影響が憂慮される。

このオール・グラス・ファサードの流行は昭和３０年代からのもので、現在もオフィスビルなどではなお流行の傾向にあり、ファシリティマネジメントの面からは批判が出始めている。

そうした批判に対して、二重ガラス通気工法などが提案、実施されているが、断熱壁に対して冷熱負荷が増大することに変わりは無い。

デザイン選好の大規模博物館は別として、地方の小規模博物館では、内部環境への影響による文化財への悪影響、冷暖房経費や維持費の増大等を考えると採用すべきデザインではない。

## ４：むすび

目下、詳細な解析に基づいて、本施設の収蔵展示環境改修に係る提案を取り纏め中である。

終りに、今回の調査研究の実施にあたり、格別のご高配並びにご協力を賜わった若木和雄氏及び御厨秀俊氏に厚く御礼申し上げる。

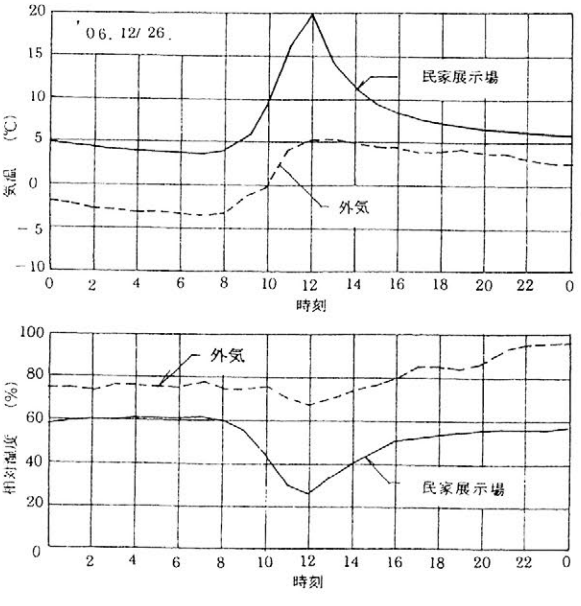



図５　温湿度日変動測定例

P-101

# 重要文化財美術工芸品のGISデータベース構築における課題

○二神葉子（東京文化財研究所）、沖野範子（岡山大学大学院自然科学研究科）

## 1. はじめに

個々の文化財の保存手法を考える上で、その文化財が存在する場所の周囲の地形や気象、植生などの自然環境や、周囲の建造物や道路などの立地環境との関係を知ることは基本となる。また、自然災害を想定・予測し文化財被害を軽減するためにも、個々の文化財が存在する場所の災害危険度を事前に具体的に把握することが不可欠である。このような目的で、位置情報と文化財の情報を関連づけるには、地理情報システム（GIS）を活用することが考えられる。ところが、位置情報まで備えた文化財に関するデータベースは、限られた分野や地域を対象としたものにとどまる。

このような状況に鑑み、二神・隈元（2002）*では、日本の国宝文化財のGISデータベースを構築し、内陸活断層データベースと融合することで、国宝に指定されている全ての文化財建造物および国宝美術工芸品を収蔵する施設を対象に地震危険度の評価を実施した。しかし、国宝文化財および収蔵施設の件数はそれぞれ209件、251件（2002年現在）で、多くの文化財が対象外であった。そこで、国指定の重要文化財のうち美術工芸品について、保存や防災のための対策を立案するための基礎データとするため、所在地情報を含めたGISデータベースの構築を試みたが、その過程で、現在公開されている文化財データベースをGISデータベースの基礎情報として活用するには、解決すべき課題があることがわかった。ここでは、その課題を示し、改善策を提案する。

*二神葉子・隈元崇：活断層に起因する国宝文化財の地震危険度評価－国宝文化財所在地データベースの構築と活断層データベースとの連携－，考古学と自然科学，44，45-75 (2002)

## 2. ウェブ上に公開されている文化財データベースの現状

文化財に関連するGISデータベースの構築や、構築のためのデータ整備は、考古学的な遺跡や博物館を対象として行われ、ウェブ上で公開されるとともに、一部はインターネットGIS化もされている。しかし、いずれも特定の種類の文化財あるいは収蔵施設に特化した内容である。

国の機関による文化財の総合的なデータベースのうちウェブ上で公開されているものには、「文化遺産オンライン（http://bunka.nii.ac.jp/）」や「国指定文化財等検索システム（http://www.bunka.go.jp/bsys/）」がある。しかし、いずれも緯度・経度による所在地情報がなく、GISデータベースとしてそのまま利用することはできない。ただ、国指定文化財等検索システムでは、指定番号や指定年月日などの情報が記載されており、今後他のデータベースや公文書等との対応を図る際に活用が可能になると考えた。また、本システムはすでに一般公開されており、今後GISデータベースの公開を行う上でも好都合と考えられた。そこで、本研究では国指定文化財等検索システムのデータをもとに、独自にGISデータベースを構築することとした。

## 3. 重要文化財美術工芸品GISデータベースの構築

美術工芸品の場合、個々の文化財の位置情報を示すよりも収蔵施設の位置で代表するのが合理的である。そこで、データベース作成時にシステムに登録されていた9,817件の美術工芸品の属性情報をMicrosoft Excelを用いて入力し、データを所有者情報および住所でグループ化して、所有者一覧を作成した。「国指定文化財等検索システム」で住所が地番まで登録されていたレコードは正誤あわせて123件で、それ以外は発表者らが作成した文化財GISデータベースを利用するとともに、インターネットなどで詳細な住所を検索し登録した。さらに、住所の情報からゼンリン製地図ソフトウェア「電子地図帳 Z IV」などを用いて緯度・経度を調査して入力した。しかし、このような位置情報の調査対象とできたのは所有者が記載されていた557件に過ぎなかった。

## 4. 重要文化財美術工芸品 GIS データベース構築における課題

本研究では、データベースの情報源として一般公開されている「国指定文化財等検索システム」を用いたが、作業の過程で本システムに以下のような課題があることが明らかとなった。

・実態とは異なる件数の「個人」所有文化財

本システムで所有者が「個人」とされる文化財は、今回データベースに登録した 9,817 件のうち 9,260 件（94.3%）である。しかし、都道府県の教育委員会など公的組織がウェブで公開している情報では、寺社や博物館・美術館、地方自治体等の所有であったり、個人所有でも博物館・美術館で展示・保管の場合が多くあった。例えば、考古資料は 562 件中 530 件 (94.3%) で所有者が「個人」とされたが、北海道・福島以外の東北 5 県、栃木、茨城、埼玉、千葉について調べたところ、実際に個人所有で所在地非公開の資料は 47 件中 1 件 (2.1%) であった。

これは、所有者と、管理団体や収蔵施設とが必ずしも一致してないことにも原因がある。一部のレコードでは所有者の項目に管理団体が括弧書きで併記されていたが、データベースの表記としては適切ではない。管理計画の策定には、所有者の情報だけでなく文化財の存在する場所の情報は不可欠だが、管理団体や所蔵場所の項目は独立して設けるのが適当である。

・所有者名や住所の表記の不統一、誤り

東京国立博物館を例に取ると、「独立行政法人　国立博物館（東京国立博物館）」が 8 件、「独立行政法人国立博物館（東京国立博物館）」が 31 件、「独立行政法人国立博物館（東京国立博物館保管）」の表記が 4 件あった。また、住所（東京都台東区上野公園 13-9）は、「13-9（アラビア数字）」が 1 件、「一三一九（ハイフンを促音で表記）」が 5 件、「一三-九（ハイフンを半角ダッシュで表記）」が 2 件、十の位を「一」とした「一三一九」が 3 件で「十」とした「十三一九」は 2 件、地番の表記がないものが 1 件あった。さらに、自治体名は「京都府京都市東山区（誤記）」が 6 件、「東京都東京都台東区（重複）」が 13 件、住所が空白のレコードが 24 件あった。

いずれの場合も、データベース上で同一の所有者と認識できず、データのチェックと入力の手間が増大する。このような表記の不統一は、データ入力の規則が定められておらず、入力結果の校正も十分に行われていなかったことが原因であると考えられる。

## 5. まとめ

文化財は位置情報を本質的に有しており、文化財の GIS データベースを構築することは、学術的な調査研究や、文化財の管理計画、防災計画の策定など文化財保存の実務に不可欠といえる。特に、国指定・登録文化財など代表的な文化財については、できる限り既存のデータを利用してデータ共有を図ることが望ましい。しかし、現在公開されているデータベースにはデータ項目の設定や記述法の統一性、正確さに課題が残っていた。データベース構築においては、データベースを活用するためにどのようなデータ項目が必要かを十分に検討するとともに、入力の際の表記法などの規則を明確に定め、入力担当者に示すことが必要である。

発表者らは、重要文化財の位置情報を引き続き調査し、データベースを整備する予定である。地震危険度評価や広域の防災計画の策定などに利用するには、現在のような地図ソフトウェアによる方法でも十分な精度の位置情報が得られる。しかし、火災時の避難計画など建物内の文化財の位置が必要な場合、各収蔵施設での現地調査が必要で、個人研究のレベルでは困難である。

政府機関による文化財のリスト化はヨーロッパ諸国では古くから行われ、現在はその電子化、GIS 化が進行している。イタリアでは、適切な防災施策の策定や適正な予算配分などを目的に、国立中央修復研究所を中心に「文化財危険地図」の構築が進められている。イタリアと同様に自然災害が多い日本でも、文化財の保護に責任のある組織が連携し、より詳細な文化財管理計画や防災計画の策定のため、GIS による文化財データベースを構築する枠組みづくりが必要だと考える。

本研究には科学研究費補助金基盤研究（C）（研究課題名：効率的な防災施策提言のための地震動予測地図と文化財データベースの融合手法の構築、研究代表者：二神葉子）を用いた。

P-102

# 考古学研究支援システム"ARCADIA"を利用した目的情報抽出

## -千葉県古墳時代中期資料に対して-

○阿児雄之、亀井宏行、渡辺太一、橋本泰一（東京工業大学）

Keywords:データベース、考古学研究支援、GIS、データマイニング

1. 本研究の目的

本研究では、2005年度より考古学研究者が考古学情報を効率よく検索、閲覧、分析できるよう支援するシステム"ARCADIA(Archaeological Resource Collection for ADvanced Information Analysis)"の構築を進めて来た。従来の考古学データベースシステムは、その設計思想やデータの登録が完成した段階で、研究が終えられていることが多かった。それらに対して、本研究では地域および時代が限定されるものの、実際の考古学研究に耐えうる資料群の集成および利活用機能の開発を進めている。具体的には、千葉県古墳時代中期資料を対象として研究をおこなってきた。本発表では、ARCADIAを利用した研究目的の情報を有効的に発見する方法等について述べる。

2. 収録情報

ARCADIAでは、考古学情報を「遺跡抄録情報」「遺物情報」「遺構情報」「文献情報」「調査分析情報」に分別して取り扱っている[1]。現段階は、これら情報群のうち、「文献情報」に重点をおいて情報を格納している。

収録している文献は、千葉県内の遺跡発掘調査報告書のから、古墳時代中期に該当する記載部分を取り出して電子化し、システムに登録している。現在の登録冊数は、159冊である。また、千葉県県史10の古墳時代遺跡紹介部分809ページ（216遺跡分）と同じく、千葉県県史12の古墳時代概説部分284ページを登録している。そして、これら文献に登場する遺跡の名称や所在地などの情報を「遺跡抄録情報」として有している。

「遺物情報」「遺構情報」「調査分析情報」に関しては、利用者からの情報登録が出来る様にシステムを構築している。

3. 関連情報への誘導

情報の検索は、キーワードによる全文検索を軸としている。GoogleやYahoo!などの検索サイトを利用した事がある利用者であれば、違和感なく使えるインターフェイスを採用している。ARCADIAの特徴は、キーワードを入力し検索した後である。まず、キーワード検索した結果は、情報種別に表示される（図1）。この表示によって、利用者は目的とする遺跡が何件あるか、文献が何冊存在するかを用意に把握できる。

さらに、本システムでは、各情報が遺跡抄録情報を通じて、相互リンクされている。その為、興味ある遺跡の情報を閲覧した場合、その遺跡に関連した遺物、遺構、文献などの情報へすぐに移動できる機能を有している（図2）。この相互参照により、ある遺跡に関する情報を網羅する事ができ、効果的な情報を効率よく閲覧していく事が可能である。

また、遺跡抄録情報に格納されている情報を基にして、遺跡間の近接度を算出し、関連性の高い遺跡を利用者に提示する機能を有している[2]。これら遺跡の提示により、利用者が意図し

ていなかった遺跡への再認識を促す事ができる可能性がある。本システムは、これら機能により利用者を目的情報に誘導することが出来る。

## 4. 今後の展望

今年度に、財団法人千葉県教育振興財団から千葉県における古墳時代中期研究を題材とした研究紀要の発行が予定されている。本紀要にて ARCADIA を利用した具体的な研究モデルが提示され、考古学データベースシステムを利用した貴重な研究成果を発表できると考える。また、ARCADIA には研究で用いられた資料が全て格納されていることになるので、従来の考古学研究では多大なる労力を必要とした、第三者による研究成果の検証が容易になるであろう。

＜謝辞＞

本研究は、COE21「大規模知識資源の体系化と活用基盤構築」のもとでおこなわれました。ここに記して、感謝致します。また、ARCADIA へは、財団法人　千葉県教育振興財団をはじめとする千葉県下の教育委員会の方々から遺跡情報を提供していただきました。

＜参考文献＞

[1] 阿児雄之、PASOMPHONE HEMTHAVY、四谷優介、亀井宏行（東京工業大学）「考古学研究支援システム"ARCADIA"の構築」、日本文化財科学会第 22 回大会、p.340-341、2005.7

[2] 阿児雄之, 亀井宏行, 相澤洋太, 小林大地, 榛葉健太, 四谷優介, 西大輔「近接性に基づく考古学情報抽出支援」、第 21 回日本情報考古学会研究発表大会、P.31-36、2006.3



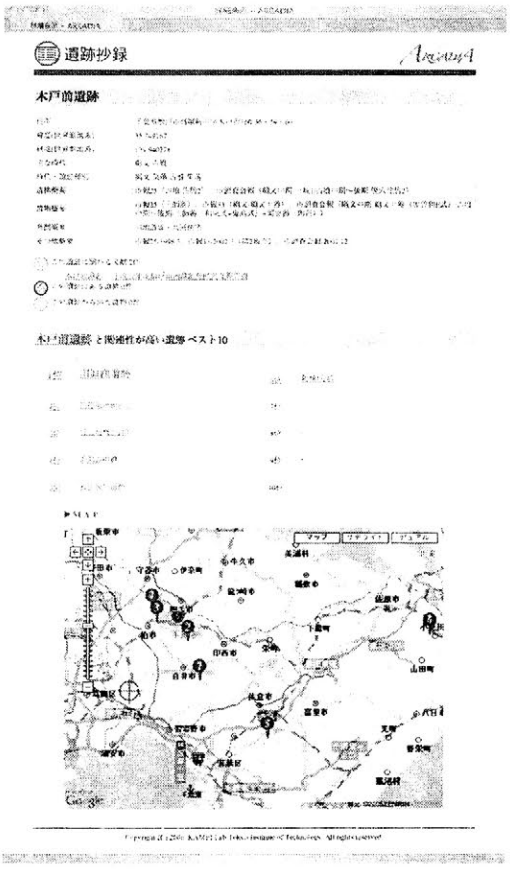


図１（上図）：検索結果画面

図２（右図）：遺跡抄録情報閲覧画面

P-103

# 石造文化財へのアコースティックエミッション法の応用

○高妻洋成・降幡順子・脇谷草一郎・肥塚隆保（奈良文化財研究所）

## 1．はじめに

物体になんらかの応力が発生し、変形や破壊を生じる際には、新たな破面形成、仕事、熱、音などの種々の形態でエネルギーが放出される。この中で固体が変形あるいは破壊されるときに「音」が発生する現象をアコースティックエミッション(AE)と呼んでいる。屋外にある石造文化財の中には、温度変化、水分量の変化、構造的な応力集中などに絶えずさらされており、微細とはいえ絶えず破壊が進行しているものも多い。本研究ではこのような進行性の破壊をモニタリングするための手段としてAE 法を石造文化財に応用することを検討している。今回は、石材に温度ムラが生じたときに発生するAE の検出と亀裂を有する石材の水平方向における把持および吊り上げ時のAE によるモニタリングについて報告する。

## 2．温度ムラによるAE の発生とその検出

カンボジアのアンコールトム遺跡内にある西トップ寺院遺跡はラテライトブロックで構築された先行するストゥーパを、後世に砂岩ブロックで覆うようにして新たに構築された構造を有している。ラテライトブロックは風化が進行しており、建造物としてはきわめて不安定な状態にある。また、後世の砂岩ブロックも層理面に沿った亀裂や表層の剥離を生じている。

石材は熱により膨張することから、不均一な温度分布を生じた場合、亀裂の進展が生じる可能性がある。測定対象とした石材は砂岩であり、層理面に沿った割れを有していた。日中は絶えず日照を受ける面とほとんど受けない面があり、温度分布には大きなムラを生じる。石材表面に接触型の温度センサーを４個貼り付け、それらの近傍にAE センサーを設置した（図１）。

図２は測定した石材の４箇所の温度変化とその間に観測されたAE のカウント数を示したものである。測定開始時にはおよそ 29℃と均一であったが、13 時には最大で 12.5℃の温度差が生じていた。AE の発生状況を見ると、温度差が広がり始める 11 時から最大の温度差に到達する 13 時までにAE が多く発生し、それ以降に発生頻度が低下していく傾向が認められた。特に割れの近傍に設置したAE センサーによるカウント数が突出しており、この部分における微細な変形・破壊の進展が推察される。

## 3．亀裂を有する石材の水平方向における把持および吊り上げ時のAE によるモニタリング

高松塚古墳石室石材には多くの亀裂が生じている。壁画の恒久保存対策として実施される石室解体においては、天井石、北壁および閉塞石を水平方向（壁画に接触することのない両側面）に拘束して把持する方法で吊り上げ、取り出される方針が決定された。その際、把持による亀裂面の破壊、吊り



図１　センサー設置状況

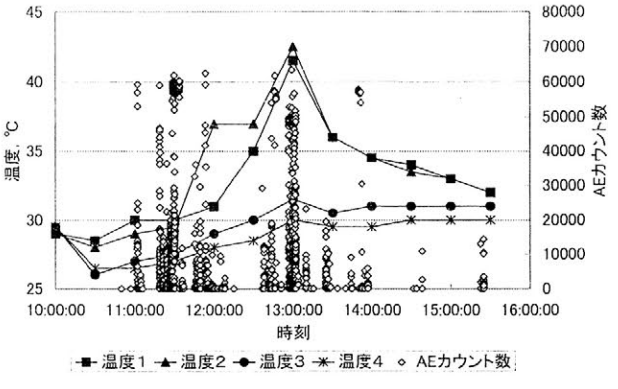



図２　石材の温度変化とAE 発生状況

上げ時の破壊、移動時の破壊など、解体工程における破壊の進展が懸念された。そこで、石室石材と同じ寸法で調製した凝灰岩製の模型に亀裂を作り、石材を治具で把持して吊り上げ、AE の発生状況を測定した（図３）。

図４は、ΠⅢ型治具を用いて天井石を把持した後、吊り上げたときに発生した AE のカウント数とその大きさを測定したものである。天井石には把持方向に直行する方向に亀裂が作られており、天井石を把持した時に AE が計測された。この AE は断裂している亀裂が把持により閉じるときに、断面が擦れ合うことにより発生したものである。把持完了後、一定の圧力で把持している限りは新たな AE の発生は認められなかった。吊り上げに際しても、静かに吊り上げをおこなうことにより AE は発生しなかった。吊り上げた状態でも AE は発生していない。一方、降ろして床面に置いた直後に AE が発生した。これは、石材の下面が床に接触し、自重による荷重が集中することで床面と石材の間の摩擦により生じたものと思われる。今回は把持を解除する際には AE は発生しなかった。図５は、ΠⅢ型治具のみを用いて天井石を吊り上げ、揺動させたときに、石材にどのような影響が生じるかを計測したものである。今回は、把持の時よりも吊り上げ時に AE が発生したが、吊り上がった状態では AE は発生しなかった。その後、上下方向に揺動させたところ、ほとんど AE は発生しなかった。ΠⅢ型治具を用いたこれらの実験結果からは、石材を把持した時と吊り上げた時に AE が発生するが、吊り上げた状態や揺動させた時などにはほとんど AE が発生しないことが明らかとなった。図６はΠⅢ型治具にさらに補助具を取り付けて把持して吊り上げた際の AE の発生状況を示したものである。把持したときおよび吊り上げ時に AE の発生が認められたが、吊り上げた状態および揺動においてはほとんど AE は発生しなかった。

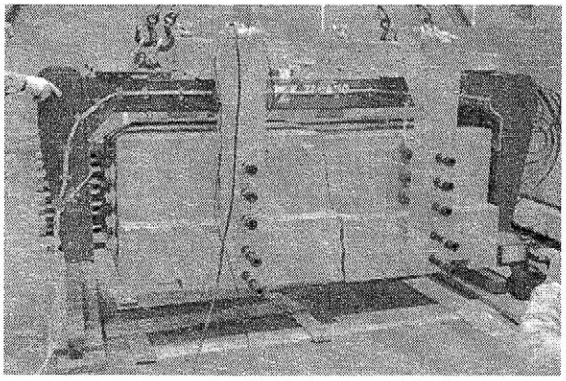


図３　石室石材模型の吊上げ実験

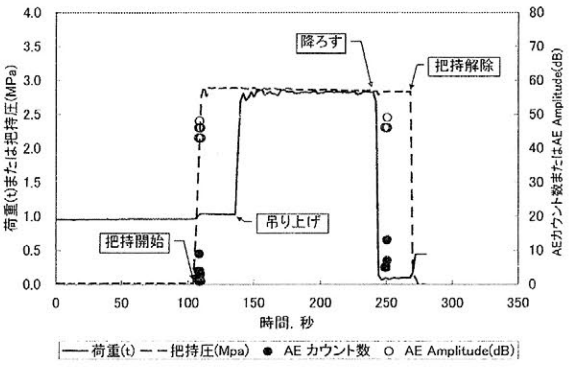



図４　ΠⅢ型治具のみによる吊上げ時の AE 発生状況（揺動なし）

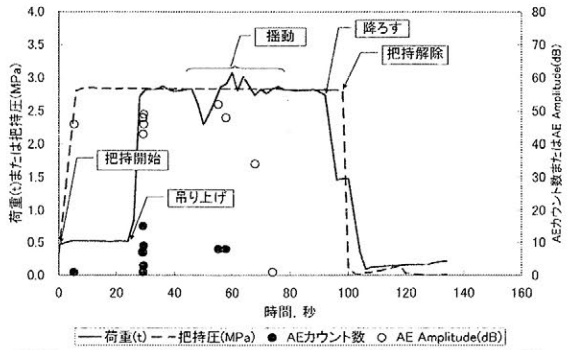



図５　ΠⅢ型治具のみによる吊上げ時の AE 発生状況（揺動あり）

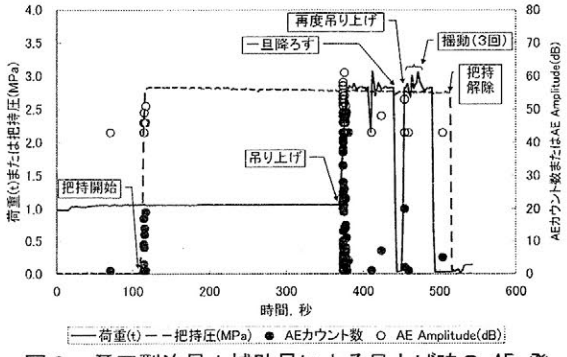



図６　ΠⅢ型治具＋補助具による吊上げ時の AE 発生状況（揺動あり）

謝辞：石室石材模型の吊り上げ実験は、株式会社タダノ技術研究所に全面的な協力をいただきました。ここに心より感謝申し上げます。

※本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（B）（研究代表者:高妻洋成）の交付を受けて実施した。

P-104

# 考古資料における三次元デジタルアーカイブの博物館展示等への活用

○奥山誠義・樋口隆康・寺澤薫・関川尚功・水野敏典（奈良県立橿原考古学研究所）、松田真一・千賀久（奈良県立橿原考古学研究所附属博物館）、森本国宏（奈良教育大学大学院）、青木智史（大阪大学大学院）

## 1　はじめに

文化財の立体的・高精度な記録手段として三次元デジタル技術は広く利用されるようになってきた[i]。我々はこれまでに650面以上に及ぶ銅鏡の三次元計測を実施し、計測精度0.03mmという極めて精密な三次元計測データを用いて、遠隔地に保管されている銅鏡のパソコン上でのバーチャルな比較検討を中心に研究を進めてきた[ii]。現在は銅鏡以外にも塼仏等の他の考古資料についてもデータの蓄積を進めている。本研究の目的から、これまで研究者の研究ツールとして限定して使用してきたが、蓄積した計測データは、研究者だけではなく一般の人々にも還元すべきものであるとの考えから、一般の人々が利用しうる方法を検討した。

## 2　博物館展示等への活用～ソフトの製作と公開～

これまでに、銅鏡の三次元計測データは、これまでも計測データを基に作成したCG画像（陰影図）を実資料と共に並べるなどして展示に供したことがある[iii]。博物館展示では、展示台あるいはケースに越しに覗くというのが一般的なスタイルである。しかしながら、観覧者にはより近くで実物を観たいという希望もある。そこで我々は、銅鏡のひとつひとつの文様を詳細に観てもらい、実際の展示の補助として使用できるよう、また、博物館での展示効果や学習効果を高めることを目的としてソフトの開発を進めた。その初期段階として『デジタル図録～青銅鏡～』を作成し2006年11月中旬より奈良県立橿原考古学研究所附属博物館（情報コーナー）に設置し、利用者からソフトの内容についてアンケートを実施した。ソフトに使用した計測データや情報はこれまでに我々が研究を進めてきたものを使用した[iv]。

## 3　展示とその効果～ソフトの特長と観覧者の反応～

本ソフトの特長は、以下の点である。

① ユニバーサルデザインに基づき、直観的な操作により誰にでも利用しやすいメニューにした。見やすい色づかい、ボタンの大きさ、マウスのクリック一つで操作が可能になるような点を工夫し、コンピュータに触れたことのない人でも抵抗感のないよう配慮した（図1,2）。

② CG画像を単に見るだけでなく、実物の写真を透かしてCG画像を見ることができる（CG透過機能と呼ぶ。図4,6）。
通常の画像の比較は2枚の画像を左右あるいは上下に並列させることを想定するが、本機能では、写真を透かして希望する場所について写真との直接比較ができるようになっている。複数の画像を開かなくても同一画面で観察できるというメリットがある。また、「観る」という受動的な立場ではなく、自らがマウスを操作し「観る」ことで積極的な観察が可能になると考えられる。

③ 学習機能を補強する目的で銅鏡の各部位の名称説明を付けた。さらに観察内容を記録し、自らの学習成果を残すことを目的としてCG画像の印刷機能を持たせている。

公開からおよそ5ヶ月間に集計したアンケートでは、実資料を見るための補助として観察意欲が増すとの評価を得るとともに、CG透過機能に対してはアナログ展示では実現できない部分でのデジタル展示の可能性を示すことができた。今後、博物館等の観覧者の期待に応えうる機能を有する三次元デジタルアーカイブの利用法について検討を重ねたい。

なお、本研究は平成18年度～21年度　文部科学省科学研究費補助金「課題番号18202025」基盤研究A（研究代表樋口隆康）「考古資料における三次元デジタルアーカイブの活用と展開」の成果の一部である。



図1　トップページ



図2　選択した銅鏡が描出される



図3　CG画像



図4　CG透過画像



図5　CG画像の拡大



図6　CG透過画像の拡大

---

i たとえば、水野敏典「三角縁神獣鏡『同笵鏡』における三次元デジタルアーカイブの考古学への応用」『日本文化財科学会第23回大会要旨集』　p306～307　日本文化財科学会　2006　　など

ii 奈良県立橿原考古学研究所　『橿原考古学研究所研究成果第8冊三次元デジタル・アーカイブを活用した古鏡の総合的研究』　2005

iii 特別陳列　「大和の古墳の鏡～宮内庁所蔵鏡を中心に～」　平成17（2005）年2月26日～3月27日　奈良県立橿原考古学研究所附属博物館

iv　iiに同じ

P-105

# シリコーンを使った遺構の立体剥ぎ取り・複製の活用法と保存について

○菅野成則、撫養健至（株式会社スタジオ三十三）、西田巖（佐賀市教育委員会）

## 1．はじめに

「シリコーンを使った立体剥ぎ取り」は、発掘調査において立体的な遺構の保存方法として、遺構の「切り取り」や「取り上げ」などとともに実施例が増えつつある。遺構に合わせた工法や改良点なども紹介されてきた。（斎藤伸治・増田啓　2000. 斎藤伸治・撫養健至・菅野成則・野上建紀　2002）今回は、佐賀市東名遺跡出土の貯蔵穴（遺構）の情報をどのように保存し、活用できるか、また、遺構の一部（立体剥ぎ取り）と遺物（編み物）とを組み合わせることができるかを考えたい。

## 2．立体剥ぎ取り作業

東名遺跡は、佐賀県佐賀市金立町千布の巨勢川調整池建設に伴う発掘で縄文時代早期（約 7000 年前）の貝塚である。今回、剥ぎ取った遺構は編み物が内部に残る貯蔵穴であったが、剥ぎ取り前の事前調査では、遺物を養生し「剥ぎ取り＋型取り」の手法を応用し、編み物はレプリカに仕上げる方法を考えていた。しかし、遺物が脆弱であり、型取りが劣化の促進につながる可能性が考えられるため、貯蔵穴の掘り方及び断面のみを剥ぎ取ることとなった。剥ぎ取り後、遺物部分を取り上げ保存処理を行なった。立体剥ぎ取り作業の工程は以下のとおりである。

（1）作業前の状況を確認し、計測及び撮影を行なう。
（2）遺物（編み物）部分の養生を行なう。
（3）高強度シリコーン（信越 KE1414）を剥ぎ取り面に塗布。
（4）ポリエステル樹脂を積層し、バックアップ型を作る。
（5）変形防止用に角材などで補強を行ない、遺構の傾きなどを計測し、脱型。
（6）剥ぎ取った土面にポリエステル樹脂を塗布し、ガラス繊維の積層及び角材の補強。
（7）剥ぎ取り面の調整及び仕上げ。

## 3．遺構・遺物の保存

発掘調査では、遺構の保存方法として主に用いられるのは「切り取り」や「取り上げ」である。しかし、小さく脆弱な遺物にはこの方法は有効であるが、大型の遺物及び遺構の場合には現場作業時の破損のリスクは大きく、また含浸処理後の重量の重さとその後の移動などに問題が生じる場合も多い。それに対して「立体剥ぎ取り」は大型遺構にも対応し、また施工後の強度並びに軽量という点では前述の方法よりも有効である場合多い。ただし、遺物及び遺構が施工時の樹脂類などの重みに耐えられるだけの強度をもっていることが大前提となる。

今回は、遺構のもつ情報を最大限に残し保存することを目的とし、相反する状態のものをそれぞれの有効な特徴を生かし処理及び施工を行なうこととした。

## 4．それぞれの活用

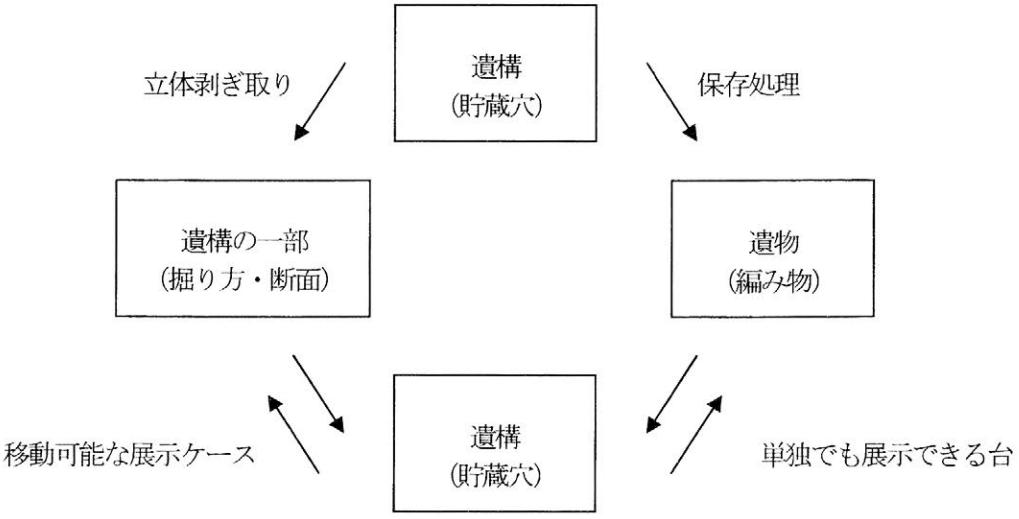
昨年度は、それぞれ遺構遺物の処理及び施工が終了し、現在は別々に保管されている状況であるが、今後何らかの方法でこの２つのもつ情報を組み合わせて本来の遺構（貯蔵穴）としての情報を引き出し、また保存していかなければならない。そのために次のような条件が考えられる。

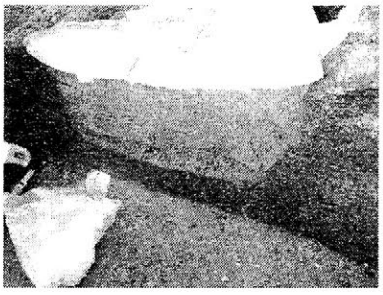
・遺物（編み物：実物資料）と遺構の一部（掘り方及び断面：剥ぎ取り）がいつでも切り離すことができる。
・それぞれが一体であるときの保存・展示環境の安定

この２つの条件を満たすための方法として、遺物（実物資料）の単独での安定する展示台の必要性と遺構の一部（剥ぎ取り）から簡易に遺物を取り外しできる状態に設定する必要性が考えられる。

５．まとめ

文化財保存科学においてのそれぞれの遺跡・遺構・遺物に適した処理及び処置を行うことは前提と考え、今回の例をもとに、この立体剥ぎ取りを活用して遺物を含む遺構全体を保存する方法に取り組んでいきたい。



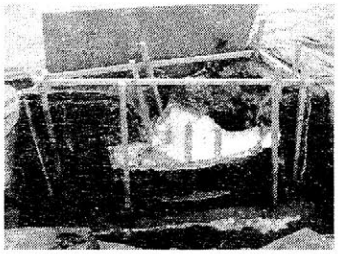
遺構断面



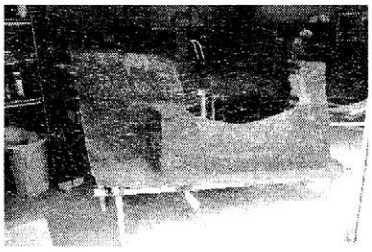
編み物と掘り方



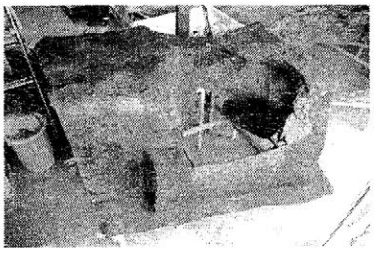
編み物と掘り方



立体剥ぎ取り作業



立体剥ぎ取り完成



立体剥ぎ取り完成

斎藤伸治・増田啓　2000『シリコーンを使った遺構の立体剥ぎ取り・複製』「文化財保存修復学会第 22 回大会講演要旨集」p.130～131

斎藤伸治・撫養健至・菅野成則・野上建紀　2002『シリコーンを使った遺構の立体剥ぎ取り・複製２』「文化財保存修復学会第 24 回大会講演要旨集」p.164～165

P-106

# 科学分析用土壌試料の採取・保存および その教育資料としての利用

○ 須永薫子(東京農工大学) 若月利之(近畿大学農学部)
平山良治((独)国立科学博物館筑波実験植物園)

## 1)目的および背景

近年、発掘調査が活発に行われるに伴い、さまざまな理化学的分析がおこなわれている。理化学的研究は、出土遺物や植物遺体等、土壌から採取できる対象物への分析が盛んに行われる一方で、現在は土壌そのものから様々な情報を得られることが認識されつつある。プラントオパールや花粉等の微化石やリン・有機化合物の同定など土壌化学性、さらに土壌物理性や土壌微細形態などの解析は、土壌そのものを対象とする分析研究である。

遺跡の発掘調査は、調査され報告されることにより多大な貢献がある一方で、調査もしくはその後の開発により様々な情報をもった「遺跡」自体が消失することは、自明の理である。著者らは土壌を研究対象としており、幸いにも土壌について調査できた遺跡がある一方で、他の遺跡との比較を望んでも、すでに調査された遺跡では土壌試料を改めて入手することは不可能である。仮に土壌試料が採取されていても、分析に供することはできない場合が多い。この原因として、最も重要な点は、どこで採取したのかがわからないことである。次に重要な点は、採取方法、採取過程を確認できないことによる。分析を行う当事者が自らサンプリングするのは、そのサンプルがどのような調査が行われ、調査地点のどこから、どのように採取したのか、採取後の汚染はないかを正確に把握するためであり、これらの情報は科学分析に供する試料に不可欠な情報である。

また、近年予算の削減とともに十分な調査費用が確保できない遺跡が多くなっている。このため誠実な調査が行われる一方で、未調査、未検討のまま多くの情報が失われる危険性が高まっている。こうした状況下では、遺物・遺構調査に比べ従来からの考古学的価値が低く、かつ専門家による採取や分析を求められる土壌試料は保存対象として取り扱われていないのが実情である。さらに土壌試料採取・保存がおこなわれないことの原因は、無数にある科学分析により採取方法や保存方法が異なること。採取後の保存方法の一般化が行われていないこと。保存後の汚染を排除することが困難なこと。保存スペースの確保が困難なこと。分析に供されないかもしれない状況下ではその保存価値があるのかどうか疑問視されること等の問題点が挙げられる。

著者らはこれまで遺構から土壌試料を採取し、微化石分析をはじめ理化学性の分析、土壌微細形態学的観察等を行ってきた(須永薫子(2003))。そこで、土壌試料採取に関するこれらの問題をできる限り軽減する採取方法の検討を行った。

## 2)採取保存方法

大きさ7.5×12.5×8cm、ステンレス製不撹乱土壌試料採取器(商品名:セグメント スナガ環境測設(株)製造、以下ボックス資料と称す)を用いて、土壌を採取した。採取する際は、不撹乱土壌試料採採取補助器(商品名:ガバト スナガ環境測設(株)製造)を使用し、ハンマーを用いて採取した。採取後は透明樹脂(アクリル)製のふたを絶縁ビニールテープで固定し、保存した。

なお、土壌試料はふたを開けて乾燥を行い、一般的な土壌分析用試料として保管にもちいる水分量(風乾土の状態)にし、ふたたびふたをして保管した。

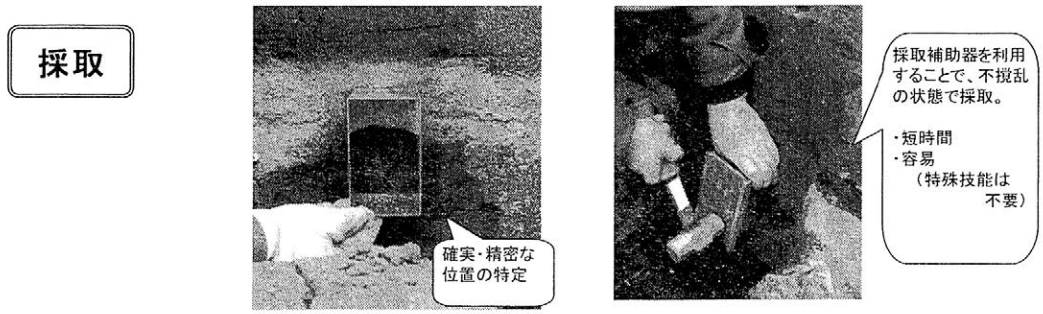
## 3)結果および考察

本方法は、採取にあたって特別な知識や熟練の技は必要としないため容易かつ短時間で採取することができた。保管にあたってスペースは小さく、運搬も容易であった。また、採取時および保存時の汚染が極少なく、長期間保存が可能であった。詳細な位置の特定が可能であり、目的・用

途に応じた理化学分析用試料として再採取が可能であった。さらに、ボックス資料は保存中も展示観察資料として利用でき、大学講義における土壌教育用に使用することができた。

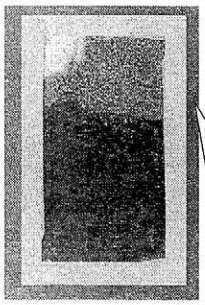
土壌は微地形によってその性質は変化する。特に遺跡は複雑な堆積環境下であるため数mの差で大きく土壌は異なる。本方法を用いることでボックス資料から複数枚の剥ぎ取り標本（土壌モノリス）を再構築することができた。また、残りの土壌は化学分析、微細形態観察等の物理的な実験が行えることがわかった。本方法は、厳密に同一地点から複数の土壌モノリスを採取できることから、保存資料、展示資料としての利用のみならず、軽量であることから貸し出し資料として小中学校の考古学教育、地学教育に利用できると考えられる。

| | 問題点 | 改善点 |
|---|---|---|
| 採取 | 採取位置の特定が困難 | 採取地点、精密な位置を特定可能 |
| | 採取時の汚染（スコップなど、他の層位からの混入） | 土壌試料と直接接触がなく、採取時の汚染を回避 |
| | 分析に即した採取方法をするため技術者が採取 | 目的に合わせた再採取が可能 |
| | 分析技術者によるサンプリング | 容易・短時間・自分で採取できる |




大きさ7.5×12.5×8cm、ステンレス製不撹乱土壌試料採取器（商品名：セグメント　スナガ環境測設（株）製造）で採取。
土壌を採取採取する際は、不撹乱土壌試料採取補助器（商品名：ガバト　スナガ環境測設（株）製造）を使用。

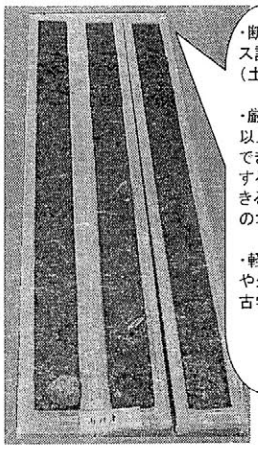
| | 問題点 | 改善点 |
|---|---|---|
| 保管時 | 保存時の汚染 | 密閉保存可能→外部からの汚染を低減 |
| | 湿潤温暖な状態の保存→微生物等により変質する。 | ボックス内での試料の移動はほとんどない |
| | | ふたを開けて乾燥→乾燥保存：一般的な土壌試料の保存方法 |
| 保管時の利用 | 分析しない限り利用なし | 透明樹脂でふた→展示・教育資料として利用→内部の確認 |
| 保管時のスペース | 重くて、不定形のため整理できず大きなスペースが必要 | 定型→積み上げ保存可能→省スペース |
| | 分析用途で土壌の必要量が異なる→採取量が一定しない | |



## 保管・保存・資料利用

・ボックスで採取→混合や混入を回避
・乾燥後して保存→一般的な土壌の保存方法
　ボックス内での汚染を回避
・密閉保存→外部からの混入を防止

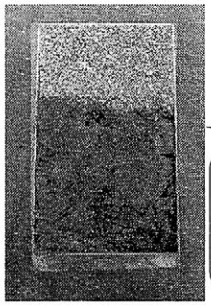
・一定体積、定型のため保管場所→省スペース
・透明なふた→内部の確認
・並べて展示→保存時も教育資料として利用
　他所間を比較展示可能
　土壌の構造・色・質感などを比較観察できる。
・分析者へ移動も容易



・断面にそって採取したボックス試料から土壌剥ぎ取り標本（土壌モノリス）を再構築

・厳密に同一の断面から3枚以上土壌モノリスを作ることができ、その土壌理化学性に関する分析結果を得ることができる。→基準断面として複数の場所で共有できる。

・軽量で移動可能→小中学校や生涯学習用にの貸出。考古学教育・地学教育に利用



## 再分析

分析試料の再採取
・層界から1cmなど
　精密な位置を特定して採取可能
・化学分析・・・中心部から採取で汚染を回避
・物理試験・・・100cc円筒コアで採取可能
・微細形態観察用試料として利用できる

謝辞　本研究を行うにあたり、採取器具の製作および剥ぎ取り標本（土壌モノリス）の作成では須永眞弘氏（スナガ環境測設㈱　TEL027-274-7771 群馬県前橋市青柳町211-1）にご協力をいただいた。

# 広　告



# STOP the 風化

**石材強化剤**

OH100

**石材撥水剤**

290

**強化剤**

OM25　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

倉庫

〒544-0015　大阪市生野区巽南5-9-11　森下通商ビル内

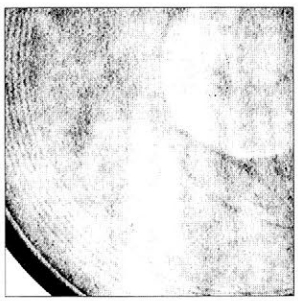
TEL　(06)6796-2381

FAX　(06)6794-0254

# エクスロンのX線検査装置なら
# 文化財・考古学のあらゆる現場に於ける
# X線非破壊検査が確実におこなえます。

## デジタルX線リアルタイム検査システム　Y.IM/3500DD

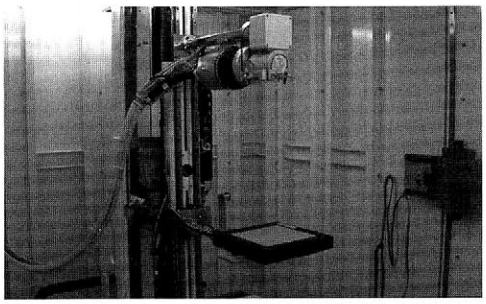
携帯式(SMART300、XPO225)・可搬式(MG)どちらのX線検査装置にも対応する16bitデジタルX線リアルタイム検査システムです。X線吸収差が大きい文化財、考古学品等の画像収集を一度で終了し、ハレーションの少ない画像が得られます。



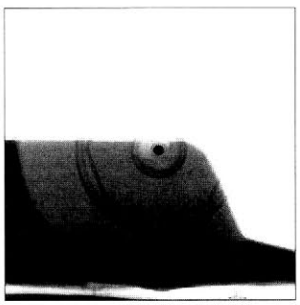
・木材表面の模様



・フラットパネル　XRDシリーズ



・X線装置MG165とXRD0840



・吸収体に隠れた部材も一度に映像化

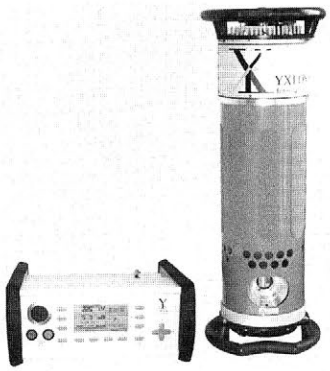
**XRDシリーズ**

| 型　式 | ピクセル数 | ピクセルピッチ | 視　野 | ダイナミックレンジ |
|---|---|---|---|---|
| XRD0840 | 512×512 | 400μm | 約200mm×200mm | 16ビット |
| XRD0820 | 1024×1024 | 200μm | | |
| XRD1640 | 1024×1024 | 400μm | 約400mm×400mm | |
| XRD1620 | 2048×2048 | 200μm | | |

## 高出力・携帯式X線検査装置　XPO225

狭所や高所及び地下等の足場の悪い調査現場における、X線フィルム撮影、デジタルX線リアルタイム検査の高出力X線源として使用できます。

| 項　目 | 仕　様 |
|---|---|
| 出力管電圧 | 25-225kV【1.0kVステップ可変】 |
| 出力管電流 | 0.5-10.0mA【0.1mAステップ可変】 |
| X線管焦点 | 1.5【IEC336準拠】 |
| 発生器外観寸法 | Φ295×805mm |
| 発生器重量 | 28Kg |
| 駆動電源 | AC100V 又は AC200V　50/60Hz |



＊各種X線検査システムを準備しておりますのでご相談下さい。


X線非破壊検査機器の総合メーカー

**エクスロン・インターナショナル株式会社**

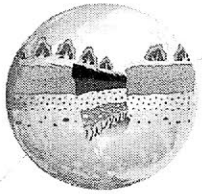
YXLON International K.K.　　http://www.yxlon.co.jp

本　　社　〒140-0013 東京都品川区南大井3-28-10　JK大森ビル１階　TEL 03-5753-6021　FAX 03-5753-6024

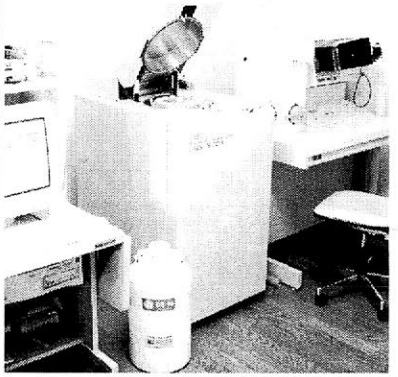
大阪支店　〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13　新大阪御幸ビル2階　TEL 06-6886-5533　FAX 06-6886-5633

## 遺跡の立地と年代を調べる

地形地質調査・分析試料採取・テフラ(火山灰)分析・放射性炭素年代測定・
熱ルミネッセンス(TL)年代測定・光ルミネッセンス(OSL)年代測定

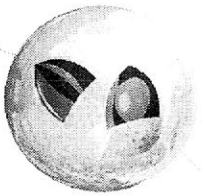


過去の環境を知り
未来を考える



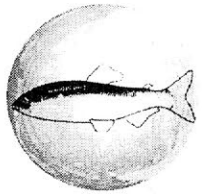
## 遺物を保存する

木製品・種実等の
糖アルコール含浸保存処理



## 古代の食生活を推定する

寄生虫卵分析・
トイレ遺構分析

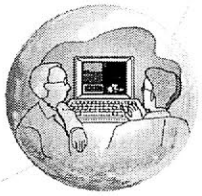




Paleoenvironment
Research Co., Ltd

## 遺物や土壌の科学的特性を探る

蛍光X線分析・土壌理化学分析



## 古環境を復原する

植物珪酸体(プラント・オパール)分析・
花粉分析・樹種同定・珪藻分析・
種実同定・植物遺体DNA分析



※独創的なアイデアを支援する研究助成を行っています。

株式会社
古環境研究所

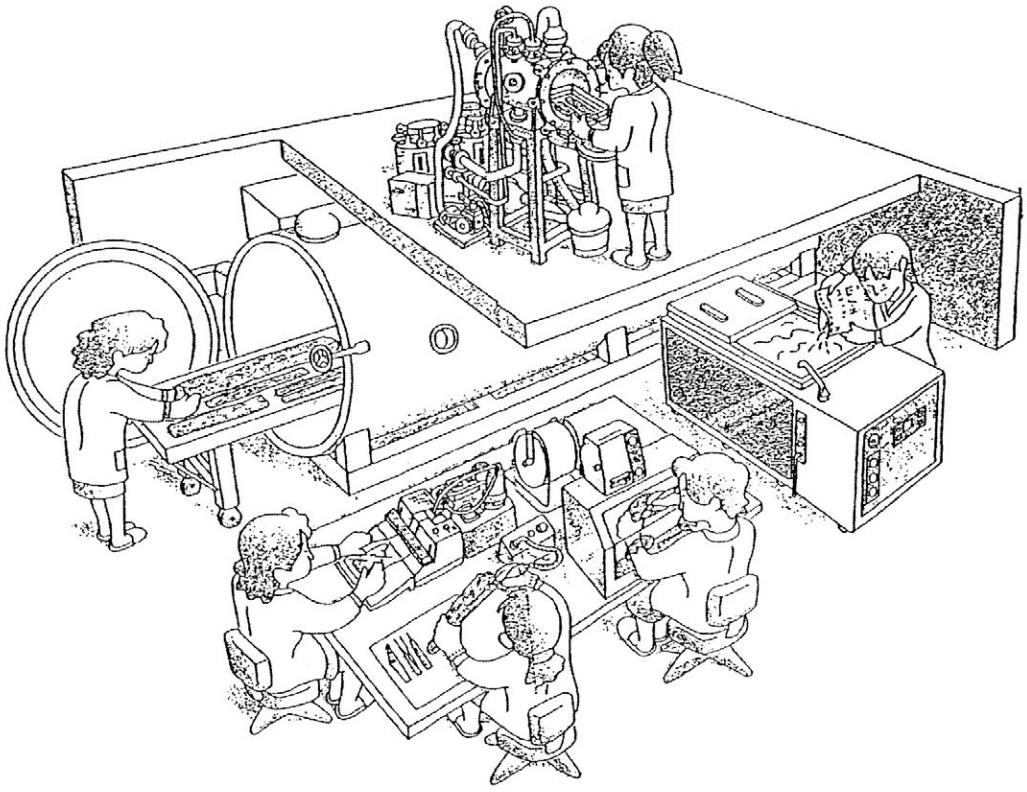
本　社／〒331-0062 埼玉県さいたま市西区土屋1795-24
Tel.048-622-0389・Fax.048-622-9187
研究所／奈良研究所・宮崎研究所
http://www.kokankyo.jp

# 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）

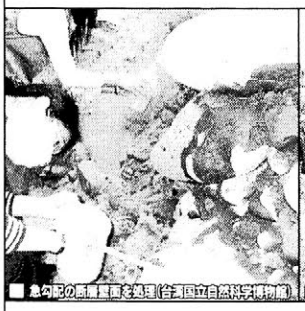


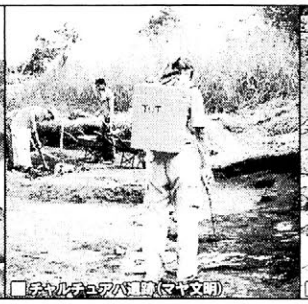

三 恒 商 事 株 式 会 社

〒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

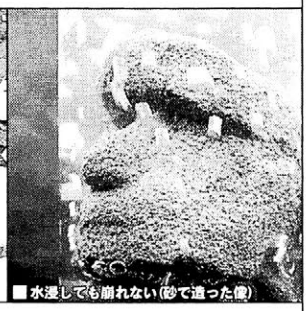
TOT
土と石の強化保存剤

# 風化から文化財を保護する方法をご紹介します


■急勾配の断層壁面を処理（台湾国立自然科学博物館）


■チャルチュアパ遺跡（マヤ文明）

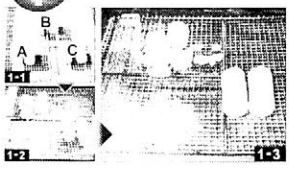

■地盤を高めた遺跡（浄波山高麗墳）


■水浸しても崩れない（砂で造った像）

# すごい！ 3つの 保存効果！

新技術情報提供システム（NETIS）KK-980071 登録
「実は福井」の技No.119 登録

## 野外での耐候性が増し、風化に耐える



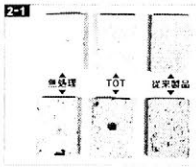

**1-1** 野外風化実験　初日
Aは無処理。Bは表面だけ処理。Cは内部まで含浸処理した試料。

**1-2** 野外風化実験 35日目

**1-3** 野外風化実験 127日目
Aは完全に流出。Bは外郭を留めるだけで内部は流出。Cは原形を保っている。

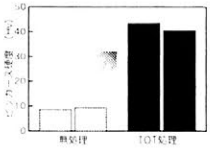
## 処理後の色調や質感をそのまま維持

凝灰岩に対する処理では、従来の製品では多少暗色化する傾向がありますが、TOTではほとんど変化しません。また、表面に膜を張ったり、照りが出るようなこともありません。

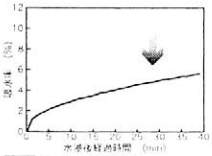



**2-1** 色調実験
従来製品で処理した凝灰岩の試料は無処理と比べ、やや暗色化している。TOTで処理した試料は色調の変化はほとんどない。

## 表面の硬さが増加




**3-1** 表面硬度が増加
TOT処理した試料のビッカース硬度（Hv）は無処理に比べて、約4倍に増加。



**3-2** 吸水率が低下
無処理に比べて、約半分。風化に対しても効果がある。

風化から遺跡を保護
人体や環境に優しいクリーンマテリアル

## 土と石の強化保存剤TOT

- 2kg（シーラーボトル2.5L入り）……¥12,390（税込・送料別）
- 15kg（アトロン缶18L入り）……¥90,300（税込・送料別）
- 16kg（輸出用UN缶20L入り）……¥96,075（税込・送料別）

処理対象例：土や石造りの遺構／石仏・石塔／地震断層の展示など



TANAKA

株式会社 田中地質コンサルタント
〒915-0082 福井県越前市国高2丁目324-7
TEL.0778-25-7000　FAX.0778-25-7001
E-mail:tot@geology.co.jp
http://www.geology.co.jp にて技術資料を掲載中。

MITSUWA RIKAGAKU

# 文化財の科学・保存・修復を お手伝い致します



3次元計測器
三次元デジタイザー

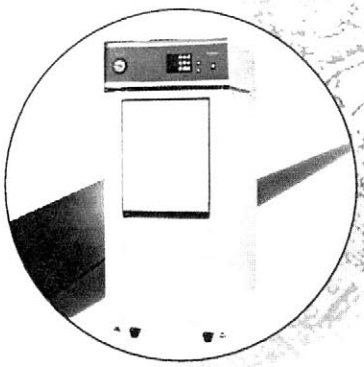


耐光試験機
紫外線強度計照度計

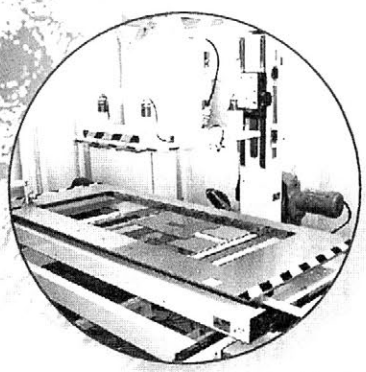


実体顕微鏡
マイクロスコープ
デジタル顕微鏡

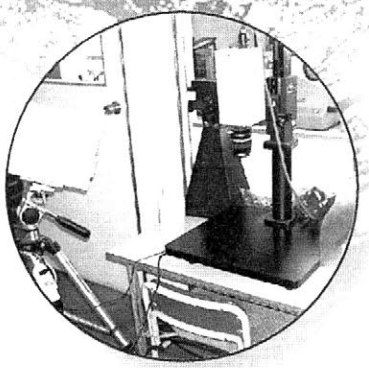




脱塩処理装置
純水製造装置
イオンクロマト
キャピラリー電気泳動
金属含浸装置



X線透過撮影装置
軟X線
高出力透過X線
大型試料室



赤外線カメラ
赤外線カメラシステム
赤外線スキャナー

三ツワ理化学工業株式会社
http://www.mitsuwa.co.jp
〒530-0041 大阪市北区天神橋3-6-24　TEL/06(6351)9677　FAX/06(6351)9694

# 本当のことが知りたい

パレオ・ラボ コンパクトAMS



パレオ・ラボは遺跡出土遺物および
堆積物の自然科学分析を行う会社です。

**分析業務サービス**

| | |
|---|---|
| 年代測定および推定法 | ◎放射性炭素年代測定［加速器質量分析（AMS法）］<br>◎地磁気残留磁化測定［焼成および堆積年代推定］◎火山灰同定［ガラス・重鉱物の屈折率測定など］ |
| 遺物の材質および技法 | ◎土器の材料分析 ［薄片分析・波長分散型蛍光X線分析］ ◎漆・有機物分析［顕微赤外分光分析］<br>◎顔料等分析［蛍光X線分析・X線回折分析］ ◎石器の石材同定［肉眼・薄片分析・蛍光X線分析］<br>◎遺物分析［蛍光X線分析(定性分析・元素マッピング分析)・EPMA分析他］ ◎塗膜分析［塗膜構造・EPMA分析］ |
| 遺物の産地 | ◎黒曜石・サヌカイトの原産地推定［エネルギー分散型蛍光X線分析］<br>◎土器胎土分析［薄片分析・波長分散型蛍光X線分析］ |
| 生業に関わる方法 | ◎プラント・オパール分析 ◎花粉分析 ◎樹種同定 ◎種実同定 ◎獣骨貝類同定<br>◎炭素窒素同位体測定 ◎寄生虫卵分析 |
| 古環境復元 | ◎堆積物の特徴記載 ◎花粉分析 ◎珪藻分析 ◎植物珪酸体分析 ◎大型植物遺体分析（材・種実・葉などを含む）◎有孔虫分析 |
| その他 | ◎ボーリング調査 ◎土層剥ぎ取り ◎土層のデジタル連写撮影 |

上記以外にもご相談に応じますお気軽にお尋ねください。

**株式会社 パレオ・ラボ Paleo Labo Co., Ltd. http://www.paleolabo.jp**

本　　社 335-0016 埼玉県戸田市下前 1-13-22 ピコーズ戸田III 1 F 048-446-2345 E-mail: toda@paleolabo.jp
東 海 支 店 501-6264 岐阜県羽島市小熊町島 5-63 アルビアル羽島 1 F 058-391-0881 E-mail: gifu@paleolabo.jp
AMS 年代測定施設 376-0144 群馬県桐生市黒保根町下田沢 1900-65 0277-96-2088 E-mail: ams@paleolabo.jp


# 若手研究者を支援する研究助成の募集（第３期）

株式会社パレオ・ラボ

1.助成の趣旨

弊社では、平成16年10月、年代測定を目的として$^{14}$C測定専用の加速器質量分析計を導入し、年代測定業務を開始いたしました。これを期に、企業として社会に還元するため、また広く弊社AMS年代測定をご利用いただくため、若手研究者を対象として研究支援事業を第２期に引き続き企画いたしました。

2.応募条件

①現在35歳以下の研究者（定職についていない方）および大学院生（考古学分野2名、自然科学分野2名）
②研究目的が年代測定を必要とするテーマであること
③過去に研究発表１本または論文１編以上を発表した者
④原則として、助成終了後1年以内に研究助成の内容を含む論文または口頭発表を公表すること
⑤研究助成の内容を含む発表および論文執筆の際、パレオ・ラボ若手研究者を支援する研究助成によるものであることを明記すること

3. 支援内容

以下の２項目を支援いたします。
①研究費として15万円を支給
②AMS年代測定10試料を無料測定 ただし、測定期間は下記の期間限定：平成19年9月1日～平成19年10月31日および平成20年4月1日～平成20年8月31日

4.支援期間

平成19年9月1日～平成20年8月31日

5.応募方法

申し込み用紙（弊社指定用紙、弊社HP上からPDFファイルをダウンロード）、履歴書（書式なし、写真添付）、研究実績表（書式なし）を郵送

6. 締切

平成19年7月31日（必着）
お問い合わせ jyosei@paleolabo.jpもしくは058-391-0881担当係（なるべくE-mailをご利用ください）
助成に関する詳細は当社ホームページをご覧下さい http://www.paleolabo.jp

## 日本文化財科学会出版物（バックナンバー）の頒布について

日本文化財科学会出版物（バックナンバー）を入手希望の会員は、書名・号数・冊数・送付先を明記のうえ、葉書、ファクシミリあるいはＥメールで学会事務局にお申し込みください。代金は、図書が到着後に郵便振込みにてお支払いください。

### ■『考古学と自然科学』

- 1、3、8号は在庫がありませんので、コピーでの頒布となります。
- 2、6、7、9号も残部僅少です。
- 各号の内容は、会報第35号あるいはホームページに掲載しています。
- 各号の価格は次のとおりです。

| | | |
|---|---|---|
| 第1号 | 会員価格 | ¥360（定価¥360） |
| 第2、5号 | | ¥420（定価¥525） |
| 第3号 | | ¥390（定価¥390） |
| 第4号 | | ¥504（定価¥630） |
| 第6、7号 | | ¥840（定価¥1,050） |
| 第8号 | | ¥580（定価¥580） |
| 第9～11号 | | ¥1,000（定価¥1,365） |
| 第12～14号 | | ¥1,700（定価¥2,100） |
| 第15～17号 | | ¥1,800（定価¥2,310） |
| 第18～30号 | | ¥2,600（定価¥3,150） |
| 第31・32合併号 | | ¥3,200（定価¥4,080） |
| 第33～39号 | | ¥2,600（定価¥3,150） |
| 第40・41合併号 | | ¥4,200（定価¥5,250） |
| 第42～47号 | | ¥2,600（定価¥3,150） |
| 第48・49号 | | ¥5,200（定価¥6,300） |
| 第50～55号 | | ¥2,600（定価¥3,150） |

### ■『日本文化財科学会会報』

- すべての号が在庫しています。36・37、38・39、42・43は合併号です。
- 価格は1冊¥560（会員価格、定価¥700）、第36・37合併号のみ1冊¥800（会員価格、定価¥1,000）です。
- 第1号～34号の内容は、会報第35号に掲載しています。
- 座談会「日本文化財科学会の15年」を第38・39合併号に収録しています。
- 2000年度公開講演会『古代都市・飛鳥の謎はどこまで解けるか−考古学・歴史学が文化財科学に望むもの−』の記録を第41号に収録しています。
- 2001年度公開講演会『考古科学の最前線−飛鳥に迫る文化財科学−』の記録を第45号に収録しています。
- 2002年度公開講演会『考古科学の最前線－博多湾沿岸をめぐる国際交流−』の記録を第46号に収録しています。

■『日本文化財科学会研究発表要旨集』

・ 第1回、第5回、第6回、第9回、第12回、第13回、第15回は在庫がありませんので、コピーでの頒布となります。

・ 各号の価格は次のとおりです。

| | | |
|---|---|---|
| 第 1 回 | 会員価格 | ¥240（定価¥240） |
| 第 5 回 | | ¥350（定価¥350） |
| 第 6 回 | | ¥490（定価¥490） |
| 第 9 回 | | ¥640（定価¥640） |
| 第 13 回 | | ¥1,100（定価 1,100） |
| 第 15 回 | | ¥1,210（定価¥1,210） |
| 第 2、3、4、7、8、10 回 | | ¥800（定価¥1,000） |
| 第 11〜23 回（第 12・13・15 回を除く） | | ¥1,600（定価¥2,000） |

・ 第18回大会特別セッション「21世紀の文化財科学」の記録は会報第42・43合併号に収録しています。

・ 第19回大会記念講演「胎土分析30年をかえりみて」の記録は会報第44号に収録しています。

■『文化財科学文献目録』

・ 前後編セットは、1917年より1990年までに発表された論文11,000件を網羅しています。
1セット¥4,000（会員価格、定価¥5,000）です。

・ 補遺1は、1991年より1998年までの発表論文約9,000件を掲載しています。
1冊¥2,400（会員価格、定価¥3,000）です。

・ 補遺1は『考古学と自然科学』40・41合併号にも含まれています。

・ データベース（CD-ROM）は前年度までの発表論文を収録しています。
1枚¥5,000（会員価格、定価¥5,500）です。

■『科学が解き明かす古墳時代』（日本文化財科学会設立10周年記念シンポジウム）

・ 1冊¥560（会員価格、定価¥700）です。

・ 残部僅少ですが、加筆・改訂された論文が『考古学と自然科学』第31・32合併号に収録されています。

■『それは何年前のこと？−遺跡・遺物の年代決定に挑む−』
（日本文化財科学会設立15周年記念シンポジウム）

・ 1冊¥560（会員価格、定価¥700）です。