ポスター発表

会場

弘前大学総合教育棟

3 階（309、310、318、319、320）

日時

7 月 6 日（土）16:00～17:00（奇数番号）

7 月 7 日（日）13:00～14:00（偶数番号）

縄文土器における器種の使い分け

Vessel types and their use in Jomon Pottery

○西田泰民（新潟県立歴史博物館）、オリヴァー・クレイグ（ヨーク大学）、
カール・ヘロン（ブラッドフォード大学）、ヘイリー・ソール（ヨーク大学）
○Yastami Nishida (Niigata prefectural museum of history), Oliver Craig (University of York),
Carl Heron (Bradford University), Hayley Saul (University of York)

1. 目的

縄文時代の土器は、深鉢が主体を占めるのを特徴とするが、特に後期以降に器形のバラエティを増したことはよく知られている。また、同時に東日本では文様施文や表面の調整に手間をかけた装飾性の高い土器と、無文あるいは縄文のみなど装飾性の低い土器の分化も明確に見られる。この両者の違いは用途を反映しているとされ、前者は祭祀用、後者は日常用という解釈が一般的である。しかし、具体的にその内容物を復元し、両者の用途の違いを示した研究事例はこれまでなかった。

本研究は装飾系土器と非装飾系土器両者の土器付着炭化物について化学分析、植物微化石分析を適用し、内容物の推定を行い、両者にどのような違いがあったのかを検討する。

2 試料と方法

分析対象としたのは、新潟県胎内市野地遺跡出土の縄文時代後期後半より晩期前半の土器群である。野地遺跡は2005～2006年に(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団が発掘調査を行った低湿地遺跡で、住居、墓坑、堅果類処理跡などが検出された。

出土土器のうち、炭化付着物が良好に残る土器の中から、装飾系土器11点、非装飾系土器14点の炭化物を西田が採取した。時期は加曽利B2式併行期から大洞BC式である。

これらのサンプルについて、1 バルク（全試料）安定同位体分析、2 単一化合物安定同位体分析、3 バイオマーカー分析、4 残存デンプン粒分析、5 植物珪酸体分析を行った。これらの分析のうち1はブラッドフォード大学、2～5はヨーク大学において行なわれた。化学分析の方法はCraigほか(2007)、植物微化石分析はSaulほか(2012)と同じである。なお、2の分析が行われたのは十分な量の脂質が抽出できた試料のみである。

3 結果

バルク安定同位体分析の結果、両者には重なる部分もあるが、明瞭な違いが認められた（図1）。装飾系土器はより海産物に近い値を示し、一方で非装飾系土器は陸上資源に近い値を示した。デンプン量の多い堅果類を多く調理したとみられる個体も非装飾系土器群に多い。バイオマーカー分析では、水性動物が調理されたことを示すマーカーが、装飾系土器では7点、非装飾系土器では2点で認められた。さらに、単一化合物安定同位体分析でも、装飾系土器の殆どは海産物の領域、非装飾系土器はそれ以外の領域の値を示した。一方、ニホンジカ・カモシカなど反芻動物の領域の値を示した例はなかった(図2)。

これらの結果は、装飾系土器と非装飾系土器の内容物が異なっていたことを示してはいるが、通説通り、それが儀礼用、日常用という区分けであったかについては、別な方法による検討が必要であろう。

From the Late Jomon period, the division of elaborately decorated and less decorated pottery became apparent. The former has been interpreted as ritual pot and the latter as utilitarian pot. Yet, there has been no study to investigate this matter using scientific analyses.

Using the foodcrusts of pottery from Yachi site in Tainai city which belongs to Late Jomon to Final Jomon as samples, we have applied bulk stable isotope analysis, single compound isotope analysis, bio-marker analysis and plant microfossil analyses, to consider whether there were differences in those pottery regarding their usage.

The results showed that marine resource was apparently more cooked in decorated pots, and it is clear that there were differences in the usage of the two categories of pots.

Craig O. ほか 2007 Molecular and Isotopic Demonstration of the Processing of Aquatic Products in Northern European Prehistoric Pottery, *Archaeometry* 49-1, p.135-142

Saul H. ほか 2012 A Systematic Approach to the Recovery and Identification of Starches from Carbonised Deposits on Ceramic Vessels, *Journal of Archaeological Science* 39-12, p.3483-3492.

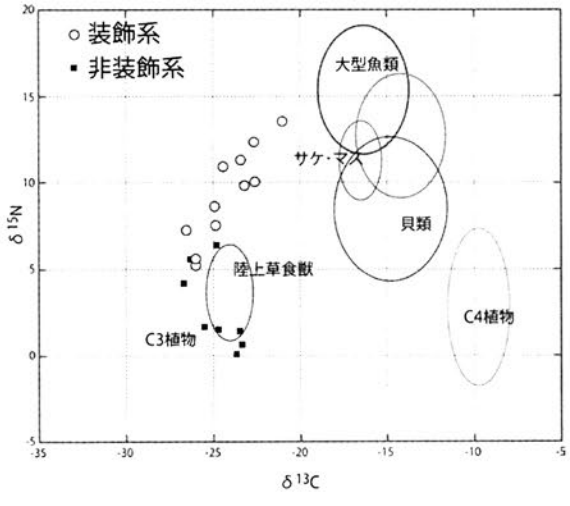


図１ バルク安定同位体分析結果

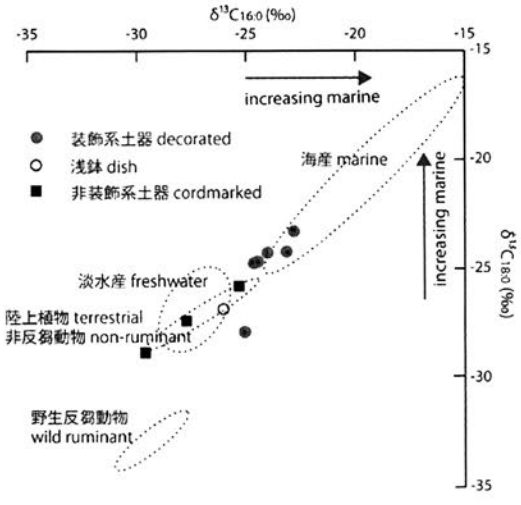


図２ 単一化合物安定同位体分析結果

世界遺産石見銀山遺跡における間歩調査の取り組み

Approach for investigation of the silver mining in World Heritage Iwami GINZAN silver mine site

○ 鳥越俊行(九州国立博物館)、 井澤英二(九州大学)、中西哲也(九州大学総合研究博物館)、久間英樹(松江工業高等専門学校)、間野大丞(島根県教育庁)、中田健一(島根県大田市教育委員会)

○ Toshiyuki TORIGOE(Kyushu National Museum), Eiji IZAWA(Kyushu University) , Tetsuya NAKANISHI(Kyushu University Museum), Hideki KUMA(Matsue College of Technology), Daisuke MANO(Shimane Pref. Board of Education), Ken-ichi NAKATA(Ohda City Board of Education)

1．はじめに

石見銀山遺跡では、銀生産に関する遺構などの発掘調査を中心に、出土品の科学調査、古文書等文献調査、間歩(採掘坑道)調査、墓石などの石造物調査、銀輸送に関する街道調査などの総合的な学術調査が実施されている。2007 年に、それらの成果をふまえ世界遺産に登録された。石見銀山遺跡での総合調査の中で、銀生産に関する採掘関係を対象とする間歩調査では、東西約２キロ、南北約１キロの範囲において、平成９年度から 14 年度まで、坑口の位置、形状や分布域を知ることを目的に地表踏査が行われ、数百箇所の坑口や露頭採掘跡を確認し、報告書が作成された。このときの調査では、一部の坑道内についてはビデオ撮影を行ったが、大半の坑道は地表の採掘跡を中心に鉱口のみの調査であったため、坑道内の状況把握が今後の課題として残っている。また、隣接鉱区は鉱業権の関係で未調査であったため、この範囲における踏査も必要とされていた。

近年、隣接鉱区が抹消されたこと、以前の調査から 10 年以上が経過し坑口の埋没が進んでいることなどの理由により、新たに島根県教育委員会が平成 23 年度から５年計画で間歩調査を行うこととなった。未調査の 180ha の地表踏査や、坑道内部の形状を記録するロボット技術の導入により新たな成果が得られつつあるため、今回報告を行う。

2．調査方法と成果

間歩調査は、島根県教育委員会が大田市教育委員会の協力ならびに専門家の指導助言を得て実施しており、現地踏査が必要な箇所については地元の会社に委託して調査を進めている。この分布調査は、1/500 の地形測量図を基に、個々の坑道ごとに坑道の大きさ、埋没状況、坑道方向、地質等を現地踏査で調べ、写真を撮影して調査票を作成しており、現状把握や安全管理に役立てている。

これまでの調査で、地表の分布調査から新たに約 40 の鉱口が見つかり、試掘を含めた採

掘範囲が従来の想定より広がることが確認された。また、銀を産出しない場所からいくつもの坑口が見つかり、文献に記された銀製錬で用いるマンガンを含む熔剤を採掘していたことが確認された。坑道内のロボット調査は、新たに見つかった斜坑について行い、坑道の形状、大きさ、傾斜などのデータを得た。

図１　石見銀山遺跡での間歩調査における調査例

３．まとめ

世界遺産として日本の鉱山遺跡を代表する石見銀山では、遺跡の調査に新たな調査法を取り入れながら、これからもほかの鉱山遺跡の参考となるような成果や情報を発信していくべく調査を継続している。現在調査の進んでいる間歩調査は、坑内の様子などの調査成果を映像や三次元模型などとして活用を図っていきたい。

参考文献

島根県教育委員会編　石見銀山遺跡間歩調査報告書　1999 年
島根県教育委員会編　石見銀山遺跡調査ノート６　2007 年

近代墨型資料より検出した膠の動物種の特定とその歴史的意義

Identification of animal species of animal glue remained in the wooden molds used to make ink sticks during the early Showa Period

○六車美保、河原一樹、松尾良樹、宮路淳子(奈良女子大学)
○Miho Muguruma, Kazuki Kawahara, Yoshiki Matsuo, Atsuko Miyaj（Nara Women's University）

1. はじめに

墨は煤と膠を主原料とし、少量の香料を加えて造られる。自然科学的手法を用いた墨に関する研究は、煤に関するものが多い。膠に関する研究は、保存修復の立場からの粘度等に関する研究は進んでいるが、墨に用いられる膠の原料動物についてはほとんど解明されていない。墨に用いられた膠の原料動物を明らかにすることにより、従来文献史料や伝承に頼らざるを得なかった製墨法の一端を知ることができる。

しかし墨の入手は時代を遡るごとに困難になる。古い時代の墨資料の欠如を補うものの一つに墨書木器がある。本報告では墨書木器に残存する膠の動物種を同定するため、墨型を対象として分析を行う。墨型は使用されている間、繰り返し墨と接する。そのため、墨書木器に比べて墨・膠の残存量が多く、動物種を特定するための実験試料として適当であると考え、質量分析法を用いて墨型に残存する動物原料の特定を試みた。

2. 試料について

試料には、奈良女子大学異分野融合プロジェクト（代表：宮路淳子）が所蔵する、明治時代から昭和初期に製造されたと考えられる墨型を用いた（註1）。墨型は、胴・ちきり・上蓋・下蓋で一組になる。今回試料として、墨の残存量が高いと考えられる墨型の蓋を用いた（図 1）。蓋の部分には「全購販連」と陰刻されている。「全購販連」とは全国購買販売組織の略称であり、その名称が用いられたのは昭和 16 年から 18 年の約 2 年間であることから（註3）、使用時期は昭和 16 年から 18 年にほぼ限定できる。

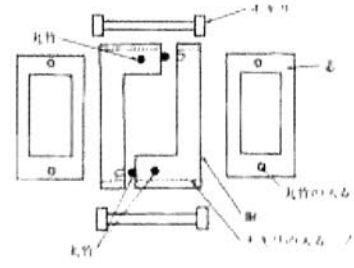


図1　墨型（三枚型）

3. 実験方法

質量分析に供する試料として、墨型表面に残存する墨を約 10mg 採取し、乳鉢中で 100 mM 炭酸水素アンモニウム（NH_4HCO_3）緩衝液 2 mL と混合させ墨汁液状にした。得られた溶液を、シリンジフィルター（Whatmann/GDX-PTEE 0.2 μm 径）で濾過し、濾液を 1 時間 60 °C で振盪し、室温に冷却後、50 μL の溶液に対して 2 μL の蛋白質分解酵素トリプシン溶液（0.2 μg/μl）を加えて、37 °C で 24 時間、酵素消化した。得られるペプチド混合物の溶液 10 μL に対して 50 μL の 0.1%トリフルオロ酢酸水溶液を加えて溶液を酸性にし、ZipTip-C18 カラムで脱塩した後に得られる溶液 0.5 μL を MALDI サンプルプレート上で 0.5 μL のマトリックス溶液（α-シアノ-p-ヒドロキシ桂皮酸のアセトニトリル溶液）と混ぜてから乾燥させ、MALDI タンデム飛行時間型（TOF/TOF）質量分析装置（AXIMA Performance; Shimadzu/Kratos, Manchester, UK）を用いて、質量分析測定を行った。

4. 結果

墨型表面から抽出された膠の酵素処理後に得られるペプチド混合物を MALDI-TOF 質量分析した結果を図3（A）に示す。得られたスペクトルを、以前に報告したウシ、スイギュウ、シカ、ウマ、サカナ（ニベ）などの各種生物を原料として製造された膠の同様の実験結果と比較したところ(註4)、

不純物に由来する数本のピークを除いて、観測されたピークの全てがスイギュウ膠の相当するピークと誤差の範囲内で一致した。特に、*m/z* 1455 のピークはスイギュウに特異的に観測されるピークであり、近縁であるウシには観測されない（註５）。このことから、今回分析に供した膠は、スイギュウが原料として使用されている可能性が極めて高い。

５. 考察

明治維新後、国内産業の勃興などに伴い膠の需要が増してくると、洋膠の輸入だけでなく膠原料も海外から輸入するようになる。墨型が用いられたと考えられる昭和 16 年から 18 年にかけては、第二次世界大戦による戦局の悪化に伴い、様々な物資の調達が困難になってきている時期であり、膠原料も例外ではなかった。そのような厳しい時期にあっても海外から原料を輸入し、膠を製造し、墨造りを続けていたことが分かる。史料によれば、輸入先としては中国・インド・タイ・フィリピンなどが挙げられている（註６）。日本には大量の水牛の皮を入手できるような水牛の生息地は存在しないため、今回検出された膠は、先述した東南アジア地域から原料を輸入して製造された膠であると考えられる。

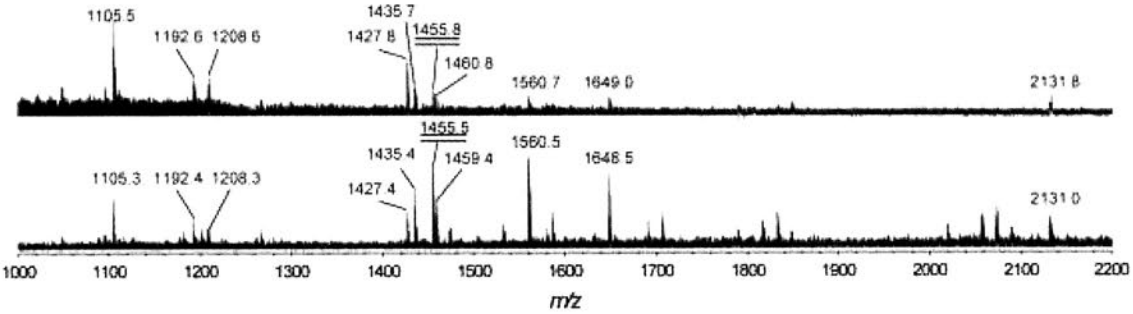


図3. 墨型表面より抽出した膠（A）及び水牛を原料とする膠（B）のトリプシン消化物の MALDI-TOF 質量スペクトル（*m/z* 1000–2200 の領域を拡大して示す）

６. おわりに

今回の報告では、①木器のうち、墨と接する機会が最も多い墨型からは膠原料の動物種の特定が可能である、②試料とした昭和 16 年～18 年の墨は海外から輸入された原料動物（スイギュウ）をもとに造られた膠を使用していたことを明らかにした。墨に用いられる膠については、原料動物のほとんどは牛であると言われていたが、文献史料と質量分析法により、スイギュウが原料となった事例を示し得た。今後はさらに分析事例を増やし、膠の動物種の特定を通じて各地域の製墨技術やその交流の様子を明らかにしていきたい。

註

1）墨型の詳細については、六車美保「近代の墨型資料」『異分野融合プロジェクト成果報告書』 2012 年を参考。

2）松井茂雄『The 墨』日貿出版社 1983 年

3）全国農業協同組合連合会『全販連史 完結編』 1985 年

4）宮路淳子他「膠のコラーゲンの MALDI 質量分析による動物種の同定」『日本文化財科学会第 27 回大会研究発表要旨集』 p66-p67 2010 年

5）文化財保存修復学会第 35 回大会（河原他 2013）にて発表予定。

6）臼井寿光「戦時統制下の和膠業（1）―和膠の沿革と技術的概要―」部落解放研究 78 号 1991 年

空調設備のない保存施設を有する装飾古墳の公開方法について ～熊本県玉名市所在・国史跡大坊古墳での試み～

The way of opening decorated tumulus to the public at a conservation facility without an air conditione ～Attempt at National historic monument Daibo tumulus Tamana-city ,Kumamoto Prefecture～

○坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、池田朋生（同左）、末永崇（玉名市教育員会文化課）、小椋大輔（京都大学）

○Keitaro Sakaguchi, Tomoo Ikeda(Kumamoto Prefectural Decorated Tumulus Museum), Satoshi Suenaga(Tamana educational member meeting Cultural Affairs Division), Daisuke Ogura(Kyoto University)

1．経緯　熊本県立装飾古墳館では、2007 年 1 月から、装飾古墳館（以下、古墳館とする）外にある凝灰岩製レプリカ、横山古墳（古墳館移設）、塚坊主古墳（和水町）を対象に、保存施設内環境のモニタリングを実施してきた（池田・菊川・朽津 2009）。この 3 箇所のデータから、保存施設の見学室と古墳館の外気温の温湿度データが一致した時期（10 月中旬～11 月上旬）を装飾古墳の公開期間として始めて提示、2009 年 11 月 3 日から、熊本県下では初となる第一回菊池川流域装飾古墳一斉公開を実施した。2010 年からは、一斉公開を予定する古墳の公開時の入室の影響を見るため、見学室や玄室の短期間の温度データの取得を開始した。短期の計測期間間隔は 5 分、通年は 1 時間とした。2012 年からは、公開を予定する古墳内の温湿度環境の基本特性を把握するため、通年の長期と公開時のみの短期の観測データの両方を取得した。この際、大坊古墳とチブサン古墳の二箇所で、見学室の急激な温度上昇が認められた。（古代の森協議会編 2011）そこで、見学者の環境改善と壁画のある装飾古墳内部への熱的影響を軽減することを目的とした対策に取り組むこととなった。今回は、玄室内の温度取得で協力が得られた大坊古墳（玉名市）のみを対象とする。

2　対象（大坊古墳の保存施設と周囲の概況・図 1）　大坊古墳は、1978 年に保存施設が完成した（1979）。コンクリート製の庇を持ちほぼ西向きの狭い入口をもつ。内部施設は鉄製扉で仕切られたコンクリート躯体に発泡ウレタンで断熱した保護室と見学室を持つ。見学室と装飾がある玄室側（以下保存室と言う）は強化ガラス扉で仕切られ、ほぼ密閉状態にあると考えられる。周辺が軟弱地盤であることから、外観はコンクリートの擁壁が目立つが、南側に民家が接し、前方後円墳の墳丘がある北側周囲は竹林が隣接する。一斉公開以前から 10 月半ばの日曜の一日、定期公開を行ってきた実績がある。

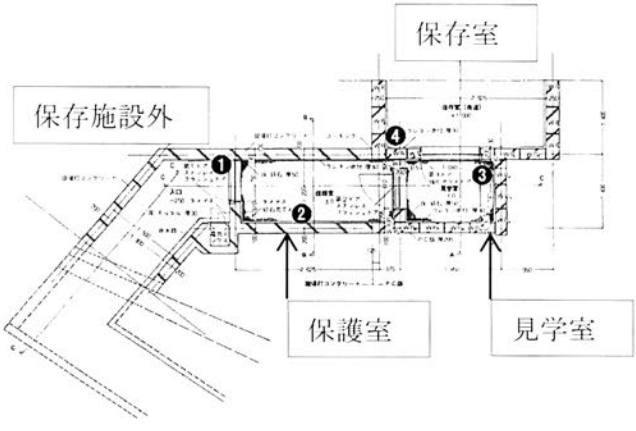


図 1 大坊古墳データロガー設置位置図　①②③④…Onset 社 HOBOPro - v2

3　結果（2011 年 10 月の公開時・図 2）と 2013 年 3 月の新たな公開方法実施時・図 3）） 2011 年 10 月 22 日と 23 日の公開では、22 日に 128 人、23 日に 122 人の見学者がほぼ間断なくこの古墳を訪れている。公開前の見学室の温度は 23,3℃であり 22 日は、最高 30.9℃まで上昇した。23 日は 24.9℃から最高温度が 31.0℃まで上昇し、24.1℃付近まで下がるのが 10

月 27 日の午前時過ぎでありこの後ほぼフラットに近くなり、その後緩やかに低下している。これは公開等による蓄熱の影響であり、公開前と公開後のこの時点の温度差はは約 0.7℃であった。この時は保護室と見学室の扉は入室時以外には閉め切るという従来の手順に沿った。保存室内の温度は未測定のため、内部の温度上昇は不明である。2013 年 3 月 19 日午後には、約 1 時間 2 名による点検を実施した。その結果 1 時間の間に約 6.4℃の温度上昇があった。この保存施設の構造上の特性として、少人数でも短時間で見学室内の温度が急上昇することが、改めて認識された。2013 年 3 月 20 日の公開では 77 人の見学者がほぼ間断なくこの古墳を訪れている。公開前の見学室の温度は 12.6℃であり最高は 19.5℃まで上昇した。この温度が 12.9℃付近まで下がるのが 3 月 21 日の午後 12 時過ぎでありこの後ほぼフラットに近くなり、緩やかに低下した。2011 年の公開と同様に、公開前後の温度差をとると約 0.3℃であった。この時の保存室内は 13.4℃であったものが、13.9℃まで上昇し 13.5℃付近でフラットになることから 0.4℃の温度上昇が公開等による装飾古墳への直接的な影響と考えられる。この時は見学室と保護室の扉を開放状態にした。

4　考察　（大坊古墳の保存施設における公開方法について） 2013 年春の公開は熊本県内初の試みのため、1 日のみ公開した。2011 年秋の公開とは、外気温を含めた気象条件や見学者の総数等の条件が異なるため両データを単純に比較する事は出来ない。しかしながら秋の公開時に見学室の温度が 10 月 22 日午前 9 時に 23.4℃、公開後の 10 月 24 日午前 9 時は 24.7℃と 1.3℃の蓄熱が認められるのに対し、春の公開時において公開前の 3 月 19 日は 12.6℃であった見学室の温度が、公開翌日には 12.9℃で 0.3℃の上昇に留まっている。2013 年の公開は、2011 年の公開時より、入室者の総数は 0.3 倍であり、これのみを考慮して、2011 年の温度上昇を、2013 年の温度上昇に換算すると、0.4℃の上昇となる。これを公開時間の違いでみると、2013 年は 2011 年の 0.5 倍であり、0.7℃の上昇となる。秋季公開と春季公開の時期の違い等の影響はあることなど詳細な分析が必要であるが、0.1℃あるいは 0.4℃の温度上昇が抑えられている。この温度上昇を抑えることをより効果的に行うためには、外気が内部の温度より低いことを前提として、見学室と保護室とで積極的な熱交換を検討する必要がある。簡便な手段として小型の送風機を見学室に配し保護室へ強制排気をする。また多少大掛かりになるが送風機を室外に配し外気を強制的に見学室に送り込むことで熱交換を行う手段も考えられる。こうした対策を行うには、公開に立ち会う担当者が的確に判断できるよう、温度計を各部屋に設置する等の工夫も必要である。九州では「閉め切った空間」での見学を原則とする公開が多い。「開け放った空間」での公開はひとつの試みである。多種多様な装飾古墳の保存施設においてこの試みがひとつの試金石となり、一律的な公開方法を見直す機会になることが望まれる。**引用文献**　2009 池田朋生、菊川知美、朽津信明　装飾古墳彩色の見え方の変化　文化財保存修復学会第 31 回大会　1979　史跡大坊古墳保存工事報告書　玉名市教育委員会　**謝辞**　本研究は、肥後古代の森協議会装飾古墳調査事業の成果を一部引用した。

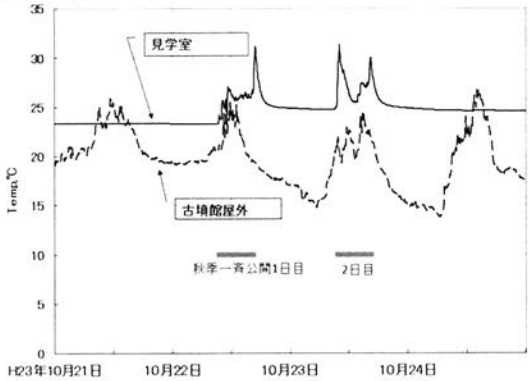


図 2　2011 年秋季一斉公開の温度変化

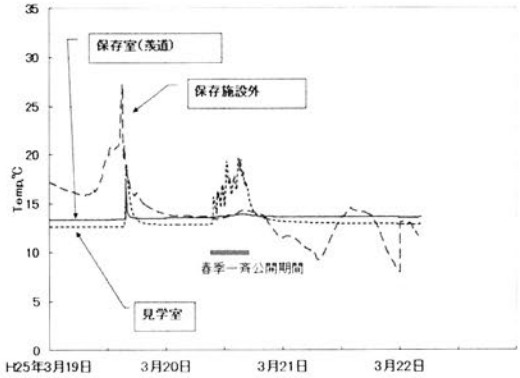


図 3　2013 年春季一斉公開の温度変化

古代壁に使用された漆喰の基礎的研究

The basic study on the plaster used to ancient walls

○鶴真美（奈良教育大学 修了生）、青木智史（奈良教育大学）、金原正明（同左）
○Mami Tsuru (MSEd, Nara University of Education),
Satoshi Aoki, Masaaki Kanehara (Nara University of Education)

1. はじめに

漆喰を壁などに上塗りとして用いる技術は仏教の伝来とともに大陸から日本に伝わったものと考えられており、7 世紀ごろには終末期古墳の目地や裏込めに漆喰がみられることが知られている。

漆喰の原材料は石灰岩や貝殻などが主であり、これらを焼成し、繊維やフノリなどを加えて製造される。石灰岩や貝殻はカルサイト（方解石）或いはアラゴナイト（霰石）からなり、主成分は炭酸カルシウムである。本発表では漆喰における原材料識別の一環として、カヅマヤマ古墳から出土した漆喰の X 線回折分析および蛍光 X 分析を行った。また、同時に参考資料として複数の石灰岩、貝殻を測定し、比較を行った。

2. 試料

本研究では奈良県明日香村のカヅマヤマ古墳から出土した漆喰資料の分析を行った。カヅマヤマ古墳からはイワガキ(*Crassotrea nippona*)と思われる遺物が出土しており、貝殻を由来とする漆喰である可能性が高い。測定した試料はカキ殻遺物、漆喰片①(棺台部分)、漆喰片②(石室内壁)の 3 点である。また、参考試料として石灰岩、貝殻、胡粉の測定を行った。使用した試料は、石灰岩①（産業技術総合研究所の岩石標準試料 JLs-1）、石灰岩②(大阪府高槻市出灰)、石灰岩③(奈良県吉野郡川上村白屋)、貝殻①(イワガキの外殻部分)、貝殻②(イワガキの内殻部分)、貝殻③(マガキ *Crassotrea gigas*)、貝殻④(ハマグリ *Meretrix petechialis*)、貝殻⑤(静岡県浜松市中区森田町に所在する鳥居松遺跡の貝塚から出土したハマグリ)、市販品の胡粉（貝殻由来）を使用した。

岩石試料および貝殻試料については、試料を細かく粉砕した上で測定を行った。

3. 分析方法と測定条件

試料の分析は X 線回折分析装置および蛍光 X 線分析装置を用いた。

X 線回折分析は奈良教育大学の Rigaku MINIFLEX II を使用した。ターゲットは Cu、走査範囲は 3~90deg で測定を行った。

蛍光 X 線分析装置は奈良大学の EDAX(Japan)EAGLE II -XXL を使用した。ターゲットは Cr、電圧は 40kV、電流は cps が 1000 程度になるように調節した。測定範囲は任意の領域をメッシュ状に設定し、64 点を 30 秒ずつ測定、合計 32 分間測定を行った。また、同時に産業技術総合研究所の岩石標準試料（JG-1a、JA-3、JB-2、JR-1、JLs-1）を測定し、検量線法により定量分析を行った。

4. 結果

X線回折分析の結果、カヅマヤマ古墳カキ殻遺物、漆喰片①、漆喰片②、石灰岩①、石灰岩②、石灰岩③、貝殻①、貝殻②、貝殻③、胡粉試料からカルサイトのピークを検出した。また貝殻④、貝殻⑤からはアラゴナイトのピークを検出した。

蛍光X線分析の結果は以下の表1に示す。

表1　蛍光X線分析の結果（n. d. :不検出）

	Na(%)	Al(%)	Si(%)	K(%)	Ca(%)	Ti(%)	Fe(%)	Rb(ppm)	Sr(ppm)	Zr(ppm)
カヅマヤマ カキ殻遺物	1.59	0.70	5.38	0.16	27.6	n.d.	0.12	3.56	146	10.8
カヅマヤマ 漆喰片①	1.53	0.94	5.74	0.12	27.6	n.d.	0.17	n.d.	149	10.8
カヅマヤマ 漆喰片②	1.65	0.64	5.23	0.10	29.9	n.d.	n.d.	1.23	140	21.3
石灰岩①	1.47	0.63	5.23	0.09	31.7	n.d.	0.04	n.d.	144	24.8
石灰岩②	1.59	0.63	5.35	0.15	30.0	n.d.	0.06	n.d.	144	17.8
石灰岩③	1.71	0.63	5.29	0.10	31.4	n.d.	0.03	1.23	141	21.3
貝殻①	1.84	0.65	5.29	0.11	31.1	n.d.	0.04	3.58	157	14.3
貝殻②	2.03	0.62	5.24	0.11	29.6	n.d.	0.04	1.23	156	n.d.
貝殻③	1.46	0.58	5.23	0.09	23.2	n.d.	0.04	n.d.	173	21.3
貝殻④	1.71	0.65	5.26	0.11	31.5	n.d.	0.04	n.d.	224	17.8
貝殻⑤	1.71	0.64	5.24	0.09	29.2	n.d.	0.05	3.58	162	17.8
胡粉(市販品)	0.11	0.65	5.30	0.11	31.1	n.d.	0.04	0.83	154	31.8

5. 考察

カヅマヤマ古墳漆喰は蛍光X線分析の結果、Caが主成分であることが判明した。Ca以外ではNa、Al、Si、Kが検出されており、これらは漆喰中に含まれる石英や長石類によるものと考えられる。また検出された元素の濃度はほぼ均一であり、同一の原材料、製造工程でつくられた漆喰であると推定できる。またX線回折分析ではカルサイトが検出され、カキ類はカルサイトから成ることを考慮すれば、この結果は妥当であるといえる。

参考試料の蛍光X線分析結果と比較すると、Caに関してはやや現生の貝殻に比べカヅマヤマ漆喰は濃度がわずかに低い。これは漆喰中になんらかの不純物が混入しているためと考えられる。また、貝殻試料に含まれるNa、Rbは試料によって濃度がやや不均一となる。これは貝殻中の無機成分は貝の種類だけでなく年齢、環境条件によって変化するからであると考えられる。貝殻由来試料は全体的に数値にばらつきがあり、石灰岩由来試料はその多くの元素量の数値が均一である。またSrについては、石灰岩試料の数値が貝殻に比べ低い部分でまとまっている。しかし、貝殻由来であるカヅマヤマ古墳漆喰に含まれるSrは現生の貝殻試料のその濃度よりもやや低く、石灰岩試料と明確に区別することは困難であった。

石灰岩と貝殻とでは元素の含量が異なる点は以前より示唆されている。しかし実際にカヅマヤマ古墳漆喰の様に貝殻由来であることがある程度明確な試料であっても、元素の含量からでのみ原材料を判別するのは困難であるといえる。漆喰資料は焼成などの加工処理が行われる点、土中などに埋没した状態に置かれていた点などを踏まえ、今後も様々な漆喰資料の分析を多角的に行う必要がある。

鳥取市良田中道遺跡出土鉄斧の埋蔵環境と腐食

Burial environment and corrosion of iron adze excavated from Yoshida Nakamichi site in Tottori City, Tottori Prefecture

○三ツ井誠一郎（日本原子力研究開発機構）、吉川英樹（同左）、李素妍（鳥取大学）、
茶谷満（鳥取県教育文化財団）、高尾浩司（同左）、濵田竜彦（鳥取県立むきばんだ史跡公園）
○Seiichiro Mitsui, Hideki Yoshikawa (Japan Atomic Energy Agency), Lee Soyoun (Tottori University),
Mitsuru Chaya, Kouji Takao (The Tottori Foundation of Education and Culture),
Tatsuhiko Hamada (Tottori Prefectural Mukibanda Ruins Historical Park)

1. はじめに

金属材料の腐食は、材料と環境との化学的相互作用により進行する現象であり、材料の特性と環境条件に支配されている。考古学的調査により、様々な遺存状態の鉄製や銅製の遺物が出土しているが、これも材料と環境の化学的相互作用の結果である。一般に、鉄製遺物は表面が厚い腐食生成物、すなわち「錆」に覆われており、原形を留めていないことも多いが、稀にほぼ原形のまま出土する遺存状態が良好なものもある。このような遺存状態の違いの要因としては、埋蔵環境における大気の影響の程度、などが考えられるが、考古学的調査において環境条件データが取得されることはほとんどないため、遺存状態の要因を客観的に評価することは困難である。本研究では、良好な遺存状態で出土した鳥取市良田中道遺跡の袋状鉄斧について、埋蔵環境条件の調査、ならびに鉄剣の腐食に関する分析を行い、遺存状態の要因として埋蔵環境と腐食の関係を検討した。なお、鉄斧の埋蔵期間は1,400～1,700年程度と考えられる。

2. 調査・分析項目

i) プローブ腐食速度

腐食生成物皮膜の影響のない状態での腐食速度として、プローブ腐食速度を分極抵抗法により測定した。測定にはRohrback Cosasco Systems社製のポータブル腐食速度測定器（Corrater® Aquamate）及び同社製土壌腐食速度測定用炭素鋼プローブ（P/N 850-K03005）を用いた。腐食速度測定状況を図1に示す。測定は、鉄斧が出土した地層及び湧水が確認された50m程度南の地点（出土地点の標高よりも40cm程度下位）の地層を対象に実施した。

図1　腐食速度測定状況

ii) 地下水水質

湧水が見られた箇所において、pH、電気伝導度、溶存酸素濃度、酸化還元電位を測定した。pH、電気伝導度、溶存酸素濃度の測定にはWTW社製携帯用マルチ水質測定器（Multi 3410）、酸化還元電位の測定には東亜ディーケーケー社製酸化還元電位計（RM-30P）を用いた。

iii) 鉄斧の腐食状況の分析

ポータブルX線回折・蛍光X線分析装置（理研計器製DF-01：以下XRDF）を用いた腐食表面の化学組成、腐食生成物の分析、及びX線CT装置（日立製HiXCT-9M）を用いた密度分布の計測を実施した。

3. 調査・分析結果

i) プローブ腐食速度

鉄斧出土地層のプローブ腐食速度（0.169～0.173mm/y）は湧水確認地層のプローブ腐食速度（0.047～0.050mm/y）の3倍程度であった。発掘調査に伴って地下水位が低下しており、鉄斧出土地層のプローブ腐食速度はこの影響を受けて変動している可能性がある。湧水確認地層のプローブ腐食速度は弥生時代の鋳造鉄剣が出土した大阪府八尾市大竹西遺跡における測定値（0.052mm/y）[1]と同程度である。

ii) 地下水水質

湧水のpHは6.1で中性、酸化還元電位は220mV(vs.SHE)であった。溶存酸素濃度は低く、検出限界（0.02mg/L）以下であった。図2は電位-pH図に鉄腐食生成物の安定領域と湧水の測定値を示したものである。同図には参考として大阪府八尾市大竹西遺跡の湧水測定値[1]も示した。測定値はともに$Fe(OH)_3/Fe^{2+}$の酸化還元反応線上にプロットされている。いずれの遺跡についても湧出部で$Fe(OH)_3$の特徴であるオレンジ色の沈殿物が認められたことから、湧出部での酸素の影響により$Fe(OH)_3/Fe^{2+}$の酸化還元反応が起こっており、酸化還元電位はこれを反映している可能性がある。

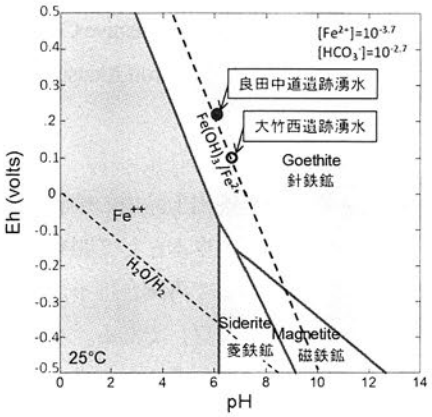


図2　電位-pH図

iii) 腐食状況の分析

鉄斧表面では針鉄鉱、菱鉄鉱、鱗鉄鉱、磁鉄鉱などの腐食生成物、鉄剣内部では金属鉄が検出された。図3に示すように鉄斧表面の腐食生成物の厚さは概ね1mm前後であるが、図3の矢印で示した箇所のように部分的に厚い箇所（2～3 mm程度）も認められる。

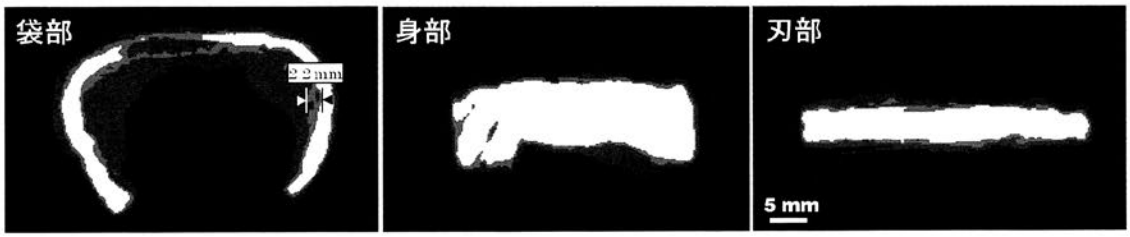


図3　鉄斧のX線CT断面（白色が金属鉄、薄い灰色が腐食生成物、濃い灰色が土壌）

4. 考察

大竹西遺跡の鉄剣[1]と同様に良田中道遺跡の鉄斧についても腐食生成物として菱鉄鉱が検出された。図2に示すように菱鉄鉱は酸化還元電位の低い条件で安定な腐食生成物である。菱鉄鉱は酸素の影響を受けにくい埋蔵環境から出土した鉄製遺物の表面で検出されることが多く、表面に菱鉄鉱を伴って出土した鉄製遺物は状態が良好で金属鉄が残存する傾向がある[1,2]。鉄斧の腐食生成物の厚さから腐食速度を求めると0.0006～0.002mm/yであり、これは湧水確認地点のプローブ腐食速度よりも2桁程度小さい。鉄斧表面に形成した菱鉄鉱が腐食反応を抑制し、長期的な腐食速度を低下させていた可能性がある。

1) 三ツ井誠一郎，藤井淳弘，樋口めぐみ，西村公助，日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集 (2010).

2) H. Matthiesen, L.R. Hilbert and D.J. Gregory, Studies in Conservation, 48, 183-194 (2003).

※本研究は、原子力安全・保安院（現 原子力規制委員会原子力規制庁）「平成24年度地層処分の安全審査に向けた評価手法等の整備」の一部として実施したものである。

新しい接着剤の発掘出土品への使用

Use of the new adhesives for archaeological artifacts

○西村誠治（ナカシャクリエイテブ株式会社）、岩月真由子（岩月保存修復研究所）、赤塚次郎（愛知県埋蔵文化財センター）

○Seiji Nishimura(Nakasha Creative Co., Ltd)、Mayuko Iwatsuki(Iwatsuki laboratory of preservation and restoration)、Jirou Akatsuka(Aichi prefectural archaeological research centre)

1. はじめに

近年、新しい発掘出土品用の接着剤としてポタグルーの使用をおこなってきた。ポタグルーは、粉体顔料用の絵画用メディウムとして開発販売されているアートグルーを、(有) うえだ社協力のもと発掘出土品の接合用接着剤として再調合行ったものである。アートグルーはアクリル共重合体を主成分とする樹脂性の、いわゆる「ニカワ」である。本来持っている特質として、粒子体の接合にすぐれているため、土器の接合に適合性が高いと考えた。また、発掘出土品用に改良を加えたポタグルーおよびポタジェル（ポタグルーの樹脂成分を増量し、より軟弱な出土品の接合に特化させた接着剤）は、従来発掘出土品に用いられてきた有機溶剤系の接着剤と比較して、人体に有害なにおいが無く、作業者に対しての負荷が少ない。また、発掘出土品の接合作業において頻発する接合後の離脱に対しても、水で行うことができ、対象物への除去不可能なシミなども発生しにくいため、次世代の接着剤が開発された際の再接着が容易である。

このポタグルーおよびポタジェルは、愛知県埋蔵文化財センターから依頼された土器資料について、使用している。また、石器についても使用可能であることが試験によりわかっているので、発掘出土品に対して、汎用性が高いといえる。本発表では従来使用されてきた接着剤と、ポタグルーおよびポタジェルの強度を比較した結果を報告する。

2. サンプル資料の説明

接着材の強度を比較するため、本研究では４種類の接着剤と、写真１に示す３種類のテストピースを用いた。接着剤については、発掘出土品の接合現場でよく用いられている、工作用接着剤（セメダインC）の他に、４種類（ポタグルー、ポタジェル、木工用接着剤、瞬間接着剤）の接着剤の各テストピースにおける引っ張りと曲げの強度を写真２の試験機により計測した。

写真 1. テストピース

写真 2. 引っ張り・曲げ試験機

テストピースに用いた粘土は、山内陶土より提供を受けた表１に示した粘土を用いた。テストピースの作成については株式会社 LIXIL ものづくり工房に依頼し、厚さ７mm程度、焼成温度 800℃で作成した。これらを中央部で折り、各接着剤で接合し、室温にて一週間静置して硬化させた。接合面積にはそれぞれ

のピースで差異があるため、試験結果をそれぞれの接合面積で割ることで、ほぼ同一の条件とした。接着剤の特質上、接合面に用いた接着剤の量には差があるが、通常接合時に用いる量を同一作業者が接合したものを用いた。

表1. テストピース素材

名称（通称）	もぐさ土	赤土	白土
産地	美濃	小牧	瀬戸
備考	焼きしまり少ない 風化が進んでいない きめが細かい	固く焼きしまる 鉄分が多い きめが細かい	焼きしまりがない 焼成後の強度が弱い きめが粗い

※東海エリアの代表的な遺跡近くの産地の土を使用

3. 実験結果

実験結果を表2に示す。結果は最も一般的に用いられている工作用接着剤（セメダインC）の強度を1とした各テストピースでのそれぞれの接着剤の強度を示した。瞬間接着剤については、今回のテストピースでは浸透性の問題で接着ができなかった。

表2. 工作用接着剤の強度を1とした場合の各接着剤の強度比較

もぐさ土				
	ポタグルー	ポタジェル	木工用接着剤	瞬間接着剤
引っ張り	1.1	1.5	1.0	0.4
曲げ	1.2	1.3	1.6	-

赤土				
	ポタグルー	ポタジェル	木工用接着剤	瞬間接着剤
引っ張り	1.0	1.4	1.0	-
曲げ	1.2	2.1	1.2	-

白土				
	ポタグルー	ポタジェル	木工用接着剤	瞬間接着剤
引っ張り	1.1	1.9	1.2	-
曲げ	2.3	5.7	4.3	-

実験結果よりポタグルーおよびポタジェルは木工用接着剤と同等かそれ以上の強度を持っていることがわかる。また、工作用接着剤については、浸透性が少なく、カサブタ状に硬化する。そのため、白土のような強度の弱いものについては、接着を維持しにくいということが分かった。木工用接着剤については、強く接着できるが、曲げ試験においては接着面以外から破損することがあった。ポタジェルについても、同様の結果が見られた。

4. 今後の展開

今回の実験により、テストで用いた素材については、ポタグルーおよびポタジェルの適合性が高いことがわかった。しかしながら発掘出土品の土器には多様な原料が用いられていおり、その焼成状況も一様ではない。今後は様々な土器に対して実際に使用していくことで、適合性について検討を行っていく必要がある。さらに石器の接着は可能であることが実験より分かっているが、木製品などの素材についても適合性を検討していく予定である。

また、発掘出土品は報告書作成後、空調設備が整った良い環境に保管されることは少ない。現在3年前に接合した出土品が空調設備のそれほど整っていない状況下で安定した状態にあることは確認しているが、他の環境下でのポタグルーの接合状況について検討を加えていく予定である。

PXRF を用いた黒曜石と金属遺物の試験的研究

A pilot study for obsidian and metal artifacts using PXRF

○金成太郎（明大），千本真生（東海大*1），長井雅史（NIED），柴田徹*1，禿仁志*1

○Kannari Tarou (Meiji University), Semmoto Masao (Tokai University*1), Nagai Masashi (NIED), Shibata Toru*1, Kamuro Hitoshi*1

1.目的

従来の蛍光 X 線分析は，遺跡から採取した試料を対象とし，研究室に設置されている分析機器で実施されてきた。近年の分析機器の進歩により，可搬型蛍光 X 線分析装置（PXRF）が普及し始めており，発掘現場（オンサイト）や博物館や資料整理室（オフサイト）など採取・収蔵・保管されている現地での分析を可能にしつつある。本発表では，実用に際する前の試験的研究として金属器の種類の識別と黒曜石の原産地推定を取り上げ検討した。

2.分析条件

分析機器：ハンドヘルド蛍光 X 線分析装置（JEOL，DELTA Premium）を用い，測定再現性を確保するためにテストスタンドを利用した。X 線管は 4W，Rh ターゲット，検出器は SSD，電圧は 40kV（測定元素：Ti，V，Cr，Mn，Fe，Co，Ni，Cu，Zn，W，As，Pb，Bi，Rb，Sr，Y，Zr，Mo，Ag，Cd，Sn，Sb）と 15kV（測定元素：Mg，Al，Si，P，S，Cl，K，Ca，Ti，Mn）に設定されている。雰囲気は大気とし，照射領域は 10mm である。定量値は内蔵ソフトウェア（マイニングプラス：鉱石分析ソフトウェア）で算出した。

金属器分析：測定時間は 10 秒（40ｋV），20 秒（15ｋV）とした。蛍光 X 線スペクトルから構成元素を特定し，組み合わせにより種類を識別した。試料はブルガリア Dyadovo 遺跡（前期青銅器時代）と，静岡県富士市船津 L-207 号墳（古墳時代）の出土試料，および古代オリエント博物館収蔵品（青銅器時代）を対象とした。大半の試料については研磨などの前処理を施していない。一部試料は研磨し腐食層を取り除き，研磨面を中心に分析した。ただし，分析範囲が研磨領域を越える場合もあり，その際は腐食部分も含んでいる。

黒曜石分析：測定時間は 30 秒（40kV）と 60 秒（15kV）とした。対象とした元素は主成分 Si，Ti，Al，Fe，Mn，Ca，K，P，微量成分 Rb，Sr，Y，Zr とし，主成分は酸化物 wt%に換算し，合計を 100%に規格化した。その際 Fe 酸化物は全鉄 FeO*とした。微量成分は換算および規格化をせず出力値を ppm で表した。基準試料は日本各地の原石（北海道白滝：赤石山，十勝石沢，同生田原，秋田県男鹿，栃木県高原山，長野県東餅屋，同星ヶ塔，神奈川県芦之湯，島根県隠岐，大分県姫島，佐賀県嬉野，鹿児島県上牛鼻）とし，鏡面研磨面を作製した。遺物に近似させた剥片試料は男鹿と上牛鼻で作製した。

3.分析結果と考察

図 1 に金属器の蛍光 X 線スペクトルを示す。研磨面・非研磨面にかかわらず Cu の明瞭なピ

ークとともに，Sn のピークも確認できるため，銅器か青銅器かの識別は可能である。また，Zn，As，Ag，Pb のピークも確認できた。

黒曜石の PXRF と WDX による定量値を表 1 に示す。WDX による定量値との相対誤差は，SiO_2，MnO では＜±5%，Rb，Y，Zr では＜±10%であった。ただし，図 2 に示すように相関自体は良いので，X 線強度を用いて検量線を作製することで良い値が得られる可能性はある。図 3 に望月（1997）による元素比を用いた散布図を示す。剥片試料も基準試料と近似した領域に分布することから，元素比を用いることで判別は可能である。

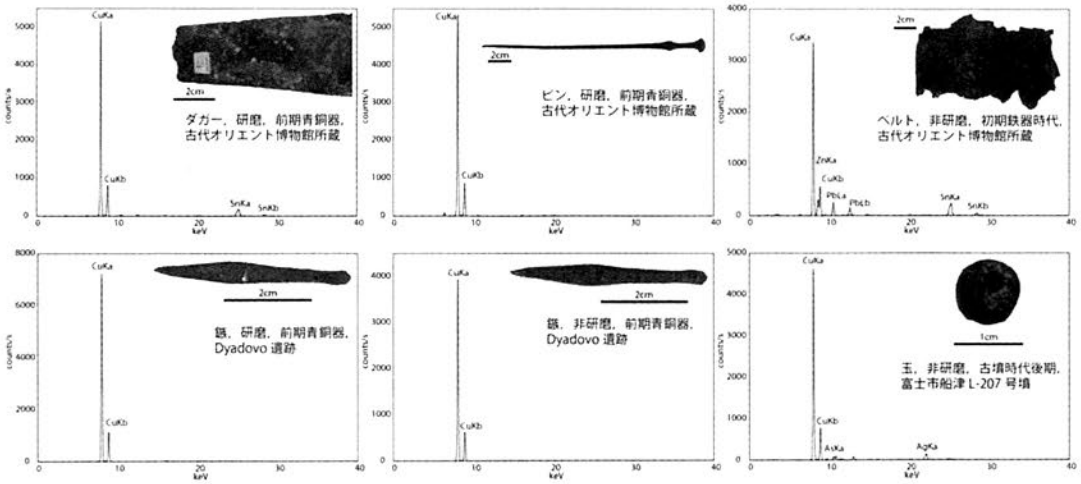


図 1　PXRF による蛍光 X 線スペクトル（40 kV のみ表示）

表 1　長野県星ヶ塔産黒曜石の定量値

	Hoshi PXRF	ST-hoshi WDX
wt%		
SiO_2	74.86	77.62
TiO_2	0.13	0.09
Al_2O_3	9.09	12.43
FeO*	0.55	0.80
MnO	0.08	0.08
MgO	n.d.	0.08
CaO	0.43	0.52
Na_2O	-	3.76
K_2O	14.84	4.62
P_2O_5	0.03	0.01
ppm		
Rb	159	144
Sr	17	38
Y	25	25
Zr	80	72

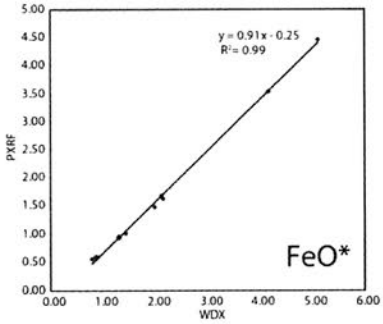


図 2　WDX と PXRF の相関

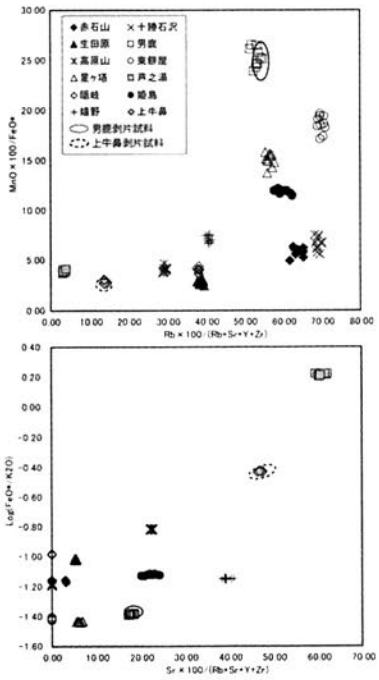


図 3　PXRF による散布図
パラメータは望月（1997）。

木材表面のチョウナ刃痕から刃先形状を推定する方法

Estimation of the shape of knife edge of adze from knife marks left on wood surface

○ 藤原裕子，藤井義久（京都大学），
植村昌子（竹中大工道具館），松本久美子（道総研林産試験場）
○ Yuko Fujiwara, Yoshihisa Fujii (Kyoto University),
Masako Uemura (Takenaka Carpentry Tools Museum),
Kumiko Matsumoto (Forest Products Research Institute, Hokkaido)

木造古建築物の部材に残された加工痕の凹凸形状から使用された刃物の形状を推定する手法を確立することを目指し、まず、刃先形状が明らかなチョウナで木材表面を切削し、その刃痕から刃先線の形状を推定することを試みた。これまでの実験で、汎用の表面性状測定器を用いると従来の乾式摺り本では記録することができなかった刃痕の深さ方向の情報が得られることが確認できている[1]。ここでは、汎用の 2 次元レーザ変位センサを用いて 4 種類のチョウナで切削したヒノキ板目面の刃痕を測定し、刃痕の断面形状の特徴を調べるとともに、得られた 3 次元形状データから、用いた工具の刃先線の形状を推定することを試みた。

実験方法

工具は刃先線の形状が異なる 4 種類のチョウナを使用した。図 1 は使用した工具である。刃幅はいずれも約 100mm で、刃幅方向および刃の厚さ方向の曲率が異なる。

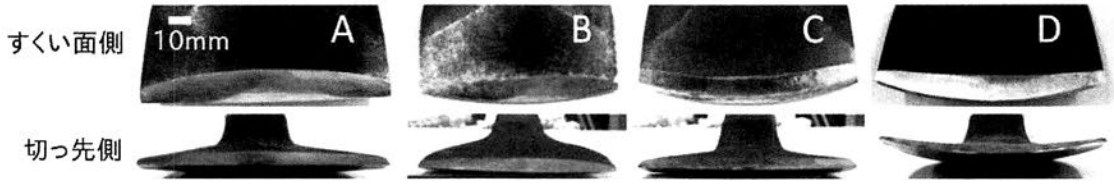


図1　チョウナの刃先形状

被削材は京都府産のヒノキで平均年輪幅は約 1.8 mm、寸法は長さ約 2 m、幅約 220 mm、厚さ約 70 mm とした。切削面は板目面の木表側で、帯鋸仕上げ面とした。加工は熟練した職人 1 名によって行った。4 種類の工具で繊維方向に切削を行った。切削方向が元口からか末口からかは特に規定しなかった。切削後の試料について、加工痕を測定するために各工具の刃痕部分を約 200 mm の長さに切断した。

得られた加工痕について、二次元レーザ変位センサ（LJ-G200, キーエンス）を用いて表面の凹凸形状を測定した。このセンサを用いた測定系では、測定面に照射したレーザ光の拡散反射成分を検出器で受光し、三角測量の原理を用いて対象物までの距離を算出する。凹凸の高さ方向の測定範囲は±48 mm（公称値）で、繰返し精度は 2 μm である。センサから測定面に照射するレーザ光のスポット形状は約 180 μm × 70 mm のライン状で 70 mm の方向を幅方向とする。データはスポットの幅に対して 0.1 mm の間隔で収集し、1 か所の照射につき約 700 個のデータを得た。このデー

タ収集は、スポットの幅に直交するようにセンサを 1 mm 動かすごとに行い、これを試料の端から端まで繰り返した。各試料についてこの端から端まで測定を、センサの位置を変えながら 3 回行い、面全体の凹凸形状を記録した。センサの移動方向は、切削時の工具の移動方向と平行または直交方向とした。また、別途、乾式拓本で刃痕を記録した。

結果の一例

図 2 は工具 C による切削面の刃痕の測定結果の一例である。今回用いた測定方法では、従来の乾式摺り本で測定することのできなかった凹凸の高さを記録することができる。この装置では 4 種類の工具のすべての刃痕を測定することが可能であった。

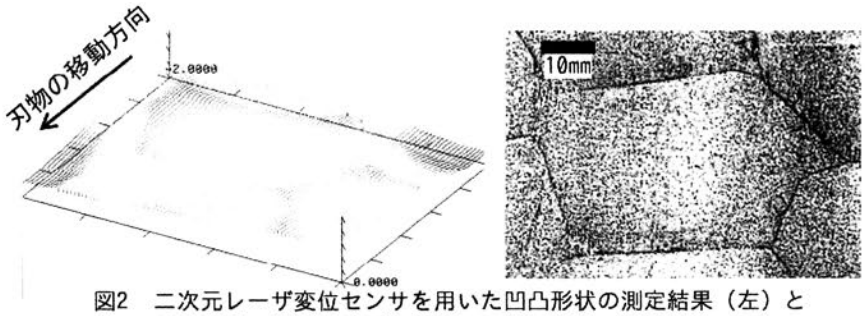


図2　二次元レーザ変位センサを用いた凹凸形状の測定結果（左）と同じ範囲の乾式拓本（右）

図 3 は一刃分の刃痕断面の一例である。いずれの工具の断面形状でも、刃が表面に食付く側がより急峻で、それ以降はより緩やかな曲線を描いており、両曲線の境界には変曲点が存在した。これは、まず材に食付くように刃先を材に向けて振り下ろし、その後切り屑を生成・排出するために刃先の移動方向を変化させているためであると推察した。現在、各工具について一刃分の刃痕の変曲点の分布を調べ、刃先線形状との対応を検討している。また、今回の実験では一人の熟練者のみが加工しているため、この特徴がすべてのチョウナ痕について認められるものかどうかを確認するために、今後、複数の熟練者に加工をしてもらい刃痕を測定することに加え、実際の建築物のチョウナ痕も詳細に調べる必要がある。

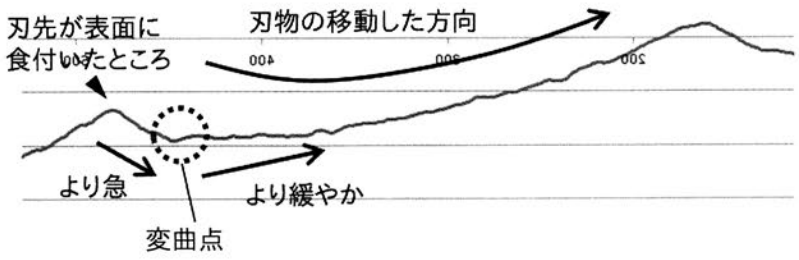


図3　一刃分の刃痕の断面の一例

[1)]Yuko Fujiwara, Yoshihisa Fujii, Masako Uemura: Applicability of profilometers to infer the shape of knives from knife marks left on the surface of wooden cultural properties, Proceedings of Wood Culture and Science Kyoto, Aug. 6-9, 2011, pp210-213.

江戸初期奈良絵本の科学分析
Scientific analysis of "Naraehon" of the early period of Edo era

大西晃平(龍谷大学), ○藤原　学(同左・古典籍デジタルアーカイブ研究センター)
Kohei Onishi, ○Manabu Fujiwara (Ryukoku University)

1．緒言

龍谷大学大宮図書館には、国宝や重要文化財をはじめ数多くの貴重な古典書・考古資料が保管されている。これらの貴重な資料を整理・保存・研究する施設として、龍谷大学には古典籍デジタルアーカイブセンターがあり、これら貴重な資料をデジタル画像保存するとともに、表面の質感や使用された材料の種類に関する情報も収集している。科学分析には、資料ごとに適切な基準物質をそろえることが必要であるが、考古資料では基準物質をそろえることが非常に困難である。そこで、まず考古資料についての基礎的なデータを蓄積することを目的として研究を開始した。本研究の対象資料として、江戸期初期の奈良絵本を選択した。奈良絵本とは「挿絵入りで書写された御伽草子（室町時代から江戸時代前期にかけて流行した短編の物語集)」であり、特徴として金銀や高価な岩絵具および泥絵具を用いた豪華な装飾があげられる。作者のほとんどが不明であり、保存状態にもよるがその文化的価値は高いと評価されている。時代が経るにつれて、奈良絵本の多くはそのまま修復されるだけではなく、絵ごとに切り離され掛け軸や屏風などに作り替えられた。本研究では、光学顕微鏡による観察とX線分析顕微鏡を用いた蛍光X線スペクトル測定により、奈良絵本に使用された紙原料と顔料の科学分析を行った。

2．実験

奈良絵本に使用された紙原料を特定する基礎データを得るため、まず産地と原料が判明している標準資料和紙（「日本の紙」全国手すき和紙連合会、1997 年版）44 種の光学顕微鏡(KEYENCE, VHX-500)観察と蛍光X線スペクトル(HORIBA, XGT-2700、線源:Rh Kα 50 kV, 100 mA）測定を行った。奈良絵本資料として、屏風に作り替えられ、京都の古い家屋に保管されていた後に一枚ごとに切断され市販されていた人物絵4枚（販売元：思文閣出版）を選択した。それらは、由来と画風より江戸朝初期の元禄（1688～1704年）か宝永（1704～1711 年）時代に製作されたと考えられている。いずれも数人の人物が描かれており、多くの種類の顔料が使用され、比較的豪華な作

Photo 1　奈良絵本挿絵

りとなっている（Photo 1）。これらについても、標準資料と同様に分析を行った。

3．結果と考察

光学顕微鏡観察において、種々の倍率で観察を行ったところ、繊維の状態の差異が最もわかりやすいのは倍率が 1000 倍の場合であった。そこで、以後は倍率 1000 倍で表面観察を行い、主に繊維形状と繊維長を確認した。原料ごとに比較すると、楮と雁皮繊維は太く直線的であるという共通点が認められる。三椏は繊維が細く、楮と雁皮に比べ繊維同士が複雑に絡み合っている。4 枚の奈良絵本挿絵については、彩色されていない箇所を選択し、光学顕微鏡で表面観察を行った。繊維の特徴は幅広で長い繊維長である特徴が明らかとなり、奈良絵本挿絵に使用された和紙原料は主に三椏と雁皮、その他に古紙が含まれていると推測される。標準資料である因州和紙鳥の子 1 号、名塩和紙箔下間似合紙、大洲和紙書道半紙富貴、土佐和紙表面雁皮版画紙未晒などと繊維の特徴がよく似ている。

奈良絵本挿絵の蛍光 X 線スペクトル測定については、まず彩色された箇所について点分析（測定時間：100 s）を行い、使用されている顔料を特定した。その例として、赤色顔料で彩色された男性の着物部分の蛍光 X 線スペクトルを Fig. 1 に示す。低エネルギー側より、Rh $L\alpha_1$, Pb $L\alpha_1$, Pb $L\beta_1$ による高強度のピークが認められる。X 線源由来のピークを除き、Pb による非常に強いピークが観測され、使用された顔料は鉛丹(Pb_3O_4)であることが確認できた。畳、男性の着物などの緑色顔料で彩色された箇所においては、点分析より Ca, Cu, Fe, Pb, Cl によるピークが観測された。面分析より、全体的に Cu が分布していることがわかり、緑青（$Cu_2(OH)_2(CO_3)$）であると考えられる。人物の顔、男性の着物などの他、多くの白系顔料で彩色された箇所においては、Ca による高強度のピークが観測され、さらに S によるピークが認められないことより、白亜（$CaCO_3$）であると考えられる。しかし、面分析において S が観測されていないことから、使用された顔料は白亜であると判断した。

また、面分析を行うことより、彩色の方法ならびに黄色の染料の使用を明瞭に確認することができた。

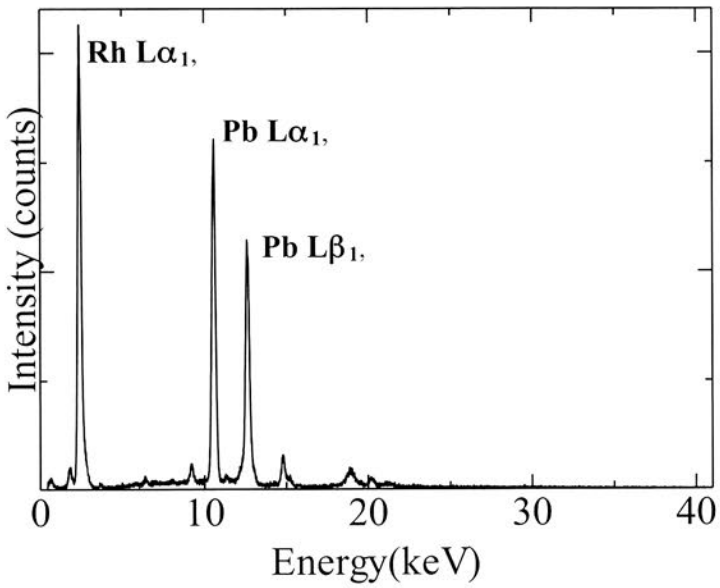


Fig. 1　男性の着物部分（赤色）の蛍光 X 線スペクト

古代西アジアおよび地中海沿岸地域の無着色ガラス製品に関する考古化学的研究

Archaeometrical Investigation of Colorless Glass Objects from Ancient West Asia and Mediterranean Coast

○阿部 善也（東理大・理），四角 隆二（岡山市立オリエント美術館），
東 容子（Miho Museum），中井 泉（東理大・理）
○Yoshinari ABE (Tokyo University of Science), Ryuji SHIKAKU (Okayama Orient Museum),
Yoko AZUMA (Miho Museum), Izumi NAKAI (Tokyo University of Science)

1. はじめに

紀元前3千年紀～2千年紀においてガラスは宝石の代用品として位置づけられ，着色剤や白濁剤を添加した不透明の有色ガラス製品が主であった。しかし紀元前1千年紀に無色透明なガラスを作る技術が生み出されると，ガラスの透明性を活かした無着色ガラス製品が爆発的に普及した。古代ガラスの化学組成に着目した研究において，無着色ガラス製品は着色剤添加による影響を受けず，基礎ガラスの原料（シリカ源，石灰源，融剤）の組成的特徴がガラス製品の化学組成に反映されやすいことから，組成情報から原料の種類や採掘地を考察することが可能である。特に紀元前1千年紀～紀元後1千年紀は，西アジア地域ではガラス生産の最初期より一貫して植物の灰を融剤とする「植物灰ガラス」が作られていたのに対し，地中海沿岸地域（主にローマ帝国圏）ではソーダ分を主成分とする蒸発岩鉱物を融剤に用いた「ナトロンガラス」が作られていた[1]。そのため化学組成分析によりガラスの融剤を推定できれば，大まかな製作地域を考察することが可能となる。さらに多くの先行研究によって，当時ガラス生産に利用されたシリカ源の種類や採掘地についても明らかになりつつある[2-4]。また無着色ガラスの多くには，原料由来の不純物である鉄による不本意な発色を抑えるために消色剤が添加されており，用いられた消色剤の種類もまた地域や時代により違いが見られることが明らかとなっている[5]。

本研究では，国内美術館に所蔵された紀元前1千年紀から紀元後1千年紀に年代づけられる西アジアおよび地中海沿岸地域の無着色ガラス製品に着目し，非破壊化学組成分析によって，先行研究の知見に基づいた組成的特性化および製作地の推定を行った。なお美術館所蔵資料は出土情報などが不明なものが多い反面，完形品が多く残されていることから，様式的特徴を関連付けた考察が可能となる。そこで蛍光X線分析によって得られた組成情報に，各資料の様式的特徴を照らし合わせた考察を行った。

2. 実験方法

研究対象としたのは，Miho Museum（信楽），岡山市立オリエント美術館（岡山），平山郁夫シルクロード美術館（鎌倉），大原美術館（倉敷）に所蔵された無着色ガラス製品67点である。化学組成分析には可搬型蛍光X線分析装置OURSTEX 100FA-IVを用いた。本装置は当研究室が装置メーカOURSTEX（株）と共同開発したもので，古代ガラスの組成的特性化に有効なナトリウム（Na）やマグネシウム（Mg）といった軽元素の定量分析が可能である。さらに内蔵された励起X線の単色化機構により，ppmレベルの微量重元素を分析することができる。本装置を各美術館内に持ち込み，所蔵資料を非破壊で分析した。得られた蛍光X線スペクトルを解析し，検量線法によって主成分から微量成分まで全20元素の定量値（酸化物濃度）を得た。得られた定量値から，ガラス原料（融剤，シリカ源，消色剤）に着目した組成的特性化を行った。

3. 結果および考察

先行研究[1]により，ナトロンガラスと植物灰ガラスはマグネシウムとカリウムの含有量に違いが見られることが指摘されている。そこでまず分析した全67点のうち，風化影響の著しい7点を除いた60点について，ナトロンガラス（31点）と植物灰ガラス（29点）に分類した。さらにナトロンガラス31点について，シリカ源由来の不純物元素に

着目した組成的特性化を行った結果，先行研究で報告されている「Roman blue-green タイプ[2](21 点)」「Levantine タイプ[3](8 点)」「HIMT タイプ[4](2 点)」の 3 種類の組成グループに分類することができた。特性化の一例として，酸化カルシウム(CaO)と酸化鉄(Fe_2O_3)の定量値のプロットを図 1 に示した。Roman blue-green タイプは紀元前後～紀元後 3 世紀の東地中海周辺地域で作られたガラス製品(いわゆるローマンガラス)に見られる組成タイプである。シリカ源の採掘地は不明だが，当時ヨーロッパを含むローマ圏全域に流通していた。Levantine タイプは Roman blue green タイプと入れ替わる形で紀元後 4 世紀より普及した組成タイプで，Belus 川(現イスラエル)の河口周辺の砂がシリカ源であることが明らかとなっている。HIMT タイプは High Iron Manganese Titanium タイプの略称であり，その名前の通り鉄(Fe)，マンガン(Mn)，チタン(Ti)を多く含む砂を原料としている。Levantine タイプと並行して紀元後 4～8 世紀に普及し，おそらくエジプトの砂をシリカ源に用いたものと考えられている。

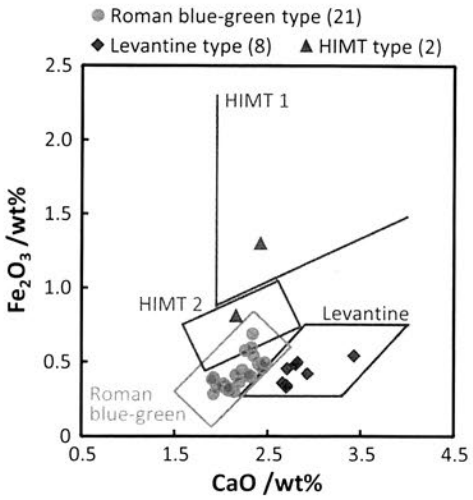


図 1 シリカ源由来の不純物元素に着目した組成的特性化

こうして得られた無着色ガラスの組成タイプの分類結果に，各資料の様式的特徴を照らし合わせた考察を行った。ここではその一部について述べる。①アケメネス朝ペルシア(紀元前 5～4 世紀)に特徴的な様式を持つ無着色ガラス製品 5 点(リュトン，碗，鉢)の組成的特徴は，すべて Roman blue-green タイプのものと一致した。この結果はアケメネス朝のガラス生産の中心が支配下の地中海周辺地域にあった可能性を示す共に，Roman blue-green タイプのシリカ源が従来説よりもはるか昔から利用されていた可能性を表している。②青色ガラスの斑点が装飾されたガラス製ランプ 3 点は，Levantine タイプ 2 点と HIMT タイプ 1 点に分類され，よく似た様式的特徴を持つ資料が異なる起源を持つことが明らかとなった。③ローマ帝国期(紀元前後～紀元後 1 世紀)に特徴的なゴールドバンド装飾が施されたガラス製品 5 点の分析では，無着色ガラス部分のシリカ源はすべて Roman blue-green タイプに分類され，様式から推定された起源とよく対応した。しかしながら添加された消色剤には違いが見られ，アンチモン(Sb)を用いたものが 3 点，マンガンを用いたものが 2 点となった。地中海沿岸地域において，紀元後 2 世紀頃を境として消色剤がアンチモンからマンガンへと変化した可能性が指摘されており[5]，これらのゴールドバンド装飾ガラス製品はその過渡期に作られていた可能性が考えられる。このように，無着色ガラスの化学組成分析によって，その原料や起源に関する知見が数多く得られた。さらに様式的特徴を照らし合わせた考察により，ガラスの流通や原料の利用に関しても興味深い知見が示される結果となった。

【謝辞】

貴重な所蔵資料の分析を行う機会を与えてくださった平山 美知子 氏(平山郁夫シルクロード美術館 館長)ならびに高階 秀爾 氏(大原美術館 館長)に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

1) Shortland, A.J., *et al.*: *Journal of Archaeological Science*, **33**, 521-530 (2006).
2) Jackson, C.M.: *Archaeometry*, **47**, 763-780 (2005).
3) Foster, H.E. and Jackson, C.M.: *Journal of Archaeological Science*, **36**, 189-204 (2009).
4) Freestone, I.C. *et al.*: *Proceedings of Annales du 16e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du erre, London 2003*, pp. 153-157 (2005).
5) Sayre, E.V.: *Advances in Glass Technology, Part 2*, pp. 263-282, Plenum Press, New York. (1963).

エジプト新王国時代の銅着色製品に関する考古化学的研究

Archaeometric analysis of artifacts colored by copper from New Kingdom, Egypt

○大越 あや（東理大・理）、遠山 加奈枝（同左）、阿部 善也（同左）、中井 泉（同左）
矢澤 健（早稲田大学）、河合 望（同左）、吉村 作治（同左）
○Aya Ohkoshi, Kanae Toyama, Yoshinari Abe, Izumi Nalai (Tokyo University of Science)
Ken Yazawa, Nozomu Kawai, Sakuji Yoshimura (Waseda University)

1. はじめに

古代エジプトではその高い技術力で様々な製品を生産してきた。先王朝時代（前5～4千年紀）には石英を胎とする施釉製品「ファイアンス」の生産が開始され、初期王朝時代（前31～27世紀）には最古の合成顔料である「エジプシャンブルー」の生産が始まった。さらに時代は下って新王国時代（前16～11世紀）になると、メソポタミアからガラス生産技術がもたらされ、国内での大規模なガラス生産が開始された。ガラス、ファイアンス、エジプシャンブルーはそれぞれ異なる製品であるが、これらはシリカ源、石灰源、融剤、着色剤という共通した4種の原料から作られていた。特に着色剤の観点から見ると、エジプシャンブルーは銅を主成分とする青色の結晶性物質であるカルシウム銅ケイ酸塩（$CaCuSi_4O_{10}$）を主成分としており、またガラスとファイアンスにおいても銅は水色ないし青色着色剤として多用された。このように水色ガラス、水色ファイアンス、エジプシャンブルーは原料に共通性の見られる「銅着色青色製品」として総合的に取り扱うことができるといえる。また先行研究[1,2]によって、こうした青色着色剤としての銅について、新王国時代エジプトでは青銅の再利用が行われていたことが示されており、当時の金属生産とも深く関係していた可能性が示唆される。そこで本研究では、新王国時代エジプトの水色ガラス、水色ファイアンス、エジプシャンブルーという3種の遺物に着目し、可搬型蛍光X線分析装置を用いたオンサイト分析による組成の比較および特性化によって、原料の共通性やその変遷を検証した。

2. 実験概要

本研究では可搬型蛍光X線分析装置OURSTEX 100FA-IV(OURSTEX(株))をエジプトのアブ・シール南丘陵遺跡及びダハシュール北遺跡に持ち込み、新王国時代に年代づけられる出土遺物108点の非破壊オンサイト分析を行った。さらに本装置を用いて国内美術館（古代エジプト博物館、渋谷）の所蔵品9点も分析した。本装置は当研究室がメーカーと共同開発したものであり、可搬型としては世界最高レベルの性能を有しており、ppmレベルの微量元素まで高感度に分析することができる。得られた蛍光X線スペクトルを解析し、検量線法によって主成分から微量元素まで全22元素の酸化物換算濃度を算出した。検量線はガラス・ファイアンス用と顔料用の2種類を作成し、標準試料には認証標準物質および自作標準を用いた。定量値から特徴的な元素に着目して二次元プロットを作成し、組成の特性化を図った。分析資料はエジプト新王国時代に年代づけられる水色ガラス26点、水色ファイアンス72点、エジプシャンブルー19点の合計117点である。さらにこれらの資料の出土情報や様式的特徴に基づいて、新王国時代の第18王朝（前16～13世紀）のものと第19,20王朝（前13～11世紀）のものに分類し、時代の変化に伴う組成的変遷の可能性を調べた。

3. 結果・考察

組成分析の結果から3種の遺物の平均組成を算出したところ、遺物の種類ごとに異なる組成を示した。特に着色剤である銅含有量を見ると、酸化銅(CuO)濃度の平均にして水色ガラス0.85 wt%、水色ファイアンス2.70 wt%、エジプシャンブルー13.98 wt%と大きく異なったが、検出された元素には類似性が見られた。そこでまず、これらの銅着色製品と青銅利用の関連性を調べるために、青銅の主成分である錫に着目し、銅と錫を用いた二次元プロットを作成した(図1)。図1より、ガラスは第18王朝から第20王朝にかけて全資料に錫が多く含まれていることが分かり、生産開始当初から銅原料として青銅を再利用していた可能性が高いことが示された。一方、今回分析したファイアンス及びエジプシャンブルーの中には、青銅に由来する錫が殆ど含まれていない資料が存在した。それらは全て第18王朝中後期に年代づけられる遺物であり、ファイアンスとエジプシャンブルーは元々青銅以外の原料を使用していたが、第18王朝中後期に青銅の再利用が開始されたということが示唆された。また、ファイアンスは第18王朝と第19,20王朝で銅と錫の含有比(SnO_2/CuO値)に違いがみられ、銅原料として使用された青銅の組成が第18王朝から第19王朝の間に変化した可能性がある。さらに第19,20王朝になると3種の遺物で銅と錫の含有比が類似するようになるため、新王国時代後期にはガラス、ファイアンス、エジプシャンブルーという異なる3種の製品間における統一的生産体系が存在するようになり、そこに青銅生産も深く関与していた可能性が考えられる。しかし、銅以外の原料(シリカ源、石灰源、融剤)についても同様に組成的特性化を行った結果、遺物の種類によって異なる傾向が示され、また時代による変化は見受けられなかった。よってこれら3種の遺物は、第19,20王朝以降は着色剤の銅(再利用された青銅)に共通性が見られるものの、それ以外の原料については新王国時代を通じて独自の利用が続けられていた可能性が示唆される。このようにガラス、ファイアンス、エジプシャンブルーという3種類の遺物に着目した総合的な研究により,新王国時代エジプトにおける原料の共通性と相違性が明らかとなった。

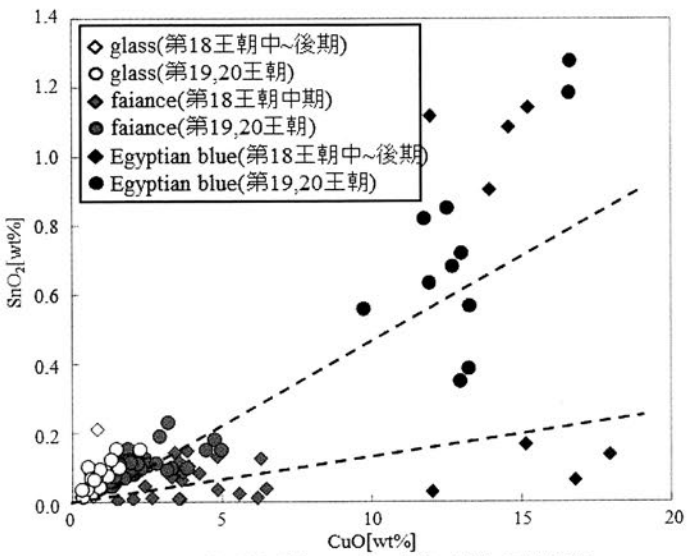


図1　銅着色製品の銅原料に関する特性化

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、貴重な資料を分析する機会を与えてくださった菊川 匡氏(古代エジプト美術館)に深く感謝致します。

【参考文献】

1) G.D. Hatton , A.J. Shortland , M.S. Tite : *Journal of Archaeological Science* , **35** , 1591-1604 (2008)

2) A.Kaczmarczyk , R.E.M.Hedges : ANCIENT EGYPTIAN FAIENCE , Aris & Phillios , London(1983)

写真計測技術を用いた遺構の走査型測量技術の適用

－小豆島・天狗磯丁場の海岸転石を対象として－

Application of Scanning Surveying Technique for Archaeological Features Using Photogrammetry

○高田祐一（奈良文化財研究所）、森本達平（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、
福原啓介（同志社大学文化情報学研究科）、茂木孝太郎（同左）
○Yuichi TAKATA(Nara National Research Institute for Cultural Properties),Tappei MORIMOTO(Research Center for Knowledge in Cultural Heritage, Doshisha University),Keisuke FUKUHARA, Kotaro MOGI (Graduate School of culture and information science, Doshisha University)

1. 調査の背景と目的

2012 年度より、同志社大学文化遺産情報科学研究センターと小豆島町は、国指定史跡「天狗岩丁場」を中心とした、小豆島町および東瀬戸内海沿岸部の石切丁場および石材加工の技術史や海運運搬技術などに関する総合共同研究を開始した。「天狗岩丁場」から切り出された石材は、近世初頭、徳川家の大坂城普請事業により、徳川大坂城の石垣に利用されていることは旧来から知られており、その作業工程の実態解明が総合調査の１つの基軸研究として設定されている。この総合的な海洋文化研究のスタートとして、「天狗岩丁場」から切り出された石材が海岸におろされ、そこで再度加工・調整などを行ったとされる岩谷集落亀崎海岸の「天狗磯丁場」の水中、海岸での調査を実施した。

Fig.1　小豆島と岩谷地区（天狗岩丁場）

Fig.2　調査範囲（天狗磯丁場）

2. 災害と文化財の現状　－ 調査法の選定

水中部については水中考古学の手法を用いてシュノーケリングとダイビング（ダイブコンピュータによる水深と水中計測を実施）で石材分布と簡易な水中地形図を作成し、同時に陸域から LRF 計測により石材（遺構）平面図を作成した。水中については、昭和 49 年の水害の際の「天狗岩丁場」周辺斜面の崩落により、岩谷集落も含めた大規模な土砂の流入が確認されており、多くの石材が部分的に確認できるに過ぎなかった。このため 2013 年度以降はさらにソナーや弾性波などの探査技術を応用した石材（遺構）分布の精査を実施する予定となっている。

現状では、この災害時の「天狗磯丁場」の様子を記録した写真が１枚だけ残されており、遺跡に及ぼされ

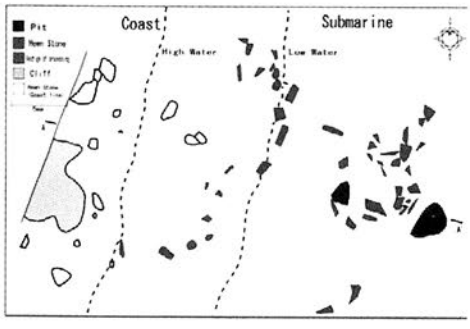


Fig.3　カモメ石と水中石材（遺構）

Fig.4　写真測量風景

た災害の具体的記録がない現状では、この写真から「天狗磯丁場」の被災規模を推測するほかない現状にある。また災害時以前の海岸部の「天狗磯丁場」に関する調査・研究記録はほとんど存在せず、また、災害を受けた後現状に至るまでの「丁場」の地形や環境の変化についても、断片的な行政“記録”や、集落の伝承などが残るだけである。

全長約300m、幅50mの亀崎海岸全域について、石材の種別や形状、加工痕の有無や配列などについて、定量的に評価することを可能とする情報化のため、沿岸部全域を空間データ化することを試みた。手順として、①海岸部に50cmメッシュを敷設し、②ロッドやスタッフなどに搭載したデジタルカメラにより走査しながらメッシュごとに連続撮影し、③カメラレンズの屈折率と被写体までの距離から相互のラップ率に閾値設定（本研究の場合平均約73%）して、④自動マッチングによりオルソ画像を作成した。その後⑤ラップ率の低い写真を再度半自動で補正し、⑥色調と目視により石材と砂、ノイズなどのオブジェクトを判別し、⑦海岸部の石材分布データを構築した。

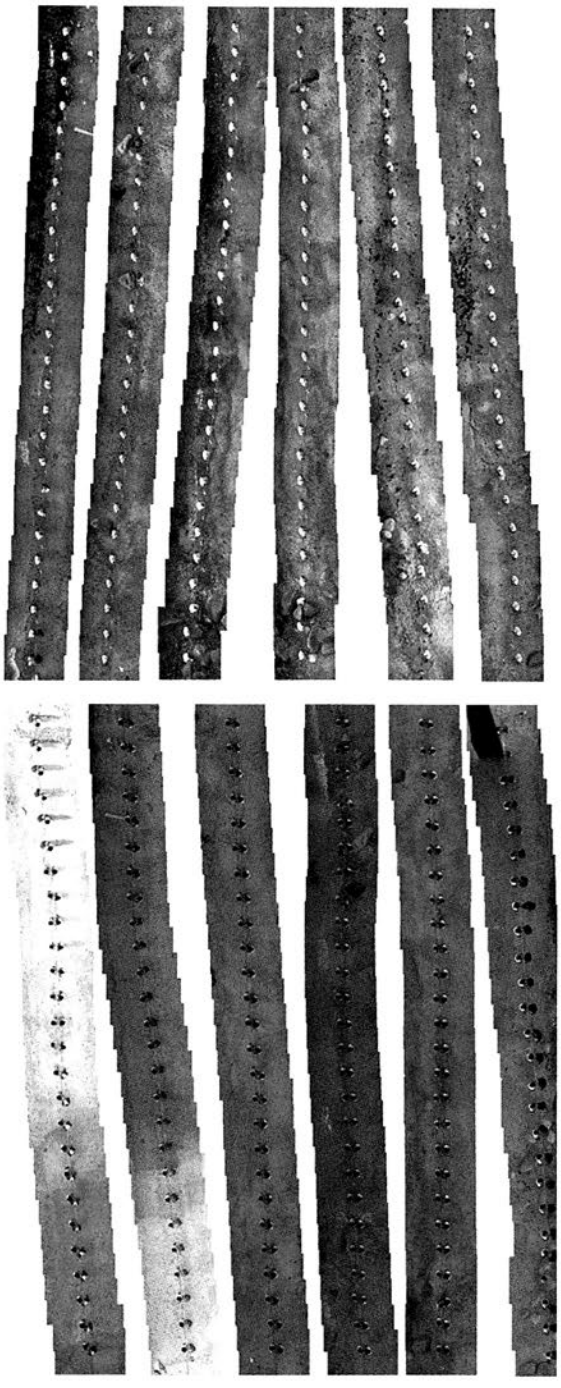


Fig.5　走査写真記録のオルソ化

3. 本調査法の意義と解析結果

従来からこうした写真計測を応用した遺構や遺跡の空間データ作成は一般的に行われてきたが、本適用事例の場合、まず、膨大なオブジェクト情報を比較的高速に取得できることや、ステレオ画像が取得できるため同時に微地形情報も取得でき、これにオブジェクトレイヤーを合わせて構築できる点にメリットがあるだろう。現在、砂浜の微地形と石材分布図が作成できており、将来、画像解析により石材円摩度の自動判別や石材材質調査データの基盤化などが可能である。

再現調理土器に対する塩分と脂質の化学的分析

The chemical analysis of chloride and lipid from simulated cooking potteries

朝倉純（国際基督教大学）、○堀内晶子（同左）、大木伽耶子（同左）、高井響子（同左）、宮田佳樹（名古屋大学）、北野博司（東北芸術工科大学）
Jun Asakura, ○Akiko Horiuchi, Kayako Ogi, Kyoko Takai (International Christian University), Yoshiki Miyata (Nagoya University), Hiroshi Kitano (Tohoku University of Art & Design)

１．はじめに

土器は古代の人々の生活を知る上で重要な考古学的資料の１つである。その中でも、調理土器は古代の人々の食生活を知る重要な鍵となるものである。古代食材由来の脂質は土器内部に浸透し、残留・保持されていることが知られており(1)、これまでに脂質分析を用いた、調理された食材の検討が報告されている。残留する脂質の殆どは複数の食材の混合物と考えられるが、多くの脂質は動物植物に共通するため、脂質から個々の食材を特定することの難しさがある。そこで、様々な食材を一緒に調理した場合、脂質分析の結果が実際に個々の食材を反映しているかを検討するため再現調理実験を行い、ガスクロマトグラフ(GC)を用いて土器に残留した脂質、特に脂肪酸を分析した。

また、すべての動植物に含まれている塩化物イオン(Cl^-)が、調理過程でどれ位土器に吸着、残留するかを調べるため、上記の再現調理実験土器に強く吸着、保持されたCl^-の分析を行った。さらに、調味料として塩を使って調理した場合も検討し、これまでに測定した遺跡出土製塩土器及び調理土器に残留していたCl^-濃度との比較をおこない、Cl^-を使った製塩土器と調理土器の識別方法の妥当性を検討した(2)。

２．試料と実験

縄文時代を想定して、素焼き土器に食材を入れ、食材がかぶる量の水道水を加えた後、屋外で薪を使って約３０分加熱調理した。使用した食材(試料 No.)はハマグリと塩(1A、1B)、ドングリ(3)、イノシシ (4)、イノシシとドングリ(5-1、5-2)、サケと塩(6A、6B)、トドの皮(7-1、7-2)、サケ(I5)、サケとアワ(I12)、シカとアワ(I16)、アワ(I17)の 10 種類である。塩は加える水が海水と同じ濃度(3%)になるように量り加えた。1A と 6A は調理終了後、食材と水分を土器から出し、土器を２つに割り自然乾燥したものを1A-1、6A-1 とした。もう一方はたき火に入れ、土器表面が黒く焦げるまで加熱乾燥し、これを 1A-2、6A-2 とした。同様の操作を、古代人が煮炊きした後に土器を乾燥、保護する為に行ったのではないかと考えられている。1B と 6B はそ

Fig.1 調理実験の様子

れぞれ同じ土器と同じ食材の組み合わせで、それぞれ2回と3回調理を繰り返したものである。作成された土器は全て口縁部から底部にかけてa、b、c、d、eの5つに分けて分析された。Cl^-分析は全ての土器に対して行われ、脂質分析は作成された土器の内、I5、I12、I17のそれぞれc片（吃水部位）に対してのみ行われた。

脂質分析の方法は、古代土器の脂質分析手法に準じて行った。まずコンタミネーションの混入を防ぐため、グラインダーを用いて土器片の表面を除去した後、土器片を粉砕し、粉末に内部標準としてC34アルカン（tetratriacontane）を加え、クロロホルム：メタノール溶液(2:1)で2回抽出し、得られた脂質をトリメチルシリル化した後GCで分析を行った。使用したガスクロマトグラフの条件：SHIMAZU GC-2014 gas chromatograph with FID detector, column: DB-1ht 15m×0.32mm×0.25μm, oven program: 50℃(2min)→10℃/min→350℃(10min)

Cl^-分析の方法は、まず土器片の表面に付着した塩分を蒸留水で抽出し、水に溶け出す塩分を除去した。次に土器片を粉砕後、再び蒸留水を用いて土器胎土に強く保持されていない、水に溶け出すCl^-をさらに取り除き、その後、土器胎土に強く保持された、水には溶け出さないCl^-を0.28Mフッ化アンモニウム水溶液で抽出、塩化物イオン選択性電極を用いて定量を行った。

3．結果と考察

脂質分析の結果、サケ単体で調理した土器からは、C14:0、C16:0、C16:1、C18:0、C18:1、C20:0の脂肪酸が検出された。アワ単体で調理した土器からはC14:0、C16:0、C18:0の脂肪酸が検出された。サケとアワを同時に調理した土器からは、C14:0、C16:0、C16:1、C18:0、C18:1、C20:0の脂肪酸が検出された。この結果から、複数の食材を同時に調理した土器のクロマトグラムは、それぞれの食材を単体で調理した土器のクロマトグラムを反映していることが確認された。

Cl^-分析の結果からは、調理の際に塩を使用していない土器からも、使用した土器からもCl^-はほとんど検出されなかった。この結果から、食材自体や調味料として使用した塩に含まれるCl^-は調理の過程を経ても、そのほとんどが土器に吸着、保持されないことが確認された。また、再現調理土器の中で最もCl^-の検出量が大きかったものの値は0.0298mg/g potteryであるが、製塩遺跡として知られている広島県安芸郡蒲刈町の沖浦遺跡出土製塩土器のうち、最も検出量が小さかったものの値は0.0910mg/g potteryであり両者には少なくとも3倍の差があることが分かる。沖浦遺跡近くの住居跡より出土した調理土器から検出されたCl^-量は大きいもので0.0225mg/g potteryと調理実験土器に残留していたCl^-量と近い値であった。従って、再現調理土器実験から、古代土器に強く保持されたCl^-は主に製塩過程に由来するものであり、製塩土器と調理土器ではCl^-分析による区別が可能であるといえる。

1. Richard P. Evershed, et.al, *Lipids as carriers of anthropogenic signals from prehistory.* Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, Vol.354. pp.19-31. 1999.

2. A.Horiuchi, N.Ochiai, H.Kurozumi, Y.Miyata, Detection of chloride from pottery as a marker for salt: A new analytical method validated using simulated salt-making pottery and applied to Japanese ceramics, J.Archaeol. Sci., 38, 2949-2956, 2011.

不備無遺跡から出土した土器はどのように使われたのか：化学の視点から

How potteries from Fubinashi Site was used: through chemistry

○堀内晶子（国際基督教大学）、大木伽耶子（同左）、宮田佳樹（名古屋大学）、上條信彦（弘前大学）
○Akiko Horiuchi , Kayako Ogi, (International Christian Univ.),
Yoshiki Miyata, (Nagoya Univ.) Nobuhiko Kamijo (Hirosaki Univ.)

1. 始めに

下北半島の宿野部川河口から500 m上流の低位段丘面に位置する青森県不備無遺跡は、縄文晩期の東北地方を中心に栄えた亀ヶ岡文化の代表的な遺跡の一つであり、多くの炭化物付着土器が出土している。そこで、本研究では明らかに調理に使用された炭化物付着土器を使って、古代人が何をどのように調理していたのかを調べるため、残留している有機物質に含まれているバイオマーカーとなる物質の検出・同定をガスクロマトグラフ質量分析（GC–MS）を用いて行った。また、食材をより具体的に推定する為、脂肪酸の物質特異的同位体分析を行った。

2. 試料及び実験

縄文晩期末大洞A'式鉢の口縁部（FB-3B1）の一部から、すでに報告されている分析方法（1）に基づいて表面を薄く削り取った後、脂質をクロロホルム：メタノール=2：1を用いて抽出し、鹸化後、ヘキサン層に移った中性脂質と鹸化後酸性にした水溶液から抽出した酸性脂質に分けてGC–MS分析を行った。また、C16：0とC18：0の脂肪酸（Cx：y=炭素数：二重結合数）の物質特異的同位体分析をFinnegan Thermo Quest Delta S with MARK IV interfac（カラム=HP-1, 50 m x 0.32 mm x 0.17 μ m)を用いて測定した。

3. 結果及び考察

3-1. バイオマーカー：GC–MSの結果、下記の4種類のバイオマーカーを確認する事ができた。

芳香族環を含む脂肪酸（ω-(o-alkylphenyl)alkanoic acids）：　不備無遺跡の鉢（FB-9）からは炭素鎖が18、22、24のω-(o-alkylphenyl)alkanoic acidsが確認できた。ω-(o-alkylphenyl)alkanoic acidsは自然界には存在しないが、二重結合を3つ以上持つ多価不飽和脂肪酸が270℃以上に加熱された際に生成する事が知られている（2）。不飽和脂肪酸は比較的不安定な為、土器内部に浸透していても分解してしまい、実際に古代土器からは殆ど検出されない。しかし、加熱によってω-(o-alkylphenyl)alkanoic acidsが生成されると安定に残存し、我々も海獣狩猟を目的とするいわゆるキルサイトではないかとされている北海道礼文島浜中2遺跡（3）や愛知県保美貝塚遺跡出土土器（4）から抽出した脂質からω-(o-alkylphenyl)alkanoic acidsが確認された事を報告している。従ってFB-3B1は炭素鎖が18、20、22、24の多価不飽和脂肪酸を多く含む食材、つまり魚類や海獣等を使って加熱調理した土器であると考えられる。図1はFB-9から抽出した総脂質をメチルエステル化後、微極性カラムで分離した際のガスクロマトグラムである。

Pristanic acid, pytanic acid：枝分かれした脂肪酸であるpristanic acidとpytanic acidが確認できた（図1）。pristanic acidと生体内でその前駆体となるpytanic acidは、特に海洋性動物に多くふくまれていることが知

られている(1)。浜中2遺跡や保美貝塚遺跡出土土器からもω-(o-alkylphenyl)alkanoic acidsと並んで検出され、海洋性動物の調理を支持している。

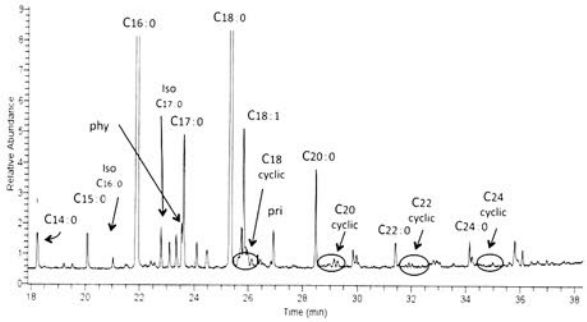


図1. 不備無遺跡出土鉢（FB9）から抽出された脂質（メチルエステル化後）の部分クロマトグラム（微極性カラム）。脂肪酸C*x*:*y*は炭素数x、二重結合数yとする直鎖の脂肪酸メチルエステル, isoは枝分かれした脂肪酸メチルエステル,phyはphytanic acidのメチルエステル,priはpristanic acidのメチルエステルである. C*x* cyclicは炭素数xの環状脂肪酸のメチルエステル群（ω-(o-alkylphenyl)alkanoic aicd methy ester)である. GC-MSの分析条件：Finnigan TRACE GC-MS (TheromoQuest) , column=VF-23　60 m x 0.32 mm x 0.17μm , initial temp=50℃ for 2 min, ramp 10/min until 300℃ hold 15 min.

脂肪族アルコール：炭素鎖10から18までの中鎖飽和脂肪族アルコールが検出された。その中でも炭素鎖16と18を持つ脂肪アルコールが主であった。図2は中性脂質画分に含まれていた脂質をトリメチルシリル化し無極性のカラムで分離した際のガスクロマトグラムである。脂肪族アルコールは主にワックスの加水分解によって生成するが、脂肪族アルコールを土器の脂肪分析のバイオマーカーとして積極的に報告している例は殆どないが、中鎖脂肪族アルコールは海水中、動物性プランクトンや海洋性動物等に含まれている事が知られている。中鎖脂肪アルコールが検出された事も海洋性食材の煮炊きや海水を使った煮炊き等が行われた可能性を支持している。

コレステロール：中性脂質画分からはコレステロールとその分解生成物である5α-cholestan-3β-olが検出されたが他のステロール類は検出されなかった（図2）。一部の植物にもコレステロールは含まれるが、必ず植物性ステロール類と同時に検出される。コレステロールは主に動物にふくまれており、コレステロールしか確認できなかった事は、食材は植物性ではなく動物性である事を示している。この結果も海洋性動物の煮炊きを示唆するものである。

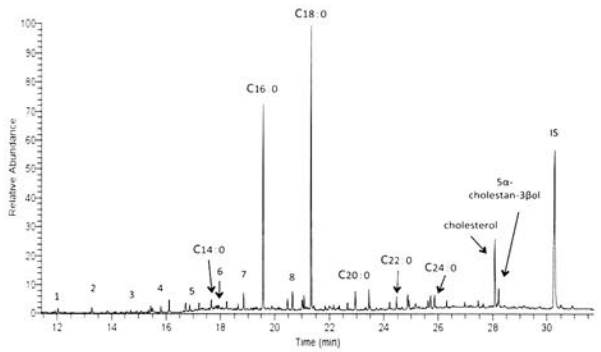


図2. 不備無遺跡出土鉢（FB9)から抽出された脂質を加水分解した後の中性画分脂質（トリメチルシリル（TMS）エステル）の部分クロマトグラム（無極性カラム）. 脂肪酸C*x*:*y*は炭素数x, 二重結合数yとする直鎖の脂肪酸TMSエステル, ピーク1=C10:0-OH, 2=C11:0-OH, 3=C12:0-OH, 4=C13:0-OH, 5=C14:0-OH, 6=C15:0-OH, 7=C16:0-OH, 8=C18:0-OH, (C*x*:*y*-OHは脂肪類アルコールのTMSエーテル）である。ISは内部標準物質のC34炭化水素である. GC-MSの分析条件：Finnigan TRACE GC-MS (TheromoQuest) , column=HP-1　50 m x 0.32 mm x 0.17μm , initial temp=50℃ for 2 min, ramp 10/min until 300℃ hold 15 min.

3-2.　物質特異的同位体分析：

脂肪酸の炭素同位体比、$\delta^{13}C_{16:0}$は-25.41、$\delta^{13}C_{18:0}$は-28.11であった。この結果は現代の海洋性動物の値とは離れており、むしろ陸上動物に近く、バイオマーカーの結果と矛盾するものである。さらなる検討が必要である。

(1) C.Heron and R. P. Evershed, The Analysis of Organic Residues and the Study of Pottery Use, *Archaeological Method and Theory*, Vol. 5, (1993), pp. 247-284

(2) 1. F.A. Hansel, M.S. Copley, L.A.S. Madureira, R.P. Evershed, Thermally produced ω-(o-alkylphenyl)alkanoic acids provide evidence for the processing of marine products in archaeological pottery vessels, Tetrahedron Letters, 29, 2004, 2999–3002.

(3) 宮田佳樹,堀内晶子,南　雅代,中村俊夫, Richard Evershed,「礼文島浜中2遺跡出土土器の脂質分析」,日本文化財科学会第29回大会,京都大学, 2012.

(4) 宮田佳樹,堀内晶子,中村賢太郎,黒沼保子,増山禎之,南　雅代,「土器残存有機物を用いた縄文時代後晩期、渥美半島地域の食性復元」,日本文化財科学会第29回大会,京都大学, 2012.

みしまミュージアムプロジェクトにおける"はこぶつかん"の開発
—三次元データの考古学的・博物館学的活用—

Archaeological and museological utilization with the three dimensional data of material culture: development of "*Hakobutsukan*" in the Mishima Museum Project

○ 川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、平川ひろみ（鹿児島国際大学）、
太郎良真妃（同）、中園 聡（同）
○ Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University), Hiromi Hirakawa (The International University of Kagoshima), Maki Tarora (IUK), Satoru Nakazono (IUK)

1. はじめに

発表者らは"極小規模離島村"である鹿児島県三島村において文化財を利用した地域おこしや学習について研究している。その研究と実践活動において重要な役割を果たすのが、地域独自の資源としての埋もれた文化財の掘り起しと、その記録・活用と考えている。これまでに、村内で発見された考古遺物を中心に三次元レーザースキャナ等を使用して三次元計測を行っており、簡易なレプリカ作製も行っている。本発表では、土器片や石器などの資料に対し三次元形状計測を行い、そのレプリカを小中学校で共有し、地域活性化にも役立てる試みについて解説する。こうした活用法は文化財科学の応用としても、価値あるものと信じている。また、博物館の設置困難地域であり、島・集落が離散した村の実態にかんがみ、実際的な博物館活動のツールとして、「はこぶつかん」というパッケージを製作した。その内容や使用法等についても述べるものである。

2. 三次元形状計測の方法と実践

高級な文化財に対して用いられる傾向の強い三次元計測ではあるが、より安価で簡便な装置を使用することにより、手軽に考古遺物の記録が可能となっている。我々は三次元形状計測に次の2機種を使用している：(1) Roland 社製 LPX-1200RE を用い、基本的に 0.1mm メッシュで計測し図化する。精度良く計測可能であるが、計測可能なサイズなどに制限がある。(2) NextEngine を用いた形状計測。計測と同時に色情報の取得が可能で、サイズ制限がさほどなく、機材自体がコンパクトなため自由に持ち運び可能であるなどの利点がある。それぞれの特性を活かしつつ、計測・記録に取り組みつつある。

これまで、データの蓄積を行ってきたが、三島村村立大里小中学校保管の全資料について、三次元形状計測を行うのに成功したのをはじめとして、個人蔵の資料など様々なものについて実施している。こうしたデータの活用法の一つとして、3D プリンタでの出力を実践しつつある。現在の主な目的は、島や集落の間で共有するためのレプリカを製作することにある。3D プリンタは、Bits From Bytes 社製 3D Touch を使用した。

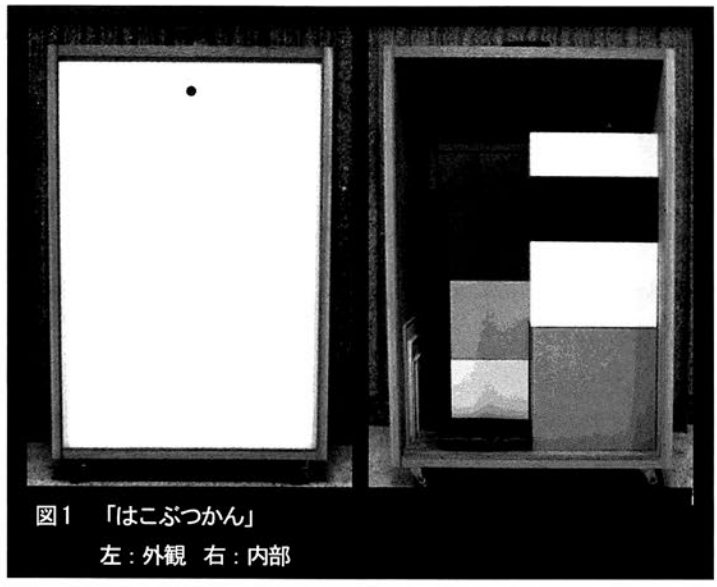


図1 「はこぶつかん」
左：外観 右：内部

図2　「はこぶつかん」のなかみと、それを用いた展示例

3. 文化財の利活用—博物館のオルタナティブとしての「はこぶつかん」—

これまで離島における文化財の利活用を目指し、埋もれた資料の掘り起しとデータの蓄積を進めてきたが、それらを効果的に活用する方法について検討する。文化財を住民や地元小中学生に身近なものとし、知識だけでなく誇りとアイデンティティの回復に役立つことを重視し、活用の一案として「はこぶつかん」パッケージの試作を試みた。類似のものはすでに世界各地の博物館等でアウトリーチ活動をはじめ、パブリック考古学的活動としても普及しつつあり、日本でも取り組みがある。ここでの特徴としては、へき地への移動博物館的なものではなく、島民が自らの地域のものを利用して自ら展示等の博物館活動をするためのツールという性格を付与すべく、設計したところにある。現在2台を製作したが、対象地が3島4地区からなるため、近く、各地区（小中学校）に1つ以上の「はこぶつかん」を用意し、各小中学校での教育的活動に役立てることを考えている。文字通り箱であり、前面の蓋を開けると、小箱が数個、脚付きのパネル、展示用プレート、布、リーフレット、写真、ポスターなどである。遺物等は破損などのリスクがあるため、現物の写真とともに、3Dプリンタ作成したレプリカを用意した。これにより、3島4地区で同じ内容を共有したり、各地区独自の内容を交換することが可能となる。小箱はレプリカの収納に使用するとともに、図2のように展示台としても自由に活用できる。また、乳白色のアクリル板が蓋を兼ねて嵌めてあるため、中に照明を入れるなど工夫できるようになっている。

4. おわりに

本研究は、文化財という地元の歴史に密着した資料を用いたものであることから、博物館活動のモデル構築と地域活性化の両方の実施を同時に実施できる点が特徴である。これまで住民が「知らなかったもの」、当たり前として「気づかなかったもの」に対して、学術的見地から新たな価値を見出し、村民と共に再発見していくことこそ重要である。「はこぶつかん」をそのツールとして活用していきたい。

※JSPS科学研究費・研究活動スタート支援「"極小規模離島村"における持続可能な博物館活動モデル構築のための実践的研究」（課題番号：23800069）の成果の一部である。また、技術面の一部は、JSPS科学研究費・基盤研究（B）（課題番号：21320150）の成果を含んでいる。

土器製作者のリズムと動作
―モーションキャプチャーを用いた身体技法の記録・分析―（第3報）
Potters' rhythm and motion: recording and analysis of the body techniques using motion capture technology ―III―

○ 川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、中園 聡（鹿児島国際大学）、平川ひろみ（同）、黒木梨絵（同・鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センター）
○ Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima), Hiromi Hirakawa (IUK) , Rie Kuroki (IUK; Kagoshima Prefectural Archaeological Center)

1. はじめに

筆者らは、2009年よりタイ北部のチェンマイ近郊にある伝統的土器製作村で、調査を継続的に実施し、土器製作者の個人識別や身体技法等の解明を目指している。研究を進める上で、伝統的土器製作者の身体技法について、観察や単なるビデオ記録にとどまらず、モーションキャプチャーを用いた動作解析が重要である。それにより、正確でより明確な記録、動作の再現、そして製作者が安定して土器を製作する前提としての動作の安定性や個人的なクセの把握などを課題としている。この研究を開始して数年経ったが、数人の製作者について年度をまたいで継続して記録・解析し続けている。2009年から2012年調査時までの成果の一部については既に報告しているが（川宿田ほか2012）、ここでは、2013年度の記録を追加することができたので報告する。さらに、ビギナーが習熟していく過程の記録・解析にも成功しているが、その製作者のその後についても追跡することができた。

2. 動作解析方法

対象としたのは、熟練者3名（potter A・B・D）と、2011年から本格的に土器製作を始めたビギナー1名（potter C）である。製作中の動作を市販の3台のデジタルビデオカメラを用いてAVCHD形式で記録した。日常的な条件をなるべく変えずに記録することが重要と考えられるため、作業環境・記録機材・方法に配慮した。すなわち、動作に影響が出ることが懸念されるため、マーカーを製作者自身に取り付けることは避けた。ただし、モーションキャプチャーでのキャリブレーションが可能となるように、日常的な土器の製作場所（背景の壁、床）に印をつけ、その範囲内で作業を行ってもらった。

使用したソフトは、モーションキャプチャーソフト（エル・エー・ビー社製PV STUDIO Character）である。特別なスタジオ等の設備が必要でなく、対象者へのマーカーの取り付けがなくても動作解析が可能であるため、これを採用した。

3. 結果と考察

動画によるマクロなレベルでの確認によって、道具を持つタイミング、手の動き、土器を回転させるタイミングなど、一連の製作工程の細かいレベルで共通しており、製作者間で動作がマクロには共通していると判断できた。しかし、土器製作をミクロなレベルでみることによって、一見共通する工程内でも、製作者ごとのクセが存在することが確認できた。動作の個人内安定性、すなわち同じ動作を連続して繰り返す際の安定性と、複数年に及ぶ安定性についても、明らかにすることができた。こうした安定性の存在については、結果としての製品のサイズや形態に安定性があることや、手慣れた手順で繰り返されるルーチン化された製作動作などから、推測することはできても、観測は困難であった。本研究では、そうした推測を超えて、実際に動作の安定性が存在することと、具体的にどのような内容と程度で安定しているのかを提示できた。さらに、ビギナーの技術習得の観点からもデータの蓄積ができつつある。ビギナーの動作の変化として、2012年度には前年度と比較して、1ストロークあたりの時間の短縮、動きを示す波形の安定化、所要時間の安定化がみられたが、今年度はそれがさらに維持・発展されていた。これは製作を習熟

しつつある過程を示すと考えられる。

こうした研究を重ねることで、土器に残った製作痕と製作者の動作をつなぎ、過去の土器に適用可能な法則、さもなければ有効な選択肢を示すことが可能であろう。過去の製作者とその行為を復元する取り組みのためにも、ヒトと土器との関係をより深く理解するためにも、モーションキャプチャーは有用なツールであると考える。今後も継続して、データの蓄積を図る予定である。

※JSPS 科研費・基盤研究（B）（課題番号：21320150）の成果の一部である。

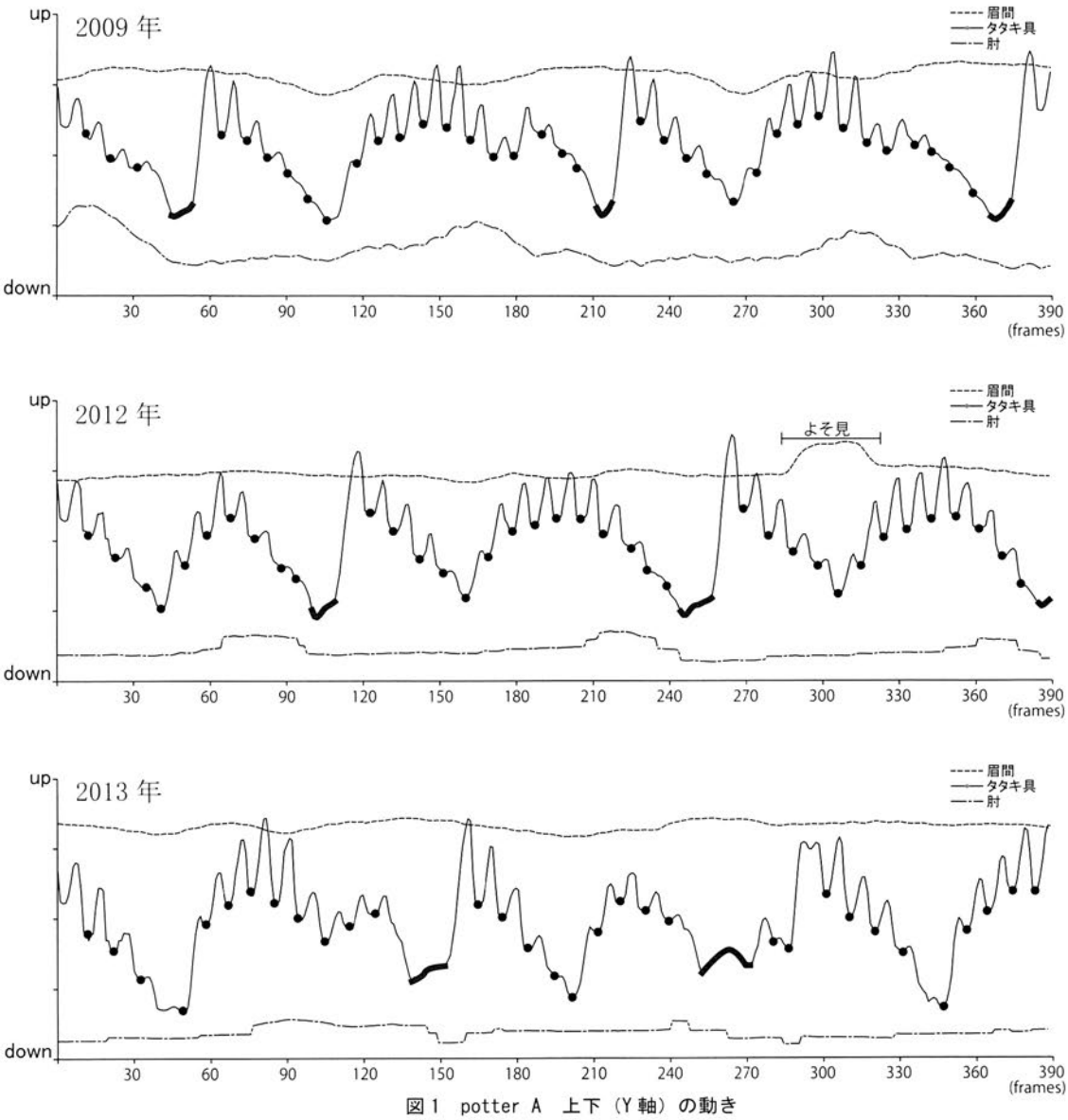


図 1　potter A　上下（Y 軸）の動き

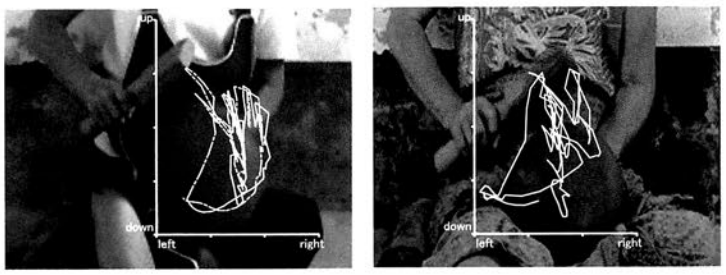


図 2　potterA のタタキの軌跡

左:2012 年　右:2013 年

臼歯形状からみた日韓古代馬の関係

The relationship between ancient Japanese and Korean horses revealed through molar shape analysis

○植月　学（山梨県立博物館）、孫晙鎬（高麗大）、津村宏臣（同志社大）、丸山真史（奈良文化財研究所）、Gundem Can Yumni（総研大）、庄田慎矢（奈良文化財研究所）、菊地大樹（同左）、本郷一美（総研大）

○Manabu Uetsuki(1),Joonho Son (2),Hiro'omi Tsumura(3),Masashi Maruyama(4),Can Yumni Gundem(5),Shinya Shoda(4),Hiroki Kikuchi(4),Hitomi Hongo(5)

1)Yamanashi Pref. Museum, 2)Korea Univ., 3)Doshisha Univ., 4)Nara National Research Institute for Cultural Properties, 5)The Graduate Univ. for Advanced Studies

1. はじめに

馬歯は馬体の中でもっとも強度があり、普遍的に出土する。また、歯の形状は後天的変化が少なく、遺伝的影響をより直接的に反映すると考えられる。筆者らは馬歯の輪郭形状を比較することにより、個体間の近縁性を明らかにするための検討を重ねてきた。その結果、九州の在来馬現生標本の分析により、本手法により品種レベルの個体群を識別できる見通しを得た。その上で、東日本各地の古墳時代～中世遺跡出土馬歯を分析し、東北地方に伝播した古代の馬が中部地方などの古代馬と近い形状を持つことや、中世になると各地域の特徴が分化し多様性を増すことなどが明らかになった（植月他 2013）。

以上の結果がどのような意味を持つかを具体的に解釈するには、なお課題がある。特に、東北地方や中部地方以外の馬歯がどのような特徴を持っており、その多様性がどの程度かを明らかにすることが重要である。そこで、本研究では古墳時代に朝鮮半島から西日本を経て導入されたと推測される馬がどのような特徴を持ち、中部地方や東北地方の馬とどのような関係にあるかを把握するために西日本、および韓国内出土馬歯との比較を新たにおこなった。

2. 資料と方法

分析に用いたのは植月他（2013）において収集した東日本各地の古墳時代～中世遺跡出土馬歯、および今回新たに収集した西日本の３遺跡（大阪府長原遺跡、奈良県四条遺跡、三重県朝見遺跡。いずれも古代）、および韓国内の４遺跡（京畿道加平大成里遺跡、忠清南道葛梅里遺跡、江原道江門洞遺跡、慶尚南道合城洞遺跡。原三国～三国時代）出土馬歯である。

はじめに馬歯咬合面を撮影し、エナメル質の輪郭をトレースした。次に、楕円フーリエ解析ソフト SHAPE（Iwata & Ukai 2002）を用いて楕円フーリエ記述子によって楕円近似次数に対応する楕円方程式係数を析出し、次元縮約のため主成分分析を実施した（植月・津村 2011）。

3. 結果

今回は上下各６種類の臼歯のうち、上顎第１後臼歯の結果を示した（図）。

西日本の標本はおおむね中部地方の古代の分布範囲に収まったが、四条遺跡の１個体のみ外れた位置にプロットされた。韓国の４遺跡は、遺跡、標本ともに少ないにも関わらず、日本の古代よりも大きな変異を示した。その中でも葛梅里と合城洞の１個体が中部の古代に近く、合城洞の別の個体や江門洞は離れた位置にプロットされた。これらに近い形状は中部地方でも中世になると認められる。

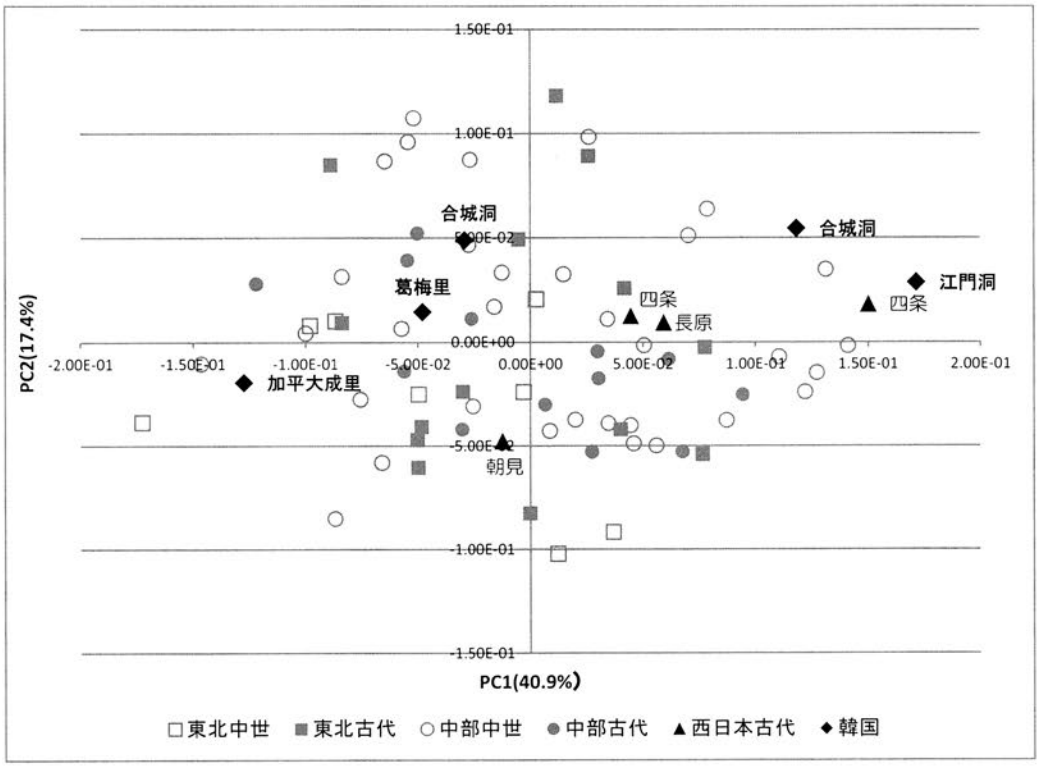
4. まとめ

西日本と韓国の標本はまだ少数であり、判断が難しいが、現段階ではウマの渡来と伝播の過程について次のような可能性を指摘できる。まず、古墳時代から古代までは朝鮮半島経由で限られた個体群が渡来して広がった。その特徴は百済や伽耶の領域である朝鮮半島西部～南部と共通し、初期の馬具の系譜と一致する。中世になると、それまでとは異なる歯の形状をもつ個体群が新たに導入された。

以上の仮説が妥当であるかはさらに比較対象地域と標本数を増やし、より細かい時間幅と地域単位で検討していく必要がある。合城洞や四条において同一の遺跡から古代と中世の特徴を持つ個体が確認されている点も問題である。今後他歯種の分析や加齢による変化の方向性などを加味して、より詳細な検討を加える予定である。

謝辞：資料の調査にあたっては、以下の諸機関のご協力を賜った。記して感謝申上げる。
大阪市文化財研究所、京畿文化財研究院、高麗大学校考古環境研究所、江陵原州大学校博物館、三江文化財研究院、奈良県立橿原考古学研究所、三重県埋蔵文化財センター

植月　学・津村宏臣　2011　「輪郭形状解析による出土馬歯の形態分類に関する基礎的研究」『日本文化財科学会第28回大会発表要旨集』
植月　学・津村宏臣・覚張隆史・松元光春・西中川駿　2013　「臼歯形状による遺跡出土馬の系統分類の試み」『動物考古学』30
Iwata, H. and Y. Ukai (2002) SHAPE: A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. Journal of Heredity 93: 384385



上顎第1後臼歯　輪郭形状の主成分得点分布

高松塚古墳壁画の材料調査
－蛍光Ｘ線分析法による下地漆喰に関する調査（5）－
The plaster analysis of the ancient Takamatsuzuka tumulus
- Investigation by the X-ray fluorescence analysis(5)-

○降幡順子（奈良文化財研究所）、早川泰弘(東京文化財研究所)、辻本与志一（奈良文化財研究所）、赤田昌倫（同左）、脇谷草一郎（同左）、田村朋美（同左）、高妻洋成（同左）、肥塚隆保（同左）、吉田直人(東京文化財研究所)、朽津信明(同左)、早川典子(同左)、江村知子(同左)、佐野千絵(同左)、岡田健(同左)、三浦定俊(同左)、宇田川滋正(文化庁)、建石徹(同左)

○Junko Furihata (Nara National Research Institute for Cultural Properties[*1]), Yasuhiro Hayakawa (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo[*2]), Yoshikazu Tsujimoto[*1], Masanori Akada[*1], Soichiro Wakiya[*1], Tomomi Tamura[*1], Yosei Kozuma[*1], Takayasu Koezuka[*1], Naoto Yoshida[*2], Nobuaki Kuchitsu[*2], Noriko Hayakawa[*2], Tomoko Emura[*2], Chie Sano[*2], Ken Okada[*2], Sadatoshi Miura[*2], Shigemasa Udagawa (Agency for Cultural Affairs[*3]), Toru Tateishi[*3]

1. はじめに

高松塚古墳壁画の劣化原因調査の一環として、平成２０年度より壁画表面の主要元素の分布について、携帯型蛍光Ｘ線分析装置を用いた調査を継続的に行っている。下地漆喰に含まれる鉛の分布や図像に用いられている彩色材料を調査することで、壁画の劣化原因を推定し、さらには今後の修理や保存に有益となる情報を得ることが目的である。これまでに本学会において、西壁石１～3、東壁石１～3、南壁石（閉塞石）、北壁石、天井石２および３の鉛の検出強度分布等に関する調査結果を報告してきた。今回は、天井石１および4、床石１～4の測定を行い、高松塚古墳石室内のすべての面の測定を終了したので報告する。

2. 測定方法

二方向にスライドが可能なアームが取り付けられている分析用フレームに携帯型蛍光Ｘ線分析装置 Niton XLt-500 を取り付けて測定を行った。操作はすべてフレームの外から行い、壁画面上での作業を行うことなく、安全に測定を実施できるように工夫した。測定条件は、管電圧 40kV、電流 Auto(約 10μA)、測定時間 60 秒、Ｘ線照射径 10mmφ（試料間距離 7mm 時）である。測定は縦横 5cm 間隔で行い、土に覆われた箇所等については測定を実施していない。測定箇所の詳細な表面状態は、分析用フレームに設置した小型 CCD カメラで記録した。

3. 測定結果

天井石１～4の鉛の検出強度の測定結果を図１に、 床石１～4の結果を図２に示す。天井では全面から鉛が検出されることを確認した。天極および四輔周辺の鉛の検出強度が大きいが、二十八星宿に沿って検出強度が大きいわけではなく、星宿のない箇所でも検出強度が大きい部分が存在する。壁面のように図像（青龍、白虎、玄武）周辺の鉛の検出強度が特に大きいという傾向は天井石では認められなかった。床面についても全面から鉛を検出したが、鉛の強度が大きい箇所がランダムに認められ、それらの箇所からは銅とヒ素もしくは銅と水銀などが同時に検出されることから、埋葬品に由来する鉛が検出されているものと推定される。床石４の北壁側からは銅がほとんど検出されないため、この部分で検出されている鉛は漆喰だけに由来するものと考えられる。

4. 考察

従来の結果に今回の測定結果を加えることにより、高松塚古墳石室内のすべての面における鉛の分布が明らかになった。壁石により検出強度の差はあるものの、天井、床および側壁面のすべての箇所から鉛が検出される結果が得られた。石室内面に塗られている漆喰に鉛が含有されていることが確認された意義は大変大きい。天井、床および側壁面のすべてにおいて鉛の含有率が一定であるかどうかについては、漆喰層の凹凸による測定距離の違いの影響を詳細に検討する必要があるが、天井石について他の壁面よりもやや鉛の検出強度が大きい傾向が見出されている。また、東壁の日像あるいは西壁の月像の直下では、顕著に鉛の検出強度が高い帯状の部分が存在していることが見出されたが、石室内の他の部分から同様の帯状部分を検出することはできなかった。

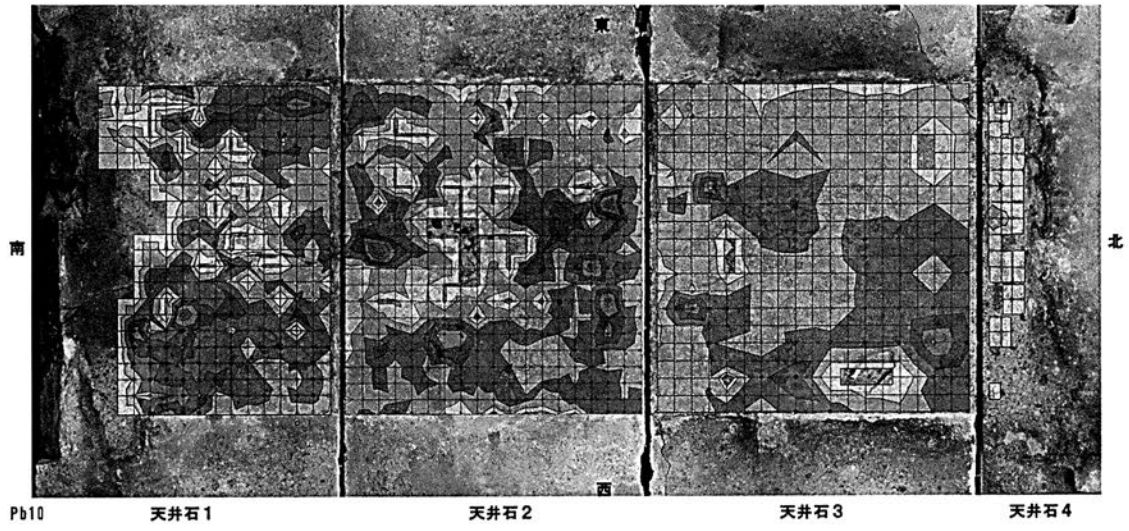


図1　天井石1〜4の鉛検出強度分布（天井石3は日本文化財科学会第29回大会にて報告済）

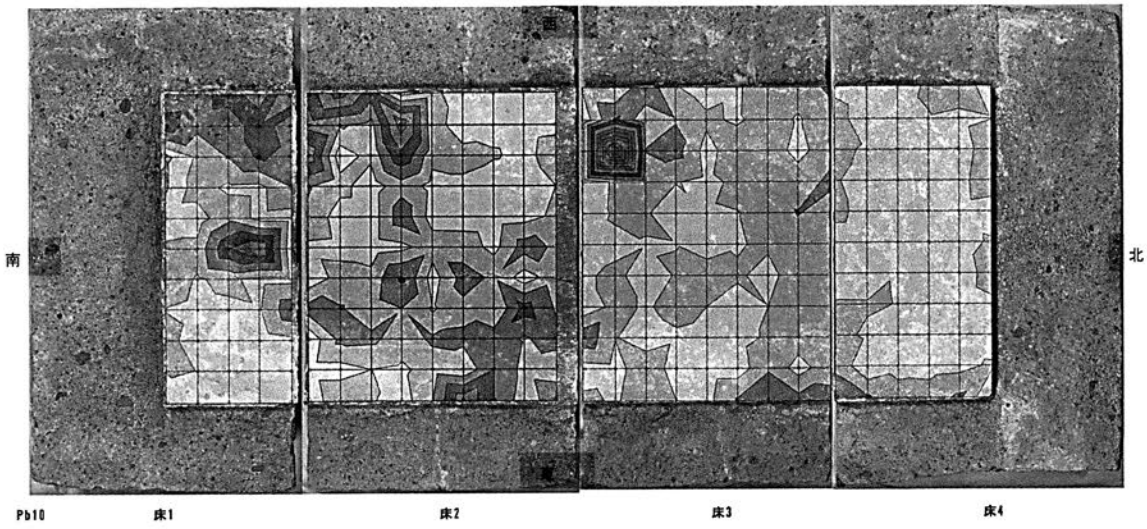


図2　床石1〜4の鉛検出強度分布

装飾古墳内部の温湿度と壁面の濡れの挙動の関係の検討
Investigation of relationship between hygrothermal and wetting behavior in the stone chamber of the decorated tumulus

○小椋大輔（京都大学）、 鉾井修一（同左）、 森田直樹（同左）、
坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、池田朋生（同左）、中里伸明（熊本市）
○Daisuke Ogura, Shuichi Hokoi, Naoki Morita (Kyoto University), Keitaro Sakaguchi, Tomoo Ikeda (Kumamoto Prefectural Decorated Tumulus Museum), Nobuaki Nakazato (Kumamoto City)

1. はじめに　熊本市の国史跡・釜尾古墳では、装飾が冬期に乾燥し、夏期に濡れることで見え方が変化するとの報告がなされており、装飾の保存状態を把握するため、測色による季節変化のみならず経年変化を明らかにする取り組みが行われている[1]が、季節による濡れの変化や、濡れの違いによる彩色の見え方のメカニズムについては十分に分かっていない。筆者らは、これらのメカニズムを明らかにし、装飾古墳の保存を前提として、公開時の見え方を考慮した、装飾古墳の適切な公開の方法を提案することを目的として研究を行っている。装飾の濡れと乾燥による季節変化は、玄室内外の温湿度性状が大きな影響を及ぼしていると考えられる。本報告では、釜尾古墳を対象として、2012年8月から行っている古墳内の羨道、玄室、屋外の温湿度等の測定結果を示し、内部の空気の流動について考察を行う。次に、上記結果と、濡れと乾燥の状態変化の目視観察結果や石材の測色との関係について考察を行う。

2. 温湿度等の測定箇所　釜尾古墳では、2012年8月から、温湿度ロガーを古墳内に8箇所、屋外に1箇所、南向きの入口扉の鉛直面に小型日射計を設置している。それぞれの測定場所を図1に示す。

3. 測定結果と考察　図1に示すように、古墳内を3つの領域に分けて、温湿度性状について考察を行い、最後に全領域を併せた考察を行う。以下では夏期と秋期の典型的な1週間を取り上げて考察を行う。図2,3に領域1の夏期、秋期のそれぞれの温度変動を示す。夏期は、入口上と外気は近い値で日変動があり、入口下は日変動が小さい。秋期は、入口上下ともに、日中に値が大きく上昇し、夜間は入口下の方が大きく低下する。また、入口扉への日射量は夏期より秋期の方が大きい。これら温度変動の要因について、温度が高くなると空気密度が小さくなり浮力が生じ空気が流動することを考慮すると、夏期には入口上から温度の高い外気が流入し、入口下から外気へ温度の低い内部空気が流出していると考えられる。また秋期では太陽高度が低くなることで南向きの入口扉への日射量が大きくなり入口付近の温度が上下問わず上昇し、夜間には高い温度の内部空気が入口上から流出し、低い温度の外気が入口下に入ってきていると考えられる。次に領域2について検討を行う。図4,5に領域2の夏期、秋期のそれぞれの温度変動を示す。夏期は、

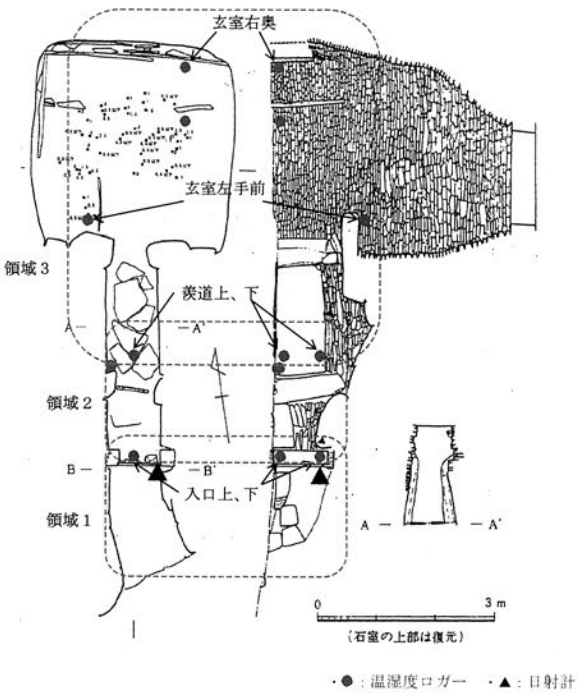


図1　釜尾古墳の測定器設置場所と設置場所の名

入口付近と同様に、羨道上の値は日変動があるが、羨道下の日変動はほとんどみられない。秋期は、羨道上は日中に若干上昇するが、それ以外は、ほぼ一定であり日変化は小さく、羨道下は日変動が大きくなり、入口下の値が最も低い。これらの理由として、夏期は入口近傍から羨道上への空気の流動があり、秋期は、日中に入口上の高い温度の空気が、羨道上に一時的に流れるものの、それ以外の時間帯は、羨道上から入口上に高い温度の空気が流動し、入口下から羨道下へ低い温度の空気が流動していると考えられる。領域3では、玄室右奥（床近傍）の温度は、夏期は殆ど日変動がないが、秋期は日変動が現れる（図省略）。以上のことから、釜尾古墳内は、夏期には入口扉の隙間を通して、入口上部から外気が流入し、羨道の天井を伝って玄室まで侵入する一方で、羨道下から入口下部を通って外へ内部空気が流出していると考えられる。また、秋期には入口下部から外気が流入し羨道の床を伝って玄室まで侵入する一方で、羨道上から入口上部を通って内部空気が外へ流出していると考えられる。冬期には外気温がさらに下がるため、秋期の性状が強まると考えられる。釜尾古墳の玄室の装飾を含めた内壁は、夏期には全面が濡れており、秋期から、床に近い壁面や装飾から乾燥が進んでいくことが目視で確認されており、測色値は明るくなっている[1]。秋期から冬期にかけて、床に近い壁面や装飾から乾燥が進む要因として、絶対湿度の低い外気が床面近くから玄室まで侵入し（図省略）、下部から徐々に壁面や装飾を乾燥させていっていると考えられる。

5. まとめ　釜尾古墳内の装飾の濡れと乾燥による季節変化を明らかにするため、玄室内外の温湿度の測定を行い、夏期から秋期にかけての温湿度性状の分析から、古墳内の空気の流動の挙動の一部を明らかにした。今後、玄室の上下の温湿度の挙動の計測も行い、より詳細にメカニズムを明らかにする予定である。

[謝辞]平成24年度科学研究費補助金 基盤(C)（課題番号：23560694 研究代表者：小椋大輔）の助成を受けた。[参考文献]　1）池田朋生：装飾古墳石室内での温湿度、彩色の見えを対象としたモニタリングシステムの構築 研究報告書, 熊本県立装飾古墳館発行、2010

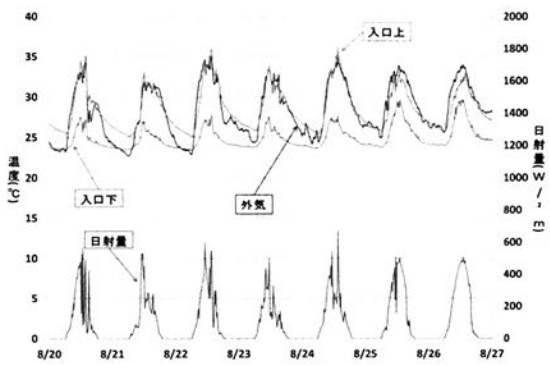


図2　夏期(8/20～8/26)の領域1の温度変動

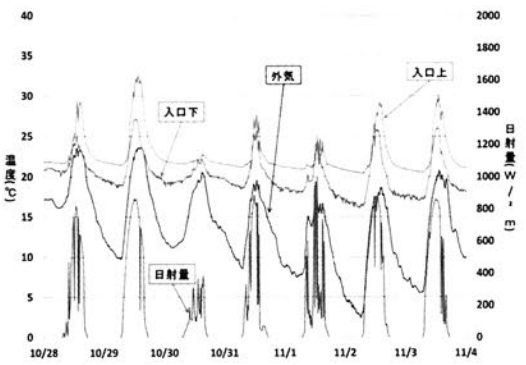


図3　秋期(10/28～11/3)の領域1の温度変動

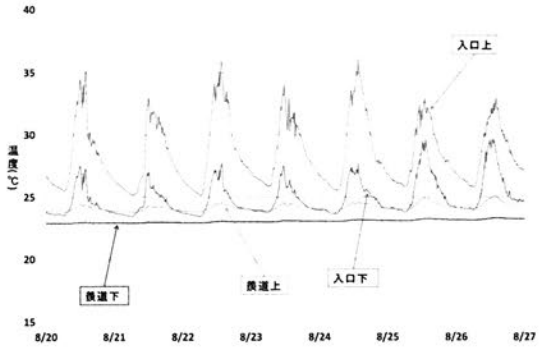


図4　夏期(8/20～8/26)の領域2の温度変動

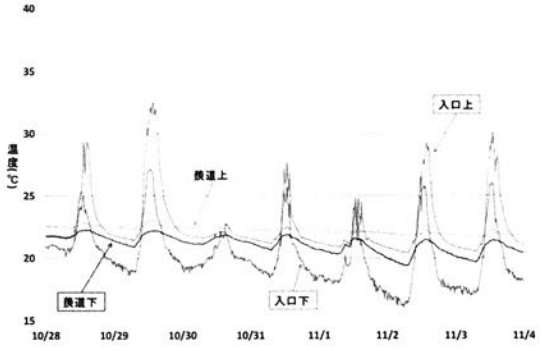


図5　秋期(10/28～11/3)の領域2の温度変動

東南アジアおよび日本出土の古代ガラスに関する考古化学的研究

Archaeochemical investigation of ancient Southeast Asian and Japanese glasses

○松﨑真弓[1], ラプチェフ・セルゲイ[2], 澤村大地[1], 中井　泉[1](1 東理大理、2 MIHO MUSEUM)
○Mayumi Matsuzaki[1], Sergey Lapteff[2], Daichi Sawamura[1], Izumi Nakai[1]
(1 Department of Applied Chemistry, Tokyo University of Science, 2 MIHO MUSEUM)

1. 序

日本にガラスが伝えられたのは弥生時代前期末から中期初頭ごろと言われており、弥生～古墳時代の日本には、中国や南～東南アジア、西アジア地域で製造されたガラスが大量に搬入されたと考えられている。日本国内で出土する古代ガラスに関しては、肥塚らによる先駆的な研究[1,2]をはじめ、我々もこれまでに熊本県・茨城県・佐賀県のガラス[3,4,5]のほか、国立科学博物館に所蔵された故小田幸子氏のコレクション[6]など多数の試料の分析を行い、古代日本におけるガラスの流通と変遷の一端を明らかにしつつある。一方、古代日本に流通していたガラスの起源や搬入経路を考察する上では、中国や朝鮮などの周辺諸国をはじめ、ガラスの発展や交易に大きく関わった西アジア、南～東南アジア地域にも目を向ける必要がある。特に東南アジアは西方から日本へと至る海上交易路「海のシルクロード」における重要拠点であり、日本の古代ガラスの起源研究において極めて重要である。そこで我々は昨年カンボジアで出土したガラスの分析を行い、日本のガラスとの関連性について考察を進めてきた[7]。本研究ではこれらの先行研究を基盤とし、分析対象を他の東南アジア諸国のガラスへと拡大することで、古代ガラスにおける日本と南方地域の関係を検証することを目的とした。

2. 分析試料および分析装置

分析試料はラオス国内の遺跡(BC500～AD500)から出土したガラス 71 点、ベトナム国内の遺跡(主に BC400～AD100)から出土したガラス約 80 点である。形状はビーズ、環状飾り、容器片などで、その色調は紺色・水色・緑色・黄色・赤色と様々であった。分析試料には日本の古代ガラスと色調や形状が類似しているものも数多く認められた。また主な比較試料としては、これまでに分析を行った弥生～古墳時代の熊本県・茨城県[3,4]・佐賀県[5]のガラス、およびカンボジアのガラス[7]の分析結果を用いた。

化学組成分析には我々が企業と共同で開発を進めているポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-IV (OURSTEX(株))を使用し、得られた蛍光 X 線スペクトルから、検量線法を用いて各元素の酸化物換算濃度を算出した。検量線用の標準試料には、認証値が与えられている標準ガラス、および ICP-OES による定量化を行った合成ガラス計 34 点を用いた。またガラス中に散在する顔料の相同定には、40 倍の顕微倍率で観察・測定が可能なポータブル顕微ラマン分光分析装置 MiniRam (B&W TEK Inc.)を用いた。

3. 分析結果・考察

蛍光 X 線分析により得られたガラスの主成分組成に基づいて全試料を分類した結果、ラオス出土のガラスはアルミナソーダ石灰ガラス（Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2 系）、およびソーダ石灰ガラス（Na_2O-CaO-SiO_2 系）がそのほとんどを占めていた。一方ベトナム出土のガラスにはカリガラス（K_2O-SiO_2 系）が多く認められ、地域による組成タイプの違いが明らかになった。またベトナムの試料にはイスラム様式の容器片も数点存在し、蛍光 X 線分析によって植物灰を融剤とするソーダ石灰ガラスであることが確認された。その他カリ鉛ガラス（PbO-K_2O-SiO_2 系）、鉛バリウムガラス（PbO-BaO-SiO_2 系）など融剤として鉛を多量に含むガラスもわずかに認められた。このうちラオス国内で出土したアルミナソーダ石灰ガラス、ソーダ石灰ガラス、カリガラスの 3 種について、基礎ガラスの原料に由来する微量成分 SrO、ZrO_2 の量に着目して組成の特性化を試みた結果を Fig.1 に示す。これより、それぞれのタイプと対応する形で組成に違いが

見られ、これら 3 タイプのガラスが異なる起源を持つとする先行研究の指摘 [1]とよく対応した。またラオス出土のガラスにおける SrO、ZrO_2 の含有量は日本の弥生～古墳時代のものとほぼ同様の傾向を示し、色調や形状に限らず、組成においても日本のガラスとの類似性がみられた。一方、ラオス北西部に位置する Thong Hai Hin 遺跡から出土したアルミナソーダ石灰ガラスは SrO および ZrO_2 の含有量がやや少なく、ラオス国内の他の遺跡、および日本各地で出土したアルミナソーダ石灰ガラスとは異なる組成的特徴を有していた。これより同じタイプでも起源の異なるガラスが存在し、遺跡ごとに地域性を持って流通していたことが示唆された。

また我々の先行研究により、日本で出土する古墳時代の不透明黄色系ガラスの着色には、東南アジア産と考えられる鉛原料を用いて合成された黄色顔料：スズ酸鉛 $PbSnO_3$ が使用されていたことが明らかになっている [3]。顕微ラマン分光分析による顔料同定の結果、ラオスおよびベトナムの黄色系ガラス中からも $PbSnO_3$ の粒子が同定され、ガラスの着色顔料についても日本との関連性を化学的に検証することができた。

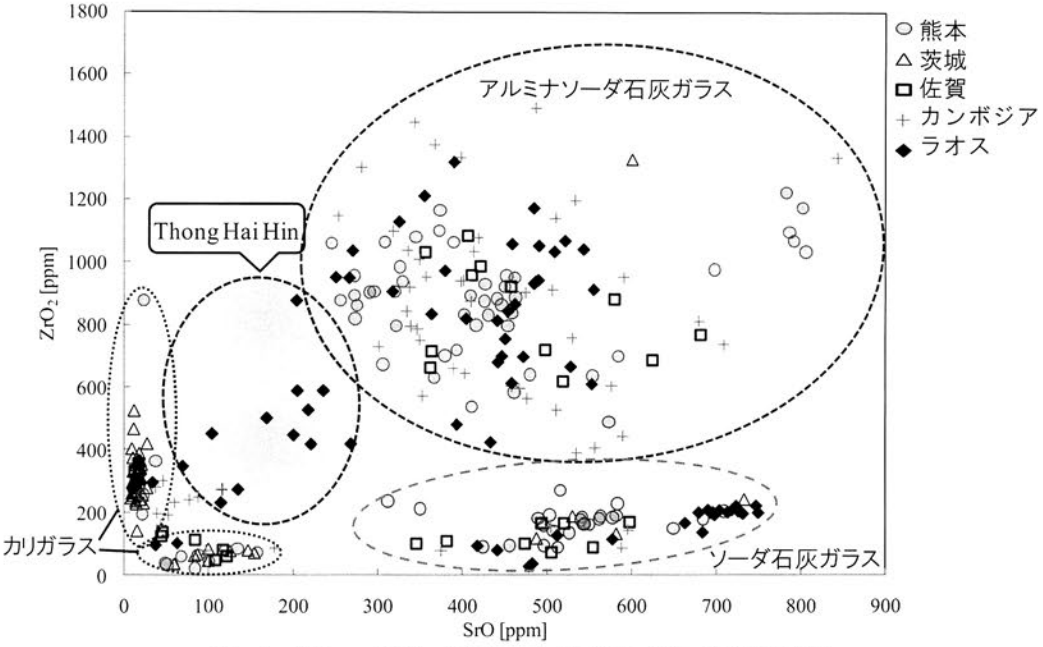


Fig.1 SrO vs. ZrO_2 プロットによるガラスの特性化

【謝辞】
本研究を進めるにあたり、貴重な遺物を分析する機会を提供して下さいましたラオス国立博物館　Phetmalayvanh Keobounma 館長、および国立ハノイ大学文化人類学博物館　Lam Thi My Dung 教授に深く感謝致します。また調査に際して多大なるご協力を賜りました両博物館の関係者各位に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】
1) 肥塚隆保：GLASS，**53**，3 (2009).
2) 肥塚隆保，田村朋美，大賀克彦：月刊文化財，**566**，13-25 (2010).
3) 白瀧絢子，阿部善也，K. タンタラカーン，中井　泉，池田朋生，坂口圭太郎，後藤克博，荒木隆宏：考古学と自然科学，29-52 (2012).
4) 松﨑真弓，白瀧絢子，池田朋生，中井　泉：X 線分析の進歩，**43**, 437-452 (2012).
5) 松﨑真弓，白瀧絢子，池田朋生，中井　泉：X 線分析の進歩，**44**, 印刷中 (2013).
6) 白瀧絢子，中井　泉：国立科学博物館研究報告 E 類(理工学)，**34**, 61-71 (2011).
7) ラプチェフ・セルゲイ，松﨑真弓，白瀧絢子，中井　泉：第 19 回ヘレニズム～イスラーム研究 (2012)

焼土の被熱温度推定

Estimation of the heat temperature of burnt soil.

○小畑直也（古環境研究所）、長友恒人（奈良教育大学）、青木智史（同左）
○Naoya Obata (Paleoenvironment Research Institute Co.,Ltd.),
Tsuneto Nagatomo and Satoshi Aoki (Nara University of Education)

1. はじめに

考古遺物の被熱履歴を調べることは遺跡や遺構の機能を考察するために重要であり、さらに被熱温度を推定できれば、技術の復元などの新たな知見を得ることができる。これまで被熱温度の推定は光学的な観察、X線回折、残留磁気測定などのほか、ルミネッセンス法や電子スピン共鳴法など様々な手法によって試みられてきた。ルミネッセンスを応用した方法のうち、熱ルミネッセンス法（TL法）はこれまで焼土、焼石、土器の被熱温度推定に成功しているが、測定には試料内部の露光していない部分から抽出した石英粗粒子が1 g程度必要である。そのため小さな試料やそもそも石英を含まない試料への適応は困難であった。しかし、西村ら（2007、日本文化財科学会第24回大会）の考案した赤外光ルミネッセンス(IRSL)を用いた方法は、長石を主とする多鉱物試料を測定対象とし、露光の有無も問わないため、少量の試料等より幅広い試料に対して被熱温度推定が可能である。このIRSL法による被熱温度推定は現在まで土器を対象に適用されている。本研究では、TL法では試料上の制約から困難であった少量の焼土の被熱温度推定を目的に、遺跡から検出された焼土にIRSL法による被熱温度推定を適用した例を報告する。

2. 試料

試料は新潟県阿賀野市三辺稲荷遺跡、岡山県総社市荒神ヶ市遺跡、熊本県芦北町横手遺跡から検出された焼土（図1）である。いずれも、程度は異なるが赤く変色した部分が混在していた。可能な限り赤色部分のみを取り出して被熱試料とした。また被熱試料との比較に用いるため、同じ地点の熱を受けていない部分を対照試料として設定した。それぞれ年代測定を行う場合と同様に、過酸化水素水、塩酸で処理した後、1～8 μmまたは1～50 μmに粒度を調整し、測定試料とした。

図1　横手遺跡の焼土試料

3. 方法

年代測定では、加熱または露光によってゼロリセットされた後に、被ばく放射線量に比例してIRSL強度が増加する特性を利用する。一方、IRSL測定による被熱温度推定には、同じ試料に同一線量を照射した場合にIRSL強度が被熱温度に依存して変化することを利用する。このIRSL強度の変化は、被熱温度まではほぼ一定であるが、被熱温度以上になると増加または減少する傾向を示す。この時のIRSL強度が変化する温度を観察し、被熱温度を推定する。

まず加熱温度ごとのIRSL強度を得るために、処理後の試料を7つに取り分け、300℃～900℃間の100℃ごとに試料を電気炉で60分間加熱処理した。また加熱しない場合のIRSL強度を得るため人工太陽光源を用いて約50 klxで約8時間露光した。ゼロリセットされた試料ではIRSL強度がゼロであるため、^{60}Co γ

線源で5 Gy照射し、それぞれをIRSL測定した。被熱温度は、加熱試料のIRSL強度を露光試料のIRSL強度で規格化したグラフを作成し、(1) 被熱試料の測定結果のほか、(2) 熱を受けていない対照試料のIRSL強度の推移を観察するもの、(3) 電気炉であらかじめ500℃に加熱した対照試料のIRSL強度がどう変化するのか観察するものの測定結果を加えて総合的に判定した。

4. 結果と考察

横手遺跡の測定結果を図2〜4に、荒神ヶ市遺跡の測定結果を図5に示す。横手遺跡の試料は赤く変色した十分なサイズのブロックであった。図2から、熱を受けていない対照試料ではIRSL強度が連続して変化する様子が分かる。図3ではあらかじめ加熱した500℃まではIRSL強度が一定であることが確認された。図4は被熱試料を同様に測定したものであるが、図3とほぼ同様の結果であったことから500℃程度で被熱していると推測された。図5の荒神ヶ市遺跡のIRSL強度は連続して変化しており、強度が一定になる温度領域が見られなかったため、被熱していないもしくは混入のため判別できないのどちらかである。荒神ヶ市遺跡の試料は赤褐色を帯びた数 cm の塊を集めたものであったが、より慎重に試料採取を行う必要があることが示された。三辺稲荷遺跡試料の赤く変色した部分は数 mm〜2 cm 程度と小さなものであったが、横手遺跡試料と同様な結果であった。

分析の結果、焼土に関しても土器と同様にIRSL法による被熱温度推定が可能であった。また、被熱の有無についての検討も可能なことが示された。今回、小さな試料からの被熱温度推定が可能であったことから、試料の混在が想定される場合でも局所的な試料採取によって温度推定ができる可能性があり、今後も同様の測定を継続することが重要である。

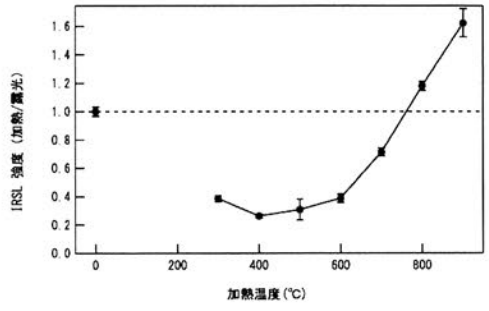


図2. 横手遺跡対照試料結果

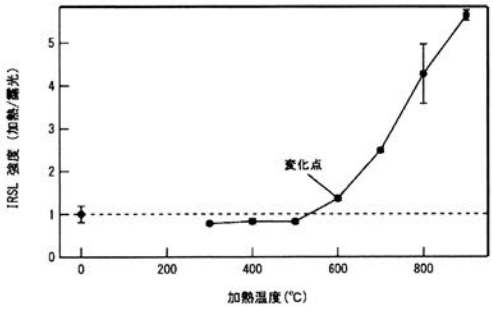


図3. 横手遺跡対照試料結果 (500℃で加熱後)

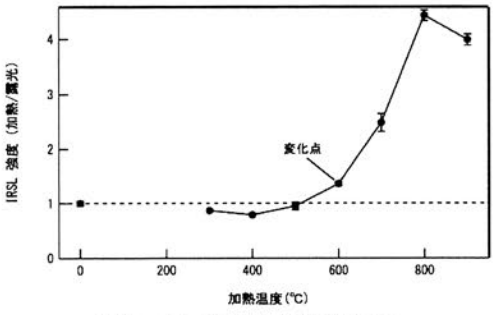


図4. 横手遺跡被熱試料結果

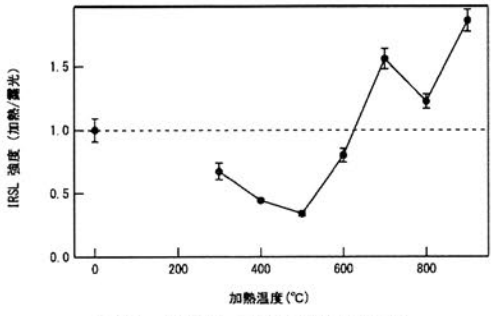


図5. 荒神ヶ市遺跡試料結果

(謝辞)

本研究にあたり、阿賀野市教育委員会、総社市教育委員会、熊本県教育委員会に試料を提供していただきました。記して感謝申し上げます。

エアレーションによる出土木製遺物の水浸け保管

Conservation of Water-logged Archaeological Wooden Objects by Aeration System

○白鳥　文雄（青森県埋蔵文化財調査センター）
○Fumio Shiratori　(Aomori Prefectural Archaeological Artifacts Research Center)

はじめに

出土木製遺物の水浸け保管法は、種々の方法が考案・実践されてきた。

基本的には、外界からの酸素を遮断する方法、または、界面活性剤等による防腐剤の添加による方法である。

今回のエアレーションによる水浸け保管法は、基本的な保管理念となる外気との遮断による方法とは正反対のものといえる。

この方法は、2002年に流水池での保管の再現として試行した。その後、北海道・東北保存科学研究会会員等に声がけをし、実験できる機関において試行をお願いした。

使用機器等

鑑賞魚用の小型ポンプを使用し、水中に気泡を送り込むだけである。水槽の規模により、エアストーン（多孔質の気泡発生用具－球状・棒状などあり）の使い分けや、ポンプの増設等を行う。場合によっては1個のポンプノズル（ホース）に分岐用のジョイントを使用し、ストーンを増やすことも可能である。

使用状況

当初は、宿泊施設となっていた旧浴室の浴槽を保管槽として使用した（当センターは、隣接していた情報処理教育センターの建物・施設の移管を受け現在も使用している）。浴槽は、内寸210×200×65 cmで、50 cmほどの水位で使用した。

泥などの水洗終了後の木製遺物（縄文時代後半期の木材）をこの水槽で水浸け保管した。

通常、常温、滞流状態の環境下では、水面上に被膜が形成され、水中では濁り及び繊維状の沈殿物・浮遊物が多く見られるだけではなく、２週間程度で腐敗臭もしてくる。

小型ポンプを使用した結果、１月を経過しても、水の濁りはほとんど無く、水槽の底に細かい塵状の汚れと細かい繊維状の沈殿物が確認されただけであった。腐敗臭は全くない。

水位低下に合わせ水道水の補充を行うが、数年は表面上、特に問題は見つからなかった。

同時に同時期の栗材の切断丸太（径 30 cm×高さ 20 cmほど）のものを昨年末まで、ほぼ 10

年保管したが、水中は茶褐色（リグニン起源？）となっていたが腐敗臭もなく、丸太本体のヌメリもほとんど感じられない状態であった。(現在、秋田県立大学木材高度加工研究所、栗本教授下で、内部組織等について調査中)

使用時のデータ等

頻繁にデータは取得しなかったが、約７ヶ月後の酸性度では、水道水 7.86ph で、浴槽 7.9ph、ＦＲＰ水槽 7.88ph、ステンレス水槽 7.6ph であった。プラスチック水槽では若干高く、8.03ph の数値がえられている。

本システム使用木製遺物の樹脂含浸については、ＰＥＧ・当アルコールの含浸においても特段問題は起きていないが、手代木美穂氏（当時、山形芸術工科大学　文化財保存修復研究センター）によるとＰＥＧ含浸槽内の酸性度が若干高くなった例がある。

システムの基本原理

ご存じとおり、エアレーション・システムによる水の浄化とは、端的に言えば、コンプレッサーからの気泡によって水中に空気をダイレクトに供給するものではなく、水面で気泡が発泡することにより、水と空気の接する面が多くなり、より多くの酸素などを水中に溶け込ませるメカニズムを利用したものである。

本システムが、どの様に腐朽を遅行させ得るのかは、現在の所、明確ではない。

本システムによって、木製遺物の腐朽は、単なる水浸け保管よりは長期間防げるが、他分野においては、動物等の骨格採取のため肉等を早期に分解することを目的として、ポンプを使用しているとの話を聞いたこともある。

使用場所

このシステムは、電源が確保できれば、発掘調査現場での仮保管も可能である。また、保管ケースは衣装ケースなどでも可能である。

引き込み線がなく発電機使用の場合もでも、本システムの使用当初の経験からは、夜間に通電がない場合でも大きなと変化はなかった。高温化でなければ２日ほど放置してしても、特段問題はなく、水面に被膜が張っている場合は水替え後、通電を行えば、短期の調査期間中では充分機能するものと思われる。

鑑賞魚用小型ポンプによる水浸け保管は、大きな設備も必要なく、経費も安価である。この 10 年ほどの経験から、充分使用できるシステムと考えている。

近紫外～近赤外単色光画像解析による色材分析の可能性

Analysis of coloring materials from photographs illuminated by monochromatic light from NUV to NIR

○吉田直人（東京文化財研究所）
○Naoto Yoshida (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1．　はじめに

文化財材料の分析は、非破壊・非接触的手法によらなければならないことが多く、色材が対象となる場合は、蛍光X線分析法、可視反射スペクトル分析法、３次元蛍光スペクトル分析法などが現在広く用いられている。これらのうち、後者の２つは近紫外から可視域、さらに近赤外域にかけての「光」をプローブとした分析法であり、色材ごとに可視反射スペクトルや励起・蛍光スペクトルが特異的であることを利用するものである。また、画像を利用した方法も広く行われており、近赤外画像は墨など、また近紫外線を照射しての蛍光画像は有機性染料の存在判断に用いられることが多い。ただし、これまでの画像による調査は、照射、受光ともに幅広い波長帯で行なっていることが多く、方法としては専用の装置を使うことなく簡便であるが、物質の同定までには至らないものであったといえる。本研究では、画像から可視反射スペクトル分析法や３次元蛍光スペクトル分析法によるものと近いレベルの情報を得て、これまでからさらに踏み込んで、色材同定、特に同系色の色材から一つを決定することを可能とする方法を見出すことを主眼としている。そのためには、一つの対象に対して、上記スペクトルの特徴、つまり、異なる波長間における相対的な反射率や蛍光強度を再現できるような複数の単色光画像を撮影できる条件を見出すことが必要と考えている。現在、デジタルカメラを使って、白色光源とバンドパスフィルターの組み合わせ、また近紫外や近赤外LEDといった単色光源のもとで色材サンプルの撮影を行い、撮影条件について検討を進めており、これまでに得られた知見について報告するものである。

2．　撮影実験・結果

まずは、可視光の反射率を再現しうる単波長画像の撮影条件確立に着手した。日本画に使われている新岩絵具を含む色材で彩色した各色のサンプルカードを作成し、それぞれの可視反射スペクトルをOceanoptics社製分光光度計 USB2000で測定した上で、この結果を正確に反映する複数の単色光画像を撮影する条件を検討した。デジタルカメラはSIGMA DP2 merrillを使用し、単色光画像は白色光照射とバンドパスフィルターの組み合わせ、またはLED光照射のもとでRAW撮影した。そして、画像をグレースケールに変換し、波長ごと、また色材間の相対的な明るさを画像解析ソフトImageJ (National Institute of Health, USA)を使って求めた。図１は５種類の青色色材と胡粉のサンプルカードの標準白色板をリファレンスとして測定した可視反射スペクトル、図２は岩崎電気製撮影用電

球アイランプ(5,900K)で照射し、420nm、450nm、500nm、600nmのバンドパスフィルター(fujifilm TACベースフィルター)を通し、また735nmLEDランプ照射のもとで撮影した画像である。それぞれの青色色材の画像の明るさを、反射率が比較的一定な胡粉とImageJで比較したところ、各波長とも反射スペクトルの反射率とよい一致を示すこと、また白色光源として複数の輝線を持つ蛍光灯などを使った場合は、思わしくない結果となることが分かった。

さらに、LEDやバンドパスフィルターを使って複数波長の近赤外画像をこの波長域に感度を有するカメラを使って撮影したところ、特徴的な反射スペクトルを示すベンガラが丹や朱などとは区別できうることが分かりつつある。さらに、紅花など近紫外や紫色光照射によって蛍光を発する色材に関しても、単色光撮影によって、励起と蛍光の両方のスペクトルを反映した画像を得ることを見出している。このように、従来の白色光源や波長域の広い近紫外、近赤外撮影を単色光撮影に置き換え、また適切な撮影条件を確定することによって、簡便な機材と方法でスペクトル法による情報と同等のレベルを有する色材分析が実現しうることが一連の撮影実験によって示されつつある。

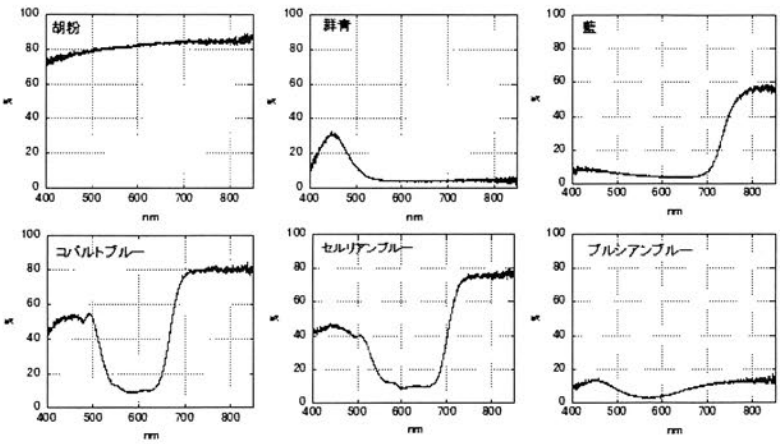


図1　胡粉および5種類の青色色材サンプルカードの可視反射スペクトル

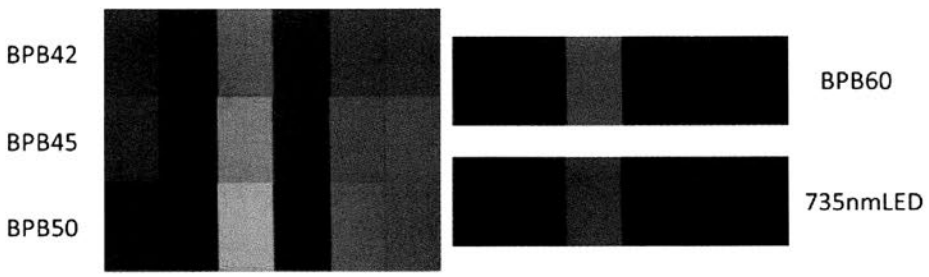


図2　胡粉および5種類の青色色材サンプルカードの単色光画像
それぞれ、左より群青、藍、胡粉、プルシアンブルー、セルリアンブルー、コバルトブルー

謝辞：彩色サンプルカードは、鴈野佳世子氏（日本学術振興会特別研究員）に作成頂きました。深く感謝申し上げます。

文化遺産の動的データベースの設計と実装

A design and mounting of the kinetic database of a cultural heritage

津村宏臣（同志社大学）
Hiroomi Tsumura (Doshisha University)

1. はじめに　－属人的実体としての情報－

文化遺産（文化財）にかかわらず、多くの分野で実践的に活用されているデータベースは、膨大な情報を効率よく“管理”し、情報の“運用”に資する目的で実装されている。その情報技術的な側面では、XML のような拡張可能なマークアップ言語などで記述・構造化された実装が一般的となっており、さらに情報の論理構造を XML スキーマなどのスキーマ言語で定義し、オントロジーの評価や構造から情報の塊を解析的に評価する方向性も存在する。また言うまでもなく、そのほかにも多種多様な“情報の構造化”が研究され、より実践的な実体へと昇華されつつある。

情報工学や知識工学的な側面でのこうした情報の構造化とデータベースの技術的議論は、一方で情報の根幹であるモノやコトの“情報化”そのものについての議論とは隔絶された世界にあることも事実である。対象が工業製品や規格化された存在でない文化遺産や文化財の“リアリズム”は、それに接する個人、組織、社会のなかで初めて発動する従属実体であり、その情報こそがアーカイブされておかなくてはならない情報である。従って、存在情報の“要素”や“定義”を「あらかじめ決めない」可変的で可塑性のある“構造化”が求められるが、それは「基盤化する」というデータベースの合目的性とは相容れない概念でもある。

本研究では、文化遺産、文化財の従属実体としての情報をいかに構造的にアーカイブするかを検討しその実験を実施した。

Fig. 1　従来のデータベースと本研究の目的の概念

2. 文化遺産（文化財）情報標準の現状

遺跡情報の基盤化と標準の重要性は、すでに 2009 年に『遺跡情報交換標準の研究（第 2 版）』（奈良文化財研究所文化財情報研究室）によって詳細に議論されており、2011 年の『遺構情報モデルに基づく地理空間データ作成のための製品仕様書（第 1 版）（埋蔵文化財ニュース 144）』（森本晋編・奈良文化財研究所発行）は、おそらく日本で初めて遺構情報仕様が検討され結果が示された例である。細密な“要素”と“定義”の検討により、ようやく遺構の情報構造化の起点が示されたが、同時に情報発生時にこの仕様をフォローし得るかという実践的課題は残されている。また、標準化のための“要素”の定義に従来の情報を調整し、さらに構造化することは、すでに破壊調査され調査者によって残されたメモやスケッチなどの一次情報が消失した文化財とっては「ほとんど不可能」（2009 前掲 p. 2）であり、同書が「用語の統制」「属性を記述するためのフィールド構成」「記述すべき属

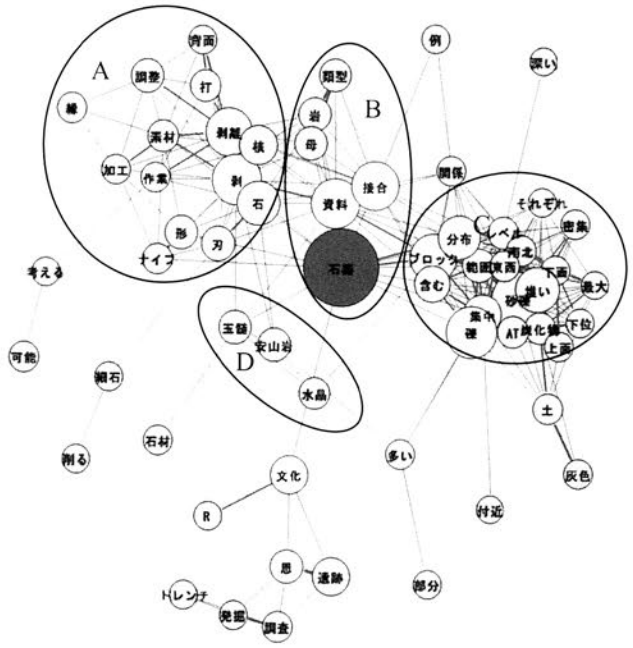


Fig. 2　報告書文書情報の構造（頻出語抜粋）
（恩原１遺跡発掘調査報告書　2011　恩原遺跡発掘調査団）

性概念のリスト」を問題として編集され、「各地で構築される遺跡に関する情報のすべてが標準化の対象となるわけではない」とする背景も理解できる。

3.　属人的情報の自己組織化

本研究が志向する“属人的”実体としての情報のアーカイブは、その情報構造の自己組織化を鍵とする。

具体的には、記録保存の二次的情報である調査報告書ないし三次的情報である論文などの文書情報を主体に集積する。各研究者、各地、各時代の様々な“属人性”を伴った従属情報である。形態素に分節・構造化されたコーパス構築により、Fig. 2 のような文書の中心性評価と共起構造化が自動的になされる。この形態素相互の距離関係に基づいた空間布置の関係において、文書内容の意味構造を評価する。この評価の段階においては、文化遺産情報学の専門家の関与が不可欠であり、カテゴリー判別の閾値の設定や研究史の理解と密接に関わる必要が生じる。そのため情報科学や情報工学ではなく純粋な文化財科学、文化遺産学の専門化が評価情報をデータベースにフィードバックする必要がある。

例えば、Fig. 2 の報告書情報の場合、石器製作技術論（A）、石器群構造論（B）、遺構論（C）の主たる意味情報をもち、それらを素材石材（D）によって連接して“文化”（インダストリー）を論じていることが評価できる。次に、これに新たな情報を追加して意味構造の自己組織化を図るが、別の文書情報を追加する場合に、用語の頻出度順にその連接文書単位で順次構造化を行う。その場合、元構造の意味情報との関連を共起布置の距離により評価し、閾値設定により別の意味情報構造のクラスターとするか同一クラスターとするかを評価する。その作業を繰り返し実施することで、複数の文書情報からの意味情報の構造化が可能となる。Fig. 2 は、遺跡調査報告部分（二次情報）に、関連する考察（三次情報）を加えた１冊の調査報告書の持つ意味情報構造を図示している。

4.　検索項目の動的設定と情報検索

上記のような情報のかたまりは、意味的構造をリンクとノードの構造で保持する。ノードはそれぞれの形態素（例えば名詞：学術用語）となるが、リンクレベル（距離）の設定により抽出する意味構造の大きさが異なる。検索項目は、先の（A）～（D）のような意味名称（※ただし現状では手動で管理者側により設定する必要がある）ないしノードによる検索となり、結果は関連する文節、段落、文書レベルで抽出される。また、従来の“データベース”構造を保持するよう、要素名称を設定して関連文書を抽出、形態素分析結果から XML を編集することも可能となっている。

問題としては、それら多くの作業が考古学ないし文化財科学の研究主眼という“意味”の自己組織的構造を保持することを目的とするため、情報の要素や定義を研究者自らが選択的に行う必要があり、それによって初めて情報が検索・参照可能となる点である。そのための辞書ないしオントロジーの整備が急務となるが、まずは「文化遺産・文化財の情報がナニモノなのか」という、眼前の議論が不十分である。

白山平泉寺のデジタルドキュメンテーション

Digital Documentation of medieval temple

○山口欧志（日本学術振興会特別研究員 PD）、寺村裕史（国際日本文化研究センター）、
阿部来（勝山市教育委員会）、宇野隆夫（帝塚山大学）
○Hiroshi Yamaguchi (JSPS Research Fellow), Hirofumi Teramura (International Research Center for Japanese Studies), Rai Abe (the Katsuyama city board of education), Takao Uno (Tezukayama university)

1. はじめに

福井県勝山市に所在する中世宗教都市白山平泉寺の景観復元と活用を目的としたプロジェクトを実施している。本プロジェクトは、GIS を情報技術基盤として用い、考古資料や絵図など既存資料の GIS データ化と，3 次元レーザースキャナーによる点群データの取得やパノラマ画像作成を実施している。また宗教都市の物流を支える路に注目した調査も行う予定である。

2. 白山平泉寺の概要

白山平泉寺は、717 年に泰澄大師が開いたと伝わる白山信仰の拠点である。平安時代末までに天台宗比叡山延暦寺の末寺となる。室町時代には四十八社三十六堂、六千坊、寺領九万貫と称される繁栄を極め、日本中世を代表する宗教都市となったが、1574 年に一向一揆により全山焼亡した。

1583 年、美濃から戻った賢聖院顕海によって再興に向かうが、広大な境内や寺領はほとんど失われ、境内中心部を除いて大半は集落や田畑、山林となった。そして、明治の神仏分離を経て、現在は平泉寺白山神社として多くの参拝者を集めている。1970 年代に入り、開発工事によって井戸跡や茶碗のかけらが多数発見された。これを契機として、1989 年から勝山市教育委員会が発掘調査を開始した。その結果、都市計画に配置された出入口、15 世紀代とみられる石積や石畳道、多種多量の出土遺物、旧境内周縁に設けられた堀跡などが確認され、1997 年に白山平泉寺旧境内として約 200ha に及ぶ広大な範囲が国史跡となった。

その後も、白山禅定道の行場や宿、九頭竜川流域に広がる末寺等の調査・研究によって、旧境内にとどまらない地域社会の核としての姿が浮かび上がりつつある。このような平泉寺を取り巻く白山麓の歴史・文化・自然を総合的に伝える場として、「白山平泉寺歴史探遊館まほろば」が 2012 年 10 月に開館した。

3. 目的と方法

以上のように、白山平泉寺は中世有数の宗教都市であり、遺跡の依存状態も良好で発掘調査も実施され、情報発信の施設も整備されている。また，現在の平泉寺白山神社と共に「美しい日本の歴史的風土 100 選」や「日本の道百選」に選定されるなど、文化的価値は高い。したがって、その文化景観の復元は、学術的・社会的に意義があり資料の豊かさから実現性がある。そこで、白山麓文化景観の復元を目的とした遺跡とその周辺の景観記録を行う（写真 1）。

遺跡の景観復元のため、白山平泉寺の全体の現状が分かるような記録や石積や石畳が特徴的な遺構の 3 次元記録を実施する。そのため、位置情報付き高解像度パノラマ画像の作成（山口 2011）と 3 次元レーザースキャナーによる遺構や現状の記録を実施した。今回新たに取得したデータをはじめ、地形測量図や絵図など白山平泉寺に関わる様々な情報は空間情報を軸にして、GIS で統合した。

4. 結果

高解像度パノラマ撮影地点と3次元レーザースキャナーによる測量範囲を地形測量図のデータに重なるようGISを用いて格納した（図1・図2・図3）。

写真1　調査の様子

図1　位置情報付き高解像度パノラマ画像

図2　3次元点群データ

図3　GISによるデータの総合

初めて精確な測量を実施した白山神社本殿前大石垣は、最大のもので拝殿裏南側の縦2.5m、幅5.2mで平泉寺南谷の坊院群と比べると使用している石の規模は隔絶したものであり、境内の視覚効果を一層高める装置であることがわかった（図2）。これは、一乗谷朝倉氏遺跡の下城戸の巨石に共通する、越前中世都市の象徴的なモニュメントの一つである可能性がある。越前において巨石が権威の表現ツールであり、それを支えた技術者集団が白山平泉寺を拠点としていたことを示唆する。中世寺社と職人の関係を考えれば、きわめて典型的な在り方であり、当時の社会における白山平泉寺の権勢をそのまま体現する存在といえる。

5. 課題と展望

国史跡白山平泉寺旧境内の遺構とその周辺のパノラマと3次元点群データとして記録することができた。今後も調査を継続し資料を積み重ねる計画である。これら成果は、景観復元の資料として利用するだけでなく、現地施設の展示資料として活用し、広く一般の方々に伝える予定である。

今後は、中世宗教都市を支える人々の往来と物流を担ったであろう、白山禅定道や街道筋の記録や周辺寺院の分布調査に取り組む。

参考文献

山口欧志2011「位置情報付きパノラマ撮影による遺跡景観の記録と活用」『人文科学とコンピュータシンポジウム論文集「デジタル・アーカイブ再考」－いま改めて問う記録・保存・活用技術－』pp.307-312, 情報処理学会

青森県の遺跡で出土したイネ種子遺存体における形態分析およびDNA分析
Morphological and DNA analysis for the rice remains in Aomori Prefecture

○田中 克典 (弘前大学)・石川 隆二 (同左)・上條 信彦 (同左)
・杉野森 淳子 (青森県埋蔵文化財調査センター)
○Katsunori Tanaka, Ryuji Ishikawa, Nobuhiko Kamijyo (Hirosaki Univ.),
Junko Suginomori (Cent. Archaeol. Res. Aomori Pref.)

1．緒言

青森県では住居祉、井戸遺構および城跡からイネの種子遺存体が出土しており、既報において種子遺存体の形状を報告した (田中ら 2012, 2013)。これらの種子遺存体の類縁関係は、現生イネとの対応関係や地域間の交易を解明することができる。ただし、効率的に類縁関係を分析するために、種子遺存体におけるDNAの残存状況や、形態とDNAタイプとの対応関係といった材料に対する初期情報を明らかにしておくべきである。そこで、青森県の5遺跡における140粒のイネ種子遺存体について葉緑体ゲノム領域および核ゲノム領域をDNA分析し、DNAの増幅率やDNAタイプと種子タイプとの対応関係を調査した。

2．材料および方法

材料は青森県埋蔵文化財調査センターにて乾燥保存されていた5遺跡7地点 (集団) の種子遺存体である (第1表, 第1図)。種子遺存体は各集団20粒 (計140粒)を用い、青木ら (1999)の改変アルカリ法でDNAを抽出した。DNAマーカーは、葉緑体ゲノムにおける2つの遺伝子間領域 (*PetN - TrnC*, *Rpl14 - Rpl16*)および核ゲノムのイネ第6染色体領域 (Ch6: 温帯型/ 熱帯型を識別)と 2 つの遺伝子領域 (*Rc*: 種皮色関連遺伝子, *Waxy*: モチ/ ウルチ関連遺伝子)で、特異的PCRプライマーで増幅した (第2表)。これらの標的領域は1回目のPCR増幅産物を鋳型に用いて2回目のPCR増幅を行い、アガロースゲル電気泳動によって増幅を確認した後に、ダイレクトシーケンス法により塩基配列を決定した。DNAタイプは塩基配列を現生イネの配列と比較して同定した。その後、DNAタイプはDNA増幅率や既報の種子タイプとの対応関係を検討するために利用した。

3．結果および考察

材料は破壊を受けている種子や籾付きの種子で構成されていた。特に、大平遺跡の種子集団は完全にイネの形状を保っており状態が良かった (第1図)。140粒の種子遺存体について5つのDNA領域を増幅したところ、現生イネと同じ期待サイズを示した粒数が1～32粒 (増幅率: 0.7 – 22.9 %)と、増幅率は領域ごとで違っていた (第2表)。また、DNAの増幅率は遺伝子領域よりも非遺伝子領域である葉緑体ゲノム領域やイネの第6染色体領域 (Ch6)において高かった。DNA分析に基づいて種子遺存体を分類すると、平安および中世では現代の温帯ジャポニカや熱帯ジャポニカに相当するイネで構成されていた (第1表)。熱帯ジャポニカが洪水や干ばつといった土壌水分が不安定な条件においてある程度の生産が見込めることから、平安や中世の青森県において人々は様々な環境不良に対応できるイネを栽培していたのかもしれない。一方、大平遺跡の種子遺存体が低いDNA増幅率を示し (2/20粒)、DNA増幅率は形状の残存度合いと必ずしも対応していなかった。また、DNAタイプのうち、温帯型や熱帯型と種子タイプとの対応関係も認められなかった (第3表)。以上のことは、大平遺跡を除く種子遺存体がDNAの残存状況が良く、DNA分析により類縁関係が明らかにできるかもしれないことを示唆していた。

第1表　青森県の7地点におけるイネ遺存体のDNAタイプ

時代/年代	遺跡名	出土地点	粒数			DNAタイプ						
			計	完形	破形/籾付き	ジャポニカ			亜種不明			不明
						温帯型	熱帯型	不明	温帯型	熱帯型	雑種型	
古代	前川遺跡	カマド周辺 CSI-129	20	19	1	-	-	5	-	5	-	10
平安	砂沢平遺跡	13号C住居	20	12	8	-	-	11	-	-	-	9
	大平遺跡	H-1号竪穴 住居跡	20	20	-	-	-	1	1	-	-	18
	隠川(4)遺跡	第17号土坑 覆土	20	20	-	3	2	8	-	-	-	7
中世	境関舘	IQ-100	20	20	-	-	3	7	1	-	-	9
	前川遺跡	C1区 井戸 CSE-103	20	20	-	-	4	4	1	2	-	9
	前川遺跡	D区 井戸跡底面 DSE-02	20	17	3	-	1	1	-	2	1	15
	計		140	128	12	3	10	37	3	9	1	77

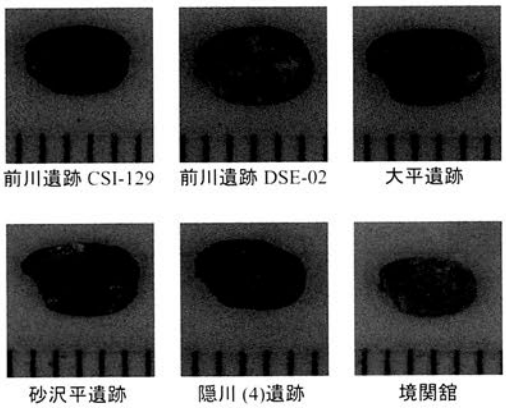
[1]粒型 および粒大は、それぞれ長副比および長副積である。粒型と粒大の数値に基づいて種子遺存体を分類した (松本 1993)。

第2表　青森県のイネ遺存体における葉緑体DNAおよび核DNA領域のPCR増幅率

遺跡/ 地点	粒数	葉緑体ゲノム				核ゲノム					
		PetN-TrnC		*Rpl14-Rpl16*		Ch6[2]		*Rc*[2]		*Waxy*[2]	
		増幅	増幅率	増幅	増幅率	増幅	増幅率	増幅	増幅率	増幅	増幅率
大平遺跡/ H-1号竪穴 住居跡	20	1	5.0	-	-	1	5.0	-	-	-	-
隠川 (4) / 第17号土坑 覆土	20	8	40.0	11	55.0	5	25.0	3	15.0	-	-
境関舘/ IQ-100	20	2	10.0	9	45.0	4	20.0	-	-	-	-
砂沢平/ 13号C住居	20	-	-	11	55.0	-	-	-	-	1	5.0
前川遺跡/ C1区 井戸 CSE-103 3a層	20	7	35.0	-	-	7	35.0	-	-	-	-
前川遺跡/ カマド周辺 CSI-129	20	5	25.0	1	5.0	5	25.0	-	-	-	-
前川遺跡/ D区 井戸跡底面 DSE-02	20	2	10.0	-	-	4	20.0	-	-	-	-
計	140	25	17.9	32	22.9	26	18.6	3	2.1	1	0.7

[1]各遺跡・地点において20粒を分析した。増幅率の単位は%である。

[2]Ch6: イネ第6染色体領域, *Rc*: 種皮色の遺伝子領域, *Waxy*: モチ/ ウルチ関連遺伝子領域。



第1図　本研究で用いた典型的なイネ種子遺存体

第3表　青森県の種子遺存体における種子タイプとDNAタイプとの対応関係

粒型	粒大[1]	粒数[1]	Ch6領域の遺伝子型			不明
			温帯型	熱帯型	雑種型[2]	
円粒 長		4	-	-	-	4
短粒 短	小	7	1	1	-	5
	中	23	1	2	-	20
	大	3	-	-	-	3
短粒 中	極小	1	-	-	-	1
	小	15	1	3	1	10
	中	26	2	4	-	20
	大	2		1	-	1
短粒 長	極小	1		1	-	-
	小	20	1	4	-	15
	中/ 大	13	-	-	-	13
長粒 短	小	8	-	-	-	8
	中	3	-	2	-	1
長粒 中	小/ 中	2	-	-	-	2
計		128	6	18	1	103

[1]粒型 および粒大は、それぞれ長副比および長副積である。粒型と粒大の数値に基づいて種子遺存体を分類した (松本 1993)。

[2]温帯型と熱帯型に特異的なDNAが認められた種子。

弥生時代の石剣の巻物の樹種同定 II

Species identification of tree strings surrounding stone sword in the Yayoi period

○花森功仁子（(株)ジェネテック）、川畑和弘（守山市教育委員会）、中村郁郎（千葉大学）、
佐藤洋一郎（総合地球環境学研究所）

○ Kuniko Hanamori (Genetec LTD.), Kazuhiro Kawabata (Moriyama city board of education),
Ikuo Nakamura (Chiba University), Yo-Ichiro Sato (RIHN)

1. はじめに

滋賀県守山市下之郷遺跡の第 56 次発掘調査において、集落を取り囲む環濠から磨製石剣が出土した。本遺跡は野洲川下流域に発達する扇状地の末端部に位置する弥生時代中期の環濠集落跡である。発掘された磨製石剣の握り部にはツル性植物と推察されるものが巻かれていた。この磨製石剣は集落内側から 3 番目の環濠（SD5601）から発見され、同地点より出土した土器から、弥生時代中期（畿内第IV様式並行期）のものと推定された。2008 年の本大会において、DNA 分析により周辺のツル性植物との比較報告をしたので、合わせて最終結果を報告する。

図 1　植物片を採取した磨製石剣

2．材料と方法

磨製石剣（図 1）のグリップエンド部位 300mg を供試した。現在、遺跡周辺に自生しており、握り部の材料として用いられた可能性の高いツル性植物、ビナンカズラ、フジ、マタタビ、クズ、アオツヅラフジ、カラムシ、ムベ、ツルウメモドキ、クワ、ノブドウ、さらに、エドヒガンザクラ、シナミザクラ、ミヤマザクラなど生葉各 100mg を対象試料とした。

出土遺物の DNA 抽出に際しては、マルチビーズショッカーで粉砕後、かねてより遺物の抽出用に用いている NaOH を用いた改変アルカリ抽出法を行なった。植物の生葉については、改変ＣＴＡＢ法を用いて DNA 抽出を行ない、着色のある試料はカラム精製した。

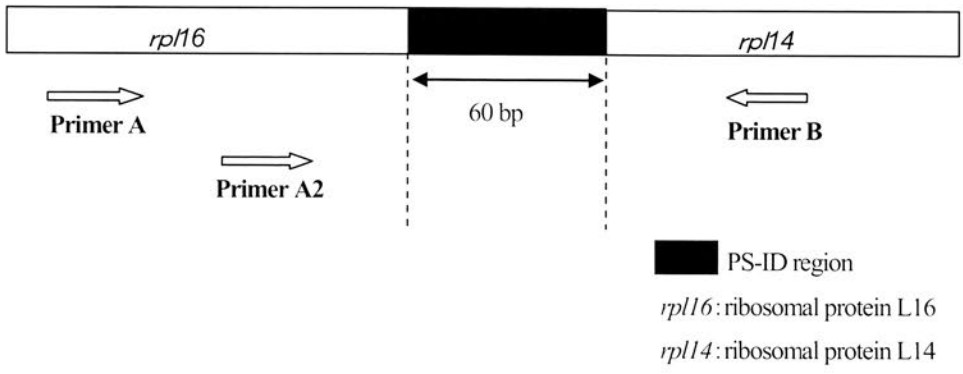


図 2　PS-ID（Plastid Subtype ID）領域を含むプライマーの位置

葉緑体の PS-ID 領域は品種間差異が顕著であることから、当該領域の塩基配列を解析することとした（Nakamura et al. 1997）。PCR 増幅にはプライマーPSID-A・B を用いた（図 2）。遺物は 1 回目の PCR 産物を泳動し、目的のバンドのゲルの切り出し後 DNA を回収し、これをテンプレートとしてプライマー PSID-A2・B のセットを用いてネステド PCR を行い、シーケンサーを用いて塩基配列の特定をおこなった。

3．結果

図 3 のとおり遺物試料の 385 塩基の配列が特定された。対象サンプルについては PS-ID 領域の 184～413 塩基の配列を特定した。その結果、サクラ属と最も高い 99%の相同性を示し、サクラ属に特徴的な A ストレッチ（Ohta et al. 2006）の 10A（図 3 のストレッチ部分）によりエドヒガンザクラ（*Prunus pendula* Maxim. f. *ascendens* Ohwi）と判別された。

塩基配列

```
                                                                    50
TATTTGCTTC  GGTAGATATG  CTCTTCAAGC  GCTTGAACCC  GCTTGGATCA
                                                                   100
CATCTAGACA  AATAGAAGCA  GGGCGGCGAG  CAATGACACG  AAACGCACGC
                                                                   150
CGCGGTGGAA  AAATATGGGT  ACGCATATTT  CCAGACAAAC  CCGTTACAGT
                                                                   200
AAGACCTACA  GAAACACGTA  TGGGTTCGGG  TAAAGGATCT  CCCGAATATT
                                                                   250
GGGTAGCTGT  TGTTAAACCC  GGTAGAATAC  TTTATGAAAT  GAGCGGAGTA
                                                                   300
GCAGAAAATA  TAGCCAGAAG  GGCTATTTCA  ATAGCGGCAT  CCAAAATGCC
                                                                   350
TATACGAACT  CAATTCATTC  TTTCGGGATA  GGGATGTAGA  AACAAAGGAA
                                        385
AGGGGTCTTT  TGTATGAAAA  AAAAAATAAA  AAAAA
```

図 3　遺物の PS-ID 領域の配列

4．考察

本サンプルはバラ科サクラ属の野生種の一つ、エドヒガンザクラと相同性を示した。エドヒガンザクラは早咲きのサクラで本州全域に分布し、樹齢 2000 年と言われる山梨県の神代桜や樹齢 1500 年の岐阜県の淡墨桜のように巨木で樹齢が長い。また、葉よりも先に多数の花を咲かせ、ソメイヨシノの片親としても有名である。縄文時代の福井県鳥浜貝塚では木にサクラの樹皮を巻きつけて漆を塗った弓が出土しており、サクラは古くから利用されていたと推定される。現在も樹皮が強い点からメンパの継ぎに利用されており、樹皮の美しさから菓子皿や盆に使用されている。本 DNA 分析によってエドヒガンザクラが 2100 年前の滋賀県で利用されていたことは人とサクラの関わりの変遷をたどる上で重要である。

今後は全国の遺跡から出土したサクラ材やツル性植物の DNA 分析を行うことにより、より詳細な植物の変遷や利用の解明が可能となった。

中世渡来銭の属性分析と材料調査

Morphological analysis and Materials analysis of old coins in Medieval Japan

○赤平瞳（弘前大学）、片岡太郎（同左）、関根達人（同左）
○Hitomi Akahira, Taro Kataoka, Tatsuhito Sekine (Hirosaki university)

1．はじめに

中世日本では主に渡来銭が流通していたが、正規銭である公鋳銭とそれを模して鋳造した銭貨である模鋳銭も存在していた。中世の貨幣流通を考えるためには模鋳銭の実態が明らかにされる必要があるが、模鋳銭の抽出は銭文の鮮明度や銭貨の大きさなどからなされており、明確な判別基準が示されていないため熟練者でなければ肉眼観察での識別は困難だとされている。そこで本研究では青森県出土の中世一括出土銭を試料とし、蛍光X線分析法を用いて銭貨の材質分析を行い、銭貨の法量的特徴の検討と金属成分分析による元素組成の特徴を総合的に検討した。

2．分析試料

今回蛍光X線分析を行った試料は、中世の港湾都市として栄えた青森県五所川原市十三湊遺跡の南西端の砂丘より出土した鉄砲台一括出土銭448枚、むつ市脇野沢村出土の小沢一括出土銭1366枚、計1814枚である。銭貨はどちらも木製の容器に収められていた。いずれも最新銭である永楽通宝(明1408年初鋳)より埋蔵年代は4期にあたり、上限年代が15世紀第2四半期～第3四半期であると考えられている(鈴木1999)。また、図1より主な銭種比率はほぼ等しいことから同じような貨幣流通傾向があったと推測される。

3．方法

法量の測定にはキャリパーを使用し銅銭の直径、厚さをmm単位で小数点第1位まで計測した。重量は電子天秤を使用し、g単位で小数点第2位まで計測した。分析にはエネルギー分散型ハンドヘルド蛍光X線分析装置(DELTA Premium、日本電子)を用い非破壊非接触で行った。測定条件はX線管：4W Rhターゲット、管電圧：40kV、管電流：200μA(最大)、X線照射径10mm、測定時間：15秒である。分析は定性・半定量分析で分析計の備え付けのプログラムで読み取った。測定箇所は表面文字が書かれていない鋳肌部分4箇所、裏面4箇所の計8箇所である。測定箇所によっては分析値に偏りが見られCu、Pbが30%以上、Snが10%以上も差が生じた銭貨も存在したため、測定部位8箇所の平均値を求めた。ただし、蛍光X線分析法は試料の表面層の分析となるため、本装置を使った測定値から元素組成の絶対的な値を比較判断することは難しく、今回の調査における結果評価には最大限の注意が必要である。

4．結果と考察

今回分析を行った試料において検出された主要な元素はCu、Pb、Snであった。なお、検出元素の含有量算出は部分的な表面層の分析や錆を伴うことから、今回は主要元素(Cu、Pb、Sn)の化学組成を捉えることを目的とし、これらの相対的な組成比を求めた。図2にCu-Pb-Snの3元素の比率を表した三角図を示す。鉄砲台一括出土銭は概ねCu50～70%、Pb10～50%、Sn5～20%付近にまとまる傾向がある。一方、小沢一括出土銭は概ねCu30～65%、Pb20～60%、Sn5～25%付近にまとまり、小沢一括出土銭と元素組成比は異なった。これは、鉄砲台銭は砂地より比較的良好な状態で出土したのに対し、小沢銭は通常の土中から出土したために錆の進行度が一因であるものと推察した。

次に、表 1 に主成分量ごとの銭径-重量-厚さの平均を示す。公鋳銭の主成分比率は概ね Cu60～70%、Pb10~20%、Sn10%前後であるという結果が報告されている(佐々木 2002)。この値を正常値とすると鉄砲台銭と小沢銭の Cu-Pb-Sn の成分組成は、正常値のグループ、Cu と Pb の検出値がほぼ同じグループ、Pb の検出値が最も多かったグループ、Cu の検出値が著しく多く Sn がほとんど検出されない 4 つのグループに分かれた。一般に模鋳銭は公鋳銭を鋳写して作られるため公鋳銭に比べ小さく、また銭文が粗悪であるといわれている。銅が多いグループは鉄砲台銭、小沢銭とも重量・銭径が小さい傾向にあり加えて銭文が太く粗悪なものが多いため模鋳銭の可能性が高いと考えられた。しかし、その他の 3 グループでは公鋳銭と模鋳銭と判断する上で、成分組成と法量的特徴との相関関係が認められなかった。今後は模鋳銭や無文銭の比率が高いと報告されている青森市新城出土古銭の観察と蛍光X線分析を行う(永井 1996)。

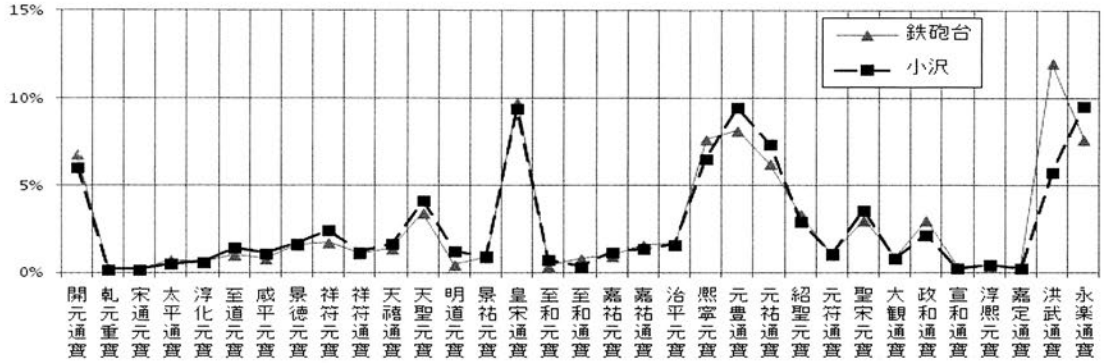


図 1　鉄砲台一括出土銭と小沢一括出土銭の主な銭種の比率

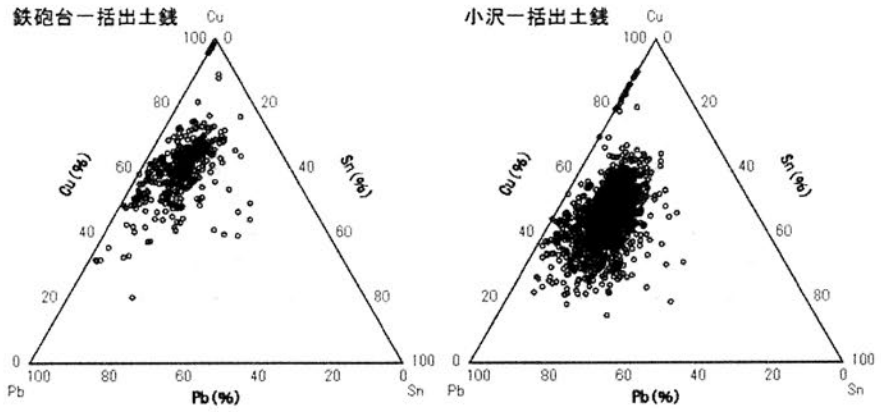


図 2　Cu-Pb-Sn の元素組成比

	鉄砲台一括出土銭			小沢一括出土銭		
成分組成	銭径(mm)	重量(g)	厚さ(mm)	銭径(mm)	重量(g)	厚さ(mm)
正常値	24.17	3.14	1.24	24.22	3.30	1.11
Cu≠Pb	24.11	3.49	1.27	23.28	2.86	1.10
Pb多	23.67	3.26	1.22	23.26	2.76	1.11
Cu多	23.89	2.77	1.08	23.73	2.85	1.08

表 1　主成分量ごとの銭径-重量-厚さの平均

引用文献

佐々木稔、西本右子　2002「公鋳銭・模鋳銭の化学分析」『ぶんせき 第 10 号』日本分析化学会

鈴木公雄　1999『出土銭貨の研究』東京大学出版会

永井久美男　1996『中世の出土銭 補遺 1』兵庫埋蔵銭調査会

炭素14年代測定による縄紋時代後期初頭の広域編年

Radiocarbon Dating on the Late stage of the Jomon period

◯小林謙一（中央大学),小澤政彦（同左),坂本稔（国立歴史民俗博物館)
◯Kobayashi Kenichi, Ozawa Masahiko (Chuo university) , Sakamoto Minoru(National Museum of Japanese History)

＜研究の目的と方法＞　縄紋時代中期から後期にかけての変化としては、考古学的に関東中部地方における遺跡数の急減や柄鏡形敷石住居の出現、中津式土器の東進など様々な文化的変化が注目されてきた。縄紋時代後期初頭について土器型式編年による広域編年が進んでいるが、地域ごとに年代測定に基づく較正年代から実年代比定を検討していくと、後期はじめの時期区分の年代に地域による差が生じる可能性がある。縄紋土器型式編年研究の上で、編年区分や地域間交差としての型式学的議論もあるが、基本的には地域ごとに編年研究がなされてきたため、型式的検討だけでは解決できない。また層位的な共伴関係で交差を捉えようとしても時間的な存続幅が異なる可能性や、異型式が伝播してくる傾斜時間が不明なため、必ずしも容易ではない。本研究では、土器付着物・共伴炭化物のAMS炭素14年代・較正年代を地域ごとに検討しそれらの時間的対比を検討することで、地域間の年代交差を検討する。

日本列島における縄紋時代の土器型式編年の実年代比定に用いるデータについては、これまで小林が進めてきた測定例の蓄積を用いる（小林2004他)。2008年度までは、国立歴史民俗博物館年代測定研究グループによる測定によって縄紋時代中期527測定、後期568測定を測定し報告してきた（西本編2009)。その後も2012年度までに科学研究費補助金基盤C、中央大学研究費および歴博基盤研究などによって、当該時期に当たる年代測定を約100例重ねてきた。これらの測定例から、対象試料を土器付着物（ただし汚染除去不良、海洋リザーバ効果の影響あるものを除く)、漆、遺構共伴炭化材・木材・種実を選択し、土器型式時期が確定される測定例に絞り、地域的にある程度のまとまりを持っている下記の地域ごとに検討をおこなう。地域は、１：北海道、２：北東北（青森・秋田)、３：南東北、４：関東、５：中部（東海・甲信越・北陸)、６：近畿・中国、７：九州に区分した。その上で、地域ごとに、中期末葉から後期初頭にかけての土器型式による時期区分と年代測定値の関係を検討する。

＜事例研究―関東地方＞　各地域の時間的画期を詳述する紙数がなく、ここでは関東地方を例に論ずる。関東地方中期末葉加曽利E4式土器が4000^{14}C BP、較正年代で4450calBC～4470calBC頃を境に少なくなり、後期区分の基準とされてきた西日本由来と考えられる中津式（北白川C上層式の可能性を含む）および関東地方で在地化した可能性が高い称名寺1式土器・共伴する在地の加曽利E式系土器が3980^{14}C BP以降、較正年代でおよそ4500calBC以降に展開する。称名時期に残る中期的な関東在地土器群である加曽利E5式の型式認定など土器編年上の問題も残るが、関東地方の縄紋時代中期と後期の時期区分は、4500～4450calBCのいずれかで区切られる。東北地方の大木10式の年代、中部地方の曽利式土器の終焉の年代、西日本中津式土器や安宅式土器の年代を検討し広域的な交差年代、さらに地域ごとに柄鏡形住居の初現、墓制の変化など文化的事象の年代的整理や、クリ・トチなど利用する植生の時間的変化を整理したい。

＜縄紋時代における時期区分と環境的変化＞　縄紋時代の時期的な変化について、環境史からの再評価の必要性が高まっている（工藤2012他)。周辺環境の変動の年代的位置を4300年前に求め「4.3kaイベント」として國木田は、「後期初頭（もしくは前葉)」とされ「大木10式頃に相当する」とするが（國木田2012)、土器型式との比定については編年的にも若干混乱が見られる時期でもあり、さらに検討が必要となろう。

クリからトチ利用への変換点は中期後葉の後半にターニングポイントが置かれる可能性が高まってきており（國木田 2012）、中期後葉加曽利 E3～4 式期にかけての植生変化と土器付着物などに見られる安定同位体比の変化など興味深い検討が進められている。細かく見ると、後期初頭の称名寺の成立時期や三十稲葉式土器の展開とは若干の時間差があり、4.3ka の年代は年代的には堀之内 1 式成立期に関連する時期である。まずは、時間軸としての検討を重ねる必要がある。

		No.	型式	14C BP	±
関東	中期	SOH-3429	加曽利E2(11c期)	4300	25
		SOH-5411	加曽利E2(11c期)	4125	25
		SOH-7242	加曽利E3式(12a)	4240	25
		OH-21	加曽利E3式(12a)	4230	45
		SOHE-A	加曽利E3式(12a)	4170	40
		OH-08	加曽利E3式(12a)	4160	40
		OH-02	加曽利E3式(12b)	4220	40
		OH-14	加曽利E3式(12b)	4210	40
		OH-13	加曽利E3式(12b)	4200	40
		OH-23	加曽利E3式(12b)	4180	40
		OH-09	加曽利E3式(12b)	4175	35
		OH-06	加曽利E3式(12b)	4170	40
		TTKN-2	加曽利E3式(12b)	4150	30
		OH-10	加曽利E3式(12b)	4140	40
		OH-16	加曽利E3式(12b)	4120	40
		OH-11	加曽利E3式(12b)	4060	40
		KMA-157	加曽利E3式(12c)	4170	40
		OH-18	加曽利E3式(12c)	4140	40
		TMKI-3	加曽利E3式(12c)	4100	40
		TMKI-100	加曽利E4式(12c)	4090	40
		OH-27	加曽利E4式(13a)	4060	40
		TGMB-1111	加曽利E4式(13b)	4094	27
		KYKN-16	加曽利E4式(13b)	4050	40
		KAI-1	加曽利E4式(13b)	4030	50
		SAY-1	加曽利E4式(13b)	4010	40
		TTMT-C1	加曽利E4式(13b)	4010	40
		GNA-23	加曽利E4式併行(13b)	4000	30
関東	後期	TNKN-2	称名寺1式(14)	3979	25
		OH-011	称名寺1式(14)	3900	40
		GNA-22	称名寺1式(14)	3890	30
		TTHS-31	称名寺2式	3890	35
		TTHS-30	称名寺2式	3860	40
		KYKN-1	堀之内1式(古)	3790	40
		KNM-C12	堀之内1式(中)	3845	35
		KNM-C19	堀之内1式(中)	3835	40
		KNM-C10	堀之内1式(中)	3830	35
		KNM-C16	堀之内1式(中)	3825	35
		KNM-C11	堀之内1式(中)	3820	35
		KNHS-4	堀之内1式(中)	3815	35
		KNM-C14	堀之内1式(中)	3810	70
		KNM-C17	堀之内1式(中)	3795	35
		KNM-C20	堀之内1式(中)	3765	35
		KNM-C6	堀之内1式(中)	3765	35
		KNM-C13	堀之内1式(中)	3760	70
		KNM-C5	堀之内1式(中)	3755	35
		TTN243-68 a	堀之内1式(新)	3750	40
		TTN243-10	堀之内1式(新)	3730	40
		KNM-C21	堀之内1式(新)	3720	40
		TTHS-NG22	堀之内1式(新)	3710	35
		TTN243-09	堀之内1式(新)	3680	40

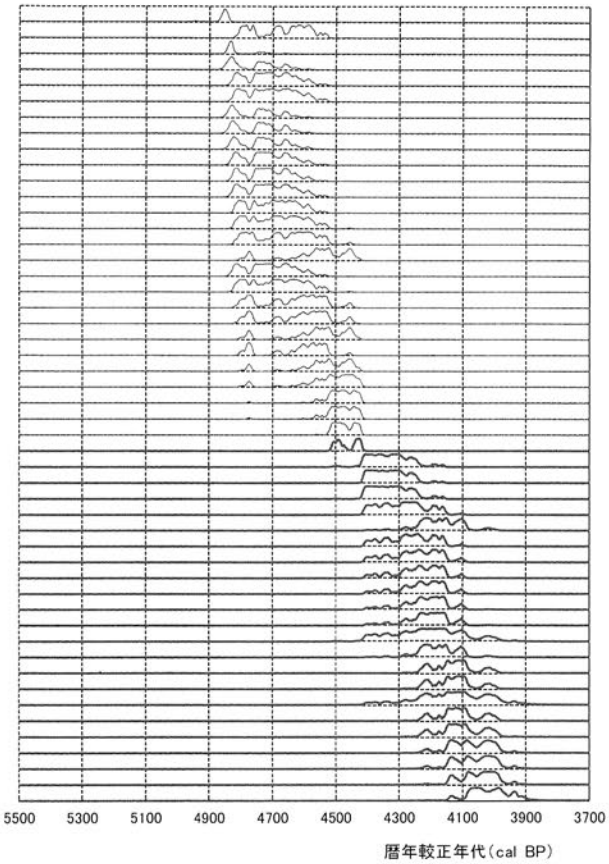


図　縄紋中期-後期試料の暦年較正確率分布　関東

＜参考文献＞

工藤雄一郎 2012『旧石器・縄文時代の環境文化史　高精度放射性炭素年代測定と考古学』新泉社

國木田大 2012「縄文時代中・後期の環境変動とトチノキ利用の変遷」『公開シンポジウム予稿集東北地方における中期／後期変動期　4・3ka イベントに関する考古学的現象①』東北芸術工科大学

西本豊弘編 2009『弥生農耕の起源と東アジア-炭素年代測定による高精度編年体系の構築-』平成 16～20 年度文部科学省科学研究費補助金（学術創成研究費）研究成果報告書

Reimer P. J. et al. (2009) IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, Radiocarbon 51(4), 1111-1150.

〈成果の基となった研究基金〉

平成 16～21 年度学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア―炭素年代測定による高精度編年体系の構築―」（課題番号 16GS0118、研究代表西本豊弘、分担者小林謙一・坂本稔他）

平成 22～24 年度科学研究費補助金基盤 C「炭素 14 年代による縄紋集落の研究」（代表小林謙一，課題番号 22520774）

平成 21～23 年度国立歴史民俗博物館基幹研究「歴史・考古資料研究における高精度年代論」（代表坂本稔）

2010～2012 年度中央大学共同研究プロジェクト「先史～古代環日本海地域史・交流史の再構築」（代表石井正敏・分担小林謙一）

焼成レンガを用いたTL年代とOSL年代の比較

An intercomparison study of luminescence dating applied to burnt bricks

○ 下岡　順直（京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設）
○ Yorinao Shitaoka (Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University)

1. はじめに

熱ルミネッセンス（TL）法は，加熱によって信号がゼロリセットされた出土遺物の年代測定に有効である。これまでにも，土器やレンガ，瓦を用いた年代測定については，カンボジア・アンコール期のレンガ（長友ほか，2001，文化財科学会18回大会要旨集，72-73），唐招提寺金堂の塼（長友ほか，2004，文化財科学会21回大会要旨集，6-7），大安寺西塔瓦片（西村ほか，2006，文化財科学会23回大会要旨集，82-83）などの事例報告がなされている。一方，光ルミネッセンス（OSL）法は，太陽光により露光されることでゼロリセットされた遺跡堆積物の年代測定に応用されてきた。また，OSL法は，加熱された試料に対しても適応可能であり，BailiffとHolland（2000，Radiat. Meas.，32，615-619）がイギリスの中世レンガ建造物に対して年代測定を行ったのが最初である。それ以降，レンガのTL測定とOSL測定，およびその比較が試みられ，良く一致する結果が報告されている（Leung et al.，2005，Radiat. Meas.，40，1-4；Bailiff，2007，Archaeometry，49，827-851）。日本でも，縄文土器片についてTL法とOSL法を併用して線量評価を試みた例がある（橋本ほか，2002，文化財科学会19回大会要旨集，98-99）。

TL法では，長年にわたって測定されてきたデータの蓄積から，手法の有効性が保証されていることが利点である。一方，加熱焼成された遺物をTL法に替わってOSL法により年代測定する利点は，① 評価線量が小さくなる若い試料は，TL法では高温で生じる黒体放射（BG）のため測定が難しいのに対して，OSL法では黒体放射が生じないので，若い試料でも測定が容易である。② TL法の場合，検出波長の選択が必要となるのに対して，OSL法は励起光との関係から検出波長の選択が限られており，測定前の条件設定が不要である。③ 単試料再現（SAR）法（Murray and Wintle，2000，Radiat. Meas.，32，57 -73）の適応はOSL法の方が容易であり，繰り返し測定の感度補正を行うことで精度良く測定できる，などが挙げられる。しかし，OSL法を用いた測定例はこれまで必ずしも多くないことから，潜在的な課題が残っている可能性がある。

今回，遺跡より出土した焼成レンガ片を用いて，TL測定とOSL測定を行い，その結果を比較して，OSL法の有効性について再度検証した。

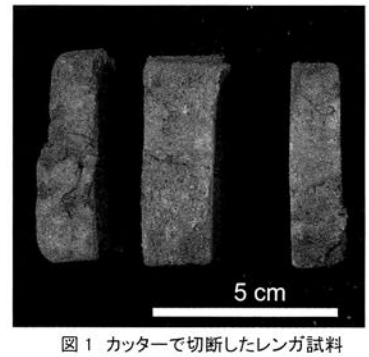


図1 カッターで切断したレンガ試料

2. 試料処理

試料は，東南アジアで出土した初期製鉄遺構に関連する焼成レンガ4点を用いた（レンガ1〜4）。まず，岩石カッターでレンガを切断し（図1），断面を観察して生焼け部分が無いことを確認した。次に，アルミ板と万力を用いて500 μm以下に粉砕し，過酸化水素水処理と塩酸処理を行った。乾燥後，磁性鉱物を除去し，フッ化水素酸処理で石英以外の鉱物の除去と石英表面のエッチイングを行った。洗浄乾燥後，75〜125 μmに粒度を調整した（以下，ナチュラル試料と称す）。

3. 測定および線量評価

TL 測定は，付加線量法で行った。検出波長は310～440 nmを用いた。TL 測定結果の一例を図2に示す。TL グローカーブ（図2（a））より5℃間隔で生長曲線を作成し，等価線量を求めた（図2（b））。そして，温度に対して等価線量が一定である温度領域（プラトー領域）から，等価線量を決定した（図2（c））。蓄積線量は，等価線量と低線量補正値を合計した値である。

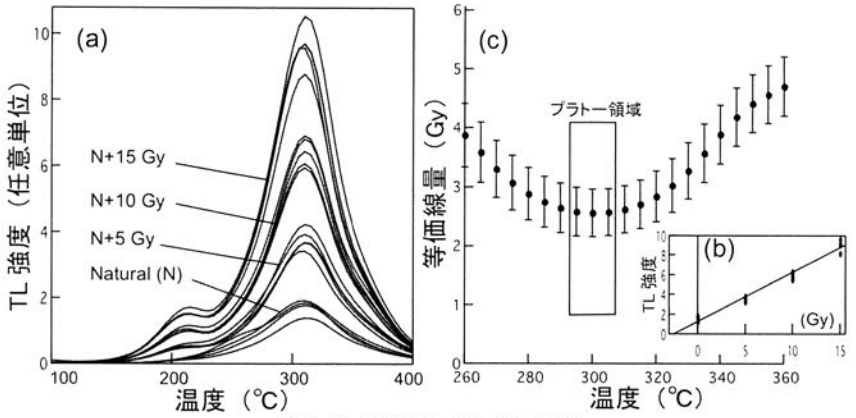


図2 TL 測定結果（レンガ1試料）
（a）TL グローカーブ（b）300～305℃における等価線量評価
（c）5℃間隔における等価線量評価．295～310℃がプラトー領域

OSL 測定は，単試料再現（SAR）法で行った。測定データから求めた生長曲線からナチュラル試料の OSL 強度を内挿して，蓄積線量を求めた（図3）。なお，測定条件の有効性を確認するために，人工的にゼロリセットさせた試料に任意照射し，その線量が再現できるかを確かめるドーズリカバリーテストを行った。その結果，線量評価で約37%過大評価が生じていたため，蓄積線量の補正を試みた。

年間線量は，レンガ内部の年間β線量と周辺土壌の年間γ線量および年間宇宙線量の合計である。

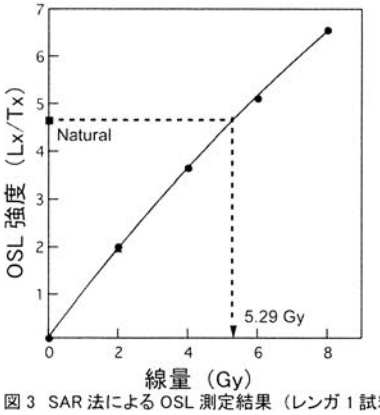


図3 SAR 法による OSL 測定結果（レンガ1試料）

4. 結果と考察

レンガ4点の TL および OSL 測定結果を表1に示す。レンガ3点では，TL データを基準として両者の比が0.94～1.05であり，よく一致する結果であった。レンガ3試料はその比が1.32となり，OSL 年代の方が古く見積もられた。OSL 年代が過大評価になった原因は現在検討中であるが，プレヒート温度など OSL 測定条件を個々に検討することが必要と考える。

今回の測定結果より，OSL 法における加熱焼成された遺物の年代測定では，測定条件を試料個別に検討する必要性が改めて確認できた。信頼性ある年代を求めるには，現段階では TL 法の方が有効性は高いが，将来より若い試料への適応や精度向上を考慮して，今後も加熱焼成された考古遺物の TL 年代と OSL 年代の比較を継続して実施することが重要である。

表1 レンガ試料のTLおよびOSL年代測定結果

サンプル	蓄積線量：PD (Gy)		PD_{OSL}/PD_{TL}	年間β線量 (mGy/a)	年間γ線量＋年間宇宙線量 (mGy/a)	年間線量 (mGy/a)	ルミネッセンス年代 (ka)	
	TL	OSL					TL	OSL
レンガ1	4.07±0.32	3.88±0.09	0.95	1.04±0.04	1.79±0.04	2.83±0.05	1.4±0.12	1.4±0.04
レンガ2	5.46±0.25	5.11±0.10	0.94	2.06±0.06	1.79±0.04	3.85±0.07	1.4±0.07	1.3±0.04
レンガ3	5.70±0.31	7.55±0.12	1.32	1.61±0.05	1.79±0.04	3.40±0.06	1.7±0.10	2.2±0.05
レンガ4	4.39±0.33	4.63±0.09	1.05	1.33±0.05	1.79±0.04	3.12±0.06	1.4±0.11	1.5±0.04

日本産ツガ属の年輪年代測定（その６）
－高知城現用木部材の調査－
Dendrochronology of Japanese Hemlocks 6;
Research on wooden members currently used at Kochi Castle

○藤井裕之（奈良文化財研究所）
○Hiroyuki FUJII (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

１．はじめに

年輪年代法によるツガの本格的な検討は長らく手つかずであったが、近年現生材、古材の両方でデータの蓄積が進み、ツガでもこの手法が十分適用可能なことがわかった。しかし、現生材と古材のパターン接続は未達成で、とりわけ17世紀後半から19世紀頃の空白を解消することが課題になっている。

そこで本研究では、当時ツガ材を多数供給していたと伝えられる四国に焦点をあて、江戸時代中頃の城郭建築が多数現存する高知城でツガの年輪データの収集を試みた。その結果を報告する。

２．調査の対象

調査の対象とした高知城は、享保12年（1727）2月火災にあい、慶長年間の築城以降に建てられたほとんどの建物が焼失した。追手門を除く現存する建物は、延享～寛延年間（1750年頃）に、創建当時の規模で再建されたものとされる。そして、数回にわたる規模の大きな修理や部分的な修理改造を経たのち、昭和26年（1951）から34年（1959）にかけ、様式構造等の厳密な調査をともなう近代的な保存修理が行われ、現在の姿となった。この際刊行された一連の修理工事報告書（高知県教委1957a･bなど）には、おおまかではあるが使用樹種の記載がある。それによると、再建当初のみならず、修理時の補足材としてもツガが多用されており、江戸中期から現在におよぶ年輪データの収集に資することが期待された。

３．試料の選定とデータ処理の方法

高知城に現に使用されているツガの木部材のうち、天守、東多聞、廊下門、詰門（いずれも重要文化財）において、目視によりおおむね100層以上の年輪が含まれていると判断した67点を試料に選定した。ただし、各材の帰属時期については、個別の詳細な資料がないため不明とせざるを得ない。樹種についても、目視による識別にとどめたので、今後改めて同定調査が行われる際、訂正される可能性がある。辺材やノタの有無の確認は十分ではないが、観察できるかぎりではいずれも心材型であった。

年輪幅の計測や年輪パターンの比較、照合は、Baillie（1982）等をベースとした光谷らの方法（光谷ほか1990）によった（照合の目安；重複年輪数100層以上、t=5.0以上）。年輪幅の計測は、試料の表面をデジタルカメラで撮影し印刷出力したものから行った。撮影用の機材は、ソニーNEX-5Nに各種マクロレンズ、アクセサリーを組み合わせて使用した。比較、照合の作業は主としてコンピュータ上で行い、年輪分析ソフトPAST4（オーストリアSCIEM社）、およびExcelVBAによる自作プログラムを適宜併用した。

４．クロスデートとその結果

高知城現用木部材のクロスデートとグルーピング

上記のとおり、67点の年輪データは、いずれも材の時期的な帰属や性格が不明である。そこで、まずこれらをまるごと総当たり比較に供し、それぞれの関係を明らかにしようとした。その結果、9グループを

抽出することができ、おのおの平均値パターンを作成した。

古材データ（當麻寺・願泉寺）とのクロスデート

次に、上記9本の平均値パターンと、これまでの調査で取得した奈良県葛城市當麻寺大師堂古材（後補材）による平均値パターン、および大阪府貝塚市願泉寺本堂・築地塀古材による平均値パターンを比較した。既報（藤井・山下・中田2012など）のとおり、これら2本は現在遊離状態にあり、年代値は未確定の状態にある。その結果、願泉寺の平均値パターン（244層、1424～1667年?）と現用木部材のうちの1本（341層、東多聞、廊下門、詰門の竪張り壁板20枚による）の照合が成立し、残存最外年輪は1684年に求められた。このときのt値は9.15であった。當麻寺の平均値パターンに対しては、照合が成立しなかった。

現生データ（屋久島、高野山、木曽）とのクロスデート

最後に、上記の現用木部材9本の平均値パターンと、鹿児島県屋久島、和歌山県高野山および長野県木曽産の材による現生ツガの年輪データ（藤井・光谷2010）を比較した。その結果、上記とは異なる1本（173層、天守六階床板2枚による）と高野山材との照合が成立し、最外年輪年代は1889年、t値は6.19であった。屋久島や木曽の材に対しては、照合が成立しなかった。

5．照合状況の評価と今後の課題

上記の年代は、文献等による高知城の建物にかんする履歴と矛盾しない。

ところで、長野県産木材の研究成果によれば、同一地域産のヒノキとサワラ、アスナロ、クロベ、コウヤマキ、ツガを照合すると、いずれも高いt値が得られる（光谷ほか前掲 p.79）。現在のところ、中世以降をカバーするヒノキの暦年標準パターンは、いずれも木曽材を核としており、ツガの古材がこの方面からもたらされていたとすると、ヒノキの成果をツガにも準用できる可能性がある。しかし、そのような相関関係を明確に示したツガの古材はこれまで皆無で、その産地についてはよくわからないままであった。

今回の高知城にかんする結果は、当初の期待に反し、現生材と古材の間の空白を埋めるものではなかった。しかし、願泉寺材に対するクロスデートにおいて高い相関を示したことは、双方の産地が近接していたことを示唆する。古来より高知は森林国であり、高知城の再建やその後の修理に際して、他国からツガ材を移入する事情を想定しにくいことからすると、願泉寺のツガ材は高知、あるいはその周辺からもたらされた可能性が考えられる。また、その他のツガ古材の産地も、主に西日本方面と推測できる。

もっとも、これらの可能性や推測は、今のところ現象面の指摘にすぎない。産地の議論には、年輪データの面的な収集が不可欠であり、今後もその作業を継続するなかで、気候との関連性や他の樹種の動向も考慮しながら、検討を進めていく必要がある。

本発表は科研費（課題番号22760497、22500974）の成果による。なお、2012年1月の現地調査に際しては、高知県教育委員会事務局（担当 中内勝チーフ）のご協力を得た。記して感謝申し上げる次第である。

文献

Baillie, M.G.L. 1982 Tree-ring dating and archaeology. Croom Helm. London and Canberra
高知県教育委員会（編）1957a『重要文化財高知城天守修理工事報告書』
高知県教育委員会（編）1957b『重要文化財高知城（東多聞・詰門・廊下門）修理工事（第二期）報告書』
藤井裕之・光谷拓実2010「日本産ツガ属の年輪年代測定（その3）－現生材における基準パターンの作成と既存データの再検討－」『日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集』pp.274-275
藤井裕之・山下秀樹・中田宏和2012「日本産ツガ属の年輪年代測定（その5）－當麻奥院の改造履歴について－」『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』pp.158-159
光谷拓実ほか1990『年輪に歴史を読む－日本における古年輪学の成立－』奈良国立文化財研究所編 同朋舎出版

熱ルミネッセンス法による陸軍歩兵第53聯隊遺跡出土焼成煉瓦の年代測定

Thermoluminescence dating of the burnt bricks from the site of 53th Infantry Regiment

○青木智史（奈良教育大学）、小島和人（同左）、長友恒人（同左）、金原正明（同左）
○Satoshi Aoki, Kazuto Kojima, Tsuneto Nagatomo, Masaaki Kanehara (Nara University of Education)

1. はじめに

奈良教育大学が位置している場所（奈良市高畑町）は、その大半が奈良時代には新薬師寺の旧境内であった所である。近世には田畑として利用されていたようだが、1909年（明治42年）に日露戦争後の軍備拡張に伴う聯隊の増設に伴って陸軍歩兵第53聯隊が転営された。その後、1925年（大正14年）に第一次大戦後の軍縮に伴い第53聯隊は廃止され、代わって歩兵第38聯隊が転営し常駐した。さらに、第二次大戦後は1945年（昭和20年）に聯隊跡は米軍に接収され、米軍キャンプ奈良C地区が置かれている。そして、1958年（昭和33年）に奈良学芸大学（現奈良教育大学）が移転され、現在に至っている。現在も陸軍歩兵第53聯隊転営時の煉瓦構築物が残されており、当時には糧秣庫として利用された煉瓦造平屋建て建物が奈良教育大学教育資料館として利用されている。この教育資料館は、奈良県内に現存する明治期の数少ない煉瓦構築物として著名なものとなっている。

2008年（平成20年）、奈良教育大学構内北東隅の建物老朽化による建て替えに伴う発掘調査が行われ、旧陸軍聯隊遺構が検出され、煉瓦造りの基礎を伴う大型建物跡が発見された。この建物は陸軍歩兵第53聯隊の将校集会所と考えられ、遺構からは大量の煉瓦が出土している。その後に数度行われた追加発掘に際しても煉瓦造り基礎の一部が検出されている。教育資料館と同様に1908年（明治41年）に建てられたと考えられる。一部には刻印が残された煉瓦が見られ、「×」印が刻まれていることから近代日本の煉瓦生産において重要な役割を担った「岸和田煉瓦」製の煉瓦が利用されていたことがわかる。出土した煉瓦は手抜成形で製作されており、寸法はおおよそ22×10.5×6 cmである。製作法及び寸法は教育資料館で使用されている煉瓦とほぼ同一である。

本研究では、2011年（平成23年）の発掘調査において出土した大型建物の煉瓦造りの基礎から煉瓦を採取し、熱ルミネッセンス法（TL法）による年代測定を実施した。TL法は、被熱考古遺物の年代を測定する有力な方法であるが、近代以降の遺物に適用した例は少ない。一般にTL法は数十万年前から数百年前までの遺物に適用されることが多く、それより若い時代の年代を測定する方法としての実効性を十分に示し得ているとはいえない。そこで本研究では、焼成年代の明らかな近代焼成煉瓦のTL法による年代測定を試み、その有効性の検討を行った。

2. 測定試料

今回測定対象としたのは、陸軍歩兵第53聯隊遺跡旧将校集会所煉瓦造基礎からサンプリングした煉瓦試料5点（煉瓦試料01～05）である。

3. 試料採取および試料処理

本研究で測定対象とした煉瓦試料は、石英多く含み十分な試料採取が可能であったため石英粗粒子法による測定を行った。まず煉瓦試料からダイヤモンドカッターを用いて数百gの試料片を採取し、露光およ

び外部からのβ線の影響を受ける表面部（深さ2mmまで）を超硬カッターで除去した後、アルミ板で挟み万力を用いて徐々に圧力を加えながら粉砕した。その後、60メッシュと300メッシュの標準篩にかけ鉱物の粒度分けを行い、粒度分けした試料(粒径50～250μm)を採取した。さらに10%の過酸化水素水で16時間処理を行い有機物の除去を行った後、洗浄・乾燥し、20%の塩酸で60分間処理した。これを洗浄・乾燥後、フランツ型マグネティックセパレーターで非磁性鉱物と磁性鉱物に分離し、分離した非磁性鉱物を20%のフッ酸で90分間処理した。洗浄後、乾燥させ、200メッシュの標準篩にかけて粒径75マイクロメートル以上の試料を測定試料とした。

4. 測定

蓄積線量の測定には、DAYBREAK社製のTL/OSL自動測定装置-1150 TL SYSTEM-を用いた。測定条件は、昇温速度10.0℃/sec、最高温度500℃、検出波長域は350-470nmである。蓄積線量の評価には、石英粗粒子法によるMultiple aliquot additive dose (MAAD) 法を適用した。MAAD法は、Natural試料と任意の線量の放射線を照射した付加線量試料を測定し、生長曲線を作成して等価線量(Equivalence dose ; ED)を評価する方法である。スプラリニアリティー補正のためのアニール条件は、350℃で60分間とした。年間線量評価は、ガンマ線スペクトロメトリーを応用した間接測定法により評価した。ガンマ線スペクトロメトリーを用いて放射性元素含有量を評価し、Adamiecらの換算式を用いて年間線量率を算出した。石英粗粒子法では、フッ酸処理によるエッチングでα線の影響を除外する事ができる。このため、評価する年間線量率は、β線量率およびγ線量率、そして宇宙線量率となる。宇宙線量率については、一般的な日本の平野部における線量率0.15mGy/aを採用した。

5. 測定結果と考察

測定結果は表.1に示した。また、煉瓦試料01の等価線量測定時のグローカーブを図.1に示した。TL年代値は、煉瓦試料01が100±30年前、煉瓦試料02が93±18年前、煉瓦試料03が95±22年前、煉瓦試料04が93±24年前、煉瓦試料05が97±14年前と評価された。5試料の平均年代値は96±10年前（西暦1916±10年）である。測定対象とした煉瓦は1908年に竣工したと考えられる建物に用いられたものであるため、ほぼ同時期に焼造されたものと考えて問題ない。よって、評価されたTL年代値は実効的なものと判断できる。このことから、TL法は近代の焼成・被熱考古遺物の年代測定においても有効な分析法といえよう。

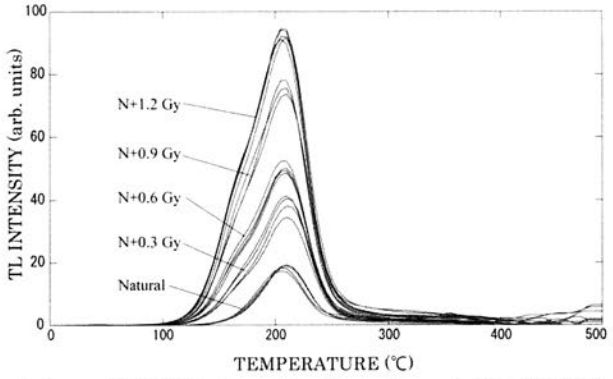


図.1　煉瓦試料01のTLグローカーブ（ED測定時）

表.1　陸軍歩兵第53聯隊遺跡出土焼成煉瓦のTL測定結果

試料名	蓄積線量（Gy）	年間線量（mGy/a）	TL年代（年前）
煉瓦試料01	0.37±0.10	3.74±0.41	100±30
煉瓦試料02	0.35±0.05	3.74±0.44	93±18
煉瓦試料03	0.39±0.08	4.07±0.39	95±22
煉瓦試料04	0.36±0.09	3.82±0.13	93±24
煉瓦試料05	0.39±0.04	4.08±0.39	97±14

プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代決定法に関する研究（V）－前処理方法（夾雑炭素の分解）の検討－

Study on age determination by carbon in plant opal collected from ancient agricultural field (V) -Examination of the pre-treatment process(removal of admixture carbon)-

○宇田津徹朗（宮崎大学）、中村俊夫（名古屋大学）、田崎博之（愛媛大学）、
外山秀一（皇學館大学）、杉山真二（古環境研究所）、松田隆二（同）
○Tetsuro Udatsu (Miyazaki University), Toshio Nakamura (Nagoya University), Hiroyuki Tasaki (Ehime University), Shuichi Toyama (Kogakkan University), Shinji Sugiyama (Paleoenvironment Research Institute), Ryuji Matsuda (Paleoenvironment Research Institute)

1．はじめに

筆者らは、生産遺構土壌に含まれる主として一年生イネ科植物に由来するプラント・オパールに含まれる微量な炭素を集め、AMS 法によって生産遺構の年代を決定する一連の手法の確立を目指している。当該手法の構築には、「土壌からのプラント・オパールの抽出」と「夾雑炭素の除去」そして「プラント・オパールからの炭素抽出と AMS 法による測定」の３つの工程の検討が必要である。ここでは、「夾雑炭素の除去」についての検討結果を報告する。

プラント・オパールは、その組成からガラスと同じ耐熱性を有している。そのため、夾雑炭素の分解処理には、湿式および乾式のいずれの灰化法も適用可能である。一般に有機物の分解において高い効果を求める場合には、「過塩素酸分解法」が用いられる。事実、海外で実施されているプラント・オパール中の炭素を利用した年代測定に関する研究では当該手法が用いられている事例が多い（Santos et al 2010, Piperno 2006）。

しかし、過塩素酸分解法は、分解過程の制御に熟練が必要であり、制御を誤ると、加熱および有機物との過剰な反応により爆発することがある。そのため、当該手法を用いるには、熟練のオペレータならびに高価な専用ドラフト等の設備が必須である。筆者らが目指す年代測定手法では、手法の実用性と普及性も重視している。そこで、本研究では、「夾雑炭素の除去」の手法として、「過塩素酸分解法」に代わる「安全かつ比較的安価な汎用機器等による夾雑炭素の分解処理工程」の選定あるいは構築について検討を行った。以下、その概要と結果について述べる。

2．材料と方法

1）供試試料

草鞋山遺跡（中国）の水田遺構土壌から抽出したプラント・オパール（イネが主組成）

2）方法

試料を十分に攪拌して均一化し、以下の６つの分解処理に供した。分解後、Beta Analytic 社に依頼し、年代測定を実施した。なお、確実な測定のためそれぞれ 500mg 以上を供試した（必要量 300mg）。

【比較を行った６つの夾雑炭素の分解処理】

方法１：ダイジェスダール分解（湿式灰化）

分解装置が市販されており、一度に乾燥重量で 0.5g の有機物を完全に分解できる。取扱説明に従って実施することにより、分解処理に熟練していないものでも一定精度の分解処理が可能である（写真右）。しかし、プラント・オパールの場合には、粒子が立体的な構造をしているため、試料に硫酸を加えた後に超音波を照射して反応を確保する等の前処理の工夫が必要である。

また、当該手法は、硫酸の使用量が他の分解法に比べて多く、硫酸に含まれる微量な不純物（含む炭素：デッドカーボン）の影響が懸念される。なお、実験では、特級より純度の高い高純度硫酸を用いた。

方法２：ダイジェスダール分解＋乾式灰化 LT（湿式＋乾式灰化）

ダイジェスダール分解は、化学反応によるものであり、薬品の反応が生じていなければ分解効果は生じない。先に述べたようにプラント・オパールは立体的であり、その内部にまで完全に薬品が浸透し反応を確保するのは難しい場合もある。

そこで、当該手法では、ダイジェスダール分解処理をしたものを電気マッフル炉（写真右）に入れ、６時間で室温から 550℃まで加熱し焼成灰化することで漏れなく有機物分解の効果を確保する。

方法３：硝硫酸法（硫酸と硝酸による加熱分解）

当該手法は、試料と硫酸を反応させた状態で 200～250℃に加熱し、そこに硝酸を滴下することで有機物を化学分解するものである。ダイジェスダール分解に比べて使用する硫酸の量を 1/2～1/4 にすることができ、また、最終的には試料が固化するまで反応させて、硫酸を完全に消失させるため、硫酸中の不純物の影響を小さくすることが出来る。しかし、当該手法は、試料の反応の状態を的確に把握して硝酸の滴下を行う必要があり、一定の熟練を要する。

方法４：乾式灰化 LT（６時間で室温から 550℃まで加熱し焼成灰化）

方法５：乾式灰化 HT（６時間で室温から 800℃まで加熱し焼成灰化）

※方法４と５は、到達温度が異なる以外は同じ乾式灰化である。工業的なプラント・オパールの利用では 800℃以上の処理で不純物を除去している実績から方法５を設定した。

方法６：過塩素酸分解（湿式灰化）

３．結果および考察

表１は、測定結果である。方法３および方法５を除くと、一定の範囲の測定結果が得られている。方法３は、分解処理操作の誤差の影響であり改善の余地があるが、方法５は、高温な処理によってプラント・オパール中の炭素が影響を受けた結果と考えられ、代替法となり得ないと判断された。

年代値および誤差を考慮すると、やや古い年代値となるが方法１と方法４が方法６（過塩素酸分解）に比較的近い値が得られている。方法１と４で得られた炭素量はほぼ同じで、かつ方法６で得られた量を越えていないことを考慮するとこれらは夾雑炭素の分解処理法として同等の効果があると考えられる。

また、プラント・オパールには内部に空隙を有するものも存在する。この点を考慮すると、薬品との均一な反応を完全に確保するには限界があり、均一に分解効果が期待できる点では、方法４がより適していると言えよう。さらに、当該法は、比較的安価なマッフル炉で実施でき、かつ操作が時間経過に伴う温度の設定変更のみで熟練を要しないなど、実用性・普及性の条件も満たしていると言える。

表１　各分解処理で得られた年代測定値

処理の方法	conventional 14C age
方法１：ダイジェスダール分解	5,900 ± 40
方法２：ダイジェスダール分解＋乾式灰化 LT	5,270 ± 240
方法３：硝硫酸法	4,520 ± 40
方法４：乾式灰化 LT(550℃)	6,010 ± 40
方法５：乾式灰化 HT(800℃)	540 ± 30
方法６：過塩素酸分解	5,520 ± 30

４．まとめ

今後、測定事例を増やしてさらに検証を行うことが必要であるが、年代測定手法の「夾雑炭素の除去」の方法としては、実用性・普及性の視点を加えると、乾式灰化（550℃）が適していると言えよう。

実年代の定まった日本産樹木の高精度炭素14年代測定
-紀元前2世紀から7世紀まで

High-precision radiocarbon dating of Japanese tree rings with actual age: from 2c BC to AD 7c.

○坂本稔（国立歴史民俗博物館・総合研究大学院大学），光谷拓実（奈良文化財研究所），
中塚武（名古屋大学）

○Minoru Sakamoto (National Museum of Japanese History, The Graduate School for Advanced Studies), Takumi Mitsutani (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Takeshi Nakatsuka (Nagoya University)

1. はじめに

加速器質量分析法（AMS）による炭素14年代測定の高精度化に伴い，炭素14年代を実際の暦上の年代に修正する「較正曲線」において，欧米産樹木による国際標準曲線IntCalからの日本産樹木のずれが明らかになりつつある。特に精密な年代観が求められる弥生から古墳にかけての時期において「日本版較正曲線」の整備は急務であるが，年輪年代の確定した樹木試料の確保が難しいことから進捗は遅れている。しかしながら日本産樹木については，年輪中に含まれるセルロースの酸素安定同位体比の変動パターンの比較から年輪の生育年を決定する，新しい年輪年代法が提案された（中塚ほか，2012）。これを足がかりとして，これまで年輪年代法の適用が困難だった樹木試料を用いて，炭素14年代の変動パターンを実年代上で議論することが可能になり，日本版較正曲線の整備の進捗が期待される。

2. 奈良県下で出土した古墳木棺

柳本大塚古墳，ならびに桜井茶臼山古墳で出土した木棺（寺澤ほか，2012）は，樹種がコウヤマキであるものの年輪年代法による年代決定が困難であった（坂本ほか，2011）。しかしながら柳本大塚古墳木棺から採取した柱状試料は酸素同位体比により，実年代が与えられた（中塚ほか，投稿中）。両者は年輪幅の変動パターンの同調が年輪年代学的に確認されていて，桜井茶臼山古墳木棺から採取した柱状試料にも実年代が与えられた。

採取した柱状試料すべてについて，炭素14年代測定が実施された。両者には200年程度の重複があり，その間の炭素14年代はほぼ挙動を同じくしている。ところが重複期間は短いものの，AD100前後の両者の同調関係は乱れ，箱根・長野の埋没樹との関係も良好でない。2世紀は日本産樹木の炭素14年代がIntCalから顕著に乖離する時期であるが，同時に日本列島内においても大気中の炭素14濃度が不均一であったことを示唆する。なお柳本大塚古墳の100BC前後の挙動は，箱根の埋没樹にほぼ沿っている。

3. 宮田村埋没樹の再測定

長野県宮田村で採集された埋没樹には年輪年代が与えられ，既にSakamoto et al. (2003) により炭素14年代が測定されているが，測定精度・確度が十分でなくIntCalとの有意な差が認められていなかった。改めて炭素14年代を測定したところ，全体的にやや古い方向にずれる印象はあるものの，特に5世紀から6世紀前半にかけてIntCalからのずれが確認された。また，7世紀中頃にも炭素14年代の乱れが見られる。前者については，IntCalによる較正では6世紀前半とされる試料が100年ほど古い年代を与えた例と整合

的である（私信）。また後者は，前期難波宮の壁土中にあった植物の較正年代がやはり 100 年ほど古い結果になったことと符合する（坂本ほか，2012）。4〜7 世紀の日本産樹木は尾嵜ら（2009）による法隆寺古材の測定があるが，やはり測定精度・確度に若干の課題があり議論が難しい。今回の結果は，当該期における高い精度での炭素 14 年代測定の必要性を改めて示すものである。

4. おわりに

日本産樹木の炭素 14 年代のずれは，較正曲線の平坦な時期や上昇する時期に顕著なように見え，IntCal との地球規模での関連性が推察される。ただし欧米産樹木による IntCal は，10 層ないし 20 層の年輪層を 1 単位とした測定結果を統計的に平滑化したものである。本研究の測定は 5 層を 1 単位としたが，日本産試料の炭素 14 年代の微細な変動を調べるには地域ごとの単年輪測定も考慮されなければならない。日本版較正曲線として結果を集約するには，妥当な統計的処理法を検討することも必要だろう。

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（21240072）による支援を受けている。

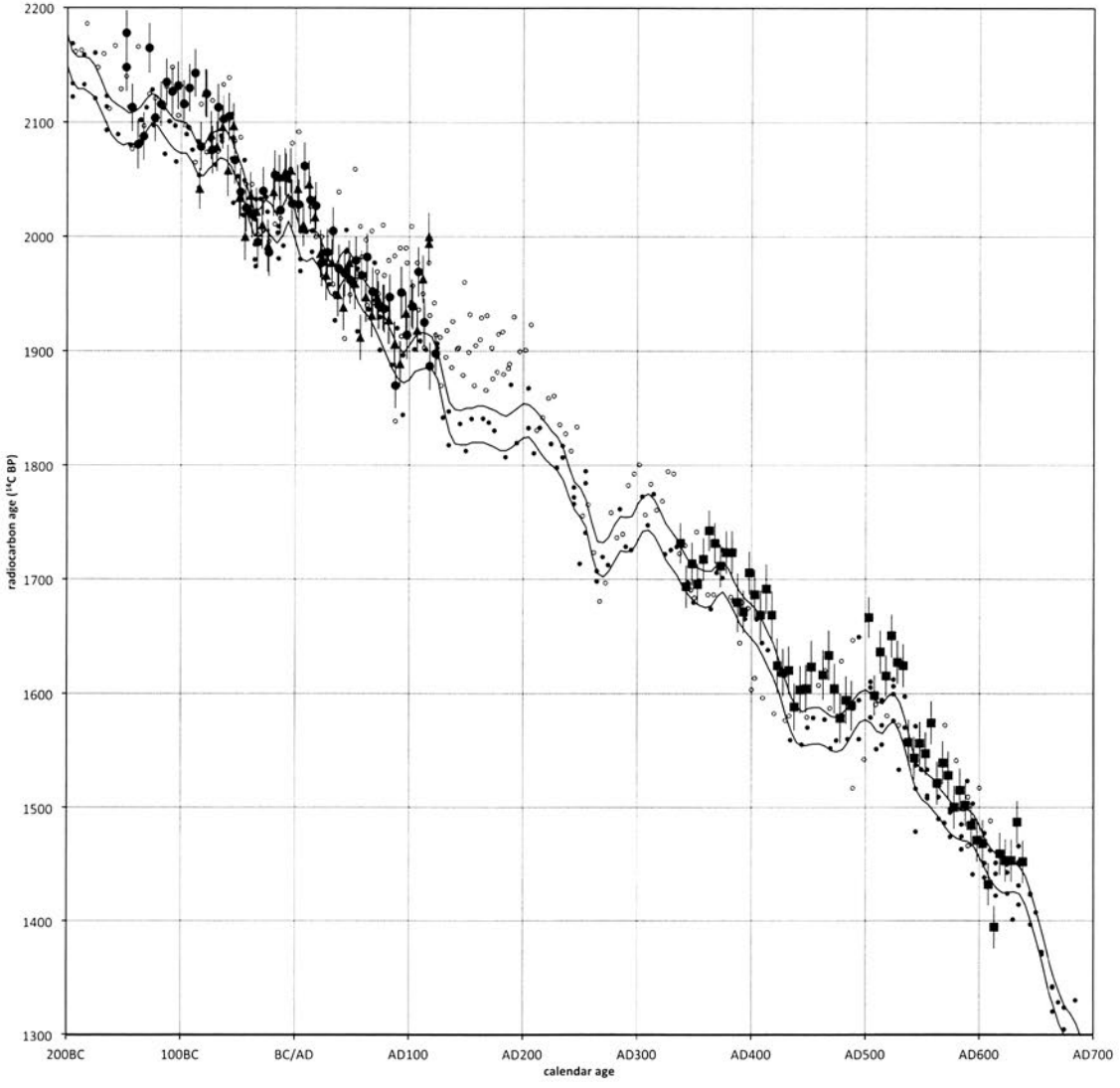


図 1：日本産樹木の炭素 14 年代と IntCal09 との比較。小黒丸（●）は IntCal09 の元データ，小白丸（○）は箱根・長野の埋没樹ならびに法隆寺古材のデータ。測定結果は誤差とともに，柳本大塚古墳（●），桜井茶臼山古墳（▲），長野県宮田村（■）で示す。

根室市関江谷1竪穴群出土遺物の炭素年代測定
:見かけ上の炭素年代差とその意味

Radiocarbon dating of archaeological reminds excavated from Sekiedani 1 site: Apparent radiocarbon age difference and paleodiets

○宮田佳樹（名古屋大学、国際基督教大学）*、堀内晶子（国際基督教大学）、
猪熊樹人(根室市歴史と自然の資料館)、新美倫子(名古屋大学)
○Yoshiki Miyata (Nagoya University, International Christian University)*, Akiko Horiuchi (International Christian University), Shigeto Inokuma (Nemuro City Museum History and Nature), Michiko Niimi (Nagoya University)
*現在: 金沢大学 (Kanazawa University)

1．はじめに

炭素年代測定は，文献資料のない旧石器時代，縄文時代，弥生時代などの研究に大きな力を発揮する研究手法である。遺跡から出土した考古遺物に対して，これまで数多くの放射性炭素年代測定が行われてきた。その対象は，土器付着炭化物，炭化材，炭化種実，貝，人骨や動物骨，土壌など，非常に多岐にわたっている。

得られた炭素年代測定値が，考古学的に想定される年代を示す場合は受け入られやすいが，特に，海洋の影響を受けた試料を測定すると同時代よりも数百年古い年代を示す場合があり(海洋リザーバである．ここでは，同じ遺跡の同じ包含層から出土した複数の遺物を炭素年代測定することにより，特に，日本列島における海洋リザーバー効果の示す意味について詳考えてみた。

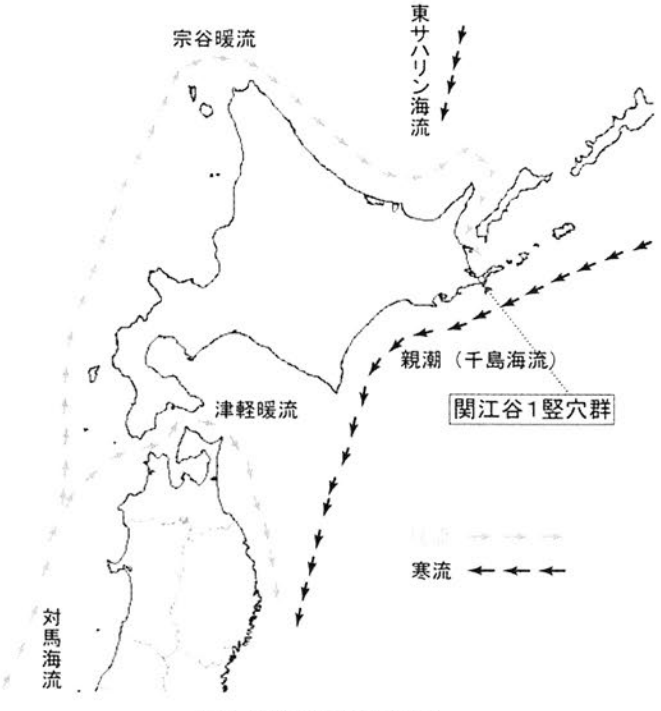


図1 遺跡周辺の海流図

2．関江谷1竪穴群

根室市関江谷1竪穴群（図1）はかつて，1954年に大場利夫によって一部が発掘された縄文時代の貝塚である（兒玉・大場，1956）。根室市温根沼に位置し，平均水深1.2Mの浅い湖である温根沼の東岸，国道44号線に最も近い標高10-12Mの台地上にある。温根沼は，縄文海進期海水が内陸へ流入し，湖の出口に砂州が発達したために生じた海跡湖である。

3．方法

調査区B2区（図2）から出土した炭化材（さくら属），ウバガイ，オオノガイ，アサリ，内面土器付着炭化物の炭素年代をパレオ・ラボ社のAMSで測定した。また，土器付着炭化物の安定同位体組成はSIサイエンス社で測定し

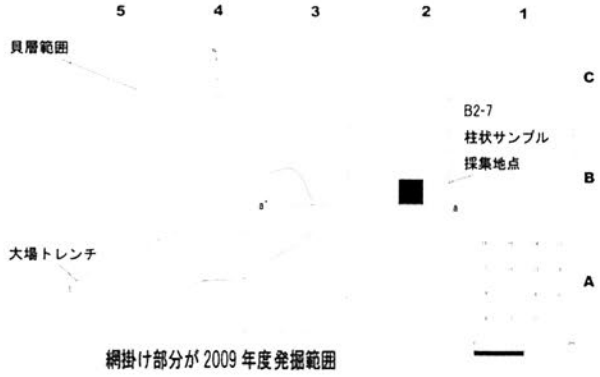


図2 貝層分布域・グリッド配置・発掘範囲

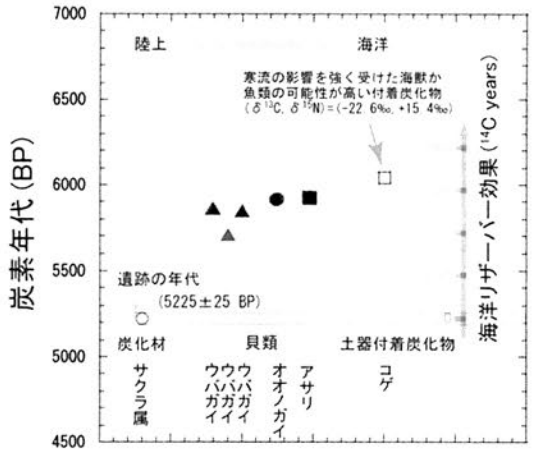


図3 関江谷1竪穴群B2-6区出土遺物の炭素年代

た。

4．結果と考察

遺跡の年代を示す炭化材は，5255±25 BP(紀元前4223-3992年)であり，ちょうど海進の絶頂を過ぎて寒冷化しつつある段階にあたる。関江谷1竪穴群では，寒冷な現在の気候ではほとんど捕獲されないサバ類の骨が貝層の下層から上層まで連続的に出土している。遺跡が形成された当初から，かなり温暖な気候であったものと推定される。ほぼ同一な包含層から出土した各遺物の年代測定結果は，遺物によって異なる見かけ上の炭素年代を示した。海の影響が大きくなるように並べると，図3のように，炭化材，貝類，内面土器付着炭化物の順番に古くなる。そこで，炭化材の炭素年代を基準に海洋リザーバー効果を算出した（表1）。貝のリザーバー年代（R）は，485±35～705±35 ^{14}C yrs である。土器付着物の示す海洋リザーバー効果（R）は，820±35 ^{14}C yrs と非常に大きい。その付着炭化物の炭素・窒素同位体組成はそれぞれ，(-22.6‰, +15.4‰) であり，海獣や海産魚介類の分布範囲に相当する。したがって，この土器では海洋リザーバー効果の大きな寒流の影響を受けた海獣や海産物を調理した可能性が考えられる。縄文海進最盛期には，日本海側からオホーツク海へと抜けていく対馬暖流の分派である宗谷暖流が道東を回り込み根室から，釧路，帯広周辺にまで影響を及ぼしたことが知られている。したがって，各遺物に観察される見かけ上のリザーバー効果の大きさの違いを，生物の生息域や食性などの観点から読み解くことによって，当時の気候や遺跡周辺の海流の盛衰などをより詳細に知る手がかりが得られるかもしれない。

表1. 関江谷1竪穴群(B2-6区)出土遺物の炭素年代と海洋リザーバー効果(R)

試料番号	Lab. #	試料		炭素年代 BP	リザーバー年代* ^{14}C years
HKSE C1	PLD-20479	炭化材	サクラ属	5225±25	-
HKSE K0	PLD-15215	ウバガイ**	B2-6区	5860±25	635±35
HKSE K1	PLD-20474	ウバガイ	B2-6区	5710±25	485±35
HKSE K2	PLD-20475	ウバガイ	B2-6区	5850±25	625±35
HKSE K3	PLD-20476	オオノガイ	B2-6区	5915±25	690±35
HKSE K4	PLD-20477	アサリ	B2-6区	5930±25	705±35
HKSE 1	PLD-20478	土器付着炭化物 "コゲ"	B2-13区	6045±25	820±35

測定値の誤差は全て1標準偏差
海洋リザーバー効果(R)は，炭化材の炭素年代(5225±25 BP; N = 1)から算出した
**新美・猪熊(2010)

縄文時代における炭化球根類の炭素14年代測定

Radiocarbon-dating of Carbonized bulbs adhering to the inside of Jomon Pottery

○遠部　慎（徳島大学埋蔵文化財調査室）、中沢道彦（長野県考古学会）、金姓旭（蔚山発展研究院）
○Shin Onbe (Tokushima university), Michihiko Nakazawa (Nagano　Archaeology　Socieaty),
Kim SungWook (Ulsan Development Institute)

1. はじめに

縄文時代にノビルなどユリ科ネギ属の利用が知られている。列島における植物利用を考える上で重要な蓄積ではある。縄文時代草創期の都城市王子山遺跡（11505±35BP、11455±35BP）、早期前葉別府原遺跡（8930±50BP）、横堀遺跡（8470±70BP）の例はあるが、土器に付着する例は縄文時代前期のある段階で活発化することが知られ、その利用実態を追究する研究もある（長沢1998、中沢2008など）。本発表では土器に付着した炭化球根類を集積し、年代測定の位置づけについて考察を加える。

2. 分析と方法

日本列島および周辺地域の土器付着炭化球根類が出土した遺跡をリストアップし、そのうち年代測定の得られた遺跡を集積する。そこに、新たに測定を重ねたデータを加え、考察を加えることにする。なお、本研究では、AMS年代測定法によって得られたデータを用いる。

遺跡名	考古学的年代	炭素14年代値	備考
出崎船越南	縄文前期中葉	5710±60BP	
峯一合	縄文前期後葉	5100±80BP	
上久津呂中屋	縄文前期後葉	4880±20BP	
判ノ木山西	縄文中期前半	4525±25BP	新道～藤内式
下宅部	縄文中～晩期中葉	4535±25～2690±25BP	大半は後～晩期
芝原	縄文後期中葉	3720±20BP	
居徳	縄文晩期前半	2990±30BP	

表1　主な年代測定値の得られた土器付着炭化球根類

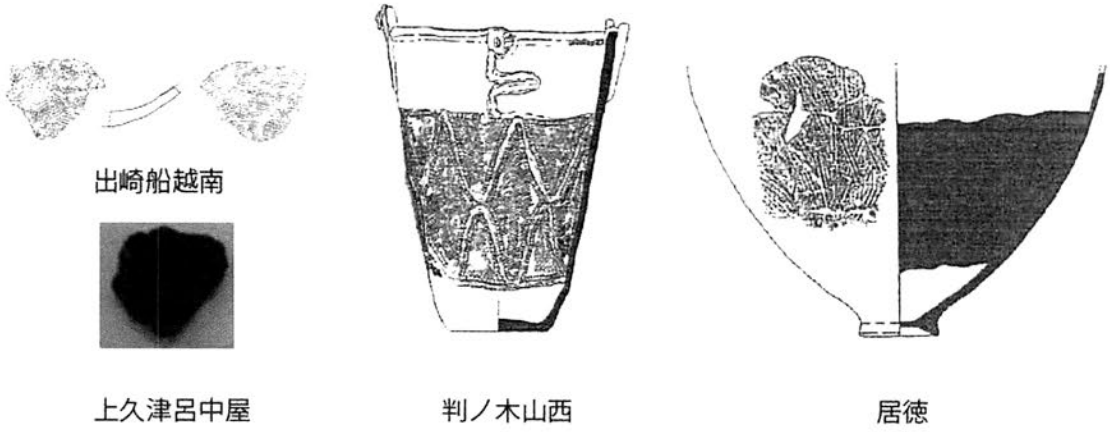


図1　年代値の得られた主な土器付着炭化球根類実測図（一部写真、縮尺不同）

3．考察

土器に付着した炭化球根類の出現は、現状で縄文時代前期のある段階である。玉野市出崎船越南遺跡の例は羽島下層Ⅱ式期に遡る可能性（遠部2009）、後葉は下呂町峰一合遺跡（下呂町教育委員会2003）や、氷見市上久津呂中屋遺跡の事例などがある。これまで、中期の確実な測定値はほとんどなかったが、茅野市判ノ木山西遺跡の住居址から出土した藤内式の年代測定値は4525±25BPを示す（松本ほか2013）。

後期～晩期にかけては、下宅部遺跡では連綿と利用されていたことが明らかにされた（工藤・佐々木2011）。南さつま市芝原遺跡で得られた年代データ3720±20BP（西本編2009、住田2011）や、炭化球根類を直接測定したわけではないが、同一層から出土した土器付着炭化物の年代が、岡山市津島岡大27a層では3530±20BP（工藤2011）を示す例など、後期中葉に数多く確認される。

南国市居徳遺跡の事例では2990±30BPという測定値が得られており（西本編2009）、またこの土器付着炭化球根類からシソ属の種子が確認されている。晩期以降については、居徳遺跡のほか、下宅部遺跡例でも安行3ｃ～ｄ式の事例や、徳島市庄・蔵本遺跡で弥生時代前期の可能性が高い土器付着炭化球根類が確認されており、その終焉についても、検討が必要である。

4．まとめ

日本列島では縄文時代前期のある段階に土器を用いた炭化球根類を加熱する調理法が活発化した。東アジアの視点でみると、韓国の飛鳳里遺跡、細竹遺跡で韓国新石器時代早期土器に付着した炭化球根類が確認されている。東アジアにおける先史時代の植物質食料利用を考える上で日韓とも重要なデータである。韓国新石器時代早期隆起文土器は縄文時代前期初頭に併行するという説は有力だが、交差年代法による検証が難しい部分もあり、年代測定によるデータの比較も重要になる。

また、居徳遺跡ではシソ属種子が炭化球根類とともに検出されたが、縄文土器を用いたユリ科ネギ属の球根の利用に何が混ぜられたか、縄文時代の食性の復元に向けた分析はますます重要になる。学際的な研究に向け、土器付着炭化球根類の年代測定例を増加させる必要がある。

本発表は平成24年度科学研究費（課題番号24520868）、平成24年度日本海学研究グループ支援事業の成果を含む。本発表にあたり、以下の諸氏にご協力いただき感謝申し上げます。
国立歴史民俗博物館学術創成研究グループ、安在晧、任鶴鐘、住田雅和、町田賢一、松本安紀彦、中村豊

【引用文献】（報告書等一部省略）

小林謙一 2008『縄紋社会研究の新視点―炭素14年代測定の利用―』六一書房

工藤雄一郎 2011「津島岡大遺跡から出土したマメ圧痕土器の付着炭化物の分析」『紀要2009』pp. 27-31、岡山大学埋蔵文化財調査研究センター

工藤雄一郎・佐々木由香 2010「東京都下宅部遺跡から出土した縄文土器付着植物遺体の分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』158、pp. 1-26、国立歴史民俗博物館

中沢道彦 2008「縄文土器付着炭化球根類の検討」『極東先史古代の穀物3』pp. 7-24、熊本大学埋蔵文化財調査室

長沢宏昌 1998「縄文時代遺跡出土の球根類とそのオコゲ」『列島の考古学』pp. 427-445　渡辺誠先生還暦記念論文集刊行会

西本豊弘 2009『平成16-20年文部科学省・科学研究費補助金学術創成研究費　弥生農耕の起源と東アジア　研究成果報告書』国立歴史民俗博物館

松本直子・松谷暁子・國木田大・吉田邦夫 2013「出崎船越南遺跡出土土器付着炭化物について」『古代吉備』第25集、57-69、古代吉備研究会

田螺山遺跡における寄生虫卵分析を用いた人間活動の研究

A study on human activity by analysis of parasite egg at the Tiao Luo Shan site in China

○辻本知里（奈良教育大学）、金原正明 (同左)、中村慎一 (金沢大学)
○Chisato Tsujimoto, Masaaki Kanehara (Nara University of Education), Shinichi Nakamura (Kanazawa University)

はじめに

寄生虫卵分析は、糞便堆積物や便所遺構の判別また食生活の復原などを主な目的として用いられている研究手法である。これまでの研究から寄生虫卵密度は遺跡の空間利用の仕方や人口の増減などの人間活動を反映すると考えられる。そこで本研究は、田螺山遺跡における同一時間面での寄生虫卵の分布と密度を連続的にみることで、存続期間の空間利用の変化や人口の増減などの人間活動の変遷を明らかにすることを目的とする。その中で堆積環境による寄生虫卵の分解が問題となることが考えられる。そのため花粉分析も並行して行い、寄生虫卵の分解や花粉の分解を寄生虫卵密度と花粉密度の比較を元に検討する。

試料と方法

前項の目的を達成するために、試料は発掘方形グリッドに沿って連続して採取する必要がある。これを満たす田螺山遺跡において試料採取を行い、採取可能な9地点で計87試料を採取した。(図2参照)
この田螺山遺跡は中華人民共和国浙江省余姚市三七市鎮に位置し、新石器時代中期前半の河姆渡文化期の遺跡である。遺跡存続期間は ^{14}C 年代測定法より、前期が5000－4700BC、中期が4700－4200BC、後期が4200－3500BCである。寄生虫卵・花粉分析には以下の方法をとった。
試料の秤量 → リン酸三ナトリウム処理 → 篩別処理 → ＨＦ処理 → アセトリシス処理 → 染色 → グリセリンゼリーによる封入 → プレパラートの作製、同定・計数
また、定量法はプレパラート作製時のピペット法によって行なった。

結果と考察

①人間活動の変遷・古環境の復原とその変遷

図1より寄生虫卵密度が文化期前期に高いことから中期にかけて人口が減少した可能性が示唆される。他地点でもこの傾向が見られる。さらに、文化期前期における各地点の寄生虫卵密度の最大値を示した図2の住居跡区を見ると、T303・T304は文化期前期前半に最大値があるのに対し、T306は後半に最大値があることが分かる。このことから、住居区がT303・T304から文化期前期後半になってT306方向へと拡大した可能性が考えられる。また花粉分析結果から、文化期以前(分帯Ⅰ)の遺跡周辺にはシイ属やコナラ属などの照葉樹林が広がっており、その後(分帯Ⅱ)ニレ属－ケヤキ属などの落葉樹林が拡大した。しかし、文化期前期(分帯Ⅲ)になると人間活動によって樹木が減少してガマ属－ミクリ属が繁茂する低湿地になり、文化期中期(分帯Ⅳ)にはイネを含むイネ科が生育する環境になった。他地点でもこのような花粉分類群の出現傾向に大きな変化は見られないため、文化期の遺跡全体は水性植物が繁茂する環境であったと考えられる。この環境が寄生虫卵の拡散に繋がったと考えられ、衛生環境が非常に悪かったと推測される。

②寄生虫卵密度と花粉密度の相関

寄生虫卵・花粉共に分解の度合いはその堆積環境によって異なるが、同じ堆積環境下であっても寄生虫卵と花粉の分解の度合いは異なることがこれまでの研究で分かっている。そこで、今回の田螺山遺跡では寄生虫卵と花粉の分解の度合いが異なっているのか否かを明らかにするため、地点ごと寄生虫卵密度と花粉密度の相関を見た結果(図3)、各地点の相関係数の平均は0.812と強い正の相関が見られた。よって本遺跡において、花粉と寄生虫卵のどちらか一方に急激な分解が起こらなかったと考えられる。

おわりに

田螺山遺跡における寄生虫卵分析の結果、文化期前期に寄生虫卵が高い密度で検出されたため、中期にかけて人口が減少した可能性が示唆された。また寄生虫卵の拡散を促す低湿地が遺跡全体に広がっていたことが明らかになった。寄生虫卵の分布・密度の変化から人間活動の変遷に関する研究には課題が多い。しかし、本研究において花粉分析と組み合わせることで寄生虫卵分析の新たな利用法について示唆できたと考えられる。今後花粉密度を基準として寄生虫卵密度と比較し、再度人口の増減について検討を加えたい。

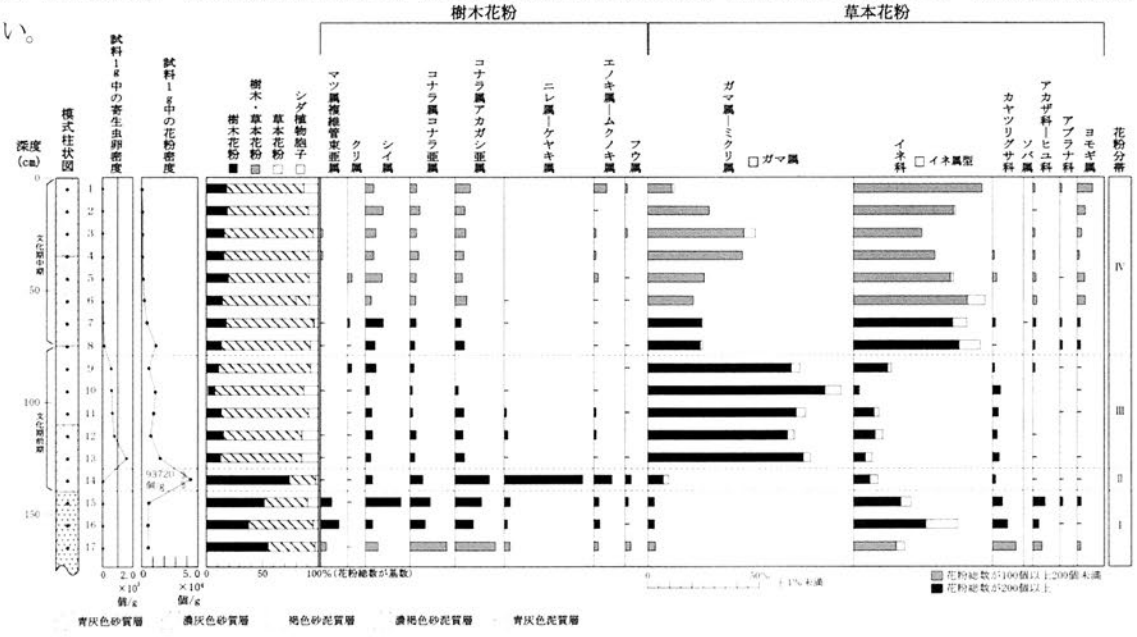


図1　田螺山遺跡:T303東壁北隅地点における寄生虫卵・主要花粉ダイアグラム

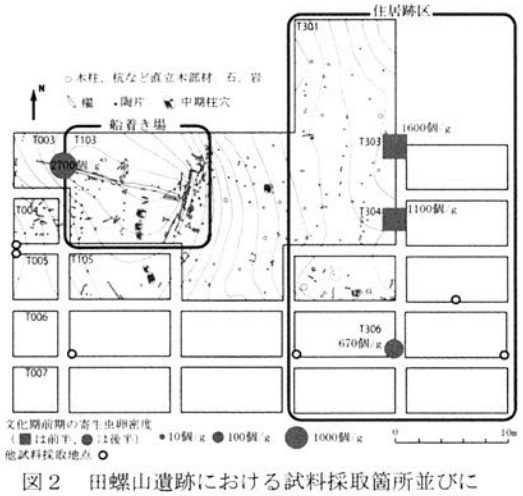


図2　田螺山遺跡における試料採取箇所並びに
文化期前期における寄生虫卵密度の最大値

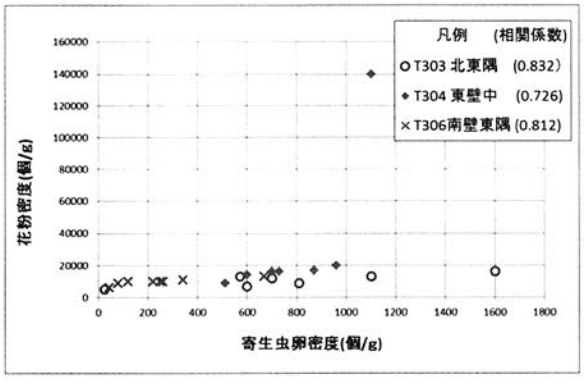


図3　寄生虫卵密度と花粉密度の散布図
注)寄生虫卵が検出された層のみを掲載

茨城県陸平貝塚から出土した合弁バカガイ中の砂の粒度分析

Grain size analysis of the sand in the shells (*Mactra chinensis*) excavated from the Okadaira shell midden, Ibaraki prefecture, Japan.

○亀井　翼（弘前大学）
○Tsubasa KAMEI (Hirosaki university)

1. 研究の背景と目的

茨城県稲敷郡美浦村に所在する陸平貝塚は，島状台地の平坦部を囲むように存在する8つの貝塚から成り，これまでの調査によって縄文時代早期末から後期の貝層が確認されている。2010年に行われたD貝塚の確認調査では，縄文時代後期前葉から中葉の遺物，遺構が検出された（美浦村教育員会 2011）。この際に，貝層中から砂の詰まった合弁バカガイが発見された。これは，自然死した貝殻が誤って遺跡に搬入されたものと考えられるため，貝殻中の砂は縄文時代当時の干潟の砂である可能性が高い。本試料と，遺跡周辺の海成層を比較することで，陸平貝塚に居住していた人々の貝類採取場所を推定し，生業圏や集団領域を復元する手がかりになると考えられる。そこで本発表では，バカガイ中の堆積物を定量的に把握することを目的として，粒度分析を行った。

2. 試料と分析方法

分析対象は，2010年度確認調査において採取された，動物遺体分析用コラムサンプルT2-2（3層上部）に含まれていた。3層は縄文時代後期前葉（堀之内2式）の混土貝層であり，層厚約30cm，ハマグリ主体でありバカガイなどを含む。試料は殻長5cmほどの合弁バカガイ（*Mactra chinensis*）中に包含されており，重量は27.64gであった。

試料は風乾し，亀井・坂上（2011）と同様に1φ間隔の湿式篩別と，レーザー散乱・回折法の組み合わせにより粒度分析を行った。また，砂画分については改めて0.25φ間隔の乾式篩別を行った。篩の内径は200mm，深さは30mmで，振とう時間は10分間とした。頻度分布からInman（1952），Folk and Ward（1957）のそれぞれの図解法に基づき中央値，平均値，淘汰度，歪度，尖度を算出した。また，Friedman（1961）の積率法による平均値，淘汰度，歪度を算出した。岩相区分はFolk（1954）に従った。

4. 結果と考察

分析結果を表1，2，図1，2に示す。試料は砂が95%以上を占める砂層であり，泥は5%未満，礫は含まれていなかった。ほとんどが砂質泥層に区分される陸平貝塚の遺跡土壌（亀井・坂上2011）との差は明瞭

表1　粒度分析結果

	粗粒砂				中粒砂				細粒砂				微粒砂			
φ	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
wt%	0.37	0.37	0.00	1.10	1.47	6.23	19.05	12.45	21.98	19.41	5.13	5.13	1.47	0.37	0.37	0.37
	粗粒シルト	中粒シルト	細粒シルト	微粒シルト	粗粒粘土	中粒粘土	細粒粘土	微粒粘土					礫	砂	シルト	粘土
φ	5	6	7	8	9	10	11	12								
wt%	0.52	0.25	0.30	0.46	0.70	1.28	1.18	0.09					0.00	95.22	1.53	3.25

であり，本試料は遺跡埋没後に周辺土壌が流れ込んだものとは考えられない。また，本試料は現生の東京湾の干潟の粒度組成（国立環境研究所2003）と近い値を示している。砂画分の頻度は細粒砂（2.25φ）に主モード，中粒砂（1.75φ）に副モードをもつバイモダルな分布を示す（図2）。2φの頻度が不自然に低く，異なる堆積環境の砂が混在している可能性がある。本試料の淘汰度はやや良く，歪度は負の歪みとなるが，これは海浜砂の特徴を示している（Friedman1961）。ところが，先行研究で示された粒度指標の組み合わせによる環境区分（Friedman1961，上杉1972）を参照すると，海浜砂にしては歪度の値が大きく，いずれの判別方法においても砂丘砂に区分される（図3）。これは，1.75φの副モードの影響を受けているためと思われる。

以上の結果から，バカガイ中の砂は砂丘砂あるいは海浜砂である可能性が示唆された。より具体的な堆積環境の復元のためには，遺跡周辺の沖積層との比較が必要であろう。

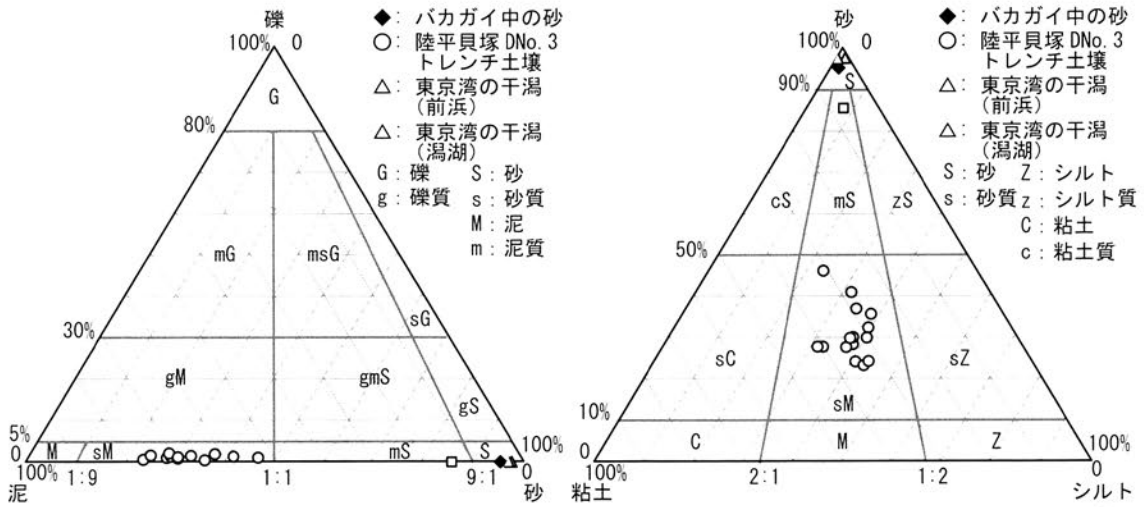


図1　堆積物の粒度区分（Folk1954 をもとに亀井・坂上 2011，国立環境研究所 2003 より作成）

表2　粒度指標値

算出方法	Friedman(1961)*	Inman(1952)	Folk and Ward (1957)
中央値		2.102	2.102
平均値	2.140	2.081	2.088
淘汰度	0.676	0.496	0.630
歪度	1.207	−0.042	−0.521
尖度	5.803	1.539	1.472

*4φ以下は無視して計算した

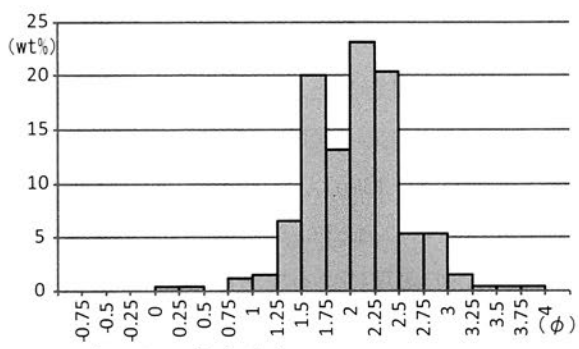


図2　砂画分の頻度分布

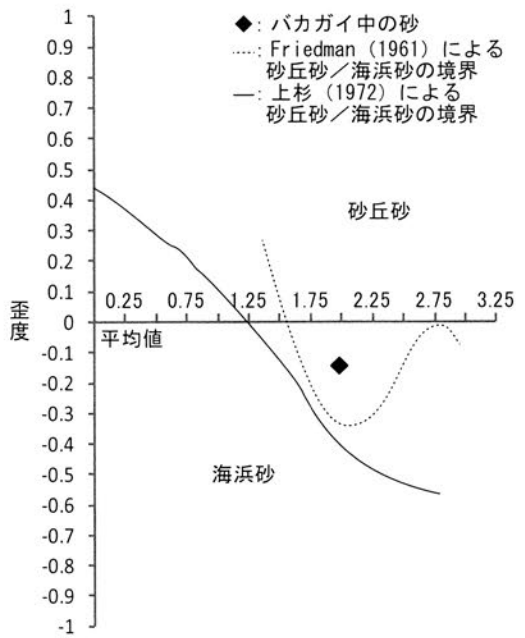


図3　歪度・淘汰度相関図（Friedman1961，上杉 1972 をトレース，一部改変）

歯と骨のストロンチウム同位体分析に基づく古代東北の横穴墓被葬者像についての一考察

Preliminary discussion on native places of ancient people excavated from tunnel burials in Tohoku region based on strontium isotopic analysis of dental and skeletal samples

○瀧川渉（国際医療福祉大学福岡保健医療学部）、
石丸恵利子（山口大学埋蔵文化財資料館）、佐藤敏幸（東松島市教育委員会）
○Wataru Takigawa (Sch. of Health Sci. at Fukuoka, Int. Univ. of Health and Welfare),
Eriko Ishimaru (Yamaguchi Univ. Archaeological Museum),
Toshiyuki Sato (Educational Board of Higashimatsushima City)

1. はじめに

宮城県東松島市矢本横穴墓群（7 世紀中葉～9 世紀初頭）は、律令制下による陸奥国の開拓を期して、他地域から牡鹿郡に移配された人々によって造営された墓地と理解されている。このたび、古人骨資料から永久歯の歯冠エナメル質と骨の断片を選別し、サンプル処理によって、試料中に含有されるストロンチウム同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）の測定を試みた。歯冠エナメル質中の当該ストロンチウム同位体比は、永久歯が形成される少年期までの時期に摂取された水や食物に由来し、その生活の場となった周辺地域の地質に依存すると考えられている。一方、骨のストロンチウム同位体比は、死亡前のある一定期間に居住した地質環境に左右され、埋葬土壌における続性作用の影響も受けることが知られる。これらを考慮した上で、サンプル測定を実施した結果を提示し、当時の東北地方における横穴墓の被葬者像や出自構成について考察する。

2. 資料と方法

矢本横穴墓群出土資料のうち歯のエナメル質 0.1 g 以上を 37 個体分採取した。エナメル質が剥離し歯冠計測が不能なものを極力選別したが、そのような歯が存在しない個体の場合は任意の歯冠について樹脂でキャストを製作した上で試料とした。可能であれば第三大臼歯を、それが得られない場合は病理学的所見や形態小変異が観察されない歯冠を選択した。

骨サンプルについては、各部が玄室内で散乱した状態だったため、歯冠サンプルを得ることができた頭蓋から採取した。形態人類学上の資料的価値を維持するため、接合復元が不能な断片や、計測点や形態小変異ないし筋付着部に該当しない領域を選択した。ピンセットや円形鋸歯を装着した小型ルーターを利用し、骨片 0.1 g 以上を 39 個体分収集した。

分析測定処理は以下のとおり実施した。デンタルドリルで表面の汚れを除去したのちに、ダイヤモンドポイントでエナメル質および骨組織を削り、5mg を試料とした。クリーンルーム内で 1ml の純水と 0.1mol/l の酢酸で試料の洗浄をそれぞれ 2 回繰り返し、3 回目の酢酸に溶解した上澄みを回収した。次に 2mol/l の塩酸を 1ml 加えた後に乾固させ、13mol/l の硝酸を 250 μl 加えて 200℃で加熱して有機物を分解させた後に再度乾固させ、さらに 2mol/l の塩酸 250 μl を加えて乾固させた試料を 1 回カラムに通して Sr を抽出した。前述の処理によって分離した Sr を表面電離型質量分析計（TIMS）で同位体比を測定した。分析誤差は 4.E-06 から 6.E-06 である。

3. 結果と考察

歯冠エナメル質のストロンチウム同位体比を基に全個体データをヒストグラム化すると、左裾で明らかに外れ値を示す2個体が確認され、いずれも14号墓個体であった。この2個体以外の個体でヒストグラムを作成すると、新たに左裾で5個体が外れ、その次の階層5個体は最頻階層と異なる分布を示した。これらは77号墓2個体、83号墓4個体、14号墓1個体、64号墓1個体から構成され、77・83号墓個体は他の階層に含まれない。当初作成したヒストグラムで最頻階層となった21個体をさらにヒストグラム化すると、右裾で9個体がまとまった分布を示した。この中には14号墓1個体、53号墓1個体、64号墓2個体が含まれる。このことから、14・77・83号墓の被葬者は、他の多数個体とは異なる地域の出身者であると考えられる。また、頭蓋の計測・非計測的特徴の分析から縄文・続縄文・アイヌに類似する様相を示した個体（53号墓7号、64号墓1・2・4号、77号墓1号）は、全て最頻階層から外れた分布域に位置する（図1）。

骨のストロンチウム同位体比を基に全個体データをヒストグラム化した場合、左裾で5個体が外れ値となる状況が確認された。これらは他地域出身者でこの地域を訪れてほどなくして死亡した可能性が高い（14号墓3号、53号墓7号、77号墓1号：後2者は続縄文と縄文の類似性を示す）。また、ヒストグラムの右裾で外れ値を示す6個体は、歯冠エナメルの数値は他の大多数個体と同等で、骨の数値との差も小さい。内訳は青年以上の女性3個体、性別不明成人2個体、6-7歳の少年1個体であり、男性は確認されない。これらは当地域出身者で隣接地域へ転出し（婚姻のため？）、相当期間を経て死亡後に元の地域に埋葬された女性とその子供の可能性がある。

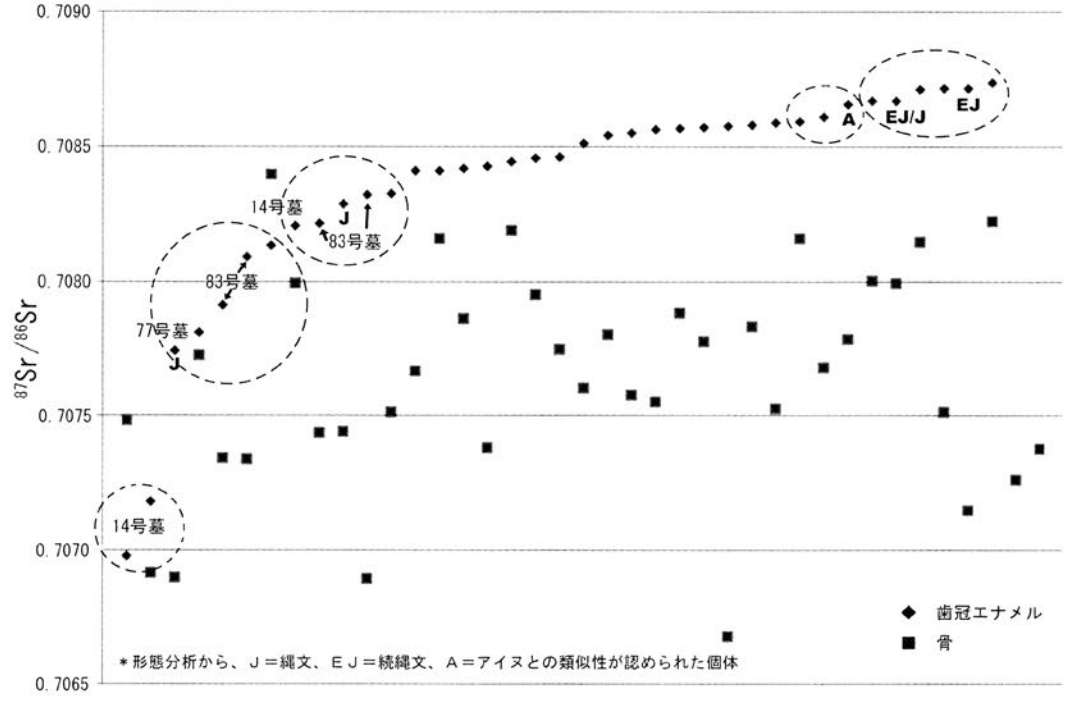


図1　矢本横穴墓出土人骨の歯冠エナメル質と骨のストロンチウム同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）の分布状況。歯冠エナメル質の数値が小さい順に各個体を配置した。点線の円で囲んだ個体群は、最頻階層と異なる分布を示したものである。

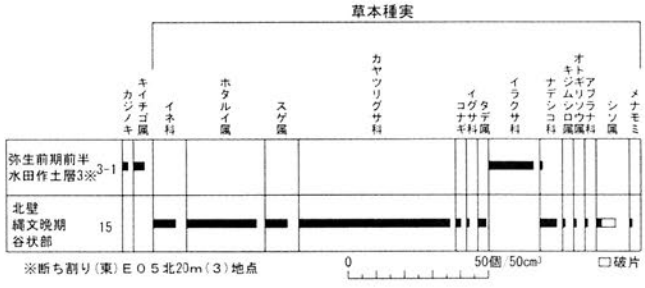
ケーススタディーによる土壌層分析からみた植生と農耕の実証的研究

Case study on the Reconstruction by the Soil Layer Analysis in Vegetation and the Cultivation

○金原裕美子（古環境研究所）、金原正明（奈良教育大学）、金原美奈子（古環境研究所）
○Kanehara Yumiko,Kanehara(Paleoenvironment Research Institute),Masako(Nara University of Education)
Kanehara Minako(Paleoenvironment Research Institute)

1. はじめに

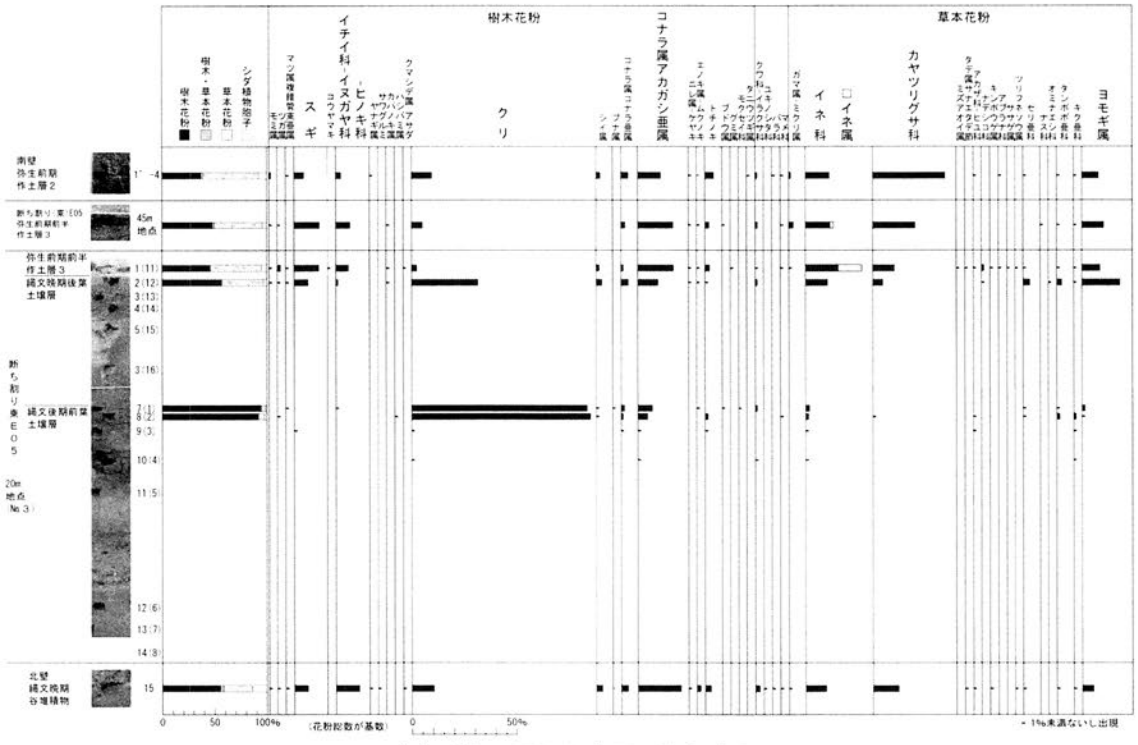
「土壌層分析」については、本要旨集の「植生と農耕における土壌層分析による実証的研究」（金原）に詳しいので省く、本稿では具体的なケーススタディの復原を示す。



種実群集（秋津遺跡）

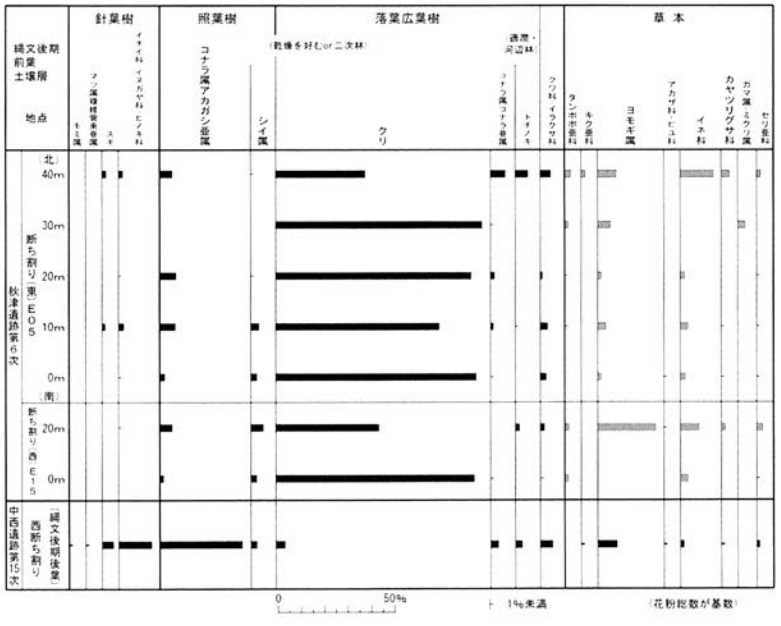
2．時空的復原

奈良盆地南部中西・秋津遺跡は南北に連続する遺跡で、層位的空間的に土壌層の採取が行えた。最下部は縄文時代後期の洪水砂が分布しその最上部には森林土壌層が形成され、クリの極めて優占する花粉群集が分布し、巨木をも含むクリの純林に近い森林の分布が示唆された。上位には洪水砂が



花粉群集の層位的変遷（秋津遺跡）

堆積し、その上部には粒度分析から有機物が分解し含まれない土壌層が分布し、縄文晩期後葉の土壌層へと変遷する。縄文晩期後葉の土壌層からはクリを主とする疎林の二次林の形成が復原される。その直上には弥生前期前葉の水田作土層が形成される。弥生人がクリの疎林を開発し水田化したことが示唆される。縄文晩期後葉の土壌層と直上の弥生前期前葉の水田作土層からは微細な黒褐色化した木材片は検出されるが炭化物は検出されず、弥生人の開発が森林を焼き払わずに水田化したことが判明した。



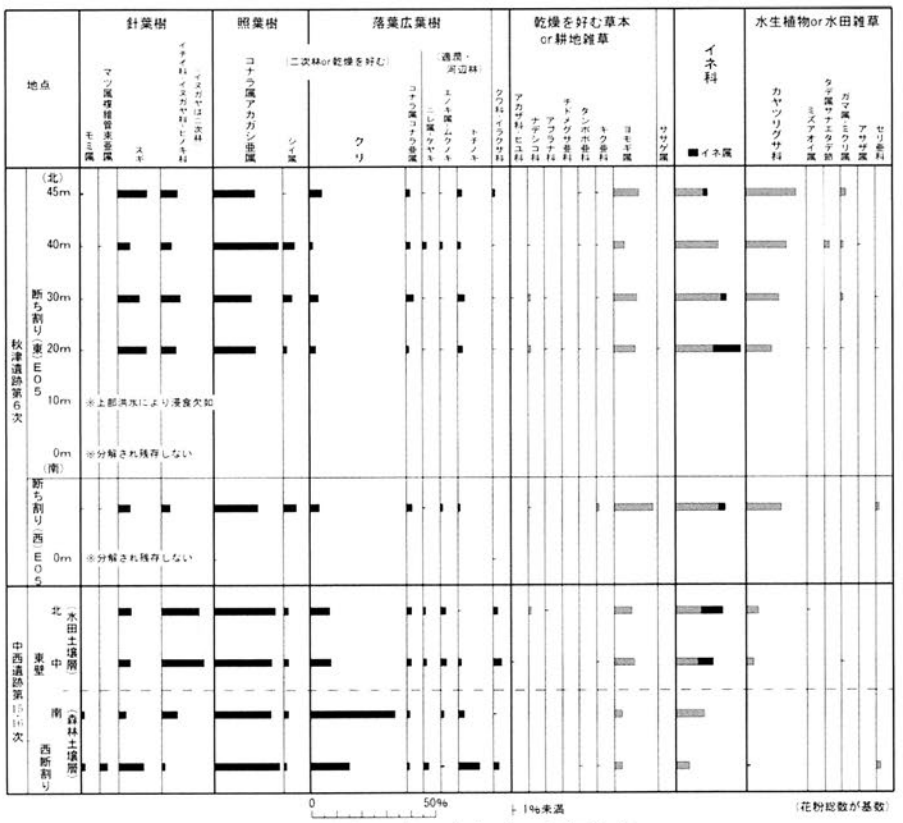
空間的花粉組成（縄文時代後期後葉）

3．畑作・焼畑の実証性

京都南部八幡市の女郎花遺跡では丘陵地の中世の畑跡とそれに伴う貯水跡が検出された。また、近隣の巨椋池からは中世から現在にかけての堆積物が得られている。女郎花遺跡では多量に微細な炭化物が検出され、焼畑が行われたことが示唆される。巨椋池では広域に行われたことが示唆され、二次林との相関が認められる。巨椋池では、近世以降の上部の開発状況も明らかになった。

奥能登本木樟谷遺跡の谷堆積からは、微細炭化物、栽培植物と森林植生の変化から畑作の変遷が読み取れる。

平城京最上層近代畑畝跡とそれに続く堆積物の分析からは畑作と水田の状況が詳細に分析される。



空間的花粉組成（弥生時代前期前葉）

中国青銅器の製作技法解明のための実験考古学的研究

—曾侯乙墓出土尊盤の調査から—

An experimental archaeological study for reconstruction of manufacturing technology of Chinese bronze vessels

○丹羽崇史（奈良文化財研究所）、新郷英弘（芦屋釜の里）、八木孝弘（同左）、樋口陽介（同左）

○Niwa Takafumi(Nara National Research Institute for Cultural Properties),
Shingo Hidehiro,Yatsuki Takahiro,Higuchi Yosuke(Ashiyagama no Sato)

1. これまでの調査研究と問題の所在

中国青銅器の歴史上において、春秋戦国時代は、それまでとは異なった形態・紋様が出現するとともに、それを表現するための新たな製作技術が出現したことが明らかになっている（蘇ほか1995，江村 2000）。曾侯乙墓尊盤や浙川下寺銅禁などの楼空状（透彫状）青銅器はこの時期に新たに出現したものであり、多くの研究者により失蝋法（Lost Wax Casting）による製作であると考えられてきた。しかし近年では、製作工程の復原に関していくつかの異なった仮説が提示されている。例えば、楼空状部分が割型によるとするもの（周ほか2006）、鉛原型を用いたとするもの（李 1984）などである。さらに別の研究者により、実際に失蝋法による楼空状尊盤の復元製作も行われている（黄2008）。

曾侯乙墓尊盤（張2009）

曾侯乙墓盤の破片（張2007）

このように失蝋法、失金属法、割型法など、製作方法についていくつかの仮説が提示されているものの、異なった条件・方法によって製品を製作した場合、どのような差異が出るのかは、研究者・技術者の経験則・イメージに基づき判断されていることが多かった。そのため、本報告では湖北省博物館における調査に基づき、複数の条件・方法によって同一の製品を製作する対照実験を行った。また、接合実験や鉄製小手を用いた成形実験も実施した。

2. 湖北省における調査

2011年12月（丹羽）、2012年4月（丹羽・新郷）の二回に渡り、湖北省博物館所蔵の曾侯乙墓盤破片の調査を実施した。本例は発掘時に採取された盤の楼空部分のパーツで、張昌平は表面の波状痕跡を「湯が冷却した後の状態、蝋原型が加熱後に形成された流態を反映」で失蝋法の根拠となるものとしている（張2007，2009）。調査ではこの波状痕跡を確認するとともに、本例が25㎜未満の非常に小形のものであることを確認した。また、波状痕跡については、小手を用いた成形の可能性が考えられた。さらに従来の指摘通り、鑞剤の痕跡が確認できず、一体で鋳造された可能性が高いものであることを確認した。

3. 実験

調査の成果を踏まえ、また数回にわたる実験内容の協議を経て、2013年3月10日に予備実験、16・17日に本実験を芦屋釜の里にて実施した。使用合金は、銅80、錫15、鉛5%である。

錫原型の溶解

小手当てを経た蜜蝋原型

①原型溶解・鋳造実験

○板状テストピース（石膏（割型）、錫（包型）、蜜蝋（包型）、石膏（割型）+らせん状蜜蝋（包型））

○らせん線状テストピース（幅2㎜）（錫（包型）、蜜蝋（包型）、マイクロワックス（包型）

安全上の理由から、鉛ではなく錫を金属原型とした。

②原型に対する小手あて実験

小形棒状（幅2㎜）の蝋原型・マイクロワックス原型・錫原型に小手を用いての整形

③接合の比較検討

T字棒状製品（幅2㎜）（一体鋳造（マイクロワックス・蜜蝋）、鋳がらくり、鑞付け）

結果

①については、錫原型でも溶解・鋳造を行うことができた。板状テストピースは鋳型分割箇所以外にもバリ状のものが形成された。また、らせん線状テストピースは太さや表面の状態に若干の差異が生じる結果となった。②については、わずかな加熱による小手の押圧で蜜蝋原型に波状痕跡を成形することができたが、錫原型では困難であった。③については、鑞付けは明らかな鑞剤の痕跡が残ったが、一体鋳造と鋳がらくりは鋳造後に違いが分からなくなるものも存在した。

4. まとめ

本報告では、湖北省博物館における調査に基づき、対照実験を行った。その結果、錫原型による溶解、鋳造が可能であることを確認したほか、蝋原型の小手当てによる波状痕跡の成形も行うことができた。今後、さまざまな条件による実験を継続して行い、実際の技術と金属製品に見られる痕跡との関係を明らかにするためのデータを蓄積していきたい。

湖北省での調査の差配のみならず、多大なご教授をいただいた張昌平氏（武漢大学）には、心より御礼を申し上げます。

本報告は、科学研究費若手研究（B）「東アジアにおける失蝋法の出現と展開に関する考古学的研究」（研究課題番号：21720295　研究代表者：丹羽崇史）による成果の一部であります。

参考・引用文献

江村治樹 2000『春秋戦国秦漢時代出土文字資料の研究』汲古書院，丹羽崇史 2008「中国における失蝋法の出現をめぐる学史的検討 - 東アジアにおける失蝋法の出現と展開に関する研究序説(1) -」『FUSUS』1，黄金洲 2008「曾侯乙尊盤採用失蜡法工芸鋳造母庸置疑—与《中国青銅時代不存在失蜡法鋳造工艺》討論」『江漢考古』2008 - 4，李志偉 1984「曾侯乙墓編鐘及尊，尊盤鋳造方法新探-兼論先秦青銅鋳造工芸」『楚史論叢』初集　湖北人民出版社，蘇栄誉・華覚明・李克敏・盧本珊 1995『中国上古金属技術』山東科技出版社，張昌平 2007「関于曾侯乙尊盤是否採用失蝋法鋳造争論的述評」『江漢考古』2007 年第 4 期，張昌平 2009『曾国青銅器研究』文物出版社，周衛栄・董亜巍・万全文・王昌燧 2006「中国青銅時代不存在失蝋法鋳造工芸」『江漢考古』2006 年第 2 期

北海道の遺跡から出土したガラス玉の形状と成分分析による同定

― 続縄文期～オホーツク文化期の遺跡から出土したガラス玉 ―

Identification of the glass beads excavated from the sites in Hokkaido with analysis of the shapes and the chemical composition

―The glass beads excavated from the sites from Epi-Jomon culture till Okhotsk culture―

○小嶋芳孝(金沢学院大学), 竹内　孝(函館工業高等専門学校), 越田賢一郎(札幌国際大学), 中村和之(函館工業高等専門学校)

○Yoshitaka Kojima(Kanazawa Gakuin University), Takashi Takeuchi(Hakodate National College of Technology), Kenichirou Koshida (Sapporo International University), Kazuyuki Nakamura(Hakodate National College of Technology)

1．　はじめに

北海道における続縄文時代は、本州の弥生時代から古墳時代に相当する。また、同時期に北方に展開したオホーツク文化は続縄文時代と次の擦文時代にまたがる文化期である。

北海道では近代までガラスが作られた形跡はなく、古代のガラスはすべて道外から持ち込まれたものである。発掘されたガラス玉の古いものは続縄文時代まで遡り、オホーツク文化期や擦文時代にも利用されていた。しかしながら、当該時期に流通したそれらガラス玉の形状や材質およびその流入経路などは未だ不明の点が多い。近年、ガラス玉の化学成分の分析が非破壊で可能な装置が開発されたことによって、ある程度の誤差を認めれば、精度よく定量的にガラス玉の組成を知ることが出来る様になった。

本報告は、北海道各地に分布する続縄文時代からオホーツク文化期の遺跡から出土したガラス玉の調査と分析を行ってその種類や化学組成を調べたものである。これにより、北海道の続縄文時代後半からオホーツク文化期にまたがる時期に、同じ種類のガラス玉が伝播・流通していたことを示すものである。

2．ガラス玉の組成分析方法

ガラス玉の化学成分の分析は、分析型走査電子顕微鏡(JEOL JSM-6500LA)と装置に付属するエネルギー分散型X線分析装置(JEOL JED-2300　EDS)を使用して行った。本装置は、低真空状態で像の観察・分析が可能であるため、ガラス玉資料に導電被膜を施す必要がない。また、EDS装置は軽元素(C : 炭素 以降)の分析が可能である。測定は低真空モードを使い加速電圧 20KV 、測定時間 100sec (面分析)で行った。化学成分の分析は(酸化物モード)による簡易定量分析で行

った。その測定値は、ZAF 法によって定量分析値の補正がなされる。

3．ガラス玉が出土した遺跡とガラス玉の形状

図１にガラス玉の出土した遺跡を示す。続縄文時代もしくはオホーツク文化期の遺跡である。図２に出土したガラス玉の一部を示す。何れもガラス玉の形状は管形もしくは臼形の小玉であった。また、青紺色(濃青色)と淡青色(水色)の２種類のガラス玉が同時に出土した遺跡と、一方のみが出土した遺跡がある。しかしながら続縄文時代の遺跡とオホーツク文化期の遺跡のガラス玉種別に差異はなかった。

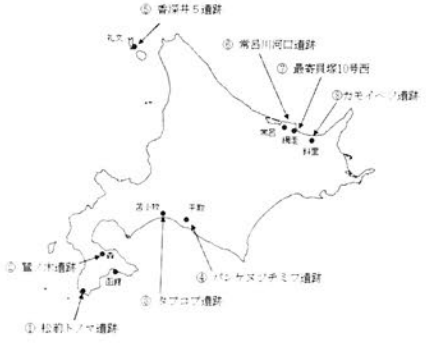


図１　ガラス玉の出土した遺跡

4．ガラス玉の成分分析

表１に各遺跡から出土したガラス玉の種類と個数および分析した化学組成の平均値を示す。青紺色のガラス玉は着色元素と思われるマンガン(Mn)と鉄(Fe)元素が含まれており、淡青色のガラス玉は銅(Cu)と鉄(Fe)元素が含まれている。微量成分を除けばマンガン(Mn)元素と銅(Cu)元素を同時に含むガラス玉はない。また、鉛ガラスは確認できず、材質はカリガラスが主体であった。表２.１に青紺色ガラス玉全体の MnO:FeO:K_2O の平均含有量と相互の含有比率を示す。MnO と FeO の含有量はほぼ同じであり、MnO と K_2O の含有比率は約１対２である。

表２.２に淡青色ガラス玉全体の Cu:FeO:K_2O の平均含有量と相互の含有比率を示す。CuO と FeO の含有量の比はほぼ２対１であり、CuO と K_2O の含有量の比は約１対３である。

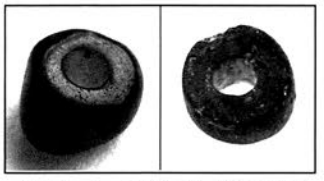


図２.１　青紺色ガラス玉

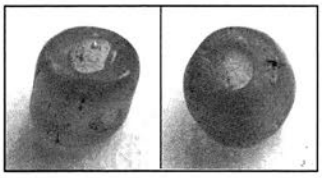


図２.２　淡青色ガラス玉

表１　出土したガラス玉の平均化学成分

No	出土遺跡	時代区分	種類(個数)	平均分析値（質量 %）																
				Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	P_2O_5	Cl	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	FeO	CoO	CuO	SnO_2	BaO	PbO	Total
1	トノマ	続縄文	青紺色(3)	0.39	0.33	3.86	86.43	0.19			4.76	1.40		**1.28**	1.35						99.99
			淡青色(7)	0.78	0.34	6.81	85.01	0.10			4.05	0.64			1.00		**1.27**				100.00
2	鷲ノ木	続縄文																			
			淡青色(11)	0.29	0.37	7.19	80.69	0.07	0.38	0.04	5.12	1.41	0.27	0.01	1.02	0.01	**1.63**	0.37	0.10	1.00	99.99
3	タプコプ	続縄文	青紺色(14)	0.18	0.38	4.13	80.64	0.03		0.10	6.38	1.49	0.25	**2.24**	2.26	0.04	0.02	0.77	0.47	0.62	100.00
			淡青色(1)	0.44	0.33	8.96	74.63	0.08		0.02	10.66		0.12		0.30		**0.93**	3.51	0.32	1.18	99.99
4	パンケヌツチミフ	続縄文	青紺色(1)	1.08	0.65	3.98	82.73	0.50	0.40	0.53	1.54	4.05	0.40	**1.72**	2.43						99.99
5	香深井5	オホーツク	青紺色(4)	0.79	0.33	2.72	85.17				3.55	2.21	0.16	**2.08**	1.63		0.29				99.91
6	常呂川河口	オホーツク	青紺色(23)	0.23	0.41	4.47	81.54	0.04	0.05	0.11	5.80	1.70	0.15	**2.35**	2.40	0.04	0.02		0.61	0.07	99.99
			淡青色(20)	0.23	0.31	7.71	81.95	0.08		0.05	4.68	0.80	0.26		0.36		**2.06**		0.26	0.95	99.99
7	最寄貝塚10号西	オホーツク	青紺色(1)	1.76	0.54	4.75	79.31	0.15	0.41	0.84	1.13	6.30	0.06	**2.32**	1.51	0.16			0.72		100.00
8	カモイベツ	続縄文																			
			淡青色(5)	0.70	0.35	7.42	81.20	0.15	0.11	0.15	4.84	0.70	0.27		1.00		**1.84**		0.14	1.13	100.00

表２.１　青紺色ガラス玉の化学成分比率

	含有比率		
平均含有量	MnO	FeO	K_2O
MnO : (2.00 %)	1.00	0.97	1.94
FeO : (1.93 %)	1.04	1.00	2.01
K_2O : (3.87 %)	0.52	0.50	1.00

表２.２　淡青色ガラス玉の化学成分比率

	含有比率		
平均含有量	CuO	FeO	K_2O
CuO : (1.70 %)	1.00	0.57	2.75
FeO : (0.97 %)	1.75	1.00	4.81
K_2O : (4.67 %)	0.36	0.21	1.00

ハンドヘルド蛍光X線分析装置による ウズベキスタン国立歴史博物館所蔵資料の材料調査

Material Analysis of Objects Collected in The State Museum of History of Uzbekistan Using a Handheld X-ray Fluorescence Spectrometer

○早川泰弘（東京文化財研究所）、古庄浩明（駒沢大学）、青木繁夫（サイバー大学）、
アリプトジャノフ・オタベック（ウズベキスタン国立歴史博物館）

○Yasuhiro HAYAKAWA(National Research Institute for Cultural Properties), Hiroaki FURUSHO(Komazawa University), Shigeo AOKI(Cyber University), Otabek ARIPDJANOV (The State Museum of History of Uzbekistan)

1. はじめに

ウズベキスタン共和国は、中央アジアのほぼ中央に位置し、タシケント、ヒバ、ブハラ、サマルカンドなど、古代からシルクロード上の要所として栄えた都市が点在し、多数の文化遺産が存在している。古代よりウズベキスタンの国土には様々な民族の興亡が繰り返されてきた。この地を最初に支配したのは、紀元前6世紀に出現したアケメネス朝ペルシアであり、紀元前4世紀にはペルシアに代わってアレキサンダー大王が支配するようになる。その後、バクトリア朝、クシャン朝、エフタルなどの国家が興り栄え、この時期にガンダーラ美術が開花した。ウズベキスタンのイスラム化が始まったのは、8 世紀に起きたアラブ人の侵攻によってである。サーマーン朝やカラハーン朝などによってそれが加速したのち、13 世紀にはチンギス・ハーン率いるモンゴル帝国の大西征が起こる。サマルカンド市街は跡形もなく壊滅し、これを復興したのが 14 世紀に登場したティムールである。多くの建築物を建設し、サマルカンドは青タイルの建築物が並ぶ壮麗な首都となった。15 世紀末にティムール一族が衰退したのち、台頭してきたのがウズベク族である。その後はロシア帝国の度重なる侵攻を受け、1860 年にタシケントが陥落し、その後はロシア帝国の支配下に置かれた。1922 年ソビエト連邦結成以降もその統治は続き、1991 年のソビエト連邦崩壊に至って、やっと独立を果たし、ウズベキスタン共和国が建国した。

現在のウズベキスタン共和国の首都はタシケントであり、人口 200 万人以上を抱える中央アジア最大の都市である。このタシケントで最大規模を誇る博物館が、ウズベキスタン国立歴史博物館である。26 万点以上の収蔵品を有し、ウズベキスタン各地の仏教遺跡から出土した仏像等の遺物が特に有名である。日本の独立行政法人国際交流基金、平山郁夫国際文化のキャラバンサライ、文化財保護・芸術研究助成財団等は、ウズベキスタン芸術アカデミーからの要請に基づき、平成 20 年度よりウズベキスタン国内の文化遺産保護と人材育成のための教育事業を進めてきた。その一環として、東京文化財研究所では平成 24 年 9 月に、ハンドヘルド蛍光X線分析装置をウズベキスタン国内に持ち込み、ウズベキスタン国立歴史博物館において文化財の科学的調査の方法と実資料への適用について指導を行った。今回は、その指導に引き続いて行われたハンドヘルド蛍光X線分析装置（BRUKER, S1 TURBO-SD）によるウズベキスタン国立歴史博物館所蔵資料の材料調査について、その結果の概要を報告する。

2. 調査資料

（1）テルメズ・ファイアズテパ遺跡（Fayaztepa、1-4 世紀）出土の彩色塑像片資料
（2）（伝）サマルカンド・アフラシアブの丘遺跡（Afrasiab、7-8 世紀）出土の彩色壁画片
（3）ブハラ・ワラフシャ遺跡（Varahsha、6～7 世紀）から発見された大型彩色壁画

3. 調査結果

（1）テルメズ・ファイアズテパ遺跡（Fayaztepa、1-4 世紀）出土の彩色塑像片資料

ファイアズ・テパはウズベキスタン南部、スルハンダリア州の首都テルメズに所在し、アフガニスタンとの国境沿いに位置する。本地域で最も古い仏教遺跡の一つであり、1〜4 世紀頃のクシャン朝時代に創建されたものである。今回は塑像断片（金箔塑像片 3 資料、彩色塑像片 1 資料）と、壁画の一部と考えられる複数の彩色断片を調査対象とした。

金箔塑像片は仏像の一部と推定され、石膏下地の表面全体が金箔で覆われている。資料によって金箔厚みは 0.3〜0.7 μm 程度、一部資料では 3 μm 以上の厚さで残存しているものも見つかった。金箔部からは Au とともに As が検出されたが、その由来を特定することはできなかった。

（2）（伝）サマルカンド・アフラシアブの丘遺跡（Afrasiab、7-8 世紀）出土の彩色壁画片

アフラシアブの丘遺跡は紀元前 7 世紀頃に造られた町であり、7-8 世紀にはソグド人の町として『大唐西域記』に「颯秣建国」と記されるシルクロードの交易の中心地の一つであった。現在のサマルカンドは、14 世紀に登場したティムールによってアフラシアブの丘の麓に再建されたものである。調査資料は、ソグド人の武人の意匠と思われる壁画片（図 1）である。

図 1　アフラシアブの丘遺跡出土の彩色壁画片

顔全体に塗られている白色部分からは Pb が顕著に検出された。特に白色が際立っている部分で Pb 検出量が大きく、Pb 系白色材料が使われていると判断できる。濃青色で彩られている兜から検出されたのは Ca、Fe、Sr と少量の Cu だけであり、ラピスラズリが使われていることが推測される。

（3）ブハラ・ワラフシャ遺跡（Varahsha、6〜7 世紀）から発見された大型彩色壁画

サマルカンドの西方、ブハラから 40km ほどの処にソグド人の城郭都市遺跡ワラフシャがある。今回調査したのは、白い象に乗って豹狩りをしている場面を描いた大型壁画で、ウズベキスタン国立歴史博物館の収蔵品の中でも特に有名なものの一つである。制作当初は、室内の四方の壁面をぐるりと飾っていたと考えられ、全長は数十メートルに及ぶ壁画であったと推定されている。現在はその一部（横幅は約 7m）が展示されている。

壁面のどの部分からも Ca、Fe、Sr、Cu が検出された。これらの元素は下地層として存在している石膏および土壌成分に由来していると判断できる。この資料では、図像の中心に描かれている象の背に乗る菩薩やその敷布の白色部分だけから Pb が顕著に検出されたが、その周囲に描かれている豹や象あるいは菩薩以外の図像の白色部分から Pb は全く検出されなかった。白色部分において、Pb 系材料と Ca 系材料が使い分けられていることが確認された。

本調査に係る渡航およびウズベキスタン国内での活動に対して多くのご配慮・ご協力をいただいた国際交流基金、ウズベキスタン国立歴史博物館、その他の多くの関係者の方々に深く感謝申し上げます。

紙質分析が語る大谷コレクション敦煌経典の由来

Analysis of Paper of Dunhuang Manuscripts of Otani Collection--What does it tell us?

○江南和幸*，坂本昭二*，岡田至弘*(*龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター)
河野益近**(**京都大学)
○ENAMI Kazuyuki*, SAKAMOTO Shoji*, OKADA Yoshihiro*, KOHNO Masuchika**
*Digital Archives Research Centre, Ryukoku University, **Kyoto University

1.はじめに

20 世紀初頭，イギリス，フランス，ドイツ，ロシア，そして日本の中央アジア新疆地域への探検がもたらした膨大な敦煌文書・トルファン文書は，中世の世界文化を担った中国・中央アジアの政治，経済，文化の歴史研究にとってかけがえのない証人である．今回，龍谷大学に残る大谷コレクションの「敦煌仏教経典」とされている文書を中心に，それらの用紙の製紙材料の分析から，出自不明の文書,出自に疑いのある文書（偽作）も含めて，それらの用紙の作られた地域，時代を考察することを試みた．

2. 実験方法

キーエンス VHX-500 デジタル顕微鏡により，敦煌由来とされている経典合計 44点，および中央アジア由来であることが明らかな文書2点の用紙繊維の微細組織および，紙面上，内部に残存する植物片を観察した．見出された植物痕の微細組織を，中国，中央アジアで製紙用に用いた植物の微細組織と比較し，紙の原材料を特定した．本実験では，中国の製紙材料である，構（カジノキ：*Broussonetia papyrifera*），楮（*Broussonetia kazinoki*），桑（*Morus alba*）の樹皮組織，木部組織，また，同じくイネ科植物の表皮，種子，葉の組織の標準組織を撮影し基準組織として，紙に残る植物片組織と比較した．また大麻紙，苧麻紙については，市販の現代中国製大麻布，苧麻布の繊維微細組織も参照した．

3.結果と考察

Case 1: 唐代の麻紙（大麻，苧麻），楮紙（楮あるいは構，桑）を用いたとみなされる文書．六朝時代とされる 1 点を含め，29 点．Fig, 1 ～3 に麻紙，楮紙，および桑皮紙の典型を示す．楮紙と，桑皮紙との識別は，たまたま紙中に残存する樹皮・木部破片組織からようやく可能である（Fig.3）．ここに示した文書は，唐代の典型的な紙を用いていることが判明した．

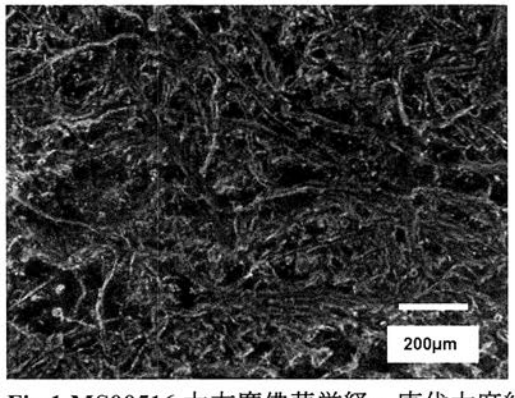


Fig.1 MS00516 大方廣佛華厳経：唐代大麻紙

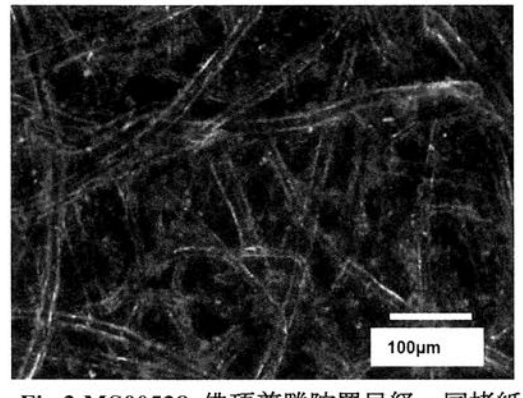
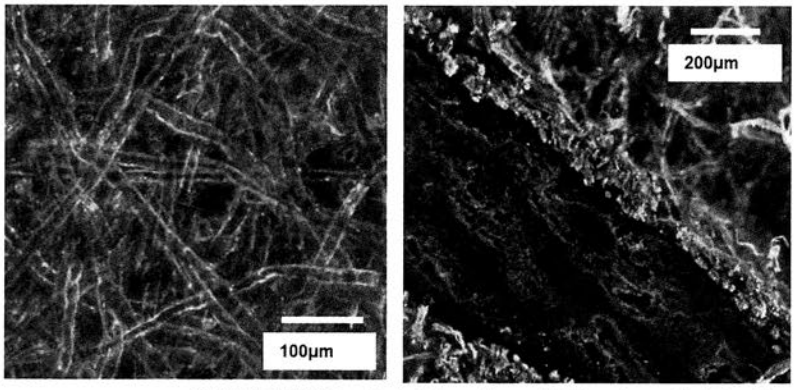


Fig.2 MS00528 佛頂尊勝陀羅尼経：同楮紙

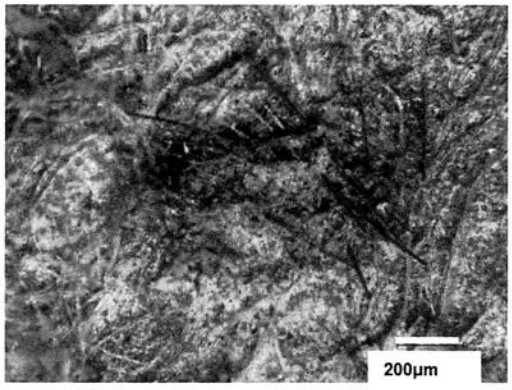


中国の楮紙原料の構（カジノキ）と桑（真桑）とを区別するのは，繊維組織からでは困難である．樹皮・木部微細組織の比較により判別できる．ここでは，木部組織から，桑皮紙と判定した．

Fig.3 MS005231 維摩詰所説経 桑皮紙 (左): 繊維, (右): 桑茎組織

Case 2: 紀年をもつものを含め五代～宋初期の文書とされるもの．用紙は混乱の五代時代を示すぼろ布繊維や稲わらも混じる紙，また宋代に本格的となった穀物茎を材料とした紙など，雑多な紙をここに分類．他のケースと重なる可能性も含めて 10 点がここに入る．

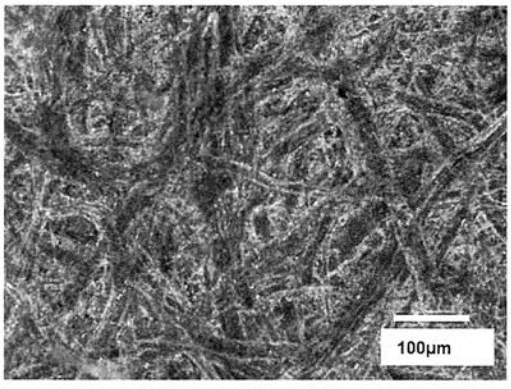
Case 3: 明らかに中央アジア遺跡から発掘された文書．



李柏文書（328A.D）のぼろ布起源の紙に加えて，粟，あるいは穀物茎を原料とする中央アジア特有の用紙，また填料に粟でん粉を施した用紙に記された文書・経典．他のケースに属する文書との重複を含めて 6 点．これらの文書は用紙から見れば敦煌文書ではない．Fig.4 の経典は，出土地が吐峪溝であることが明らかな粟茎用紙を用いた別の経典と比較して，敦煌文書ではなく，中央アジア由来であることが，紙質から判明した（ともに粟特有の剛毛が紙中に存在する）．

Fig.4 MS00537 願分：粟剛毛・粟でん粉が見られる

Case 4: 出自が疑わしい文書．少なくとも 4 点は，用紙および筆跡から明らかに近代の偽作とされる文書．Fig.5 に，文書の途中から，用紙，筆跡ともに偽作を付加した経典の用紙を示す．



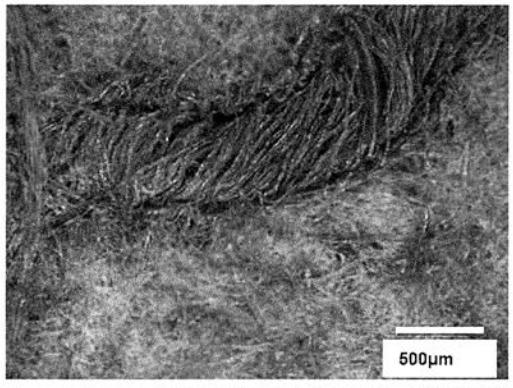


Fig.5 MS00505 金剛般若経 p.1:純正唐大麻紙． 同 p.4 ぼろ布由来紙(以後再生紙，楮紙など雑多な紙が使われている)．ここから以後末尾 p.7 まで，用紙・筆跡を含めて偽作と判定される．

謝辞:クワ(*Morus alba*)の標本は京都府立植物園より提供を頂いたことを付記し，感謝を表します．

琥珀および関連樹脂の分子構造の推定
—出土琥珀の産地推定をめざして—

Molecular structures of amber and related resins
—Identification for sourcing of excavated amber—

○植田直見（（公財）元興寺文化財研究所）、渡邊緩子（日鉄住金テクノロジー株式会社）
○Naomi Ueda（ Gangoji Institute for Research of Cultural Property）、
Hiroko Watanabe（Nippon Steel & Sumikin Technology, Co., Ltd）

1．はじめに

これまで様々な分析方法により出土琥珀の産地推定を行ってきた。そのなかで一部の分析方法では出土琥珀の劣化により推定が困難な場合があり、新たな分析方法の検討を行った。その中で、2011、2012年には劣化による影響を受けにくい熱分解-ガスクロマト/質量分析（以下、Pyro-GC/MSと略す）において琥珀を形成する高分子の基本骨格を壊すことなくフラグメントを検出できる光イオン化法の導入を検討し基本骨格の推定を行った。その結果、標準琥珀においては基本骨格の推定が可能であることがわかったが、由来する植物の高分子化前の分子構造の決定には至らなかった。そこで、琥珀の起源とされる植物であるナンヨウスギ科のシマナンヨウスギの樹液と高分子化の途中段階であるコパール樹脂などを同様に分析し、その基本骨格を決定する試みを行った。その上で劣化した琥珀にも応用できる方法を確立するための条件および指標を検討したので報告する。

2．資料

標準試料　　シマナンヨウスギの樹液、マニラコパール、
カリーニングラード市産琥珀、久慈市産琥珀、銚子市産琥珀

3．分析方法

Pyro-GC/MSによる分析は以下の装置を使用し、条件・方法は以下のように設定し実施した。

・使用装置：フロンティアラボ製　PY3030D型パイロライザー、日本電子製　JMS-Q1050GC-MS
・使用カラム：DB1ms 60m×0.25 mmφ×0.25 μm（J&W製）　・加熱温度：350℃→550℃
・カラム温度：40℃（5分）→8℃/分→320℃（10分）　・測定質量範囲：m/z　10～1000
・イオン化法：光イオン化法

熱分析は㈱島津製作所製 DTG-60を使用し、室温から600℃まで加熱した時の重量変化を測定した。

4．結果

図1にマニラコパール、シマナンヨウスギの熱分析における重量変化を示した。この結果からシマナンヨウスギは高温での分解物の存在が確認できたが、マニラコパールは450℃ではほぼガス化された状態であることが分かった。そのため、Pyro-GC/MSにおける両者の比較は350℃における低分子化合物について行った（図3）。その結果、これら両者ともラブダンに由来する基本骨格を持つ可能性が高いことが推定できた。図5の①～⑤に特徴的なマススペクトルを示した。さらに、昨年木村※らにより報告された久慈市産琥珀に含まれる低分子化合物の分子構造（図2B、分子量260）に着目し、Pyro-GC/MSのトータルイオンクロマトグラムおよびm/z=260におけるクロマトグラムの結果を図3、図4に示した。その結果、同様の条件で測定したカリーニングラード市、久慈市および銚子市産の琥

珀について、基本骨格は類似したものである可能性は高いと推測できるが、それぞれ特徴的な構造を持つこともわかった。特に低分子化合物をターゲットとした350℃での結果は、m/z=260を久慈市産であるかどうかの指標として使用できる可能性が高いことがわかった（図4）。

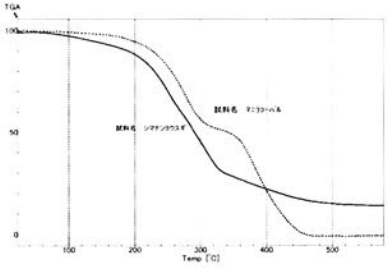
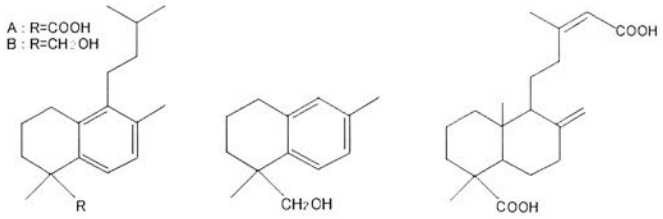


図1．シマナンヨウスギ・マニラコパールの熱分析



A：MW=274　B：MW=260　C：MW=190　D：MW=334（アガチス酸）

図2．Pyro-GC/MSにより推定される分子構造

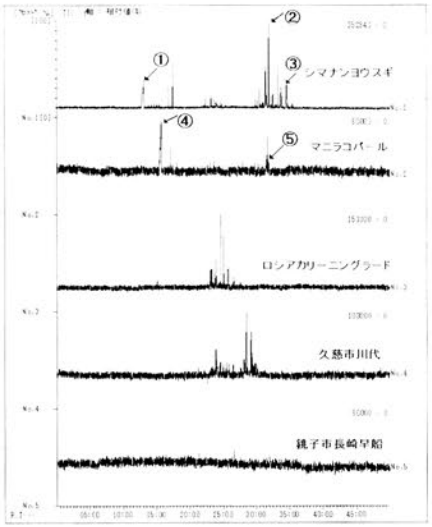


図3．標準試料のトータルイオンクロマトグラム

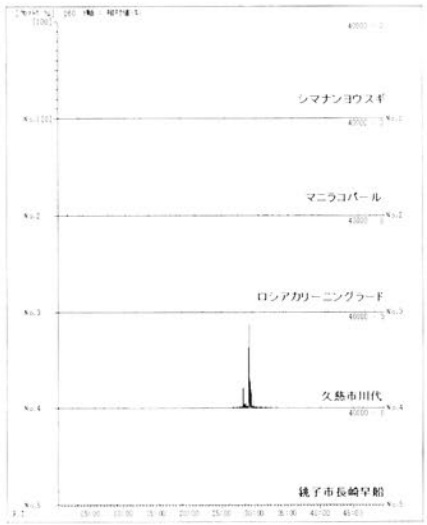


図4．標準試料のm/z=260のクロマトグラム

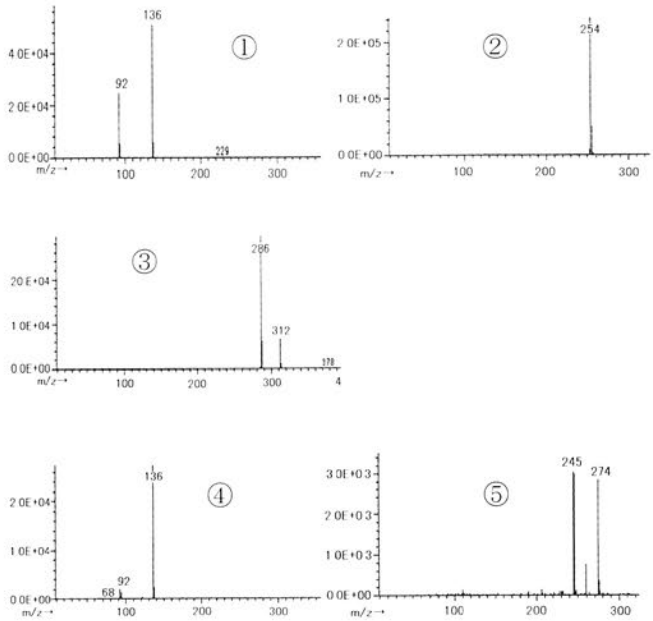


図5．図3における①～⑤のマススペクトル

5．さいごに

今回、琥珀形成の起源と推定される植物であるシマナンヨウスギの樹液および、コパールについてPyro-GC/MSによる分析を行った。琥珀に比べ低分子であるこれらの分子構造が判明すれば琥珀を構成する基本単位が決定できると考えた。その結果はこれまでの結果を支持するもので、一部ではあるが琥珀を構成する分子構造の推定が可能となった。さらに、その中で産地によって特徴のあるピークを選び比較することで劣化した出土琥珀における産地推定の可能性がより高くなると思われる。今後、出土琥珀を同様の条件で分析し、産地推定が可能であることを示し、さらに産地推定の一つの方法として確立させていきたい。

※参考文献：K.Kimura，Y.Minamikawa，Y.ogasawara，et al.，Fitoterapia，83(2012)907-912.

中世石造物に見られる彩色顔料の特徴について

Characteristics of the color pigments on stone objects of the Middle Age in Japan

○朽津信明（東京文化財研究所）
○Nobuaki Kuchitsu (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

石仏や石塔などの歴史的石造物には製作時に施されたとみられる彩色が残存する場合があり、屋外に現存する事例については本学会でもその使用顔料について過去に報告してきている[1)]。本研究では、発掘によって出土した石造物に確認された彩色顔料について新たに報告するとともに、過去に報告してある事例と併せて検討することから、中世石造物に見られる彩色顔料の特徴について再検討を加えてみる。

2. 問題点の整理

中世に製作され、継続して屋外に存在してきたと見られる石造物に残存する彩色顔料としては、ベンガラ、黄土、白土の三種類をこれまで報告しており[1)]、これは中世以前の磨崖仏に現存する顔料[2)]とも共通する点を指摘していた。これに対して、板碑に残存する顔料について調査した結果、題目板碑では表面彩色として水銀朱が確認されたのに対して、来迎三尊板碑ではベンガラが検出されるなど、赤色表現には対象によって違いが見出された[3)]。一般に、発掘調査によって出土した石造物には、紫外線の影響や物理的な風化・侵蝕が及びにくいなどの理由から、彩色顔料が豊富に残存する場合が指摘されていたことから、今回特に発掘により出土した中世石造物に注目し、そこに残存する彩色顔料について調査を行った。

3. 出土石造物に認められる彩色

3.1. 根来寺坊院跡

根来寺坊院跡は和歌山県岩出町にあり、1991年からの発掘調査により400点以上の石造物が出土しており、その中に彩色を留めるものが多数含まれていることが記載されていた[4)]。このうち、永禄十三(1569)年銘一石五輪塔（図1）、天正四(1576)年銘一石五輪塔、天正二(1574)年銘丸彫石仏を調査対象とした。秀吉による根来攻めが1585年であることから、各石造物はそれ以前には破棄されていた可能性が考えられ、それぞれが地上に存在した期間は長く見積もっても20年未満と推定される。

図1．根来寺坊院跡出土一石五輪塔
（永禄十三（1569）年銘）

3.2. 一乗谷朝倉氏遺跡

一乗谷朝倉氏遺跡は福井県福井市にあり、1967年以降継続して行われている発掘調査により膨大な石造

物の出土が報告されており、その中の少なくないものに彩色が残存することが指摘されていた[5]。このうち、第44次調査で出土した、天文7（1538）年銘一石五輪塔、天文15（1546）年銘一石五輪塔、そして無銘笠塔婆を調査対象とした。朝倉氏の滅亡が1573年であることから、各石造物はそれ以前には破棄されていた可能性が考えられ、それぞれが地上に存在した期間は長く見積もっても40年未満と推定される。

4. 分析方法と結果

4.1. 方法

各彩色箇所においてUSB顕微鏡による観察を行い、さらに可視光反射スペクトル分析と、低レベル放射線源を用いた蛍光X線分析とを行った[6]。

4.2. 結果

結果を表1に示す。いずれも赤色箇所からは水銀が検出され、金色箇所からは金が検出された。金色物質は膜状に観察され、その下には、赤色物質が認められる場合と黒色物質が認められる場合とがあった。

5. 考察

今回調査を行った戦国時代の出土石造物では、朱漆にて金箔が貼られた場合と、黒漆にて金箔が貼られた場合があったと推定され、さらに水銀朱による赤色表現が表面彩色として存在する場合もあったと考えられる。この結果を踏まえて、これまでに確認されている中世石造物における彩色を整理すると表2のようになる。これで見ると、これまで判明している範囲では、鎌倉時代以前の石造物で表面に赤色表現がなされる場合にはベンガラのみが確認されているのに対して、室町時代以後では水銀朱の報告も見られるようになるという傾向が窺える。また、同種の木造物であれば金で表現されるような部分に、黄土が確認される事例も、鎌倉時代以前には見出されている。これらはまだ分析点数も限られているため系統的な議論にはなっておらず、一般的傾向を議論できる段階にはないが、現段階の情報をここで整理することにより、今後の議論の発展に寄与することを期待する。

引用文献 1) 朽津信明他（2009）本学会第26回大会要旨集, 190, 2)朽津信明他（2000）保存科学, 38, 33-42, 3)朽津信明（2010）本学会第27回大会要旨集, 346, 4)和歌山県文化財センター（1997）根来寺坊院跡, 5) 一乗谷朝倉氏資料館（2012）出土遺物速報展～西山光照寺跡発掘調査から～, 6)朽津信明（2003）保存科学42, 7)朽津信明（2008）文化財保存修復学会第30回記念大会要旨集, 90

遺跡名	対象	年代	色	検出元素	解釈
根来寺	一石五輪塔	**1569**	金色（下に赤色）	金、水銀	朱漆に金箔？
	一石五輪塔	**1576**	金色（下に黒色）	金	黒漆に金箔？
	丸彫石仏	**1574**	赤色	水銀	朱彩
一乗谷	一石五輪塔	**1538**	金色（下に黒色）	金	黒漆に金箔？
	一石五輪塔	**1546**	赤色（表面に金色？）	水銀	朱漆（＋金箔？）
	笠塔婆		金色（下に赤色）	金、水銀	朱漆に金箔？

表1．分析結果一覧

名称	地域	年代	ベンガラ	黄土	水銀朱	金	文献
丸彫獅子像	畿内	**1196年**	○	○			**7)**
磨崖仏	各地	平安後～鎌倉	○	○			**2)**
層塔	九州	平安末～鎌倉	○	○			**1)**
板碑	関東・東北	室町・戦国	○		○	○	**3)**
丸彫石仏	畿内・周辺	戦国			○	○	本稿
一石五輪塔	畿内・周辺	戦国			○	○	本稿

表2．中世石造物でこれまでに確認された彩色顔料のまとめ

繊維遺物鑑別のための基礎研究—国内各産地の大麻繊維の比較—

Microscopic Study for Identification of Archaeological Fibers
—Comparative study of Hemp fibers from various parts of Japan—

○ 伊藤美香(昭和女子大学)、小原奈津子(同左)
○ Mika Ito, Natsuko Kohara (Showa Women's University)

1. はじめに

繊維遺物の鑑別には比較対象となる標品繊維との形態比較が最も簡便で有効とされているが、劣化分解した繊維や炭化した繊維など、原形とかけ離れた形状となってしまった繊維遺物は鑑別が困難である。そのため、鑑別のひとつの指標となるように、特定の植物繊維について、これらの形態を走査型電子顕微鏡用いて観察し、単繊維の繊維幅および断面積の測定を行い、天然物ゆえの個体差のばらつきを考慮して、繊維種毎の特徴を捕えるためのデータを集めてきた。現在、これらのデータにさらに産地の違いなどを含めて検討し、データベースとして整理するべく取り組んでいる。今回、国内で生産された大麻繊維(宮城、福島、群馬、栃木、長野、大分)の各繊維について、走査型電子顕微鏡を用いて調査した。

2. 試料

下記、8種の栽培地および栽培時期の異なる国内産の大麻繊維を試料として用いた。

表1　国内各産地の大麻繊維

番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
産地	宮城県 栗原市	福島県 昭和村	群馬県 東吾妻町	栃木県 鹿沼市 (栽培種)	栃木県 鹿沼市 (野生種)	長野県 鬼無里	長野県 美麻市	大分県 日田市
採取年	平成 21年	平成 22年	平成 23年	平成 23年	昭和 47年	平成 17年	昭和 30年頃	昭和 40年頃
状態	精麻	精麻	精麻	精麻	精麻	皮麻	皮麻	精麻

3. 実験方法

各試料は、未処理の状態では単繊維同士の膠着が著しく、単繊維の輪郭を判別することが困難だったので、大麻繊維の苧績み(糸作り)の前処理[1)]を参考として、米とぎ汁に浸漬した後、もみほぐして分析試料とした。

分析試料は、カミソリで切断面を作成し、走査型電子顕微鏡(JSM-5310LV：日本電子製)を用いて観察した。各試料50本の単繊維について、繊維幅は観察ソフトウェア(デジキャプチャー：日本電子製)の測長機能を用いて長径を計測、断面積および周囲長は計測ソフトウェア(セマフォーリポーター：日本電子製)を用いて計測し、それぞれ平均値を求めた。

4. 結果および考察

国内各産地の大麻繊維(単繊維)各50本の繊維幅および断面積、周囲長を走査型電子顕微鏡で観測した。産地別比較のため、統計ソフト(SPSS)を用いて分散分析および多重比較を行い、平均値を比較した。　その結果、表1に示す通り、繊維幅：$F(7,392)=16.01, P<.05$、断面積値：$F(7,392)=27.97, P<.05$、周囲長：$F(7,392)=22.20$で各産地の効果は有意であり、繊維幅、断面積値、周囲長共に平均値は産地によって差があるという結果を得た。

表2　国内各産地の大麻繊維(単繊維)の繊維幅、断面積、周囲長の分散分析

分析試料	繊維幅平均	標準偏差	断面積平均	標準偏差	周囲長平均	標準偏差
① 宮城県栗原市	18.5	6.43	135.5	69.79	48.9	11.87
② 福島県昭和村	18.4	5.82	176.4	142.05	53.7	21.06
③ 群馬県東吾妻町	23.2	8.39	167.3	126.43	55.3	19.60
④ 栃木県（栽培種）	24.8	8.64	179.9	73.56	57.7	12.95
⑤ 栃木県（野生種）	28.0	8.15	277.3	140.58	68.7	17.88
⑥ 長野県鬼無里	27.9	10.02	292.9	166.94	72.2	21.29
⑦ 長野県美麻	27.1	8.34	298.5	152.47	74.9	20.22
⑧ 大分県日田市	32.2	11.00	507.8	300.11	89.6	32.25
F値	16.02		27.93		22.20	

N:50, 繊維幅・周囲長：μm, 断面積：μm^2, P<.05

さらに、Tukey HDS法による多重比較の結果、繊維幅平均は3つの等質サブグループ1(①～③)、2(③～⑦)、3(⑤～⑧)の間に有意差水準5%で有意差のあることが分かった。繊維断面積値と周囲長の各平均は共に4つの等質サブグループ1(①～④)、2(④，⑤)、3(⑤～⑦)、4(⑧)の間に同じく、それぞれ有意差があることが分かった。

これらの結果から、同一繊維種においても地域や年代によって、繊維の大きさに違いのあることが分かった。特に、大分県の大麻繊維は断面積値および周囲長において、他の全ての産地の繊維と有意差があり、突出して太いものであった。従って、繊維遺物を形態比較によって鑑別する際には形態観察に加えて、個体差や産地別のばらつきを考慮するために繊維の大きさの要素を加味して鑑別を行うことが望ましいと考える。さらに、これらの繊維を炭化させた場合や人工的に劣化させた場合の値の変化についても検討を加えて、さまざまな状況で出土・発掘される繊維遺物の形態比較による鑑別の確度向上に寄与するようなデータの蓄積を行っていきたいと考えている。

【謝　　辞】貴重な試料をご提供くださいました栃木県立博物館 篠崎茂雄氏ならびに奈良文化財研究所 赤田昌倫氏に深く感謝いたします。

【参考文献】1) 博物館シリーズ1『苧』　からむし工芸博物館　(2001)　p.46

本発表は科研費(課題番号23501217)の助成を受けて行った研究成果の一部である。

石川県内の古墳から出土した耳環の自然科学的研究

Scientific Studies on the Ancient Earrings Excavated from Tumulus in Ishikawa Prefecture

○中村晋也（金沢学院大学）、山内真季（同左）、小嶋芳孝（同左）
○Shin-ya NAKAMURA, Maki YAMAUCHI, Yoshitaka KOJIMA (Kanazawa Gakuin university)

1．はじめに

これまでに筆者らは、石川県内の古墳を中心に、29遺跡70点の耳環の出土を確認した。しかし、それらのほとんどは、材質や製作技法についての詳細な調査・研究報告はなされていない。本研究では、稲舟横穴古墳群（輪島市）と法皇山横穴古墳群（加賀市）から出土した耳環について、自然科学的手法により分析調査した結果について報告する。

2．資料および調査方法

輪島市に所在する稲舟横穴古墳群（7世紀中頃）では、数基の古墳が確認されており、対象とする耳環は、8号墳から出土した5点（輪島市教育委員会所蔵）である。8号墳では3体分の人骨が確認されており、耳環の他にもガラス玉、水晶製切子玉、メノウ製勾玉、直刀、刀子など、多種の副葬品が確認されている。

また、加賀市に所在する法皇山横穴古墳群（6世紀後半～7世紀末）では、80基の古墳が確認されており、対象とする耳環は、13号墳出土2点、55号墳出土1点、65号墳出土2点の計5点（加賀市教育委員会所蔵）である。

全資料について、実体顕微鏡観察、X線透過撮影、蛍光X線分析を実施し、稲舟横穴墓群出土の5点については、九州歴史資料館の協力を得て、X線CTスキャン調査（以下、X線CT）を実施した。

3．調査・分析結果

3-1．稲舟横穴古墳群 8号墳出土耳環

X線透過撮影の結果、5点中3点が「中実」であり、2点が「中空」であることが確認された。

中実耳環3点の蛍光X線分析において、いずれも銅（Cu）の顕著な検出が認められ、棒状の銅を曲げた「銅芯」であった。しかも、合金もしくは不純物に相当する元素は確認されず、かなり精製された銅を使用していると推定できる。さらに、表面層の分析において、2点で金（Au）の顕著な検出があり、水銀（Hg）の検出がないことと顕微鏡観察結果から、表層材は「金板貼り」と推定した（**「銅芯金板貼技法」**）。また、開口部の顕微鏡観察の結果、表層材を内側に絞り込んで切断している**「絞り込み切断技法」**であった。

一方、残り1点については、銀（Ag）の顕著な検出と、金（Au）と水銀（Hg）が確認され、その結果から、中間材として「銀板貼り」した後、表層材は金アマルガム法で鍍金によるものと考える（**「銅芯銀板貼鍍金技法」**）。同じく、開口部の作りは、**「絞り込み切断技法」**であった。

中空耳環2点については、蛍光X線分析において、銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）、水銀（Hg）が検出された。さらに、X線CTの結果、地板は銅板をパイプ状に丸めた後、C環形に整形していることと、表層面を平滑に加工していることを確認した（図1）。また、地板と表層材の境目も、明確に観察することが

できた。以上のことから、2点の中空耳環については**「銅地銀板貼鍍金技法」**による作製と考える。また、開口部の作りは、顕微鏡観察とX線CTの結果から、接面に合わせた形状に切断した薄い銅板を接面にのせ、これを被せるように表層材端部を垂直に折り曲げ仕上げる**「薄板被せ技法」**であった（図2）。

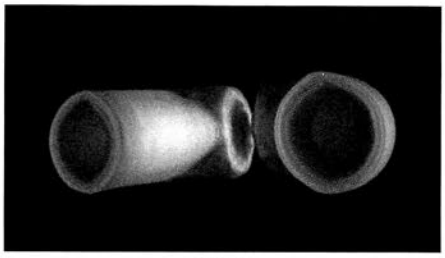


図1

図2

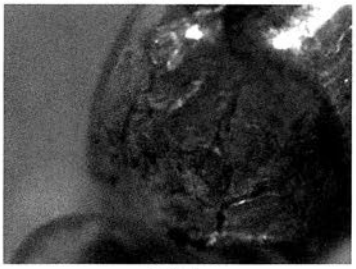


図3

3-2．法皇山横穴古墳群 13号墳、55号墳、65号墳出土 耳環

13号墳（6世紀後半～末）出土の2点は、X線透過撮影の結果、中実であることが確認された。しかし、蛍光X線分析では、1点からは銅（Cu）、銀（Ag）が検出され、もう1点では銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）、水銀（Hg）が検出された。つまり、前者は**「銅芯銀板貼技法」**、後者は**「銅芯銀板貼鍍金技法」**となり、同一古墳において異なる製作技法のものが出土している。また、開口部の作りは、劣化が著しく、錆の除去が許可されなかったことから断定できないが、前者については**「絞り込み切断技法」**の可能性が高い。

55号墳（7世紀）出土の1点は、X線透過撮影の結果、中実であることが確認された。蛍光X線分析では、銅（Cu）、金（Au）、銀（Ag）が検出されたが、銀（Ag）の検出強度は極めて小さく、水銀（Hg）の検出は認められない。よって、**「銅芯金板貼技法」**と考える。また、開口部の作りは、表層材を接面にたたみ込んで仕上げる**「たたみ込み技法」**であった（図3）。

65号墳（6世紀後半～末）出土の2点は、X線透過撮影の結果、中空であることが確認された。蛍光X線分析では、銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）、水銀（Hg）が検出された。よって、**「銅地銀板貼金鍍金技法」**と考える。開口部の作りは、**「薄板被せ技法」**であった。

4．まとめ

両古墳群から出土した10点の耳環について、材質と製作技法の観点から遺跡ごとにまとめると、5パターンの存在が明らかとなった。

【稲舟横穴古墳群 8号墳】

銅芯金板貼：絞り込み切断技法	2点
銅芯銀板貼鍍金：絞り込み切断技法	1点
銅地銀板貼鍍金：薄板被せ技法	2点

【法皇山横穴古墳群 13、55、65号墳】

銅芯銀板貼：絞り込み切断技法？	1点
銅芯銀板貼鍍金：開口部の作り不明	1点
銅芯金板貼：たたみ込み技法	1点
銅地銀板貼鍍金：薄板被せ技法	2点

6世紀後半～7世紀中頃に、能登半島北辺から加賀江沼盆地の広範な地域において、共通した技法のものを含む多種の耳環が存在することは、興味深い事実となった。一方、これらの耳環の生産地と伝播の経路を考えていくには、県内及び近県出土の耳環資料のデータ収集が不可欠である。本研究の成果を同地域における基礎的なデータ提示と位置づけ、さらなる研究を進めて行きたい。

土製耳飾りの胎土からみた土器胎土中の添加砂粒

The Added Mineral Grains in the Paste of Pottery Compared with the Paste of Clay Earrings

○矢野健一（立命館大学）、柳原麻子（同左）
○Kenichi Yano, Asako Yanagihara(Ritsumeikan university)

1. 研究の視点

土器胎土を分析する時には、粘土にもとから含まれる砂粒と添加した砂粒との区別が問題となる。粒径の大きな砂粒は粘土とは別に添加されたと考えるのが一般的だが、粘土粒子と添加された砂粒とを粒径のみから区別するのは困難な場合が多く、状況からの推測にとどまる場合が多い。

筆者は長野県宮崎遺跡（縄文晩期主体）の土器胎土に含有される砂粒を観察した際、雲母と透明度の非常に高い石英粒を多く含有するものと、雲母を含有せずに長石などの不透明白色粒を多く含有するものに二分されることに気付いたが、この時に両者ともに角閃石・輝石を主体とする黒色光沢粒を含有することがわかった。しかも、黒色光沢粒の量は含有する砂粒の主体となる透明白色粒や不透明白色粒の量に左右されないので、黒色光沢粒は添加された砂粒よりも粘土に本来含まれていたものではないか、と推測した（阿部・塚原・矢野 2006, 松崎・柳原・矢野 2011）。その後、中村由克氏の御教示により、透明度の非常に高い石英粒は高温型石英で、雲母とともに「クリスタルアッシュ」に含まれている粒子である可能性が高くなり、現在、分析を進めている。

同じ遺跡で出土した土製耳飾り約200点は晩期前半を主体とするもので、土器と時期が重複するが、この耳飾りの胎土には、土器胎土に一般的な粒径の大きな砂粒は少ない。土器と耳飾りが同じ粘土を用いて製作されたという確証はないが、可能性は低くない。この可能性に沿って、土器胎土の分析との比較を行ない、粘土と添加砂粒との区別を試みたい。

2. 対象資料と方法

胎土を観察した土製耳飾りは縄文晩期前半を主体とする長野県宮崎遺跡立命館大学調査区出土のもので、環状のものと耳栓状のものがある。双方合わせて23点抽出し、胎土中の砂粒を十分に観察できる表面に5×5㎜の区画を設定した。その区画内の砂粒の数を種類と粒径ごとにカウントした。観察する砂粒の種類は、A. 黒色光沢粒（角閃石・輝石主体）、B. 金色光沢粒（雲母主体）、C. 透明白色粒（石英主体）、D. 不透明白色粒（長石主体）、E. 赤色粒（いわゆるくさり礫主体）、F. 透明石英粒（透明度の高い六方晶系の石英粒主体）で、それぞれを（1）0.5㎜以上（大）、（2）0.25㎜以上0.5㎜未満（中）、（3）0.1㎜以上0.25㎜未満（小）、に区別し、粒子の数を数えたが、表では0.25㎜以上のみ数値を示した。同じ観察方法で、晩期前半の浅鉢から雲母含有土器と非含有土器の胎土を合計11点、観察した。観察は20倍の倍率の実体顕微鏡（ニコンビジョン（株）製ファーブル）を用いて白色蛍光灯のもとで行った。矢野と柳原が同一資料をカウントし、その平均値で粒子数を表に示した。

3. 観察結果と解釈

土器胎土は浅鉢なので比較的精細で、大きく3種類に分かれる。すなわち、Ⅰ類・・・砂粒B（雲母主体）を含有し、砂粒C（石英主体）を多く含むもの、Ⅱ類・・・砂粒B（雲母主体）を含有せず、砂粒D（長

石主体）を多く含むもの、Ⅲ類・・・砂粒B（雲母主体）を含有せず、砂粒C（石英主体）と砂粒D（長石主体）が相半ばするもの、の3種である。砂粒総数を大きく左右する砂粒C（石英主体）と砂粒D(長石主体)の合計数の平均値は各類とも10以上となる。

耳飾りの胎土は精細な浅鉢よりも砂粒数が少ないものが多く、砂粒Cと砂粒Dの合計数の平均値は5.8と土器胎土よりかなり少ない。耳栓形は環状のものよりも砂粒が少ないものが目立ち、形態によって胎土が使い分けられている可能性がある。したがって、土製耳飾りの中で比較的砂粒の多いものは、砂粒が添加されていると解釈する余地がある。この種の砂粒数が比較的多い土製耳飾りは砂粒Cのみが多いものがほとんどで、これは土器胎土でいえばⅠ類に近いことになる。しかしながら、土器胎土Ⅰ類の多くに砂粒Bと砂粒Fがある程度含まれているのに対して、耳飾りにはこれらは皆無に近い。したがって、土製耳飾り胎土中に含有する砂粒をそのままの構成比率で増加させることによって土器胎土を得ることはほぼ不可能であり、Ⅰ類の土器胎土を得るためには砂粒B+F、Ⅱ類の土器胎土を得るためには砂粒Dを添加する必要があることになる。また、砂粒Aは土器胎土と耳飾り胎土とも少なく、砂粒総数の多寡とも関係していないことを再度確認した。

土製耳飾りの胎土は土器胎土のように質的に明確に区分するのが困難で、主に砂粒Cの量で漸移的に推移しているように見えるが、0.25㎜以下の粒子の状態を加味すれば、質的な差も存在しているように見えるので、化学的分析も加えて検討を重ねたい。

表1 土製耳飾り胎土砂粒数

No.	A			B			C			D			C+D	E			F		
	小	大	合計	中	大	合計	中	大	合計	小	大	合計	合計	小	大	合計	中	大	合計
1(環状)	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2(耳栓)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
3(耳栓)	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
4(耳栓)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	1	0	0	0
5(耳栓)	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
6(環状)	1	0	1	0	0	0	2	1	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
7(環状)	2	1	3	0	0	0	2	0	2	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0
8(耳栓)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0
9(環状)	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	2
10(環状)	4	0	4	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
11(環状)	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
12(環状)	0	0	0	0	1	1	3	2	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
13(耳栓)	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	3	6	1	0	1	0	0	0
14(耳栓)	2	0	2	0	0	0	4	2	6	1	0	1	7	0	0	0	0	0	0
15(耳栓)	2	0	2	0	0	0	4	2	6	1	0	1	7	0	0	0	0	0	0
16(耳栓)	1	0	1	0	0	0	2	3	5	1	1	2	7	2	0	2	0	0	0
17(環状)	1	3	4	0	0	0	3	5	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
18(環状)	3	0	3	0	0	0	4	3	7	2	0	2	9	0	0	0	0	0	0
19(環状)	0	0	0	0	0	0	7	3	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
20(環状)	1	0	1	0	0	0	9	2	11	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
21(環状)	1	0	1	0	0	0	5	0	5	6	0	6	11	1	0	1	0	0	0
22(環状)	0	0	0	0	0	0	7	3	10	2	0	2	12	1	1	2	0	0	0
23(環状)	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1	1	2	12	0	0	0	2	0	2
													平均 5.8						

表2 土器胎土砂粒数

No.	A			B			C			D			C+D	E			F		
	小	大	合計	中	大	合計	中	大	合計	小	大	合計	合計	小	大	合計	中	大	合計
1(Ⅰ類)	0	0	0	1	0	1	3	3	6	0	0	0	6	0	0	0	1	2	3
2(Ⅰ類)	0	0	0	2	4	6	5	4	9	0	0	0	9	0	0	0	1	5	6
3(Ⅰ類)	3	0	3	1	1	2	14	0	14	0	0	0	14	0	1	1	2	3	5
4(Ⅰ類)	4	2	6	3	1	4	13	7	20	0	0	0	20	0	0	0	1	0	1
5(Ⅰ類)	3	0	3	0	0	0	14	13	27	0	0	0	27	0	0	0	0	1	1
6(Ⅱ類)	2	0	2	0	0	0	3	0	3	3	3	6	9	0	0	0	0	0	0
7(Ⅱ類)	0	0	0	0	0	0	4	0	4	5	2	7	11	0	0	0	0	0	0
8(Ⅱ類)	0	0	0	0	0	0	2	2	4	8	0	8	12	0	0	0	0	0	0
9(Ⅱ類)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	14	8	22	22	0	0	0	0	0	0
10(Ⅲ類)	0	0	0	0	0	0	4	0	4	3	3	6	10	0	0	0	0	0	0
11(Ⅲ類)	1	1	2	0	0	0	7	1	8	2	2	4	12	1	0	1	2	2	4

参考文献

阿部嘉幸・塚原秀之・矢野健一2004「長野県宮崎遺跡出土縄文土器における器種による胎土の相違」『日本文化財科学会第23回大会研究発表要旨集』20-21頁

松崎健太・柳原麻子・矢野健一2011「砂粒数カウント法からみた土器胎土添加鉱物の推定」『日本考古学協会第77回総会研究発表要旨』184-185頁

家根祥多ほか2000『長野市宮崎遺跡一第1次～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)

イスラーム陶器の製作技法に関する研究

— 12 - 14 世紀の複合胎土陶器を中心に —

Study on the manufactural method of Islamic stonepaste pottery in 12th-14th century

二宮修治（東京学芸大学）、○村上夏希（東京学芸大学大学院）、
新免歳靖（東京文化財研究所）、岡野智彦（中近東文化センター附属博物館）
Shuji Ninomiya（Tokyo Gakugei University）, ○Natsuki Murakami（Graduate course, Tokyo Gakugei University）,
Toshiyasu Shinmen（National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo）,
Tomohiko Okano （The Museum of the Middle Eastern Culture Center in Japan）

1. はじめに

本研究では、製陶技術の年代的・地域的特徴の具体的な把握を目的とし、中近東文化センター附属博物館が所蔵するイスラーム陶器について胎土分析を行った。

分析に供した試料は、イラン国内のアーモル、ジョルザンザミン、サーヴェ、ニーシャープール遺跡で表面採集されたイスラーム陶器 47 点である。前報（二宮他 2011）において分析した同遺跡採集の青釉陶器 25 点のデータも加え検討を行った（図 1、表 1）。本試料は 12 世紀から 14 世紀にかけて製作された複合胎土陶器である。複合胎土とは、石英粉に粘土とガラス粉を加えて作られた堅い半透明質の胎土である。ファーティマ朝（909-1171 年）エジプトで完成され、12 世紀の王朝衰退に伴う陶工の移動によって、セルジューク朝（1037-1147 年）イランへ伝播したとされている。

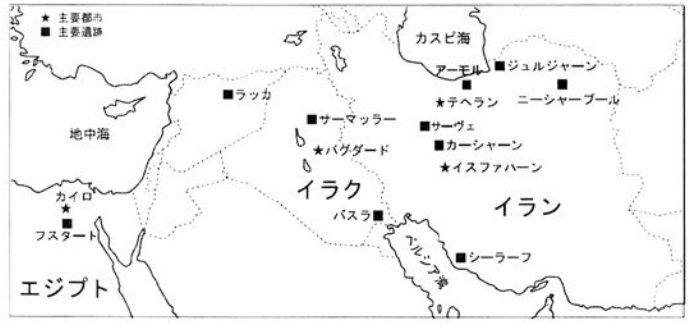


図 1　遺跡地図

2. 分析手法

陶器の胎土分析では、誘導結合プラズマ発光分光分析（Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry：以下、ICP-AES とする）と偏光顕微鏡による薄片観察を行った。ICP-AES には東京学芸大学設置の Seiko Instrument 製 SPS1700 を用いた。測定元素は主成分 8 元素（Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K）、微量成分 2 元素（Sr, Ba）の計 10 元素である。偏光顕微鏡は東京都埋蔵文化センター設置の OLYMPUS 製 BX50 を用いた。

3. 結果および考察

ICP-AES 分析結果について、各試料の化学組成の特徴を明らかにするため、定量された元素存在量によるクラスター分析を行った（SPSS 社製多変量解析ソフト SPSS14.0J を使用）。距離尺度には標準化ユークリッド平方距離、分析手法には Ward 法を選択した。クラスターの変数には測定した 10 元素を用い、各変数は Z 得点で標準化を行った。その結果、B-1～B-6 の大きく 6 グループに分類できた。さらに、特徴的な挙動をしめす元素についていくつか分布図を作成し、クラスター分析による分類結果に検討を加えた。これにより B-5 グループを B-5a、B-5b 、B-5c に分類することが出来た。以上より、元素濃度の違いから原料や調合の異なる数種類の胎土の存在が示唆された（図 2）。

偏光顕微鏡による薄片観察では、胎土中の石英の形状、風化度合、サイズについて特徴が認められ、

ICP-AES による胎土の定量分析結果との関係について、整合性のある結果が得られた。特に、グループB-1～3とB-4～6で原料が異なることが判明した（図3、4）。また釉下彩陶器について、胎土表面に化粧土が施されていることが確認できた（図5）。

紙幅の関係で詳細を述べることはできないが、釉薬の材質と胎土との関連性も指摘できることから、製品によって技法の使い分けを行っていた可能性が高い。加えて地域や時代による調合の変化など複数要因が、複合胎土の多様性に影響していると考えられる。

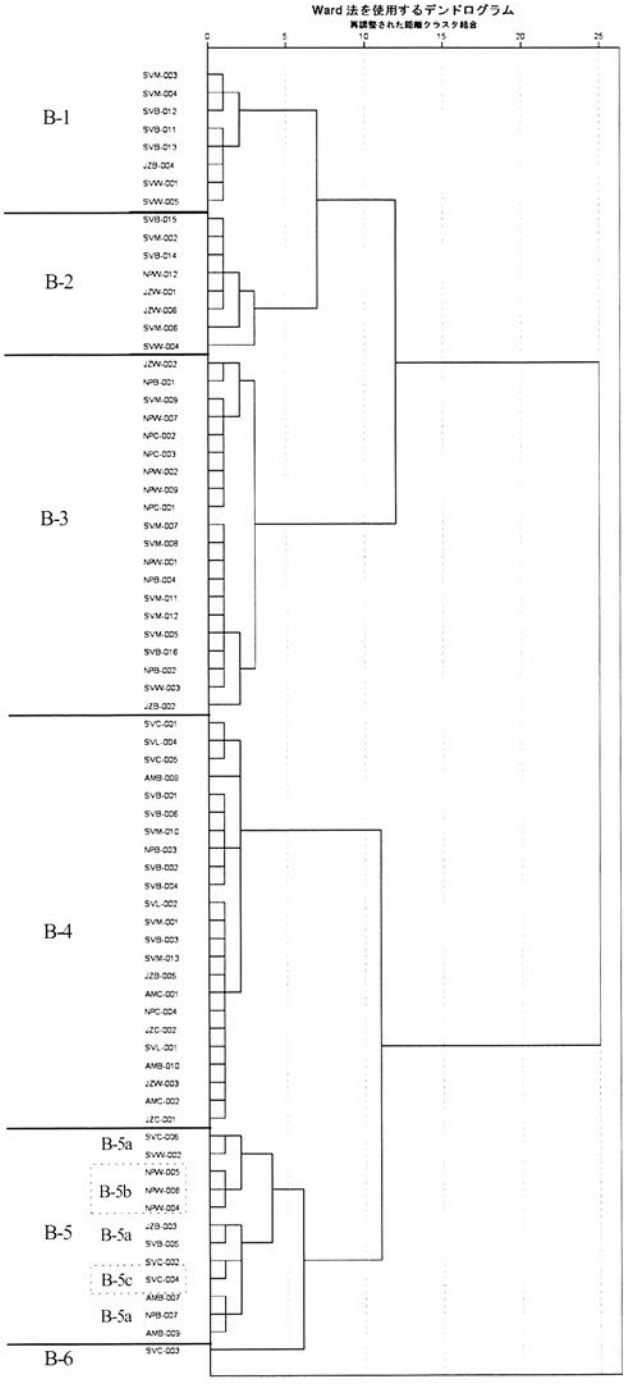


図2　クラスター分析結果

表1　分析資料一覧

採集遺跡		資料記号	資料数
アーモル	青釉	AMB	4
	藍釉	AMC	2
ジョルザンザミン	青釉	JZB	4
	藍釉	JZC	2
	白釉	JZW	4
サーヴェ	青釉	SVB	12
	藍釉	SVC	6
	白釉	SVW	5
	ミーナーイー手 ラージュヴァルディーナ	SVM	13
	ラスター	SVL	3
ニーシャープール	青釉	NPB	5
	藍釉	NPC	4
	白釉	NPW	8
		合計	72

＊資料記号は採集遺跡地と釉薬の色調をもとに便宜的に設定した。

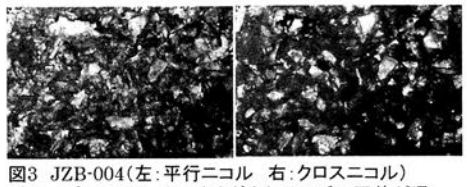


図3　JZB-004（左：平行ニコル　右：クロスニコル）
グループB-1の例。大小さまざまなサイズの石英が混在し、全体的に角張った形をしている。そのため、珪石などの大きな原料を粉砕し利用していると考えられる。

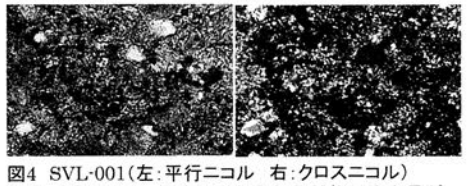


図4　SVL-001（左：平行ニコル　右：クロスニコル）
グループB-4の例。非常に微細な無色鉱物の含有量が多く、形が確認できる鉱物は風化が進んでいる。コノスコープによる干渉像がほとんど観察できない。

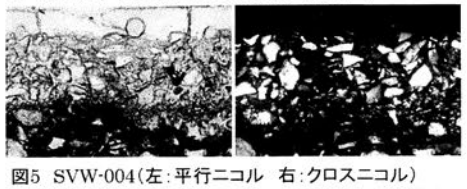


図5　SVW-004（左：平行ニコル　右：クロスニコル）
化粧土が施された例。きめが細かく均一な器面を得ることで絵付けをしやすくしたと考えられる。

謝辞

本調査実施にあたり、国立歴史民俗博物館　永嶋正春先生に、偏光顕微鏡観察における試料調整について、東京都埋蔵文化センター　上條朝宏先生に、偏光顕微鏡観察についてご指導頂きました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

二宮修治・村上夏希・新免歳靖・岡野智彦　2011「セルジューク朝期を中心とする11-14世紀イスラーム陶器の自然科学的研究」『日本文化財科学会第28回大会　研究発表要旨集』pp.236-237

土器新石器時代テル・エル・ケルク遺跡(シリア)出土のマンガンを用いた生体アパタイト製青色ビーズの発色機構

Colouring mechanisms of manmade blue biological apatite beads with manganese recovered from Tell el-Kerkh, Syria (Pottery Neolithic period)

○谷口陽子（筑波大学）、北原圭祐（千葉大学）、沼子千弥（同左）
島津美子（東京文化財研究所）、常木晃（筑波大学）
○Yoko Taniguchi (University of Tsukuba), Keisuke Kitahara, Chiya Numako (Chiba University), Yoshiko Shimadzu (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Akira Tsuneki (University of Tsukuba)

1. はじめに

シリア北西部テル・エル・ケルク遺跡から出土しているビーズの中に、外側が青色で内側が白色の一群がある。これらのビーズは、土器新石器時代中葉から後葉のRouj 2c, 2d期（6500～5800 calBC）の層に限定されて出土し、ほとんどが覆土出土であるものの、中には住居址の覆土から出土した例（SB02）や、乳児の埋葬人骨に伴って副葬品として出土した例もある。これらは成形加工、穿孔したのちに着色したものと考えられ、トルコ石に似た青緑色の発色とガラス状の光沢が特徴的である。それまでの青色・緑色の物質がすべて天然鉱物由来のものであったのに対して、このビーズは、人工的な発色技術を用いて人類が初めて作り出した青色物質として位置づけることができ、考古学的・技術史的に極めて重要なものと考えられる。しかし、どのような材料によっていかなる方法で青色に着色されたかについては、現在までのところ充分明らかにされていない。発色に際して、被熱の影響があるのかどうか、青色に起因する物質が形成されているのかも不明である。分析の対象としたのは、そのうちの3点（SB01, 02, 03）である。本発表では、とくに発色要因である元素の同定を目的とし実施したPIXE, XAFSによる分析結果について報告する。

2. 先行研究

これらのビーズは、外見からトルコ石製として分類されてきたが、発表者らは内側が白色であるために異なる素材ではないかという疑問をもち分析を行ってきた。以前の分析では、表面のXRF分析、粉末XRD、FTIR, 可視分光スペクトル分析、断面のSEM観察等を行っており、その結果、歯牙などの生物由来のテクスチャを示すアパタイトを基材としたものであり、青色の表面にFeあるいはMnがより多く含まれていることから(Mn濃度は0.13-0.22wt% (as oxide))、どちらかの元素が発色機構に寄与していると想定した[1]。

アパタイト製の青い物質としては、化石化したマストドンの牙（オドントライト）を用いた工芸品が中世ヨーロッパに知られており、PIXE-PIGE、TEM、ANES等を用いたReicheらによる一連の研究により、歯牙が化石化するに伴い、Mn^{2+}イオンがアパタイトのP^{5+}のサイトに取り込まれ、およそ600° Cで焼成することによりMn^{5+}へ変化し、発色しているのではないかと推察されている [2,3,4]。

3. 研究の目的・方法

まず、Mn、Feと青色部分の相関を検討するために、放射線総合医学研究所PIXE分析装置(PASTA)のマイクロビームスキャンニングPIXEラインを用いてマイクロPIXE分析によるマッピングを行った。SPring8にて、基本的な化学的組成、構造を再度XRD, XRFを用いて確認したうえでXAFS分析を行い、化学的に不安定だと考えられるMn^{5+}が青色の発色に関与しているのかどうか、どのような構造となっているのかを検

討した。

次に、Mn が深さ方向にどのような状態で存在するのかを明らかにするために、断面の Mn K-edge XAFS スペクトルを取得し、解析を行った。XAFS は、SPring-8 BL01B1 と高エネルギー加速器研究機構 放射光実験施設 BL-9A, 12C を利用し、蛍光モードで測定を行った。比較参考試料として、$KMnO_4$(Ⅶ)、K_2MnO_4 水溶液、MnO_2 (Ⅳ) 、$BaMnO_4$、Na_3MnO_4 、Eosphorite(Ⅱ、リン酸塩)、Rhodocrosite(Ⅱ、炭酸塩)、Piemontite(Ⅲ)、また、青色顔料 Manganese blue (Barium manganate(VI) sulfate ($xBaSO_4$. $yBaMnO_4$)) を測定した。

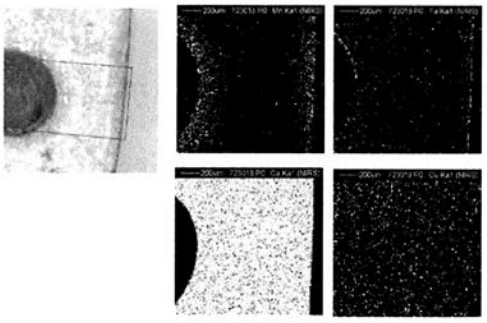


図1 μPIXE による元素マッピング (左上 : Mn, 右上 : Fe, 左下 : Ca, 右下 : Cu)

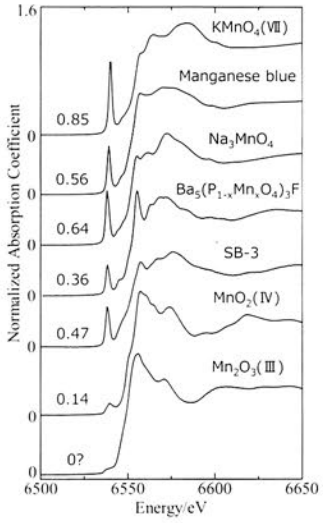


図2 出土ビーズ (SB03) と Mn 化合物の Mn K-Edge XANES スペクトル

4. 結果

統合粉末X線解析ソフト PDXL(リガク)により結晶同定解析と結晶子サイズ評価を行った。SB01, SB02 に関しては青色部と白色部での結晶構造の差異は見出されず、すべてフルオールアパタイト [Fluoroapatite $Ca_5(PO_4)_3F$] に帰属するピークが検出された。また、PIXE により、青色部分は、Fe ではなく、Mn の分布と相関性が高いことが明らかになった (図 1)。今回測定した青色を示す試料の XANES スペクトルを比較したところ、青色ビーズ、Manganese blue はほぼ同じスペクトルであることがわかった (図2)。つまり、青色ビーズの Mn 周辺環境は Ba 系アパタイト化合物中の Mn^{5+} と同様であるという、新たな証拠を得ることができた。XANES については、出土ビーズ (SB01, 02, 03) 3 点の青色部分の Mn の状態に差が見られなかった。すなわち、ビーズ 3 点の青色は、その発色機構がきわめて近いもの (Mn5 価) であると結論付けることができる。また、青色部分と白色部分の Mn の状態についても比較を行った。白色部に含まれる Mn は濃度が低かった為、スペクトル形状からの周辺環境の特定は困難であったが、大まかなエッジの位置から青色部とは Mn の価数が異なっており、白色部に含まれる Mn の価数はおそらく 3 価に近いということを推察することができた。

実際の出土ビーズは Ca 系アパタイトであるため、今後、Ca 系アパタイトで、得られたスペクトルに近い Mn5 価の状態が再現できれば、先史時代の青色発色技術を解明するための手がかりを得られる可能性がある。アパタイト内での MnO_4^{3-} と PO_4^{3-} の置換の機構 [5] も含めて検討したい。

参考文献

[1] Taniguchi, Y., Hirao, Y., Shimadzu, Y., Tsuneki, A., 2002, The first fake? Imitation of turquoise beads recovered from a Syrian Neolithic site, Tell el-Kerkh, *Studies in Conservation*, **47**, 175-183.

[2] Reiche, I., Vignaud, C., Menu, M., 2000a, Heat induced transformation of fossil mastodon ivory into turquoise 'odontolite'. Structural and elemental characterisation, *Solid State Science*, **2**, 625-636.

[3] Reiche, I., Vignaud, T., Calligero, T., Salomon, J., Menu, M., 2000b, Comparative analysis of odontolite, heated fossil ivory and blue fluorapatite by PIXE/PIGE and TEM, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 161-163*, 737-742.

[4] Reiche, I., Vignaud, T., Champagnon, B., Panczer, G., Brouder, C., Morin, G., Sole, V. A., Charlet, L., Menu, M., 2001, From mastodon ivory to gemstone: The origin of turquoise color in odontolite, *American Mineralogist*, **86**, 1519–1524.

[5] Elliott, J. C., 1994, *Structure and Chemistry of the Apatite and Other Calcium Orthophosphates, Studies in Inorganic Chemistry 18*, Elsevier.

ラック及びコチニールに含まれる色素成分の化学的性質

Chemical Properties of the Colorants included in Lac and Cochineal

○佐々木良子（京都工芸繊維大学），矢野俊明（染技連文化財修理所），佐々木健（京都工芸繊維大学）

○Yoshiko Sasaki (Kyoto Institute of Technology), Toshiaki Yano (Sengiren cultural textiles conservation center), Ken Sasaki(Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

江戸時代に制作された友禅染の保存修復及び復元を目指すには，そこに用いられた色材が必要となってくる。友禅染においては，赤と藍，黄の三色を基本にその濃淡や混色で多くの色合いを挿してきた。この赤色の色材である臙脂綿は，その制作工程の文献資料等が残されておらず、また、現在一般的に流通もしていない。そこでまず，現存している臙脂綿を用いて絹布を染め，その染絹布から赤色成分を抽出し，化学分析を行った。その結果，これまで考えられていたラックだけでなく，コチニールや合成染料が用いられていたことを報告した[1]。そこで，ラックとコチニールに焦点を絞り，赤色有機顔料の化学的な挙動を解析したので，報告する。

2. 実験

ラック樹脂(Lac R1-9)及びコチニールは市販品を購入或いは個人から提供を受けたものを用いた。臙脂綿(12,55)は個人から提供を受けた物を用いた。

紫外可視吸収スペクトルの測定は Shimadzu UV-3101PC を用いた。

高速液体クロマトグラフ（HPLC）は Hitachi　LC-7000 システムを送液に用い，フォトダイオードアレイ（PDA）検出器として JASCO MCD 2010 を使用した[2]。

3. 結果と考察

3.1　抽出溶媒の効果

臙脂綿の復元[3]にあたり，用いられた天然染料の抽出条件を検討した。一般に天然染料の抽出には水（湯）を用いるが，タイやブータンなどでは木瓜の実等を抽出時に加える事がある[4]。そこで今回は常温で水及びクエン酸水溶液さらに炭酸カリウム水溶液を用いてインド産のラック樹脂（Lac R1）からの染料成分の抽出を行った。抽出液の可視分光結果を，Fig.1 に示す。この結果，水だけの抽出と異なり，酸性或いは塩基性に pH を振ることにより，抽出効率が 5-10 倍向上し，より赤色に発色することが明らかになった。さらに DMF（極性非プロトン性溶媒）でも効率よく抽出出来ることが示された。

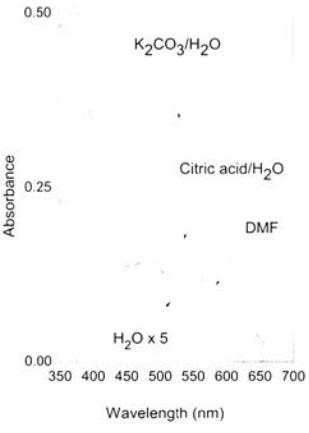


Fig.1 Lac R1 抽出液の可視吸収スペクトル

次に，ラック樹脂（Lac R1）を水系と DMF で抽出した場合の HPLC 結果を Fig.2 に示す。水系ではラッカイン酸 ABC のピークが

主に見られ，pH が変化してもその成分に大きな違いは見られなかったが，抽出液を DMF に変えると，比較的疎水性の高い幾つかの成分がラッカイン酸 A の後に溶出していることが分かった。

コチニールについても同様に比較検討したが，疎水性の高い成分が少し存在するが，ラック程の違いは見られなかった。

3.2　産地の異なるラック樹脂の HPLC

インド産以外の産地の異なるラック樹脂についても同様の分析を行った（Fig.3）ところ，水での抽出では，産地による HPLC の結果に差は見られなかった。しかし DMF で抽出した場合，疎水性の高い幾つかの成分において，その違いが顕著であり，現状ではインド系（Lac R1,2），中国雲南系（Lac R5,7），中国西域系（Lac R4,6），タイ系（Lac R8,9）の大きく 4 つのグループに分けられることが示された。このラック樹脂の成分の違いは，ラックカイガラムシが寄生する木の種類によるものなのか，ラック自身の種類によるものなのか，両方の可能性が考えられるが，産地を反映していることは明らかである。

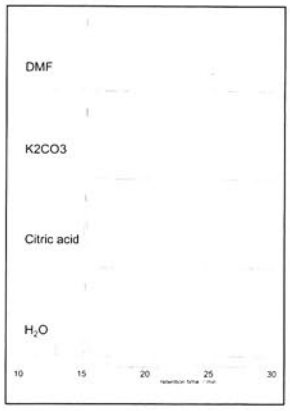


Fig.2　Lac R1 抽出液の HPLC

3.3　膿脂綿の分析

これまでの研究においてラックが使用されていることが明らかにした膿脂綿資料のうち 2 種類に置いて，DMF による抽出を行い HPLC に供した（Fig.4）。その結果，これまで水溶性成分であるラッカイン酸のみに着目してきたため違いの無かった HPLC が，疎水性の高い幾つかの成に着目することで，膿脂綿 12 と膿脂綿 55 で違いが明らかとなった。膿脂綿 12 は雲南系の，膿脂綿 55 はタイ系のラック樹脂の HPLC と特徴が一致し，膿脂綿 12 は雲南産のラックを，膿脂綿 55 はタイ産のラックを用いて作られたものと考えられる。

膿脂綿には，ラック樹脂からの抽出液が濃縮して付着しているため，ラッカイン酸以外の成分も含まれている。このラック樹脂に含まれる産地情報が膿脂綿に保存している事が明らかとなった。

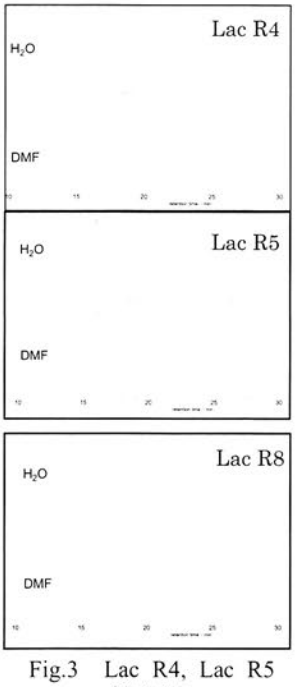


Fig.3　Lac R4, Lac R5 Lac R 8 抽出液の HPLC

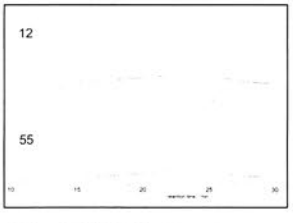


Fig.4 膿脂綿 12，55 の DMF 抽出液の HPLC

謝辞
梶谷宣子氏（メトロポリタン美術館）にはラック樹脂を，高橋裕博氏（友禅作家）にはラック樹脂とコチニールを，山本記子氏（文化財保存），関地久治氏（墨仙堂）には膿脂綿の提供を頂いた。

参考文献
1）佐々木良子他，文化財保存修復学会誌 **56** 印刷中。
2）van Bommel, M. R., Berghe, I. V., Wallert, A. M., Boitelle, R., Wouters, J., 2007 High-performance liquid chromatography and non-destructive three-dimensional fluorescence analysis of early synthetic dyes. *J. Chromatogr. A*, **1157**, pp260-272.
3）矢野俊明、佐々木良子、河上繁樹、細木誠、中村康人、藤井健三 友禅染に用いられた赤色色材「膿脂綿」の復元過程 文化財保存修復学会第 34 回大会(東京) 2012 年 6 月 30 日　講演要旨集　pp. 104-105
4）久保淳子　私信

一須賀古墳群出土耳環の調査

Study for the earrings excavated from Ichisuka Kofun group

○渡辺智恵美（別府大学）　森本 徹（大阪府立近つ飛鳥博物館）
○Chiemi Watanabe(Beppu University)　Toru Morimoto(Osaka Prefectural Chikatsu-Asuka Museum)

1．はじめに

一須賀古墳群は、大阪府南河内郡河南町および太子町に所在する古墳群で、23 支群 250 基以上の古墳で構成され、6 世紀前半～7 世紀前半の約 100 年間にわたって古墳が造営されている。この古墳群から出土した耳環 87 点（垂飾を持たないもの）について、自然科学的調査を用いて製作技法や材質について明らかにするとともに一須賀古墳群内における耳環の様相を探った。

2．一須賀古墳群出土耳環の調査結果と分類

【材料の成分】

耳環を製作する材料として、金、銀、銅、青銅、スズ、鉛、鉄、水銀などがあげられる。一須賀古墳群出土耳環に使用された材料は、金、銀、銅および鍍金に用いる水銀である。蛍光Ｘ線分析の結果、金、銀は非常に純度の高いもの（＜95w%）や合金にしたものが使用されていた。芯に用いる銅は、純度が概ね＜90w%のものが多く、ヒ素やアンチモン、スズ、鉛などを含有するものもあった。これらは、芯材となる銅の中に微量成分として含まれるものである。ヒ素やアンチモンはすべての銅に含まれるわけではない。精錬の条件によっても残留状況は変わるため断定はできないが、含有成分の違いは、材料や製品の入手先の違いを表している可能性がある。

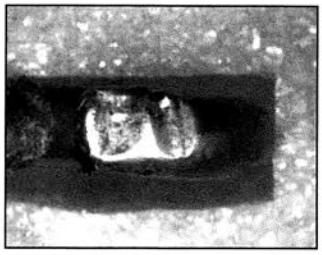
【接面に細工を施した耳環】

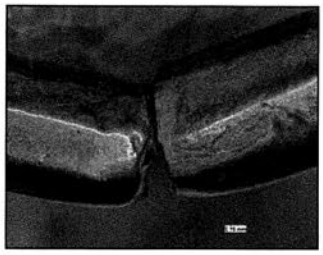
P-3 号墳から出土した 2 点の耳環の接面には銀色を呈する鑞状の付着物が認められ、ガラス玉などが挟み込まれていた可能性がある。また、1 点は環にも直径 0.6 ㍉程度の列点状の凹みが認められ、凹みの底には鑞状の付着物の痕跡が残る（写真１）。これらの付着物についてＸＲＦ分析を実施した結果、銀が検出された。鑞付けに使用される鑞は、接合しようとする母材よりも低い融点の合金である。銀鑞が一般的であり、古い時代のものは銀と銅の合金を使用している。しかし、この付着物から銅は検出されず、微量成分として、鉄、金、臭素が検出され、鑞の成分に関係するものではないと考えられるため、銀を鑞材として使用していたと考えられる。これらの耳環は銅芯金板巻環で、鑞を乗せる表面は金であるため、銀のみでも問題は無いと思われる。

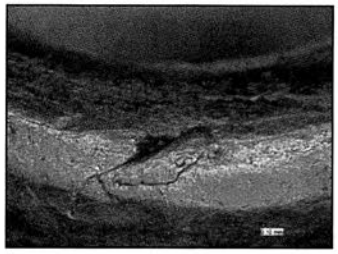
写真１　接面の細工

【工具の痕跡】

耳環を製作する際に使用されたと考えられる工具のとしては、切断するための鏨、掴んだり挟んだりするための鉗子状工具、形状を整えるための鎚や篦などがある。これらの痕跡は通常、仕上げの段階で消されてしまうため確認できないことが多いが、まれに残存することもある。これらの痕跡から、使用された工具や製作方法を推定することができる。今回確認できた痕跡は、①鉗子状工具で挟んだと思われる痕跡、②鏨によるものと思われる切断痕、③篦状工具で調整したと思われる痕跡、の３つである。


①鉗子状工具の痕跡


②鑿状工具の痕跡


③篦状工具の痕跡

【分類】

調査した耳環87点について製作技法および材質に基づいて分類した結果、中実耳環が61点で、内訳は以下の通りである。銅芯銀板巻鍍金環22点、銅芯金板巻環17点、銅芯銀板巻環12点、銅芯金箔貼環3点、銅芯鍍金環4点、製作技法が不明なもの3点である。無垢環は25点で、金無垢環7点、銀無垢環17点、銀無垢鍍金1点となっている。無垢環は金製、銀製に関係なく環の太さが3種類（太・中・細）に分類できる。また、中空耳環は1点のみの出土で、金銅環である。

3. 耳環の様相からみた一須賀古墳群の特徴

分類の結果から、本古墳群の傾向として、①群集墳において通常最も多く出土する銅芯銀板巻鍍金環（22点 約25%）よりも銅芯板巻環（金板巻17点および銀板巻12点、合計29点 約33%）の出土量が多いこと、②無垢環の出土量が多いこと（25点 約28%）、③中空耳環が極端に少ないこと（1点 約1%）が看取できる。一須賀古墳群は約250基のうち半分程度しか発掘されていないが、中心的な支群を含んでおり、全体的な傾向を反映していると思われるため、上記の傾向を本古墳群の特徴として差し支えないと考えている。

つぎに耳環の種類別の傾向について記す。B支群は、他の支群に比して銀無垢環を多く出土する傾向がある（17点中9点）。古墳の造営時期は6世紀前半～7世紀初めまでであるが、無垢環9点が6世紀前半～中頃までの古墳からの出土である。また、鍍金を施した耳環（銅芯銀板巻鍍金、銅芯鍍金および銀無垢鍍金）は、6世紀後半以降の出土となり、技法的に後発的であった可能性が窺える。これに対し、箔貼技法（銅芯金箔貼）は若干先行する。板巻技法も6世紀後半以降に出土するようであるが、材質による差や出土傾向等については掴めなかった。

また、一対と考えられる耳環で、同一古墳から出土しものが16組、異なる古墳からの出土が6組であった。このうち、№12、13（B-15号墳）、14, 15（B-16号墳）の4点は、形状や色調、分析結果より、同じ材料と製作技法で作られたと考えられる耳環である。同時に製作されたものが別々の古墳に入る被葬者（別々の家族？）に配布された可能性が窺える。

4．おわりに

耳環は形状が単純で、地域差や時代差が非常に少なく、古墳の年代を決定づける指標とならないため、あまり考古学的研究の対象とならなかった。しかし、自然科学的な手法を用いて観察すると、材質や製作技法など、古代の金工技法が集約されている遺物であることがわかる。これらを古墳群と関連づけて総合的に観ることで、種類毎の時期差や所有する集団にかかる情報等が得られる。

一須賀古墳群から出土した耳環の調査では、無垢環が鍍金耳環に、また金箔貼耳環が鍍金耳環に先行すること、また新たに銀無垢鍍金環の存在が確認できた。

（※本稿は、科学研究費助成事業　「基盤研究C　『自然科学的手法を用いた古墳時代の金属器製作技術の調査と工具の復元』（平成20～23年度）」を受けて行った調査の成果発表の一部である）

古墳時代の八代海沿岸における砂岩製埋葬施設の表面加工

Surface treatment of the burial institution made from sandstone in the Yatsushiro sea coast ,Kofun-period

○池田朋生、坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、松本博幸（天草市立天草キリシタン館）
朽津信明（東京文化財研究所）、杉井健（熊本大学）
○Tomoo Ikeda , Keitaro Sakaguchi (Kumamoto Prefectural Decorated Tumulus Museum)、
Hiroyuki Matsumoto（Amakusa Municipal Amakusa Christian Museum）, Nobuaki Kuchitsu
(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Takeshi Sugii (Kumamoto University)

1. はじめに　5世紀頃の八代海、現在の熊本県八代市、上天草市、宇城市など八代海北岸一帯に残る箱式石棺、及び肥後型石室の石障には、砂岩が特に使われるという特徴を持つ。この一帯は、装飾古墳、さらには石障を有する肥後型石室の発生が考えられる地域でもある。石障と箱式石棺の構造には、類似性が見られることから、箱式石棺から肥後型石室が発展したとの説が提唱されている（甲元 1984、蔵富士 1997）。

そこで、層理面、加工面など、オリジナルな形状が残る石材表面の比較を行い、石障系の装飾古墳、或いは肥後型石室の発生、変遷を考える一助とする。

2. 方法　15 cm幅の中型の真弧を用いて、石材表面の形状を記録する。層理面、加工面の方向によって凹凸に差がある場合は、上下左右の形状を採る。後天的な剥落があるところは避け、一枚の石材では2～8か所の計測ポイントを設定する（図5, 6）。次に旋盤加工の用語である比較的大きな凹凸である「うねり」という概念を用いて、うねり最大幅を計測（図3, 4）する。次いで、石材一枚当たりのうねり最大幅の平均値をもとめ、使用石材の平滑度合を知る手掛かりとする。更に、うねり最大幅の平均値で表現した模式図を作成（図1, 6, 7）、似た表面加工の石材がどの部位に使用されているか検証する。

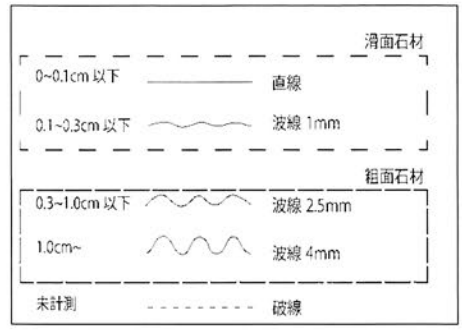


図1．うねり模式図凡例

3. 調査対象（図2）　千崎古墳群は、上天草市維和島北岸に所在する、26基の石棺・石室からなる5世紀の古墳群である。大戸鼻古墳群は、上天草市阿村にあり、装飾古墳である大戸鼻南古墳（石棺）、大戸鼻北古墳（肥後型石室）など概ね5世紀代の石室を含む古墳群である。大鼠蔵古墳群は、八代市鼠蔵町大鼠蔵島にあり、装飾古墳である尾張宮古墳（肥後型石室）等石室、箱式石棺の他、竪穴式石室を含む5世紀代の古墳群である。小鼠蔵古墳群は、八代市鼠蔵町小鼠蔵島にあり、装飾古墳である小鼠蔵1号墳（肥後型石室）、小鼠蔵3号墳（箱式石棺）の他多数の石棺を含む5世紀代の古墳群である。装飾古墳である小田良古墳（国史跡）は、宇城市三角町の有明海側海抜7mの海岸にある5世紀の肥後型石室である。

図2. 主要砂岩製埋葬施設位置図

4. 結果　結果の一部を図3～図8に示す。うねり最大幅0.3 cm以下の滑面石材が使われる面と、0.3 cmよ

り大きなうねりのある粗面石材を使う面が必ず共存することが、石障、箱式石棺ともに言える。千崎15号墳箱式石棺では、小口石が粗面石材、長側石が概ね滑面石材が用いられる。小鼠蔵1号墳の石障では東西の石障が、粗面石材、南北の石障が滑面石材である。

5. 考察　小鼠蔵1号墳の東西の石障は、南北の石障に挟まれており、千崎15号墳の小口石と長側石の構造と類似する。更に、箱式石棺、石障ともに、挟まれた側の石材が粗面、挟む側の石材が滑面石材である。石材の表面形状を対象に、うねりの振幅に注目することで、箱式石棺との類似性の有無が検証できるほか、石障独自の変遷過程を見出だすことが期待できる。**引用文献**　甲元眞之　1986　宇土半島古墳群分布調査報告II　三角町文化財調査報告第6集　蔵富士寛　1997　石屋形考　先史学・考古学論究　熊本大学文学部考古学研究室創設25周年記念論文集　本研究は、平成24年度笹川研究助成（実践研究）を用いた。

うねり凡例　最大幅の求め方

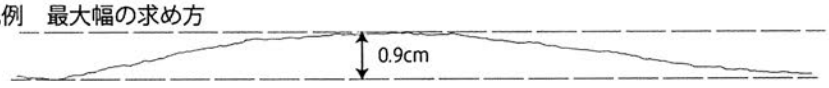
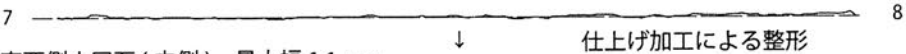


図3
小鼠蔵1号墳（石障）うねり図　　↓計測側
南側石障（内側）　最大幅0.15ｃｍ

西側石障（内側）　最大幅0.8ｃｍ

図4
千崎15号墳　うねり図
北東側長側石（内側）　最大幅0.1ｃｍ



南西側小口石（内側）　最大幅1.1ｃｍ

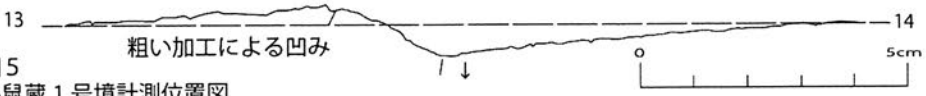


図5
小鼠蔵1号墳計測位置図

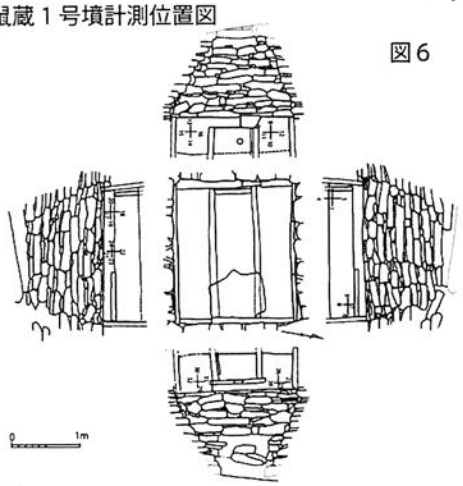


図6　千崎15号墳計測位置図

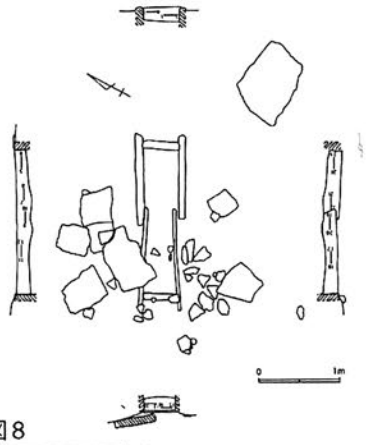
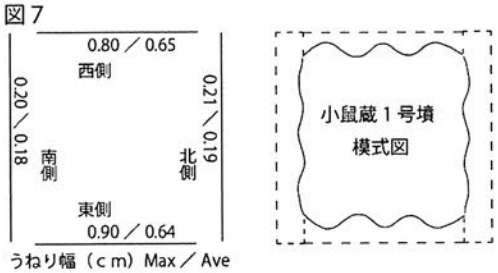
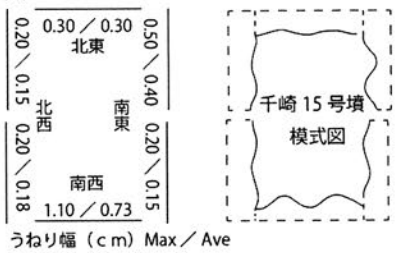


図7



うねり幅（ｃｍ）Max ／ Ave

図8



うねり幅（ｃｍ）Max ／ Ave

山科本願寺跡出土炭化漆器断片にみる下地混和材と下地調整技法

Materials and Techniques of Ground Layers of Lacquer Ware Fragments Excavated from *Yamashina-Honganji* Site.

○武田昭子（昭和女子大学）、赤沼英男（岩手県立博物館）、土谷信高（岩手大学）、
中村敦（故人・元財団法人京都市埋蔵文化財研究所）
○Akiko Takeda(Showa Women's University), Hideo Akanuma (Iwate Prefectural Museum),
Tsuchiya Nobutaka (Iwate university), Atsushi Nakamura(Kyoto City Archaeological Research Institute)

1. はじめに

中世は東アジアの海を介在した交易が発展し、今までにない勢いで製品流入や技術交流が活発に行われ、列島内における物質文化に大きな変革をもたらした。漆工史においても同様で、社会需要に応じた新しい技術が開発されるなど、中世は近世に至る転換期として重要な時期に位置付けられている。本研究は中世における漆工技術、とりわけ下地調製技術の変遷解明を目的として、15～16 世紀代に比定される京都市山科本願寺跡遺跡から出土した炭化塗膜断片 8 点の断面構造を調査した。以下に、調査結果を報告する。

2．出土遺跡（山科本願寺跡）と調査資料

山科本願寺は、現在の京都市山科区に所在した寺院である。文明 10 年（1478）に本願寺八世蓮如上人により造営が開始され、同 15 年（1483）頃には主要な施設が整い、「御本寺」、「内寺内」、「外寺内」および防護施設としての土塁や塀などで構成された、南北 1 ㎞、東西 0.8 ㎞におよぶ寺域を有した城塞都市であったと推定されている。寺内町の経済に支えられ発展を遂げたが、天文元年（1532）に細川晴元、近江国守護六角定頼、法華宗宗徒、延暦寺（山門）等の連合軍の攻撃により焼失した。

1973 年以降、財団法人京都市埋蔵文化財研究所により発掘調査が進められ、その結果、井戸、石室、建物、溝、土壙、暗渠排水路、鍛冶場等の生活や生産関連の遺構が検出されている。調査資料は、平成 17 年（2005）に共同住宅建設に伴い実施した第 14 次調査で検出された。本調査地は、主要な建物が位置した「御本寺」の中心部分にあたる区域で、広い範囲に焼土層が認められ、15～16 世紀代の輸入陶磁器破片が多数出土した。また土壙 3 の埋土を水洗篩別作業した結果、今回分析対象とした炭化漆器塗膜断片が検出された。同伴遺物として、ガラス玉、金蒔絵や堆黒漆器断片、金銅製品等多数検出され、会所的な役割を果たした建物が在ったと推察されている。

調査資料 10 点はすべて焼損黒化し、数㎝の小断片になっていた。便宜的に Ymh1～Ymh10 迄番号を付し調査を始めたが、Ymh1 および Ymh4 に塗膜は認められなかったため、それらを除く 8 点について塗膜断面構造の調査を実施した。

3．調査方法

調査試料から医療用メスを使い摘出した試料を 2 分し、一方を塗膜断面構造の観察が可能となるようエポキシ樹脂に埋め込み薄片にした。透過光で検鏡し、塗膜断面構造を調査した後、塗膜断面の下地層を偏光顕微鏡で検鏡し、下地構成鉱物を同定した。もう一方については、薄片試料と同様の方法でエポキシ樹脂に埋め込み、エメリー紙で荒研磨した後、ダイヤモンドペーストを使って仕上げ研磨した。落射光で塗膜断面を観察後、EPMA（日本電子株式会社製・JXA-8230）で色材料および下地混和鉱物相を分析した。

4．調査結果ならびに考察

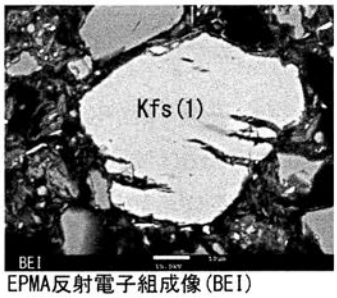
Ymh3,5,7 を除く 5 試料(Ymh2,6,8,9,10)の上塗り塗膜はすべてほぼ同じ塗膜断面構造をとり、微小黒色物質が混和された薄層(ul1)の上に、下層の数倍厚の褐色層(ul2)が重ねられた 2 層からなる。Ymh3 は厚い褐色層の下に薄い褐色層が入り 3 層となる。Ymh5 は ul1～ul9 の 9 層からなり、微小黒色物質が混和された層と褐色層が互層となる。ul5 と ul7 は鉱物が混和された薄層で、修理の際の塗膜と推察される。Ymh7 は表面が平滑な他の断片と異なる立ち上り部を有する塗膜で、ほぼ同じ厚さの褐色層 4 層(ul1～ul4)から構成され、最表面には乾燥時の縮みもみられる。

下地は Ymh7 を除き数μm～190μm の鉱物粒子が混和された厚い層(fl1)のみによって構成される。Ymh7 は数μm～180μm の鉱物粒子が混和された層の上に、より細かい鉱物層 1 層(fl2)を施し、部分的に布着せも観察される。他の断片にはみられない塗膜構成である。立ち上り部を有することから、補強の目的で部分的に布着せが施されたものと推定される。

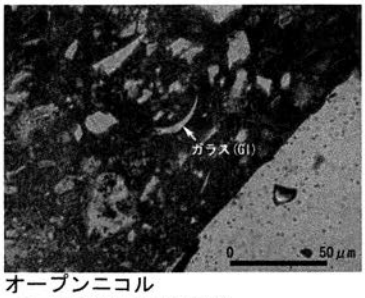
Ymh2 鉱物下地の偏光顕微鏡による観察からは、石英(Qtz)、斜長石(Pl)、黒雲母(Bt)が検出され、EPMA 分析によってカリ長石(Kfs)、石英、単斜輝石(Cpx)、および斜長石からなる岩片の混在が確認された。Ymh 3 の下地層には石英、斜長石、黒雲母、および火山ガラス（Gl）が観察された。

Ymh5 および Ymh8 の下地層には石英とカリ長石が見出され、Ymh8 からは斜長石および岩片も確認された。Ymh6 および Ymh7 の下地層には石英、黒雲母、普通角閃石が混在し、Ymh6 には他にカリ長石と火山岩片、Ymh7 には斜長石が確認された。Ymh9 の下地層には石英、斜長石、黒雲母、および白雲母(Mus)が、Ymh10 の下地層には石英、黒雲母、および普通角閃石が観察された。

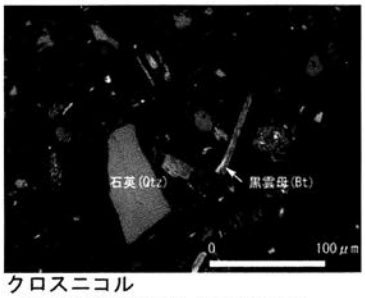
下地構成鉱物の上からは、花崗岩砕屑物を含む砂を混和した Ymh2、Ymh5、Ymh6、および Ymh8、花崗岩砕屑物と火山灰または火山岩片を含む砂を混和した Ymh6、火成岩起源の砂を混和した Ymh3、Ymh7、Ymh9、および Ymh10 に細分され、構成鉱物が近似する Ymh7、Ymh9、および Ymh10 については同一器物、あるいは同一地域で製作され遺跡内にもたらされた資料の可能性が高い。Ymh9 および Ymh 10 については塗膜断面構造解析結果も下地構成鉱物組成に基づく上記分類結果と整合する。Ymh7 については観察部位が異なるため塗膜断面構造解析結果からは Ymh9 および Ymh10 との関係を指摘することは困難であったが、構成鉱物に基づく分類結果から同一器物あるいは同一地域で製作された資料の可能性が指摘された。



EPMA反射電子組成像(BEI)
Ymh2：カリ長石(Kfs)



オープンニコル
Ymh3：火山ガラス(Gl)



クロスニコル
Ymh10：石英(Qtz)，黒雲母(Bt)

参考文献：財）京都市埋蔵文化財研究所編「平成 17 年度の発掘調査概要　22　山科本願寺跡 3」2006 年
財）京都市埋蔵文化財研究所編「山科本願寺跡発掘調査現地説明会資料」2005 年

大阪府百舌鳥大塚山古墳出土三角板革綴襟付短甲の復元

The armor restoration unearthed on Mozu otsukayama tomb

○大江克己[1]　中尾真梨子[2]　西山要一[3]　続伸一郎[4]
(奈良大学大学院[1]　公益財団法人 福島県文化振興財団[2]　奈良大学[3]　堺市博物館[4])
○Katsuki Oe , Mariko Nakao , Yoichi Nisiyama , Sinichiro Tsuduki
(Graduate school of Nara university[1],The Culture Promotion Organization of Fukushima Prefecture[2],
Nara university[3], Sakai city museum[4])

1. 緒言

奈良大学保存科学研究室では堺市博物館の依頼を受け、大阪府堺市百舌鳥大塚山古墳より出土した三角板革綴襟付短甲の復元を行った。百舌鳥大塚山古墳は大阪府堺市西区上野芝四丁目にあり、百舌鳥古墳群の中に存在した古墳である。全長165m、高さ14.5mの前方後円墳であり、8基の埋葬施設（粘土槨）が発見されている(森 2003)。襟付短甲は本例を含め全国でも12例しか認められておらず、後胴に襟が付属する特殊な構造を有した短甲であり、復元を行った三角板革綴短甲は後円部1号槨から出土したものである。

本報告では復元作業によって得た知見を基に、三角板革綴襟付短甲の復元工程及び構造について記す。

2. 復元工程

復元工程を以下の表に示す。破片の接合にはエポキシ系接着剤を使用し、欠損部分の復元には、ガラスウール・エポキシ樹脂・エポキシパテを併用した強化プラスチック（FRP）を使用した。

復元工程順		工程内容
①	破片の選定	搬入当初、短甲の残存部や破片の適切な位置は不明であった。そのため、破片の選定より着手し、始めに短甲の復元展開図を作成することとした。
②	全体型の作成	選定の結果、残存状態の良い破片は、後胴襟部・後胴右押付板・裾板・後胴帯金・一部三角板であることが判明した。この内、裾板・後胴帯金・三角板を使用し、復元用の支持台として全体型を作成した。
③	後胴襟部の復元	残存状態の良い襟部より復元を着手した。襟部分には出土直後の修復に使用した石膏が付着しており、表面観察及びX線透過撮影（写真1右）により革綴部分を覆っていることを確認した。そのため、破片を接合した後に革綴部分を傷つけない程度に石膏をグラインダーで削り落し、目立たないよう平滑にした。
④	後胴の復元	後胴襟部の接合・復元が完了した後、後胴全体の復元を行った。襟部と裾板を型に固定し、全体の高さ・三角板の配列枚数・帯金との重なり等を確認し、各破片の接合を行った。
⑤	前胴の復元	後胴の復元が完了した後、前胴の復元を行った。復元の終了した後胴をそのまま立体型に固定し、脇部の湾曲や板の重なり具合に注意を払い復元を行った。
⑥	古色仕上げ	全体の復元が完了した後、アクリル絵具を用いて復元部分・石膏部分の古色仕上げを行った。

3. 構造

以上の工程により復元を行った結果、前胴竪上3段・長側4段、後胴竪上8段・長側4段からなる胴一連の短甲である事が判明した。しかし、残存部分は少なく詳細な構造が確認できる部分は後胴襟部のみとなる(図1、図2)。全体構造（地板配列・覆輪を含む）を表1に示し、以下に後胴襟部の構造を中心に記す。

後胴襟部の構造　5段構成となり、襟部竪上第5段のU字形帯金を介して後胴本体と連結させる。襟部竪上第1段から襟部竪上第5段U字形帯金までの高さは21.6cmを測り、地板の重なり幅は0.5cm程である。地板間の連結には革紐が用いられ、地板裏面に鋸歯状を呈している（写真1右、襟部模式図)。

襟部竪上第1段　長方形鉄板を半円筒状に湾曲させ左右幅16.3cmに加工する。上下幅は3.4cmを測る。

襟部竪上第2段　5枚の地板で構成され、上端のU字形帯金連結部で幅17.6cmを測る。U字形帯金連結部に連結される地板は、左右方向をL字形に湾曲させ押付板と襟部分との連結の屈曲に合わせる。内寄りの地板は斜辺6.0cm、底辺12.7cm程の三角板を3枚配しており、中央に上向き三角板を配している。

襟部竪上第3段　幅3.3cm、左右19.0cm程の帯金である。両端をU字形帯金に連結する。

襟部竪上第4段　半円形の空間を地板3枚で埋めている。X線透過撮影（写真1右）から、両端の地板はU字形帯金に沿うように連結部分を丸く裁断しているものと推測される。中央には、斜辺6.8cm、底辺14.5cmの下向き三角板を配している。

襟部竪上第5段　地板幅3.3cm、左右幅（襟部竪上第2段上端との連結部）17.6cmのU字形帯金である。

後胴押付板下段に連結する左右の地板　X線透過撮影（写真1左　三角形地板部分）より、3枚の地板が綴じられていることが判明し、この空間には3枚の三角板が配することがわかった。

4. 結言

三角板革綴襟付短甲は特殊な構造を有しており、他の短甲と比較しても特殊な意味合いを持つ短甲と考えられる。今回の復元により、今まで破片の状態で保管されてあった短甲の展示と活用が可能となった。また、部分的ではあるが地板配列が判明したことにより、従来の型式学的配列へ組み込む事が可能となる。特に、後胴襟部の構造が判明した事については、本短甲の製作時期や古墳の築造時期を考察する上での有効な情報になると考えられる。しかし、本報告では、型式学的配列への位置付け及び時期について触れる事が出来なかったため、別稿により改めて考察を行いたい。

本短甲は、自然科学的調査により構造の復元及び調査を行うことが出来た。考古学的知見を抽出する上においても自然科学的手法は極めて重要な側面を持ち、本例はその一側面を反映する事例として示される。

（三角板革綴襟付短甲　正面）

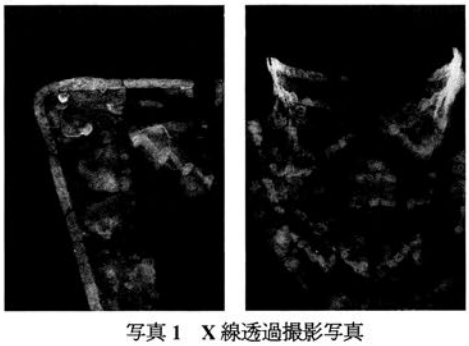


写真1　X線透過撮影写真

襟部模式図(矢印…綴方向)

（三角板革綴襟付短甲　背面）

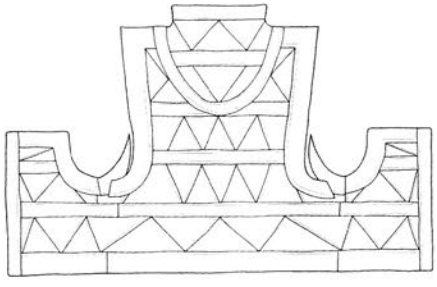


図1 展開模式図(稜線部分…上重ね部分)

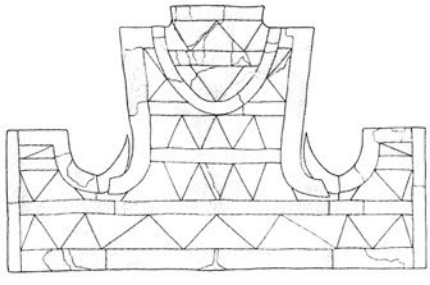


図2 展開模式図(トーン部分…残存部分)

復元法量

前胴復元高	31.8cm	前胴中央にて測定
後胴復元高	48.0cm	後胴中央にて測定
左右復元幅	57.3cm	後胴押付板上端部にて測定
	35.2cm	裾板下端にて測定
前後幅	33.8cm	前胴下端中央から後胴下端中央にて測定

地板

前胴		竪上3段・長側4段
後胴		竪上8段・長側4段
地板配列	B型	小林謙一氏による分類（小林　1974）
地板の連結	各段結合	引合板・帯金・押付板・裾板が三角形地板に上重ね（図1）
	段内結合	引合板に近い地板が上重ね
綴孔の直径	0.2～0.3cm	地板の腐食状況により差がある

覆輪

覆輪技法	革組Ⅲ技法		高橋工氏による分類（高橋　1991）
覆輪孔	直径	0.2cm前後	地板の腐食状況により差がある
	間隔	1.0cm前後	
覆輪方向	前胴押付板		引合板から脇部に向かい施されている
	後胴押付板		左押付板から襟部を経由し、右押付板に向かい施される

＜参考文献＞

小林謙一（1974）「甲冑製作技術の変遷と工人の系統 上・下」『考古学研究 第20巻第4号・第21巻第2号』考古学研究会

北野耕平（1976）『河内野中古墳の研究－野中古墳発掘調査報告書一』

大阪大学文学部国史研究室研究報告第2冊　大阪大学文学部国史研究室

柳本照男・橋本正幸・服部聡志ほか（1989）「摂津豊中大塚古墳」『豊中市文化財調査報告 第20集』豊中市教育委員会

高橋　工（1991）「甲冑製作技術に関する若干の新視点」『盾塚 鞍塚 珠金塚古墳』由良大和古代文化研究協会

奥野和夫・小川暢子（1999）「交野東車塚古墳」『交野市埋蔵文化財調査報告』交野市教育委員会

森　浩一（2003）「失われた時を求めて-百舌鳥大塚山古墳の調査を回顧して-」『堺市博物館報 第22号』堺市博物館

表1 全体構造(右下…参考文献)

平城宮出土土器表面付着物の材料分析
Analysis of surface fouling for Heijyokyu excavated earthenware

○赤田昌倫（奈良文化財研究所）、柳田明進（京都大学大学院）、神野恵（奈良文化財研究所）、渡邊緩子（日鉄住金テクノロジー株式会社）、高妻洋成（奈良文化財研究所）
○Masanori Akada (Nara National Research Institute for Cultural Properties*), Akinobu Yanagida (Kyoto University), Megumi Jinno*, Hiroko Watanabe (NIPPON STEEL & SUMIKIN TECHNOLOGY Co., Ltd.), Yohsei Kohdzuma*

1. はじめに

出土した土器には、表面に漆やアスファルト、炭化物や繊維など様々な有機質物質が付着するものが多く存在する。この中で漆、アスファルトは付着状況や色合いから肉眼観察のみで材料が判断されることもある。奈良文化財研究所では、平城宮の井戸跡から表面に塗膜状の物質が付着した平瓶が出土しており、付着物は漆と推定されていた。この付着物について分析をおこなった結果、カルボン酸塩が検出された。これまで土器表面の付着物にカルボン酸塩が検出された調査報告は少なく、このような土器の具体的な使用用途も不明である。本稿では具体的な分析方法とその結果について報告する。

2. 分析試料

図1は発掘調査現場(井戸跡)の写真、図2は井戸から出土した土器の写真である。この土器は平城京左京三条一坊一坪の井戸から出土した須恵器の一つで、形状から平瓶と判断された。平瓶の口縁外周部からは黒色の塗膜状物質が、口縁内周部からは茶色～黒色を呈した付着物を確認することができた。当初は肉眼観察から漆と推定されていたが、確認のため蛍光X線分析(XRF)，フーリエ変換赤外分光分析(FT-IR)と、付着物中に含まれる有機成分の定性分析を目的とした、熱分解ガスクロマトグラフ質量分析(Pyro-GC/MS)をおこなった。

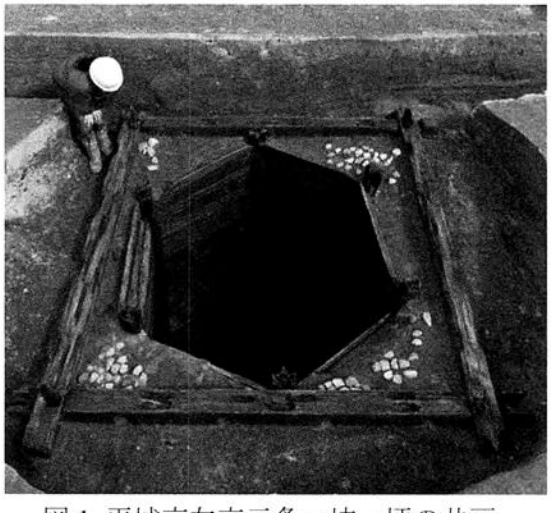


図1 平城京左京三条一坊一坪の井戸

図2 井戸から出土した平瓶

3. 使用分析機器と分析条件

使用した分析機器と分析条件を以下に示す。

XRF：蛍光X線装置 EagleⅢ(EDAX社) 管球：モリブデン 管電圧：20kV 管電流：100μA

FT-IR：ALPHA(Bruker Optics 社) ATR platinum Diamond 1 Reft 分解能：4cm^{-1} 波長領域 4000-370cm^{-1}：スキャン回数：64回

Pyro-GC/MS：フロンティアラボ社製 PY3030D　加熱温度：350℃(熱脱着)，550℃(熱分解)
日本電子製 JMS-Q1050GC

4.　分析結果

図 3 に平瓶付着物 XRF スペクトルを示す。元素分析の結果、外周黒色部と内周茶色部のどちらからも Al, Si, P, S, K, Ca, Fe が検出され、特に鉄が非常に強く検出された。その他の元素では、カルシウムが比較的強く検出されており、塗膜を構成する成分との関連性が考えられた。図 4 に平瓶付着物(外周黒色部)の IR スペクトルを示す。外周黒色部と内周茶色部のどちらからも高端数側に 2925cm^{-1}, 2855cm^{-1} にメチレン基(CH_2)が、低端数側では 1704cm^{-1} にカルボニル基(C=O)の強い吸収が、1580cm^{-1}，1409cm^{-1} にはカルボン酸金属塩(COOM)と推定されるピークが検出された。このことから付着物は油脂などに由来する物質であると考えられた。また、外周黒色部と内面茶色部の IR スペクトルを比較すると、内面茶色部では 750cm^{-1} に強い吸収と 1430cm^{-1} のショルダーピークが検出され、両方のピークから内面茶色部の試料については炭酸カルシウムを含んでいる可能性が考えられた。図 5 に外周黒色部の TIC と各 MS スペクトルを示す。Pyro-GC/MS による分析をおこなった結果、m/z 60($C_2H_4O_2^+$)及び m/z43+57(CnHm)のフラグメントイオンが検出された。このことから付着物は油脂などに由来する脂肪酸に由来する物質であることを確認することができた。

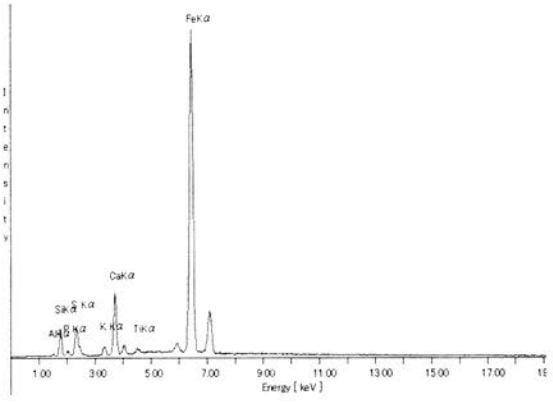


図 3　平瓶付着物(外周黒色部)の XRF スペクト

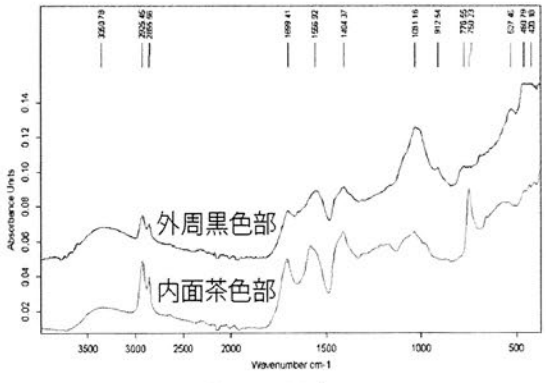


図 4 平瓶付着物(内面茶色部)の IR スペクトル

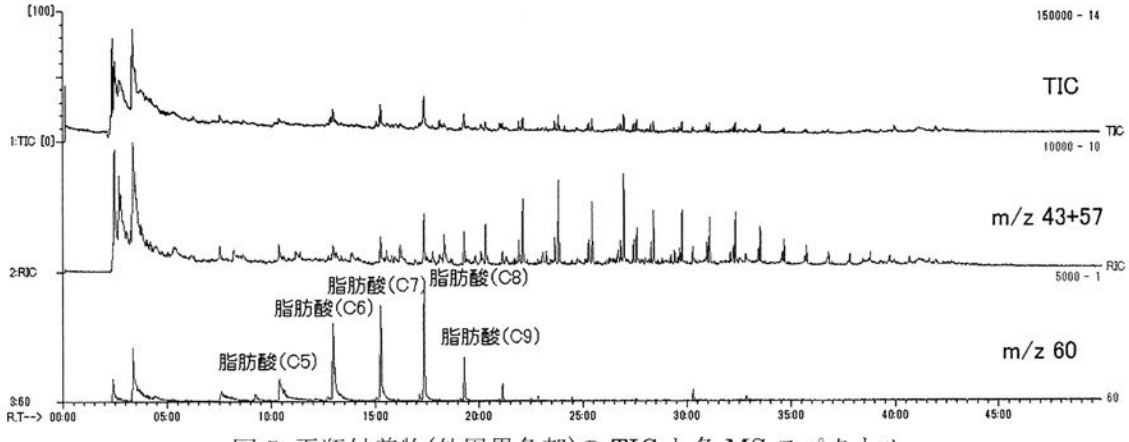


図 5 平瓶付着物(外周黒色部)の TIC と各 MS スペクトル

5.　まとめ

各分析の結果から、平瓶の付着物は漆ではなく、油脂などの脂肪酸に由来する物質であることがわかった。今後の課題としては、外周部と内周部での色調の違いと、平瓶の具体的な用途について明らかにしていきたい。

江戸の墓から出土した数珠の材質

Materials of rosaries excavated from coffins in Edo (Tokyo)

鈴木伸哉（日本学術振興会特別研究員 [PD]・首都大学東京）
Shinya Suzuki (JSPS Research Fellow; Tokyo Metropolitan University)

はじめに

一定の数の小さな珠を糸や紐で繋いで環状にした仏具である数珠は、東京都内地域ではすでに17世紀初めの時点で一般的な都市住民層の墓地遺跡から数多く出土することから、この時期には多くの人々の間に普及していたことが明らかである。数珠が副葬される事例は江戸時代を通じて見られ、またその事例は町人層から徳川将軍家まで、幅広い身分・社会的階層にわたる。材質は木製のものが大半を占め、この他にガラスまたは水晶製、種実製のものがある。一方、近世墓の調査・研究においては、寺院の格式や埋葬施設の形態・規模から導き出される被葬者の身分・社会的階層と、埋葬施設内から出土する副葬品から類推される被葬者の生前の持ち物の材質との関連の有無が問題とされるが、数珠の材質についての詳細な検討はほとんどなされておらず、明らかでない部分が多く残されている。こうしたなか本研究では、近世の江戸における複数の墓地遺跡から出土した木製・種実製数珠の樹種同定を中心とした材質の分析をおこない、当時の江戸における数珠の素材選択の様相についての検討をおこなった。

対象遺跡の概要と調査方法

対象としたのは東京都内の2つの墓地遺跡である。台東区下谷同朋町遺跡（加藤建設株式会社, 2010）は17世紀の正行寺または真行寺のものに比定される墓地遺跡で、埋葬施設は円形木棺と方形木棺が主体をなす。新宿区崇源寺・正見寺跡（鈴木・能城, 2006・2012）は17世紀後半から19世紀にかけて形成された2軒の寺院の墓地遺跡で、埋葬施設は円形木棺と方形木棺、甕棺が主体となる。

これらの遺跡の埋葬施設から出土した木製数珠のうち、遺構ごとに1点～数点を抽出し、徒手により採取した木材組織切片を光学顕微鏡下で観察して樹種を同定した。

結果と考察

下谷同朋町遺跡では65点の樹種を同定した結果、広葉樹14分類群が認められた（表1）。このうちサクラ属が16点と最も多く、カキノキ属（10点）、ナシ亜科（9点）、クワ属（7点）、ハンノキ節（6点）と続く。崇源寺・正見寺跡では143点の樹種を同定した結果、広葉樹16分類群が認められた（表2）。このうちモチノキ属が49点と最も多く、サクラ属とハンノキ節（20点）、ヤナギ属（19点）、ナシ亜科（16点）、カキノキ属（11点）と続く。

両遺跡で認められた数珠の材質は多種類にのぼり、他の遺物には用いられないような樹種を多く含む独特の素材選択の傾向が認められた。両遺跡に共通する樹種は多いが、そのなかにも多寡が認められるものがあり、その背景には地域差や寺院の宗派の差などの要因が想定される。

埋葬施設の種別ごとに見ると、いずれの遺跡においても円形木棺と方形木棺・甕棺といった埋葬施設の種類を超えた共通性が認められ、身分・階層に関わらず多用された樹種があった模様である。両遺跡において多産したサクラ属やナシ亜科の木材を用いた数珠は、寛永寺徳川将軍家墓所から出土した木製数珠にも認められており（鈴木・能城, 2012）、こうした素材の数珠は幅広い身分・社会的階層の人々に用いられていたことがわかる。また、マメ科のカリン *Pterocarpus indicus* は日本列島には自生せず、唐木として

知られる。こうした希少な樹種を使った数珠が、両遺跡では円形木棺という一般的な埋葬施設の被葬者に副葬されていたことから、当時の身分制度に規定されない、幅広い素材選択の余地があったものと考えられる。

18 世紀はじめの『和漢三才図会』（寺島, 1712）や、明治期の東京における用材選択の様相を記録した『木材之工芸的利用』（農商務省山林局, 1912）には、両遺跡で認められていないような樹種も含めた、多様な素材選択の様子が記されている。こうした史料に記載された素材と実際の出土例との異同も含めた、素材選択の背景について明らかにしていくことが期待される。

本研究には日本学術振興会科学研究費補助金（23・5811）の一部を用いた。

表 1　台東区下谷同朋町遺跡から出土した数珠の樹種

分類群/埋葬施設	円形木棺	方形木棺	直葬
ハンノキ節	6		
クリ	1		
スダジイ	1		
ムクノキ	3		
クワ属	7		
カツラ	1		
サクラ属	13		3
ウメまたはモモ	3		
クマノミズキ類	1		
ナシ亜科	6	3	
イヌエンジュ	1		
カリン	2		
モチノキ属	4		
カキノキ属	5	5	
ジュズボダイジュ果実	4		
ボダイジュ果実	4		1

表 2　新宿区崇源寺・正見寺跡から出土した数珠の樹種

寺院	崇源寺				正見寺			
分類群/埋葬施設	円形木棺	方形木棺	甕棺	他	円形木棺	方形木棺	甕棺	直葬
ヤナギ属	5	2			1	1		
ハンノキ節	11	2	2	1	1		2	1
ムクノキ	2							
エノキ属	1							
クワ属	1							
シキミ	1						1	
サクラ属	15	1		2	1		1	
モモまたはウメ	1	2	1			2	1	
ナシ亜科	9	3	2	1	1			
イヌエンジュ	1							
フジキ	1							
カリン	1							
トチノキ	1							
モチノキ属	20	6	6	3	9		5	
ミズキ							1	
カキノキ属	5	1	3	1			1	

敦煌莫高窟第 285 窟北天井に描かれた禅定比丘像の彩色技法

Coloring techniques adopted for the images of meditating monk on the north wall in Mogao cave 285

○井上優子（東京学芸大学大学院）、皿井舞（東京文化財研究所）、崔強（敦煌研究院）、張文元（同）
○Yuko INOUE(Tokyo Gakugei University),Mai SARAI(National Research Institute for Cultural Properties,Tokyo), CUI Qiang, ZHANG Wenyuan (Dunhuang Academy)

1.はじめに

敦煌莫高窟は中国・甘粛省の西北部に位置する仏教石窟寺院遺跡である。開鑿以来 1600 年を経た現在でも多くの壁画や彩色塑像が残る、歴史的にも文化的にも価値のある遺産である。6 世紀半ば頃にひらかれた第 285 窟を対象に、2006 年以来、東京文化財研究所と敦煌研究院により壁画の制作材料と技法に関する共同研究が行われてきた。壁画の彩色は、長期にわたる色料の経年変化により変退色してしまっている。制作当初の色彩を推定することは、絵画表現を考察する上で意義があり、壁画の制作集団や制作順序などといった制作背景を明らかにしていく上でも重要な手掛かりとなる。これまでの研究によって、第 285 窟の壁画は、表現様式、彩色材料や技法によって幾つかのグループに分けられることが明らかになってきた。そこで本研究では、さらに第 285 窟の制作手順に踏み込んだ考察をおこなうために、禅定比丘というモチーフに注目した。この禅定比丘像は、第 285 窟の東西南北の天井すべてに共通して描かれるモチーフである。なかでも北天井に描かれた 10 体の禅定比丘像は、描き手が複数のグループに分かれることが目視観察により認識できる。そこで、非接触分析調査を実施し、北天井の禅定比丘像に使用された彩色材料・技法を推定したうえで、これらの色彩表現に関する特徴について考察を行った。

2.調査対象および手法

本研究の対象は、第 285 窟の北天井下縁部の壁画（図 1 参照）である。山中の龕のなかで瞑想する禅定比丘が等間隔に 10 体描かれている。本研究では、特に禅定比丘、山岳、樹木といったモチーフに注目した。

これまでの光学的調査（正常光、紫外線蛍光写真撮影）による彩色の様式の分類をもとに、可視光下における肉眼観察、デジタル顕微鏡による壁画表面の観察、携帯型蛍光 X 線分析および分光反射率測定よる非接触調査を実施し、使用された彩色材料および技法を推定した。

3.結果と考察

理化学分析から、使用された彩色材料と技法を推定した。禅定比丘像の彩色では、赤系統の色相には、酸化鉄系の赤色顔料、水銀朱、鉛丹および赤色の有機色素による色料、緑系統の色相には、石黄、銅化合物による緑色顔料、青系統の色相には、インディゴおよびラピスラズリによる青色顔料の使用が推定される。本壁画においては、これらの顔料が単独で用いられる場合や、いくつかの顔料を組み合わせて彩色がなされている場合がある。大きくは、赤～橙色の色相を呈していたものと緑～青色の色相を呈していたものの 2 種に大別できる。北天井に描かれた 10 体の禅定比丘像はいずれも、複数の彩色材料を組み合わせて着彩されており、各像によって使用された材料の組み合わせが異なっている点に特徴がある。

まず、赤～橙色の色相に用いられた彩色材料に着目した。同じ赤色表現でも、その材料の塗り重ね方は一様ではない。北天井禅定比丘像で用いられた赤色材料を表 1 にまとめた。n01～02 では、彩色の下層に鉛丹、その上層に水銀朱が塗布される二層構造となっている。これに対し n03～10 では、第一に水銀朱がまったく用いられていないことが指摘できる。

また後者では、彩色の下層に酸化鉄系の赤色顔料が用いられることもある。この場合、その上層には鉛丹や有機色料による赤色色料が塗布される。こうした赤色顔料の使用特性から、これらの禅定比丘像はまずは大きく n01～02、n03～10 の二つに分類することができる。なお、こうした赤色表現の特徴は、天井部分より下方の北壁の壁画の特徴とも連関しており、北壁の制作手順を考えるうえで重要な点である。

次に、山岳の彩色表現に着目する。第 285 窟の北天井下縁に描かれた山岳のモチーフは、同系統の色相を縞状のグラデーションに彩色している。そのなかでも青色系統の彩色がなされた山岳においては、銅化合物による緑色顔料とラピスラズリという 2 つの材料を用いながら、それぞれの山でその塗布の仕方に違いがあり、技法が異なっている点に注目される。その一つ目は、モチーフ全体に緑色顔料を塗布した上に、縞模様をなす部分にのみラピスラズリが塗り重ねられているものである。もう一つは、塗り重ねをせずに縞模様を緑色顔料とラピスラズリとで塗り分けているものである（表 2）。前者は n01～07、後者は n08～10 でみられる特徴であり、それぞれで緑色顔料を塗布する範囲が異なっている。この彩色技法の違いからは n01～07、n08～10 に分類することができると考える。

以上、2 点の考察結果を総合すると、使用された彩色材料の組み合わせと塗布の方法によれば、n01～02、n03～07、n08～10 に分類される。

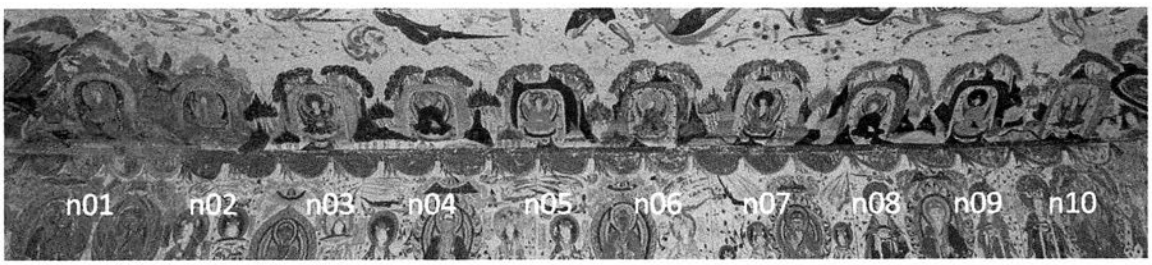


図 1　禅定比丘像（北天井）

表1 北天井禅定比丘像の赤色彩色技法

禅定比丘	n01		n02		n03		n04		n05			n06		n07		n08		n09			n10	
図案	山	頭	山	衣	山	頭	山	衣	山	龕	頭	山	衣	山	頭	山	衣	山	龕	頭	山	衣
上層	◎	◎	◎	◎	●	●	●	●	●	●	*	●	*	●	●	●	●	●	●	●	●	*
下層	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

山：龕周囲の山岳　　●：鉛丹
頭：禅定比丘の頭光　　◎：水銀朱
衣：禅定比丘の衣　　○：酸化鉄系赤色顔料
　　＊：有機色料

表2 青色系統の色を呈する山岳における複数の色料の併用方法

禅定比丘	n01	n02	n03	n04	n05	n06	n07	n08	n09	n10
ラピスラズリと銅系緑色顔料	塗り重ね	塗り重ね	塗り重ね	塗り重ね	塗り重ね	塗り重ね	塗り重ね	塗り分け	塗り分け	塗り分け

4.まとめ

敦煌莫高窟第 285 窟北天井に描かれた 10 体の禅定比丘像を対象として調査を実施し、図案を構成するモチーフに使用された彩色技法を検討した。使用された彩色技法の違いから北天井に描かれた禅定比丘像は n01～02、n03～07、n08～10 の 3 つに分類することができる。明らかになった彩色技法の使用特性は、壁画の制作集団や制作順序などといった制作背景が異なることに由来するものと推察した。

本研究は、東京文化財研究所と敦煌研究院による日中共同研究「敦煌莫高窟壁画の保護に関する日中共同研究」の一環として行われた。

キトラ古墳壁画の材料調査 2
-玄武像の可視分光分析調査-
Analyses of Mural Paintings of Kitora Tumulus 2
-Visible Spectroscopy to Genbu-

○赤田昌倫* 、吉田直人**、高妻洋成*、早川泰弘**、降幡順子*、脇谷草一郎*、田村朋美*、辻本與志一*、岡田健**、朽津信明**、江村知子**、早川典子**、宇田川滋正***、建石徹***
*奈良文化財研究所 **東京文化財研究所 ***文化庁

○Masanori Akada (Nara National Research Institute for Cultural Properties*), Naoto Yoshida(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo**), YohseiKohdzuma*, Yasuhiro Hayakawa**, Junko Furihata*, SoichiroWakiya*, Tomomi Tamura*, Yoshikazu Tsujimoto*, Ken Okada**, Nobuaki Kuchitsu**, Tomoko Emura**, Noriko Hayakawa**, ShigemasaUdagawa*** (Agency for Cultural Affairs***), Toru Tateishi

1.はじめに

キトラ古墳壁画は石室から取り外され、高松塚古墳壁画修理施設に保管されている。各図像は修理を行うための材料調査を行なっており、その一貫として、彩色材料同定のための情報取得を目的とした可視反射スペクトル測定を前年度より開始した。これまでに、全図像のうち北壁玄武像、西壁白虎像、東壁青龍像を対象とした測定を完了し、スペクトル解析を順次行なっている。本発表ではこのうち、北壁玄武像の彩色部分における可視反射スペクトルから得られた知見について報告を行うこととする。

2.測定方法

可視反射スペクトル測定は、Y字型光ファイバーユニットを取り付けた日本分光製分光光度計MV-2020（プローブ光源内蔵）を使用し、非接触で実施した。測定条件は次のとおりである。

測定波長範囲：400-968nm　測定距離：3 cm　プローブ光照射径：φ1mm　測定時間：500msec×120回

まず、玄武像を詳細に観察し、全体に使われている色を網羅的に測定することを心がけた。その上で、可能な限り漆喰が平滑な場所を精査してプローブ光を照射し、室内照明を消灯してスペクトル測定を行った。測定箇所は、ファイバーユニット先端部に取り付けた小型CCDカメラによってデジタル画像として記録した。測定箇所は図1に示す12箇所であり、各箇所の目視での色は表1のとおりである。

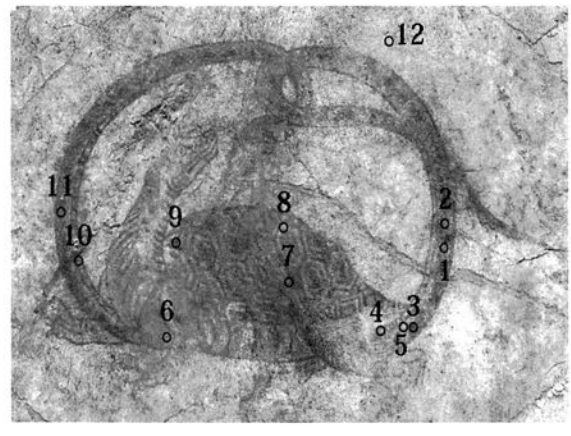


図 1 玄武像スペクトル測定箇所

3.測定結果

12箇所のスペクトルは、現時点での色情報として記録すると同時に、彩色材料の種類に関わる

情報として分析を進めている。このうち、目視で黄色と認識された4箇所のスペクトルを図2に示す。目視観察では図像右下『蛇腹部』の測定地点5と、図像中央『亀甲紋』の測定地点8がやや薄い黄色を、図像左下『亀腹部』の測定地点6と、図像左中央『蛇紋部』の測定地点11は濃い黄色を呈している。濃淡の違いはあるが、４箇所については共通して450nm付近に小さな反射極大、および580～600nm付近に変曲点が認められた。

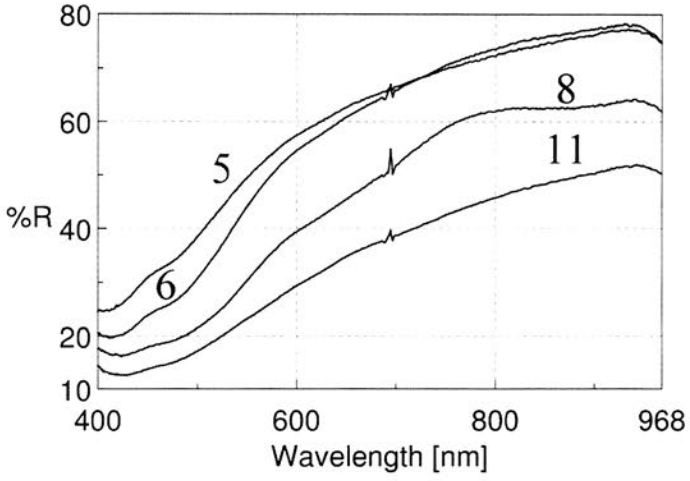


図２ 玄武像黄色箇所の可視反射スペクトル

表１ 玄武像の測定箇所と色調

測定地点	名称	色調
1	蛇紋部	緑色
2	蛇紋部	緑色
3	蛇紋部	黒線
4	蛇腹部	赤色
5	蛇紋部	黄色
6	亀腹部	黄色
7	蛇尻尾	赤色
8	亀甲紋	黄色
9	亀甲紋	黒線
10	蛇腹部	赤色
11	蛇紋部	黄色
12	漆喰部	乳白色

これらの特徴から材料の同定を試みるために、漆喰に顔料である黄土（図3）、また染料である鬱金、刈安、黄蘗、梔子を塗布したサンプルのスペクトル（図4）と比較した。その結果、玄武像の黄色箇所のスペクトルと同様の特徴を示すのは黄土のみであることが分かった。現在、他の黄色材料のスペクトルとの比較も進め、さらに検討を行なっている。

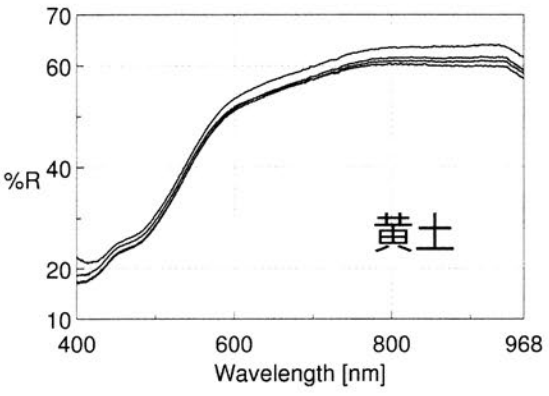


図３ 黄色系顔料 黄土 可視反射スペクトル

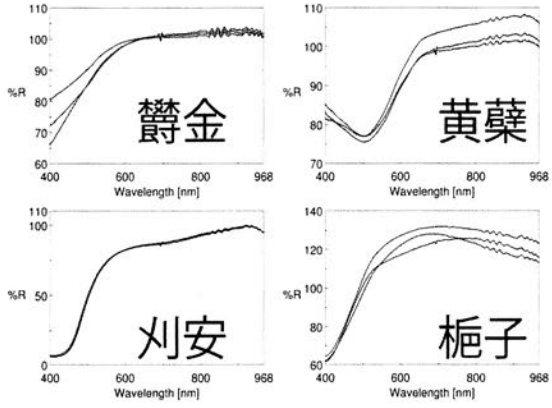


図４黄色系染料 可視反射スペクトル

また、他の色に関しても、彩色サンプルのスペクトルとの比較や二次微分スペクトルからの検討を進めており、有用な知見が得られつつある。

桃山文化期における輸入漆の調達と使用に関する調査 （Ⅲ）

Study on Urushi Paints Used in the Momoyama Cultural Period (Ⅲ)

○ 北野信彦(東京文化財研究所)、竜子正彦(京都市埋蔵文化財研究所)、小檜山一良(同左)
本多貴之(明治大学)・宮腰哲雄(同左)
○ Nobuhiko Kitano(National Research Institute for Cultural Properties ,Tokyo)
Masahiko Ryoko, Kazushige Kohiyama (Kyoto City Archaeological Research Institute)
Takayuki Honda, Tetsuo Miyakoshi (Meiji University)

1、目的

寛永 16 年(1639)の鎖国令以前のいわゆる「桃山文化期」は、日本の文化史上において最も漆塗料が必要とされた時代の一つである。この時期の漆塗料の調達に関連して平戸及び長崎のオランダやイギリス商館長日記などの文献史料は、大量の漆塗料が東南アジアから輸入されたことを記録している。報告者らは、本学会 2006 年の第 23 回大会および 2010 年の第 27 回大会において京都市中の旧柳池中学構内遺跡から出土した四耳壺や各種漆工用具に付着固化していた黒漆様樹脂の分析調査を行った。その結果、日本・中国産漆塗料のウルシオール成分以外に、東南アジア産漆塗料に特徴的なチチオールおよびラッコール成分も検出された。そのため、桃山文化期の京都市中においては、何らかの輸入漆塗料を使用した漆工産業が存在した可能性は指摘された。しかし、この時点では輸入漆塗料の使用状況の実態は不明であった。本発表では、その後の調査成果として、文献史料とともに新たに東南アジア産の輸入漆塗料を使用した物的証拠の一つである出土資料を幾例か確認したので、その結果を報告する。

2、調査対象資料

・輸入漆塗料が付着したタイ産四耳壷片や漆工用具と同一遺構から一括出土した漆器資料など
・寛永 13 年～18 年(1636～1641)の平戸オランダ商館の輸出入物資仕訳帳など（文献史料）

3、調査結果

(1) ここ数年来、報告者らの輸入漆塗料の発表を受けて、イギリスのビクトリア＆アルバート美術館、フランスのルーブル美術館、アメリカのゲティ―財団美術館所蔵の輸出漆器などにタイ・カンボジア・ビルマ産漆塗料に特徴的なチチオール成分が検出されたという報告が海外において為されている。ただし、これらはいずれも一回は日本から海外に招来された資料群(厳密にはヨーロッパで東南アジア産漆塗料を使用した塗装修理が行われた可能性を否定しがたい資料群)である。報告者らも南蛮漆器などの調査を実施しているが、4 試料中の 3 試料からチチオールを検出した。

(2) 輸出入物資仕訳帳によると、平戸オランダ商館は寛永 12 年(1635)12 月 21 日に京都のマキヤ(蒔屋)シエモンから漆器 94 個購入し、同 12 月 28 日に黒漆を 95 斤販売している。その他の漆塗料は京都の商人への専売であった。また寛永 17 年(1640)8 月 10 日には、カンボジアから平戸に入港したフライト船カストリクム号の積荷には黒漆収納用壷 1205 個(616 テ―ル 14 マー

ス)が含まれており、一連の出土四耳壷はこれに相当しよう。 一方、蒔屋シエモンから平戸オランダ商館が購入した漆器には、南蛮様式の初期輸出漆器の形態を呈する櫃・箪笥・書見台・机などとともに、一般什器の椀・膳・重箱・耳盥なども含まれていた。

(3) 旧柳池中学構内遺跡ゴミ穴廃棄土壙から一括で出土した資料のなかには轆轤挽き物の椀未製品が1点含まれていた(写真 1,2)。また鶴亀朱漆器椀や耳盥の把手部材、黒漆塗曲物板未製品の漆塗膜試料から、チチオール成分が検出された(写真3,4,5,6,図1)。このことは、螺鈿や蒔絵加飾を多用した南蛮様式の初期輸出漆器とは異なる一般什器としての漆器の形態を呈する近世出土漆器にも、日本産漆塗料だけではなく、東南アジアから輸入された漆塗料が日本国内において使用されたことを示す具体的な結果である。これらの出土漆器資料が国内向けに生産された什器なのか、文献史料に登場する南蛮様式の漆器以外の初期輸出漆器に相当するのかの検証は、今後の調査課題である。

(参考文献)

平戸市史編さん委員会(2004,2010,2012)『平戸市史 海外史料編Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ』平戸市

京都市埋蔵文化財研究所 (2004)『平安京左京三条四坊十町跡』

北野信彦編 (2011)『桃山文化期における漆文化の実態に関する文化財科学的研究』pp.114、東京文化財研究所

(図版一覧)

写真 1：未製品の木地碗

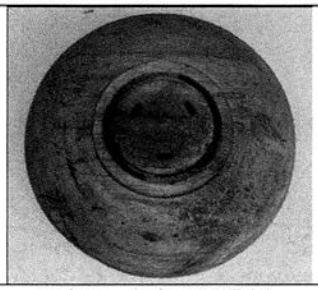


写真 2：参考の民具例
(岩手県浄法寺周辺塗蔵)

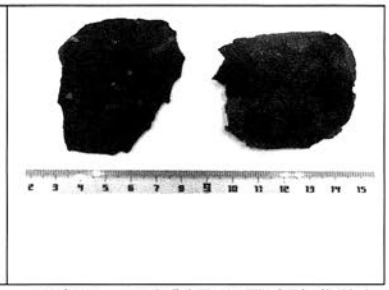


写真 3：同未製品の黒漆塗曲物板
(チチオール＋ウルシオール)

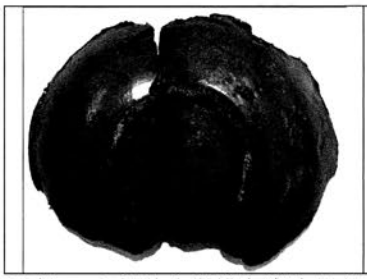


写真 4: 旧柳池中学構内遺跡出土の鶴亀文様朱漆器椀

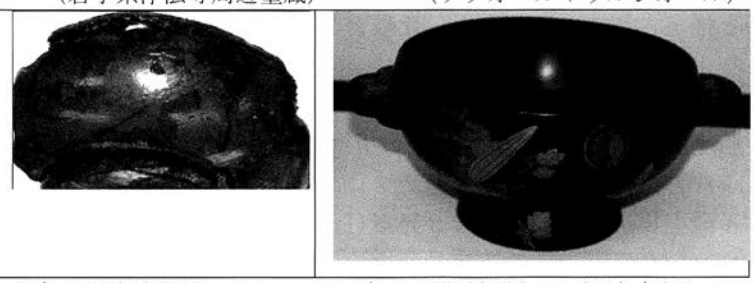


写真 5:耳盥(角盥)の一例(参考例)

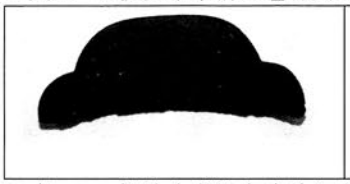


写真 6: 旧柳池中学構内遺跡出土耳盥(角盥)取手部分

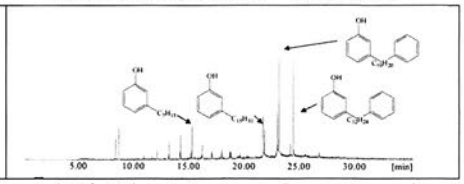


図 1:分析結果(チチオール＋ウルシオール)

徳川将軍家の器
―江戸城から出土した有田磁器と景徳鎮磁器の科学分析―

The wear of the Tokugawa Shogun
―Scientific analyses of Arita porcelain and Jingdezhen porcelain from Edo Castle―

○新免歳靖（東京文化財研究所）、水本和美（千代田区立日比谷図書文化館・東京藝術大学）、
二宮修治（東京学芸大学）
○Toshiyasu Shinmen (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Kazumi Mizumoto (Chiyoda City's Hibiya Library & Museum, Tokyo University of the Arts),
Syuji Ninomiya (Tokyo Gakugei University)

1．はじめに

東京都千代田区江戸城跡・汐見多聞魯台石垣の発掘調査によって、石垣背面から大量の陶磁器が出土した。磁器類だけを見ても明末・明初の中国景徳鎮青花、中国福建青花、中国龍泉青磁、朝鮮白磁、日本の肥前有田磁器など多様な磁器が出土している。これらの陶磁器群は、明暦の大火（1657年）以前に徳川将軍家によって用いられたものと推定されており、当時の最高級品が多数含まれている。また、日本における磁器生産が朝鮮系技術から中国系技術にシフトした1640～1650年代の有田磁器が一括して含まれており、中国から日本への磁器製作技術の伝播を考える上でも重要な資料と位置付けられる。そこで、本研究では、日本の有田磁器、中国の景徳鎮磁器を中心に、胎土、透明釉薬・青色顔料、色絵具について自然科学分析を行い、両産地の技術的な関係を明らかにするための比較を行うとともに、基礎データの収集に努めた。

2．分析資料

分析資料は合計 49 点である。分析にあたり、「CEU」に番号を付し、分析資料番号とした。日本の肥前有田磁器は 15 点（染付 7 点、色絵 7 点、瑠璃釉 1 点）で、1630～50 年代に製作されたものである。一部が佐賀県有田町猿川窯、窯ノ辻窯、楠木谷窯の製品と同定されている。色絵磁器には古九谷様式と従来、松ヶ谷様式とされた色絵がある。中国磁器は 31 点（景徳鎮磁器 28 点、福建磁器 3 点）である。景徳鎮磁器は、明初（15 世紀前半）の青花磁器が 2 点で、それ以外は明末（17 世紀前半）の青花 20 点、色絵 3 点、白磁 3 点である。福建磁器の内 2 点は漳州窯産と推定されている。また、比較として朝鮮半島産の白磁 2 点、産地不明の磁器 1 点を加えた。

3．分析方法

胎土分析には、ICP 発光分光分析（ICP-AES、セイコー電子工業製 SPS1700）を用いた。資料から小片を分取後、粉末化し、テフロン加圧分解容器による酸分解法で溶液化した。測定元素は、ケイ酸塩物質の主成分元素 8 元素(Ti、Al、Fe、Mn、Mg、Ca、Na、K)、微量成分元素 2 元素(Sr、Ba)の計 10 元素である。定量分析の標準試料には、GSJ(Geological Survey of Japan：独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)の標準岩石 JB-1a(玄武岩)と JG-1a(カコウ閃緑岩)を用いた。

釉薬と顔料（色絵具）の分析には、エネルギー分散型蛍光X線分析（SII ナノテクノロジー製 SEA5120S）を用いた。資料表面をエタノールにて洗浄後、非破壊で分析した。測定元素は、ガラスの主成分元素 9 元素(Si、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K、Pb)、微量成分元素 8 元素(Mn、Co、Ni、Cu、Zn、As、Rb、Sr)の計 17 元素で、この元素の酸化物の和が 100%になるように FP（ファンダ

メンタルパラメーター）方式で定量した。また、NIST(National Institute of Standards and Technology)、SGT（Society of Glass Technology）の標準ガラス資料を用い規格化した。

4．分析結果・考察

4.1.　胎土分析

分析資料の化学組成の特徴を明らかにし、分析資料の異同を検討するために、測定元素濃度によるクラスター分析を実施した（図１）。朝鮮磁器２点は、Al_2O_3の濃度が約40%と他と明らかに異なる化学組成のため除外した。

その結果、大きくＡ～Ｄの４クラスターに分類することができた。Ａ～Ｃが中国磁器、Ｄが有田磁器によって構成されており、この結果から、17世紀前半の中国磁器と有田磁器は磁器胎土の化学組成によって明確に分類できることが明らかとなった。

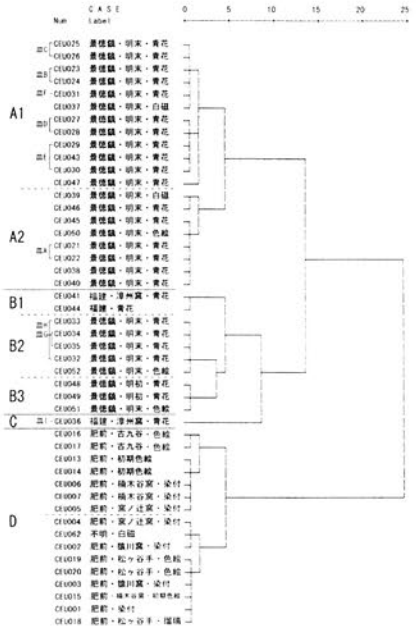


図１　クラスター分析結果

4.2.　透明釉薬および青色顔料

①透明釉薬　有田磁器、景徳鎮磁器のいずれもCaOを主成分とする石灰釉薬であった。主成分元素の化学組成では、非破壊分析であることもあり、明確な分類は難しかったが、微量成分ではMnO濃度が、有田磁器の方が高い（有田磁器の平均濃度 0.23%、景徳鎮磁器の同 0.09%）という傾向が認められた。また、有田磁器と中国磁器全般ではRb_2OとSrOの含有量に顕著な差異があり（図２）、両元素によって明確に分離できることが明らかとなった。

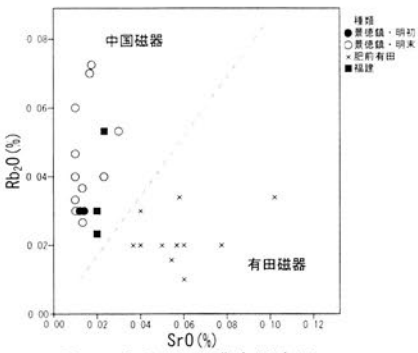


図２　SrO-Rb_2O濃度分布図

②青色顔料　青花および染付に使用された青色顔料については、Mn・Fe・Coの濃度比から検討した（図３）。その結果、西アジア産のコバルト（回青）を使用していると推測される明初の景徳鎮磁器２点と、中国産コバルト（呉須）を使用していると推測される中国および有田磁器に分類された。これらの分布域から外れる３点については、釉薬中のFeやMnの含有量が影響した可能性がある。

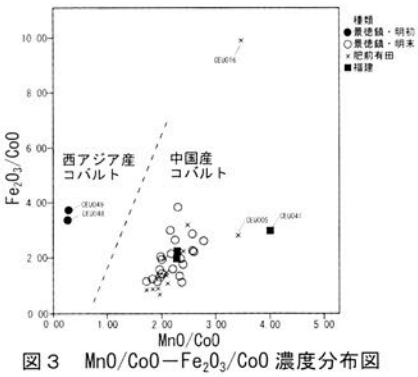


図３　MnO/CoO－Fe_2O_3/CoO濃度分布図

4.3.　色絵具

有田磁器の色絵では、赤色と黄色からFe、緑色からCu、黒色からMnとFeが検出され、従来の分析と整合性のある結果となった。また、景徳鎮磁器も同様である。

今回の分析で特徴的なのは、赤色と他の色でPb含有量に顕著な差異が認められた点である。CEU019（松ヶ谷様式）では、黄色や緑色の絵具が約50%のPbOを含むのに対し、赤色は約１%とほとんど含んでいない（図４）。この点は有田、景徳鎮の両者に共通し、色絵技術の関係性を示唆する証拠となりえる結果と考えている。

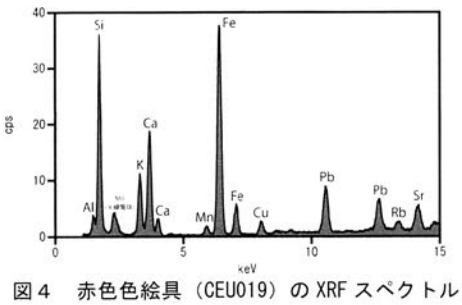


図４　赤色色絵具（CEU019）のXRFスペクトル

異なる漆種の混合膜の化学分析

Chemical analysis of mixture film of two kinds lacquer

○伊郷宗一郎（明治大学）、本多貴之（同左）
○Soichiro Igo, Takayuki Honda (Meiji university)

1. 緒言

代表的な文化財材料のひとつである漆の化学分析は、主にフーリエ変換赤外分光法 (FT-IR) や熱分解ガスクロマトグラフ質量分析法 (Py-GC/MS) を用いてこれまで行われてきた[1,2]。これらの分析法を用いることにより漆中の主成分である油状物質（ウルシオール・ラッコール・チチオール）の特徴を捉え、その漆の産地を同定することが可能である。しかし、文化財に用いられている全ての漆の正確な産地を特定するまでには至っていない。これは劣化が大きく進行し化学構造が変化したと推測される漆膜や、過去の漆器製作者が用いた技法で作られた漆膜に関しての材料分析が未だ盛んに行われていないからである。そこで本研究では、文化財材料である漆の産地同定の際に用いるデータベースを構築する目的で、中国・ベトナム・ミャンマー産の漆の混合膜に対して FT-IR と Py-GC/MS を用いた化学分析を行った。

2. 実験

酸化重合が進み、十分に硬化している漆膜 (Table) を試料として用いた。実際の文化財に用いられている漆の状態に試料を合わせるため紫外線照射装置 (HANDY UV 800, オーク製作所)を用いて 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 時間の紫外線照射を行った。その後、ATR 法による膜表面の FT-IR 分析と、 φ2mm に切り抜いた漆膜の Py-GC/MS 分析を行った。

Table Film deposition conditions

Entry	Sample[1)]	Mixing ratio [wt%]			Creation Date
		Chinese lacquer[2)]	Vietnamese lacquer[3)]	Myanmar lacquer[2)]	
1	Pure lacquer	100	0	0	2010/7/13
2		0	100	0	2009/5/21
3		0	0	100	2008/5/26
4	Mixture lacquer	50	50	0	2008/10/16
5		50	0	50	2008/6/23
6		0	50	50	2008/10/14

1)Drying conditions : 25 °C, 70%RH, Film thickness : 76 μm 2)Bought at Minowashikko 3)Bought at Dohichusyoten

3. 結果と考察

Fig. 1 に FT-IR 分析の結果を示す。紫外線照射前では、Entries 1~3 より中国産漆膜はベトナム・ミャンマー産漆膜に比べて 2925~2855, 1450 cm^{-1} 付近のアルカンのピークの強度が弱く、またミャンマー産漆膜には 750, 700 cm^{-1} 付近のベンゼン環に由来するピークが確認できた。これらは既に報告されている漆の主成分の構造に一致する。Entries 4~6 では、Entry 4 のみアルカンのピークが弱く、また Entry 5, 6 にはベン

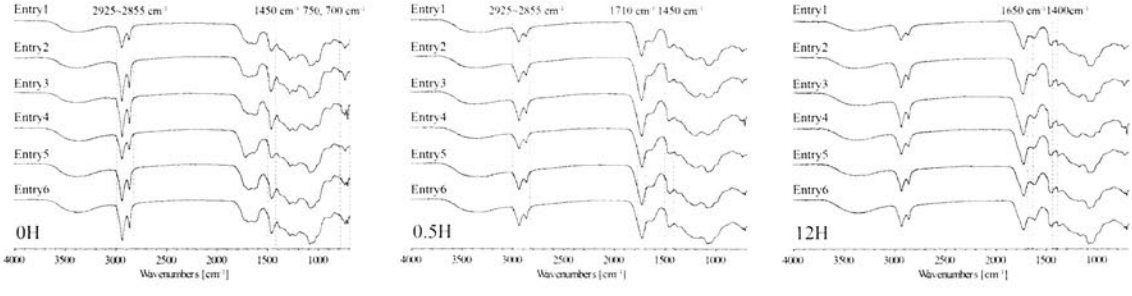
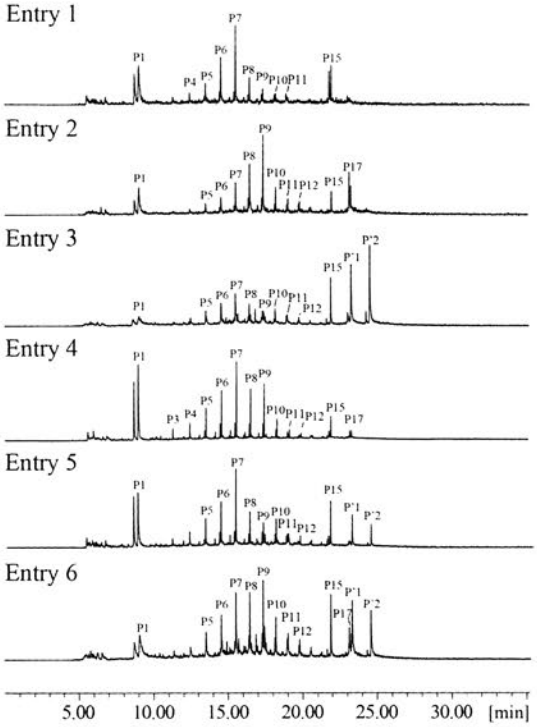


Fig. 1 FT-IR spectra of Entries 1~6 (UV irradiation time = 0, 0.5, 12 hours)

ゼン環に由来するピークが確認できた。したがって、Entries 4~6 は混合した漆の特徴をもった FT-IR スペクトルとなっていることが確認できた。紫外線を 0.5 時間照射したものでは Entries 1~6 全てにおいて 2925~2855, 1450 cm^{-1} 付近のアルカンのピークの強度が減少し、 1710 cm^{-1} 付近のカルボニルのピークの強度が増加するといった一般的な漆の劣化反応が確認され、漆の種類による大きな差異は見られなかった。紫外線を 1~12 時間照射したものでは 1650, 1400 cm^{-1} 付近のアルケンのピークの緩やかな減少が確認され、同じく漆の種類による大きな差異は見られなかった。

Fig. 2 に紫外線照射前の漆膜の Py-GC/MS 分析より得られた m/z 108(alkylphenol) のイオンクロマトグラム (I.C.) を示す。 Entries 1~3 では、各漆の主成分であるウルシオール・ラッコール・チチオールのモノマーのピーク (P15, P15・P17, P'1・P'2) と、その熱分解片であるピーク (P1~11, P1~12, P1~15) が確認できた。熱分解片はモノマー中の側鎖の二重結合の位置によりそのピークの相対強度が変化し、中国産漆では P7 、ベトナム産漆では P9 、ミャンマー産漆では P7, P15 が大きく現れるという特徴が確認できた。漆の産地同定はこれらモノマーとその熱分解片の特徴より行われているのが現状である。

Entries 4~6 について、Entry 4 では P15, P17 のピークの存在と、 P7, P9 のピークの相対強度が大きいことが確認できた。 Entry 5 では P15, P'1, P'2 のピークの存在と、 P7、P15 のピークの相対強度が大きいことが確認できた。 Entry 6 では P15, P17, P'1, P'2 のピークの存在と、 P7, P9 のピークの相対強度が大きいことが確認できた。したがって、混合膜では混合した漆の特徴が現れていることが確認できた。



Peak indexation as P1~17 : Methylphenol~Heptadecylphenol
P'1 : 10-Phenyldodecylphenol P'2 : 12-Phenyldodecylphenol

Fig. 2 I.C. (m/z 108) of Entries 1~6
(UV irradiation time = 0 hour)

このことから 2 種類の漆を混合して文化財に使用されていた場合であっても、もとの漆の特徴より Py-GC/MS 分析により識別することが可能であることが示唆された。ただし、混合比が変化した場合については判断が難しくなる可能性が予想される。また、紫外線照射後の漆の I.C. は照射前と比べて大きな変化が見られなかった。これは、漆の紫外線による変化が主に膜表面で進行するため、膜を切り抜いた場合、変化した部位が変化していない部位に比べて少量となるためであると推測される。

4. 結言

本研究では、中国・ベトナム・ミャンマー産漆膜とその混合漆膜について FT-IR 分析と Py-GC/MS 分析を行った。混合漆膜の分析結果は混合した漆の特徴が反映されることが確認できた。ただし、混合比が変化した場合についてはより詳細なデータベースの構築が必要とされる。

1) Jin-Who Hong, Mee-Young Park, Hyun-Kyoung Kim, Joung-Oh Choi, *Bull. Korean Chem. Soc.*, Vol. 21 (2000) No. 1, 61-64

2) Anne-Solenn Le Hô, Martine Regert, Olivier Marescot, Chloé Duhamel, Juliette Langlois. Tetsuo Miyakoshi, Christophe Genty, Michel Sablier, *Analytica Chimica Acta*, 710 (2012) 9-16

三次元形状計測を用いた同笵銅鐸の検討

The study of the Bronze bell made from the same mold using the three-dimensional measurement

○奥山誠義（奈良県立橿原考古学研究所）、北井利幸（奈良県立橿原考古学研究所附属博物館）、水野敏典（奈良県立橿原考古学研究所）、品川欣也（東京国立博物館）、青木政幸（(公財）辰馬考古資料館）、橋詰清孝（神戸市立博物館）

○Masayoshi Okuyama(Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture),Toshiyuki Kitai(The Museum, Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture),Toshinori Mizuno(Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture),Yoshiya Shinagawa (Tokyo National Museum),Masayuki Aoki(The TATSUUMA Collection of Fine Arts),Kiyotaka Hashizume(Kobe City Museum)

1．はじめに

本研究は、各地に分散所蔵される考古資料をデジタル化し、一覧できる新たな研究の場の構築を大目的として、考古資料の三次元形状計測を行ってきた。その中で「銅鐸から銅鏡へ」の製作技術の解明を目指している。土製鋳型による「兄弟銅鐸」の比較（水野ほか2010）、石製鋳型による「兄弟銅鐸」の比較（水野ほか2011）をうけて、今回は石製鋳型を用いた５点一組の「兄弟銅鐸」の計測、検討を行った。

2．分析対象とした銅鐸

今回分析対象としたのは、桜ヶ丘１号鐸、辰馬404・405号鐸、滋賀県守山市新庄鐸、鳥取県東伯郡湯梨浜町泊鐸の５点一組の同笵鐸のうち、新庄鐸を除く４点である。これら同笵鐸の鋳造順は笵傷の進行状況から、桜ヶ丘１号鐸、辰馬405号鐸、新庄鐸、辰馬404号鐸、泊鐸とされる[i]。しかし、桜ヶ丘１号鐸と辰馬405号鐸の前後関係について確定していない。そこでこの２鐸の前後関係を明らかにすることを中心に銅鐸に鋳出された図像の立ち上がり角度や幅、鐸身部とヒレの断面形状の比較を通して検討した。

なお計測には、ドイツGOM社製のATOSを使用した。いずれの資料も良好に計測できた。

3．現象

①図像部分の比較

鐸身部上半にある絵画帯に鋳出された図像のうち、線描から肉彫へと補修されるB面のシカと、線の方向が変わるトンボの胴体の縦断面を比較した。比較部分は、図像の立ち上がり部（鋳型の彫り込み位置）と図像の高さ（鋳型の深さ）[ii]である。

シカの胴体では、上側の彫り込み位置は４点とも同じであるが、下側では桜ヶ丘１号鐸と辰馬405号鐸では405号鐸のほうが拡がり、泊鐸では幅が狭くなる。図像の高さは顕著な差を見いだせなかった。

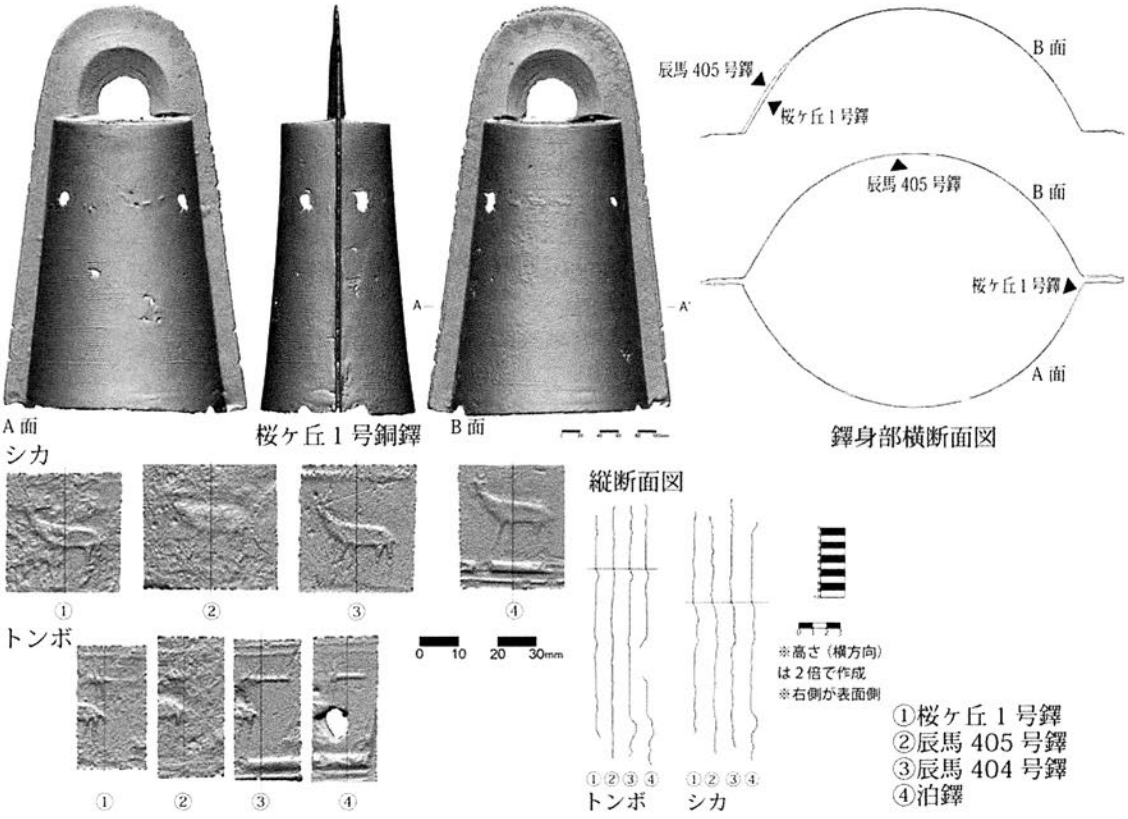
トンボはいずれの資料も、幅・高さともに顕著な差を見いだせなかった。

②鐸身部断面の形状比較

桜ヶ丘１号鐸と辰馬405号鐸の鐸身部断面を比較した。鐸身部の形状はほぼ一致したが、鰭部では辰馬405号鐸がやや分厚い。鐸身部から鰭部にかけての部分では、辰馬405号鐸がやや外側に膨れている。

4．まとめ

桜ヶ丘１号鐸鋳造時に鋳型が損傷したが、補修せずに辰馬405号鐸を鋳造したため図像が崩れ、鰭がや



や分厚くなったと考えられる。桜ヶ丘 1 号鐸が辰馬 405 号鐸より先に製作されたと考えられる。鋳型の補修は、明確な彫り直しを認められる図像において幅が変化しない又は彫り直したにもかかわらず幅が狭くなること、高さも一定であることから粘土等を貼り付けて行ったと考えられる。

粘土等による鋳型の大幅な補修が行われていることを想定すると、現在確認されている同笵銅鐸以外にも新たに認められる可能性がある。鋳型の補修方法と併せて今後検討を進めていく必要がある。

本研究は、高橋健太郎、増永光令より技術的な協力を受け、また下記の期間の協力を得た。

神戸市立博物館、公益財団法人　辰馬考古資料館、東京国立博物館

本研究は、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、平成 21 年度より水野敏典）「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。

参考文献

・水野敏典・奥山誠義・北井利幸ほか 2010「三次元形状計測を用いた兄弟銅鐸の検討」『日本考古学協会第 76 回総会研究発表要旨』日本考古学協会
・水野敏典・北井利幸・奥山誠義・青木政幸 2011「三次元形状計測による石製鋳型の銅鐸の分析」『日本文化材科学会第 28 回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会

---

[i] 主なものに次のものがある。

梅原末治 1953「一群の同笵鋳造銅鐸の絵画について」『上代文化』第 24 輯

佐原　眞 1988「33 流水文銅鐸　34 流水文銅鐸」『考古資料図録』（財）辰馬考古資料館

三木文雄 1966「銅鐸」『神戸市桜ヶ丘銅鐸・銅戈』

青木政幸 2009「館蔵流水文銅鐸の保存修理と同笵銅鐸に調査」『考古学研究紀要』6　(財)辰馬考古資料館

[ii] 鋳造時の条件により鋳型全体に金属が流れないことや表面を研磨することで高さが変化することもあるが、今回対象とした銅鐸を観察した限りいずれの可能性も低いと考えられた。

大分県別府市に所在する古墳の赤色顔料の化学組成
Chemical Composition of the Red Pigment in Tumulus Located In Beppu

○石川 優生（大分県立歴史博物館）、平尾 良光（別府大学文学部）、上野 淳也（同左）
○Yuki ISHIKAWA (Oita Prefectural Museum of History),
Yoshimitsu HIRAO, Jyunya UENO (Beppu University)

1　はじめに

大分県内最古の方墳とみられる鷹塚古墳（別府市）の埋蔵文化財調査の一環で、石室内部で確認された赤色顔料の化学組成を測定した。『豊後風土記』に「赤湯泉（あかゆ）」の赤泥を建造物の塗装材料として使用したという記述があり、この赤湯泉は「血の池地獄」などと称される別府市内の鉄輪温泉群にある[1]。この温泉群は鷹塚古墳周辺に位置しており、鷹塚古墳の赤色顔料として、どのような材料が用いられているのか明らかにしようとした。鷹塚古墳の赤色顔料のほかに、近傍の鬼の岩屋古墳の石室内に彩色された赤色顔料とも比較したので、以下に報告する。

2　調査対象

鷹塚古墳は実相寺古墳群（別府市）のひとつであり、古墳時代後期末に築造されたと推定されている。埋蔵文化財調査から、玄室と羨道が確認され、その側面に赤色が確認されていることから、装飾古墳の可能性が示唆されている。また、周辺にある鬼の岩屋古墳１号墳・２号墳は、２基ともに古墳時代後期に築造された円墳である。この古墳は装飾古墳であり、内部には赤色や黒色、黄色などの顔料で文様が描かれている[2],[3]。

3　調査方法

調査は非接触・非破壊で行い、顔料の化学元素の測定には蛍光Ｘ線分析法を用いた。古墳の石室内は湿度が高く、非常に狭いことから、このような環境で測定が可能な装置を選ぶ必要があった。このため、別府大学が所有する Innov-X 製ポータブル蛍光 X 線分析計を使用した。測定は測定時間：100 秒、管電圧×管電流：40kV×５μA、照射径：φ１cm、雰囲気：大気の条件で行った。

4　調査結果

鷹塚古墳の石室内で確認された赤色顔料から、Fe（鉄）が検出された。Fe は赤色顔料が彩色されている石材にも含まれており、赤色部分と赤色が彩色されていない石材部分の Fe 強度を比較したところ、赤色部分の Fe 強度の方が高かったことから、Fe を含む赤色顔料が彩色されていると推測される。Fe を含む赤色顔料としては、ベンガラ（Fe_2O_3）が知られており[4]、鷹塚古墳の赤色部分にはベンガラが用いられている可能性が高い。そのほか、検出された元素とし

て、赤色部分のみに微量の As（ヒ素）が検出された（図１）。図２の Fe と As の強度をみてみると、赤色が彩色されていない石材部分では As が含まれていないのに対して、赤色部分では As が含まれていることがわかった。赤色部分に微量の As が検出されたことは、同様に鬼の岩屋古墳でも確認されている。

５　まとめ

鷹塚古墳の石室内部に確認された赤色顔料はベンガラであると推測される。赤色部分で As が微量に検出されていることについて、検出されたＸ線強度から、As は意図的に混入されているとは考えにくい。別府地域の温泉成分には As が含まれており[5]、血の池地獄の赤い沈殿物にも As が含まれている[6]。ほかの地域で As が含まれたベンガラの例[7]が報告されている。鷹塚古墳、鬼の岩屋古墳に彩色された赤色顔料は、ヒ素を含んだベンガラを産出する地域で生産された赤色顔料、あるいはそのような地域で採取された赤色顔料と推定される。また、周辺に位置する血の池地獄から採取された可能性なども考えられ、今後、さらに考古学的な視点も含めて検討する必要がある。

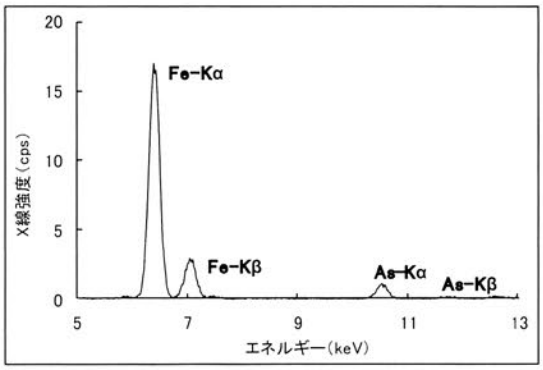


図１　鷹塚古墳における赤色部分スペクトル図

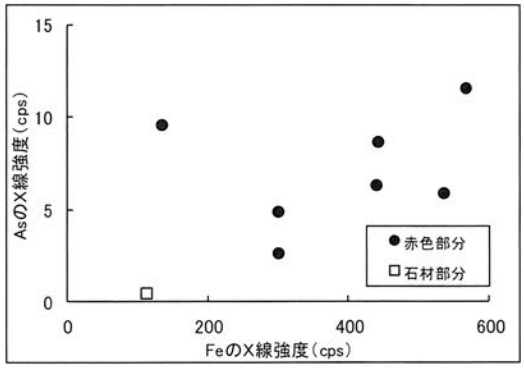


図２　鷹塚古墳の赤色部分における Fe と As のＸ線強度の比較

参考・引用文献

（１）北野信彦：古代木造建造物のベンガラ塗装に関する研究（Ⅰ）―豊後国風土記に記された「赤湯泉（あかゆ）」の赤泥状沈殿物に関する基礎的調査―，考古学と自然科学，54，p35-41，2006

（２）大分県教育委員会：大分の装飾古墳，大分県文化財調査報告書第 92 輯，p51-63，1995

（３）別府市教育委員会：別府市埋蔵文化財発掘調査報告書，第１集，2009

（４）朽津信明：装飾古墳の彩色の秘密，装飾古墳と科学，p19-22，2009

（５）川上弘泰：別府温泉の化学成分，とくに微量成分について，温泉科学，17，２，1967

（６）高松信樹 他：別府血の池地獄沈殿物コアの主要および微量元素の垂直分布，温泉科学，48，p36，1998

（７）堀木真美子：パレスタイル土器の赤色顔料，研究紀要，9，2008

縄文時代の漆塗腕輪に関する基礎的研究

The studies on lacquered bracelets of the Jomon period

○田口尚（(公財）北海道埋蔵文化財センター）、小林幸雄（北海道開拓記念館）
○Hisashi taguchi (Hokkaido Archaeological Operations Center), Yukio Kobayashi (Historical Museum of Hokkaido)

1．はじめに

北海道における出土漆塗製品は、重要文化財となっている恵庭市カリンバ３遺跡をはじめ、同西島松５遺跡、小樽市忍路土場遺跡など、多数の遺跡が知られている。これらの遺跡では、墓壙内出土の漆塗櫛などを中心に構造調査や材質調査、漆塗膜分析が実施されてきた。しかし、同時に出土した腕輪の構造や材質、塗膜分析は、余市町沢町遺跡のＸ線透過撮影、永嶋正春・小林幸雄・奈良文化財研究所などによるカリンバ３遺跡報告（図１、図２）のほかには、分析・調査例が少ない。ここでは、道内出土の漆塗腕輪の基礎的研究を実施するにあたり、これまで腕輪の確認された遺跡例と現在知りえる形態や材質についての概略をまとめる。

2．出土資料

腕輪の外径は約 10～15 cmの環状である。腕輪の胎には、①粘土、②樹木、③植物繊維を束ねて撚り糸を巻きつけ漆を塗ったもの、④植物繊維を芯材とし、帯状の樹皮や草皮を巻きつけ漆を塗ったもの、⑤加工（彫刻等）した動物皮表面に漆を塗ったものなどの種類が見られる。形態的には、A.平滑な筒状のもの、B.外周が瘤状に隆起するもの、C.橋状突起が付くもの、D.文様が彫込まれたものなど、多種多様である（図３）。腕輪は縄文時代前期（約 6000 年前）の標津町伊茶仁チシネ第１竪穴群遺跡出土品が最も古く、他に白老町虎杖浜３遺跡で赤色環状の痕跡として確認されている。後期ではカリンバ３遺跡、静内町御殿山遺跡、根室市初田牛 20 遺跡などがあり、カリンバ３遺跡では墓壙底面に赤色漆塗と黒色系漆塗が１セットとして出土する例もある。合葬墓内に赤黒の複数個が副葬される場合も多い。晩期では千歳市美々４遺跡、同メボシ川遺跡、苫小牧市美沢２遺跡、沢町遺跡、石狩市志美第４遺跡などがあり、厚真町朝日遺跡では人骨の前腕と上腕に赤色漆塗の腕輪が装着された状態で発見された（図 7）。腕輪は縄文時代後期末から晩期前葉に副葬のピークがある。顔料は前期ではベンガラ、後期末から晩期前葉では、ベンガラまたはベンガラ漆下地に、辰砂（硫化水銀）を塗り重ねたものなどがある。

3．分析と結果

本稿では晩期の美々４遺跡Ｐ334 出土の腕輪塗膜片を使用した。試料はエポキシ樹脂で包埋し、耐水ペーパーとエメリー紙を用いて研磨し、プレパラートとした。光学顕微鏡やＶＨＸ1000（KEYENCE）で観察後、蛍光Ｘ線分析（JSX3200）を実施した。構造は植物性繊維に薄い帯状樹皮か草皮を巻き、木屎系漆で固定したのち、ベンガラ漆を２～３層塗り重ねている。

図１　縄文後期（カリンバ３遺跡 P118）

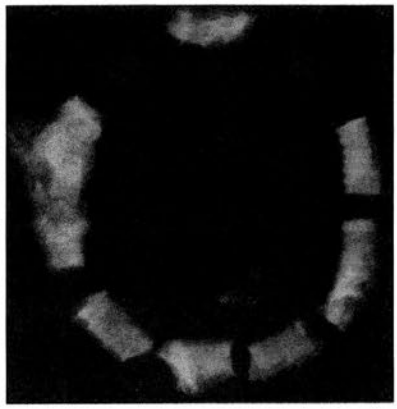


図２　腕輪Ｘ線画像（カリンバ３）

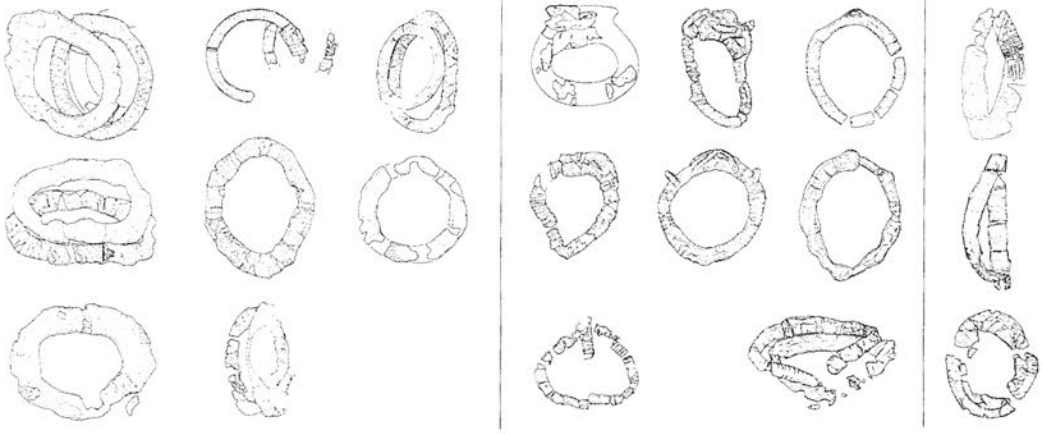


図３　各種の縄文後期（カリンバ３遺跡）

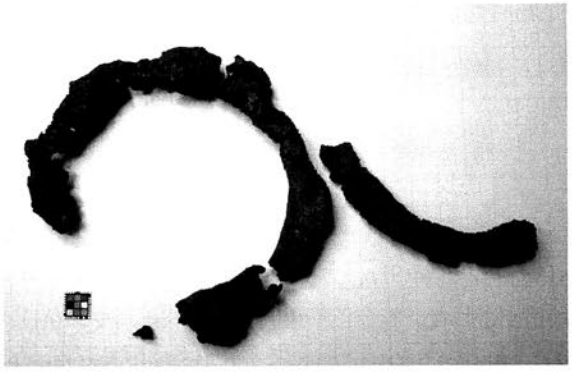


図４　縄文晩期（美々４遺跡　P334）

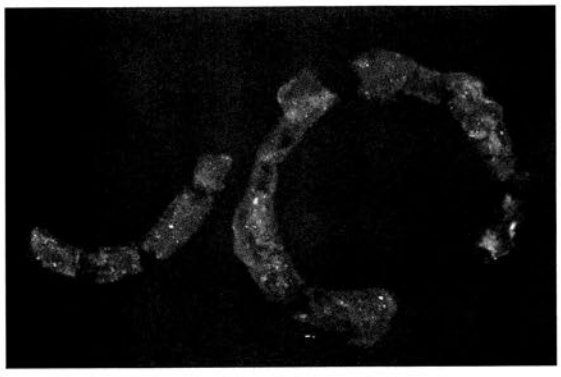


図５　腕輪Ｘ線画像（美々４遺跡　P334）

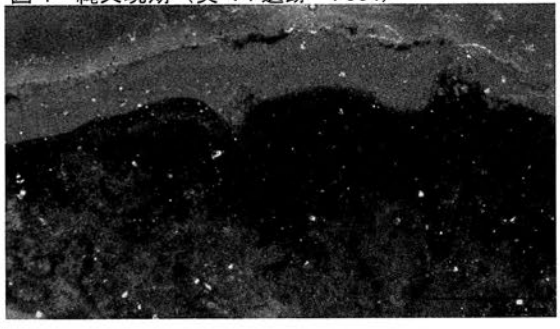


図６　漆膜断面構造Ｘ200（美々４遺跡　P334）

図７　縄文晩期　人骨に装着された腕輪（朝日遺跡）

恵庭市ユカンボシE1遺跡出土ガラス玉の材質分析

The material analysis of glass beads from YukanboshiE1 in Eniwa City

○高橋美鈴 ((公財)北海道埋蔵文化財センター) 田口尚 (同左)、長町章弘 (恵庭市教育委員会郷土資料館)
○Misuzu Takahashi , Hisashi Taguchi(Hokkaido Archaeological Operations Center), Akihiro Nagamachi (Eniwa Hometown Museum)

1. はじめに

北海道恵庭市ユカンボシE1遺跡のアイヌ文化期の遺構よりガラス小玉15点が出土した。本稿では、これらのガラス小玉の蛍光X線分析及びマイクロスコープによる調査を行い、アイヌ文化期の墓坑から出土したガラス小玉の材質、製作技法などの構造調査を行った。

2. 分析試料

乳濁青色不透明7点(2-8-40P-1～7)と乳白色不透明7点(2-8-40P-8～14)、トンボ玉不透明1点(2-8-40P-15)の計15点の分析を行った(図1)。試料は風化により表面が白色に変色し、いくつかの表面は剥落している状態であったが、白色不透明の中で2点の表面に光沢が残るものを確認した(2-8-40P-11, 13)

3. 分析機器と分析条件

表面観察はKEYENCE社のマイクロスコープ(VH-7000C)を用いてを行い、分析にはエネルギー分散型蛍光X線分析装置 JSX-3220(日本電子株式会社製)を使用し、定性分析及びファンダメンタルパラメータ法(FP法)による標準試料を用いない定量分析を行った。分析条件は表1のとおりである。

表1　蛍光X線分析の測定条件

管電圧　30.0kV	電流　0.235～0.300mA	ライブタイム　400sec
ターゲット　Rh	照射径　7㎜	雰囲気　真空

4. 分析結果

定性分析の結果、乳濁青色不透明ではアルミニウム(Al)、ケイ素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)、鉄(Fe)、銅(Cu)、鉛(Pb) のスペクトルが検出された。乳白色不透明ではアルミニウム(Al)、ケイ素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)、鉄(Fe)、鉛(Pb)のスペクトルが検出された。また、トンボ玉不透明ではアルミニウム(Al)、ケイ素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)、鉄(Fe)、銅(Cu)、鉛(Pb)のほかにリン(P)のスペクトルがわずかに確認できた。定量分析の結果、乳濁青色不透明、乳白色不透明ともに鉛の含有量が14~31Wt%と多く鉛珪酸塩ガラスに大別される。乳白色不透明では2点でカリウムの含有量の多いことが確認された(2-8-40P-11,13)。

5. 製作技法

マイクロスコープでの表面観察により、離型剤を塗った金属棒に熱したガラスを巻き付ける巻き付け技法の跡が確認できた(図2)。そのほか、乳白色不透明ガラスの2-8-40P-9, 14の表面で蜘蛛の巣状の細かいクラックがみられた(図3)。また、2-8-40P-11で著しい風化が確認できた。

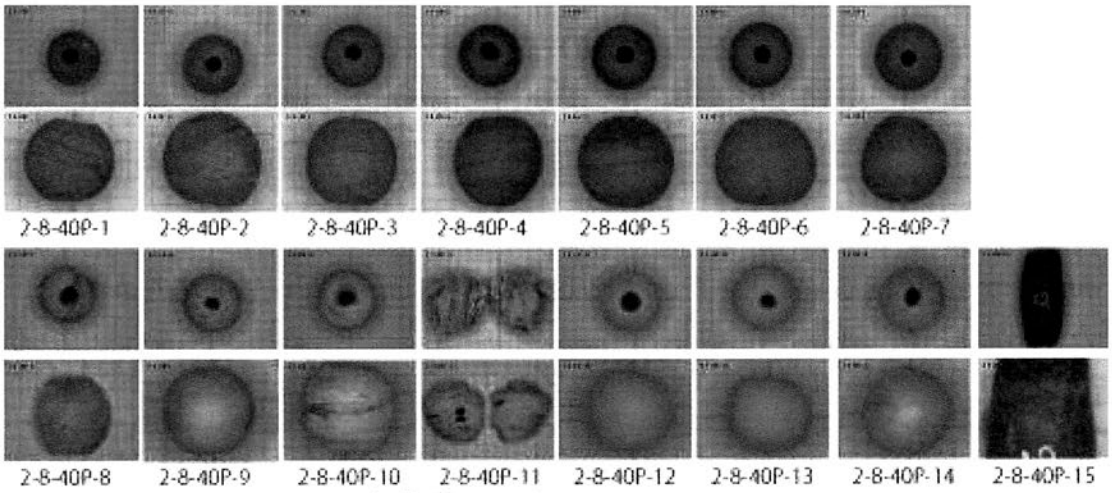


図1　分析試料のマイクロスコープ画像(方眼1㎜)

※乳濁青色：2－8－40P-1～7、乳白色：2－8－40P-8～14、トンボ玉:2-8-40P-15

表2　ＦＰ法による定量分析値(Wt%)

	試料名	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	CuO	PbO
乳濁青色	2-8-40P-1	0.532	3.089	71.412	1.197	3.801	0.523	0.721	0.892	17.834
	2-8-40P-2	1.043	4.321	68.937	3.137	2.771	0.645	0.326	0.957	17.865
	2-8-40P-3	0.292	2.964	71.122	1.261	4.818	0.600	0.618	1.047	17.277
	2-8-40P-4	0.420	2.514	74.839	1.936	2.630	0.420	0.451	0.691	16.098
	2-8-40P-5	0.404	2.294	75.890	1.778	2.315	0.483	0.467	0.684	15.685
	2-8-40P-6	0.649	1.851	71.413	2.038	3.459	0.476	0.243	0.773	19.097
	2-8-40P-7	0.346	2.045	75.854	1.756	2.564	0.367	0.436	0.699	15.933
	最小値	0.292	1.851	68.937	1.197	2.315	0.367	0.243	0.684	15.685
	平均値	0.526	2.726	72.781	1.872	3.194	0.502	0.466	0.820	17.113
	最高値	1.043	4.321	75.890	3.137	4.818	0.645	0.721	1.047	19.097
乳白色	2-8-40P-8	0.349	2.951	78.891	0.719	2.175	0.124	0.495	0.003	14.293
	2-8-40P-9	0.485	3.667	74.215	1.385	2.939	0.667	0.548	0.006	16.090
	2-8-40P-10	0.442	3.862	66.251	1.225	5.201	0.436	0.784	0.003	21.796
	2-8-40P-11	0.481	0.868	55.896	7.540	3.086	0.099	0.193	0.020	31.816
	2-8-40P-12	0.466	4.252	68.995	1.133	3.856	0.231	0.745	0.008	20.315
	2-8-40P-13	0.401	1.192	55.201	7.778	3.465	0.218	0.214	0.019	31.513
	2-8-40P-14	0.422	2.510	74.253	1.901	3.489	0.400	0.473	0.005	16.546
	最小値	0.349	0.868	55.201	0.719	2.175	0.099	0.193	0.003	14.293
	平均値	0.435	2.757	67.672	3.097	3.459	0.311	0.493	0.009	21.767
	最高値	0.485	4.252	78.891	7.778	5.201	0.667	0.784	0.020	31.816
トンボ玉	2-8-40P-15	0.792	6.696	68.560	1.384	3.808	0.463	0.884	2.540	14.872

※値は各2点の平均値を掲載

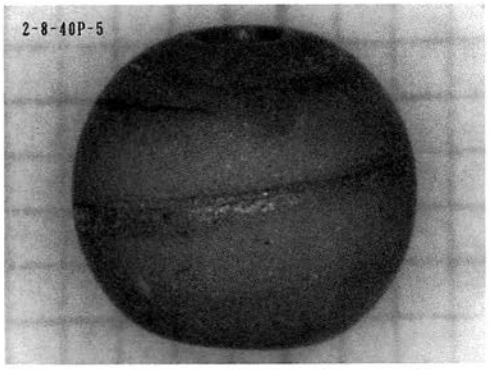


図2　巻き付け技法による跡(2－8－40P-5)

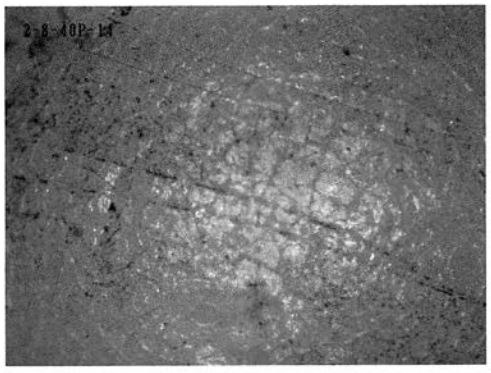


図3　表面にみられるクラック(2－8－40P-14)

石川県下の古代ガラス

—狐山古墳・稲舟横穴古墳群 8 号墳出土ガラスを中心に—

The study of the ancient glass beads dug from Ishikawa prefecture.

As to the glass beads dug from Kitsuneyama Kofun and Inafune Kofun No. 8.

○小嶋芳孝（金沢学院大学）、中村晋也（同左）、竹森杏奈（同左）、山本瑞紀（同左）
○Yoshitaka Kojima, Shinya Nakamura, Anna Takemori, Mizuki Yamamoto (Kanazawa Gakuin university)

1. はじめに

石川県内では、これまでに約 70 遺跡でガラス玉の出土が確認されている。そのうち、加賀市狐山古墳（5 世紀後半）と輪島市稲舟横穴古墳群第 8 号墳（7 世紀前半）から出土したガラス玉について、顕微鏡観察などの考古学的手法と蛍光 X 線定性分析、X 線透過撮影などの自然科学的手法を用いて、製作技法や材質の分析を行い、加賀・能登の古代ガラスの様相を検討した。

2. 分析対象試料

分析対象としたのは、加賀市狐山古墳から出土したガラス玉 304 点（丸玉 10 点、小玉 294 点）と、輪島市稲舟横穴古墳群第 8 墳から出土したガラス玉 155 点（丸玉 10 点、小玉 138 点、栗玉 7 点）点である。

3. 調査・分析方法

- 実体顕微鏡や生物顕微鏡で、表面や内部の気泡を観察し、製作技法を推定した。
- X 線透過撮影により、アルカリ珪酸塩ガラスと鉛珪酸塩ガラスを判別した。
- 蛍光 X 線定性分析で、基礎ガラス材質や着色剤を推定した。分析装置には、エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置 SEA5230（SII NanoTechnology 株式会社製）を使用した。X 線発生部の管球ターゲットはモリブデン（Mo）を使用しており、測定条件は、励起電圧と測定時間を、15kV 300 秒、45kV 420 秒の 2 条件で行い、電流は自動設定、試料室内の雰囲気は真空とした。照射径は 1.8mmφ である。1 点の資料につき測定箇所を変えて 2 箇所ないし 3 箇所の測定を行った。

4. 分析結果

分析結果を表 1 に示す。狐山古墳出土ガラス玉は、全てが管切技法で製作され、基礎ガラス材質・着色剤も共通で、全体的に斉一性が高い。一方、稲舟横穴群第 8 横穴出土ガラス玉は、鋳型熔融技法（以下溶融技法と記す）と管切技法が混在し、基礎ガラス材質と着色剤も多様である。5 世紀後半の狐山古墳出土資料と 7 世紀前半の稲舟横穴古墳群第 8 号墳資料では、ガラスの製作技法などに差異がある。

また、今回の調査で技法・材質について、石川県内では未確認の資料が確認できたので報告する。

4-1. スズ酸鉛による着色

狐山古墳から出土した緑色不透明のガラス玉 174 点と稲舟横穴古墳群第

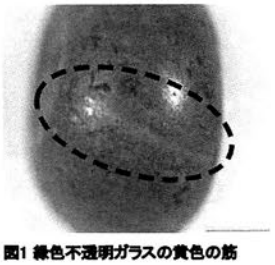


図1 緑色不透明ガラスの黄色の筋

8 号墳から出土した黄色不透明のガラス玉 1 点の表面には、黄色の粒子や筋が認められた（図 1）。これらの資料を蛍光 X 線定性分析したところ、スズ（Sn）・鉛（Pb）が顕著に検出された。この分析結果から、黄色顔料であるスズ酸鉛（$PbSnO_3$）による着色が行われたと判断した。また、狐山古墳出土の緑色不透明を呈する資料については、銅（Cu）とスズ酸鉛（$PbSnO_3$）を用いて複合的に着色されたと推定した。また、石川県内では他に、小松市の埴田後山明神 3 号墳出土の黄緑色小玉 1 点を確認している。今回、石川県内で初めてスズ酸鉛着色のガラス玉を確認した。今後は、全国的な分布状況を踏まえて、流入経路を検討していく必要がある。

図2 熔融法のガラス小玉

4-2. 鋳型熔融技法

稲舟横穴古墳群第 8 号墳出土のガラス玉 155 点中 104 点が、破砕したガラス片を鋳型に入れ加熱熔融して玉を製作する鋳型熔融技法で製作されていることを確認した（図 2）。また、X 線透過撮影において、104 点中 41 点において、資料内部に粒状の白い影（透過度が低い部分）を確認した（図 3）。ガラス玉の内部に X 線透過度が異なる粒状のものが見られるのは、軽元素を主成分とするアルカリ珪酸塩ガラスと、鉛（Pb）を主成分とする鉛珪酸塩ガラスを混合して過熱熔融した可能性を示唆するものである。

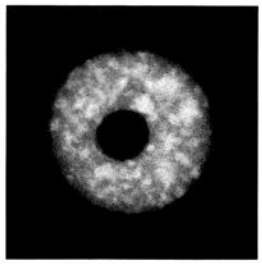


図3 熔融法ガラス小玉のX透過画像

鋳型熔融技法で製作したガラス玉は、小松市の八里向山 F2 号墳（5 世紀末）、小松市の埴田後山明神 3 号墳（6 世紀前半）、矢田借屋 4 号墳（6 世紀前半～中頃）・七尾市の中島ヤマンタン 25 号墳（6 世紀後半）などでも確認している。これらのガラス玉の基礎ガラス材質は、すべてソーダ石灰ガラスである。

稲舟横穴古墳群第 8 号墳から出土した鋳型熔融技法のガラス玉は 155 点のうち 104 点で、この技法のガラス玉を出土した県内の古墳の中では突出して多い。7 世紀に入ると、鋳型熔融技法で製作されたガラス玉は東日本での出土例が増加している。能登北端部にある稲舟横穴古墳群第 8 号墳での事例は、7 世紀における能登と東日本の関係を考える上で重要な手掛かりとなる。

5. おわりに

本研究では、加賀市狐山古墳と輪島市稲舟横穴古墳群第 8 号墳出土のガラス玉について、考古学的手法と自然科学的手法を用いて調査を行った結果、以下に掲げる二点を確認できた。

①狐山古墳のガラス玉は全て管切技法で製作されているのに対し、稲舟横穴古墳群第 8 号墳出土ではガラス玉 155 点の内、104 点が鋳型を用いた熔融法で製作されていることを確認した。

②スズ酸鉛（$PbSnO_3$）で着色したガラス小玉を、狐山古墳で 174 点、稲舟横穴古墳群第 8 号墳で 1 点確認した。

今後は、5 世紀から 7 世紀のガラス玉製作技法の変化、特に鋳型熔融法で製作されたガラス玉の分布状況を手懸りとして、古代ガラスの生産地と流通について研究を進めていきたい。

表1 分析結果一覧

遺跡名	時代	分析数	製作技法	基礎ガラス材質	色調	着色剤	点数
狐山古墳	古墳時代中期(5世紀後半)	66	管切技法	ソーダ石灰ガラス	紺色半透明	銅(Cu)	45
					青色半透明		
					緑色不透明	銅(Cu)+スズ酸鉛($PbSnO_3$)	21
稲舟横穴群第8横穴	古墳時代後期後半(7世紀前半)	155	管切技法	カリガラス	紺色半透明	コバルト(Co)	4
					淡青緑色半透明	銅(Cu)	1
				ソーダ石灰ガラス	紺色半透明	コバルト(Co)	1
						銅(Cu)	18
					青色半透明		4
					淡青緑色半透明		6
					緑色半透明		3
					淡緑色透明		2
					黄色不透明	スズ酸鉛($PbSnO_3$)	1
			巻き付け技法	鉛ガラス	緑色半透明	銅(Cu)	10
			熔融法	カリガラス	紺色半透明	コバルト(Co)	12
				ソーダ石灰ガラス	紺色半透明	銅(Cu)	19
					青色半透明		32
				混合ガラス	紺色不透明	コバルト(Co)？	41

「大雄寺（だいおうじ）の五百羅漢」に残る赤色顔料の調査

An investigation into red color left in "Gohyaku Rakan of the Daiouji temple"

○片多雅樹（長崎県埋蔵文化財センター）、今西亮太（同左）、野澤哲朗（諫早市文化課）
○Masaki KATATA, Ryota IMANISHI (Nagasaki Prefecture Archaeological Center), Tetsuro NOZAWA (Isahaya City Board of Education)

1．はじめに

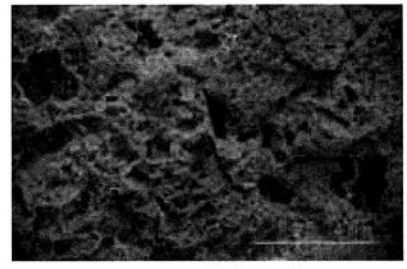
諫早市の中央から諫早湾に流れる本名川(ほんみょうがわ)は江戸時代より洪水の記録が残っており、元禄１２年（１６９９）の洪水では多大の被害をうけ死者４８７人を出した。諫早藩７代領主茂晴公は死者の供養と今後の災害防止祈願のため、本明川の上流富川(とみがわ)渓谷の地を開いて大雄寺（だいおうじ）を建立し、その岩壁面と川中の巨巌に如来像３躰、羅漢像５００躰の計５０３体の羅漢像を刻し宝永６年（１７０９）完成している。磨崖仏としては長崎県内随一のもので諫早水害史を物語る資料としても貴重なものであり、１９７７年に長崎県指定史跡に指定されている。ここではこの五百羅漢の一部にみられる赤色顔料様の付着物について調査を行った結果について報告する。

2．調査方法

五百羅漢像のうち赤色部が確認できた4箇所を中心に羅漢像（石像）単位でＡ～Ｅの仮番号を付して、調査はデジタルマイクロスコープ[SCALAR社製]、およびハンディ型蛍光Ｘ線分析装置[INNOV-X社製（日本電子㈱)]を用いて行った。赤色顔料には酸化鉄を主成分とするベンガラ、硫化水銀を主成分とする朱、酸化鉛を主成分とする鉛丹が知られている。鉄（Ｆｅ）は岩石にも含まれる成分のため、鉄を検出したことでベンガラと特定はできないが、非赤色箇所との比較で検討する。

ハンディ型蛍光X線分析装置

ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾏｲｸﾛｽｺｰﾌﾟ



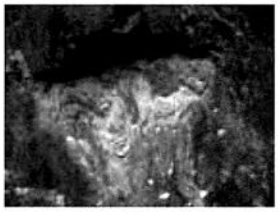
point17の拡大写真

3．調査結果

肉眼観察およびデジタルマイクロスコープによる拡大観察では石像ＡとＣに関しては絵具(ペンキ）のようなものの塗布が確認できたが、他赤色部は鉱物そのものの色彩のように見られた。ハンディ型蛍光Ｘ線分析装置による分析結果を表１に示す。石像Ａ，Ｃ、Ｅの赤色部からは鉛（Ｐｂ）が検出された。このことから塗布残存する赤色顔料は鉛丹である可能性が考えられる。

表１　分析結果

測定名	測定箇所	備考	Mg	Al	Si	P	S	Ti	Mn	Fe	Cu	Zr	Au	Pb
daioji-point1	石像A	赤色部分		14.29	30.30		21.05	1.89	0.22	16.69		0.30		15.25
daioji-point2	石像A	非赤色部分		19.28	53.88		4.88	2.10	0.21	15.65		0.23		3.56
daioji-point3	石像A	非赤色部分		19.27	58.86	0.28	0.68	2.67	0.22	17.43		0.29		0.06
daioji-point4	石像A	赤色部分		6.02	9.19		22.98	0.84		10.61		0.30		49.61
daioji-point5	石像B 安永陽軒銘付近	非赤色部分	6.29	18.95	53.69	0.26	0.95	2.25	0.27	16.99		0.23		0.02
daioji-point6	石像C 施主鏡尼銘付近	赤色部分		15.14	52.44		2.26	1.98	0.23	23.04		0.35		4.56
daioji-point7	石像C 胸部	非赤色部分	11.31	17.59	44.74	0.31	1.69	2.25	0.37	20.63				0.83
daioji-point12	石像D 鳥春明院殿銘付近	赤色部分		13.71	56.01		1.02	1.92	0.28	26.75		0.32		
daioji-point13	石像D 鳥春明院殿銘付近	非赤色部分		18.61	63.31		0.47	2.80	0.18	14.38		0.24		
daioji-point14	石像D 鳥春明院殿銘付近	赤色部分		13.14	58.57		1.58	1.11	0.21	24.97		0.22		
daioji-point15	石像E	赤色部分		15.79	44.94		5.47	1.17	0.24	27.60	0.58	0.25		3.96
daioji-point16	石像E	非赤色部分	9.60	16.34	52.30	0.10	0.48	2.77	0.24	17.93		0.22		
daioji-point17	石像E	赤色部分		16.37	45.65		3.89	2.47	0.28	26.47	1.43	0.35		3.08


石像Ａ

石像Ｃ

石像Ｄ

石像Ｅ

4．まとめ

鉛丹は寺社などに使用される赤色顔料として知られており、石造にはその顔料を使用して塗布された可能性が考えられる。しかし、石像Ａ，Ｃ，Ｅの赤色部分からは鉛が検出されるのに対して、石像Ｄの赤色部分からは鉛が検出されなかった点や、顔料が塗布された時期（時代）が定かではなく、今後の検討が必要である。

（参考文献）光冨博 1983「諫早の禅寺 冨川大雄寺の研究」『諫早市談第 15 号』諫早市談会

縄文時代後期における赤色顔料の利用　京都市一乗寺向畑町遺跡を中心に

The use of red pigments during the Late Jomon period : The Ichijojimukaihatacho site in Kyoto city

木村啓章（京都大学大学院・日本学術振興会特別研究員 DC1）
Hiroaki Kimura（Kyoto University, Research Fellow of the JSPS DC1）

1. 研究の目的

本報告で扱う一乗寺向畑町遺跡は一乗寺K式の標式遺跡であり、縄文時代後期中葉～後葉（一乗寺K式～宮滝式）にかけての時期を代表する遺跡のひとつである。この時期は赤色顔料の利用、とりわけ水銀朱の利用が近畿地方を中心に盛行する時期である。水銀朱の利用は縄文時代後期以降にみられ（成瀬2002）、朱の原料となる辰砂を獲得できる水銀鉱床群の広がる中央構造線周辺地域に限定される。とくに伊勢地方には一乗寺向畑町遺跡とほぼ同時期にあたる森添遺跡・天白遺跡・下沖遺跡などの水銀朱の生産が想定される遺跡が存在する。一方で、やはり同時期であり、水銀鉱床群が周辺に確認されていない兵庫県佃遺跡、滋賀県後川遺跡においても、辰砂原石をすり潰したと考えられる石皿が出土しており、辰砂の原石が流通し、各遺跡で水銀朱の生産が行われていたことが想定されている(奥 2009)。森添遺跡のような生産遺跡についての研究は進展しつつあるが、朱の利用についての研究は依然として不十分である。このような後期中葉から後葉にかけての水銀朱利用の盛行は、土器型式の変化や、型式圏の変化とも連動している。水銀朱を中心とした赤色顔料の利用体系を捉えることは、土器生産・消費の変化を理解するうえでも重要な視点となり、本報告はそのための試論として位置づけたい。

2. 試料について(図1)

一乗寺向畑町遺跡出土資料のうち10点を分析対象試料とした。一乗寺向畑町遺跡は北部地区・南部地区・中央地区の地区別に時期差が見られ、それぞれ北部地区は一乗寺K式、南部地区は元住吉山I式、中央地区は元住吉山II式から宮滝式を中心とした時期にまとまり、北部→南部→中央の順番に時期的変遷が追える。地区別では、北部地区8点、南部地区1点、中央地区1点の分析をおこなった。

3. 分析・考察

試料を蛍光X線分析と顕微鏡を用いて赤色顔料の判別をおこなった。

〔付着器種・状態（表1）〕深鉢・浅鉢・注口土器に赤色顔料の付着するものが見られた。その中でも特に浅鉢においてその比率が高い傾向にあり、外面施文浅鉢、内面施文浅鉢、椀形の無文浅鉢などがみられた。これは森添遺跡・佃遺跡にみられる傾向に一致する。その他底部内面に付着するもの、また695のように北陸以東の型式に類似するものにも付着がみられた。外面に付着するものは10点中3点で、内面に顔料が付着するものは10点中全点であった。外面に顔料が付着するもの、内面に付着でも、375、571のような内面施文のものは赤彩土器と考えられる。内面付着のもので、底部や804のような無文椀形浅鉢は、顔料の容器として用いられた可能性がある（成瀬 1998）。器面調整の丁寧なものに顔料が付着するものが多く、器面の調整痕を残す粗製土器に顔料が付着するケースはみられなかった。

〔赤色顔料の種類（表1）〕10点中5点の分析を行ったが、いずれも水銀朱であることが判明した。この傾向も近畿地方各遺跡の傾向と一致するものである。現在分析中であるが、その他のものも水銀朱とな

る可能性が高い。

4. まとめ

一乗寺向畑町遺跡では、近畿地方の同時期にあたる遺跡の傾向と同様に、赤色顔料として水銀朱の利用が主体的となっている。器面調整の丁寧な精製器種、とくに浅鉢を中心に水銀朱を用いて赤彩する傾向がある。また佃遺跡において想定される顔料専用容器に類似する 804 のような土器もみられ、顔料の利用法も近畿地方一帯で確立していたことが想定できよう。このような点から朱を中心とした顔料の生産から消費までが広い地域である程度システム化されたものであった可能性がある。本遺跡ではみられなかったが、顔料の原石や石皿などの生産にかかわる遺物の分析とともに、赤彩土器や顔料容器のデータを収集することにより、朱を中心とした顔料の生産から消費の動態を解明できるものと考える。

謝辞　分析に際し、竹原弘展氏（株式会社　パレオ・ラボ）のご協力をいただきました。

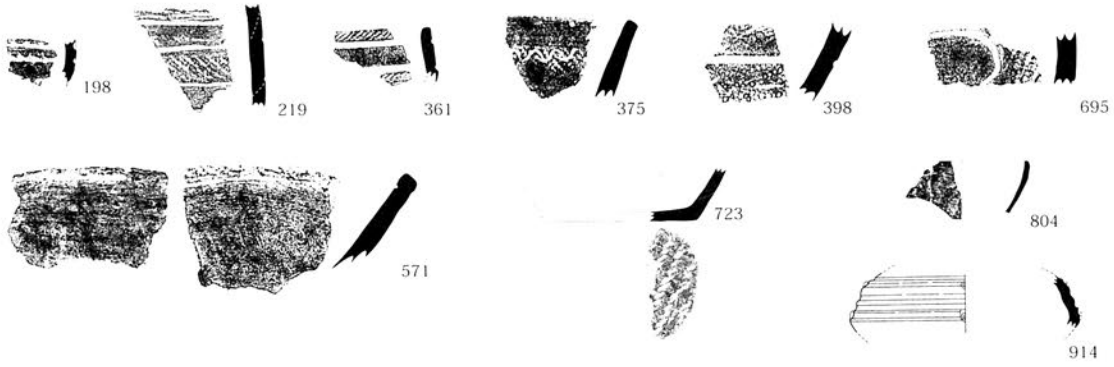


図 1　分析対象試料実測図（番号は報告書に基づく。723 ,804,914 は S=1/6、それ以外は S=1/4）

表 1　赤色顔料分析の結果

報告番号	出土地区	器種	部位	蛍光X線分析		外面	内面
				Hg	Fe		
198	北部	深鉢	胴部	/	/	○	○
219	北部	深鉢	胴部	+	+		○
361	北部	浅鉢	口縁部	/	/	○	○
375	北部	皿形浅鉢	口縁部	+	+		○
398	北部	浅鉢？	胴部	+	+		○
571	北部	皿形浅鉢	口縁部	+	+		○
695	北部	深鉢	胴部	/	/	○	○
723	北部		底部	+	+		○
804	南部	椀形浅鉢	口縁～胴部	/	/		○
914	中央	注口土器	胴部	/	/		○

※/ は未計測

引用文献

成瀬正和　1998　「第 13 節佃遺跡から出土した赤色顔料関係遺物」『佃遺跡　自然科学・総括編』兵庫県教育委員会 pp107-117

成瀬正和　2002　「第 9 節　顔料」『文化財のための保存科学入門』角川書店 pp138-155

奥義次　2007　「朱の生産と供給　-中央構造線東部周辺の関連資料をめぐって『縄文時代の考古学』同成社 pp240-245

京都大学考古学研究室　2013『一乗寺向畑町遺跡出土縄文時代資料　－資料編－』

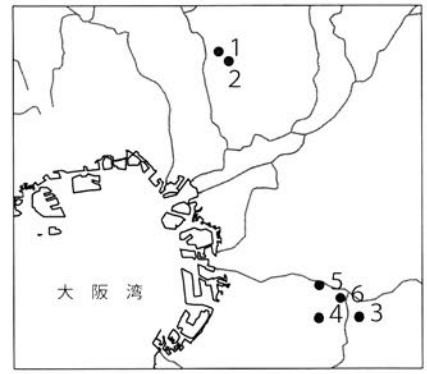
大阪平野における古墳時代の墳墓で使用されたベンガラについて

Red ocher used to tomb of Kofun Period at the Osaka Plains

志賀智史（九州国立博物館）
Satoshi,Shiga (Kyushu National Museum)

はじめに

北部九州の弥生時代後期の墳墓では、埋葬施設にベンガラ、遺骸頭胸部に朱というように２種類の赤色顔料が使い分けられることが一般的である。古墳時代になるとこの使い分けは全国に広がった(本田 1988, 1995)。筆者は赤色顔料の生産や流通等について興味を持っており、その手始めとしてベンガラ粒子の形態からみた編年と地域性について検討している。今回は、大阪平野の古墳時代で使用されたベンガラについて検討を行った。



1．資料

資料は全て古墳主体部で使用されていたものである(図・表)。赤色顔料単体、副葬品に付着していたもの、主体部構築材料に付着(塗布)していたものなどがあり、中には目視だけでは確認できないほど微量のものもある。資料の中には朱を含むものも認められたが、今回はベンガラだけに言及した。

	古墳	所在	時期	墳形	全長	主体部構造	棺の形態	ベンガラの種類
1	娯三堂	大阪府池田市	前期後半	円	27m	竪穴式石槨	割竹形木棺	ベンガラ(P)
2	池田茶臼山	大阪府池田市	前期後半	方円	62m	竪穴式石槨	割竹形木棺	ベンガラ(P)
3	玉手山9号	大阪府柏原市	前期前半	方円	65m	竪穴式石槨	割竹形木棺	ベンガラ(P)
4	岡	大阪府藤井寺市	前期後半	方	33m	粘土槨	割竹形木棺	ベンガラ(P)
5	津堂城山	大阪府藤井寺市	前期後半	方円	208m	竪穴式石槨	長持形石棺	ベンガラ(非P)
6	長持山2号石棺	大阪府藤井寺市	後期前半	円	？	？	家形石棺	ベンガラ(非P)

2．調査方法

資料の保管先で携帯型実体顕微鏡を用いて赤色顔料の有無を確認し、許可を得てサンプリングした。研究室での調査は、実体顕微鏡(7-100倍)によるベンガラの可能性の高い粒子(粒子群、小塊、凝集塊)の観察とサンプリング、生物顕微鏡(40-1000倍)による粒子の色調と形態の観察、蛍光X線分析による元素分析を行った。これらの結果を総合してベンガラの有無を確認すると共に、ベンガラであった場合には粒子形態を判別した。生物顕微鏡での観察は、資料毎に別々の竹串でサンプリングしたものをプレパラートに乗せ、カバーガラスで合成樹脂オイキットを用いて封入した。これを資料毎に複数枚作成し、透過光や反射光で観察した。

一般的に、粒子形態の観察には電子顕微鏡が有効であると考えられるが、観察が白黒像のみであることや、粒子を満遍なく観察するには不向きであることから、今回の検討には用いなかった。

3．ベンガラの分類

パイプ状の粒子を含むもの（ベンガラ(P)）と、パイプ状の粒子を含まないもの(ベンガラ(非P))に分類した。ベンガラ(P)のパイプ状粒子については、鉄細菌 *Leptothrix* の鞘と考えられている（岡田 1997)。パイプ状粒子だけで構成されたベンガラは少なく、球状や鱗片状の粒子と共存していることが多い。

一方、ベンガラ(非 P)の原料は不明である。多くの場合、球状、鱗片状、カリフラワー状など多様な形態を持ち、これらが共存していることが多い。

現状では、これら２分類が直接２つの産地に結びつくものとは考えていない。

４．調査結果のまとめと考察

調査結果は表の通りである。古墳６基中ベンガラ(P)が４基、ベンガラ(非P)が２基であった。これを時期や棺の材質・形式から検討してみると、古墳時代前期に特徴的な棺形式である割竹形木棺を持つ墳墓では、前期前半の玉手山９号墳(安村 1983)、前期後半の池田茶臼山古墳(堅田 1964)、娯三堂古墳(田上 1992)、岡古墳(天野 1989)でベンガラ(P)が使用されていた（志賀 2008, 2013)。一方、前期後半に出現し、中期以降に盛行する組合式石棺や刳貫式石棺を持つ墳墓では、前期後半の津堂城山古墳(天野 2013)や後期前半の長持山古墳２号石棺(塚本 1888)でベンガラ(非P)が使用されていた(志賀 2008, 2013)。

これら古墳のうち古市古墳群に属する岡古墳(ベンガラ(P))と津堂城山古墳(ベンガラ(非P))は、同古墳群最初期の古墳である。両古墳は、出土した埴輪から同時期とされており、異なるベンガラが用いられていた墳墓が共存していたことは確かである。特に津堂城山古墳は、次代以降の大形前方後円墳に採用される二重周濠や周堤、造出し、長持形石棺等を持っており、その一つとしてベンガラも通常の前期古墳で使用されるものとは異なるものが採用された可能性が高い。

ベンガラ(非P)の入手を考えるにあたってヒントになるのではないかと考えているのは、古墳時代中期に始まる熊本県阿蘇石製石棺の近畿地方への流通である。長持山古墳２号石棺も阿蘇石製である。弥生時代後期～古墳時代の九州北半は、ベンガラ(非P)が用いられる墳墓が一定量存在する数少ない地域である(志賀 2006, 2008, 2010 など)。今後、ベンガラの広域流通も視野に入れ検討を続けたい。

<引用・参考文献>

天野末喜編 1989『岡古墳-古市古墳群の調査研究報告Ⅰ』藤井寺市教育委員会
天野末喜編 2013『津堂城山古墳』藤井寺市教育委員会
岡田文男 1997「パイプ状ベンガラ粒子の復元」『日本文化財科学会大 14 回大会要旨集』38-39 頁
堅田直 1964『池田市茶臼山古墳の研究』池田市
志賀智史 2006「古坊遺跡出土の赤色顔料について」『古坊遺跡・高野ムカエ遺跡』54-58 頁, 福岡県教育委員会
志賀智史 2008「前期前方後円(方)墳から出土するベンガラの地域性に関する研究」『日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集』196-197 頁
志賀智史 2010「高江辻遺跡出土の赤色顔料について」『高江辻遺跡』40-52 頁, 筑後市教育委員会
志賀智史 2013「津堂城山古墳出土の赤色顔料について」『津堂城山古墳』248-252 頁, 藤井寺市教育委員会
田上雅則編 1992『娯三堂古墳』池田市教育委員会
塚本巳之吉 1888「河内国志紀群沢田村石棺発見記事」『東京人類学雑誌』4-1
本田光子 1988「弥生時代の墳墓出土赤色顔料」『九州考古学』第 62 号, 39-49 頁
本田光子 1995「古墳時代の赤色顔料」『考古学と自然科学』第 31・32 号(合併号), 63-79 頁
安村俊史編 1983『玉手山９号古墳』柏原市教育委員会

古式土師器の実験考古学的研究(2)

―タタキ技法製作実験試料の過熱的性能テスト―

Experimental archaeological study of Pottery of early kofun period : part2
- Capacity on overheating with Pottery sample by Technique strengthening with board, *TATAKI* -

中塚良(向日市埋蔵文化財センター)
NAKATSUKA , Ryo (Muko city archaeological center , Kyoto)

1. はじめに

前回、第29回発表会において「連続ラセンタタキ」技法(都出, 1986)を研究契機に、ラセンパターンを描くタタキメ面下にペーストの流動に伴うねじれ層状構造を生成し、混和材の生地への均質的混入を可能とする技法(手首を支点に手前に扇形にタタキ運動をおこなう「扇形タタキ技法」)を提示し、甕形土器体部下半を構成する鉢の製作過程をプレゼンした。底部から連続的にペースト内部に生成するラセン多層構造は、「連続ラセンタタキ」運動による単層構造に比して圧密性が高く強固な造形を可能とし、続く加熱使用時の耐熱性にもすぐれた性能を発揮するものと推察された。

本大会では焼成後試料を用いた日常的煮沸利用過程で確認された加熱に伴う形態変化と古式土師器資料のタフォノミー的比較、さらにペーストへの含水・凍結状態から短時間での加熱乾燥・急冷過程(フルストレステスト)における被熱痕跡の観察結果から、「扇形タタキ技法」の過熱有効性の成果、課題を示す。試料の焼成(スカット社電気炉、715℃設定)は立命館大学木立雅朗教授にお願いした。

2. 方法・結果 (右頁図、試料 Sb-1・2:甕・鉢形,①・② 試料 KUCB-1:粗質ペースト鉢形,③)

〔過熱実験のモチーフ〕事前に実施した試料の焼成・破断試験(送風・高火度炭火焼成と急水冷)ではウエハース状薄層構造の生成が観察された。ラセン多層間への熱水の浸入・ペーストの膨縮・層状剥離の諸過程を想定した。次に電気炉焼成試料(甕・鉢形試料各1)による食材の煮沸実験を繰り返し実施した(低含水比の乾燥試料での常温水からの急加熱、高カロリーガスコンロ利用)。複数回利用後、微細でスポット的な表面剥離が始まり層状剥離が徐々に進行し、更にペースト薄片の爆発的剥落・飛散に至り多層・パッチ状の剥離構造の生成が観察された。同様の形態は古式土師器煮沸具の実例においても確認され、被熱部に不整円形の層状剥離痕跡を認めうる。調整面の表層からペースト内部の粗粒混和材が露出する器壁中位に至るまで剥離程度に差異があり、実験結果との比較から被熱・破損履歴に関わる形状に相当するものと推察される。

〔フルストレステスト～含水凍結・急加熱・急冷試験～〕上記の加熱実験では本体の破断に至らずタタキ技法で生成する多層構造の耐熱性の高さが示唆されたが、次に極端な加熱・冷却条件下での実験を試みる。扇形タタキ技法による多層構造の耐熱性テストに相当する。実験条件は煮沸過程においてペースト内部に常温水～温水が徐々に浸潤後蒸散する先の初動条件を改め、ペーストに充分含水させ凍結(-10～-20℃)後、常温水を卓上型コンロ(3000kcal/h タイプ)で沸騰・蒸発させ、直後に水冷する一連のステップを案分した。凍結によるペースト中の水の膨張、急加熱・急冷による水分、蒸気の膨縮といった負荷がタタキ多層構造に与える影響をとらえる設計である。対象試料は先行実験試料①・②(製作時に混和材無添加の窯業用細粒ペースト)に加え、ペースト精・粗での熱変的差異を確認するため、タタキ成形同時にマサ材を多量に混和した粗質ペーストからなる鉢形試料③を用いた。剥離過程の定量記録のため、火炉周縁に飛散する剥離片をトラップすべく厚紙の囲いを用意した。

〔結果・課題〕試料①・②:調理実験時に盛んにタタキメ痕跡の残る層界での剥落をおこなった試料であるが、底部を除く体部下半を覆うようにパッチ状剥離面を発達させた後、剥離の進行が低下した。器壁のごく薄い部分が生じるが、製作時にユビあて面となった内側ほどラセン層界が締め固まるためか破損せず使用に耐えうる状態である。試料③:プレヒートなしの2回の過熱・急冷を経てパッチ状

剥離面形成、剥片(粉体～角礫形状)生成過程にある。冷却・含水時に水漏れを生じるクラックが縦位に発生した他、不具合は認められない。今後さらに鉱物質混和材分量を増やした試料で試行予定である。底部～体部下半への過熱と急冷といった土器への極端な負荷は当然、地床炉利用の古代の生活世界には存在しない。ただし、フルストレス的条件下にあってもペースト破損リスクに多重の安定・安全性をもたらすタタキ技法が、食スタイルの発達、洗練に少なからず貢献したことは想像に難くない。

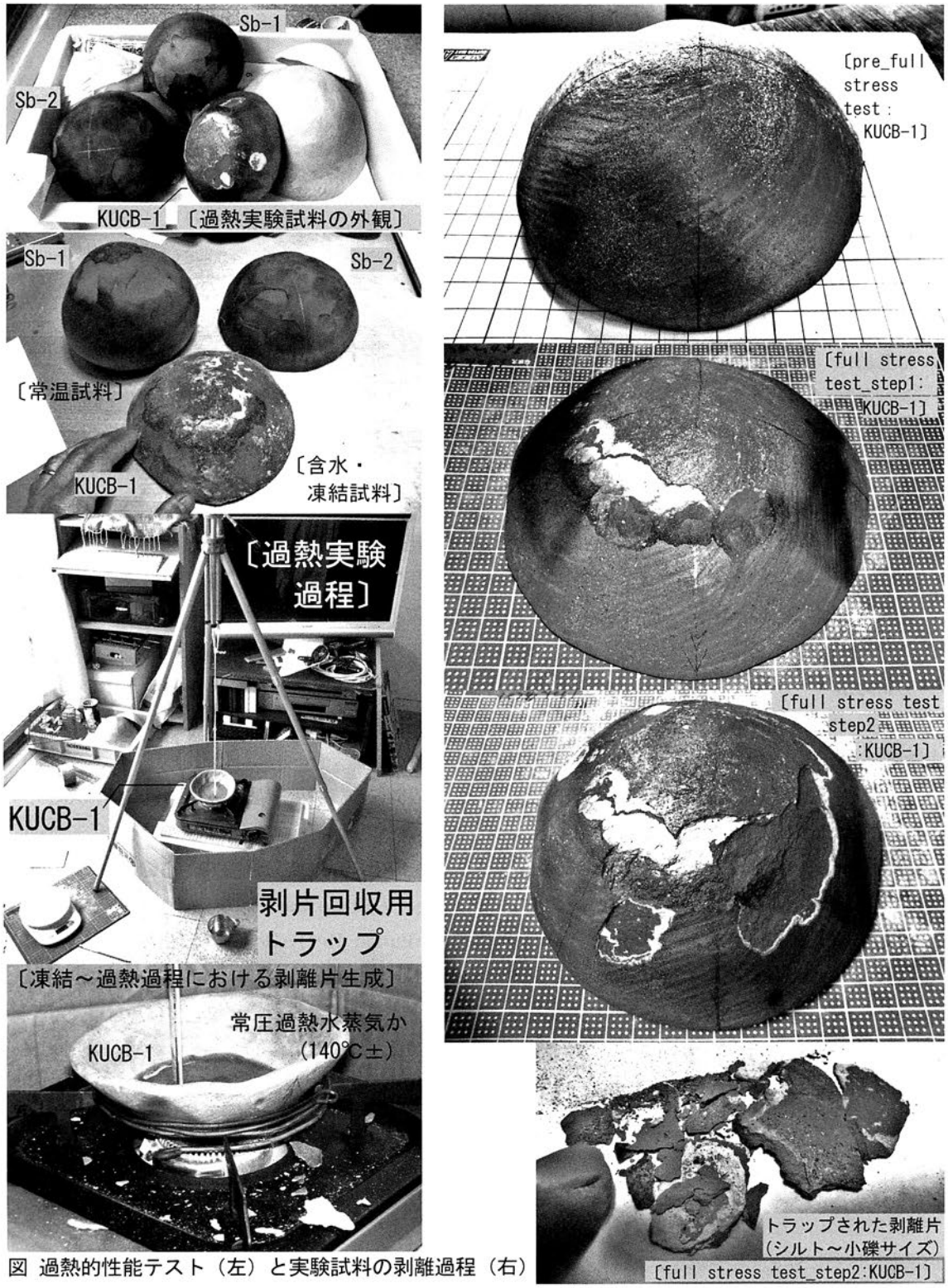


図 過熱的性能テスト（左）と実験試料の剥離過程（右）

XRF およびLA-ICP-MS を用いた地球科学的高精度分析による弥生土器の産地同定

Provenance study of Yayoi pottery by high precision geoscientific analysis using XRF and LA-ICP-MS

○石田智子（日本学術振興会特別研究員 PD・九州大学大学院比較社会文化研究院）、中野伸彦（九州大学大学院比較社会文化研究院）、足立達朗（同左）、小山内康人（同左）、田中良之（同左）

○Tomoko Ishida[1・2], Nobuhiko Nakano[2], Tatsuro Adachi[2], Yasuhito Osanai[2], Yoshiyuki Tanaka[2]（1：Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science PD／2：Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University）

1. はじめに

多様な物資を外部から得て成立する弥生時代集落において、原材料産地や製作地が限られる石器・金属器とは異なり、土器は原材料採取地・土器製作地・生産単位が不明確であり、生産・流通関係の検討が困難である。また、基本的に各集落での自給生産・消費が想定される弥生土器に関しては、最も日常的な近隣集落間の土器移動現象、さらには地域性発現プロセスの解明のために、半径約5km圏レベルの地域差を析出する分析精度が求められる。本研究は、地球科学的高精度分析手法を用いて、特徴的胎土や型式ではない日常土器を対象に、地質環境に即した精密な産地同定を行うことが目的である。具体的なケーススタディとして、北部九州地域の玄界灘沿岸部における弥生時代中期土器の生産と流通を検討する。

2. 分析方法

土器は、観察・実測・写真撮影などの記録を作成した後、口縁部直下胴部付近の試料約5gを採取した。土器試料1.8000 gと融剤3.6000 g（混合比＝1：2）で作成したガラスビード試料を用いて、各元素の測定を行った。測定には、九州大学大学院比較社会文化研究院設置の波長分散型蛍光X線分析装置（XRF；リガク製ZSX primus II）およびレーザー溶出型誘導結合プラズマ質量分析計（LA-ICP-MS；レーザー：New Wave Research製UP-213；ICP-MS：Agilent7500cx）を用いた。XRFでは主要元素［SiO_2・TiO_2・Al_2O_3・Fe_2O_3・MnO・MgO・CaO・Na_2O・K_2O・P_2O_5］（wt%）および微量元素［V・Cr・Zn・Ga・Ni・Cu・Rb・Sr・Y・Zr・Nb・Ba］（ppm）を、LA-ICP-MSでは希土類元素［La・Ce・Pr・Nd・Sm・Eu・Gd・Tb・Dy・Ho・Er・Tm・Yb・Lu］およびHf・Ta・U・Pb・Th（ppm）を測定した。標準試料にはSRM-612（National Institute of Standard and Technology製ガラス標準試料）を使用し、定量値の正確度はJB-3ガラスビード（地質調査所粉末標準試料）を用いてチェックした。詳細な測定条件は、試料調整方法は石田ほか（2012）、XRFは中野・角縁ほか（2009）および中野・小山内ほか（2012）、LA-ICP-MSはNakano et al.（2010）および中野・小山内ほか（2012）を参照されたい。

3. 分析結果

地質環境に応じた適切な地域（遺跡）区分の基準となる元素を選択した結果、岩石が粘土化する過程の化学的風化や変質に伴う元素移動および地下水への溶解度が小さく、地質環境によって元素組成が異なる希土類

元素(rare earth element)、二次作用で移動しにくいHFS元素(high field-strength element)が有効な指標となることが判明した。花崗岩を基盤地質とする玄界灘沿岸地域では、型式学的研究成果と照合することで、地形単位(山地・河川・平野)を基準とする約5～10km圏レベルの近隣集落間関係から、玄界灘を介した遠隔地域間関係におよぶ、多様な位相の集団間関係の検討が可能となった。今後は、構成鉱物、鉱物化学組成、粘土鉱物化学組成を複合的に分析することで、元素挙動の由来を検討する予定である。

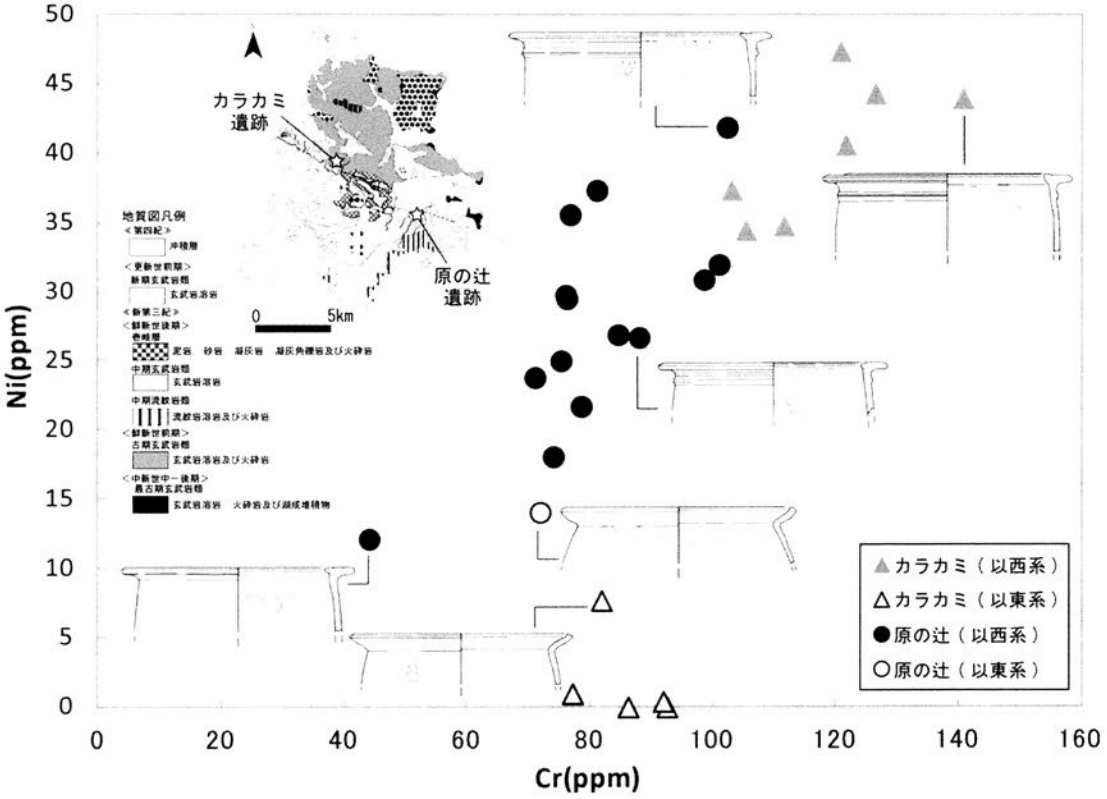


図1　壱岐島における弥生時代中期後半期の甕形土器のCr - Ni分布図

壱岐島に所在するカラカミ遺跡・原の辻遺跡（遺跡間距離は約6.6km）から出土した弥生時代中期後半期の土器を分析した結果、胎土の元素組成から両遺跡は明瞭に区分できる。土器型式との対応を検討すると、遠賀川以西系須玖式土器（鋤先口縁）と遠賀川以東系須玖式土器（跳上口縁）は元素組成が異なる。以西系は、壱岐の基盤地質の玄武岩に特徴的な元素（Mg、V、Cr、Ni）を多量に含有することから、壱岐島内での在地生産が想定される。一方、以東系はCr、Niなどの含有量が低いことから、壱岐島外から搬入された可能性がある。

主要参考文献

石田智子・米村和紘・足立達朗・中野伸彦・小山内康人・田中良之2012「那珂川・御笠川流域における弥生土器および粘土の胎土分析」榎本義嗣編『久保園遺跡4』福岡市埋蔵文化財調査報告書第1148集，福岡市教育委員会，pp.371-376.

石田智子・米村和紘・足立達朗・中野伸彦・小山内康人・田中良之2013「カラカミ遺跡・原の辻遺跡出土弥生土器の胎土分析」宮本一夫編『壱岐カラカミ遺跡Ⅳ』，九州大学大学院人文科学研究院考古学研究室，pp.183-197.

中野伸彦・角縁進・小山内康人・米村和紘・桑原義博2009「低希釈率ガラスビードを用いた主成分・微量・軽希土類元素の定量」『比較社会文化』第15巻，九州大学大学院比較社会文化学府，pp.1-15.

中野伸彦・小山内康人・足立達朗・米村和紘・吉本紋・Nugroho SETIAWAN2012「蛍光X線分析装置・レーザー溶出型誘導結合プラズマ質量分析計を用いた低希釈率ガラスビードの主成分・微量・希土類元素の迅速定量分析」『比較社会文化』第18巻，九州大学大学院比較社会文化学府，pp.81-94.

Nakano, N., Osanai, Y., Adachi, T. 2010. Major and trace element zoning of euhedral garnet in high-grade (> 900 °C) mafic granulite from the Song Ma Suture zone, northern Vietnam. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. 105 : 268-273.

本研究は、日本学術振興会特別研究員奨励費(245912)および科学研究費基盤研究(A)(23242049)の成果の一部である。

ガンマ線スペクトロメトリーによる奈良三彩及び唐三彩の胎土分析

Clay body analysis of Nara three-color ware and Tang three-color ware by Gamma-ray spectrometry

○青木智史（奈良教育大学）、小倉頌子（同左）、金原正明（同左）
○Satoshi Aoki, Shoko Kokura, Masaaki Kanehara (Nara University of Education)

1. はじめに

奈良教育大学構内新薬師寺旧境内遺跡の発掘調査において、奈良三彩片が十数点出土した。奈良三彩は奈良時代に出現した日本で最も早い施釉陶器の一種であり、唐三彩の影響を受けて成立したと考えられる。奈良三彩と唐三彩は日本ではともに破片となって出土する場合が多い。ある程度の大きさの破片であれば唐三彩と奈良三彩の判別は難しいものではないが、小さな破片であれば困難である場合もある。また、判断が難しい作例も一部に見られ、慎重な検討が必要になる。そこで我々は、これまでにも自然科学的な手法を用いた胎土分析による奈良三彩と唐三彩の判別の可能性を検討してきた。例えば、蛍光X線分析による新薬師寺旧境内遺跡出土奈良三彩片と河南省黄冶窯跡出土唐三彩片の胎土分析を行い、K、Ca、Fe、Rb、Sr、Zrの元素濃度が両者の判別に有効であることを明らかにしている。他方で我々は、2007年以降中国河南省黄冶窯跡で出土した唐三彩片のTL法による年代測定を実施し、胎土由来の放射線量率の評価のためにガンマ線スペクトロメトリーによる胎土中の放射性元素の分析を実施してきた。その分析結果を踏まえて、試験的に新薬師寺旧境内遺跡出土の奈良三彩片のガンマ線スペクトル分析を実施したところ、U及びThの含有量が有意な差違を示す可能性が示唆された。そこで今回、新薬師寺旧境内遺跡出土の奈良三彩片11点のガンマ線スペクトル分析を実施し、胎土中のU及びThを定量分析して黄冶窯跡出土唐三彩片15点の分析結果と比較し、両元素が奈良三彩と唐三彩の判別に有効か否かの検討を行った。

2. 分析対象

分析対象は新薬師寺旧境内遺跡出土奈良三彩片11点と黄冶窯跡出土唐三彩15点である。

3. 分析方法

ごく僅かではあるが、一般に土中には^{238}Uや^{232}Thのような崩壊系列を形成する放射性元素や、系列を形成しない^{40}Kや^{87}Rbのような放射性元素が普遍的に存在している。当然、土器胎土にもこれらの放射性元素は含まれている。放射性元素はその崩壊に伴って、固有のエネルギーを持つアルファ線、ベータ線、ガンマ線などの放射線を放出し、ガンマ線スペクトロメトリーは、この放射線のうちガンマ線の線束とエネルギーを測定して放射性元素の核種を同定するとともにその存在量を定量するものである。^{238}U、^{235}U、^{232}Thは崩壊系列を形成し、放射平衡が成り立つ場合、娘核種（^{228}Ac、^{214}Pb、^{214}Bi、^{208}Tlなど）から放出される放射能の測定によって親核種の含有量を定量することが可能である。本研究においてはγ線スペクトロメトリーには、低バックグラウンド鉛及び無酸素銅で遮蔽したOxford Instruments社製の高純度Ge検出器及びMCAを用い、娘核種の線束から親核種の定量分析を行った。スペクトル解析には同社の分析プログラムを用いた。また、本研究で解析した核種のエネルギー吸収ピークは独立ピークであるため、ピーク面積は計数値積算法（コベル法）により求めた。また、U及びThの含有量は、独立行政法人産業技術総合研究所が提供している岩石標準試料（JG-1a、JR-1、JA-3、JB-2、JB-3）及び日本粘土学会が提供して

いる粘土参考試料（JCSS-3101、JCSS-3102、JCSS-5102）を用いた検量線法により評価した。

4. 分析結果と考察

新薬師寺旧境内遺跡出土の奈良三彩片の分析結果は表.1に、黄冶窯跡出土唐三彩片の分析結果は表.2に示した。奈良三彩胎土中のU含有量は平均値で3.26±0.60 ppm、Th含有量は平均値で12.49±2.69 ppm、唐三彩胎土中のU含有量は平均値で5.57±0.78 ppm、Th含有量は平均値で30.76±4.77 ppmとなった。奈良三彩、唐三彩ともにバラツキがみられるが、図.1のU-Thの二次元分布図で示すように両者はまとまった集団を成しており明確に判別することが可能である。特に、Thの含有量は有効な判別因子と考えられ、およそ20 ppmを境として完全に識別可能となっている。また、黄冶窯跡出土唐三彩片の胎土分析については雷勇らによって中性子放射化分析が実施されており、36試料についてU及びThの含有量が評価されている（雷勇ら、2005）。その結果と比較すると、本研究で評価した黄冶窯跡出土唐三彩片と同一の分布域をとり、本研究で明らかにした黄冶窯跡出土唐三彩片のU-Th分布域は実効的なものと判断できる。以上のことから、奈良三彩と黄冶窯で焼かれた唐三彩の判別にはU及びThの含有量が有効な指標となると考えられる。日本にもたらされている唐三彩の多くが黄冶窯で焼かれたと考えられることから、本研究の結果は有意なものといえるだろう。また、三彩研究におけるガンマ線スペクトロメトリーによる胎土分析の有効性も示し得た。今後より検討を重ねたい。

表.1　奈良三彩片のUおよびThの含有量評価結果

試料名	U含有量（ppm）	Th含有量（ppm）
奈良三彩片01	4.29±0.27	17.5±0.1
奈良三彩片02	3.80±0.30	12.7±0.2
奈良三彩片03	2.91±0.38	9.7±0.2
奈良三彩片04	2.58±0.41	9.1±0.2
奈良三彩片05	3.31±0.35	11.6±0.2
奈良三彩片06	2.13±0.48	9.7±0.2
奈良三彩片07	3.58±0.31	12.9±0.2
奈良三彩片08	3.28±0.34	12.5±0.2
奈良三彩片09	3.59±0.31	11.1±0.2
奈良三彩片10	3.44±0.32	16.2±0.1
奈良三彩片11	2.96±0.37	14.3±0.1

表.2　唐三彩片のUおよびThの含有量評価結果

試料名	U含有量（ppm）	Th含有量（ppm）
唐三彩片01	5.86±0.26	23.2±0.1
唐三彩片02	5.81±0.26	30.4±0.1
唐三彩片03	5.80±0.26	34.2±0.1
唐三彩片04	7.01±0.23	23.8±0.1
唐三彩片05	6.32±0.25	40.0±0.1
唐三彩片06	5.48±0.27	27.3±0.1
唐三彩片07	4.64±0.29	28.5±0.1
唐三彩片08	4.12±0.31	27.9±0.1
唐三彩片09	5.87±0.25	33.1±0.1
唐三彩片10	5.49±0.26	29.3±0.1
唐三彩片11	5.44±0.27	29.1±0.1
唐三彩片12	4.86±0.24	31.9±0.1
唐三彩片13	4.98±0.28	33.2±0.1
唐三彩片14	5.06±0.28	30.3±0.1
唐三彩片15	6.81±0.24	39.4±0.1

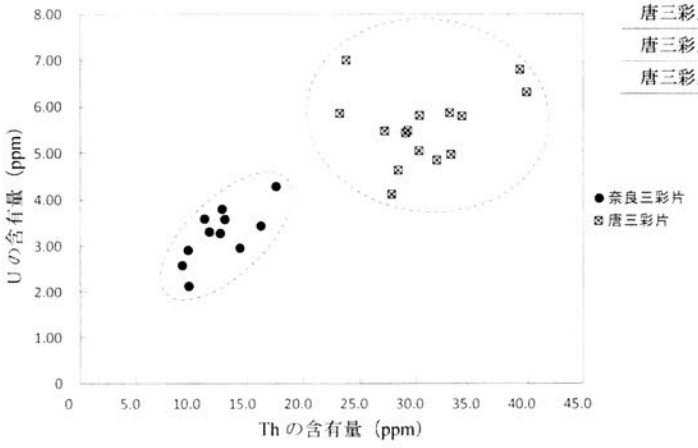


図.1　奈良三彩と唐三彩のU－Th分布図

（参考文献）雷勇・馮松林・馮向前・張松林・廖永民、「河南黄冶窯唐三彩的中子活化分析与産地的初歩研究」『中国・鄭州考古 八　河南唐三彩与唐青花』，科学出版社，pp. 478-484，2005.

γ線スペクトロメトリーを用いた新薬師寺旧境内出土瓦の胎土分析

Clay body analysis of roof tiles from Shin-Yakushi-Ji Temple Old Precincts site by Gamma-ray spectrometry

○小倉頌子（奈良教育大学）、青木智史（同左）、金原正明（同左）
○Shoko Kokura, Satoshi Aoki, Masaaki Kanehara (Nara University of Education)

1. はじめに

2008年より行われた新薬師寺旧境内遺跡の発掘調査では、奈良時代中頃に焼成されたと考えられる瓦が多く出土した。2010年には、青木らによりこれらの瓦を対象に熱ルミネッセンス年代測定が行われており、それに先立ちγ線スペクトロメトリーによる胎土分析が行われた。その結果によれば、胎土に含まれるU及びThの含有量に同一遺跡で出土した瓦としては特異な差異が見られ、新薬師寺旧境内出土瓦には複数の採取地の異なる原料が使用された可能性が考えられる。また、奈良教育大学ではγ線スペクトロメトリーを用いた土器や瓦の胎土分析を過去に多く行っており、胎土中のU及びThの含有量が判別に有効であることが示唆されていた。そこで、γ線スペクトロメトリーを用いた胎土分析の基礎的研究として、新薬師寺旧境内遺跡より出土した瓦を分析し、U及びThの含有量の違いによる胎土の分類が可能であるかを検討した。

2. 試料

試料は、新薬師寺旧境内遺跡より出土した瓦片60点（新薬旧01~60）を測定対象とした。また、過去に熱ルミネッセンス年代測定に伴って行われた奈良時代の瓦（奈良県内出土）4点と、韓国・南漢山城遺跡出土の瓦5点の胎土分析結果を比較試料とした。

3. 分析方法

地殻を構成する岩石や造岩鉱物には、微量ではあるがウラン(^{238}U)、トリウム(^{232}Th)、カリウム(^{40}K)といった放射性同位元素が含まれている。^{238}U、^{232}Thは崩壊系列を形成し、放射性崩壊によって新しい核種を生成する。放射平衡が成り立つ場合、娘核種から放出される放射能を測定することにより親核種の含有量を定量することができる。

試料は表面をクリーニングした後、タングステンカーバイド製乳鉢で粉砕して30gを秤量し、Oxford Instruments社製のγ線スペクトロメータを用いて2日間測定を行った。検出器には高純度Ge半導体検出器を用いている。定量分析では、産業技術総合研究所が提供する岩石標準試料（JG-1a、JR-1、JA-3、JB-2、JB-3）を用いて各核種について検量線を作成し、瓦に含まれる放射性元素U、Th、Kの濃度を算出した。

4. 結果と考察

新薬師寺旧境内遺跡出土瓦は全体的にまとまった分布を示すが、集団に属さない試料が2点

表 1. 新薬師寺旧境内出土瓦の胎土分析結果

試料名	U(ppm)	Th(ppm)	K(%)	試料名	U(ppm)	Th(ppm)	K(%)
新薬旧01	2.95	9.1	1.66	新薬旧31	3.66	16.5	2.28
新薬旧02	5.63	17.9	2.72	新薬旧32	5.32	18.1	2.50
新薬旧03	3.65	13.8	2.40	新薬旧33	4.55	16.6	2.23
新薬旧04	3.89	14.2	1.95	新薬旧34	5.40	19.1	2.32
新薬旧05	4.68	16.3	2.14	新薬旧35	4.49	13.9	2.28
新薬旧06	4.35	17.1	2.17	新薬旧36	5.25	16.1	2.56
新薬旧07	5.09	16.0	2.78	新薬旧37	3.65	14.9	1.83
新薬旧08	6.30	19.5	2.29	新薬旧38	6.17	18.0	2.21
新薬旧09	5.98	18.8	2.16	新薬旧39	3.87	14.9	2.40
新薬旧10	6.03	20.9	2.47	新薬旧40	5.87	20.2	2.48
新薬旧11	3.77	14.6	1.93	新薬旧41	5.56	18.7	2.55
新薬旧12	6.33	18.6	2.45	新薬旧42	4.04	14.7	1.94
新薬旧13	5.03	15.6	2.82	新薬旧43	3.73	14.0	2.37
新薬旧14	6.82	19.4	2.44	新薬旧44	4.52	17.7	2.36
新薬旧15	6.49	19.0	2.42	新薬旧45	3.99	16.2	2.19
新薬旧16	4.89	19.7	2.71	新薬旧46	4.93	18.1	2.19
新薬旧17	5.27	16.7	2.27	新薬旧47	4.55	14.6	2.45
新薬旧18	4.41	17.1	2.21	新薬旧48	4.76	16.1	2.06
新薬旧19	3.48	15.0	1.88	新薬旧49	5.23	16.6	2.86
新薬旧20	4.25	19.2	2.60	新薬旧50	5.08	16.9	1.93
新薬旧21	5.03	18.5	2.17	新薬旧51	4.93	15.2	2.53
新薬旧22	4.37	17.2	2.03	新薬旧52	5.00	16.3	2.62
新薬旧23	6.29	19.9	2.77	新薬旧53	5.10	18.8	2.43
新薬旧24	5.28	16.7	2.38	新薬旧54	3.99	15.8	2.41
新薬旧25	4.11	15.3	2.38	新薬旧55	4.26	15.3	2.15
新薬旧26	5.59	17.2	2.29	新薬旧56	5.05	16.9	2.02
新薬旧27	5.89	18.1	2.69	新薬旧57	2.87	12.6	2.32
新薬旧28	5.23	18.2	2.35	新薬旧58	4.37	16.0	2.34
新薬旧29	6.17	18.9	2.32	新薬旧59	3.98	14.9	2.16
新薬旧30	3.95	14.7	2.36	新薬旧60	3.82	16.3	2.12

見られた。特に 1 点（新薬旧 01）は Th 量が 10ppm 未満と少なく、原料粘土の採取地が異なる可能性が指摘される。もう 1 点（新薬旧 57）は集団からやや離れており、胎土が異なる可能性は考えられるが、より詳細に検討する必要があるだろう。また比較試料として、奈良山丘陵上の瓦窯より得られた瓦と韓国の南漢山城遺跡出土瓦の分析結果も図 1 に示した。これによると、新薬師寺旧境内遺跡出土瓦は他の 2 つの出土地の瓦よりも U の含有量が多く、Th も多い傾向にある。なお、奈良山丘陵の瓦は南漢山城遺跡出土瓦よりも Th がやや多く、3 つの出土地の瓦は明確に区別できた。以上より、現段階ではまだ課題が残るものの、γ線スペクトロメトリーを用いた胎土分析により、出土地の異なる瓦を判別できる可能性が示唆される。今後はさらに分析数を増やし検討したい。

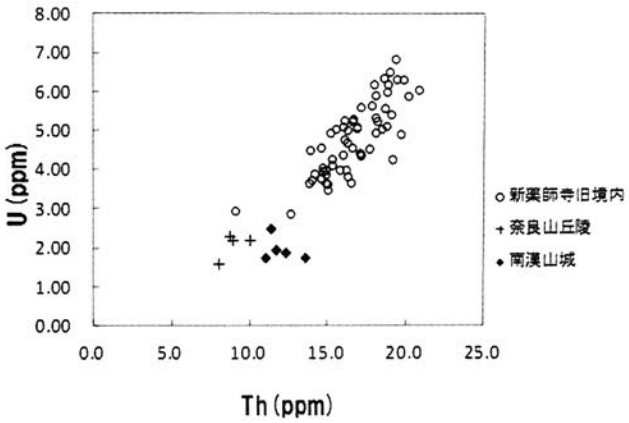


図 1. 瓦の U-Th 分布図

トルコ・ボアズキョイ遺跡出土土器の重鉱物分析による産地推定

Provenance study of pottery from Boğazköy, Turkey by heavy mineral analysis

○橋本一茉（東京理科大学）、黄嵩凱（同左）、中井泉（同左）、横山一己（国立科学博物館）

○Kazuma Hashimoto, W.S.K. Bong, Izumi Nakai (Tokyo University of Science), Kazumi Yokoyama (National Museum of Nature and Science), Andreas Schachner (German Archaeological Institute)

1. 序

土器は、主に粘土で構成されており、粘土は様々な鉱物を含んでいる。これらの鉱物の組成、特に重鉱物組成は、地質的特徴が反映されやすく、その採取地に関する情報を含んでいる。よって、土器の重鉱物組成を分析することで土器の産地の手掛かりを得ることが出来る。土器の産地情報からは、当時の土器製作活動や都市間での交易関係など、考古学に対して重要な知見を与える。当研究室では、これまでトルコ・カマン・カレホユック遺跡から出土した前期・中期青銅器時代の土器の産地を明らかにしてきた[1]。本研究では同手法をヒッタイトの首都であるトルコ・ボアズキョイ遺跡出土の土器へと適用した。

ヒッタイトは、紀元前 16-12 世紀にトルコ・アナトリア地域に栄えた民族である。これまでの考古学的研究から、ヒッタイトはボアズキョイ遺跡を首都とした中央集権国家を築いていたことが分かっている。しかし、当時の土器製作活動および土器交易の詳細は未だ明らかになっていない。そのため、我々はこれら 2 つの問題の解明を目的として、ボアズキョイ遺跡から出土した土器の産地を重鉱物分析により推定した。鉱物同定には化学組成の特徴から同定する、正確で客観性がある SEM-EDS（エネルギー分散 X 線分析装置付走査電子顕微鏡）法を採用した。また、遺跡周辺から堆積物をサンプリングし、この重鉱物組成を求め、遺跡周辺の重鉱物データベースを構築した。このデータベースと土器の重鉱物組成を比較することで、より詳細な土器産地推定を行なった。

2. 試料と実験方法

土器試料は、アッシリア植民地時代の 9 点、その後のヒッタイト時代の 41 点、更に後の鉄器時代の 40 点である。データベース構築用の堆積物試料は、ボアズキョイ遺跡の 20 km 圏内から 96 点採取した。採取地点を図 1 に示す。分析は以下の手順で行なった。まず土器と堆積物試料は約 30 g を粉砕し、篩で 255 μm 以下に選別した。次に、流水で洗浄し、乾燥させた。その後、比重 2.82 に調整されたヨウ化メチレンよって重液分離し、重鉱物のみを取り出した。次に、得られた重鉱物をエポキシ樹脂に包埋後、薄片に研磨した。そして、この薄片試料中の重鉱物を一粒ずつ SEM-EDS (JEOL JSM-6610)によって化学組成を分析し、鉱物種を同定した。1 試料につき鉱物 150～200 粒を同定し、粒子数から重鉱物組成を求めた。

3. 結果と考察

土器と堆積物試料の重鉱物組成の一部を図 2 に示す。重鉱物組成から堆積物はまだ解析が終了していないが、現時点では Pattern A,A'の 2 つのグループ、土器は Group 1a,1b,2a,2b,3,4,5,6 の 8 つのグループに分類された。土器と堆積物の重鉱物組成を比較したところ、Pattern A と Group 1 の間に類似性が見られた。Pattern A は遺跡を取り巻くオフィオライト地域の堆積物であるため、Group 1 の土器は在地品と考えられる。土器の時代に着目すると、まず、アッシリア植民地時代の土器は Group 1a のみに属し、限定的な産地の土器を使用していたことが分かった。次に、ヒッタイト時代の土器は 6 つの Group に属し、産地が多様になっ

たことが分かった。そして、鉄器時代の土器からは、それ以前の時代には見られないGroup 3,4に属するものが見つかり、産地に変遷が生じたことが分かった。今後はヒッタイト時代を含む他の遺跡の土器を分析し、今回作成したボアズキョイ遺跡周辺堆積物の重鉱物データベースと比較することで、都市間の交易関係を調査していく。

【謝辞】

本研究を行うにあたり、現地調査で大変お世話になりました中近東文化センターアナトリア考古学研究所の大村幸弘氏と松村公仁氏に深く感謝致します。また、鉱物に関する知識をご教授頂きました国立科学博物館の重岡昌子氏に御礼申し上げます。

【文献】1) Bong, W.S.K. *et al.*, *Journal of Archaeological Science* **37**, 2165-2178 (2010).

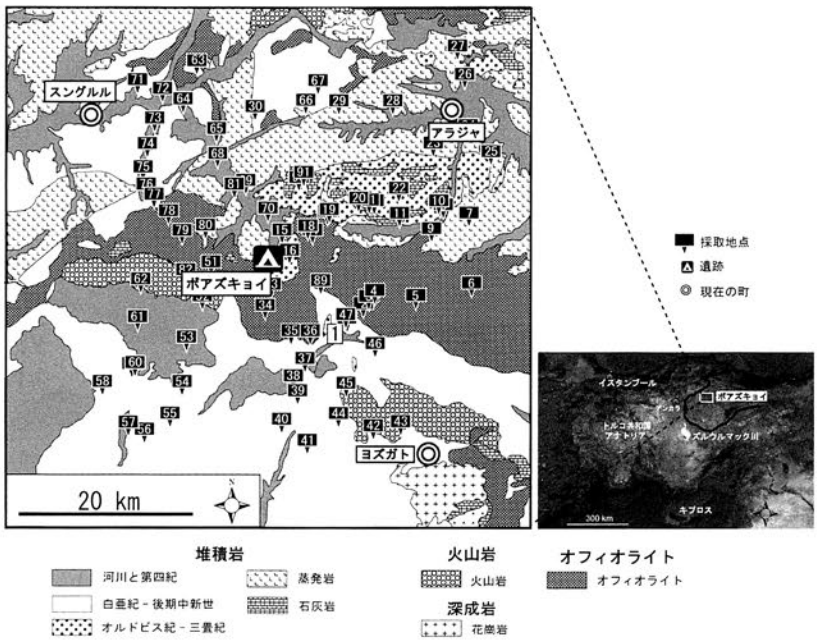


図1. ボアズキョイ遺跡周辺の地質図と堆積物試料採取地点

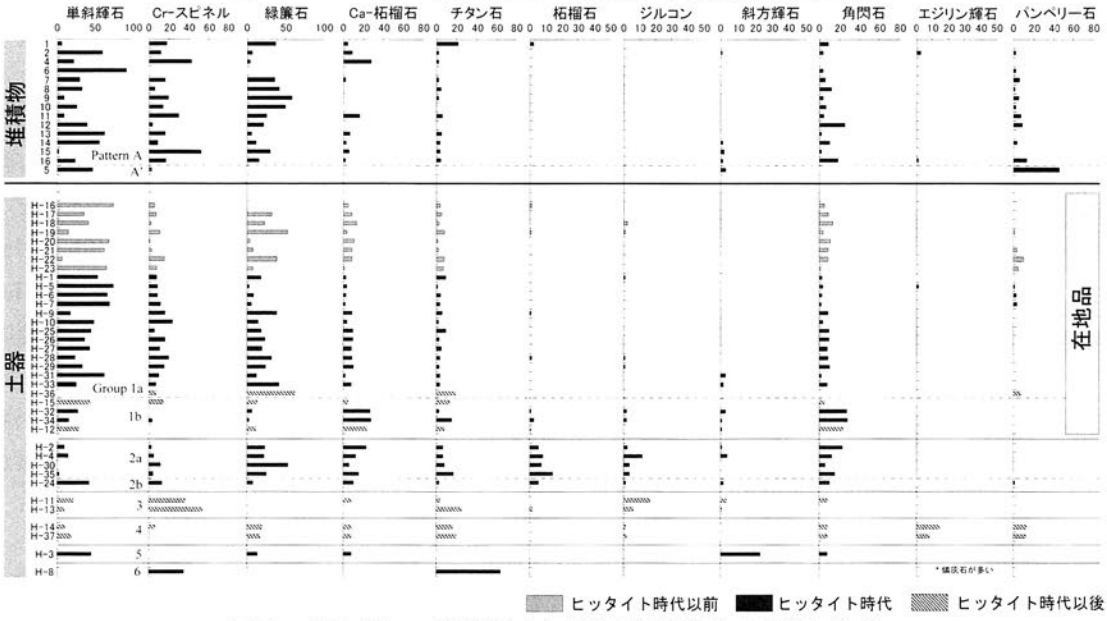


図2. ボアズキョイ遺跡出土土器と周辺堆積物の重鉱物組成

阿玉台式土器胎土の地域性と混和に関する研究
A study on locality and mixing of Atamadai type Jomon pottery material

○河西学（帝京大学）、松本建速（東海大学）、中村利廣（明治大学）、市川慎太郎（明治大学院理工学部）、神山崇（高エネルギー加速器研究機構）、小林謙一（中央大学）、塚本師也（とちぎ未来づくり財団埋蔵文化財センター）、中村信博（市貝町教育委員会）

○ Manabu Kasai, Takehaya Matsumoto, Toshihiro Nakamura, Shintaro Ichikawa, Takashi Kamiyama, Ken'ichi Kobayashi, Moroya Tsukamoto, Nobuhiro Nakamura

はじめに

阿玉台式土器は、雲母片や花崗岩類片を多く含む特徴の土器とされており、意図的混和の可能性が先学によって指摘されているが、土器の製作地がどこであるかを特定するのは混和の影響を考慮する必要があり複雑である。この研究は、薄片による岩石学的分析や蛍光X線分析などの手法を相互補完的に組み合わせることで、これらの土器胎土の地域性を明らかにし、最終的には土器の製作地推定や土器製作システムの解明をめざすものである。

試料と分析方法

試料は、神奈川県相模原市大日野原遺跡、栃木県芳賀郡茂木町桧ノ木遺跡の土器を分析した。桧ノ木遺跡では、ルーペを用いた肉眼観察で岩石鉱物組成の概要を把握した。その後、薄片を作製し、フッ化水素酸蒸気でエッチングし、コバルチ亜硝酸ナトリウム飽和溶液でカリ長石を黄色に染色しプレパラートとし、ポイントカウント法で粒径 0.05mm 以上の岩石鉱物粒子を計数した。蛍光X線分析は、明治大学理工学部の蛍光 X 線装置 Rigaku RIX 3100 を用いた。0.400g の試料粉末を秤量し、融剤との質量比が 1:10 のガラスビードを用い、検量線法にて定量した。土器片中の主成分酸化物 (Na2O, MgO, Al2O3, SiO2, P2O5, K2O, CaO, TiO2, MnO, Fe2O3) および微量成分元素 (V, Cr, Ni, Rb, Sr, Y, Zr) 濃度を測定した。

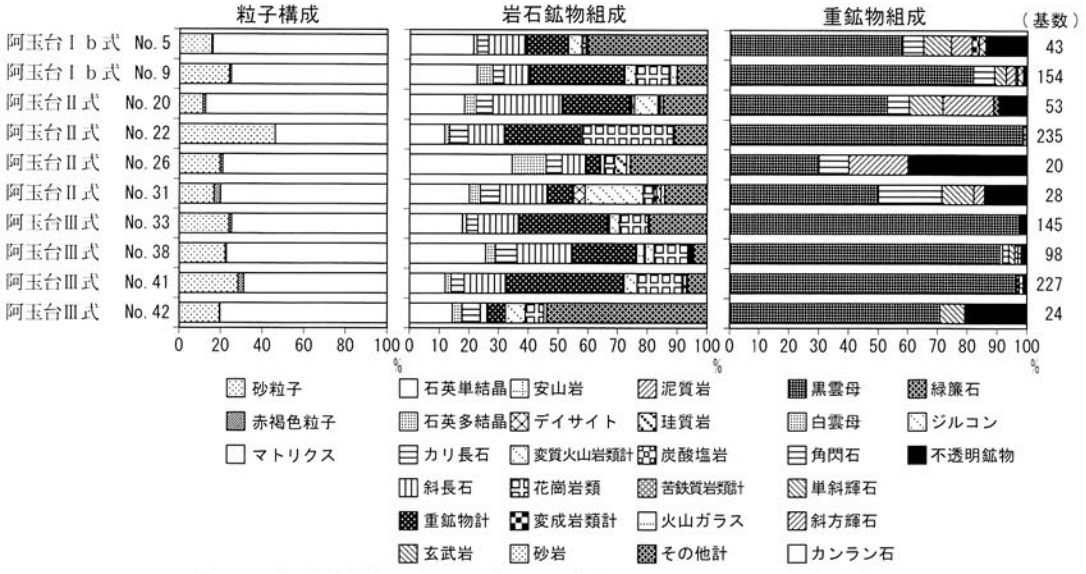
結果と考察

大日野原遺跡の阿玉台式（Ⅰb式１点、Ⅱ式２点）は、地元地質との関連性が推定される藤内式・曽利式・加曽利E式の土器胎土と類似性が認められないことから、地元原料の一部を用いて製作された可能性は極めて低いと考えられ、製品として搬入された可能性が高いと推定される。

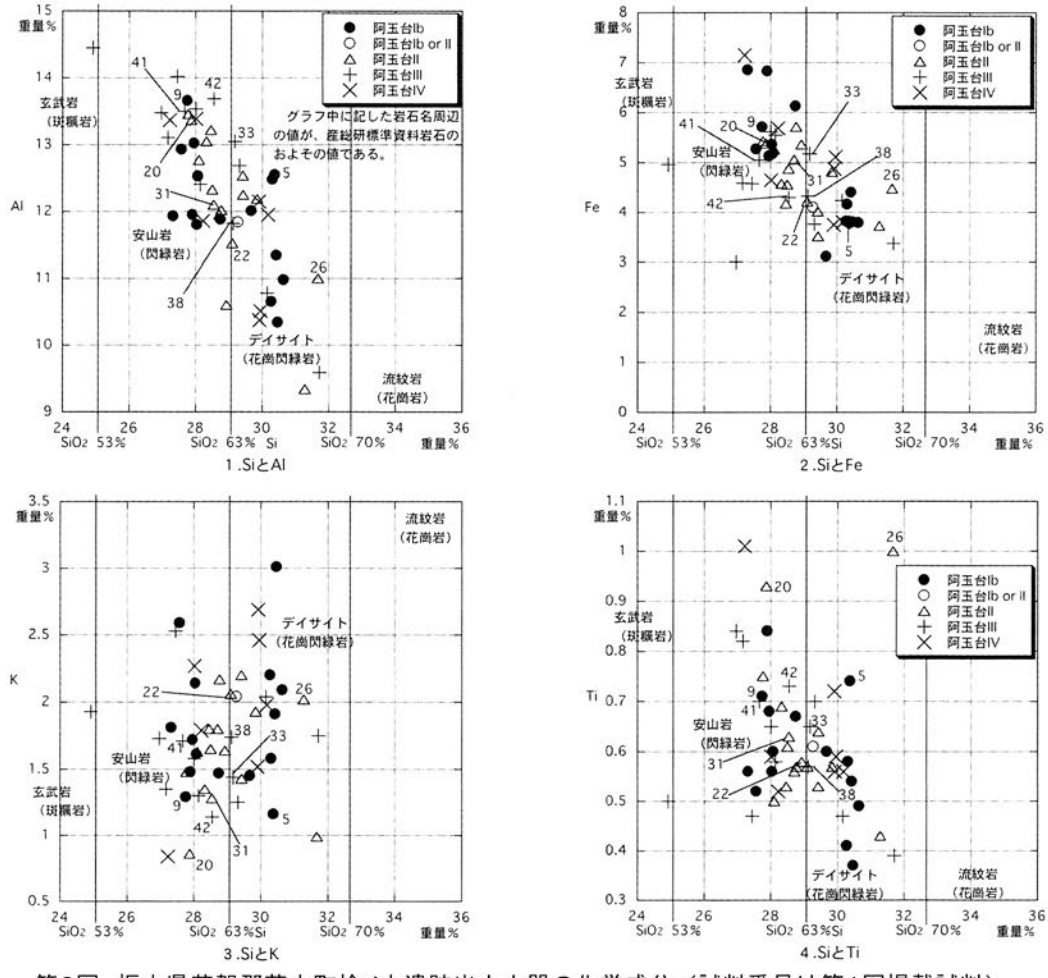
桧ノ木遺跡では、肉眼観察において、雲母や花崗岩類主体の土器が大部分を占めるが一方、花崗岩類以外に堆積岩、変質火山岩類、デイサイト～流紋岩を伴う土器の存在が認められた。後者試料の薄片観察の結果を第1図に示す。花崗岩類とその構成鉱物以外の部分で、デイサイト質～流紋岩質の変質火山岩類などが特徴的に含まれる点で 新第三系からなる地元地質との類似性が認められた。地元地質の一部を利用して阿玉台式土器が地元で作られていた可能性を支持する結果であると考えられる。化学組成では、Ni 以外の元素は地殻平均とほぼ同等かそれ以上の値で検出された。阿玉台式の時期ごとの化学組成の分布範囲は、ほぼ同程度で明瞭な違いは認められない。花崗岩類とその構成鉱物以外の岩石を伴う第1図試料の化学組成は、特定の領域に集中する特徴がみられず、花崗岩類と雲母などその構成鉱物を主体とする土器の化学組成の領域と明瞭な区別はできない。このような化学組成からは、ある多様性を保ちながらこの地域の土器胎土の特徴が継続していたことが推定される。

今後の展望

同地域の他型式の土器、粘土層、他地域の阿玉台式土器等の分析を継続して実施することで、土器胎土原料の産地についてより確かな考察をおこない、雲母類や花崗岩類の意図的混和について検討していきたい。



第1図　栃木県芳賀郡茂木町桧ノ木遺跡出土土器の岩石鉱物組成



第2図　栃木県芳賀郡茂木町桧ノ木遺跡出土土器の化学成分（試料番号は第1図掲載試料）

桧ノ木遺跡の試料は、茂木町教育委員会から提供していただいたものであり、深謝する。本研究は、科学研究費補助金基盤研究（C）（課題番号 24520863）の成果の一部である。

蛍光X線分析からみた猿投窯東山地区における中世瓦の生産と供給

Production and Supply of Medieval Tiles in Sanage Kilns Higashiyama Area from X-ray Fluorescence Analysis

○梶原義実（名古屋大学）、竹原弘展（パレオ・ラボ）
○Yoshimitsu Kajiwara (Nagoya University), Hironobu Takehara (Paleo・Labo Co., Ltd.)

1. はじめに

八事裏山窯（H-G-83～86号・88・91号窯）は名古屋市に所在する瓦陶兼業窯で、猿投窯東山地区に属する。出土軒瓦は巴文軒丸瓦と宝相華唐草文軒平瓦などの一群（12世紀前半）と、蓮華文軒丸瓦と瑞花唐草文軒平瓦の一群（12世紀後半）にわけられる。前者は京都市鳥羽離宮東殿で、後者は鎌倉市永福寺跡、鶴岡二十五坊跡、千葉地東遺跡、横須賀市岩戸満願寺、伊勢原市コクゾウ塚で同文瓦が確認されることから、京都および鎌倉・相模地域に供給された可能性が指摘され（（上原1978）（柴垣1982）（原1982）など）、造瓦体制や管掌のあり方についての議論が提示されている。しかしその根拠は、瓦当文様の類似と胎土焼成の肉眼観察に留まっており、本研究では胎土分析から需給関係を確定することを目的とする。

2. 試料と方法

分析対象は、八事裏山窯（分析No.1～No.9）、永福寺跡（No.10～No.12）、岩戸満願寺（No.13～No.15）、伊勢原市石田・細谷遺跡[1]（No.16～No.18）、鳥羽東殿（No.19～No.21）の計5遺跡より出土した瓦21点である（表1）。

蛍光X線分析にはガラスビード法を用いた。まず採取した瓦破片を、岩石カッターで表面を削った後、精製水で超音波洗浄を行った。試料はセラミック乳鉢で粉末にしてるつぼに入れ、電気炉で750℃、6時間焼成した後、デシケータ内で放冷し、1.8000g秤量した。これを、$Li_2B_4O_7$と$LiBO_2$を8:2の割合で調製した融剤3.6000gと十分に混合し、白金製るつぼに入れ、ビードサンプラーにて約750℃で250秒間予備加熱、約1100℃で150秒間溶融させ、約1100℃で450秒間揺動加熱してガラスビードを作製した。分析はフィリップス社製波長分散型蛍光X線分析装置MagiX（PW2424型）にて、検量線法による定量分析を行った。標準試料には、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センターおよび米国標準技術研究所（NIST）の岩石標準試料計15種類を用いた。定量元素はNa_2O、MgO、Al_2O_3、SiO_2、P_2O_5、K_2O、CaO、TiO_2、MnO、Fe_2O_3の主成分10元素と、Rb、Srの微量成分2元素の計12元素である。

3. 結果

分析の結果、Na_2Oが0.31～0.77%、MgOが0.29～0.50%、Al_2O_3が16.2～19.6%、SiO_2が73.2～80.4%、P_2O_5が0.018～0.049%、K_2Oが1.49～2.52%、CaOが0.12～0.35%、TiO_2が0.55～0.90%、MnOが0.008～0.016%、Fe_2O_3が1.58～3.26%、Rbが97～122ppm、Srが37～78ppmであった（表1）。

4. 考察

結果を総体的にみると、全体を通して、生産地および供給先とされる試料ともに、Fe_2O_3やCaOの割合が少なく、東海・名古屋地域の窯業生産品の特徴をよく示す[2]。尾張産の瓦が京都および鎌倉を中心とした相模地域に供給されたことは、胎土分析の結果からも可能性が高いとしてよい。しかし、12世紀前半とされる八事裏山窯No.6～No.9と鳥羽離宮の試料は比較的似た分布を示すものの、P_2O_5やCaOなどの一部の元素に差異がみられたのに対し、12世紀後半とされる八事裏山窯No.1～No.5、永福寺跡、岩戸満願寺、石田・細谷

遺跡の試料は、試料の分布範囲がよく重複しており、化学組成上非常によく似た胎土であるといえる。また前者と後者は、Na_2O、MgO、CaO、TiO_2、Fe_2O_3など多くの元素でやや異なる分布を示した。

このことは、前者が鳥羽離宮東殿という特定の場所のみに供給された瓦であるのに対し、後者は相模国内に広く供給圏をもつ点も鑑み、興味深い結果である。12世紀後半の瓦生産が、12世紀前半の鳥羽東殿への供給時に比して、供給圏は広いものの、おそらく永福寺の造営を単一の契機として、ごく短期間に一気におこなわれたものとも想定できよう。上原真人氏は、京都に運ばれた地方系瓦について、所課国制、造国制の形態と受領層の成功という国衙機構を媒介としていたものが、12世紀中葉以降、寺領荘園からの貢納や在地間交易など種々の方法がとられるよう変質したとする（上原1978）。このような変質の中で、生産者の国衙機構からの自立化が進み、生産地と消費地が、需要に応じた個々の関係の中で瓦の供給がおこなわれるようになったことが、胎土分析の結果にもあらわれているとも考えられよう。

5. おわりに

以上の結果、生産地と遠隔地の消費地出土瓦の比較において、肉眼的特徴だけでなく、化学組成上も一致する点を示せた意義は大きい。しかしながら、分析試料数がすくなく、今後のデータの蓄積が望まれる。

本研究は平成20～23年度文部科学省科学研究費補助金（若手研究（B））「平安・鎌倉期における地方造瓦組織の復原」による成果の一部である。また本研究にあたり、荒木集成館、伊勢原市教委、鎌倉市教委、京都市埋文研、横須賀市自然・人文博物館より貴重な試料の提供を受けた。謹んで御礼申し上げます。

主要参考文献

上原真人 1978「古代末期における瓦生産体制の変革」『古代研究』13・14　元興寺文化財研究所

柴垣勇夫 1982「尾張における平安末期の瓦生産」『愛知県陶磁資料館研究紀要』1

原　広志 1982「鶴岡二十五坊跡出土の鐙瓦について」『鎌倉考古』11　鎌倉考古学研究所

[1] コクゾウ塚に隣接しており、八事裏山窯産とされる胎土焼成の丸平瓦が出土している。
[2] 三辻利一氏のご教示による。

表1　蛍光X線分析結果

分析No.	出土地	種別	時期	Na_2O (%)	MgO (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	TiO_2 (%)	MnO (%)	Fe_2O_3 (%)	Total (%)	Rb (ppm)	Sr (ppm)
1	八事裏山窯	軒丸	12C後半	0.67	0.31	17.2	76.7	0.022	2.44	0.20	0.61	0.009	1.80	100.0	110	45
2		軒平		0.77	0.29	17.3	80.4	0.018	2.47	0.22	0.58	0.009	1.92	104.0	99	41
3		軒平		0.64	0.31	16.4	78.0	0.021	2.33	0.20	0.59	0.010	1.83	100.3	97	37
4		軒平		0.71	0.30	16.9	76.8	0.019	2.36	0.22	0.58	0.009	1.76	99.7	97	39
5		軒平		0.74	0.31	16.7	77.4	0.019	2.34	0.21	0.57	0.008	1.75	100.0	98	39
6		軒丸	12C前半	0.52	0.37	16.2	78.6	0.023	2.43	0.17	0.73	0.010	2.44	101.5	118	58
7		軒丸		0.59	0.43	18.9	73.4	0.023	2.14	0.26	0.77	0.013	2.75	99.3	102	58
8		軒平		0.69	0.50	19.6	73.2	0.020	2.22	0.35	0.85	0.016	3.26	100.7	111	78
9		軒平		0.69	0.40	19.0	77.0	0.024	2.27	0.26	0.72	0.011	2.00	102.4	122	56
10	永福寺	丸瓦	12C後半	0.72	0.33	17.4	77.4	0.022	2.44	0.22	0.60	0.010	1.83	101.0	113	50
11		平瓦		0.65	0.30	16.3	79.3	0.018	2.30	0.20	0.55	0.009	1.94	101.6	105	49
12		平瓦		0.71	0.31	16.3	79.6	0.021	2.44	0.23	0.57	0.011	1.84	102.0	107	52
13	岩戸満願寺	平瓦		0.64	0.33	16.7	79.3	0.023	2.32	0.21	0.59	0.009	1.98	102.1	115	51
14		平瓦		0.68	0.31	16.4	78.4	0.021	2.38	0.21	0.56	0.009	1.76	100.7	104	47
15		丸瓦		0.72	0.32	17.1	78.2	0.022	2.44	0.21	0.59	0.009	1.78	101.4	111	48
16	石田・細谷遺跡	平瓦		0.72	0.30	16.9	78.4	0.020	2.41	0.22	0.56	0.009	2.01	101.5	111	49
17		平瓦		0.72	0.32	16.7	77.6	0.033	2.41	0.23	0.61	0.011	1.85	100.5	111	49
18		丸瓦		0.70	0.30	16.9	77.2	0.022	2.44	0.21	0.59	0.009	1.76	100.1	102	51
19	鳥羽離宮東殿	平瓦	12前半	0.51	0.30	17.4	79.0	0.035	2.30	0.15	0.64	0.009	2.36	102.7	118	53
20		丸瓦		0.61	0.41	17.8	77.8	0.038	2.52	0.21	0.71	0.009	2.41	102.5	114	61
21		平瓦		0.31	0.45	17.9	78.7	0.049	1.49	0.12	0.90	0.012	1.58	101.5	97	51
最小値				0.31	0.29	16.2	73.2	0.018	1.49	0.12	0.55	0.008	1.58	99.3	97	37
最大値				0.77	0.50	19.6	80.4	0.049	2.52	0.35	0.90	0.016	3.26	104.0	122	78

Sr 同位体比測定法を用いた漆製品の産地推定

Application of Sr isotope tracer to provenance studies of Lacquerware

○武藤龍一（明治大学大学院）、中井俊一（東京大学地震研究所）吉田邦夫（東京大学総合研究博物館）
本多貴之（明治大学理工学部）宮腰哲雄（同左）

○Ryuichi Muto (Meiji University graduate school), Shun'ichi Nakai (E.R.I., The University of Tokyo), Kunio Yoshida (The University Museum, The University of Tokyo), Takayuki Honda, Tetsuo Miyakoshi (Meiji University)

1. 研究背景

本研究では漆製品の化学分析によって「何処の漆を使用しているか。」という疑問を解明することを主眼としている。ウルシは東アジアに広く生育しており、主に3系統が知られている（**Fig. 1**）。これらは主成分が異なるため、Py-GC/MS（熱分解－ガスクロマトグラフ質量分析計）によって主成分を分析することで、系統識別ができる。しかし、日本産漆（列島産漆）と中国産漆（大陸産漆）は同じ主成分であるため、この方法では識別ができなかった。そこで、ウルシに含まれている Sr 同位体の組成比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）について着目した。$^{87}Sr/^{86}Sr$ は、ウルシの生育土壌の基盤岩ができた年代によって異なるため、産地推定に応用できる（**Fig. 2**）。そこで本研究では、MC-ICP-MS（マルチコレクター型誘導結合プラズマ質量分析計）にて $^{87}Sr/^{86}Sr$ を測定して現生漆および漆製品の産地推定を行っている。

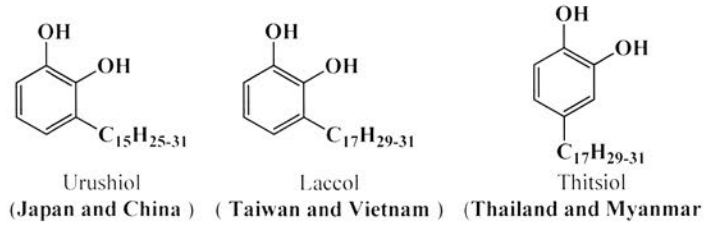


Fig. 1 The major components of lacquers

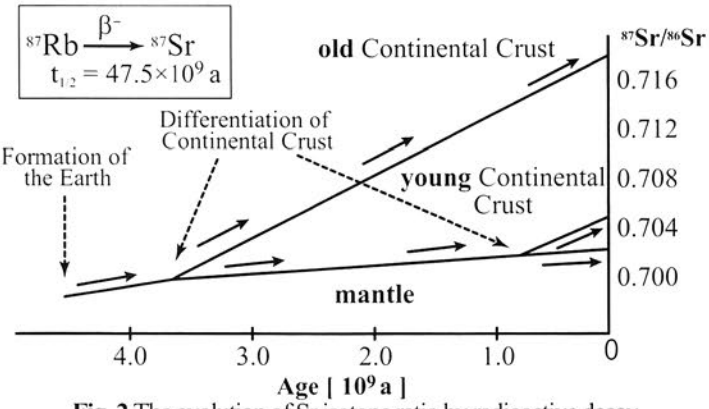


Fig. 2 The evolution of Sr isotope ratio by radioactive decay

佐藤ら（2011）の研究成果にて、各地の漆塗膜や土壌、枝試料の間で産地ごとに $^{87}Sr/^{86}Sr$ の明確な差異が確認されている。その成果を踏まえて、我々は「沖縄」に着目して研究を進めている。沖縄は、19 世紀終わりまで琉球王国として中継貿易を行っていた。そのため首里城等に現存する漆製品は、様々な地域の漆が使用された可能性がある。今回は、沖縄県の考古遺物と現地に植生するウルシ科植物であるハゼノキ、さらに石垣島で自生するハゼノキと土壌等について発表する。

2. 前処理

試料（**Table**; 漆塗膜 100 mg, 枝 30 mg）をテフロンビーカーに入れ、さらに硝酸（Ultrapur）を加えて 11 時間加熱分解を行った。テフロンビーカーの蓋を開けた状態で加熱乾固を行い、有機物を除去した。試料を 7.0 mol/l 硝酸に溶かし、精製した eichrom 社製 Sr resin が充填されたカラムに通過させて Sr のみ抽出した。

土壌試料は、1.5 g 量り取り、1.0 mol/l 酢酸アンモニウム水溶液で Sr を抽出した。漆塗膜および枝試料同様に Sr resin で精製した。Micromass 社製 IsoProbe Multicollector ICP-MS（誘導結合プラズマー質量分析計）によって Sr 同位体比を測定した。なお、標準物質として NIST SRM987 50ppb（$^{87}Sr/^{86}Sr$: 0.71025）を使用した。

Table List of samples for Sr isotope analysis

Entry	Name	Sampling area
1	Japanese lacquer film	Ninohe, Iwate, Japan
2	Chinese lacquer film	Chengkou, Chongqing, China
3	Vietnamese lacquer film	Phu Tho province, Vietnam
4	*Haze*-Branch-Izena	Izena, Okinawa, Japan
5	Soil-Izena	
6	*Haze*-Branch-Nakizin	Nakizin, Okinawa, Japan
7	Nakizin No.1	

3. 結果と考察

今回分析した日本産（岩手県二戸市）と中国産（重慶市城口）およびベトナム産（フート省トウバン村）の漆塗膜は、明確な差異が確認された（**Fig. 3**）。佐藤ら（2011）の結果で日本産漆の多くは $^{87}Sr/^{86}Sr$: 0.71 を下回っていることと調和的である。しかし、南西諸島の多くは石灰岩で覆われており、沖縄県伊是名島の土壌および枝試料は、$^{87}Sr/^{86}Sr$: 0.709 程度で、第四紀の石灰岩の典型的な値を示している。

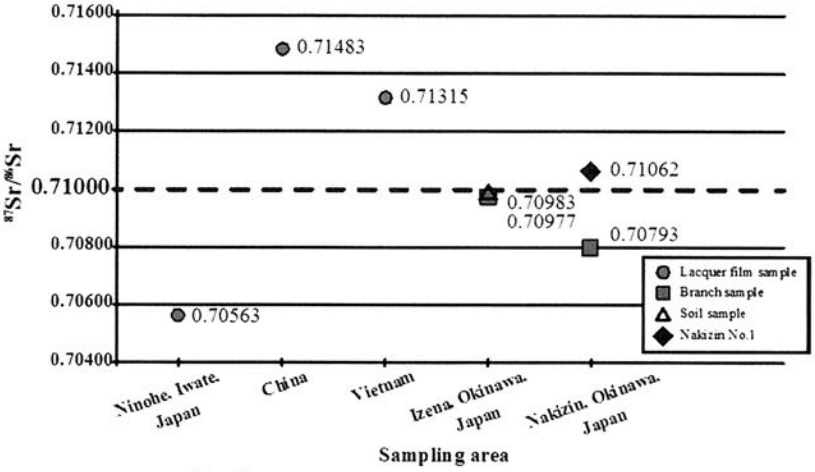


Fig. 3 $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of Lacquer, Branch and Soil samples

琉球の漆製品の例として、沖縄県国頭郡今帰仁村運天の今帰仁城跡にある百按司墓より発掘された木棺の剥落漆片「今帰仁 No. 1」を用いた。百按司墓は「多くの貴族の墓」を意味する名であり、この今帰仁城を治めてきた一族が代々葬られてきた棺が納められている。また、今回の試料である木棺は、琉球の歴史書である「中山世譜（1697）」の記述によると弘治 13（1500）年のものとされており、琉球の工芸技術や葬制、琉球史を考える上で重要な資料とも言える。この今帰仁 No. 1 と現地に植生しているハゼノキの枝試料の $^{87}Sr/^{86}Sr$ を比較した。今帰仁 No.1 は $^{87}Sr/^{86}Sr$: 0.71062 を示して現地の枝試料よりも高い結果となった。また、この Sr 同位体比は石灰岩の同位比 0.709 を超えた数値を示していることから今帰仁 No.1 が、沖縄の漆ではない可能性が示唆された。現在、沖縄に漆液を採取できるウルシは存在しないが、小野まさ子著「八重山の漆について（1986）」では、かつて石垣島（沖縄県石垣市）で漆が採取できたという記録が喜舎場家文章中の「参遣状」に残っている。さらに、石垣島の地質は三畳紀～ジュラ紀の変成年代を示すトムル層が現存し、南西諸島で最も古い地層と考えられる。そのため、仮に石垣島の古い地質の土壌で生育したウルシがあったとするならば、中国産漆（大陸産漆）と近似した $^{87}Sr/^{86}Sr$ の数値が示される可能性がある。

今後順次、石垣島で採取した土壌や植物体試料について分析を行い、上記の今帰仁 No. 1 のような $^{87}Sr/^{86}Sr$: 0.71 を超えた数値を示すかどうか調べる。

4. 参考文献

佐藤正教,「遺物に使われた漆の $^{87}Sr/^{86}Sr$ による産地推定」, 日本大学大学院総合基礎科学研究科修士論文(2011)

ブルガリア前期青銅器時代集落遺跡に見られるカマド構築用粘土の産地推定：デャドヴォ遺跡試料に対する岩石学的・化学的（EDXRF, SEM-EDS）研究を通じて

Provenance study on clay-material of ovens in Dyadovo, an Early Bronze Age Settlement in Bulgaria: by means of Petrographic and Chemical analyses (EDXRF and SEM-EDS)

○禿 仁志（東海大学）、千本真生（同左）、柴田徹（同左）、金成太郎（明治大学）
○ Hitoshi Kamuro, Masao Semmoto, Toru Shibata(Tokai University), Tarou Kan'nari (Meiji University)

1. はじめに

ブルガリア前期青銅器時代集落であるデャドヴォ遺跡からは200基を超えるカマド址が検出され、その構築には多量の粘土が使用されていた。遺跡周辺にカマド構築用粘土の採取地点が存在していたことは容易に想像されたが、具体的にカマド構築材と自然粘土試料を比較検証する岩石学的・化学的研究は行われてこなかった。本研究は昨年度に引き続き、デャドヴォ遺跡におけるカマド構築用粘土の産地解明を目的として実施したものである。

2. 対象

分析には考古資料である複数のカマド構築材および住居建築材と、遺跡周辺で採取した自然粘土試料を用いた（図1,2）。カマドに関しては、燃焼面である「硬化面」と、カマドの基礎部を構成する赤化粘土・黄色粘土および壁体の構築材を対象とした（図3）。その他の考古資料としては住居床面・住居内施設に使用および貯蔵された粘土3点、自然粘土試料は東方丘陵（図2:18,24地点）と遺跡近郊低地（図1）の計7地点から採取した試料を分析対象とした。

3. 方法

岩石学的分析と化学成分分析を実施した。前者に関しては、試料から作製した薄片を偏光顕微鏡で観察し、岩石種を主とする内容物の特定と粘土部分の観察を行った。化学成分分析はエネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDXRF, JSX3100 s：JEOL）を用い、FP法により定量値を算出した。面分析は走査電子顕微鏡‐エネルギー分散型X線分析装置（SEM-EDS, JSM-6610：JEOL）を用い、標準試料により定量化し、合計を100%に規格化した等高線マップを作製した。

4. 結果

鏡下観察により次の点を確認した（表1）。東方丘陵は他の試料と異なる特徴を有し、近郊低地はカマド構築材の多くと類似する。粘土部分に関しては、硬化面は不均質で、それ以外の構築材は均質である（図5）。壁体と住居床面・住居内施設の多くには繊維状の空隙が視認された。

EDXRFの結果（図4）、自然粘土はCaO wt%により近郊低地と東方丘陵に分けられる。近郊低地とカマド構築材は概ね同じ傾向を示した。元素マッピングでカマド構築材と自然粘土を比較した結果、カマド硬化面のCaOの濃度分布が高く、かつ不均質であることが判明した。

5. 考察

分析の結果、カマド硬化面の粘土部分には石灰質物質の不均質な分布が認められ、他の試料

とは明確に異なっていた。この部分に混和材を添加するなど特別な操作が加えられたことが推測できる。今回の鏡下観察では近郊低地との高い相関性を指摘できる。一方、石灰質物質が均質に分布する硬化面以外のカマド構築材と繊維状物質の混和が想定される住居床面・住居内施設については、近郊低地粘土を素材として利用した可能性が最も高いと言える。したがって、新試料の分析と粘土部分の観察結果を考慮すると、カマド構築材の産地候補としては、前回岩種構成のみから判断した東方丘陵ではなく、近郊低地が有力になるという結論を得た。

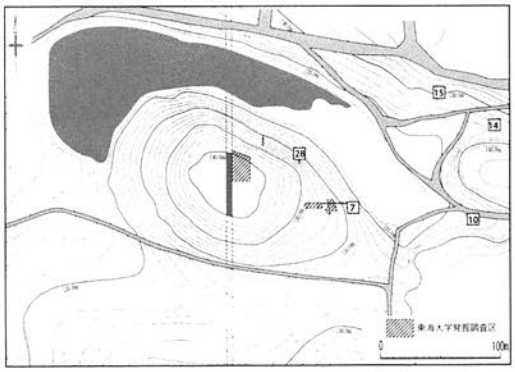


図1　デャドヴォ遺跡地形図と粘土試料採取地点

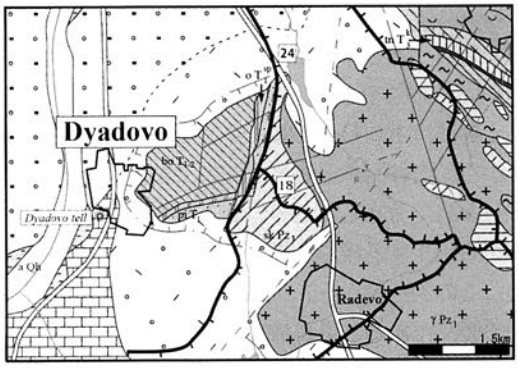


図2　デャドヴォ遺跡周辺の地質図と粘土試料採取地点

試料採取地点			岩石					石灰質岩	
			砂岩	頁岩・粘板岩	火山岩	かこう岩質岩	結晶片岩・蛇紋岩	多量	粘土部分状態
カマド遺構	硬化面	カマド196	△		・	△	・	◎	不均質
		カマド199	○	△	・	△	△	○	不均質
		カマド233	△	・	・	△	・	◎	不均質
		カマド234	○	・	・	○	○	◎	不均質
		カマド237	△		・	△	・	◎	不均質
		仮称カマド1	・				・	◎	不均質
		仮称カマド4	・	・		△	・	○	均質
	赤化粘土	仮称カマド1	・			△	・	◎	均質
		仮称カマド4	・	・	・	○	△	○	均質
	黄色粘土	仮称カマド1	・			・		◎	均質
		仮称カマド4	・	・		△	・	◎	均質
	壁体	カマド237	・	・		・		◎	均質
		仮称カマド1	・		△	△		◎	均質
		仮称カマド4	・		・	・	・	◎	均質
住居遺構	住居床面・住居内施設	粘土遺構				・		◎	均質
		24号住床	・	・		△		◎	均質
		24号住床	・	・		△		◎	均質
自然粘土試料	近郊低地	7地点	・	・		△	・	◎	均質
		10地点	◎	・	・	○	△	○	均質
		14地点				・	・	◎	均質
		15地点	△	・		○	△	◎	均質
		28地点	△	・	・	△	・	◎	均質
	東方丘陵	18地点				◎	△	✕	均質
		24地点	△	△	△	△	△	✕	均質

◎：多量　○：中量　△：少量　・：極少量

表1　偏光顕微鏡によるカマドおよび自然粘土試料観察表

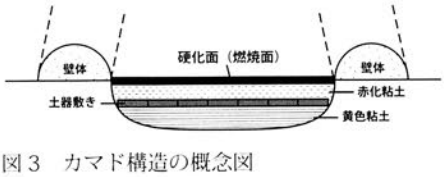


図3　カマド構造の概念図

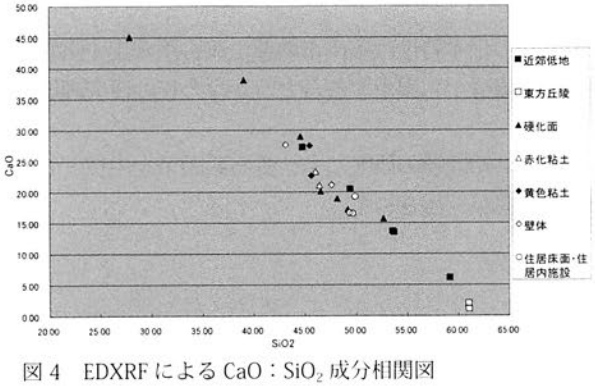


図4　EDXRF による CaO：SiO_2 成分相関図

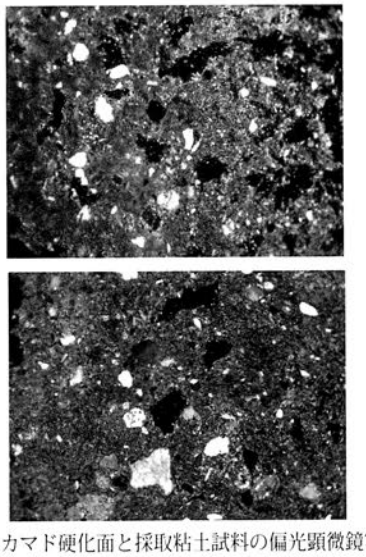


図5　カマド硬化面と採取粘土試料の偏光顕微鏡写真
（クロスニコル、100倍）
上：カマド233、下：28地点

陶質土器の蛍光X線分析

X-ray fluorescence analysis of Korean ancient stoneware

○ 三辻利一（鹿児島国際大学）、平川ひろみ（同）、中園聡（同）
○ Toshikazu Mitsuji (The International University of Kagoshima), Hiromi Hirakawa (IUK), Satoru Nakazono (IUK)

1）はじめに

古墳時代の須恵器の生産・供給問題は地方窯と陶邑窯群間の2群間判別分析法で解決できる場合が多いことはこれまでのデータの示すところである。しかし、考古学者による肉眼観察から、日本国内の遺跡から朝鮮半島産の陶質土器があることも指摘されてきた。理化学的胎土分析でも、陶質土器と陶邑製品の相互識別を検討することも必要である。本報告では、大伽耶の内谷洞窯群と陶邑群間の相互識別を検討するとともに、朝鮮半島南部地域に在る陶質土器の窯群間の相互識別も試みた。長石系因子を中核にした2群間判別分析法が伽耶地域内での陶質土器の生産・供給問題の研究に活用できるかどうかも検討した。

2）分析結果

伽耶地域には日本の陶邑のように、100基を越える大規模な窯跡群はない。10基程度以下の小規模な窯群である。伽耶諸国の中心である大伽耶の内谷洞窯群の陶質土器を中心に化学特性を比較してみた。

図1には大伽耶の内谷洞窯群（高霊）出土陶質土器の両分布図を示す。内谷洞領域と陶邑領域を比較してある。陶邑産の須恵器に対して、内谷洞窯群の陶質土器にはK、Ca、Rb、Srが比較的多く、重複領域があるものの、両者の分布領域はずれていることが分かる。内谷洞群と陶邑群間の2群間判別図を図2に示す。重複領域があるものの、両者の大部分の試料は分かれて分布しており、相互識別の可能性があることを示している。この判別図は日本国内の古墳・遺跡から出土する硬質土器が陶邑製品か、伽耶地域から持ち込まれた陶質土器かを判断する上に役立つ。また、この判別図から、大伽耶の豪族の墳墓群である本館洞古墳群、池山洞古墳群出土陶質土器は内谷洞窯群の製品であることが確認された。

図3には昌寧の余草里窯群の陶質土器の両分布図を示す。K-Ca分布図では内谷洞領域の左下隅の領域に、また、Rb-Sr分布図では内谷洞領域の一部に重複して分布する試料があるが、その化学特性は内谷洞窯群の陶質土器とは少し異なることが分かる。余草里窯群の陶質土器は昌寧の桂城古墳群から出土していることが理化学的胎土分析で確認されている。

図4には、陜川の磻渓堤窯群の陶質土器の両分布図を示す。Ca、Srが多い点で、内谷洞窯群や余草里窯群の製品の化学特性とは異なることが分かる。この窯群の製品は星州・星山洞57号墳から出土していることが理化学的胎土分析で確認されている。この古墳からは内谷洞窯群の製品である可能性を持つ陶質土器も検出されており、今後の研究課題である。

釜山市にも陶質土器を生産した窯群がある。この製品の化学特性は釜山市の蓮山洞古墳群出土陶質土器の化学特性と一致した。大伽耶の製品は釜山市周辺の古墳群から出土するかどうかは今後の研究課題である。

このように、伽耶地域で生産された陶質土器の生産・供給問題の研究にも、長石系因子を中核とした2群間判別分析法は有効であることが分かった。今後の研究が期待される。

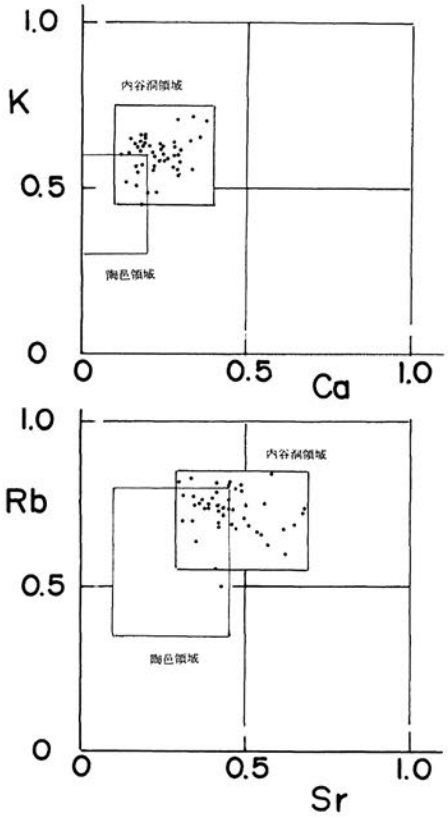


図1 高霊・内谷洞窯群の陶質土器の両分布図

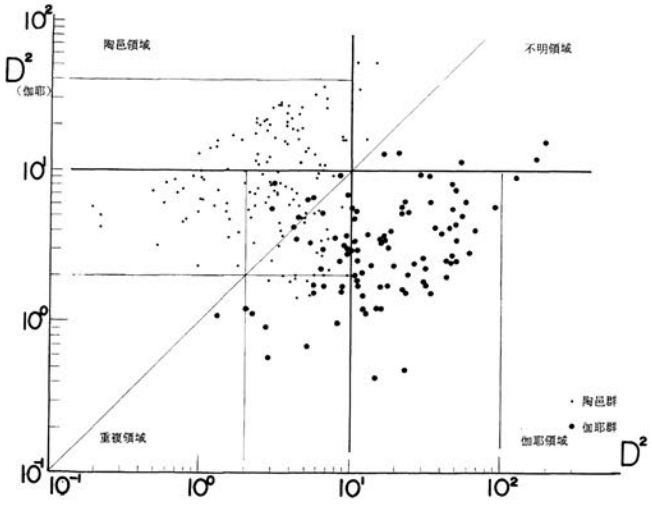


図2 大阪陶邑群と伽耶群の相互識別

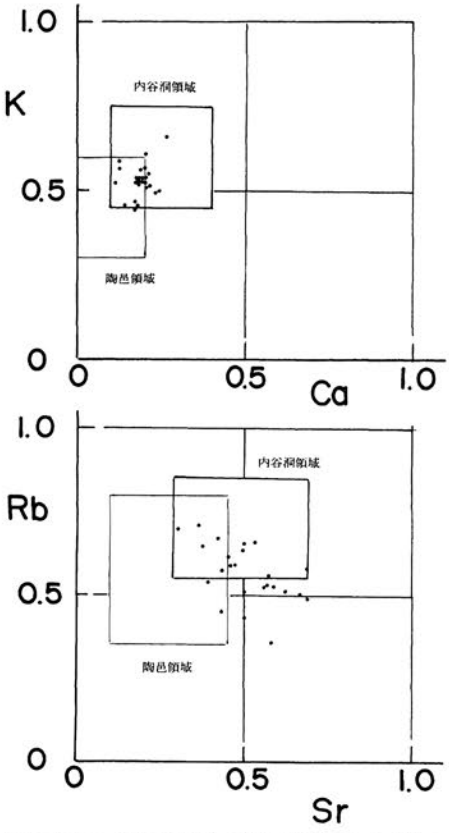


図3 昌寧・余草里窯群の陶質土器の両分布図

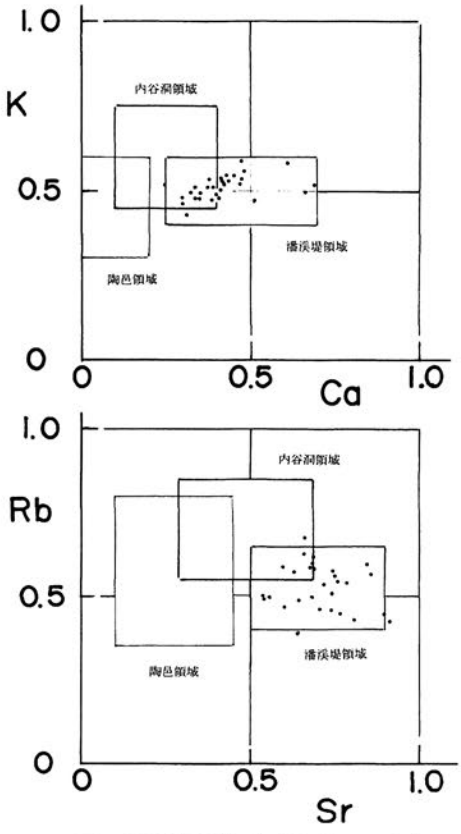


図4 磻渓堤窯群の陶質土器の両分布図

胎土分析による五所川原産須恵器の伝播の研究

Sue ware produced in Goshogawara kiln site

○ 三辻利一（鹿児島国際大学）、中園聡（同）、平川ひろみ（同）、下小牧潤（同）
○ Toshikazu Mitsuji (The International University of Kagoshima), Satoru Nakazono (IUK), Hiromi Hirakawa (IUK), Jun Shimokomaki (IUK)

1）はじめに

青森県内には唯一の須恵器窯跡群である五所川原窯跡群がある。50 基近い窯跡があり、10 世紀代に操業された、北限の須恵器生産地である。ところが、五所川原窯群が操業される以前の遺跡からも、須恵器は多数出土する。当然、県外からの搬入品である。何処から供給されたのかはまだ、十分解明されていない。五所川原窯群が操業されると、当然、県内全域の遺跡から五所川原製品が出土するが、北海道の遺跡からも出土する。五所川原製品に混じって、他の生産地の須恵器も検出されている。このように、五所川原産須恵器の伝播の問題は単に、五所川原産須恵器の生産・供給問題に止まらず、他の地域からの青森県や北海道の遺跡への須恵器の供給問題とも連動する。本報告では、これまでに大量に分析されている青森県、北海道の遺跡から出土した須恵器の分析データをまとめるとともに、他地域から供給された須恵器の生産地についても考察し、考古学側との今後の共同研究への道を探る。土器遺物の生産・供給問題は考古学側と自然科学側の総合研究だからである。

2）分析データ

太平洋側の北限の須恵器生産地は岩手県胆沢城周辺にある瀬谷子窯群である。五所川原窯群の操業以前に操業していた瀬谷子窯群の製品は青森県の太平洋側の遺跡へ供給された可能性がある。そのため、青森県、北海道の遺跡出土須恵器の生産地を探る上に、長石系因子を中核とした、五所川原群と瀬谷子群の 2 群間判別分析は有効である。

図 1 には青森市の朝日山(2)(3)遺跡から出土した須恵器の産地推定の例を示す。多数の五所川原製品が検出されるが、瀬谷子製品はほとんどない。しかし、不明領域に分布する試料がある。日本海側の遺跡出土須恵器の産地推定では殆どの場合、同じような結果を示した。他方、図 2 には、太平洋側の八戸市の熊堂遺跡出土須恵器の産地推定の例を示す。五所川原製品とともに、瀬谷子製品が多数検出される。不明領域に分布する須恵器もある。太平洋側の他の遺跡出土須恵器の産地もほぼ同じような結果を示した。青森県内の日本海側や太平洋側の遺跡から出土する、産地不明の須恵器の産地問題は今後解明すべき問題である。年代、土器型式などの考古情報を入れた、理化学的胎土分析が必要である。

図 3 には北海道千歳市の美々 8 遺跡出土須恵器の産地推定の結果を示す。五所川原製品とともに、瀬谷子製品も検出されている。さらに、産地不明の領域に相当数の須恵器が分布している。青森県太平洋側の遺跡と類似した生産・供給関係を示す。

以上の結果からも分かるように、五所川原製品は青森県全域の遺跡から出土するが、青森県太平洋側の遺跡からは瀬谷子製品が検出された。さらに、産地不明の製品が相当数あることも確認された。同様の結果は北海道の遺跡にもみられた。産地不明となった須恵器の両分布図を図 4、5 に示す。まとまって分布するこれらの須恵器は同じ生産地の製品であると推定される。その産地候補の一つとして、秋田県男鹿市の海老沢窯群があげられる。海老沢窯群の製品の伝播に関する研究も今後の研究課題である。

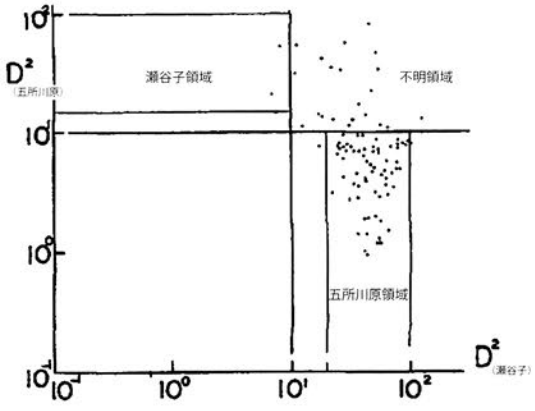


図 1 朝日山(2)(3)遺跡(青森市)出土須恵器の産地推定(K、Ca、Rb、Sr)

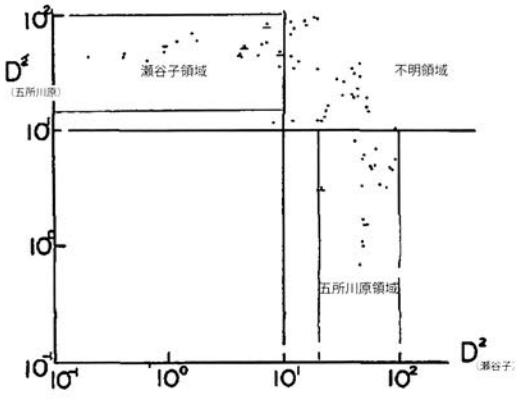


図 2 熊野堂遺跡(八戸市)出土須恵器の産地推定(K、Ca、Rb、Sr)

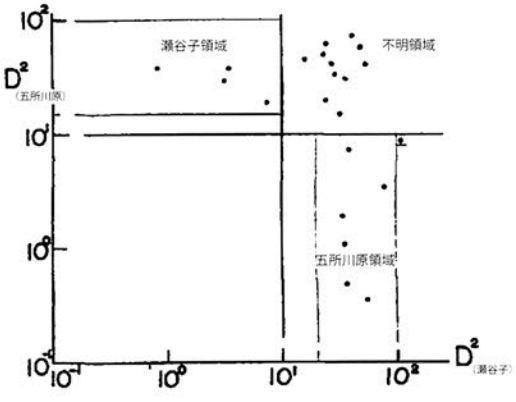


図3 美々8遺跡(千歳市)出土須恵器の産地推定(K、Ca、Rb、Sr)

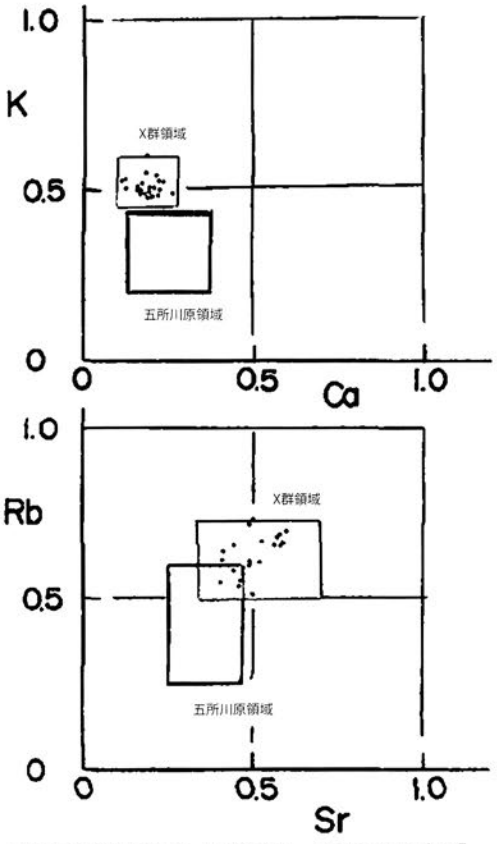


図4 産地不明となった須恵器 【青森県の遺跡】

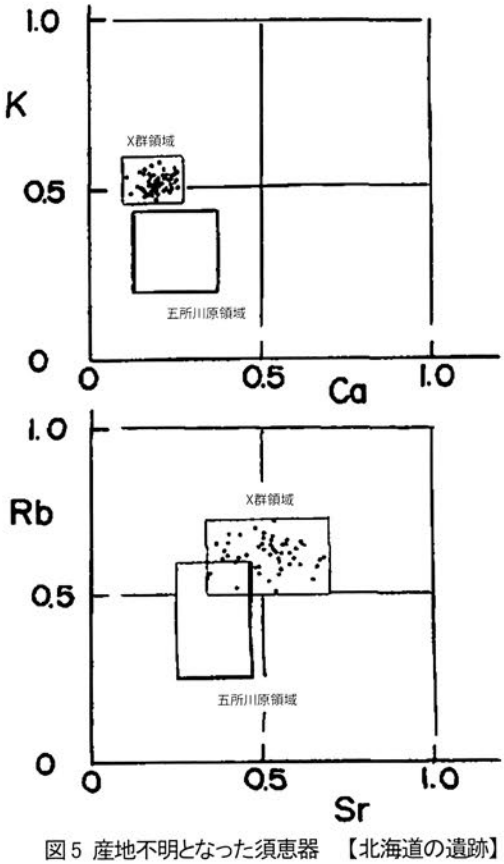


図5 産地不明となった須恵器 【北海道の遺跡】

東北地域の窯跡群出土須恵器の化学特性

Chemical characters of Sue ware from kiln sites in Tohoku region, Japan

○ 三辻利一（鹿児島国際大学）、中園聡（同）、平川ひろみ（同）、脇一高（同）
○ Toshikazu Mitsuji (The International University of Kagoshima), Satoru Nakazono (IUK), Hiromi Hirakawa(IUK), Kazutaka Waki (IUK)

1）はじめに

須恵器の生産・供給問題を研究しようとすると、生産地である窯跡群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。そのためには、長年にわたる分析データの集積が必要である。本報告では、東北地域の窯跡群出土須恵器の化学特性を整理する。

2）実験方法

各県・市町村の教育委員会から提供された須恵器片試料は表面を研摩したのち、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。粉末試料は塩化ビニル製リングを枠にして、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、蛍光X線分析用の試料とした。

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、Ge、LiFの3枚の分光結晶と、ガスフロー比例計数管、シンチレーションカウンターの2基の検出器が装備されており、コンピュータの制御によって、自動的に交換できる。また、50個の試料が同時に搭載できる自動試料交換器に連結されており、データの打ち出し、試料の交換も自動的に行う、完全自動式の蛍光X線分析装置である。

分析値は岩石標準試料JG-1による標準化値で表示された。大量の試料のデータ処理には便利な方法である。この表示法をとることによって、各地の窯跡群の須恵器の化学特性を比較するばかりか、窯跡の後背地を構成する岩石の化学特性と比較する上にも有効である。

3）分析結果

古代秋田城跡周辺には多数の須恵器窯跡が発見されている。新城窯跡群としてまとめておく。一例として、古城廻窯跡出土須恵器の両分布図を図1に示す。この図には新城窯群領域を描いてあるが、他の窯の須恵器もこの領域内で偏在して分布する。Ca、Srに微妙な地域差があるからである。酒田市にある山海窯群や、鶴岡市にある荒沢窯群の須恵器は新城窯群領域を少し左側にずれて分布する。他方、太平洋側の宮城県内の窯跡出土須恵器の両分布図を図2に示す。新城窯群領域に比較して、K、Rbが少ない傾向があることが分かる。福島県内の窯跡出土須恵器も同様の傾向を示す。しかし、福島県内の内陸部にある会津若松市の大戸窯群の須恵器は図3に示すように、他の福島県内の窯跡出土須恵器や宮城県内の窯跡出土須恵器の化学特性とは異なる。一般的に、東北地域の日本海側の窯跡出土須恵器には、太平洋側の窯跡出土須恵器に比較して、K、Rbが多い傾向があることが図4から分かる。したがって、日本海側の製品が太平洋側の遺跡へ、また、逆に、太平洋側の製品が日本海側の遺跡へ供給された場合、容易に検出できる。宮城県内の多賀城跡や安藤前遺跡からは大戸窯群の製品と推定される須恵器が多数検出されている。日本海側の地域内でも、また、太平洋側の地域内でも、K、Ca、Rb、Sr因子に微妙な地域差があり、2群間判別分析法による相互識別は可能性があることが確認されている。年代や土器型式、製作技法などの考古学の条件を入れて、理化学的胎土分析のデータを解析していけば、東北地域の、律令体制下における須恵器の生産・供給問題の研究を進めることが出来る。

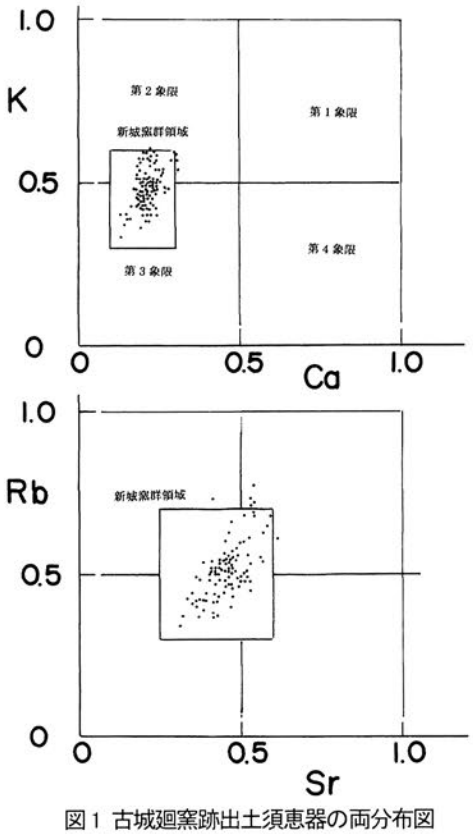


図1 古城廻窯跡出土須恵器の両分布図

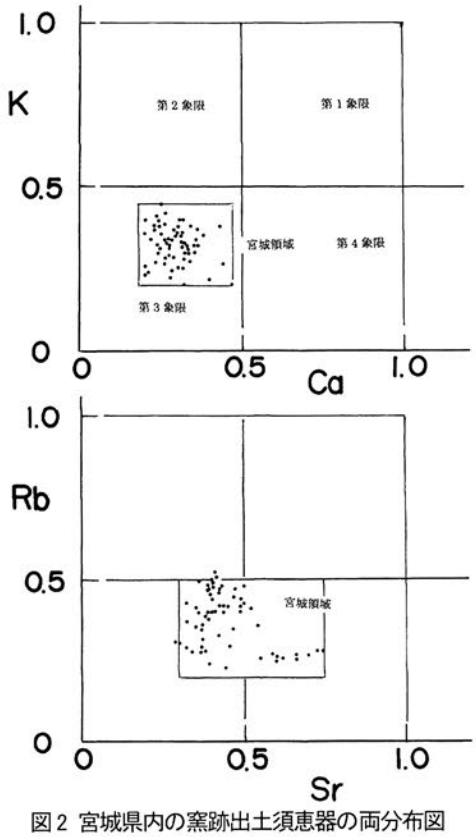


図2 宮城県内の窯跡出土須恵器の両分布図

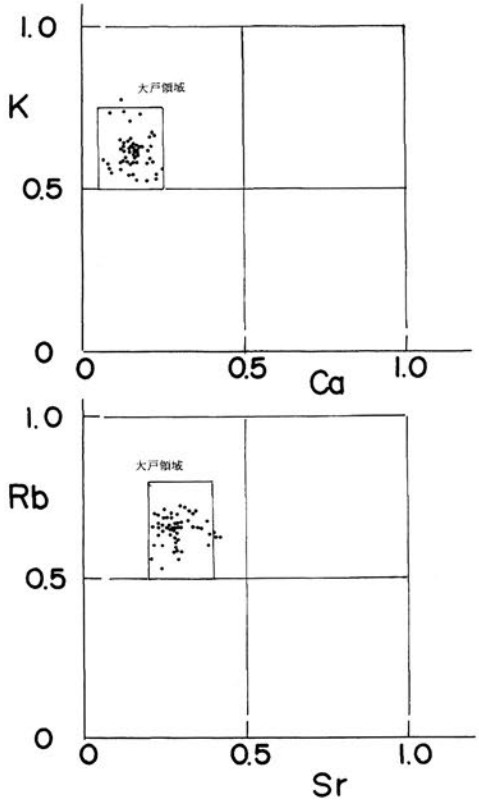


図3 大戸窯跡群(福島県会津若松市)出土須恵器の両分布図

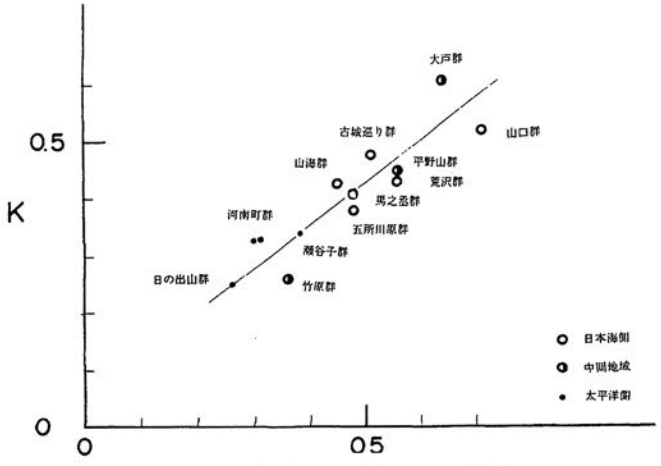


図4 各窯群の平均値のK-Rb相関図

環状列石遺跡出土縄文土器の蛍光X線分析

X-ray fluorescence analysis of Jomon pottery from stone circle sites

○ 三辻利一（鹿児島国際大学）、太郎良真妃（同）、平川ひろみ（同）、楊帆（同）、上川紗苗（同）
○ Toshikazu Mitsuji (The International University of Kagoshima), Maki Tarora (IUK), Hiromi Hirakawa (IUK), Fan Yang (IUK), Sanae Kamikawa (IUK)

1）はじめに

生産地である窯跡が全国各地に残っている唯一の土器は須恵器である。窯跡群出土須恵器の分析データから、考古科学的方法として、須恵器産地推定法が提示された。日本列島の地質の基盤を構成する花崗岩類を全国的に分析した結果、地域差の原因は花崗岩類を構成する鉱物の中で、最も重要な主成分鉱物である長石類であることも分かった。元素にすれば、K、Ca、Rb、Srの4元素である。地域差は通常、K-Ca、Rb-Srの両分布図上で表示される。須恵器産地推定法はまず、古墳時代の須恵器の生産・供給問題の研究に適用され、古墳時代最大の須恵器生産地である陶邑製品が全国各地の古墳へ供給されていることを実証した。逆に、地方窯の製品は地方窯周辺の古墳からは検出されたが、畿内の古墳へは供給されていないことも示した。この方法は窯跡が残っていない軟質土器の生産・供給問題の研究にも適用された。最初の適用例は古墳から出土する埴輪である。古墳群から出土する埴輪の胎土がまとまることが実験データから示されたからである。当然、この方法は弥生土器や縄文土器への適用も考えられる。今回は試験的に、環状列石遺跡や他の縄文遺跡から出土する縄文土器の蛍光X線分析のデータから、理化学的胎土分析による縄文土器の伝播の研究の可能性を探ってみた。

2）分析結果

図1には青森市の環状列石遺跡である小牧野遺跡から出土した縄文土器の両分布図を示してある。不規則にばらついて分布していることが分かる。まとまって分布している試料群を囲むようにして、仮想小牧野領域を描いてみた。この領域内に分布する縄文土器は同じところ（地元）で作られた土器である可能性がある。他方、この領域をずれて分布する縄文土器は別のところで作られ、小牧野遺跡へ持ち込まれた可能性がある。比較のために、もう一つの環状列石遺跡である、秋田県鹿角市の大湯環状列石遺跡出土縄文土器の両分布図を図2に示す。この図には比較対照のため、図1で描いた仮想小牧野領域を描いてある。K-Ca分布図では多くの試料が仮想小牧野領域に分布したが、Rb-Sr分布図では、多くの試料はこの領域をずれて分布し、小牧野遺跡の縄文土器の胎土とは異なることを示した。図2でも、仮想小牧野領域を大きくずれて分布する土器があり、いくつかの地域で作られた土器が持ち込まれている可能性を示した。図3には、秋田県鷹巣市の伊勢堂岱遺跡出土縄文土器の両分布図を示す。この図にも仮想小牧野領域を描いてある。多くの試料はこの領域の左上の領域にずれて分布し、小牧野遺跡や大湯環状列石遺跡の縄文土器の胎土とは異なることを示した。明らかに、遺跡によって、縄文土器の胎土にも地域差があることを示したことは注目される。図4には、青森市の桜ヶ峰(1)遺跡出土縄文土器と弥生土器の両分布図を示す。半数近い試料が仮想小牧野領域に分布したことが注目された。さらに、弥生土器も縄文土器と胎土が類似していることも注目された。

この他にも、青森県、北海道の遺跡から出土した縄文土器を多数分析した。ただ、問題は地元産の縄文土器、外部地域から持ち込まれた縄文土器をどのようにして識別するか、問題は解決できていない。考古情報を十分入れた縄文土器の理化学的胎土分析のデータを根気強く集積する必要がある。

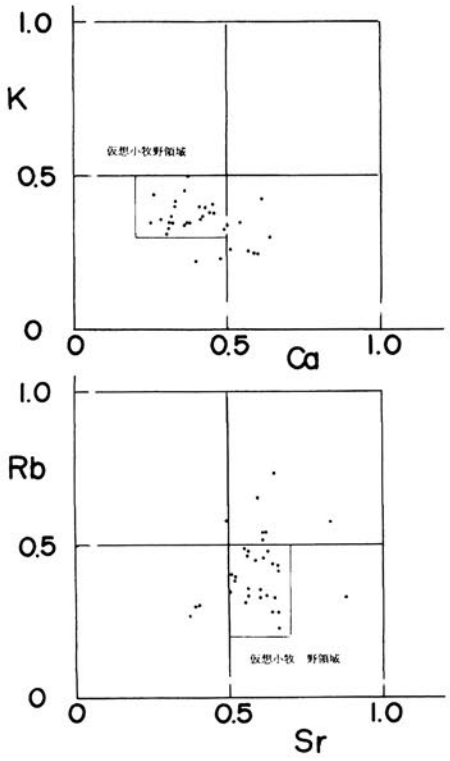


図1 小牧野遺跡出土縄文土器の両分布図

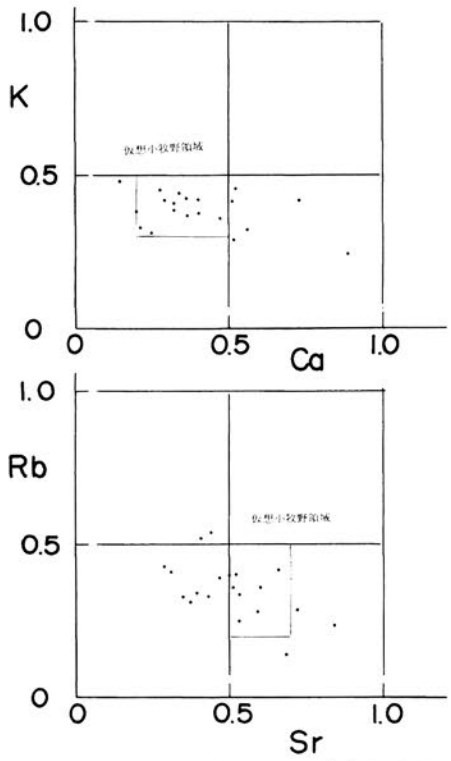


図2 大湯環状列石遺跡(秋田県鹿角市)出土縄文土器の両分布図

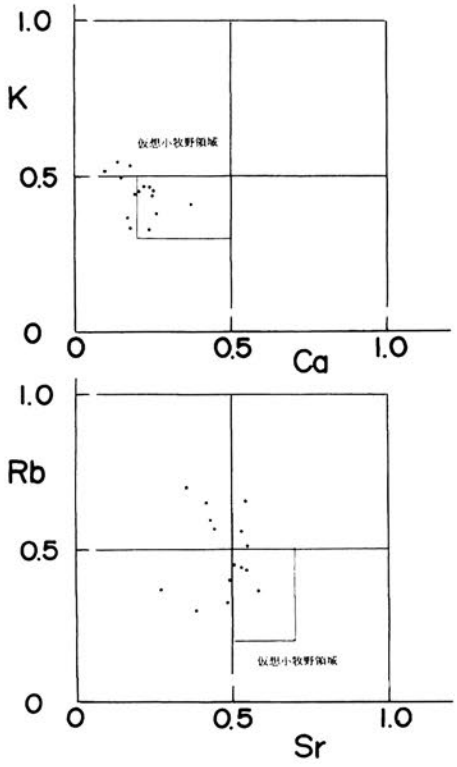


図3 伊勢堂岱遺跡(秋田県鷹巣市)出土縄文土器の両分布図

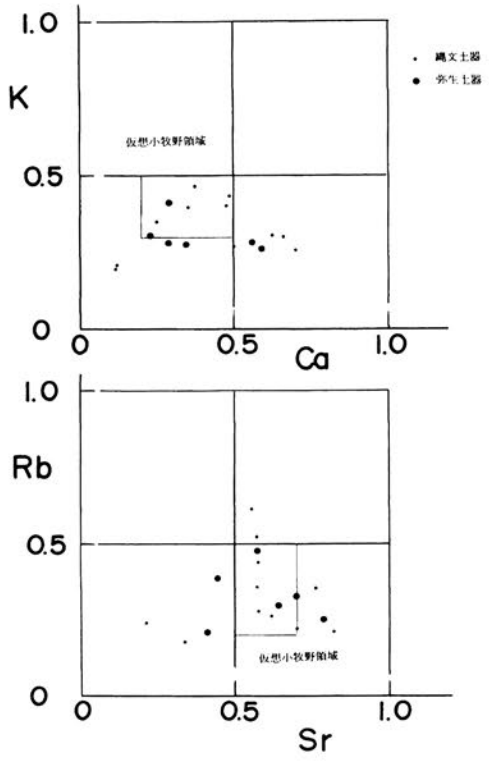


図4 桜ヶ峰(1)遺跡出土縄文土器の両分布図

北タイの土器製作村における製作者の個人内変異と個人間変異
—土器の形態と胎土—（第3報）

Potters' intraindividual and interindividual variation in a pottery village, Northern Thailand: pottery shapes and chemical characteristics —III—

○ 中園 聡（鹿児島国際大学）、平川ひろみ（同）、太郎良真妃（同）、白井菜実（同）、川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）

○ Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima), Hiromi Hirakawa (IUK), Maki Tarora (IUK), Nami Shirai (IUK), Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University)

はじめに

究極の「産地」は製作者個人である。考古学的に個人の抽出は難しいとされるが、高次のステージの研究を行うためには避けて通れない課題である。我々は考古資料において製作者個人を抽出する方法の開発を進めてきたが、その一環として現代北タイの伝統的土器製作者を対象とした土器・胎土に関する調査にも取り組んできた。1シーズンで製作される土器は、個人内で形態の安定性・変異がどの程度か、個人間で識別可能なほどの安定性があるか、間を空けた別シーズンと比較してどうか、などを課題とするとともに、土器の素地は粘土と砂を足練りで混合して作られるが、それについても個人内の安定性・変異についてのデータを得た。こうした研究には長期的な検討が必要であり、2012年までの調査結果の一部は日本文化財科学会等でも報告したが（中園ほか2011，2012a）、その後の2013年の調査結果も含めて報告する。

試料と方法

ベテランの女性（母B：80代、高齢のため娘の補佐、娘A：50代後半現役、母の妹D：60代現役）、製作を本格的に始めて2年目の女性（娘の妹C：40代後半）、彼女らと別の家（工房）で作業するベテランの女性数名が土器形態の検討対象である。1日に連続製作した土器鍋（モートム）や水甕（モーナム）とその蓋を検討した。形態は、個人のクセや個人間の変異等を観察し、レプリカ法による断面作成や、三次元計測の断面画像等を検討するなどした。計測値によるサイズや形態の比較も行った。

また、素地作りに専ら従事する女性が同じ家で数日間連続して行った作業についても、完成した素地の異なる場所から10点程度の試料を採取し、蛍光X線分析に供するとともに、作業途中の試料も採取して分析を実施した。なお、蛍光X線分析は三辻利一の方法を基本的に踏襲し（三辻1983；三辻ほか2013）、Na、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srの8元素を測定した。分析値は、同時に測定したJG-1を用いた標準化値で示す。

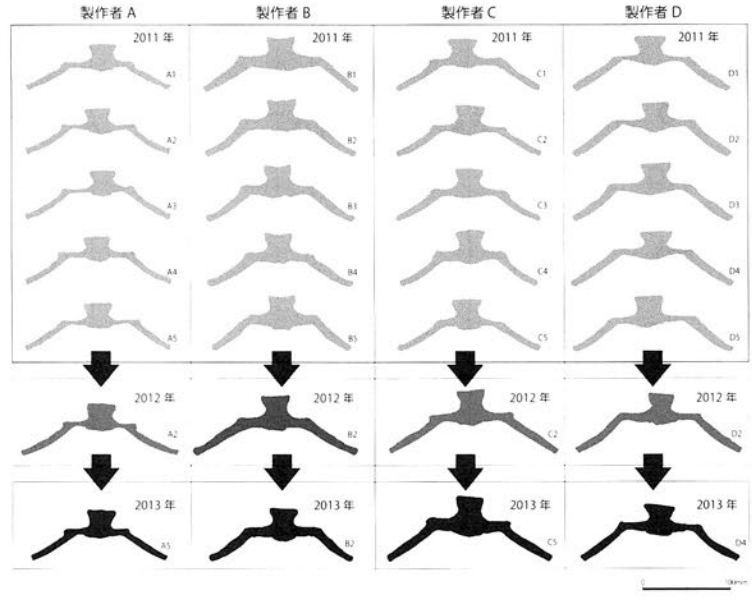


図　製作者ごとの水甕の蓋の断面

結果と考察

型式学的観察と計測的属性の分析により、各製作者間で判別が可能であるとともに、製作者個人の安定性があることが今回も確認された。計測値の主成分分析等によ

る検討の結果、サイズ・形態両面で製作者個人の安定性の高さと他の製作者との違いがやはり示された。基本的に個人内変異は個人間変異よりも小さい。各人でシーズンを越えた安定性が看取されるとともに、シーズン内、特に連続製作での安定度の高さが追証された。非計測的あるいは不可視的属性においても個人内での長期的安定性が看取される(図)。ただ、それは堅固なものというより、周囲の状況や情報などの影響でブレを生じつつ維持されているといえる。また、長期間経てば個人内の変異幅が広がると推定されるが、その傾向も看取された。なお、製作者Cは、土器製作に従事しはじめた直後と比べ、1年後の2012年には形態の安定と他の製作者の形態との類似がみられることを指摘しておいたが、2013年も安定しており熟練してきたことがうかがえ、個人的なクセが固定化しつつあることも確認された。土器鍋、水甕、水甕の蓋のいずれでも、以上のことが認められた。

素地作りについては、連日の作業で各部分から採取した試料の変動係数(*CV*)は、Naが数%とやや高いが、他の元素は3%程度以内であった(表)。2012年度までと同様の結果である(中園ほか2012a, 2012b)。約40kgを僅か15分程度で仕上げる割にはかなり均質であり、毎回同程度の変動係数であることも個人内の安定性を示す。素地作りでも、作業者個人に実践的に体得された知識・技術が保持されていることを示す。

表　各年度数日間に調整された素地土の均質性(XRF)

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2011A	*M*	0.069	0.982	0.714	0.301	2.50	1.67	1.294	0.277
(n=7)	*SD*	0.002	0.008	0.006	0.005	0.02	0.03	0.011	0.009
	CV/%	3.22	0.81	0.85	1.81	0.82	1.58	0.86	3.17
素地2011B	*M*	0.070	0.991	0.715	0.314	2.57	1.71	1.325	0.275
(n=10)	*SD*	0.005	0.006	0.007	0.005	0.02	0.12	0.021	0.007
	CV/%	6.61	0.65	1.00	1.43	0.76	6.98	1.60	2.44
素地2011C	*M*	0.077	0.946	0.727	0.299	2.37	1.56	1.285	0.286
(n=10)	*SD*	0.004	0.009	0.007	0.004	0.05	0.03	0.007	0.009
	CV/%	5.29	1.00	0.91	1.44	1.96	1.93	0.55	3.26
素地2011D	*M*	0.077	0.938	0.725	0.293	2.33	1.55	1.287	0.280
(n=10)	*SD*	0.003	0.006	0.007	0.002	0.01	0.03	0.010	0.006
	CV/%	4.26	0.60	1.03	0.78	0.57	1.78	0.77	1.98

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2012A	*M*	0.055	0.982	0.679	0.245	2.56	1.75	1.191	0.240
(n=11)	*SD*	0.003	0.019	0.006	0.007	0.08	0.05	0.016	0.006
	CV/%	5.15	1.91	0.86	2.88	2.96	2.75	1.36	2.34
素地2012B	*M*	0.053	0.964	0.682	0.265	2.39	1.58	1.252	0.234
(n=10)	*SD*	0.004	0.019	0.006	0.006	0.04	0.02	0.013	0.004
	CV/%	6.99	2.01	0.90	2.13	1.59	1.20	1.06	1.58
素地2012C	*M*	0.055	0.960	0.678	0.223	2.42	1.67	1.198	0.239
(n=10)	*SD*	0.002	0.017	0.008	0.005	0.06	0.04	0.007	0.004
	CV/%	4.06	1.82	1.22	2.29	2.36	2.61	0.57	1.80
素地2012D	*M*	0.056	0.968	0.684	0.239	2.42	1.68	1.182	0.244
(n=10)	*SD*	0.003	0.017	0.006	0.042	0.08	0.04	0.019	0.008
	CV/%	5.84	1.80	0.94	17.49	3.19	2.19	1.57	3.27
素地2012E	*M*	0.059	0.944	0.677	0.223	2.42	1.66	1.181	0.241
(n=10)	*SD*	0.004	0.024	0.010	0.006	0.05	0.02	0.013	0.004
	CV/%	6.69	2.59	1.45	2.63	1.94	1.18	1.08	1.70

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2013A	*M*	0.053	1.009	0.673	0.262	2.81	1.91	1.204	0.241
(n=10)	*SD*	0.003	0.015	0.009	0.006	0.07	0.04	0.024	0.006
	CV/%	4.88	1.51	1.40	2.37	2.35	2.20	1.96	2.28
素地2013B	*M*	0.060	0.956	0.680	0.245	2.50	1.74	1.178	0.248
(n=11)	*SD*	0.003	0.011	0.006	0.005	0.05	0.03	0.008	0.005
	CV/%	5.46	1.12	0.94	1.89	2.07	1.86	0.68	2.10
素地2013C	*M*	0.055	1.020	0.685	0.266	2.732	1.855	1.235	0.249
(n=11)	*SD*	0.003	0.016	0.007	0.006	0.076	0.047	0.014	0.005
	CV/%	5.27	1.58	1.07	2.42	2.79	2.54	1.11	2.07
素地2013D	*M*	0.060	0.958	0.695	0.243	2.41	1.66	1.193	0.253
(n=11)	*SD*	0.002	0.017	0.008	0.005	0.06	0.05	0.012	0.006
	CV/%	3.24	1.79	1.14	2.11	2.40	2.84	1.00	2.22
素地2013E	*M*	0.062	0.956	0.690	0.242	2.42	1.71	1.202	0.253
(n=11)	*SD*	0.003	0.021	0.009	0.007	0.10	0.05	0.022	0.006
	CV/%	4.37	2.22	1.25	2.75	4.34	3.19	1.84	2.30
素地2013F	*M*	0.067	0.909	0.698	0.228	2.23	1.56	1.167	0.259
(n=11)	*SD*	0.005	0.024	0.007	0.008	0.07	0.04	0.015	0.006
	CV/%	6.77	2.67	1.03	3.41	3.22	2.50	1.29	2.35
素地2013G	*M*	0.059	0.956	0.683	0.244	2.47	1.69	1.199	0.250
(n=11)	*SD*	0.004	0.016	0.008	0.004	0.05	0.03	0.014	0.006
	CV/%	6.16	1.66	1.14	1.52	2.17	2.06	1.16	2.29

※JSPS科研費・基盤研究(B)(21320150)の成果の一部である。

文献

中園聡ほか(2011)「北タイの土器製作村における製作者の個人内変異と個人間変異—土器の形態と胎土—」『日本文化財科学会第28回大会研究発表要旨集』.

中園聡ほか(2012a)「北タイの土器製作村における製作者の個人内変異と個人間変異—土器の形態と胎土—(続報)」『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』.

中園聡ほか(2012b)「北タイ伝統的土器製作村の素地作りにおける個人内安定性—蛍光X線分析を用いた検討を中心として—」『国際文化学部論集』13(3):235-254.

三辻利一(1983)『古代土器の産地推定法』ニュー・サイエンス社.

三辻利一・中園聡・平川ひろみ(2013)「土器遺物の考古科学的研究」『分析化学』62(2):73-87.

鹿児島県薩摩川内市上新田遺跡出土弥生土器の蛍光X線分析
—胎土・型式・技法—

X-ray fluorescence analysis of Yayoi pottery from Kamishinden site, Satsumasendai city, Kagoshima prefecture, Japan

富山孝一（鹿児島県立霧島高等学校）、中園 聡（鹿児島国際大学）、○ 黒木梨絵（鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センター・鹿児島国際大学）、新屋敷久美子（同・同）、
花田寛典（鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センター）
Koichi Tomiyama (Kirishima High School), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima),
○ Rie Kuroki (Kagoshima Prefectural Archacological Center; IUK), Kumiko Shin'yashiki (KPAC; IUK),
Hironori Hanada (KPAC)

はじめに

南九州では、弥生時代中期に在地様式以外の特徴をもつ土器が散見される。その中でも鹿児島県薩摩川内市の上新田遺跡（鹿児島県立埋蔵文化財センター 2012）は、中期の在地様式に加えて、①肥後系の黒髪式や北部九州系の須玖式などの外来様式が少なからず出土し、②肥後系または北部九州系の影響と思われる在地様式の変容もしくは折衷的なものが見られる、という興味深い集落遺跡である。この遺跡の土器について、胎土分析を実施した。

試料と方法

総数165点の試料を分析した。弥生土器は中期土器161点で、入来II式、黒髪式、須玖式のほか、上記の折衷的土器、鹿児島北部～宮崎南部の内陸部の様式的特徴をもつ甕も含む。その他、縄文時代早期の貝殻文円筒形土器2点、古代の土師器甕1点、平安時代の土師器杯1点である。

分析に先立ち、型式学的観察のほか肉眼と実体顕微鏡で胎土を観察した。分析は三辻の方法を基本とした（三辻 1983；三辻ほか 2013）。適量の試料表面を研削し汚染を除去した後、タングステンカーバイド乳鉢で微粉砕し、リング法（内径20mm、厚さ5mmのPVCリング）で加圧成形（約130kN）した。波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製 ZSX100e）を使用し、Rh管球（管球出力 3.0kW）、分光結晶RX25、LiF1、真空条件下でX線出力（50kV、50mA）でNa、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srを各元素60秒測定した。各元素のX線強度（Net強度）を岩石標準試料JG-1を使った標準化値として示す。実績あるK−Ca、Rb−Sr両図の視察を基本とするが、有色鉱物の効果が想定されたため他の元素も検討した。

結果と考察

K−Ca、Rb−Sr両分布図の視察から、型式学的グループごとに胎土の化学特性が異なることが判明した。在地系は特によくまとまっており、基本的に在地系は遺跡近隣の素材を使用したと推定できる。また、在地系と黒髪式のプロットは傾きが異なるうえ、Srがほとんど重ならず、胎土が異なる。須玖式は、K−Ca図では黒髪式と重なるがCaは須玖式のほうが大きい傾向があり、集団間で比較すれば完全に同じではない。一方、Rb−Sr図では須玖式はSr値で在地系と黒髪式との中間的値をとる。以上から、在地系、黒髪式、須玖式をそれぞれ集団として見れば化学特性が異なるといえる。内陸部の土器はCaが最低値、Rbも最低値に近く、在地系と比較すればSr値も最高値という独自の挙動をとり、搬入の可能性が高い。

主成分分析（PCA）の結果、在地系と黒髪式はほとんど重複せず、原点を挟んで斜めに平行して展開した。両群はデータ構造に違いがあるといえる。やはり、両者は胎土が明瞭に異なる。一方、須玖式はややばらつくが、在地系と黒髪式との間に重複をみせつつ長く布置された。特に黒髪式との重複が大きく、黒髪式と同様の胎土をもつ個体が含まれる可能性を残しつつも、集団としては独自の胎土であることをも示唆する。以上は、両分布図の視察結果と調和する。須玖式と黒髪式のみのPCAでも両者の布置は異なり、特にPC2方向に顕著であった。以上から、やはり三者は、集団として胎土に違いがあるといえる。なお、

内陸部の土器は独自の布置をとると解釈でき、内陸部の土器を含む弥生土器4種類は、いずれも化学特性に差があるといえる。Fe、Mg、TiによるPCAでも以上と同様な傾向が看取された。

クラスター分析では、須玖式+黒髪式のクラスターと在地系のクラスターが形成された。須玖式を主とするクラスターもあるが非常に緩く、須玖式の胎土にバリエーションがあることを示唆する。黒髪式も同様で、搬入の可能性が特に高いとみられる個体がある。

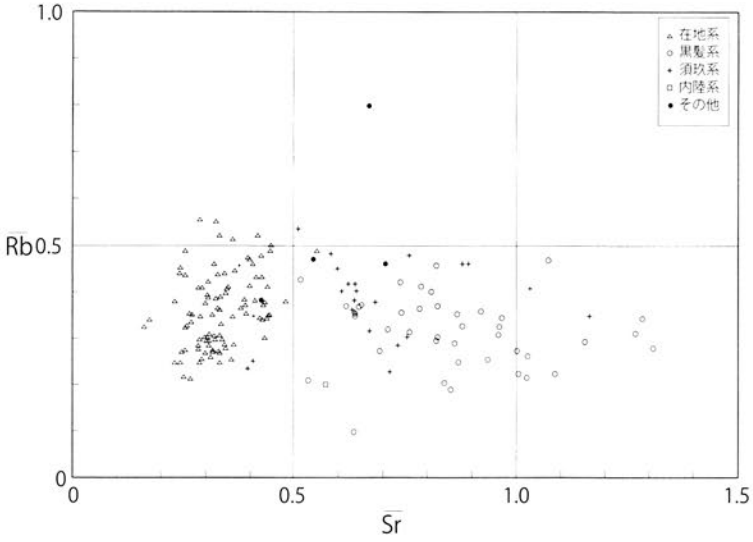


図　Rb-Sr 分布図

なお、縄文早期土器は、K－Ca、Rb－Sr両図で在地系弥生土器の重心からずれる程度で、PCAの結果と総合すると、在地土器としても弥生土器とは素材の採取場所や調整法が異なる可能性や、アカホヤ以前・以後の表層地質環境の違いという利用可能な資源の分布も異なっていた可能性を示唆する。土師器も、在地系弥生土器とは幾分ずれがある。

胎土の鉱物については、以下のとおりである。在地系には火山ガラスが多く、基本的に黒雲母が含まれない。黒髪式には黒色鉱物（角閃石主体）が含まれるが、基本的に黒雲母が含まれない。須玖式には黒雲母が含まれ花崗岩由来の鉱物が見られる。内陸部の土器は、形態・技法・色調・胎土が独特である。こうした胎土の特徴と、分析結果とが概ね対応した。

折衷的要素をもつ個体のほとんどが在地的と判断された。また、技法的にも在地様式と異ならないため、明らかな入来Ⅱ式と折衷的要素をもつ場合とで素材の採取地や調整に共通性があることを示唆し、製作者の行為のレベル（不可視的な胎土製作レベル）での共通性と、差異（外見に発現する差異）が読み取れる。折衷的要素をもつ個体の製作者は、在地様式の製作者と一緒に生活していた可能性や同一人物の可能性も考えられる。このように胎土分析は、産地推定以外の高次な考古学的課題に寄与する。

なお、黒髪式や須玖式のほとんどが搬入品か、在地製作としても在地様式とは異なる素材が選択されたことになる。以前から黒髪式は、中期後半の黒髪Ⅱ式から在地製作の可能性が指摘されているが、本遺跡では中期前半の黒髪Ⅰ式が多く、搬入品を含むとみられる。分析値のばらつきもそれを支持する。須玖式は分析値がさらにばらつくため、搬入品が多く含まれよう。須玖式の甕は北部九州と同一型式であるが、丹塗精製器種は型式学的に周辺部で製作されたものを含む可能性がある。丹塗精製器種の胎土のばらつきも、そうした理由に一部は起因すると考えられる。

おわりに

南九州の弥生時代集落遺跡では何がしかの非在地的要素をもつ個体が散見されることはしばしばあるが、1つの集落遺跡で計画的に分析を行った貴重な例となった。今後、他遺跡でも同様に分析することにより、南九州弥生土器の生産-流通システムの解明をはじめ、素材の採取や素地の調整を含む製作者の行為や判断のレベルの解明など、実りある成果が得られると期待できる。

※JSPS科研費・基盤研究（B）（21320150）の成果の一部である。

文献

鹿児島県立埋蔵文化財センター（2012）『上新田遺跡』鹿児島県立埋蔵文化財センター発掘調査報告書（166）.
三辻利一（1983）『古代土器の産地推定法』ニュー・サイエンス社.
三辻利一・中園聡・平川ひろみ（2013）「土器遺物の考古科学的研究」『分析化学』62（2）：73-87.

北タイの伝統的土器製作における土器素材の蛍光X線分析（続報）

X-ray fluorescence analysis of pottery materials in traditional pottery making, Northern Thailand －II－

○ 平川ひろみ（鹿児島国際大学）、中園 聡（同）、太郎良真妃（同）、川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）

○ Hiromi Hirakawa (The International University of Kagoshima), Maki Tarora (IUK), Satoru Nakazono (IUK), Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University)

はじめに

蛍光X線分析（XRF）による胎土分析で見出される変異は、一般に、地域、産地、製作者グループ、製作者、同一製作者の短期間の連続製作された個体群、という順に小さくなると推定される。我々のこれまでの研究でも概ねそれを支持する結果が得られているが、身体技法やサイズ・器形などと同様、特に製作者グループ以下は胎土についても安定度が看取できる半面、長期にわたると変異も生じる。変異の要因は、粘土採取地や採掘層位が変化する場合や混和材の質や量の変化など様々な場合が考えられる。XRFによるデータの変異やまとまりを解釈し、より適切に人間行動の復元を行おうとするとき、実際に伝統的な土器製作の現場で長期にわたる観察や調査を行い、行動とデータの間の関係を把握しておく必要がある。

民族考古学的調査の特性として、通常の調査や実験では得がたい詳細な情報の獲得が可能で、考古学的な過去の再現に有効なモデルや考慮すべき事柄を得やすいという利点がある。そのような観点を含むタイ北部の伝統的土器製作に関する調査を行い、XRFによる分析も実施してきたが（中園ほか2009, 2012）、ここでは土器素材である粘土と砂、そしてそれらが練り合わされた素地土の分析結果を提示する。すなわち、粘土採掘地の変化や同一採取地内でのわずかな地点の差、粘土の不均質性などがどのように変異として現れるかを示し、併せて村間、工房・製作者間での粘土・砂の比較などのデータも示す。こうして、胎土分析の発展に資するとともに、考古学的解釈にも適用可能なモデル構築に役立てようとするものである。

試料と方法

分析した試料は、タイ北部チェンマイ近郊の土器製作村で使用されている土器素材（粘土・砂）、素地（調整済みの素材）、粘土採掘地の粘土等である。2013年3月までに分析し得たものを加えて検討する。

分析は、三辻利一の方法を適用した。土器試料は、表面の付着物や汚染を除去するためミニターで研削を行った。粘土は塊を分割し新鮮な面を得た（乾燥粘土については表面を研削したものがある）。砂は試料をよく混ぜ、適量を同様に粉砕した。いずれも105℃で2時間乾燥させた。粉砕にあたっては、タングステンカーバイド乳鉢で微粉砕し、リング法（内径20mm、厚さ5mmのPVCリング）で加圧成形（約130kN）した。波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製 ZSX100e）を使用し、Rh管球（管球出力 3.0kW）、分光結晶 RX25、LiF1、真空条件下でX線出力（50kV、50mA）でNa、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srを各元素60秒測定した。各元素のX線強度（Net強度）を岩石標準試料JG－1を使った標準化値として示す。実績あるK－Ca、Rb－Sr両分布図の視察を基本とし、その他の統計解析も併せて実施した。

結果と考察

試料は全体的にCa値が小さい、Rb値が大きいなどの特徴があり、従来のデータと比較しても類似する。粘土は基本的にどの家にも集落から離れた同じ所から専従者により供給されてきたが、採掘地は移動しており、2009年の採掘地Iから2011年までに約13km離れた別の採掘地IIに移っていた。採掘地Iは2009年ごろに第1地点から第2地点に移っており、また採掘地IIについても当初の第1地点から2012年までの間に150mほど離れた第2地点に移った。2013年の調査時には供給が一時ストップしたため、ストックを使用している製作者が多く、一部は別の業者からの供給を受けていた。また、砂も同一河川から専門業者により採取されるが、採取地は一定しない。採掘地・地点にかかわらず粘土も砂もマクロでみると類

似した化学特性を示すが、仔細に比較すると微差が看取される。また、土器に使用される粘土の層位はほとんど決まっているが、同一地点であっても数十m離れると、同一層と認識されるものでも化学特性に微差がみられることがある（中園ほか2012）。

使用中の粘土は、2012年の採掘地データと一致する製作者もいるが（K、R、N、S）、もう一つの採取地とみられるものもあった（W、M、O、F）。また、3年ほど製作を中断していた製作者Jは、以前からのストックを使っており2011年以前のデータと一致するものや、それ以前の採掘地と思われるものがみられた。

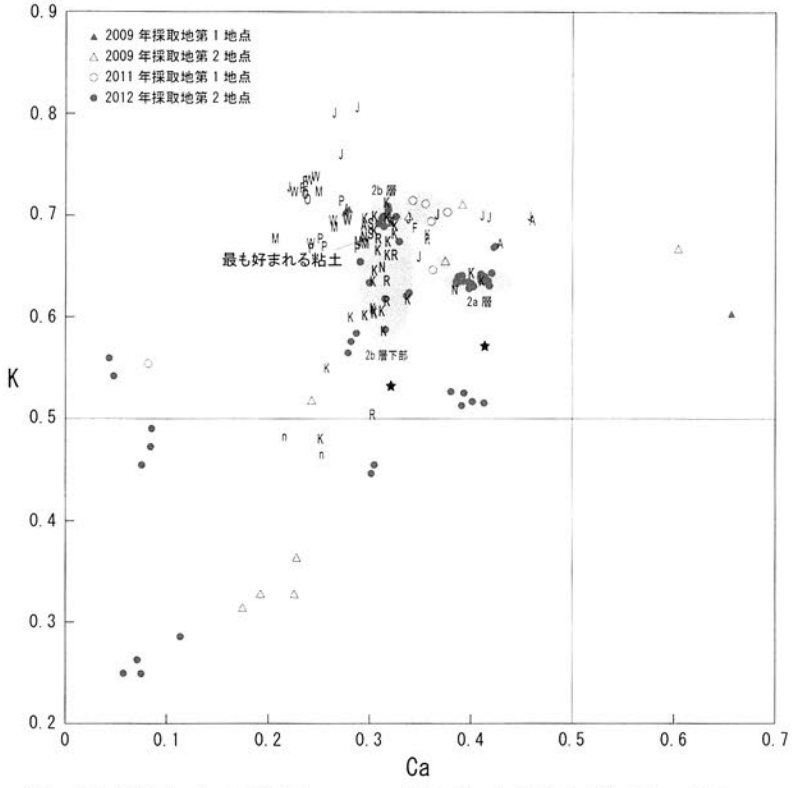


図　粘土採掘地における各層のK－Ca分布図と、各製作者が使用中の粘土
グレーの囲みは土器製作に使用される粘土。アルファベットは製作者別（2013年3月現在）。
★は別の村で使用されている粘土。

各製作者の素地土は、分析値の分布図で、使用する粘土と並行するように布置された。なお、粘土段階でのばらつき（変動係数*CV*で十数%）は、足練りによる素地作りで均質化され（上限で数%）、それが製品になる。粘土産地を反映しつつも製作者ごと、素地作りのたびに、同じ素材である限りかなりの類似性をみせるが、それでも微差が生じることが明らかになった。

胎土の微差としての変異は、①各家の粘土ストックに採掘地や地点の異なる新旧のものがあるという粘土の差異、②砂の採取地の変化による差異、③採掘者や製作者の好みや都合で層がやや異なる粘土を僅かに混ぜたり混ざったりすることによる差異などに起因する。また、それら差異あるものどうしの組み合わせによっても差が生じうる。さらに、④粘土と砂の混合割合は概ね7：3とすることが共有されているが、製作者や粘土捏ねをする人の好みや、水が多すぎたとき等の再調整という対処の結果としても変異が生じうる。こうした変異は通常の産地推定ではさほど問題にならないほど小さなものが多いが、土器製作に関わる個人の安定性や変異を検討するうえでは、重要な点である。また、アクシデントを含む製作者たちの日々の実践の結果として微差が生じ、その蓄積が考古学的なデータの形成につながることが了解できよう。

同一「産地」の変異幅はどのような理由で生じるかを知っておくことは重要であるが、以上から、前回の発表内容を追証するとともに、継続した調査により変動のあり方やその要因がより明確になったと考える。「産地」としての地域や製作地の胎土の化学特性に内包される変異には、通時的な変異の蓄積や、素材の違い、工房や製作者個人等によるものなどがあることになろう。今後も調査を継続していきたい。

※JSPS科研費・基盤研究（B）（21320150）の成果の一部である。

文献

中園 聡ほか（2009）「タイ北部土器作り村における土器および素材の蛍光X線分析」『日本文化財科学会第26回大会研究発表要旨集』.

中園 聡ほか（2012）「北タイの伝統的土器製作における土器素材の蛍光X線分析」『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』.

三辻利一（1983）『古代土器の産地推定法』ニュー・サイエンス社.

三辻利一・中園聡・平川ひろみ（2013）「土器遺物の考古科学的研究」『分析化学』62（2）：73-87.

黒曜石産地と消費地のネットワークシミュレーション

The network simulation of the obsidian trading in Jomon period

○津村宏臣（同志社大学）、建石徹（文化庁）

○Hiroomi Tsumura (Doshisha University), Toru Tateishi (The Agency for Cultural Affairs)

1. 研究の背景と目的

関東地域では、南関東地域を中心に多くの縄文時代遺跡で出土黒曜石の産地分析が実施されてきた。このデータ群は今後も蓄積を続け、より多くの情報を積み上げる必要があるが、現段階ですでに世界屈指の質・量を誇るものと考えられる。これらの多くは、土器の型式学的情報等とは異なるレベルでの遺跡情報・地域間ネットワーク等を知る手がかりとされてきた。

鈴木正男（Suzuki 1973・1974）、藁科哲男と東村武信（藁科・東村 1988）、古城泰（古城 1996）、大工原豊（大工原 1998・2008）など、黒曜石消費遺跡における出土黒曜石の産地の傾向や時期的推移等を検討し、これに考古学的考察を加えるなど研究が充実してきた。2011 年には過去に報告された関東地域における旧石器時代・縄文時代・弥生時代に帰属する遺跡出土黒曜石の産地分析結果が集計された（日本考古学協会 2011 年度栃木大会実行委員会編 2011）。一方で、五十嵐彰（1993）の指摘にあるような理化学的な“原産地”だけでなく、人間の行動を介した“原産地”の推定を考慮する視点を持つことは、スタートとゴールの情報しか存在しない”黒曜石”研究の考古学と文化財科学との”産地研究”視座の単純なオーバーラップが難しい現状も示している。本研究では、①特定の黒曜石産地の供給圏の特徴を定量評価し、②その供給圏の時期別動態を評価し、③説明モデルのためのネットワークシミュレーションによる評価を試みる。

2. 黒曜石供給圏の評価

考古学協会 2011 年度栃木大会実行委員会による集計では、異なる分析者・研究グループによる産地分析の結果が統合された。「高原山」「和田峠」「男女倉」「諏訪」「蓼科」「神津島」「箱根」「天城」の各産地群がそれである。「和田峠」産地群には、「和田峠」「小深沢」「星糞峠（鷹山）」等の産地が、諏訪」産地群には、星ヶ塔」「星ヶ台」等の産地が、「箱根」産地群には「畑宿」「上多賀」等の産地が含まれる。「天城」産地群には「柏峠」等の産地が含まれる。ここでは、統合された各産地から移動コスト時間圏を析出し、縄文時代各時期の最大供給地点までの時間の時系列動態を評価した（Fig. 1）。結果、①太平洋岸系（神津含む）と信州系および高原山の３つの時系列相関が看取できること、②３・６・９・17 期に供給圏の拡大/縮小の側面でそれぞれの系統の産地で画期があること、③供給圏の大きさに各時期で変動はあるものの、全体的に太平洋岸系の産地の供給圏が小さく、信州系の産地の供給圏が相対的に大きいこと、などが示唆される。

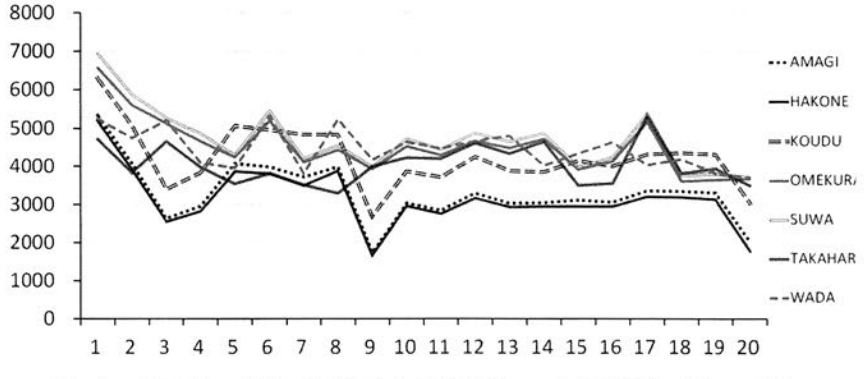


Fig. 1　各黒曜石産地の供給圏（時間距離）の時期別推移（95%区間）

2. 各時期の供給圏の時系列相関と変動

各時期の各産地の供給傾向について傾向面分析を実施し、その時間相関値と空間相関値を計量した。計算した相関値を類似度行列として整形し、多次元尺度構成を実施し標準化した布置座標値を算出、この相互間の距離を計測して変動量として集計した。Table.1は、この変動量を一覧にまとめており、下と右のカラムに平均変動をまとめている。

	AMAGI	HAKONE	KOUDU	OMEKURA	SUWA	WADA	TAKAHARA	平均変動	
P1-2	0.424	0.938	1.190		1.282	1.533			
P2-3		0.022	0.213	0.803	0.090	1.511	1.095	0.899	
P3-4	0.696	1.345	1.457		0.931	0.855			
P4-5	0.801	1.109	0.367	1.925	1.828	0.105	0.029	0.881	
P5-6	1.591	1.017	1.462	1.817	0.827	1.524	1.565	1.261	変動期
P6-7	1.160	1.277	0.538		1.781	0.363	1.470		
P7-8	1.694	0.811	1.627	0.501	0.852	1.117	0.454	1.008	
P8-9	1.257	0.984	0.724	1.015	0.806	1.721	1.015	1.045	
P9-10	0.294	1.030	1.306		0.356	1.313	1.770		
P10-11	0.347	0.929	0.580	0.822	0.137	0.078	1.586	0.640	安定期
P11-12	1.319	0.177	0.217	0.079	0.034	0.678	0.565	0.438	
P12-13	1.780	0.725	0.666	0.991	0.383	1.743	0.702	0.998	
P13-14	0.086	1.293	1.360	0.644	1.415	0.494	1.365	0.951	
P14-15	0.764	1.715	1.336	1.429	0.569	0.472	1.915	1.172	変動期
P15-16	0.094	0.353	0.690	1.321	0.541	0.495	1.272	0.681	
P16-17	1.211	1.766	0.018	1.622	0.015	1.739	0.648	1.003	
P17-18	0.257	0.032	0.763	1.074	0.281	0.127	0.191	0.389	安定期
P18-19	0.408	1.816	0.962	0.972	0.463	1.857	0.036	1.096	
P19-20	1.627		1.868		0.156	1.891			
累積移動距離	18.70	17.34	17.34	15.02	12.74	19.62	15.68		
リンク数	18	18	19	14	19	19	16		
平均	1.04	0.96	0.91	1.07	0.67	1.03	0.98		
	不安定			不安定	安定	不安定			

Table.1 各産地の時期別変動量（距離）と産地別分布傾向の画期と特徴

変動の平均移動距離を各産地で比較すると、最も大きい変化を示したのが男女倉産黒曜石の分布傾向である。リンク数が少ないこともあるため、これをのぞいて考えると、和田峠産黒曜石と天城産黒曜石の分布傾向の時系列変動が大きいことがわかる。これらの黒曜石産地の黒曜石は、通時代的に、多様なネットワークを介した多様な移動が背景にあったと考えられる。逆に安定しているのは諏訪産黒曜石であり、何らかの背景（地形や社会）により移動経路がやや固定的であったと評価できる。

時期別の平均変動を見ると、まず5～7期の間に大きな変動期がある。また同様に14～15期にもその傾向が看取できる。逆に、10～12期や17～18期は安定的である。これらの時期には、一方では黒曜石の分布傾向、さらに言えばその背後にあるヒトの動きの仕組みが変動するような事象があり、他方ではそういった事象のない安定したヒトとモノの動きがある時期があったことを示している。

3. ネットワークシミュレーションの実施

ネットワークシミュレーションは、以下の手順で行った。

① 各産地に対応する消費地（遺跡）すべてをネットワークのノードとする。
② 各ノードはすべてのほかのノードに対しリンクを持つ。シミュレーションのパラメータとして実効ノード数（コスト閾値）を設定する。
③ リンクの属性値についてパラメータを設定する。移動時間や直線距離、対象消費地の環境属性（有効コストエリア面積）などでシミュレーションを実施する。
④ ネットワークの評価に際し、各ノードからすべてのノードまでの③の値を累積、標準偏差（アクセシビリティー計数）を算出
⑤ 空間的なアクセシビリティー計数の分布状況から、ネットワーク形状を面的or線と判別

結果として、信州系黒曜石の消費地ノード間のアクセシビリティー計数のばらつきは小さくまた時系列での変動が大きいこと、高原山ではアクセシビリティー係数が原産地から離れるに従ってばらつきが小さくなり、単一の線的移動方向性が読み取れること、太平洋岸系では高原山と比較してもアクセシビリティー係数の変動も大きくまた、時期的な変動が少ないことから原産地と消費地（or中継地）が直線的に結ばれていた可能性があること、などがモデル化された。

駿府城跡から出土した鉛インゴットなどの鉛同位体比

Lead Isotope Ratios of Lead Ingot and Excavated Objects from the Sumpu Castle

○西田京平(別府大学文化財研究所)、上野淳也、平尾良光(別府大学)、山本宏司(静岡市文化財課)
○Kyohei Nishida(Research Institute of Cultural Properties of Beppu University), Junnya Ueno, Yoshimitsu Hirao(Beppu University), Kouji Yamamoto, (Sizuoka City)

はじめに

日本の戦国時代になって、鉄砲の弾丸や銀製錬（精錬）等に鉛が盛んに利用されるようになった。各地の大名は鉛の入手に力を注ぐようになり、国内での鉱山開発に加えて、海外からの輸入も行った。これまでの研究で、鉄砲玉やメダイなどのキリスト教関係製品、円錐型鉛インゴットに利用された鉛の産地は日本の他にタイのソントー鉱山産と推定される例が多くみられる[(1)]。今回、駿府城から出土した各種鉛・青銅資料ついて分析する機会を得た。資料が出土した駿府城は徳川家の拠点であり、蓄えられた鉛の産地は徳川家の鉱山支配や海外貿易の一端を知る一助となることが期待される。

1．資料[(2)]

分析した資料は、鉄砲玉１点、砲弾１点、円錐型鉛インゴット２点、大型楕円形鉛インゴット７点、鯱３点（本体１点・鰭２点）、不明筒状製品の計 15 点である。また、駿府城は 1607 年、1635 年の２度火災によって焼け落ちており、今回調査した資料のほとんどはその火災の影響による焼土等から出土しているため、遅くとも 1635 年以前の資料であると考えられる。不明筒状製品はそれらの資料とは離れた場所から出土しており、駿府城の前身である今川氏の今川館の時代の資料であるとも考えらえる。

2．分析方法

化学組成の測定は、ハンドベルト蛍光エックス線分析装置 innnov-x α-4000 を用いた。鉛同位体比の測定は、資料から採取した分析用サンプルを所定の手順で調整し、表面電離型質量分析計 Finnigan MAT-262 で行った[(3)(4)]。

3．分析結果

化学組成測定の結果、鉄砲玉、砲弾、円錐型鉛インゴット２点、大型楕円形鉛インゴットは 90%以上の鉛を含んでおり、純鉛製であると判断される。大型楕円形鉛インゴットの一部には数%の銅を含む資料がみられるが、不純物と思われる。鯱では 65～70%の銅、7～10%の錫、11～30%の鉛を含んでおり、銅・錫・鉛を主成分とする青銅であると判断される。

鉛同位体比測定の結果、鉄砲玉・砲弾・筒状資料の３点は日本産材料と推定される。円錐型鉛インゴット２点はタイ・ソントー鉱山産材料と推定される。大型楕円形鉛インゴットは、すべて華南産材料と推定され、同一材料であると考えられる。鯱については華南産材料と推定されるが、鰭のうち１点が少し異なる個所に位置し、残りの鯱本体、鰭は同一材料であると推定される。

4．考察

比較資料として、皇居東御苑出土の石垣の敷金・鎹、大手前鯱[5]、ソント一鉱山の方鉛鉱と日本国内出土の円錐型鉛インゴット[1]（大分県・豊後府内跡出土１点、長崎県・万才町遺跡出土２点、高知県・岡豊城跡出土１点、）と比較した。比較の結果、鉄砲玉、砲弾、不明筒状資料の鉛同位体比と、皇居東御苑出土の敷金・鎹の一部が近い鉛同位体比を示した点から、類似した産地の材料が利用されていることが示唆される。駿府城出土の円錐型鉛インゴット２点は、比較資料の国内の他地域から出土した円錐型鉛インゴット、ソント一鉱山の方鉛鉱と同じ領域に位置した。これまで九州と四国でのみ見つかっていた円錐型鉛インゴットが、東海地方の駿府城跡で出土したことは、この地域まで流通していたことを意味している。東南アジアや中国大陸から輸入した鉛を軍需物資として駿府城に蓄えていたことを今回の分析結果が示すのではないだろうか。

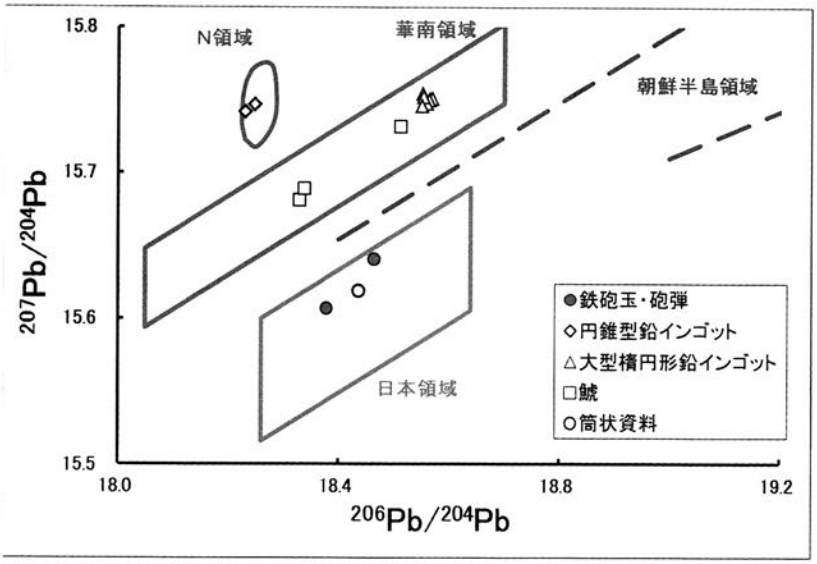


図１．駿府城出土資料の鉛同位体比

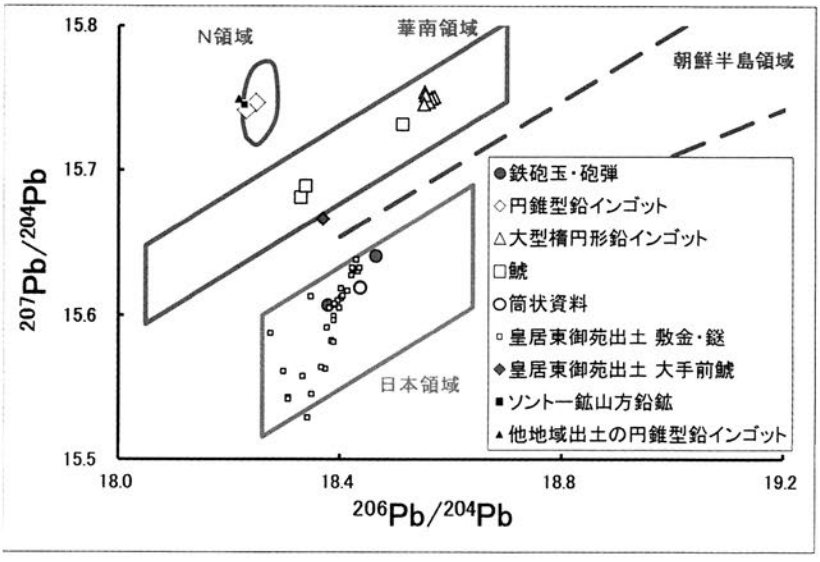


図２．駿府城出土資料と比較資料

引用・参考文献

1．研究代表者　平尾良光：『鉛同位体比法を用いた東アジア世界における金属の流通に関する歴史的研究』、科学研究費成果報告書、2012 年
2．『駿府城跡Ⅰ（遺物編１）』、静岡市埋蔵文化財調査報告 44、静岡市教育委員会、1998 年
3．魯禮玹、西田京平、角川茂、鶴我公一、平尾良光：「鉛同位体比を用いた産地推定の基礎」、『史学論叢』、No41、p1-p9、2011 年
4．平尾良光, 馬淵久夫:「表面電離型固体質量分析計ＶＧ Sector の規格化について」、『保存科学』、28、1989 年
5．宮内庁管理部編：『特別史跡 江戸城跡 皇居東御苑内本丸中之門石垣修復工事報告書』、2007 年

京都府舞鶴市志高遺跡・浦入遺跡出土黒曜岩製遺物の原産地推定
Sourcing Obsidian Artifacts of Sidaka and Uranyu sites, Maizuru city, Kyoto prefecture

○上峯篤史（独立行政法人日本学術振興会 / 京都大学）、松﨑健太（舞鶴市役所）、
金成太郎（明治大学研究・知財戦略機構）、杉原重夫（同左）
○ Atsushi Uemine (JSPS/Kyoto Univ.), Kenta Matsuzaki (Maizuru City), Tarou Kannari, Shigeo Sugihara (Meiji Univ.)

1. 研究の背景と目的

近畿地方の縄文時代遺跡からは、しばしば黒曜岩（石）製の石鏃や剝片が出土する。ところが資料のほとんどが採集資料で帰属時期が明確ではないため、黒曜岩製遺物が証言する過去の地域間交流に関する情報を時系列に載せることが難しくなっている。そこで発表者らは、帰属時期が明確な黒曜岩製遺物を取りあげ、その原産地を調べることで、過去の地域間交流を推し量るうえでの定点を作ることを目指した。

2. 対象とした考古資料

京都府志高遺跡・浦入遺跡の黒曜岩製遺物（計 11 点）を分析した。志高遺跡では 8 点の黒曜岩製遺物が出土しており、うち 7 点を分析した。弥生時代の遺物包含層から無遺物層（層厚約 2m）を隔てて堆積する縄文時代の遺物包含層からは、早期末～前期末の良好な資料群が層位的に検出されている。黒曜岩製遺物のうち 4 点は出土層準が明確で、帰属時期が定まる。のこりの 3 点も出土層準こそ不明であるが、早期末～前期末に収まる公算が大きい。浦入遺跡の黒曜岩製遺物は 5 点あり、そのうち 4 点を分析した。谷状地形に堆積した早期末～前期末の遺物包含層から出土しており、当該期に属するものと判断される。

3. 分析の方法

蛍光 X 線分析は明治大学文化財研究施設にて実施した。考古資料では平滑な剝離面を測定箇所とし、その表面をメラミンスポンジとアルコールで洗浄した。測定には日本電子製エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 JSX-3100s を用い、真空雰囲気、X 線照射面径は 15mm、測定時間は 240sec とした。原産地推定は望月明彦（1997）の方法に準拠した。分析法の詳細は別稿（金成ほか 2010）を参照されたい。

4. 測定結果（表 1・図 1）

志高遺跡の縄文時代早期末～前期の黒曜岩製遺物には島根県隠岐の島の「隠岐系」が、前期後葉の資料には長野県霧ヶ峰地区の「西霧ヶ峰系」とともに北海道白滝地区の「赤石山系」がふくまれることが判明した。浦入遺跡では、「隠岐系」・「西霧ヶ峰系」が見いだされた。

表 1 原産地推定の結果

資料	時期	原産地推定
志高 1	前期後葉	赤石山系
志高 2		
志高 3		西霧ヶ峰系
志高 4	前期中葉	判別不可
志高 5	早期末～前期末	隠岐系
志高 6		
志高 7		
浦入 1		
浦入 2		
浦入 3		
浦入 4		西霧ヶ峰系

5. 考察

このたびの分析結果からは、縄文時代早期末の近畿地方北部では「隠岐系」黒曜岩が目立つが、遅くとも前期後葉には「西霧ヶ峰系」黒曜岩が流入したことが考えられる。こうした様相は、当該期の土器型式圏の変化と整合的である。一方、「赤石山系」黒曜岩については縄文時代草創期の新潟県小瀬ヶ沢洞窟（藁科ほか 2002）が最南端の事例であったが、志高

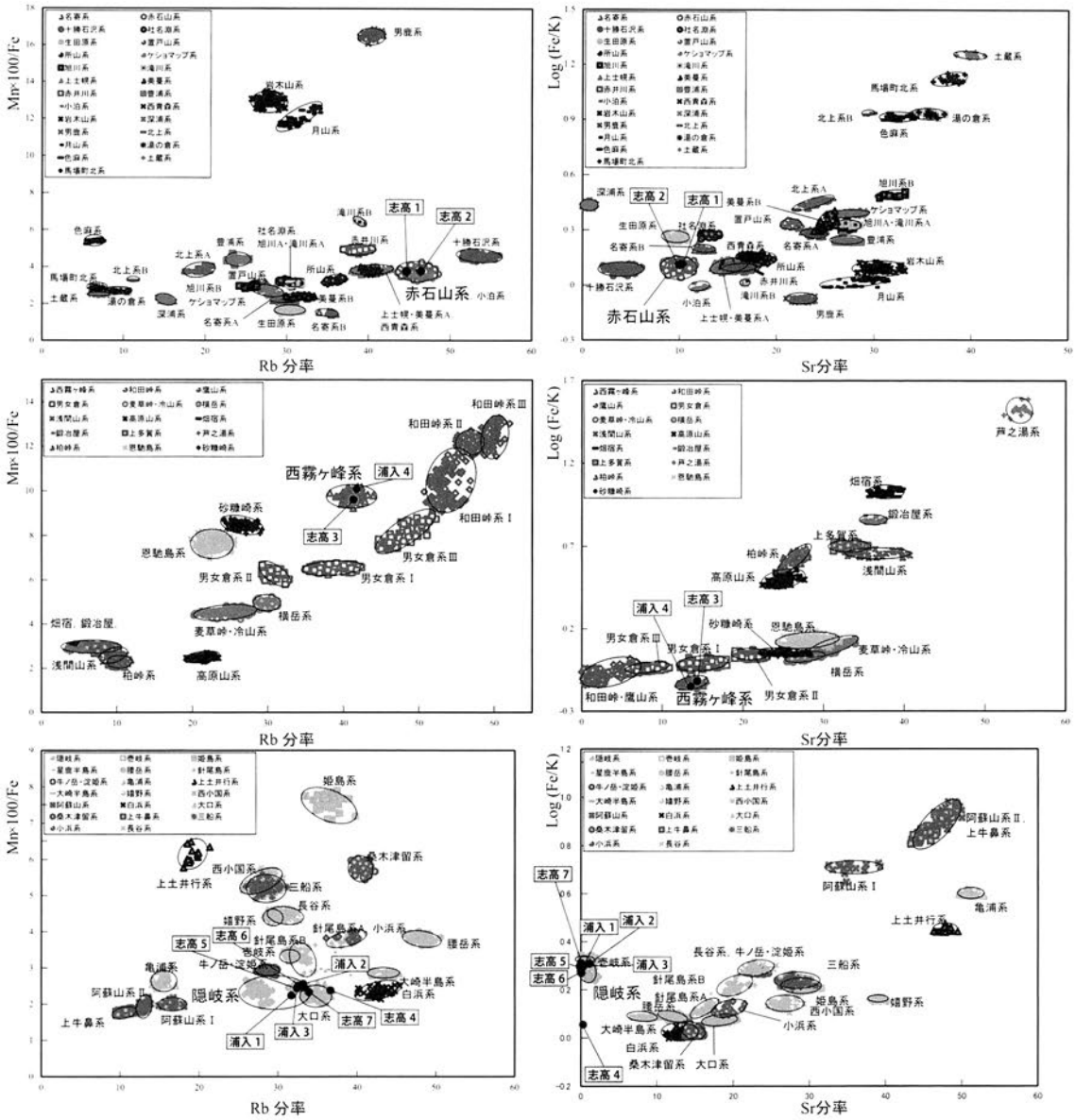


図 1 判別図による黒曜岩製遺物の原産地推定

遺跡の事例はそれを大きく拡げ、直線距離にして約 1100km におよぶ長距離の石材移動を明らかにした。この結果についても、滋賀県粟津湖底遺跡で採集された木目状撚糸文をもつ土器片（鈴木 2012）や同津田江湖底遺跡の両尖匕首（小竹森 2008）、山形県吹浦遺跡における大歳山式土器の出土事例（鈴木 2008）と矛盾なく、前期後葉における北海道～東北地方と近畿地方の交流関係を示す一例と評価できる。

引用文献

金成太郎・杉原重夫・長井雅史・柴田 徹 2010「北海道・東北地方を原産地とする黒曜石の定量・定性分析」『考古学と自然科学』60 pp. 57-81。
小竹森直子 2008『烏丸崎遺跡・津田江湖底遺跡』滋賀県教育委員会・（財）滋賀県文化財保護協会
鈴木康二 2008「特殊凸帯文系土器（北白川Ⅲ式・大歳山式土器）」『総覧縄文土器』pp. 320-327。
鈴木康二 2012『【人】・【自然】・【祈り】 共生の原点を探る』滋賀県立安土城考古博物館
望月明彦 1997「蛍光 X 線分析による中部・関東地方の黒曜石産地の判別」『X 線分析の進歩』28 pp. 157-168。
藁科哲男・小熊博史 2002「新潟県小瀬ヶ沢洞窟・室谷洞窟遺跡出土黒曜石製遺物の原材産地分析」『長岡市立科学博物館研究報告』37 pp. 107-118。

越中八尾の本法寺における所蔵文化財の保存環境の改修　第２報

Improvement of the preservation environment of cultural assets which a HONPOUJI temple in ETHUYATSUO. part 2

○宮野則彦(日本大学)、古川知明(富山市埋蔵文化財センター)、宮野秋彦(名古屋工業大学)
○Norihiko Miyano, Tomoaki Furukawa, Akihiko Miyano.

1. まえがき

長松山本法寺は正和5年開基の法華宗陣門流別格寺院で、所蔵する絹本著色法華曼荼羅図は、22幅の内２１幅が国の重要文化財、残る一幅も富山市指定文化財となっている。

この度、その収蔵・展示環境の改善を図って、宝蔵および展示ケースの改修が行われたので、前報[1]に続き宝蔵および宝蔵内厨子の改修結果について報告する。

2. 改修工事の概要

宝蔵は1950年代に文化財の収蔵施設として各地に建てられた高床式RC造と同形式のもので、躯体には断熱材を施工せず、専ら通風・換気を主眼とした考えに依っている。

今回の断熱改修では、床および天井四隅に設けられた換気孔の閉鎖と側壁換気扇の撤去と閉鎖を行った上で、宝蔵の床裏全面にウレタン断熱材を20mm厚吹き付け、さらに、内部湿度の調整を目的として、宝蔵の天井および周壁に9.5mm厚の石膏ボードを下地として、前報と同様に、島根県産の天然ゼオライトを主原料とした吸放湿性の土壁材（平成19-20年度、経済産業省委託事業「地域資源活用型研究開発事業」）を約4~5mm厚塗布した。

なお厨子は改修１年後に搬出して、燻蒸及び除菌措置を施した後、再び宝蔵内に戻した。

3. 測定方法

宝蔵、厨子および外気の温湿度を小型データロガーで１時間毎に収録した。

なお、宝蔵の改修は2011年３月下旬～４月中旬に、厨子の燻蒸・除菌は2011年12月～2012年４月にかけて行われたので、その間の測定結果は解析の対象外とした。

4. 測定結果の解析と検討

図１に、宝蔵改修後の１年間における宝蔵および厨子の月平均相対湿度の年変化を示す。

宝蔵内の相対湿度は、改修前の85%('10.12~'11.1)より約15%も低くなっている。

図２に、厨子改修後の１年間の宝蔵および厨子の月平均相対湿度の年変化を示す。

厨子内の相対湿度が、改修によって10~15%程度大きく改善されていることが分かる。

図３は、改修後２年間の宝蔵内の相対湿度、図４は、厨子改修前後の相対湿度である。

図５では改修後２年間の宝蔵内相対湿度と外気相対湿度との相関を、図６では、厨子改修前後の各１年間における同様に外気相対湿度との相関の違いを見ることが出来る。

宝蔵内の相対湿度が、改修１年目よりも２年目の方が年間を通じて約5%程度高くなっている点については、正面入口の未改修と換気扇の撤去などの影響について検討中である。

因みに、正面出入口は鉄扉と木製引き戸で構成されているが、鉄扉の周辺にはかなりの隙間があり、内側の建具も腰板張りの上部は格子のみで、共に気密性は極めて低い。

5．あとがき

今回の改修の結果は、展示ケースと厨子については概ね良好な結果を得ることが出来たが、宝蔵については、なお一層の改善が必要と考えている。

[1] 越中八尾の本法寺における所蔵文化財野保存環境の改修　第１報：宮野秋彦、古川知明、宮野則彦、長島晴治

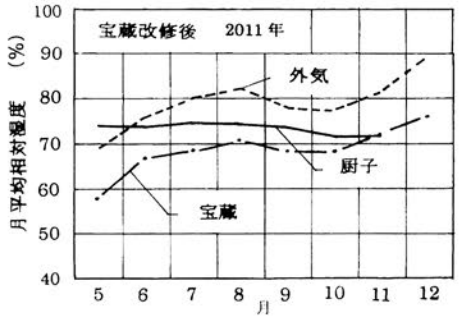


図１　宝蔵改修後の相対湿度

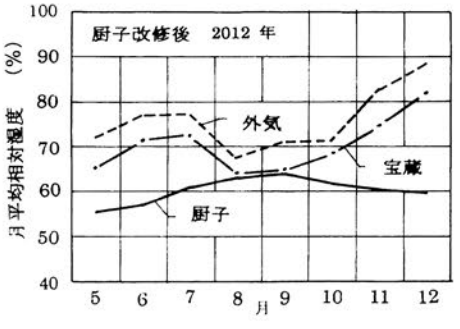


図２　厨子改修後の相対湿度

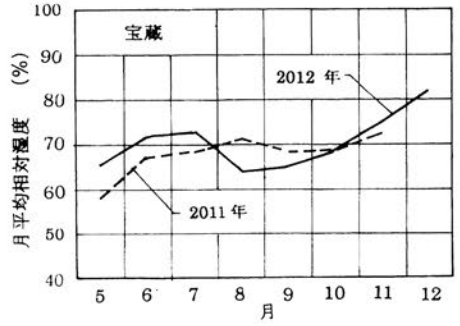


図３　改修後２年間の宝蔵内相対湿度の比較

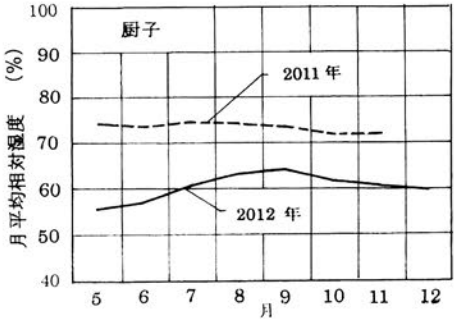


図４　改修前後の厨子内相対湿度の比較

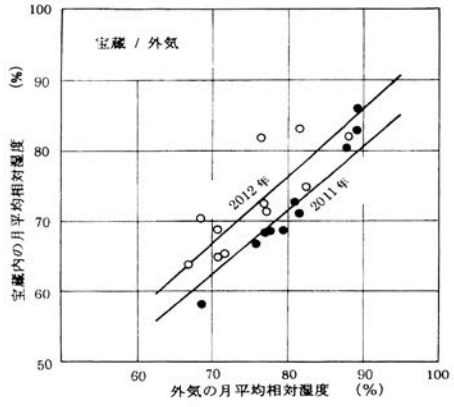


図５　宝蔵内と外気の相対湿度の相関

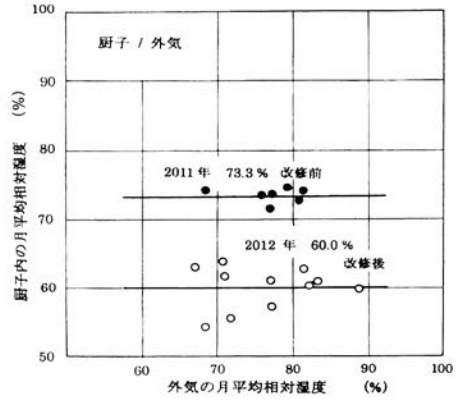


図６　厨子内と外気の相対湿度の相関

古墳壁画表面における含水量の非接触測定システムの開発

Development of methods for invasive measurement of water content on the surface of wall paintings

○犬塚将英（東京文化財研究所）
○Masahide Inuzuka (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

本研究は、高湿度環境下にある古墳壁画の壁面含水量とその時間的変化を測定するための非接触による手法を開発し、国内外の古墳の壁画で実践的に運用し、そのシステムの有効性を評価することを目的とする。古墳壁画は季節や一日の環境変化による影響を受けて含水量が複雑に変化をきたし、剥落やカビの発生などの重大な劣化現象が進行する場合がある。劣化現象を誘因・促進する壁画表面の変化を定量的に把握することによって、劣化現象の原因解明・抑制等に有用なデータを提供することができる。本研究で開発する手法をより簡便なものとすることにより、全国の壁画古墳・装飾古墳においても、日常的な調査と管理が可能となり、文化財保護の分野において大きな波及効果が期待できる。

2. 古墳壁画表面における含水量の非接触測定システムの開発

壁面の含水量や時間変動を非接触な手法により調べるために、2種類の測定原理に基づいた自動計測システムの具体的な方法を検討し、開発を進めてきた（図1、図2）。

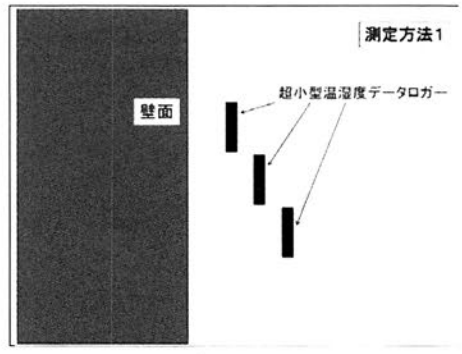


図1 水分の蒸散量の測定方法

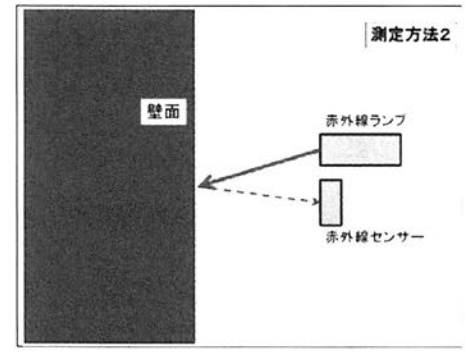


図2 近赤外線を用いた含水量の測定方法

2-1. 古墳壁画表面における水分の蒸散量の測定

ひとつ目の方法は調査対象となる壁面の前に複数個の温湿度測定器を設置して、温度と相対湿度から計算される絶対水分量の勾配を調べることにより、壁面における水分の時間変動を調べる方法である（図1）。ここでは、超小型温湿度データロガーを利用することにより、簡便さと小型さを追求し、現場でも活用することが容易な測定システムの構築を目指した。この測定システムの評価のために、東京文化財研究所にて基礎実験を行った（図3）。ここでは、周囲の相対湿度を変化させて、木材の試験片の表面における水分の移動との関係を調べた（図4）。

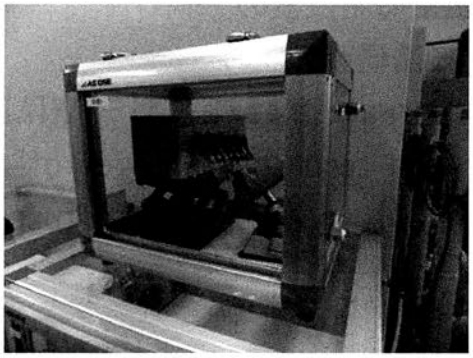


図3 水分蒸散量測定の基礎実験

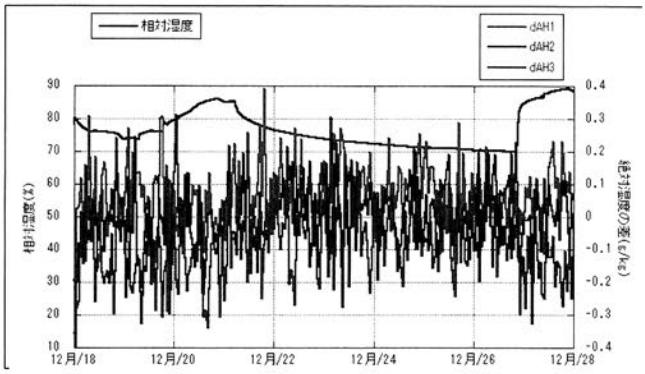


図4 相対湿度の変化と試料表面における水分の移動

上記の基礎実験を経て、装飾古墳を模したレプリカの石材を用いた試験的な測定（図5）と中国陝西省の古墳壁画における測定を開始した（図6）。さらに、高湿度環境下において温湿度データロガーよりも堅牢であるセンサーを組み込んだ新しい測定システムの開発も行っている。

2-2. 古墳壁画表面における含水量の測定

ふたつ目の方法は、小型の赤外線照射装置と赤外線センサーを組み合わせて、赤外線の反射率を観測することにより、壁面における水分量の時間変動を調べる測定方法である（図2）。赤外線センサーから出力されるアナログ信号をデータロガーなどの信号読み取り専用の装置に接続して自動計測を行うような測定システムを構築する予定である。この測定方法では、壁面に対する長時間の赤外線照射は劣化を招く危険性があるので、赤外線照射装置は制御装置と接続することにより、照射時間のプログラム制御を行う必要がある。Arduino 等を用いて、以上のような装置や信号の制御を行う予定である。このような測定システムを構成する各装置の選定が終わり、今後、測定システムの構築、測定システムの動作の評価をするための基礎実験を行う予定である。

図5 レプリカ石材を用いた測定

図6 中国陝西省における測定の様子

本研究は平成24年度学術研究助成基金助成金・挑戦的萌芽研究「古墳壁画表面における含水量の非接触測定システムの開発」によるものです。

青森県板柳町土井Ⅰ号遺跡出土籃胎漆器の保存科学的研究と素材同定・技法研究の試み

A study on the cleaning technique for lacquerware that called "RANTAI SHIKKI" in which boric acid deposited and technical studies of lacquerware excavated from the ruins of DOI in AOMORI prefecture

○片岡太郎・上條信彦・柴正敏（弘前大学）、伊藤由美子（青森県立郷土館）、小林和貴・鈴木三男（東北大学植物園）、佐々木由香（パレオ・ラボ株式会社）、鳥越俊行（九州国立博物館）

○Taro Kataoka, Nobuhiko Kamijo, Masatoshi Shiba (Hitosaki university), Yumiko Ito (Aomori Prefectural Museum), Kazduki Kobayashi, Mitsuo Suzuki (Botanical Gardens, Tohoku University), Yuka Sasaki (Paleo Labo Co., Ltd), Toshiyuki Torigoe (Kyushu national museum)

1. はじめに

土井Ⅰ号遺跡（現“土井(1)遺跡”、青森県板柳町）出土漆器は、昭和36年（1961年）の発掘調査により発見された。漆器は、土器編年により、縄文晩期に製作されたものとされている（村越ら 1972）。当時は、漆製品の保存処理法が確立されておらず、発見時から現在まで、水漬けの状態で保管され続けたが、いつの時期からかは不明であるが、全て乾燥した状態となってしまっていた。さらに、白色の結晶が析出しており、漆製品としての質感が損なわれてしまっていた（写真1）。こうした状態の資料が全国にも多くあるものと思われ、本研究では、エタノールを使ったホウ酸の新規除去方法について保存科学的研究を行うとともに、漆器の胎部の素材同定を試みたので合わせて報告を行う。

写真1 白色析出物

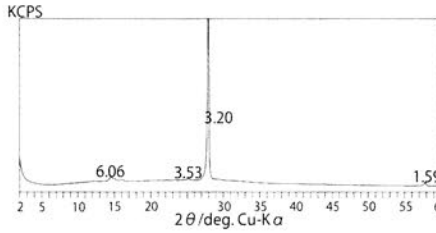


図1 白色析出物のX線回折パターン

2. エタノールを使ったホウ酸の新規除去方法

2.1 白色の析出物の同定

白色の析出物を数mg採取し、X線粉末回折法（リガク電機製、ガイガーフレックス2013型、30kV、15mA、ニッケルフィルター、レンジ5-10kcps、時定数1秒、スリット：1°-0.15mm-1°、スキャンスピード2θ=2°/分）により分析を行った。結果、ホウ酸（boric acid、H_3BO_3、ASTMカードNo.25-97）と同定した（図1）。ホウ酸は、水中保管時に防腐剤として使用したホウ酸の結晶が析出したものと考えた。

写真2 ハンドピッキングによる除去

2.2 クリーニング方法とホウ酸の溶解度

ホウ酸の除去方法として、遺物にダメージを与えないように、竹串を使ったハンドピッキングによる物理的除去を行うとともに（写真2）、最少量の溶媒に溶解して除去する湿式処理を用いた。ホウ酸が最も良く溶解する条件を知るために、溶媒に水、エタノール、溶媒の温度に20°Cと60°Cを設定し、それぞれ飽和溶液を調製し、溶解度を算出した。結果、作業効率を考慮した場合、エタノールを使った湿式処理を採用することとした（ホウ酸1g/水（20°C）17.2ml、水(60°C)10.2ml、エタノール(20°C)8.0ml）。湿式処理で

はエタノールを遺物に塗布後、ウェスによりホウ酸/エタノール溶液を除去した。

2.3 保存処理前後の比較

保存処理前後の比較を写真4に示す。処理前の色調は鈍い赤色を呈していたが、処理後においても色調を維持しており、形状に変化がなく、ホウ酸を除去できた。また、ホウ酸の除去について、ハンドピッキングに加え、エタノールによる湿式で除去する方法は、漆器だけでなく、水中保管中に干上がってしまった木製品に対しても、有効であるものと考えられる。

3. 胎部の素材同定

素材の同定を試みたのは、籃胎漆器（2144-1、2144-3、2144-5）と漆塗紐(糸)（2144--12)、漆塗腕輪（2144-13）の5点である。これらはいずれも完全に乾燥しており、胎の植物部分（破線の長方形）は完全に消失している（写真5)。しかし、場所によりかすかに繊維状の構造が認められたため（写真6)、反射顕微鏡及びデジタルマイクロスコープで漆塗膜内面を表面観察すると共に、小片を樹脂包埋し、切断して断面の薄片を作製し、光学顕微鏡で観察した。

結果、2点の籃胎漆器と1点の漆塗腕輪を竹笹類(一例として写真7)と同定し、1点の籃胎漆器は不明であった。漆塗紐(糸)はイラクサ科の植物の靭皮繊維に近似する繊維細胞を束ねて、これに漆を塗った製品であることが判明した（写真8)。

写真3 エタノールによる湿式除去

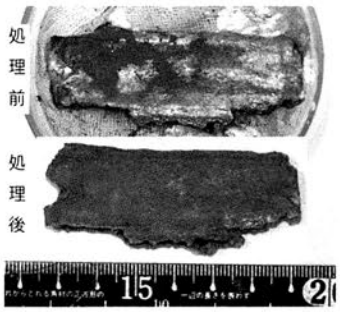


写真4 エタノールによる湿式除去

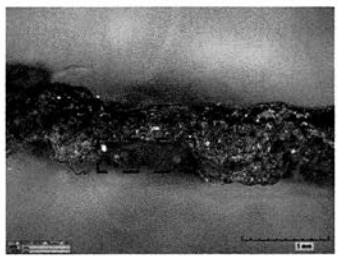


写真5 籃胎漆器4144-1 漆塗膜断面

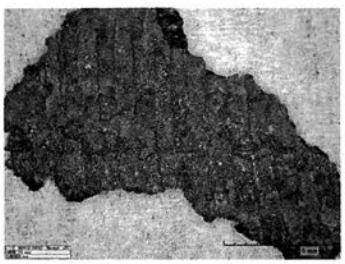


写真6 籃胎漆器4144-1 表面

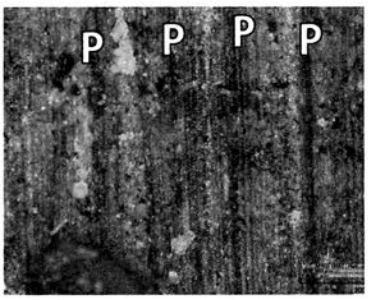


写真7 籃胎漆器4144-5 表面

小径で隔壁のない繊維からなる部分と、比較的に大径で隔壁を有する短冊状の細胞からなる部分（図中のP）が認められる。

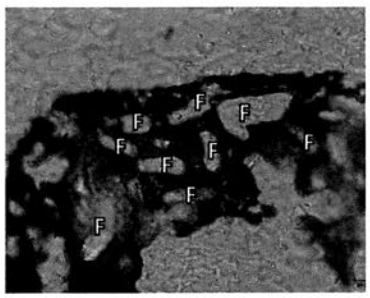


写真8 漆塗紐(糸)4144-12 断面

繊維細胞が“あった”空隙（図中のF)。繊維断面は角のない滑らかな円形だったと推察され、1本1本の繊維が孤立していることが認められる。

表1 器種と素材同定結果

番号	器種	同定結果
2144-1	籃胎漆器	不明
2144-3	籃胎漆器	竹笹類
2144-5	籃胎漆器	竹笹類
2144-12	漆塗紐(糸)	イラクサ科
2144-13	漆塗腕輪	竹笹類

謝辞

土井I号出土漆器全ては青森県板柳町教育委員会から許可を得て保存処理・分析をさせて頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

引用文献

村越潔・工藤泰博、青森県板柳町土井I号遺跡、考古学ジャーナル、第75号、1972

本研究は、2011-2015年度弘前大学特別研究「冷温帯地域の遺跡資源の保存活用促進プロジェクトー環境激変期における資源利用戦略の学際的研究ー」の成果の一部です。

國立伽耶文化財研究所における保存処理後木製品の保管環境

An investigation into the storage environment of waterlogged wood on post-conservation treatment in the Gaya National Research Institute of Cultural Heritage

◯伊藤健司（元興寺文化財研究所）、植田直見（同左）、大國万希子（同左）、姜 大一（韓國傳統文化大學校）、金 益柱（鏡潭文化財保存研究所）、鄭 仁郎（國立伽耶文化財研究所）

◯Kenji Ito, Naomi Ueda , Makiko Okuni (Gangoji Institute for Research of Cultural Property), Dai Ill Kang(Korea National University of Cultural Heritage), Ik Joo Kim (Gyeongdam Conservation Lab.) , In Tae Jung (Gaya National Research Institute of Cultural Heritage)

1. はじめに

国立伽耶文化財研究所は、慶尚南道、釜山、蔚山地域に散在する伽倻文化圏の文化遺産を保存し、地方文化の発展を図り、伽倻文化を明らかにする目的で、1990年に設立された国立昌原文化財研究所が、2007年に改称された国立文化財研究所に所属する研究機関であり、文化財の発掘調査及び研究、文化財研究の調査報告書刊行などのほか、出土遺物の保存処理・管理も行っている。

韓国の保存処理機関や博物館では、資料収蔵施設などの保管状況を公開されることはほとんどなかったが、今回同研究所の許可が得られたため特別収蔵庫などを中心として、2012年1月18日と2013年2月15日の二度調査を実施した。

2. 伽耶文化財研究所における木製品の保存処理

同研究所が用いている保存処理方法の基本は、一般的に韓国で広く行われているのと同様にポリエチレングリコール(以下PEGと略す)含浸法と真空凍結乾燥法の二法が中心であり、PEG含浸法は80%水溶液含浸で終了することが多く、真空凍結乾燥法の前処理はPEG40%ターシャリーブタノール（以下t-ブタノールと略す）溶液（劣化等の状況によっては60%t-ブタノール溶液）まで含浸した後、真空凍結乾燥を行っている。なお保存処理室にはPEG含浸槽4台(大型槽1台を含む)と真空凍結乾燥機1台を備えている。

慶尚南道咸安・城山山城は、同研究所が1991年から現在まで継続して学術調査を実施している。同遺跡からは韓国で一番多く確認されている「木簡」をはじめとする、日常生活に関連した木製品など多種類に亘る遺物が出土しており、この保存処理を担当している。さらに発掘調査の成果や木製品の保存処理・分析に関する基礎資料として『韓国の古代木器』[1]も刊行している。

この他木製品だけでなく慶尚南道昌寧・松峴洞古墳群出土の金属製品などの保存処理も実施している。

3. 特別収蔵庫・遺物の保管環境

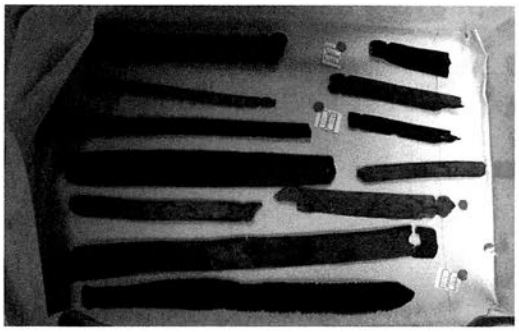
特別収蔵庫の庫内は、内壁が木製壁の二重壁で、木製棚を配備している。基本的には温湿度管理が可能な設計であるものの、経費削減のため現在は稼働していない。ちなみに調査時の庫内温湿度は温度10℃前後・湿度35%RH前後であり、温度も湿度もやや低い環境であった。

保存処理後の遺物保管は、プラスチック製容器の中に綿布団や紙ウエスを敷いた上に、遺物を何段も積み重ねずに一段のみ収納して、蓋を閉めて積み上げて木製棚に収納することを基本としている。なお容器

の中には、調湿剤や乾燥剤などは入っていない。

保存処理後木製品を概観すると、PEG含浸法を用いた広葉樹と見られる木製品の一部に変形や収縮が認められ、凍結乾燥法を用いた木製品の一部には、亀裂などが確認できた。

保管状況



容器内の木製品収納状況

4. 今後の課題

PEG含浸法と真空凍結乾燥法は、両法ともに吸湿性を有するPEGを使用することから、保存処理終了後は温湿度管理を含めた保管環境が重要となろう。本来であれば資料の学際的価値や重要性に鑑み、経費が係るにしても空調による温湿度管理が望ましい。この場合は通気性を考慮し容器の蓋を開けた状況で保管すべきであろう。

ただ、特別収蔵庫の保管であるため、温湿度管理を行わなくとも外気の影響を受け難いことから、庫内の温湿度の急激な変化はあまり想定できない。しかし万一の事態を含めて密閉した容器であることも考慮すると調湿剤を備え付けておくことを勧めたい。また温湿度が安定している時に、容器の蓋を開放することで庫内と容器内の温湿度の均一化を図ることも必要であろう。

5. おわりに

2012年秋に、釜山市国立金海博物館で城山山城から出土した木製品を中心とした展示会『木、人そして文化』[2]が開催された。展示内容は保存処理後の木製品が出陳されていたほか、樹種や木取りなどの解説と併せて保存処理の説明も行われていた。

本研究は、平成23・24年度科学研究費補助金　基盤研究（A）課題番号21251002「日韓における保存処理後木製品の経年調査と保管管理の比較研究」（研究代表者　伊藤健司）　による成果の一部である。

① 伽耶文化財研究所『韓国の古代木器』2008.12.26

②『나무, 사람그리고문화』(Wood, Mankind and Culture) 2012.9.25～11.25

X線CTスキャナを活用した出土木製品の構造解析に係る基礎研究

Basic research concerning the structual analysis of the Waterlogged Wood under a X-ray Computed Tomography

○小林啓（九州歴史資料館）、伊藤幸司（公益財団法人大阪市博物館協会 大阪文化財研究所）、
今津節生（九州国立博物館）

○Akira Kobayashi(Kyushu Historical Museum),Kouji Ito(Osaka City Culutural Properties Association),Setsuo Imazu(Kyushu National Museum)

1. はじめに

本研究は、出土木製品の保存処理における薬剤の含浸状況や処理中・処理後の状態変化についてX線CTスキャナにより解析することを目的とする。

X線CTスキャナの活用により、従来は困難とされていた出土木製品の保存処理中・処理後の内部状態について、非破壊且つ3次元的な可視化が期待される。今回は、処理薬剤（トレハロース）の濃度差による状態変化について調査を行った結果について報告する。

2. 九州歴史資料館のX線CTスキャナ

九州歴史資料館では、2010年に文化財用X線CTスキャナ（独YXLON International社製 Y.CT PrecisionS）を導入した。

【Y.CT PrecisionS仕様】

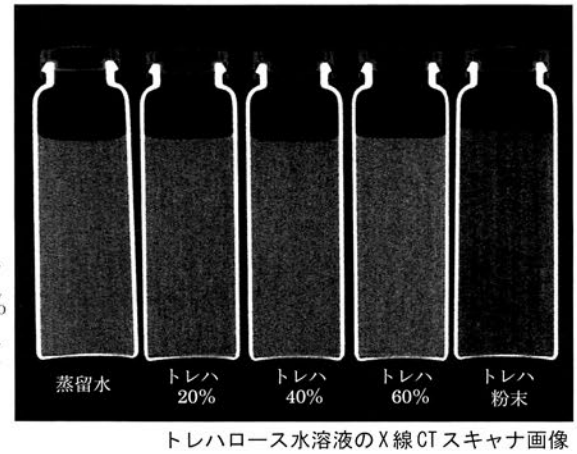
焦点寸法0.1mm / 電圧225kV / 電圧2.0mA / 対象サイズ600×300mm / 積載重量30kg /分解能0.125mm / 拡大率1.2～10倍 / FPD有効サイズ240×200mm

3. X線CTスキャナによる調査結果

3-1 水溶液中の薬剤（トレハロース水溶液）

0%（蒸留水）、トレハロース20%・40%・60%水溶液、トレハロース粉末を作成し、X線CTスキャナで状態を確認した。

トレハロース20%・40%水溶液は、水分によるX線散乱の影響が強く、濃度差による明確な差異はみられない。一方、トレハロース60%水溶液はX線の吸収が高いためか、他の水溶液と比べわずかながら差異が確認できる。



トレハロース水溶液のX線CTスキャナ画像

3-2　サンプル材（遺跡出土自然木）

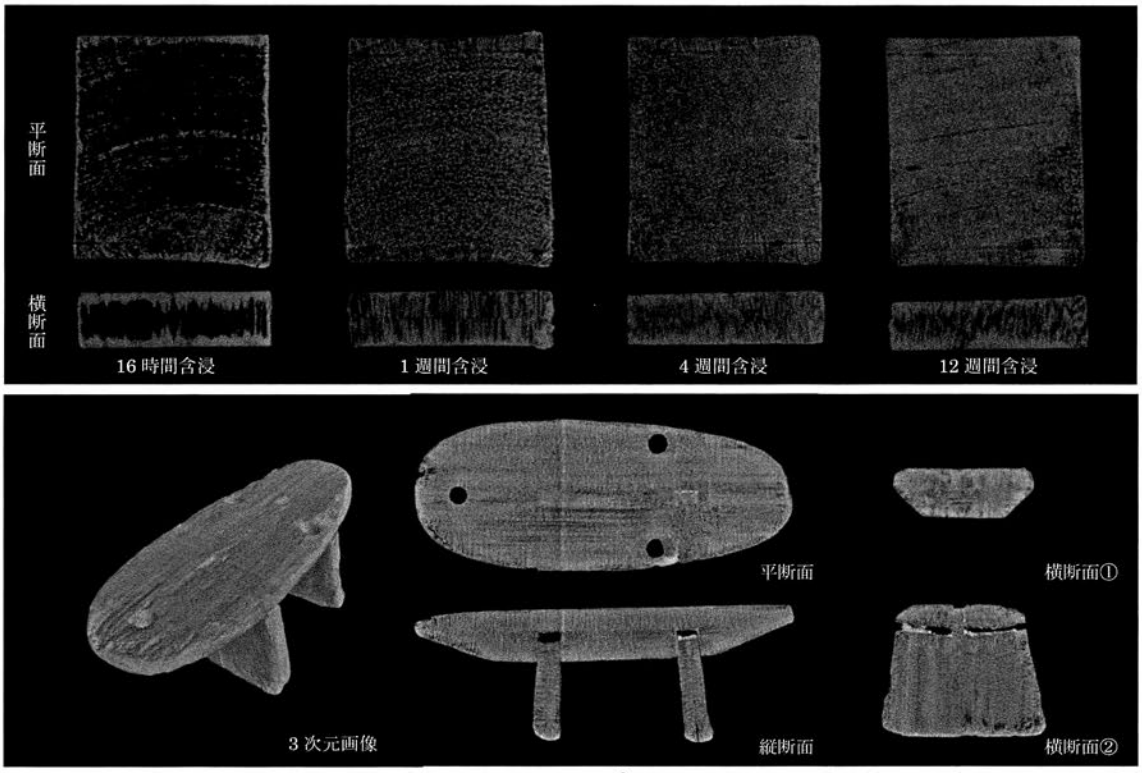
サンプル材（3×3×1.5 cm　樹種：ケヤキ）に薬剤（トレハロース 70%）を含浸して内部を X 線 CT スキャナで確認した。薬剤の含浸期間は 16 時間から 12 週間、含浸後のサンプル材は重量が恒量に達することを確認、十分な結晶化を行った。

調査の結果、サンプル材は含浸期間に比例して内部に X 線吸収の高い箇所が広がっている様子が確認された。16 時間含浸では表面と導管要素付近に集中するが、1 週間含浸以降はサンプル材内部と木繊維にまで範囲が拡大している様子が確認できる。

3-3　出土木製品

出土木製品（含水率 560%　樹種：スギ）に保存処理（トレハロース含浸処理法　含浸工程：30%→50%→70%）を行い処理後の内部状態を X 線 CT スキャナで確認した。処理後の木製品は、サンプル材と同様に X 線吸収の高い箇所が確認された。

処理後の木製品は、サンプル材とは異なり表面と内部に顕著な差異は確認されない。薬剤含浸が深部にまで達しているものと考えられる。また、X 線吸収の高い箇所は、木製品の放射方向に筋状に広がっている様子が確認された。



上：サンプル材、下：保存処理済木製品の X 線 CT スキャナ画像

4.　まとめ

トレハロース水溶液・サンプル材・保存処理済み木製品を対象に X 線 CT スキャナによる観察を行い、その状態について確認することができた。今後、X 線 CT スキャナ画像による視覚的な判断と共に対象の X 線吸収係数を含め確認と検証を行う。

※本研究は平成 24 年度科学研究費助成事業（研究活動スタート支援　課題番号：24800094）により行った。

臼杵磨崖仏の表流水対策

Field test of controlling the surface flow at the Usuki Stone Buddha

○伊藤広宣（㈱文化財保存活用研究所）、山路しのぶ（同左）、山村健生（同左）、
森井順之（東京文化財研究所）、朽津信明（同左）、神田高士（臼杵市教育委員会）
○Hironobu Ito, Shinobu Yamaji, Kensei Yamamura(The Institute for Conservation and Use of Cultural Heritage,Oita Co.,LTD), Masayuki Morii, Nobuaki Kuchitsu(National Research Institute for Cultural Properties,Tokyo) and Takashi Kanda(Board of Education,Usuki City)

1. はじめに

大分県臼杵市に所在する国宝臼杵磨崖仏では着生生物の繁茂や凍結破砕、塩類風化による劣化が大きな問題となっている。これらの劣化を引き起こす要因のひとつに「水」の問題があり、磨崖仏群の保存をおこなっていく上で、水をいかにコントロールしていくかが大きな課題となっている。そのため、平成12年度から東京文化財研究所と臼杵市が協力し、磨崖仏群周辺の環境調査をおこなっている。調査結果から、磨崖仏群の一つであるホキ石仏第２群においては覆屋南側斜面からの表流水が磨崖仏本体の含水率に影響しているのではないかと考えた。そこで、今回覆屋南側斜面に止水用の壁を設置し、斜面からの表流水を遮断する実験をおこなった。今発表では止水壁設置前後で磨崖仏本体の含水率がどのように変化したかについて報告する。

2. 実験方法

東京文化財研究所の調査結果から、ホキ石仏第２群においては湧水量と磨崖仏下部での含水率の変動パターンが類似していることが判明している。そのため、今回の実験では表流水を遮断するために覆屋南側斜面（写真１）に止水壁（写真２）を設置して、降雨による表流水を遮断し（写真３）、止水壁設置前後の湧水箇所および岩部の含水率を比較した。今回の実験で含水率を測定した箇所を写真４に示す。なお、Ｈ１が湧水箇所、Ｈ２が磨崖仏下部の岩部である。

写真１　覆屋南側斜面

写真２　止水壁

写真３　降雨時の様子

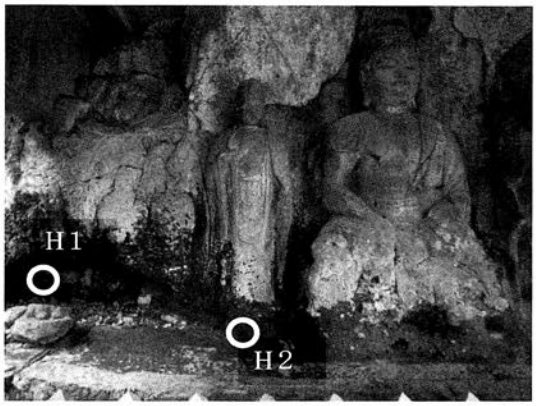


写真４　計測箇所

3. 実験結果

図１に2011年と2012年の含水率の調査結果を示す。なお、2012年７月15日より止水壁を設置している(図１下側グラフの※１)。止水壁を設置した結果、岩部において含水率の急激な上昇が見られなくなった。含水率の急激な上昇は降雨と高い相関があることから、止水壁により大雨時の表流水侵入を抑えており、止水壁の効果を確認できた。また、止水壁を設置していない2011年は、６月以降磨崖仏下部の含水率が湧水箇所の含水率と近い数値を記録していたのに対し、止水壁を設置した2012年の６月以降は、磨崖仏下部の含水率が湧水箇所の含水率よりも低い数値を記録していた。しかし、その変化は小さく、止水壁の設置が磨崖仏に与える影響が小さいことも確認できた。

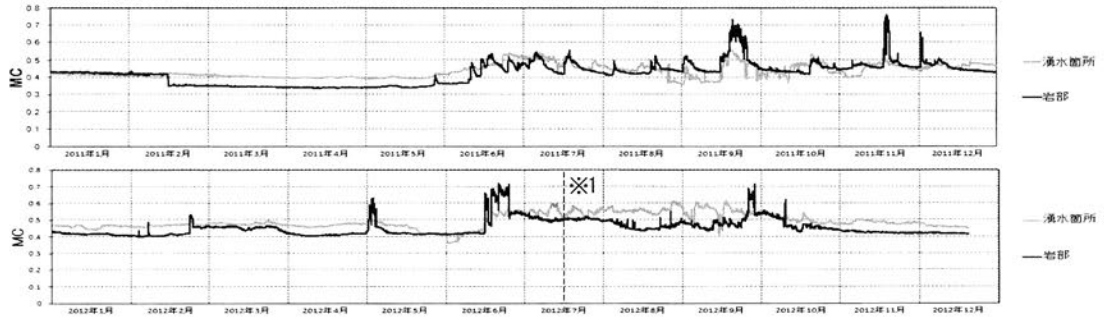


図１　ホキ石仏第２群　moisture contents(2011年&2012年)

4. おわりに

今回の実験から、ホキ石仏第２群は止水壁を設置する前は覆屋南側斜面からの表流水が磨崖仏下部に直接影響し、この表流水によって急激な含水率上昇が確認された。今回止水壁で遮断することにより、磨崖仏下部の急激な含水率上昇が抑えられた。このことから、止水壁を設置することで斜面を流れてくる水のコントロールが可能であると示すことができた。ホキ石仏第２群は臼杵磨崖仏群の中でも特に水が要因となる劣化が著しい箇所であるため、今回の実験が今後の保存における一助になればと考えている。

参考文献

１）朽津信明：「国宝・臼杵石仏の保存に関する応用地質学的調査（２）－湧水量変動の計測－」，日本応用地質学会平成13年度研究発表会講演論文集，pp. 355-358，2001

２）森井順之・朽津信明・神田高士・川野邊渉：「国宝臼杵磨崖仏群次期保存修復計画のための調査研究」，『保存科学』41，pp. 139-149，2002

海洋堆積物における埋蔵環境の鉛直変化が鉄製遺物の腐食に及ぼす影響

The effects of vertical change in marine sediments conditions on corrosion of iron artifacts

○柳田明進 (京都大学)、髙妻洋成(奈良文化財研究所)、池田榮史 (琉球大学)
○Akinobu Yanagida (Kyoto university) , Yohsei Kohdzuma(Nara National Research Institute for Cultural Properties), Yoshifumi Ikeda (University of the Ryukyus)

1. はじめに

埋蔵文化財は土中に埋蔵された状態に重要な価値があることから、原則としてその状態を維持したまま保存がはかられることが望ましいとされている[1)]。そのためには、土中における埋蔵文化財の劣化の状態を把握することが肝要と考えられる。しかし、埋蔵文化財を構成する材料は多岐にわたることならびに遺跡を構成する土壌の状態はさまざまであるため、土中における埋蔵文化財の劣化の状態については十分な研究の蓄積がなされていない。このなかで、鉄製遺物は金属鉄と環境間で生じる電気化学反応および物質移動によって腐食が進行するため、埋蔵環境の影響を顕著に受けるものの一つである。

ここでは、鷹島海底遺跡において堆積物の柱状試料を採取し、その鉛直方向における堆積物の特性の変化を調査し、当遺跡における鉄製遺物の腐食の状態について考察をおこなった。

2. 実験方法

調査地は長崎県松浦市に位置する鷹島の南岸から約 150 m の地点でおこなった。調査地点において元寇関連遺物は海底より 80 cm から 100 cm の深度において検出されている。調査期間は 2012 年 10 月 9 日から 12 日である。柱状試料の採取状況を図 1 に示す。柱状試料は内径 5 cm のアクリル製の円筒管および内径 10 cm の塩化ビニル製の円筒管を用いて採取した。アクリル製の円筒管により採取した試料の番号をそれぞれ試料 1_1 から 1_5 とし、塩化ビニル製のものを試料 2 とした。

各試料に対して酸化還元電位(ORP)、pH、化学的酸素要求量(COD)の測定および硫化物の定量をおこなった。また、試料 2 では上記の測定項目に加えて、含水比および粒子密度の測定をおこなった。ORP および pH は現地にて土壌用 pH/Eh 計(藤原製作所製)を用いて深度ごとに測定した。なお、ORP は標準水素電極(SHE)に対する値として表記した。含水比、粒子密度、COD および硫化物イオン濃度の測定は、現地にて深度ごとに採取した試料を冷蔵状態で実験室に輸送したものに対しておこなった。また、測定した含水率および粒子密度から空隙比を算出した。ここで、間隙水の密度には海水の密度である 1.05 g/cm^3 を用いた。また、COD は $KMnO_4$ 法を用いておこなった。硫化物の定量は現地にて堆積物中の硫化物を硫化亜鉛として固定した試料でおこなった。硫化物は水蒸気蒸留をおこなったのち、メチレンブルー吸光光度法をもちいて測定した。COD および硫化物の測定値は湿泥 1 g 中の硫化物量として表記した。

3. 結果および考察

採取された柱状試料は微細な粒子から形成されており、鉛直方向での粒度の差異は認められなかった。含水比は堆積物の表層で 49%と最も高く、深くなるにしたがって徐々に低下し、80 cm 以深では 41%の値を示した。また、粒子密度は 2.31 から 2.56 g/cm^3 の値を示し、鉛直方向における差異は特に認められなかった。含水比および粒子密度から算出した間隙比の鉛直分布を図 2 に示す。図 2 より、間隙比は表層において 2.27 と最も高く、徐々に低下して 80 cm 以深では約 1.7 を示した。そのため、堆積物は特に堆積粒子の

粒径に差がなく、深度80 cmまでに徐々に圧密されているものと考えられる。

図2よりORPは試料1および試料2ともに堆積物表層において最も高く、それぞれ318および277 mVを示した。ORPは表層から急激に低下する傾向を示し、試料1では-40 cmにおいて-78 mVならびに試料2では-80 cmにおいて-33 mVと極小値を示した。また、これ以深では緩やかに上昇する傾向を示した。pHは試料1および試料2において約7.5であり、鉛直方向における明瞭な変化は認められなかった。CODは堆積物表層において約1.2 O_2 mg/gを示した。また、表層から低下し、約-30 cmにおいて極小値を示し、それ以深では再び増加する傾向が認められた。CODは有機物量の尺度とされるが、一般に底泥への有機物の供給源は死滅したプランクトンの沈降などによるものであり、堆積物表層へ供給される。そのため、堆積物中のCODは表層で高く、深部において低い傾向を示すと考えられる。測定されたCODは約30 cm以深において再び上昇する傾向を示したが、この要因として木製品などの有機質の元寇関連遺物の影響が可能性として挙げられる。また、底泥中の硫化物は試料1および試料2ともに表層付近で約1.5 mg/gと高い傾向が認められた。一般に底泥中の硫化物は還元環境下において、嫌気性微生物の有機物の利用にともない硫酸塩を分解する過程で形成されると考えられる。そのため、一般には還元環境下において硫化物が形成される。しかし、硫化物の鉛直分布から考えられる硫化物の特性はORPの結果と矛盾するように思われる。これについては、ORPは測定時の堆積物の状態を示すのに対して、硫化物はそれまでの履歴を反映していることなどが要因として挙げられる。また、ORPおよび硫化物の結果から、堆積物は表層および下層において還元的な環境が形成されているものと考えられる。

埋蔵時の鉄製遺物の腐食は環境中の酸化剤の種類と濃度ならびに鉄製遺物と環境間における物質の拡散の影響を受けるものと考えられる。堆積物のような多孔質体において物質の拡散係数は空隙比と正の相関を示すことが知られている[2)]。当遺跡において、表層は空隙比が高く、鉄の溶出および酸化剤の供給が容易になることから腐食性が高いものと考えられる。また、ORPはほぼ分子状酸素の消失する電位（約500~300 mV[3)]）以下の値を示していることから、溶存酸素の腐食への影響は少ないものと考えられる。一方で、ORPが100 mV以下の環境および硫化物が検出される環境において、炭素鋼は嫌気性の腐食を生じるとされている[4)]。当遺跡においては、-40 cmより以深では還元性が強い環境であったこと、ならびに表層において硫化物が高い値を示したことを考慮すると、微生物腐食が生じやすい状態にあると推測される。ただし、当遺跡が位置するような沿岸部では、夏季に水温躍層が生じることで季節的に還元環境が形成される場合があるため、埋蔵環境の季節変動についても調査する必要があると考えられる。

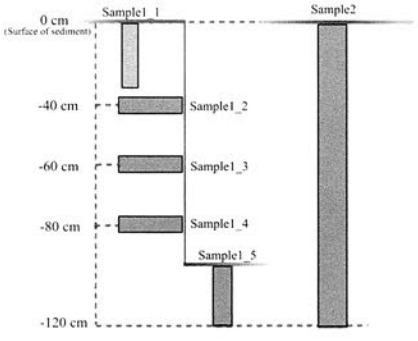


Fig.1 Condition of sampling

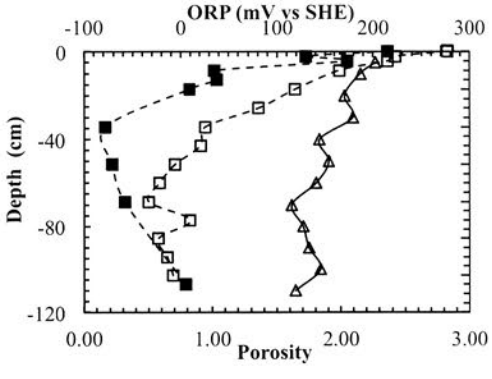


Fig.2 Vertical change of ORP and porosity
(■ : ORP of spl.1, □ : ORP of spl.2 and △ : porosity of spl.2)

参考文献
1）文化庁 2007：埋蔵文化財の保存と活用（報告），p.4
2）鹿園直建 2010：地球システム環境化学，pp.88-91
3）久馬一剛 1997：最新土壌学，p.88
4）電気化学・電食防止研究委員会編 2011：電食防止・電気防食ハンドブック，pp.208-209

トレハロース含浸処理法の実用化３
- 縄・編み物など特殊遺物の処理事例 -

Practical use of trehalose method in conservation of exceptional objects, such as a rope and knitting

○藤田浩明（公益財団法人大阪市博物館協会　大阪文化財研究所）、伊藤幸司（同左）、
東郷加奈子（同左）、澤田正明（島根県立古代出雲歴史博物館）
○Hiroaki Fujita, Kouji Ito, Kanako Togo (Osaka City Cultural properties Association)
Masaaki Sawada (Shimane Museum of Ancient Izumo)

１．はじめに

発表者らはトレハロース含浸処理法を用いた出土木製品の保存処理についての研究成果を発表してきた（第 27～29 回大会発表）。現在、これらの研究成果を踏まえ、実資料に対して安全で確実に処理できる段階に至っている。今回、非常に脆弱なため保存処理が難しいとされてきた縄や、編み物などの特殊な遺物に対して、トレハロース含浸処理法でおこなった結果、ほとんど加熱することなく短時間で効果的に終えることができた。今回の発表では、このような特殊遺物に対する具体的な処理方法を紹介する。

２．縄、編み物の保存処理工程

対　　象：富山県小竹貝塚出土縄・編み物（縄文前期）　大阪市内遺跡出土棕櫚縄
島根県西川津遺跡出土編み物

保存処理方針：対象資料の状態を鑑みて、特別な装置を使用せず、短期間で、含浸処理後の表面処理作業を簡素化できる方法を検討し、以下の工程で処理をおこなった。

含浸処理工程：①トレハロース水溶液 30%程度で含浸開始。ただし、資料全体を液に浸すのではなく、半身浴状態でおこなった。常温下で含浸できる最高濃度の 45%程度まで含浸した後、さらに過飽和状態まで濃度アップさせるため、資料まわりにトレハロース粉末の土手を作り、自然に溶解させた。この際資料や土にトレハロース粉末が付着しないように、資料と粉末の間に間仕切りを設けた（写真１）。
②含浸液表面に薄く結晶の膜ができはじめたところ（過飽和状態）で、含浸液から取り上げた。必要に応じて 60~70%程度のトレハロース水溶液を資料表面や土に滴下した。
③余分な液を吸い取りながら、少しでも高濃度になるようにドライヤーなどを用いて、表面を加熱した。
④その後、室温下で風乾（市販の扇風機使用）。

写真１　編み物含浸

写真２　編み物処理後

３．大型で薄い遺物の保存処理工程

対　　象：島根県西川津遺跡出土窓枠状木製品　長さ約２ｍ、幅約１ｍ

保存処理方針：発掘現場で発泡ウレタンを用いて取り上げた土付き大型資料の保存処理を、これまでにない方法でおこなった。通常であれば強化プラスチック等で型取りしたもので資料を挟み込み、含浸する方法がとられる。しかし当該資料は薄い板状の木製品が格子状に組み合わさっており、付着している土も少なかったことから、通常に含浸したのでは状態を保持することは難しいと判断し処理方法を検討、以下の工程で処理をおこなった。

含浸処理工程：①上面の発泡ウレタンを取り外し、資料を表出。トレハロース 30%水溶液を霧吹きなどを用いて資料全体に噴霧、もしくは刷毛などを用いて塗布した（写真３）。この作業を繰り返しおこない、段階的に 45%程度まで濃度を高めた。

②少しでも多く資料内部に浸みこませるため、資料表面にテープヒーターを設置し加熱した（写真４）。この際、不用意に表面の温度が下がり、部分的に大きな結晶を生成してしまうと、資料を損傷する恐れがあるので注意する。

③最後に 60~70%程度のトレハロース水溶液を資料表面に塗布し、室温下で風乾（市販の扇風機使用）した。

④十分結晶化した後、取り外したウレタンをかぶせて資料を反転し、下側のウレタンを除去。余分な土も除去し資料底面からも高濃度トレハロース水溶液を塗布した。風乾させた後、資料を固定するためにガーゼで裏打ちした。

⑤支持台を作成し、再度反転。表面に付着しているトレハロース結晶は、蒸気発生装置等を用いて除去した。

写真３　トレハロース水溶液噴霧

写真４　テープヒーター設置

４．まとめ

今回保存処理をおこなった縄や編み物といった資料についてはこれまで、「重要な資料＝保存処理が必要」だが、「脆弱な資料＝保存処理が難しい」といった認識の下で、保存処理が躊躇されてきたように見受けられる。しかしながら、こういった資料に対しても『トレハロースの結晶性の良さを活かし、資料の変形を抑える必要最低限の強化処置を施す』、ということを念頭において処理をおこなえば、特別な装置や大がかりな作業、長い処理期間は必要なく、効果的におこなうことができる。逆に、処理方法が単純で期間も短いので、資料に与えるストレスは極めて少ない。理想的な出土木製品保存処理の形である「非加熱含浸処理」の確立に向けて、トレハロース含浸処理法のさらなる可能性を見出すべく、今後も多くの方と情報を共有しながら研究を進めていきたい。

謝辞

本発表における事例の公表については、公益財団法人富山県文化振興財団及び島根県埋蔵文化財調査センターにご協力いただいた。また、本研究の一部は、平成 23 年度公益財団法人福武財団（旧財団法人福武学術文化振興財団）研究助成、および科学研究費助成事業（研究代表者：伊藤幸司　基盤研究Ｃ　24501262）の成果の一部を含んでいる。ここに記して感謝いたします。

トレハロース含浸処理法における含浸処理後の安定化へのプロセス

The process to the stabilization after impregnation of trehalose method

○東郷加奈子（公益財団法人 大阪市博物館協会 大阪文化財研究所）
伊藤幸司（同左）、藤田浩明（同左）
○Kanako Togo,Kouji Ito,Hiroaki Fujita (Osaka City Cultural Properties Association)

1. はじめに

発表者らは過去 3 年に渡って出土木製品に対するトレハロース含浸処理法の研究及び実用化について発表してきた（第 27・28・29 回大会発表）。

糖類を用いた保存処理を行う場合、含浸処理後の結晶化終了の判断が難しい。結晶化が充分でないうちに処理終了という判断をして収納状態（例えば密閉状態）に置くと、乾燥に伴う湿気がこもり、トラブルを生じる恐れがある。現在のところ、その目途を立てるために含浸処理後の重量を測定、結果をグラフ化して、ほぼ恒量に達した時点で結晶化終了と判断している。

今回、樹種毎に結晶化の進行に差異があるのか確認するため、10 種類の樹種について、その結晶化工程での重量の減少を測定し比較した。

また、結晶化工程から収納にかけて安全に移行するために緩効性の乾燥剤を用いる方法に着目し、基礎的な試験を開始したので紹介する。

2. 含浸処理後の重量変化

実資料の含浸処理後の重量変化には樹種や腐朽度、資料の大きさ、木取りといった資料各々がもつ要素が影響すると予想される。加えて処理条件（含浸濃度や程度）や処理手順も要素となる。今回は樹種に着目して測定結果をまとめ、考察した。

対象樹種

針葉樹：マツ属複維管束亜属、スギ、ヒノキ

広葉樹：アカガシ亜属、ツバキ属、ヤマグワ、トチノキ、ケヤキ、クリ、ムクロジ

今回は保存処理を行った資料から対象樹種を挙げたため属と種が混在しているが、資料の樹種同定結果をそのまま用いることとする。

処理条件と手順

最終含浸濃度　72%程度、含浸期間　約 4 ヶ月

A タイプ：含浸処理終了後、取り上げ直後にお湯で表面洗浄

B タイプ：取り上げ後、そのまま結晶化を図り、一定期間後にスチームクリーナーで表面処理

結果

今回の資料に限って言えば、針葉樹は広葉樹と比較して日々の減少率は大きいが、双方ともに樹種毎には明確な違いは見られなかった。

処理手順によって重量減少のスピードが異なることが判明した。図 1 にアカガシ亜属のグラフを示す。グラフは取り上げ直後に表面洗浄したもの（A タイプ）と、一定期間風乾した後に表面処理したもの（B タイプ）の比較である。B タイプの表面処理前までの間は、資料表面がトレハロース結晶に覆われた状態であるために水分の蒸発が抑制され、重量の減少スピードが遅いと考えている。表面処理後は減少スピードが変わり A タイプに近い勾配になったことが興味深い。B

タイプはAタイプよりも恒量に達するまでに時間を要するが、表面をトレハロース結晶で覆った状態で結晶化を図るため、より安全であると考えている。

3. 結晶化後の乾燥剤利用の試み

乾燥剤の利用は、①非加熱含浸後の強制的な水分の除去、②結晶化後の効果的な水分の除去、の２つを目的としている。資料の寸法安定性を考慮しゆっくりと水分を吸収することや、長期間に渡って一定の吸湿効果が得られることなどを条件として、珪藻土を用いた緩効性の乾燥剤（ピュアードライ：中津紙工株式会社）を選定した。

今回は②の利用を想定し、乾燥剤利用試験の端緒としてシリカゲルとの比較を行った。

方法

シリカゲルとピュアードライを 500g ずつ入れた容器をガラス製デシケータに設置し、デシケータ内部を相対湿度 100%の環境として、定期的に双方の重量を測定、吸湿率を比較した。

結果

図２に吸湿率のグラフを示す。

シリカゲルは 20%を越えたところで吸湿が止まり、以後回復することはなかった。ピュアードライはシリカゲルよりも吸湿スピードはゆっくりとしており、190 日ほどで 40%を越えた。この結果によると、収納時に吸湿剤として利用できる可能性がでてきた。

4. まとめ

今回の資料では樹種毎の結晶化の進行（重量減少率）に明確な違いは見受けられなかった。今後は更に対象とする樹種を増やすと共に、保存処理の手順等も検討要素としてデータを収集、比較検討を進めるつもりである。ただし、本来的に最も重要な目的は寸法安定性よく、安全に保存処理を終えることにある。短絡的に処理完了までのスピードの短縮が目的ではない。表面処理（取り上げ後の洗浄）については、寸法安定を十分に考慮して、より安全なタイミングを検討していく必要がある。

謝辞

本発表における事例の公表については、島根県埋蔵文化財調査センターおよび公益財団法人富山県文化振興財団にご協力いただいた。ここに記して感謝いたします。また、本研究の一部は、平成 23 年度公益財団法人福武財団（旧財団法人福武学術文化振興財団）研究助成、および科学研究費助成事業（伊藤幸司　基盤研究Ｃ　24501262）の成果の一部を含んでいる。

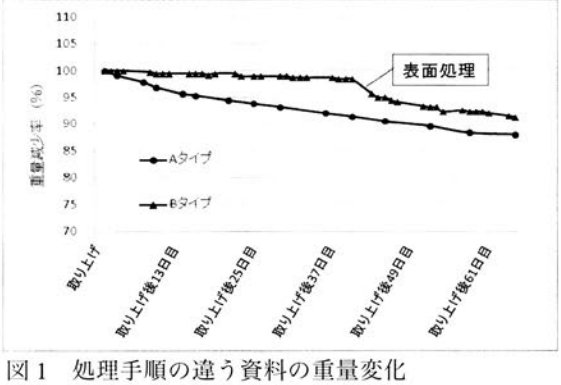


図１　処理手順の違う資料の重量変化

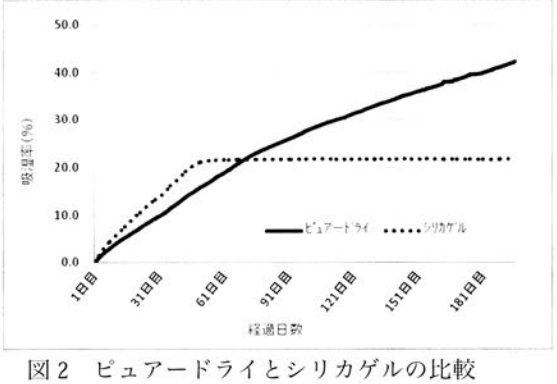


図２　ピュアードライとシリカゲルの比較

出土木材のマイクロ波加熱凍結乾燥法による保存処理の研究２

Study on conservation of waterlogged wood using freeze-drying method with microwave heating 2

○川本耕三（(公財)元興寺文化財研究所）、植田直見（同左）、山田哲也（同左）、中村秀美（国立奈良高専）
○Kozo Kawamoto, Naomi Ueda, Tetsuya Yamada (Gangoji Institute for Research of Cultural Property),
Hidemi Nakamura (Nara National College of Technology)

1. はじめに

出土木製品の凍結乾燥処理法では、乾燥が遺物表面から内部へ進んでいくので、それにつれて遺物表面と内部の含水率の差が大きくなる。その結果、遺物表面は乾燥し過ぎて細かいクラックを生じるのに対し、遺物内部は水分が局在する危険性がある。

そこで、遺物にマイクロ波を照射することにより誘電加熱し、内部の水分に昇華エネルギーを与えて均一な乾燥を図る装置（図１、表１）を作製し、昨年度報告した（出土木材のマイクロ波加熱凍結乾燥法による保存処理の研究１）。

引き続き、本研究では実際に装置を運転することによって起きる不具合等について報告する。

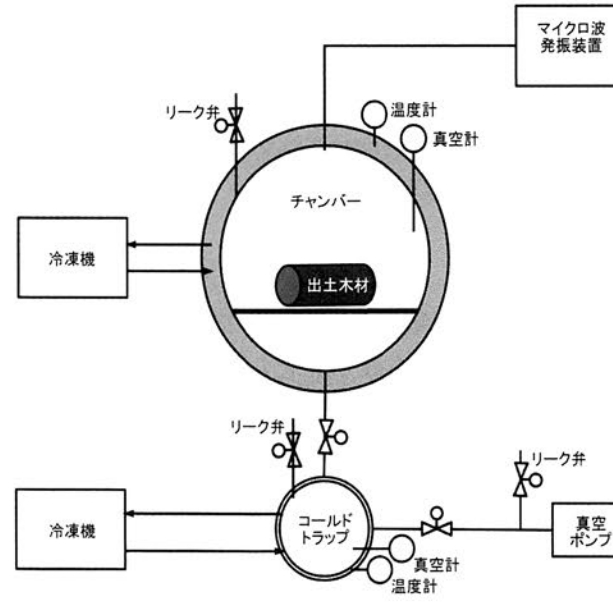


図１．マイクロ波加熱凍結乾燥装置

2. マイクロ波誘電加熱にともなう高真空下でのプラズマの発生

チャンバーを減圧していきながらマイクロ波誘電加熱を行うと、真空度１００Ｐａ付近で資料内部温度測定用の熱電対ケーブルに沿ってプラズマと思われる青白色の光が観測された（図２）。

プラズマが発生するとその部位の温度が上昇し、ケーブルなどの部品が損傷する恐れが生じる。そこで電流をチャンバーの庫壁に逃がしてプラズマが発生しないようにするため、ケーブルを導電性のアルミテープで被覆し導電性接着剤を使って庫壁に貼り付けることとした。

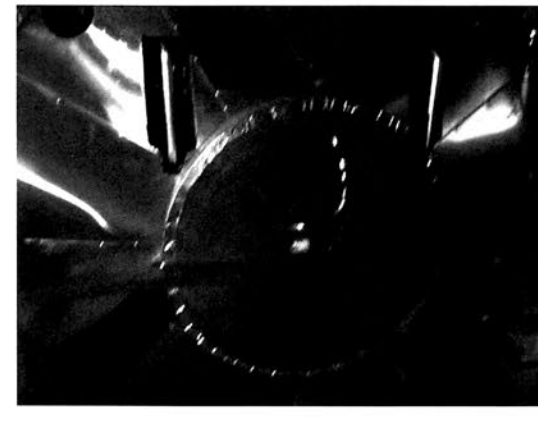


図２．熱電対ケーブルに発生したプラズマ

さらに、マイクロ波発生装置の電圧を３００Wまで上昇させると、導波管のタンク導入部（図3）が加熱した。熱電対ケーブルと同様にプラズマが発生したためと考えられた。石英製窓ガラスの厚みを変更し、マイクロ波の反射を変えてプラズマの発生を避ける方法で対処することとした。

また、プラズマの発生を抑制するため、チャンバー内の圧力の制御をより細かくできるようにピラニー真空計を増設した。

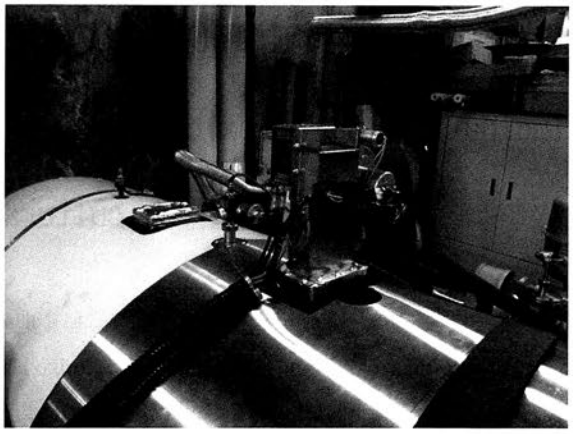


図３．導波管タンク導入部の加熱

3. 装置の改良

運転を行うと、外部温度が上昇する夏期にチャンバーやコールドトラップの冷却が不足し、チャンバーの目標真空度が１０Ｐａ以下であるのに対し実際には数十Ｐａ、コールドトラップの温度が目標(－４５℃)に対して１０～２０℃程度不足する場合がある。

そのため劣化が進み多量の水分を含む遺物を凍結乾燥すると、コールドトラップで凝縮できない水分が真空ポンプに吸い込まれる量が多くなり、オイルに水分が混入してさらに真空度が不足することがわかった。

図４．クーリングタワーの設置

これに対し、水冷式の真空ポンプを冷却するためのシステムをクーリングタワー（図4）を用いた循環式に変更するとともに、大型のオイルミストトラップを真空ポンプ上部に設置し、過剰な水分が真空ポンプ内に入っても対応できるようにした。さらに、コールドトラップの着氷分布に偏りが無くなるように、冷媒配管経路の変更を行った。

表１．マイクロ波加熱凍結乾燥装置

チャンバー：直径９００、全長１８００mm（円筒横型）
試料棚：１．６２m²（有効面積）
チャンバー庫壁温度：－３０℃（乾燥運転時）
コールドトラップ：－４５℃
到達真空度：１０Ｐａ（約0．０７５Ｔｏｒｒ）
マイクロ波発振周波数：２４５０±５０MHｚ（マグネトロン）
マイクロ波出力：０～２KW（連続可変）

4. 今後に向けて

本研究で作製した装置について、出土木材の処理を行った結果、凍結乾燥機としての基本的な機能は整ったものと考えられた。今後は、マイクロ波誘電加熱にともなって高真空下でプラズマが発生する問題を早期に解決し、実際の出土木材を用いてマイクロ波誘電加熱凍結乾燥処理を行う予定である。

なお、この研究は平成２３～２５年度科学研究費補助金（基盤研究（B））により行った。

文化財修復に用いられた合成樹脂の酸化劣化機構の解明

Elucidation of the oxidative degradation mechanism of a synthetic resin used for cultural assets restoration

○森祐樹（明治大学）、本多貴之（同左）、早川典子（東京文化財研究所）、岡田祐輔（信州大学）
○Yuki Mori, Takayuki Honda (Meiji university) Noriko Hayakawa(Independent Administrative Institution National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo) Yusuke Okada(Shinshu university)

1. 緒言

我が国では昭和20年代頃、文化財の修復材料として合成樹脂が使用されていた。中でもポリビニルアルコール（PVA）（**Figure 1**）と呼ばれる合成樹脂は高透明度、低酸素透過率、密着性の特性を持つバリア素材であり、取扱いやすさの観点から多くの文化財に塗布されてきた。しかし近年になって、PVAによって補修された作品において変色や変形等の劣化事例が報告されるようになった[1)]。これらは作品鑑賞の妨げになる他、再剥離による作品損傷も懸念される。しかし、劣化したPVAは水に不溶化しているため除去が困難である。更に、この劣化に伴って変色する化学的な機構についても不明である。そこで、実際にPVAが使用された状況を再現・分析することでPVAの劣化後の化学構造を明らかにし、除去方法の検討を目的として研究を行った。

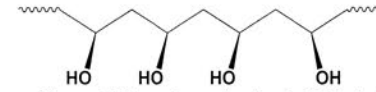


Figure 1 Structure of polyvinyl alcohol

2. 実験

実際の文化財表面で劣化したPVAサンプルは微小かつ希少で分析手段が限られているため、新たに作成したPVA膜を強制的に劣化させることを試みた。本研究の試料として純正化学製の重合度1,500、ケン化度（99.0 mol%）のPVA粉末を用いた。製膜は純水を用いた溶剤キャスト法にて行った。劣化再現試験には株式会社三共電気製UVランプGL8ZH（波長185 nm、出力2.5 ±0.5 mW/cm^2）を用い、24時間紫外線を照射した。膜に実際と同様な変色と不溶化が確認できたので、本試料膜に対し、FT-IR、NMR、GC/MSを用いた化学的な構造解析を行った。

3. 結果と考察

3.1. FT-IR ATR

照射前および、24時間照射を行ったPVA膜表面をATR法（全反射測定法）にて測定した（**Figure 2**）。紫外線を照射する事でヒドロキシ基（3300 cm^{-1}）とC-H伸縮（2900 cm^{-1}）の減少、およびカルボニル基（1700 cm^{-1}）とアルケン（1650 cm^{-1}）の増加が確認された。また1200～1040 cm^{-1}付近及び1000 cm^{-1}付近のピークがブロードしている事からエーテル結合（架橋重合）が生じている事が明らかとなった。

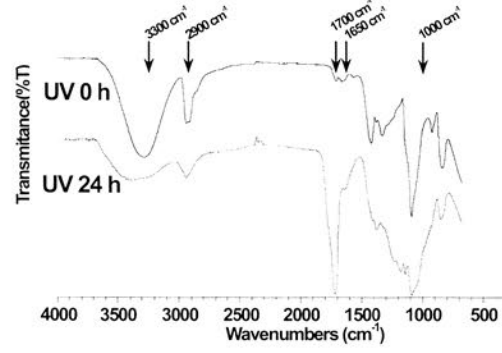


Figure 2 FT-IR ATR spectra of PVA Film

3.2. ^{1}H-NMR

照射前および、24 時間照射を行った PVA 膜をそれぞれ 30 mg ずつ DMSO-d6 に溶解させ、^{1}H-NMR（Scans:512）を測定した（**Figure 3**）。その結果、1.0 ppm、1.9 ppm 付近に新規ピークが表れた。これは紫外線によって開裂を起こした主鎖の末端 CH_3、及び末端カルボニルが増加している事に由来するものであると考えられる。更に 4.1 ~ 4.6 ppm にかけての水酸基のピークも減少していることから酸化による脱水が起きている事が確認された。また、5.2 ppm 付近にも微弱だがアルケンやエーテル結合を示すピークが観測された。

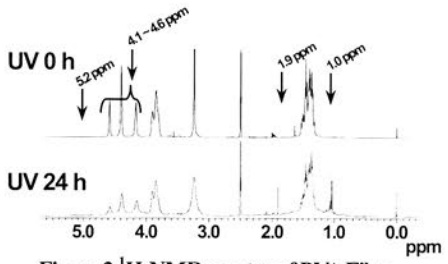


Figure 3 ^{1}H-NMR spectra of PVA Film

3.3. HMQC

24 時間照射を行った PVA 膜の ^{1}H-NMR（Scans:512）、^{13}C-NMR（Scans:20000）、HMQC（Scans:128）を測定した。PVA はその単純な構造から、照射前の PVA において観測されるプロトンシグナルとの相関は主にビニル基に由来する水素原子（1.0 ppm～1.8 ppm）、および水酸基と対になる水素原子（3.8 ppm～4.3 ppm）の二種類のみである。しかし今回得られた NMR スペクトルにはいくつかの新規ピークが含まれていた（**Figure 4**）。^{1}H-NMR で予測された末端 CH_3 は結合する炭素原子との相関を確認することが出来た[**α**]。またアルケンとエーテル結合に由来する相関シグナルも観測された[**β**]。

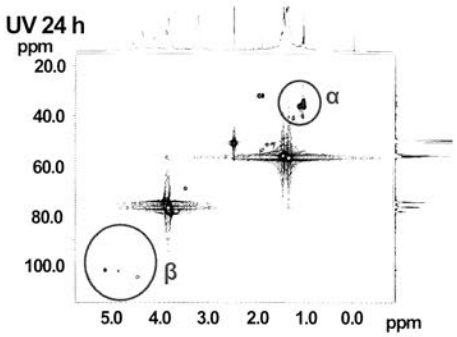


Figure 4 HMQC spectrum of PVA Film

3.4. Py-GC/MS

照射前および、24 時間照射を行った PVA 膜を 1.0 mg ずつ量りとり、Py-GC/MS を用いて測定を行った（**Figure 5**）。照射を行った膜のスペクトルからは酸化物であるアセトアルデヒドや、環状構造体であるベンゼンやフランのピークが照射前と比べて多く観測された。これらは PVA 膜に紫外線を照射することによって生じた不飽和結合が、熱分解によって環構造を形成する事で得られたと考えられる。また同時に脂肪族不飽和炭化水素のピークが減少していることから、紫外線による直鎖の開裂で熱分解後の構造に差が生じたと考えられる。

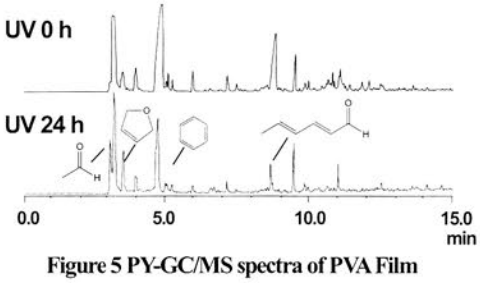


Figure 5 PY-GC/MS spectra of PVA Film

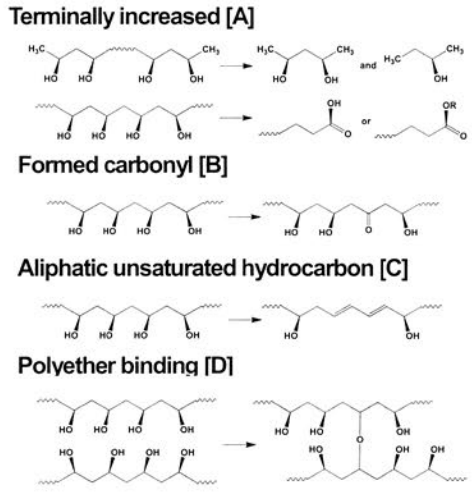


Figure 6 Structural change of PVA Film

4. 結言

PVA 膜に紫外線を照射することによって、酸化反応で主鎖の開裂（**Figure 6[A]**）や水酸基が脱水反応を起こしてアルデヒドやケトンが生成された（**Figure 6[B]**）。また、各種分析機器からはアルケンに由来するピークも確認できていることから、主鎖中に二重結合が生成することも示唆される（**Figure 6[C]**）。更に主鎖同士が架橋反応を起こすことによって親水性が失われることが、水への不溶化の一つの原因となることが考えられる。（**Figure 6[D]**）。

1) Yusuke Okada "Whitening mechanism of PVA coated on Japanese Shohekiga and removal of the whitenined PVA"

着生地衣類による漆喰の劣化特性
The deterioration characteristic of the plaster by epiphytic lichens

○河崎衣美（筑波大学，日本学術振興会特別研究員 DC）、松井敏也（筑波大学）
○EMI KAWASAKI（University of Tsukuba, Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science），
TOSHIYA MATSUI（University of Tsukuba）

1．はじめに

炭酸カルシウムは文化遺産に多様な用途で使われる素材である。とりわけ建築材料として多用される漆喰は屋外に曝されることによって生物的劣化作用を受け、美観だけではなくその文化財的価値を著しく損なっている。発表者らは炭酸カルシウム系材料が用いられた文化財に着生した生物による影響について、劣化の診断基準を構築すること、文化財に負荷をかけない予防方法の提案を目的として調査研究を行っている[1]。本報では炭酸カルシウム系材料の生物劣化の診断基準を構築するため、漆喰とその着生生物を対象に調査を行った結果、中でも地衣類に関して物理的劣化作用と化学的劣化作用について劣化特性が明らかとなってきたため報告する。

2．方法

鹿児島県およびベトナム・フエにおいて建造物を構成する漆喰とその着生生物を対象とした。地衣類の種類はレプラゴケ属地衣（*Lepraria* sp.）、キゴウゴケ属地衣（*Opegrapha* sp.）、イボゴケ属地衣（*Bacidia* sp.）、ミドリゴケ属地衣（*Endocarpon* sp.）、属不明の地衣である。採取したサンプルについて、表面状態、着生界面の構造を光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡を用いて観察し、生物体の穿入深さや密集レベル、界面における漆喰の形状などを調査した。X 線回折装置（Bruker AXS 社，D8 ADVANCE / TSM、線源 CuK α）を用いてバイオミネラルを分析した。X 線分析装置付帯走査型電子顕微鏡（日立社，S-3400NX）を用いて漆喰におけるカルシウム元素の分布を調査した。断面観察および元素分布の分析では試料をエポキシ樹脂で包埋し、地衣類の着生面と垂直に切断した。これには低速精密切断機を用い、純水を切削液とした。

3．結果と考察

3．1．物理的作用

調査した地衣類のうち、レプラゴケ属地衣は基物に穿入しないタイプの地衣類（Fig.1）で、その他は基物に穿入するタイプの地衣類（Fig.2）であった。キゴウゴケ属地衣の着生界面を SEM 反射電子像で観察すると（Fig.3）、漆喰は白色、地衣類は濃い灰色、シュウ酸カルシウムは薄い灰色で観察された。漆喰の内部に地衣類が穿入し、炭酸カルシウムの凝集体の隙間を菌糸が埋め、漆喰の密度が低い層が形成されていた。

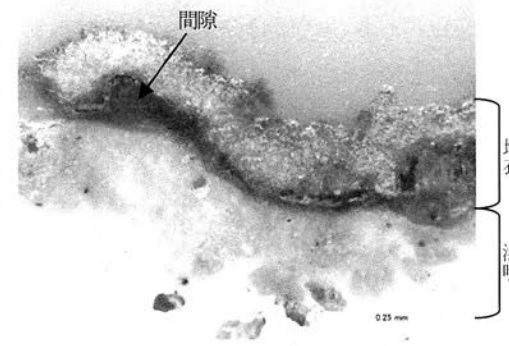


Fig.1 レプラゴケ属地衣の着生界面（×200）

他の着生生物では、蘚類は仮根（直径 20 μm-50 μm程度）による局所的な深い穿入が確認され、糸状微生物や単細胞藻類は穿入しないかごく表層のみの局所的な浅い穿入が確認され、膜状となった微生物は漆喰と付着してピーリングを起こす現象が確認された。地衣類の特徴として、被覆面の全面において菌糸が凝集して穿入することによって被覆面全面が劣化し、層状剥離といった現象が生じる。地衣類が基物へ穿入するタイプか否かは地衣類の生育形や形状に依存し、これらは成熟しても変化しないことが多いため地衣類の発生初期に判断することが可能である。

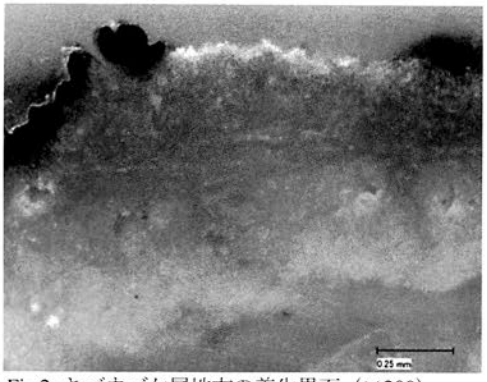


Fig.2 キゴウゴケ属地衣の着生界面（×200）

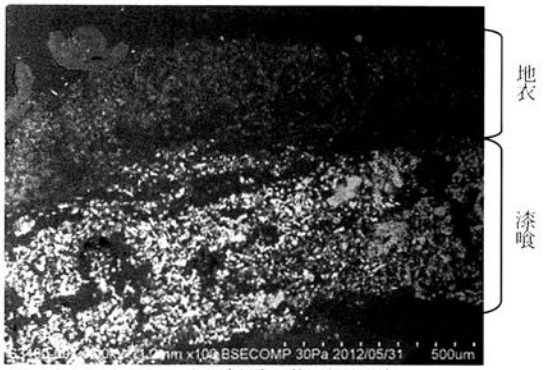


Fig.3 Fig.2 の SEM 反射電子像（×100）

3．2．化学的作用

地衣体のX線回折結果よりレプラゴケ属地衣およびキゴウゴケ属地衣（Fig.4）からシュウ酸カルシウムが検出された。漆喰におけるカルシウム元素の分布測定の結果から、地衣の着生によって基物である漆喰のカルシウム分が溶解した可能性が考えられ、シュウ酸カルシウムの生成の有無によって化学的劣化の状態が異なる可能性が示唆された[2]。シュウ酸カルシウムは地衣類だけでなく菌類や蘚苔類も生成するが、地衣類の場合その体積のうち最大で50%のシュウ酸カルシウムを含む事例があり[3]、カルシウム源として基物の影響は大きいと考えられるため、シュウ酸カルシウムの含有量は指標の一つとできる可能性がある。

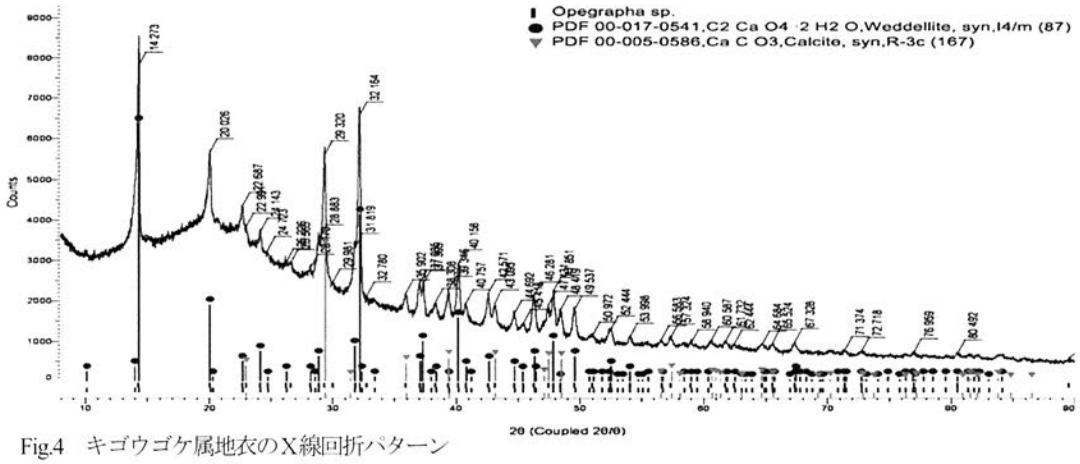


Fig.4 キゴウゴケ属地衣のX線回折パターン

4．まとめ

地衣類の劣化特性として、物理的に基物に穿入するタイプの地衣類は被覆部全面で漆喰内部へ穿入するため物理的劣化が著しいこと、シュウ酸カルシウムが検出された場合は化学的劣化が生じたことを示すため化学的劣化の指標の一つとできる可能性がある。岩石が基物の場合とは異なり漆喰の場合は粉体のため、劣化現象の出現が早く、しかも現象が現れたときには大きく進行している場合が多い。しかし着生初期に調査と判断を行うことで物理的劣化に関してある程度のリスク判定が可能であることが示唆された。

【謝辞】本研究の一部は日本学術振興会科学研究補助金[課題番号 22300305]により行われたものである。現地調査においては南九州市教育委員会ならびに早稲田大学の中川武先生、木谷建太氏に御協力を戴きました。SEM-EDX を用いた分析では日本無機株式会社の新沼仁氏、増田竜司氏、中島文男氏に御協力を戴きました。ここに感謝申し上げます。

【参考文献】

1) 松井，河崎，山本．「炭酸カルシウム系材料に着生する生物との境界部における微細構造解析」日本文化財科学会第28回大会研究発表要旨集, pp296-297（2011）

2) 河崎，松井．「地衣類が着生した漆喰の着生部付近におけるカルシウム元素分布」Lichenology 11(2), p.98 (2013)

3) Mark R.D.Seaward. Lichens, agents of monumental destruction. Microbiology Today. Volume 30, pp.110-112（2003）

手光波切不動古墳出土馬具の科学的調査

-文化財用X線CTスキャナを利用した現場取り上げから構造解析・保存処理-

The scientific research for the horse trappings excavated from Tebikanamikirifudou tumulus

○加藤 和歳（九州歴史資料館） 井浦 一（福津市教育委員会）
○Kazutoshi Kato (Kyusyu Historical Museum) Hajime Iura (Fukutsu City Boaed of Education)

1. はじめに

手光波切不動古墳は福岡県福津市に所在する横穴式石室をもつ7世紀代の円墳である。

この古墳は、福岡県が世界遺産登録を目指す「宗像・沖ノ島と関連遺産群」の構成遺産と関連することから、平成22年度に範囲確認調査が行われ、馬具が出土した。

このうち青銅製遺物は、出土位置の関係、遺物自体の脆弱化、そして調査期間の期限が迫っていたことから、現場で通常のように時間をかけて平面的に検出した上で、記録を取り、安全に取り上げることが困難であった。

これに対し、遺物の周囲を土ごとブロック状（約15ｃｍ角）に切り取り、それをそのまま室内に持ち込み、X線CTスキャナによって、土中の遺物の埋蔵状態、形状の把握を試み,それが、構造解析や保存処理に対して、どのような有用性があるのかを考察する。

2. 遺物の取り上げと構造解析・材質分析

遺物はトレンチ東側断面にて検出された。トレンチは拡張できなかったが、遺物の広がりがわかる最小限度の範囲を確認した上で、図面上にポイントを押さえ、ブロック状に土壌ごと切り取り、室内に持ち帰った。そして文化財用X線CTスキャナ（九州歴史資料館設置 YXRON International Y.CTPrecision S）を利用して、土壌ブロック内における遺物の埋蔵状態を把握し、正確な位置、遺存状態をつかんだ上で、室内において遺物を検出する試みを行った。

次ページに各種CT画像を示す。三次元像、断層像から埋土と遺物の関係が明らかにすることができた。この三次元像からは、画像上で土壌を取り除き遺物を抽出することで、物理的なクリーニングを行う前に形状を可視化してみた。画像を検討した結果、磯金具と推定するに至った。

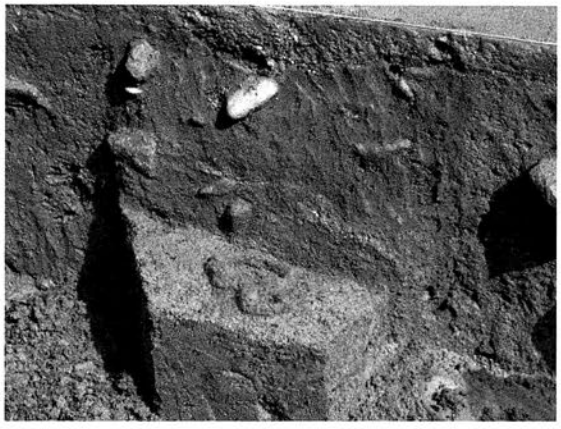
断層像からは、表面から下にどのくらいの厚さで遺物が検出できるかを、計測することが可能となった。「あと何センチ土砂を取り除けるのか」といった想定もCT画像をみながら考えることができ、クリーニング作業の円滑化につながった。

また、画像解析から金銅装が残存していることがわかった。表面のクリーニング後、蛍光X線分析（使用機器：九州歴史資料館設置 エネルギー分散型蛍光エックス線分析装置 SPECTRO社製 MIDEX）を行い、銅（Cu）、水銀（Hg）、金（Au）が検出され、金アマルガム法による、いわゆる金銅装であると確認した。

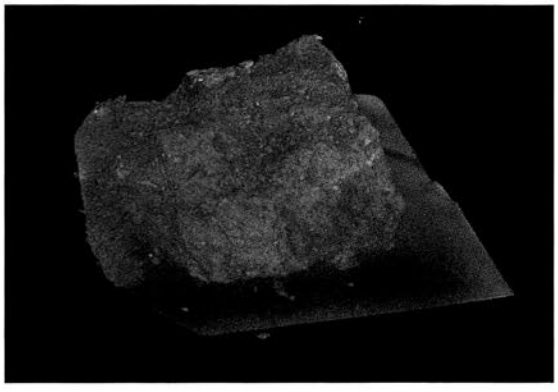
従来、現場において時間をかけて遺物を検出するため、屋外の劣悪な環境下で長く置かれることとなり、遺物の劣化が進み、内包する情報を消失しかねない状況があった。さらに調査期間の長期化にも波及していた。この遺物の場合、劣化状態から検出だけでも1週間以上はかかったと考えられる。

しかし、設備機器があり、時間的な余裕のある室内において、埋蔵状態をCT画像で立体的に観察することを目指したため、土壌の切り取り作業は、現場での検討も含め2時間程度で終わることができた。室内においては、CTにより、状態を的確に把握し、情報の消失を最小限にくい止め、良好な状態で、構造解析、材質分析そして保存処理を行うことができた。

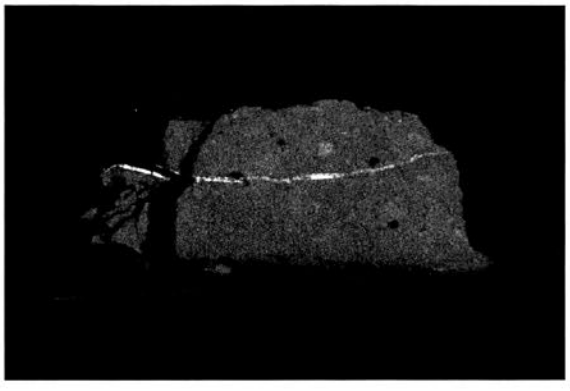
調査風景



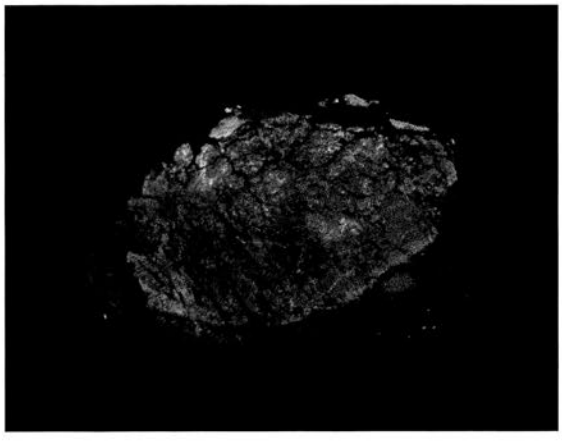
トレンチ東壁　遺物検出状況



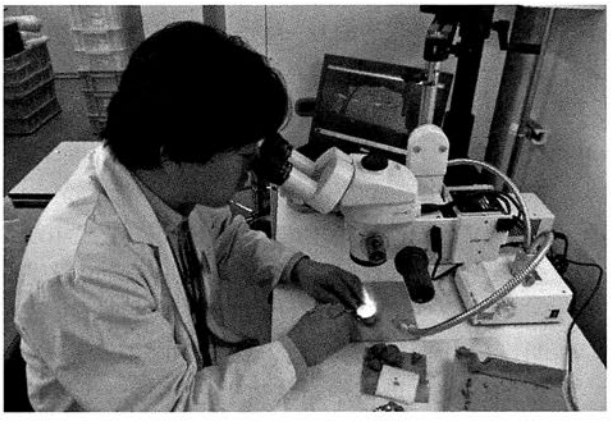
磯金具を含む土壌の三次元像



磯金具を含む土壌の断層像



土壌の三次元像から抽出した磯金具



CT 画像をみながらのクリーニング作業

3. 結語にかえて　-X線CTスキャナを介した発掘調査と保存科学の連動-

手光波切不動古墳出土馬具について、文化財用 X 線 CT スキャナを利用することで、現場段階から遺物の安全性を確保した上で、良好な状態で構造解析や材質分析を行い、保存処理に入ることができた。こうした極めて限定的な条件が生じている発掘調査において、脆弱遺物が出土した場合、X線 CT スキャナを介することで、現場と室内の分析が連動し、発掘調査においては円滑化と精度の向上、調査期間の短縮、保存科学においては、遺物の良好な状態での科学的調査、保存処理に繋がるという、これまでとは違ったスタイルの調査手法の一端を示せたものと考える。

含水量による古墳壁画の見え方変化の予測に関する研究
その２：色差を考慮した顔料・石材の見え方の変化

Study on the appearance of mural painting due to moisture content
Part 2: Changes in the appearance of the stone and pigments considering the color difference

森田直樹（京都大学）、○小椋大輔（同左）、鉾井修一（同左）、
Naoki Morita, ○Daisuke Ogura, Shuichi Hokoi (Kyoto University)

1.序論　前報[1]では、壁画を模擬した顔料を塗った試験体を用いて、異なる湿潤状態(含水量)に対してL*a*b*値と分光反射率の性状を調べ、顔料が濡れると暗くなり色が鮮やかに見え、色が判別しやくなることを確認した。また、含水率の変化から色の変化を推定する簡易予測モデルを作成し、大略予測できることを示した。ただし、装飾は石材を背景として描かれているため、石材の濡れによる色の変化は顔料の見え方に影響を与えると考えられる。そこで本報では、装飾の背景となる石材の含水量の変化による色の見え方の変化に着目し、石材と顔料の湿潤状態(含水量)の変化に対するL*a*b*値の変化について実験を行い、顔料の見えやすさを石材と顔料の色差でとらえ、これが含水量によりどのような変化を示すのかを明らかにする。また、水分状態と色の見えやすさの関係について検討を行う。

2.安山岩に関する実験

2-1　実験概要　釜尾古墳で使われている安山岩と同等の帯磁率をもつ安山岩を用いてその上に顔料を塗り、異なる含水量に対して、顔料の色と背景の安山岩の色との色差がどのように変化し、二色の差がはっきり見えるかどうか評価することを目的とする。本実験で使用する顔料は、前報の実験と同様の白土(白)、弁柄(赤)、瑠璃(青)と、多くの装飾古墳で用いられている黄土(黄)を使用する。

1）試験体の準備と顔料の塗布：厚さ約1cmにスライスした安山岩一枚の上に4色を塗る。釜尾古墳では顔料を石材に塗る際の接着剤は不明である。そこで塗り方は、以下の二通りとし、計3つの試料を用意する。①顔料を接着剤の一種である膠とまぜて塗る(試験体1、試験体2)。②水に溶かした顔料を石材に擦り付けた後で、付着していない顔料を水で流す(試験体3)。この状態では古墳の装飾が薄く残っている状態に似ており、用いた顔料の内、弁柄と黄土だけが薄く残った。2）試験体の乾燥：試料を乾燥炉に入れ絶乾状態にする。3）乾燥状態の顕微鏡撮影と測色：乾燥状態(以下、状態①)の試料の重量を測定してマイクロスコープ(100倍)で撮影し、それから分光測色計(コニカミノルタ社製CM-600d)でL*a*b*値と分光反射率を測定する。4）湿潤状態の試料作成：試料を、100%に保たれたデシケーター内に入れ平衡させる(以下、状態②)。なお、試料を入れた直後は、顔料が濡れないように水につけて湿潤を促進させた。5）湿潤状態の顕微鏡撮影と測色：試験体1に関しては試料に霧吹きで直接水をかけた状態(以下、状態③)、試験体2に関しては状態③と、状態③の後で和紙で表面の水分をとった状態(以下、状態④)の2種類を作成し、試験体3に関しては両方の状態で、それぞれ実験を行い、乾燥状態と同じ手順で実験を行った。6）目視観察、写真撮影：安山岩を背景とした顔料の見え方の変化を見るために、目視観察と写真撮影を行う。なお測色では、全てSCE(正反射光を光トラップで取り除いて拡散反射光のみを測定する方法)で測定を行った。

2-2　実験結果と考察　図1,2に試験体1の黄土と安山岩のL*a*b*値と彩度を示す。

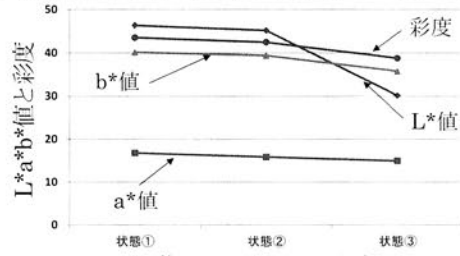


図1　黄土のL*a*b*値と彩度

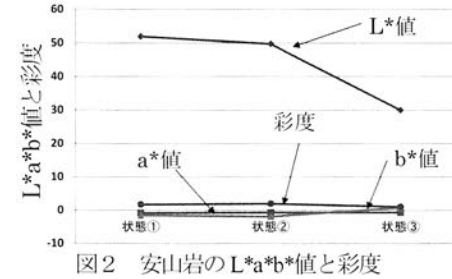


図2　安山岩のL*a*b*値と彩度

弁柄、瑠璃、白土は前報と同様に、濡れるとL*値が下がり、彩度が上がった（図省略）。黄土は濡れるとL*値と彩度が下がり(図1)、濡れると色が暗く鮮やかでなくなるといえ、現在原因を検討中である。安山岩は濡れるとL*値が下がり彩度の変化が少なく(図2)、濡れると色が暗くなるが、鮮やかさの変化は小さい。

3.色差式[2]の計算結果と考察　L*a*b*表色系の色差式ΔE^*_{ab}を用いて実験結果から背景である安山岩を基準として色差、明度差(絶対値)、彩度差、色相差を算出した。図3～5に、試験体2,3の白土と弁柄の色差等を示す。

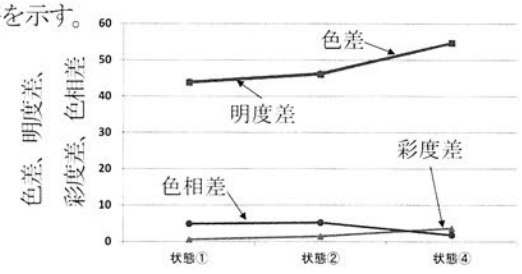


図3　試験体2の白土の色差

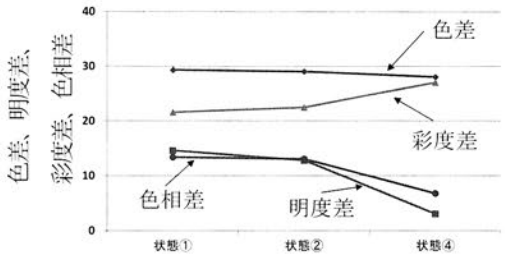


図4　試験体2の弁柄の色差

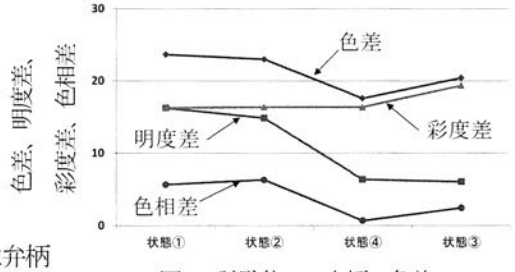


図5　試験体3の弁柄の色差

まず試験体2の結果を検討する。濡れると白土の色差が増加している(図3)。色差の増加は、色の違いが認識しやすくなることを意味するので、濡れると色が見やすくなっていると考えられる。瑠璃も同様の結果が得られた（図省略）。一方、弁柄は色差が若干であるが下がっており(図4)、濡れるとやや色が見えづらくなっていると考えられる。黄土は弁柄と同様の結果が得られた(図省略)。次に、色差と色相差、明度差、彩度差の関係を検討する。白土は彩度差より明度差の方が、色差に影響を与えている(図3)。弁柄は色相差と明度差の両方が影響を与えている(図4)。試験体1も同様の結果であった。次に試験体3の結果を検討する。弁柄の色差は、状態④と③の間でやや上昇するが、試験体2と同様に乾燥状態から濡れると値が下がっており(図5)、黄土も同様に値が下がる傾向であった(図省略)。試験体2と3を比較すると、試験体3の顔料の方が色差は大きく下がっている(図4,5)。即ち、顔料がしっかり塗られているもの(試験体1)より、顔料が薄く残っている状態(試験体3)の方が、濡れると色が見えにくくなると考えられる。以上の結果は、目視や写真による濡れによる見え方の変化と一致している。濡れると白土の色差が大きくなる理由は、濡れによる白土の明度の変化は小さいが、背景の安山岩は濡れると灰から黒近くまで変化し、明度の変化が大きいためと考えられる。一方、弁柄は濡れると暗い赤色になり、背景の安山岩も灰から黒に変化し、色味と明るさが近づき色相差と明度差が下がるので、区別しづらくなると考えられる。目視の結果、写真の結果以上から、含水量の増加により、瑠璃と白土は色差が増加し、見やすくなり、黄土と弁柄に関しては色差が減少し、見えにくくなり、特に顔料が薄く残っている方がその傾向が顕著である。

5.結論　石材と顔料の湿潤状態（含水量）の変化に対して測色を行い、色差を用いて検討を行った。1)瑠璃、白土、弁柄は濡れると暗くなり(L*値が減少)、色が鮮やかに見える(a*値、b*値の絶対値が増加)が、黄土は濡れると暗くなり(L*値が減少)、色がくすんで見える(a*値、b*値の絶対値が減少)。2）安山岩は濡れると色が暗くなる(L*値が減少)が、鮮やかさはほとんど変わらない(a*値、b*値の絶対値の変化が小さい)。3）安山岩を背景とした顔料の色差は、濡れると、瑠璃と白土に関しては大きくなり、黄土と弁柄に関しては小さくなる。瑠璃と白土は濡れている方が、黄土、弁柄は乾いている方が色が区別しやすいと考えられる。

〔謝辞〕分光測色計(CM-600d)は京都大学大学院・石田泰一郎准教授からお借りした。平成24年度科学研究費補助金 基盤(C)（課題番号：23560694 研究代表者：小椋大輔）の助成を受けた。記して感謝申し上げます。

〔参考文献〕1）森田直樹・小椋大輔・鉾井修一：「含水量による古墳壁画の見え方変化の予測に関する研究」、日本文化財科学会研究発表要旨集、第29号、pp.290～291、2012年6月 2)日本色彩学会：色彩科学辞典、朝倉書店、2007.

無機物化文化財繊維品を模した再現実験試料の化学分析

Scientific analysis of replication samples for mineralization cultural textile

○手代木美穂（山形大学）、赤田昌倫（奈良文化財研究所）、佐藤昌憲（同左）

○Miho Teshirogi (YAMAGATA university)、Masanori Akada　Masanori Sato (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

埋蔵文化財の中で繊維品はそれ自体での残存率は低いが、出土刀剣や鏡などの金属品と共存している状況下において、そのサビに由来して無機物化繊維品が残ることがあり、当時の繊維品の製法や利用方法の再現などがなされている。発表者は無機物化繊維品の再現実験をその保存を目的として進めている。第一歩として、日本の古墳より出土する鉄や銅の金属製品に付着する繊維品が無機物化機構を明らかにすることを目的として、現代のセリシン残存の未精錬絹繊維、セリシン除去の精練絹繊維、植物繊維であり苧麻繊維について、再現実験を試みた。その過程で標準金属片が腐食した場合、それを覆う平絹にどのような経時的な変化が見られるか、その変化は主に無機物要素からみてどのような機構であるかを確認するため、顕微鏡観察およびX線分析を用いた分析結果および考察を行い、既に発表した。さらに、分析考察を進めるなかで、繊維の精錬具合で繊維断面の経時変化が大きく異なることが分かった。このことは既往の研究でも示されているNegative-Positive Castingの発生モデルをより具体的に推定するに至った。セリシン残存の未精練絹繊維では、金属腐食物が初期段階でセリシンに蓄積される。よって、その後フィブロインが環境因子の理由から劣化することによって陰型のNegative Castingを引き起こすと推定した。一方、セリシン除去の絹繊維では、金属腐食物がフィブロイン内部まで均等に浸漬していくことを断面観察から確認している。本発表では、このモデルの一端を実証するため、セリシンでブロックされる未精練絹繊維の無機物化が内部いたっているかどうかを確認するため赤外分光分析法を用いて分析した結果について報告する。

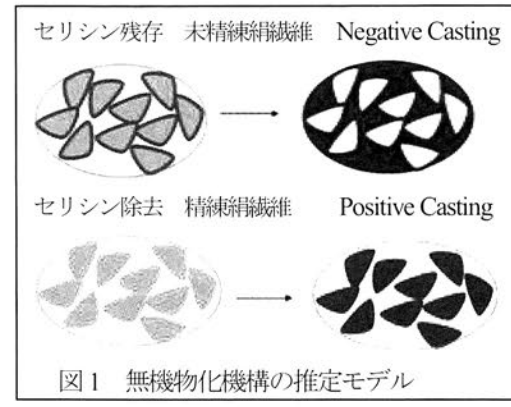


図1　無機物化機構の推定モデル

2. 再現実験および試料

再現実験では、埋蔵環境中の環境を想定として25℃・相対湿度90%に調整した恒温恒湿槽を用いて暗所曝露（大気雰囲気）を行った。試料は、市販の現代未精練平絹を用いた。金属片は標準鉄片(JIS:SS400)、標準銅片(JIS:C1100P)の4cm×4cmの板材を供した。平絹を袋状に成形して金属片を包み、出土資料の状態を模して試料とした。また、素材単体をブランク試料とした。金属の腐食促進のため、NaClを3wt%水溶液に調整し、表面に1mlづつ滴下した。曝露後30日および90日後に取り出して、肉眼・実体・金属顕微鏡による表面および断面の形態観察を行い、次にX線分析（SEM-EDX、XRD）により、顕微鏡下で確認できた変質部分の分析をおこなった試料である。絹繊維の経時変化は金属腐食物が浸漬した色味の濃さで判断した。赤外分光分析はBruker社製 Alphaを用いた。ATR法（ATR platinum Diamond 1 Reft）を採用し、測定波数4000~375 cm-1，分解能4cm-1，積算回数128回とした。試料はプリズムに対して垂直(繊維軸に

対して平行)になるように設置した。

3. 鉄片 30 日間曝露試料の赤外分光分析結果

鉄片腐食物が浸漬した絹繊維を抽出して分析した。絹繊維のスペクトル変化は見られなかった。XRD の結果から CaCl・4H2O が検出されている。これは無機物化の初期機構として繊維内の無機成分のカルシウム Ca が金属腐食生成物の析出に誘発された化学反応であり、その後は拡散によって、錯体を作りながら無機物化すると仮定している。IR では CaCl のスペクトル強度の高い 1620cm-1 付近が絹繊維の Amido-I の吸収波数と重なり、固有の特性スペクトルを確認することはできなかった。また、同様に XRD で検出されたα－FeOOH の吸収も確認できなかったため、より堅牢な繊維が残存していることも示唆された。

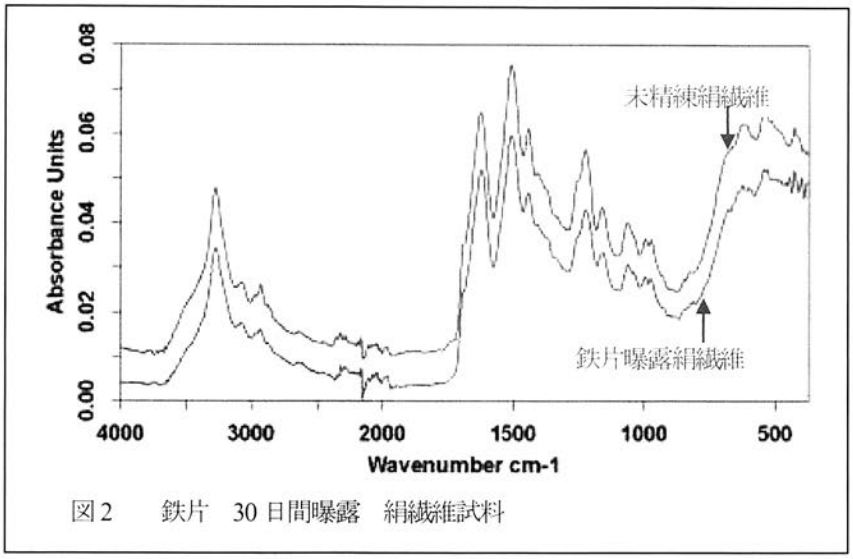


図 2　　鉄片　30 日間曝露　絹繊維試料

4. 銅片 90 日間曝露試料の赤外分光分析結果

銅片接触の絹繊維の色味変化はより軽微である。繊維自体のスペクトルの変化は確認できなかった。銅片および絹繊維を蒸留水に浸漬した状態で長期保管したものは Amido-I および II の低波数側へのシフトならび Amido-II の強度低下が示唆されている。しかし、このスペクトルには同様の変化が見られないため、絹繊維はそれ自体が堅牢に残っていること、ならびに見かけと同様、銅腐食物が繊維を劣化するまでに至っていないことが推定された。

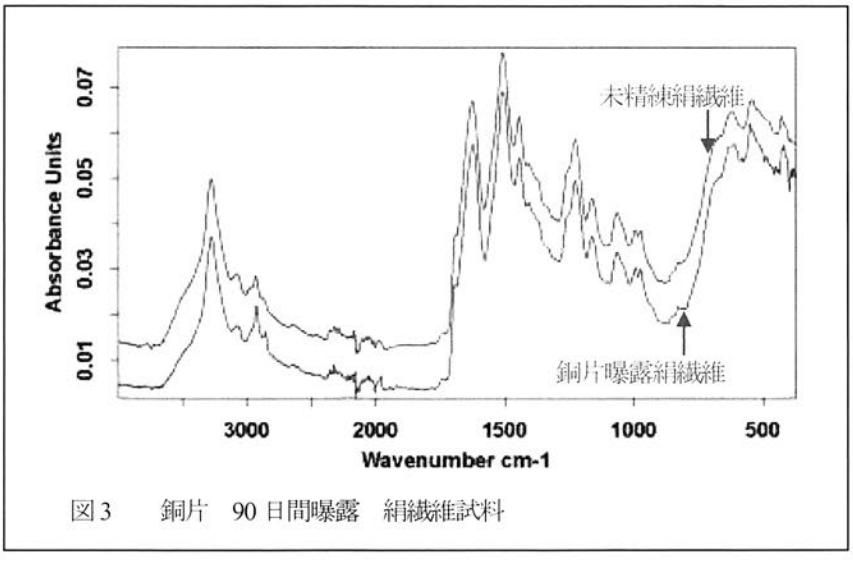


図 3　　銅片　90 日間曝露　絹繊維試料

参考文献

「出土金属製品に付着した文化財繊維品の鉱物化機構（1）」手代木美穂　佐藤昌憲　『繊維学会誌』６５巻４月号　p113-117（2009）

木製品の各種処理法による処理効果の比較

Comparison of the Processing effect by the various methods of processing waterlogged wood

○髙橋美鈴（(公財)北海道埋蔵文化財センター）田口尚（同左）、杉山智昭（北海道開拓記念館）
○Misuzu Takahashi, Hisashi Taguchi(Hokkaido Archaeological Operations Center), Tomoaki Sugiyama(Historical Museum of Hokkaido)

1. はじめに

現在使用されている水浸出土木製品の保存処理にはポリエチレングリコール(以下､PEG)法やラクチトール、トレハロースを用いた糖アルコール法、真空凍結乾燥法などがあげられ、これらにはそれぞれ長所、短所があり仕上がり、保存処理期間などに差がある。そのため本稿では、１本の同一木材で複数の処理法を行い、各処理法の処理効果の比較検討を行った。そして、これらの比較をもとに木製品の保存処理の外注依頼時に各機関がそれぞれの製品の種類や劣化状況に合わせた保存処理法の選択・決定の参考材料となる実物標本の作成を行った。　　※なお、機器等の制約から高級アルコール法は実施しなかった。

2. 資料及び処理法について

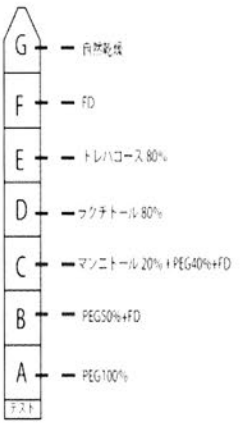


図１ 保存処理概式図

製作には、ユカンボシC15遺跡より出土した丸木材を使用し、これらを７分割し、それぞれ(A) PEG100%、(B)PEG50%＋FD、(C)マンニトール＋PEG40%＋FD、(D)ラクチトール80%、(E)トレハロース80%、(F)FDのみ、(G)自然乾燥の処理法を行った(図1)。長さのあるものは、先に２分割し、それらをさらに７分割し、片側をA～G、もう一方をA’～G’として同様の処理を行った。

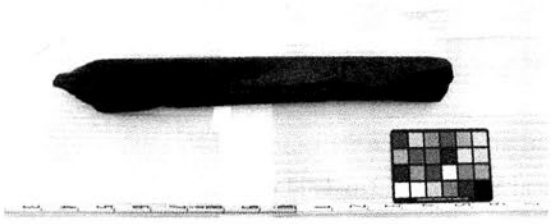
また、保存処理にあたり、切断した木材に2,5mmもしくは3.5mm角の四方に虫ピンを差込み時計回りにA～Dとし、天地がわかるように頂点に虫ピン１つを差込み、虫ピンのA-B, B-D, D-C, C-A間直線とB-C、A-D間の斜め方向の計６箇所をノギスを用いて使用して処理前、処理後の寸法変化、重量の計測とそれぞれの含水率の計測を行った。

処理の結果、PEG100%とトレハロース80%が色調の褐色化がみられ、FDのみ・自然乾燥では色調が明るくなり、PEG50%＋FD・ マンニトール＋PEG40%＋FD・ラクチトール80%はいずれも同様の自然な色調に仕上がった。また、重量では、PEG100%とトレハロースはすべての資料で処理後の重量が増加したが、それ以外の処理法はすべて処理後の重量が減少した(表１)。

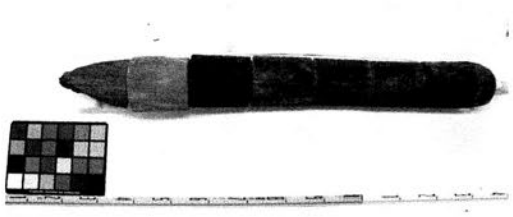
3. おわりに

処理後の資料は、それぞれの処理法によって重量や色調の違いが明確になり、各処理法の長所、短所が顕著になった(図2)。また、処理法によって処理期間の違いや真空凍結乾燥など大型の機械の有無、溶液の加温装置など施設設備によって処理法も限られるが、このような資料もとに水浸出土木製品がその種類や焦げ跡、加工痕、墨書の有無などの重要な特徴を残すための処理法選択の目安になると考える。

なお、本資料は北海道開拓記念館第158回テーマ展「博物館資料の保存―木をのこす―」(2012.11. 3～2013.3.17)において来館者の出土木製品の保存処理の知識を深め、それぞれの処理法による強度、重量、色調の変化を体感してもらえるようハンズオン資料として展示を行った。



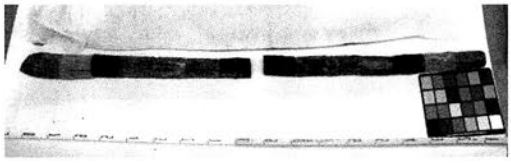
処理前



処理後

資料1　広葉樹　環孔材　トネリコ属　処理前 径13.4cm　長さ113.0cm
含水率　252.39%

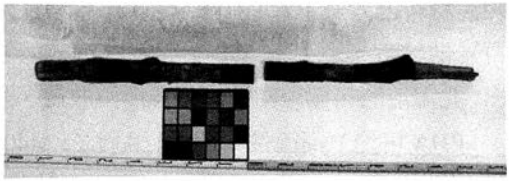
処理前



処理後

資料2　広葉樹　散孔材　ハンノキ属　処理前 径6.4cm　長さ151.0cm
含水率　先端部　561.90%　中心部　310.04%

処理前



処理後

資料3　針葉樹　モミ属　処理前 径7.7cm　長さ181.0cm
含水率　先端部　487.66%　中心部　463.43%

図2　資料の処理前・処理後写真

表1　各処理法の重量・色調変化、処理期間、作業難度

	重量変化(g)									色調	処理期間	作業難度
	資料1			資料2			資料3					
	処理前	処理後	重量変化	処理前	処理後	重量変化	処理前	処理後	重量変化			
G	1464.9	310.8	-1154.1	593.0	216.0	-377.0	225.8	44.0	-181.8	明るい	約2か月	+
F	2231.9	572.1	-1659.8	566.0	59.0	-507.0	275.9	219.1	-56.8	明るい	約1か月	+
E	1911.3	2031.0	119.7	510.5	524.9	14.4	267.5	273.6	6.1	褐色	約4か月	++++
D	1833.4	1740.2	-93.2	481.3	450.7	-30.6	308.1	285.7	-22.4	やや明るい	約4か月	++++
C	1626.7	825.7	-801.0	423.2	223.7	-199.5	213.5	94.7	-118.8	やや明るい	約2か月	++
B	1562.8	982.0	-580.8	376.9	257.3	-119.6	216.6	139.2	-77.4	やや明るい	約3か月	++
A	1415.8	1445.1	29.3	377.1	384.1	7.0	224.4	230.3	5.9	褐色	約5か月	+++

微生物汚染領域の高精度判定による処理・環境改善効果の検証

A simple method for the molecular biological inspection of fungi infected cultural properties

○杉山 智昭（北海道開拓記念館）
○Tomoaki Sugiyama (Historical Museum of Hokkaido)

1. はじめに

文化財公開施設等において予防保存の概念にもとづいた効果的な総合的有害生物管理（IPM）体制を整備するためには日常的なモニタリングによる有害生物の早期発見，早期対処の実践が必須とされる。また，施設の老朽化や事故によって施設の一部あるいは文化財そのものが，糸状菌などの微生物によって汚染された場合，速やかな処理や環境改善を実施しなければならない。しかしながら，糸状菌（カビ）などの微生物については通常，その「初期侵入」や「汚染の範囲・進行度」を正確に把握することが困難である。そこで本研究では実験的に作成した微生物汚染試料に対して，比較的簡易な分子生物学的なアプローチによる汚染評価を試み，実施された処理や環境改善の効果が検証可能であるかについて調査した。

2. 材料と方法

1）供試菌

北海道開拓記念館施設内各所（収蔵・展示エリア，事務室・水回りエリアを含む）においてPDA 培地（高湿性真菌用）および M40Y 培地（高稠性真菌用）を用いた落下菌調査を実施し得られた菌株および，*Aspergillus niger* (NBRC 105649), *Chaetomium globosum* (NBRC 6347), *Cladosporium cladosporioides* (NBRC 6348) , *Penicillium citrinum* (NBRC 6352) , *Rhizopus oryze* (NBRC 31005)の標準株 5 種を検出条件のスクリーニングに用いた。落下菌調査によって得られたコロニーについては DNA マイクロアレイ（GENOGATE/東洋製罐株式会社）による遺伝子検査を行った。

2）微生物汚染試料の調製

糸状菌の胞子，菌糸を通過させない滅菌済みのメンブレンフィルター（孔径 0.2 μ m, 直径 47mm, ナイロン製）をシャーレ内の GP 液体培地に 1 回浸し，余分の培地を除去したものを基本分析試料とした。この試料に対して NBRC 標準株 5 種の混合胞子懸濁液を調整し，そのうち 800 μ l を表面に添加し微生物汚染試料とした。この試料について温度 25±5℃，湿度 95～99%の条件下で 1～2 週間，湿式培養を行った。

3）微生物汚染試料に対する処理

菌糸が広がった培養終了後の試料を取出し，以下の 4 パターンの処理を実施した。

①不織布による表面ふき取り

②70%エタノール処理と不織布による表面ふき取り

③塩化ベンザルコニウム含有（0.1～3%）文化財用ワイパーによる表面ふき取り

④酸化エチレン製剤で燻蒸した後の不織布による表面ふき取り

なお、表面ふき取り操作は①から③については取出し直後のものと，取出し後一旦乾燥させたものの2種類，④については乾燥させたもののみに対して実施した。また，上記と同処理を行った別シリーズの試料を再度，液体培地に浸した後，シャーレ内で培養し2週間以内の再発生率（処理後再発生率）を調査した。

4）LAMP(Loop-Mediated Isothermal Amplification)法による汚染状況の判定

各微生物汚染試料に対してDNA抽出操作を行い，糸状菌由来の（残存）DNAが増幅されるか否かLAMP法によって判定した。

3. 結果および考察

DNAマイクロアレイ検査によって確認された*Aspergillus*，*Penicillium*，*Cladosporium*，*Stachybotrys*属の種，および標準株を用いたスクリーニングの結果，標的とする糸状菌のDNAを効率よく増幅するLAMP分析条件を構築することができた（反応時間1時間）。

この条件下で実験的に作成した微生物汚染試料を調査したところ，不織布によるふき取りのみの処理では乾燥前および後のいずれの試料においても標的菌DNAが検出され，乾燥後の試料については処理後再発生率が40%となり，高い数値を示すことが明らかとなった。この結果は，微生物汚染の発生後，可能なかぎり早急なクリーニングの実施が菌体の試料への固着を低減するとともに，後の再発生を抑止する上で重要であることを示唆するものと考えられる。70%エタノールと塩化ベンザルコニウムを含有する文化財用ワイパーによる表面ふき取りについては，全条件において標的菌DNAが検出限界以下となり，処理後再発生率も0%となった。これは今回試みたLAMP分析が汚染試料に対して実施された処理の効果を客観的に検証可能であることを示すものと考えられる。酸化エチレン製剤燻蒸後のふき取りに関しては，処理後も標的菌DNAが40%の割合で検出されたが，処理後再発生率は0%であることが明らかとなった。この結果は生理活性を失った微生物由来の残存汚染の分布を知る上でLAMP分析が利用できることを示唆する。本研究は温湿度モニタリングなどの環境調査と操作が簡易な分子生物学的手法を組み合わせ，汎用的な微生物汚染評価システムの整備を志すものである。今後は他の処理法についても，その効果を確認するとともに収集されるデータを総合的に解釈することによって，最適な微生物汚染評価システムとしての有効性について多角的に検証を行う予定である。

表1 微生物汚染試料に対する処理法とLAMP分析による検証

処理方法	乾燥前微生物汚染試料		乾燥後微生物汚染試料	
	DNA検出率(%)	処理後再発生率(%)	DNA検出率(%)	処理後再発生率(%)
不織布ふき取り	20	0	40	40
70%エタノール処理＋不織布ふき取り	0	0	0	0
文化財用ワイパーふき取り（0.1～3%塩化ベンザルコニウム）	0	0	0	0
酸化エチレン燻蒸＋不織布ふき取り	—	—	40	0

【謝　辞】本研究は平成23～25年度　科学研究費助成事業　若手研究（B）「文化財公開施設等における汎用的な高精度微生物汚染評価システムの構築に関する研究」（研究代表者：杉山智昭）による成果の一部である。

田熊石畑遺跡における青銅器埋蔵環境の変遷に関する研究

Analysis of changes on the preservative environments in Tagumaishihatake site

○脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、柳田明進（京都大学）、高妻洋成（奈良文化財研究所）
○Soichiro Wakiya[1)], Akinobu Yanagida[2)], Yohsei Kohdzuma[1)]
1) Nara National Research Institute for Cultural Properties, 2) Kyoto University

1. はじめに　福岡県宗像市所在の田熊石畑遺跡では、現地表から比較的浅い位置で多数の青銅器が発見され、その後の構造調査によって、それらの保存状態が極めて悪く、脆弱となっていることが明らかとなった。未発掘の墳墓内にも青銅器が埋蔵されると推定されているが、一方で当面の間、これらの発掘調査は実施され得ないため、埋蔵環境中での劣化の進行が危惧される。本研究では発掘調査から得られた土層の変遷に関する知見と、遺跡土壌の熱水分移動特性に基づいて、青銅器を取り巻く埋蔵環境の変遷を推定した。さらに、今なお土中に埋蔵されると推定されている青銅器の劣化を抑制するために、仮整備として地表面に盛土をした場合の埋蔵環境の変化について検討した。

2. 遺跡の概要と実験および解析方法

2.1 地理条件　釣川への流入河川が開析した支谷に挟まれた平坦地に遺跡は位置する。南側には舌状に伸びる丘陵がひかえ、本遺跡はその丘陵の突端に位置する。遺跡の東西は谷筋に向かい緩やかに傾斜する。

2.2 土層の変遷　墳墓は花崗岩風化土と思われる地山に築かれている。築造時は土坑を掘り込んで木棺を埋納したのち、地山土壌で埋め戻したと考えられる。現在、土坑跡には黒色を呈する土壌が堆積する。これは木棺等の腐植を含む地山土壌と考えられ、色調は異なるが物理的特性は地山と同等と思われる。地山は赤褐色を呈する、非常に粘質な土壌である。1）築造時は、当時の地表面からさらに盛土をしていた可能性もあるが、いずれにせよ、その時期において最も土層厚が大きかったと考えられる。2）中世に墳墓は大きく削平を受けており、遺物を埋蔵する位置からわずか30 cm程度上層の土までが削平された。3）その後、削平された地山表面には、腐植を多量に含む黒色の土壌が堆積している。

2.3 室内実験　100cc円筒容器をもちいて、黒色の表土と赤褐色の地山それぞれの不撹乱試料を採取した。透水試験として、表土と地山に対して定水位および変水位透水試験をそれぞれ実施した。また、保水性試験として、湿潤領域ではそれぞれマルチステップ法および蒸発法を、乾燥領域では蒸気圧法をおこなった。

2.4 解析方法および土層モデル　解析の諸条件を表1に示す。なお、現地で気象観測を実施していないため、隣県の大分県日田市の気象観測データを気象条件にもちいた。土層モデルは上記の土層変遷に基づき、下記の通りとした。（モデル1）発掘調査以前の現在の状態、（モデル2）青銅製品が埋納された後に土に埋もれた状態、（モデル3）中世に削平を受けた状態、（モデル4）仮整備による盛土をした状態。各モデルの概要を表2に示す。なお、地下水位の情報を得ていないため、ここでは表2の通りと仮定した。また、モデル2、3において、それぞれ埋納後と削平後の状態として、地表面を黒色土が薄く覆った状態（層厚2.5 cm）を仮定した。

表1　解析条件

基礎方程式	熱水分同時移動方程式
熱水分移動の物性値	透水係数：実測値、熱伝導率：文献値
計算方法	前進型有限差分法
計算期間	2012年1月1日～2013年1月1日 周期的定常状態を得るまで反復計算

3. 結果と考察　遺物埋納深度における土壌温度、水分化学ポテンシャルおよび体積含水率を図１から３にそれぞれ示す。図１から、遺物埋納深度が浅いモデル１、３では、年周期の振幅が大きく、加えて短周期の変化を示した。埋納深度が浅いため、地表面における気象条件の影響を大きく受けるためと考えられる。一方、遺物直上の土層厚が厚いモデル２、４では、短周期の変化は認められず、地表における日変化の気象条件の影響がおよばないことが示唆された。また、モデル１、３と比較して、年周期の変化に約１ヶ月の位相の遅れが認められると同時に、振幅が小さくなることが示唆され、遺物をとりまく土中の温度変化が比較的緩慢であると考えられる。図２の結果から、遺物埋納深度における土壌の水分化学ポテンシャルも、モデル１、３において増減の変化が激しいことが示唆された。特にモデル１では最大値が０に近い値を示し、土壌が水分飽和に近い状態に変化し得ることが示唆された。透水試験から黒色表土は透水性状が比較的高く、一方で地山は非常に低い結果を得た。したがって、地表面において一定の降雨強度があった場合、モデル３では土中に浸潤する水分量は少なく、遺物埋納深度の土壌が水分飽和に至ることはないと考えられる。モデル１では表土の透水性状が高く、土中に浸潤する水分量が多い一方で、下層の地山の透水性状が低く排水が緩慢なため、遺物埋納深度で水分飽和に近い状態に至ると考えられる。モデル２、４は、いずれも水分化学ポテンシャルの増減が小さな結果を示した。特に地山に覆われたモデル２では、水分化学ポテンシャル変化の振幅が最も小さい結果を示した。地山は保水性が高く、地表面での水分蒸発にともなう水分移動が緩慢と考えられることから、モデル２では水分化学ポテンシャル変化の振幅は小さいものの、その絶対値は比較的高い値を示したと考えられる。モデル４では水分化学ポテンシャル変化の増減は緩慢ではあるが、透水性状の高い表土が覆い、遺物包含土壌の排水が緩慢なため、やはりその絶対値は高い値を示し、常に高含水状態にあることが示唆された。図３に示す土壌含水率変化は、モデル２、４では含水率の変化が緩慢だが、一方でモデル１、３では地表の気象条件影響を大きく受けて、含水率の変化が激しいことが示唆された。しかし、遺物包含層である地山は、透水性状が低く、保水性が高い土壌であるため、いずれのモデルにおいても、土壌含水率は飽和に近い高い値を示したと考えられる。

表２　各解析モデルの土層構造

	モデル１	モデル２	モデル３	モデル４
表層土	黒色土	黒色土	黒色土	黒色土
下層土	地山	地山	地山	地山
土層境界深度	GL-0.4 m	GL-0.025 m	GL-0.025 m	GL-1.4 m
遺物埋納深度	GL-0.7 m	GL-2.0 m	GL-0.3 m	GL-1.7 m
地下水面	GL-2.0 m	GL-3.0 m	GL-2.0 m	GL-3.0 m

4. 結論　本研究では田熊石畑遺跡を対象として、実測の物性値に基づいた土壌の熱水分移動解析をおこない、遺物埋蔵環境の履歴、および仮整備による環境の変化について検討した。その結果、１）遺物埋納直後は埋蔵環境がもっとも穏やかであった。２）中世の削平にともない、埋蔵環境が急激に悪化し、その状況が今日まで継続している。３）盛土によって埋蔵環境を改善し得ることが示唆された。

【謝辞】宗像市郷土文化学習交流課文化財係に多大なるご協力を頂いた。記して深く謝意申し上げる。

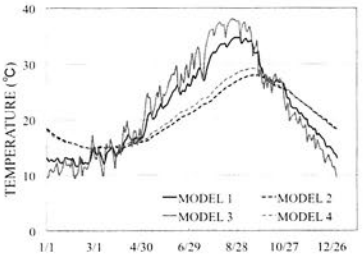


図１　土壌温度

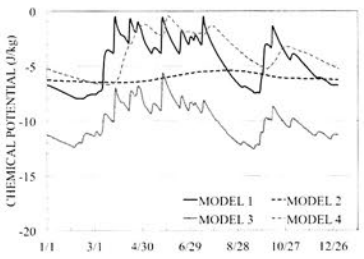


図２　水分化学ポテンシャル

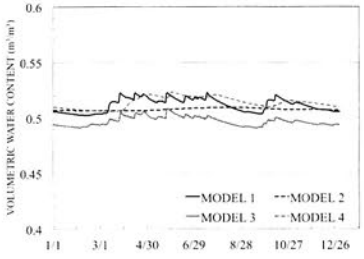


図３　土壌含水率

文化財建造物探査用超音波音速CT装置における音波伝搬時間同定の新手法

A new method for determination of time-of-flight of ultrasound in ultrasonic TOF-CT for inspection of buildings with cultural values

○足立和成(山形大学)，藤井尋也（同左），星野智紀（同左）
○Kazunari Adachi, Tomoki Hoshino, Hiroya Fujii (Yamagata University)

1．緒言

建造物探査用の超音波音速 CT には、固体中の弾性波の性質によって受信波形が様々な弾性波を合成したものとなり、最も速く伝搬するはずの縦波の TOF の同定が難しくなるため、正確な画像再構成が困難な場合がある。

従来、各伝搬経路で得られる受信波形の最大振幅の数１０%程度を閾値とし、受信信号が最初にそれを超えた時を波動到達時点として、縦波の TOF を同定していた。しかし、この TOF の同定手法には、

（１）TOF をより正確に同定しようとして閾値を低く設定し過ぎると、波動の重合や雑音等の偶発的な要因によって受信信号が閾値を超えることがあり、特定伝搬経路での縦波の TOF が非常に短く認識されることがある。

（２）一般に受信波形中の低音速の表面波の成分は縦波のそれよりかなり大きく、このため、再構成画像において、音速異常部が外周部に向かってずれたり、外周部に低音速の虚像が現れる傾向がある。

といった問題がある。

著者らは、様々な断面について行った波動伝搬シミュレーションの結果に基づき、上述のような問題のない縦波の TOF の同定手法を考案したので報告する。

2．波動伝搬シミュレーション

シミュレーションの手法としては、空間領域を有限要素法で、時間領域は後退差分法の一種であるニューマークβ法で、それぞれ離散定式化する混合手法を用いた。βの値は 0.5 とした。Table.I にそこで用いた材料定数を、Fig.1 には直径 24 cm の円形断面の場合における有限要素分割の様子を示す。図のように、駆動点に外力として周期 20 μs、振幅 1N の正弦波 1 波のパルスを加えた時の微小時間 Δt 秒ごとの各節点の変位を計算し、その時間変化を示す受信波形を得た。本研究では、直径 16cm の円形断面についても、同様にシミュレーションで検討している。

Table I. シミュレーションに用いた材料定数

	正常部	異常部
細棒中の音速[m/s]	3000	1500
ポワソン比	0.3	0.3
ヤング率[N/m^2]	3.87×10^9	9.675×10^8
密度[kg/m^3]	430	430

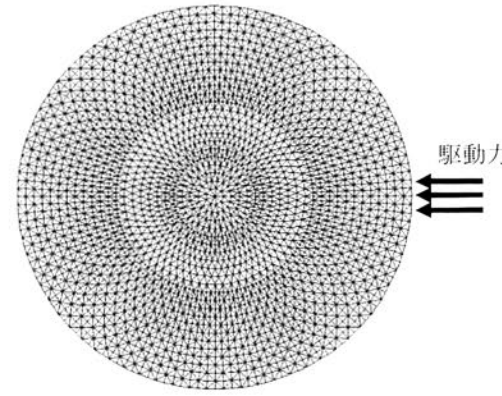


Fig.1　直径 24 cm の円形断面の要素分割

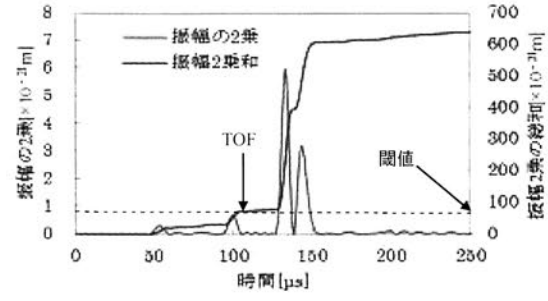


Fig.2　受信波形の振幅の二乗とその積分値

3．新しい TOF 同定手法

偶発的な要因よって縦波の TOF を正確に同定できなくなる問題を回避するため、受信信号の瞬時振幅の二乗の時間積分（音響エネルギーに対応）に着目した「振幅二乗総和方式」を考案した。これは Fig.2 のように、設定した測定時間区間全体でのその積分値（「振幅二乗総和」）の微小な一定割合を閾値に設定し、受信信号の瞬時振幅の二乗の積分値（「振幅二乗和」）がそれに達した時を縦波の到達時

点として、TOF を同定するものである。

4．新手法における各パラメータの検討

振幅二乗総和方式では、時間積分の性質から、偶発的な要因が無視できるようになるが、その効果は積分処理を行う時間区間(「ウィンドウタイム」と呼ぶ）に依存する。そこで、駆動波形を加えてから、表面波の最大振幅に達するまでの時間区間を基準として、ウィンドウタイムの適切な設定を考える。まず、直線伝搬経路近似と波動伝搬シミュレーションにおける TOF の差について、次式の相対 TOF 差（RDTOF）という指標を導入する。

$$RDTOF = 1 - \frac{TOF_{st}}{TOF_{sym}}$$

ここで TOF_{st} は基準となる音速分布が一様な円形断面について、音波伝搬経路を直線と近似して計算した TOF、TOF_{sym} は波動伝搬シミュレーションの結果から振幅二乗総和方式で求めた TOF である。TOF_{st} と TOF_{sym} が一致すれば、RDTOF は 0 になる。

Fig.3 に、振幅二乗総和方式での閾値を 0.1 %とした場合の直径 24 cm の一様な円形断面に関する、送受信点間の中心角に対する RDTOF の変化を示す。本研究では、相対的な音速分布の形で画像化を行っているため、RDTOF が送受信点間の中心角に依らず一定になれば、再構成画像は理想的な直線伝搬経路近似の場合のものと一致する。グラフから、直径 24 cm の一様な円形断面では、駆動波形を加えてから受信信号が最大振幅に達するまでの時間（「基準時間区間」）の 0.58 倍のウィンドウタイムを設定した時、RDTOF の変動が最も小さいことが分かる。直径が 16cm の場合も同じだった。そこでこの時間をウィンドウタイムとした。

次にウィンドウタイムを基準時間区間の 0.58 倍に固定し、閾値を変えて相対 TOF 差の変動を調べた結果、閾値を 0.5 %にすると相対 TOF 差の変動が最も少なくなったので、この値を振幅二乗総和方式での閾値とした。

5．新手法による画像再構成の例

内部に音速異常部がある円形断面での波動伝搬シミュレーションの結果から、新しい TOF 同定手法によって得られた再構成画像を Fig.4 と Fig.5 に示す。音速異常部は外周部付近に設定した黒線で囲んだ部分である。直径 24 cm の円形断面では、設定した異常部が外側にずれることなく画像化できている。また外周部の低音速部の虚像も顕著ではない。

6．結言

シミュレーションで、振幅二乗総和方式による TOF 同定手法による超音波音速 CT 像の再構成を行った結果、内部の状況をよく反映した再構成画像を得ることができた。しかし、ウィンドウタイムと閾値は試行錯誤的に求められたものであり、まだその物理的根拠に乏しい。今後は、試験体を調製して実験を行い、同様な結果が得られることを確かめる。また、実際の調査に即してこれらの値を決定する手法の確立を目指す。

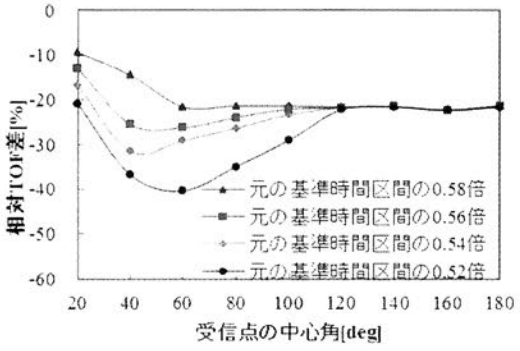


Fig.3　直径 24 cm の円形断面における中心角による相対 TOF 差の変化（閾値 0.1%）

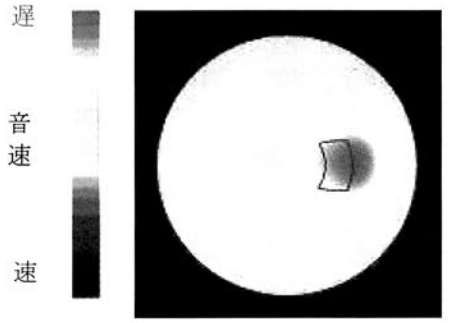


Fig.4 直径 24 cm で異常部が外周に 1 つある場合の再構成画像（閾値 0.5%）

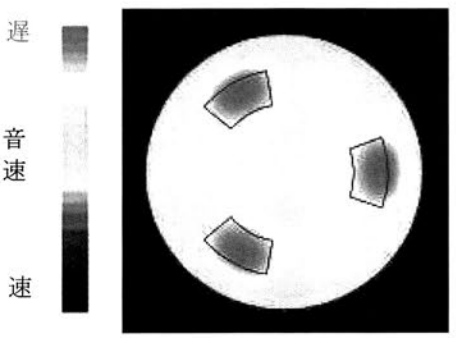


Fig.5 直径 24 cm で異常部が外周に 3 つある場合の再構成画像（閾値 0.5%）

複合する遺構をもつ遺跡での地中レーダ探査
-大内氏館跡第 36・37 次調査-

The compound ruins using Ground Penetrating Radar - The 36th,37th Excavation at Ouchi-shi-yakataato (the Mansion Ruins of the Ouchi clan) -

○高瀬尚人（応用地質）、田村晃一（同左）、丸尾弘介（山口市教育委員会）、北島大輔（同左）

○Naoto Takase, Koichi Tamura(OYO Corp.), Kousuke Maruo, Daisuke Kitajima (Yamaguchi City Board of Education)

1. はじめに

史跡整備が進められている国指定史跡「大内氏遺跡館跡」の一画において、物理探査（地中レーダ探査）と発掘調査を組み合わせた埋蔵文化財調査を実施した。この調査区は３つの時期での異なる遺構によって構成されており、物理探査によってそれぞれの遺構の物理的特徴を踏まえて解釈することによって、発掘調査では庭園跡や堀跡、方形石組等の遺構を効率的に検出することができた。複合する遺構に対する探査を伴う調査例として報告する。

2. 探査の概要

大内氏館跡の全景を写真 1 に示す。探査範囲は館跡の東側に位置し、東西約 30m、南北約 35m の更地である。地中レーダ探査装置は G.S.S.I 社製の SIR-3000 及び 400MHz アンテナを使用した。測線配置は 0.5m 間隔の格子状に設定して測定を行った。探査範囲の東側と西側では約 0.5m の高低差があることから、測定記録には地形補正を施し、深度スライスは標高値を用いて表現した。

写真 1.　大内氏館跡の全景

3. 探査結果

プロファイル測定記録の一例を図 1 に示す。当該記録例では、距離程 0m～約 4m において掘り込み状の反射面が検出されていることから堀跡が推定でき、また、この堀跡の内側には反射振幅が特に強い範囲がみられることから、石材が密集して分布している可能性が考えられた。この結果から、当該調査地では異なる時期の遺構が切り合って分布していることが想定された。

また、距離程約 7m～15m 付近においても掘り込み状の反射面が検出された。本遺跡の堀跡としては幅が広く、掘り込み底面に起伏がみられることから、庭園跡と推定した。

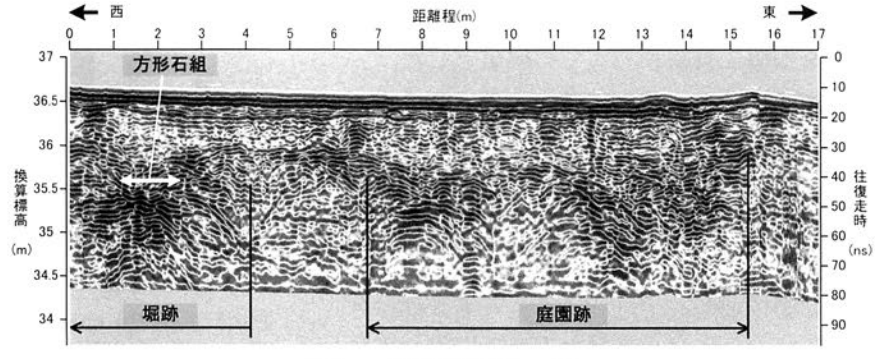


図 1.　測定記録の一例

この探査で得られたスライス図のうち、代表的な深度の結果を図 2 に示す。換算標高 35.5m～35.0m（調査地西側では GL－1.0m～1.5m）では、調査地西端において反射振幅の強い範囲（以下、アノマリーと記述）が検出された。プロファイル測定記録で示した堀跡 1 と推定される掘り込みの分布域であり、土橋を挟んで南側にも連続している。調査地東端にも堀跡 2 と推定される掘り込みが検出され、二つの堀跡の間には庭園跡と推定されるアノマリーも検出されている。また、調査地の各所において、方形状のアノマリーが点在して検出された。特に、調査地西側で推定した堀跡の分布域内や庭園跡の近傍にも見られることから、時期の異なる遺構が切り合った状況であるものと推定することができた。

探査結果を踏まえて発掘調査を実施した結果、15 世紀末に館を拡張するために堀跡 1 を埋め立てて堀跡 2 を掘削し、広がった敷地内に庭園を設け、また近世には庭園や他の遺構を壊して方形石組群を構築したことが明らかとなった。

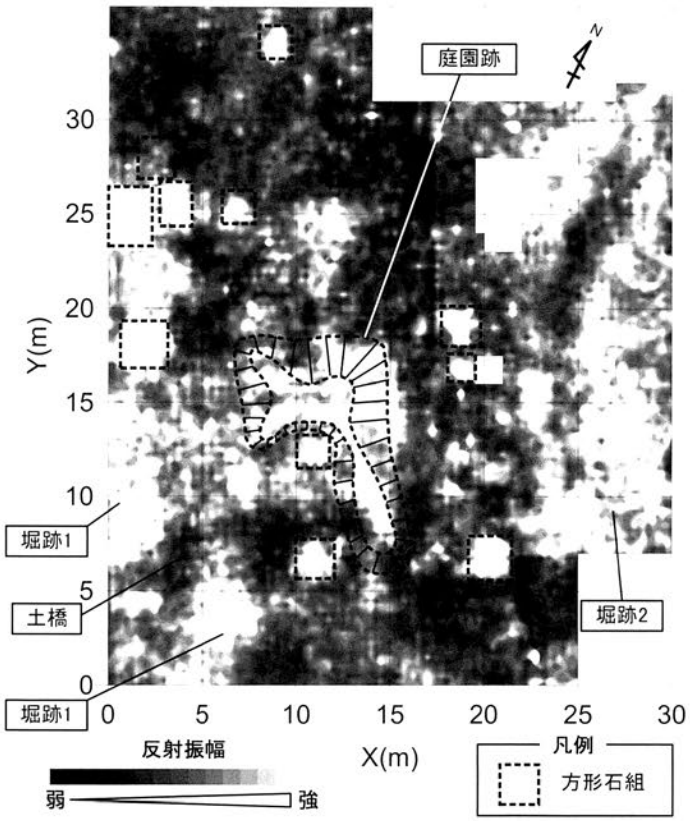


図 2.　スライス結果

4．まとめ

全国に存在する遺跡の中には、複数の遺構面・種類の異なる遺構が、重なり合って分布しているものも数多くある。そのような遺跡における埋蔵文化財調査では、上位層の遺構は発掘によって詳細に調査できるが、下位層の遺構は調査できないため、遺跡の最盛期の情報や時代ごとの変遷等を十分に把握できない場合があり得る。そのような遺跡に対して、非破壊調査である物理探査は、下位層の遺構分布状況を把握するための有効な手段といえる。複数に重なり合った遺構は、実際に発掘調査によって確認しなければ明らかにできないものの、遺構面が複数存在することや下位層の主要な遺構の分布域を事前に把握することができれば、ピンポイントの発掘調査によって異なる時期の遺構の情報を最大限に得ることが可能となる。地中レーダ探査でこのような成果を挙げるためには、重なり合った遺構に対する解析・解釈が複雑となるが、上位層・下位層を正確に把握するための微地形補正を施したうえでの深度スライスの適用、あるいは既往トレンチ情報を詳細に検討・反映させることによって発掘調査に向けた有効なデータを提供することができると考える。

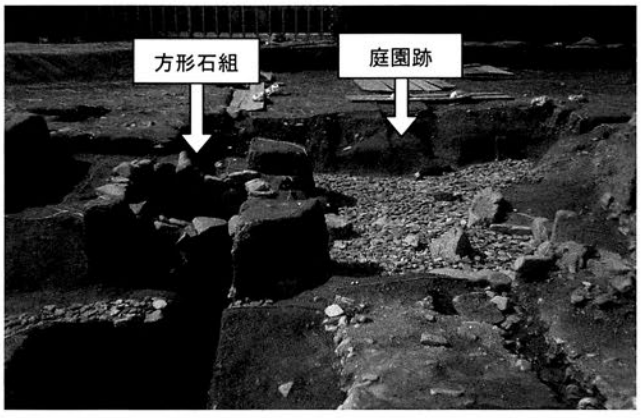


写真 2.　庭園跡の一部と方形石組の発掘状況

盛岡市筑波寺跡における地中レーダ探査

GPR survey at Tsukuba-ji site in Morioka city

○岸田 徹（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、福原啓介（同左）、高田祐一（同左）、
茂木孝太郎（同志社大学文化情報学研究科）、菊地幸裕（盛岡市教育委員会）

○Toru Kishida, Keisuke Fukuhara, Yuichi Takata (Reseach center for knowledge science in cultural heritage), Kotaro Mogi (Graduate school of culture and information science, Doshisha university), Yukihiro Kikuchi (Board of education of Morioka city)

1．はじめに

岩手県盛岡市玉山区玉山に所在する筑波寺跡は、北に大森山（標高452.4m）、東に時館山（標高516.0m）を擁する谷あいのやや開けた平坦地（標高約375m）に立地する（図1）。北東方向には玉山区の最高峰である姫神山（標高1123.8m）がそびえ、古くから信仰の対象とされてきた。

図1　探査地（筑波寺跡）の位置．電子国土 web.NEXT（国土地理院 http://portal.cyberjapan.jp/より．一部改変）

筑波寺は1668年（寛文8年）に建立され、姫神大権現の本地仏である十一面観音菩薩を祀り、隆盛を誇ったといわれる。しかし、現在、仏像は近傍の東楽寺に移されて、岩手県指定の文化財となっているが、その建物は現存しない。発掘調査も実施されておらず、その正確な位置や規模は不明のままである。そこで、我々は筑波寺の関連遺構および柱跡・礎石を非破壊で検出し、筑波寺の位置や規模の推定を行うことを目的として、2012年11月に地中レーダ探査を行った。

2．調査の概要

探査に使用した機器は、米国GSSI社製SIR-3000、中心周波数400MHzのアンテナを用いた。探査範囲は、南北19m×東西32.25mである。探査グリッドの位置はGPSを用いてスタティック測量により記録した。測線は、基本的に、南北、東西方向とも測線間隔0.5mで格子状に設定している。しかし、探査範囲の北東部は周囲に比べてやや高くなっており、建物跡が存在する可能性が高いと考えられたため、この部分（東西幅10m）においては南北方向の測線を0.25m間隔で設定している。

探査データは、後日、ノイズ低減のための各種フィルタ処理を行うとともに、hyperbola fitting法による地中における電磁波の速度推定を行った。

3．探査結果

図2に代表的なGPR profile（反射強度による地中の疑似断面図）を示す。TKB_068測線では、測線距離約3.5m、深度50cmに強い反射をもたらす異常が捉えられた。これは土中に大きく物性の異なる物体が存在することを示しており、おそらく礎石を捉えたものであると解釈される。同様の異常は、他の測線でもほぼ同深度で捉えられている。

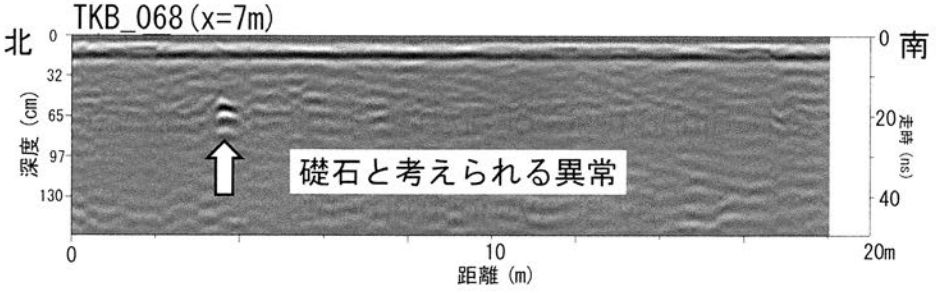


図2　礎石を捉えた代表的なGPR profile

次に、得られた全てのprofileを総合して、深度毎に異常の分布を色分けした平面図（time-slice図）を図3に示す。図左の深度13.3～26.6cmで解析した図では、探査範囲の北東部分に強い異常が集中して分布している。これは、周囲と比べて土質が異なっている状況を示唆している。自然土層の違いを捉えているとも解釈できるが、現状でやや高くなっている部分にほぼ相当することから、人工的な盛土の施工個所を示しているとも考えられる。

図右のtime-slice図（深度52.7～66cm）では探査範囲の北東部に異常が集中している。これらを礎石と考え、矩形に並ぶ異常部分を取り出して破線で示した。破線の縦横最大長を計ると約5.4mとなり、3間×3間の建物が推測される。異常の並びは北東－南西方向を軸に持つと考えられる。

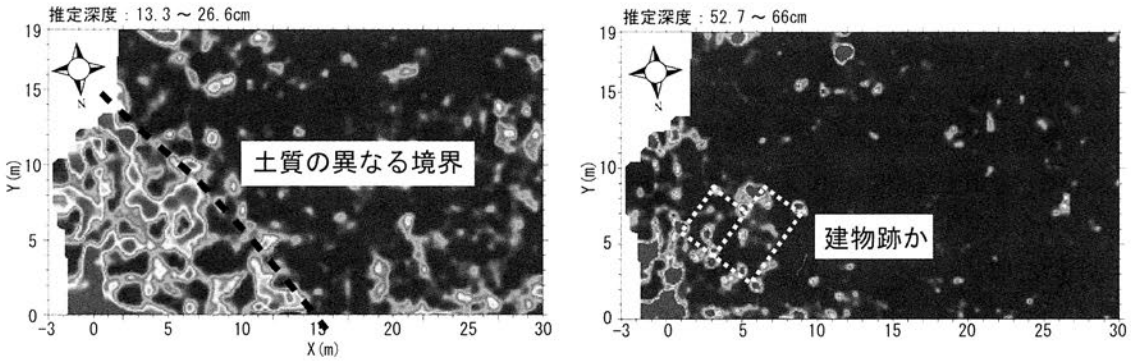


図3　筑波寺跡におけるtime-slice図

4．まとめ

盛岡市筑波寺跡において、建物の位置と規模を非破壊で探るべく、地中レーダ探査を行った。その結果、礎石と考えられる強い異常を捉える事が出来た。異常は探査グリッドの北東部、やや小高くなった地点に多く検出された。この部分は周囲と土質が異なることも探査から判明しており、何らかの盛土がなされている可能性がある。また、礎石と考えられる異常の中から、矩形に並ぶものを結ぶと北東－南西方向の軸をもつ3間×3間の建物跡が推定、復元できる。ただ、後世に抜き取られてしまった礎石の存在や、自然石を捉えている可能性も考慮しなければならず、これが筑波寺に関連する建物跡であると断言することはできない。ただ、探査結果から復元した軸方向は、姫神山山頂を向いており、姫神山信仰に関連して建立された筑波寺の性格を考慮しても、筑波寺に関連する遺構の可能性は高いと考えられる。

アレイ式探査機による遺跡探査迅速化の試行

The expediting tests of archaeological prospection by arrays instruments.

○金田明大（奈文研）
○Kaneda Akihiro(National Research Institute)

1. 目的

非破壊的な手法により地中の遺構や遺物の存在を確認する遺跡探査は、利用が増加しつつある。今後、より効果的な利用をはかるためには、迅速化がひとつの目的となる。この目的の達成には現地作業や解析作業の効率化、機器の計測速度の向上、位置計測の高速化などが検討対象であろう。

地中レーダー探査は高い解像力を有し、柱穴など土と土の差異を区別する必要のある比較的小規模な遺構の確認が可能であり、国内の遺跡に対して効果的である。また、磁気探査も現状では対象が被熱した遺構に利用が留まるものの、これらの対象の把握に有効である。両手法は複数アンテナによる計測が可能であり、この方法を用いて作業時間を短縮することが可能である。

既に海外では多くの利用例があるが、国内への導入には日本の遺跡の特性に応じた試行錯誤が必要と考える。今回、複数の機器の試験的な計測を実施した。本発表は、成果について紹介をおこなう。

2. 方法

今回は、平城宮東方官衙地区において検討をおこなった。当該地区では既に地中レーダー探査により、建物や築地など官衙に関連する施設が明確になっており、発掘調査によって成果との比較検討がおこなわれている（金田・国武他 2010）。このため、遺構の配置など既往の成果との比較が可能であり、試験をおこなう上で好条件であると考えた。

今回は、地中レーダーとして a)三井造船玉野技術開発センターの周波数変調連続波（FWCW）を用いた地中レーダーMPLA と、b)伊 IDS 社のパルスレーダーを用いた StreamX を、磁気探査機として c)Foerster 社のフラックスゲート磁力計 Ferex4.032DLG-Karto を用いて計測をおこなった。

a)および c)についてはあらかじめ設定した範囲内を、b)については車載し RTK-GPS による位置計測をおこない、実施した。c)については導入後初の計測であり、計測や機器操作に改善の余地がある。

3. 成果

a)の成果では、夏の草が繁茂している悪条件の中、四面廂礎石建物の礎石の形状を可視化することに成功した。計測時間 20 分ほどと迅速であり、広帯域の周波数をもちアンテナが 8cm 間隔と高密度に配されていることにより、詳細を把握することが可能となる。西側の築地および基幹排水路 SD2700 についても形状などを明瞭に示すことができている。

b)では、欧州で多用される車載による計測を実施したが、当該地は水田であることもあって、作業は困難を極めた。しかし、乾燥した場所では 30 分程度で従来 1 日程度かかる範囲を探査し、牽引機器の導入による効率化は顕著である。自動車旋回の問題もあり、礎石建物の一部しかとらえておらず、他地域や他の目的で有効な方法が必ずしも全ての対象物に有効ではないことを示している。しかし、情報は取得できており、今後、計測環境や日本の遺跡の特性にあわせた工夫が進めば、有効な方法であることを確認できた。

c)では、アレイ間の調整が上手くできていない状況であり、計測姿勢などを含めて改善が必要であることが明らかである。今後、これらの課題を解決し、迅速な遺跡情報の把握を目指したい。

fig. 1)従来の地中レーダーによる成果

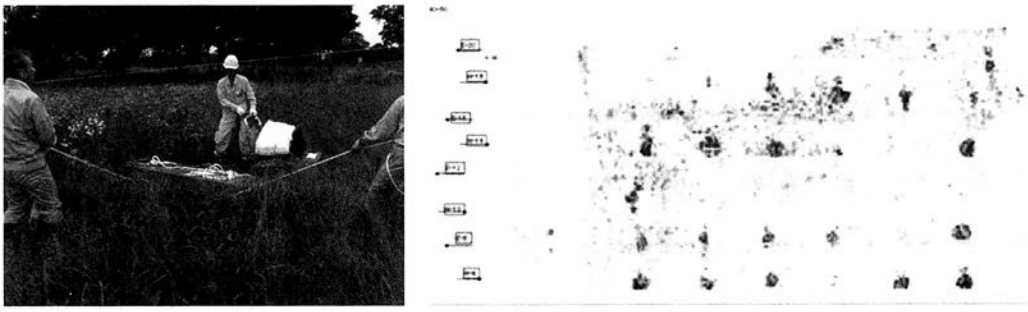


fig. 2) MPLA による探査（左）と探査成果

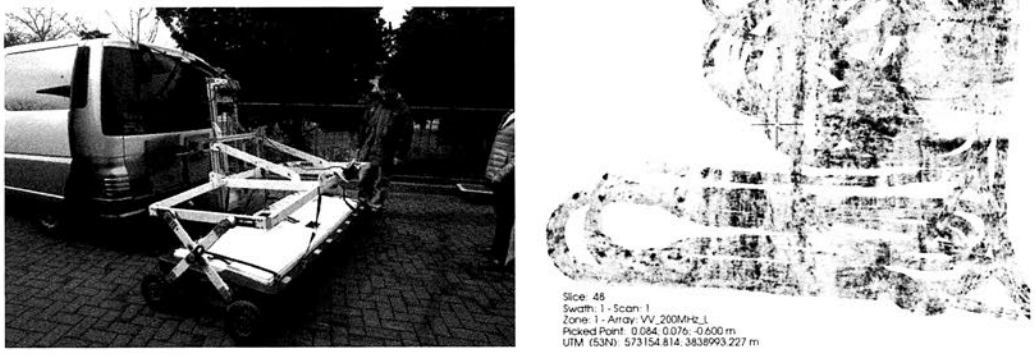


fig. 3) StreamX（左）と探査成果（右）

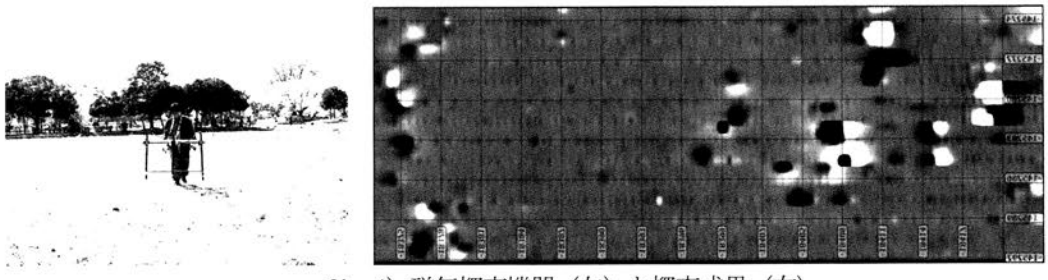


fig. 4) 磁気探査機器（左）と探査成果（右）

参考文献

金田明大, 国武貞克, 西口和彦, 西村康. 平城宮跡東方官衙地区における GPR 探査. 日本文化財科学会第 27 回大会研究発表資料要旨集. 日本文化財科学会, 2010, P. 186-187.

国宝文化財建造物の地震対策の現状と課題

Current situation and issues on the aseismic measures for the National Treasure buildings in Japan

○二神葉子（東京文化財研究所），隈元崇（岡山大学）

○Yoko Futagami (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo) and Takashi Kumamoto (Okayama University)

1. はじめに

過去の人々の営為の所産である文化財は，時間の経過により次第に劣化していくことは不可避だが，このような経年劣化以外にも，災害によって大きな損失を被る例も少なからず知られる．災害の中で，戦争や失火による火災などの人災は，人々の不断の努力により避けることも可能であろう．また，自然災害でも気象災害は，短期的な予報に基づいてある程度事前に備えることもできる．一方，地震のような低頻度大規模自然災害は，その発生を短期的に予知することが非常に困難と考えられており，また十分な地震対策が施されていない文化財が大きな揺れに見舞われれば，その被害はたいへん大きなものになりうる．

文化財の地震防災の検討にあたっては，地震対策の進捗状況や，対策の実施を妨げているのは何か，必要とされている情報が何かを知る必要がある．そこで，国の地震危険度評価を実際の文化財保護へ活用する可能性を検討する手段の一つとして，国宝文化財建造物の地震対策に関するアンケート調査を，国宝文化財建造物所有者および管理責任者である地方自治体の担当部門に対して行った．あわせて，地震調査研究推進本部がウェブで公開している「全国地震動予測地図」のような，確率論的地震危険度評価に関する情報の認知度とその活用状況についても質問し，文化財の所有者・管理責任者が必要とする情報について検討した．

2. 国宝文化財建造物所有（管理責任）者へのアンケート調査

国宝に指定されている建造物の所有者，もしくは管理責任者とされている地方自治体の文化財保護部門138か所に対し，2011年5月，文化財建造物の地震対策に関するアンケートを送付した．同年6月末までに得られた回答は65件，送付先が重複した2件を除いた回答率は48.1%であった．

3. 地震対策の実施状況

国宝建造物の地震対策について，「行っている」という回答は10件（15%），「行っていない」と回答したのは55件（85%）であった．この値は，同じく文部科学省所管である公立の小中学校の耐震化率73.3%（平成22年4月1日現在）に比べ著しく低い．学校のような公共性の高い建物と文化財とを一概に比較することはできないが，文化財建造物の唯一性からみれば，やはり低いと言わざるを得ない．

地震対策を行っていない理由としては，費用の問題を挙げる回答が23件と最も多かった．次いで，相談先がわからないとする15件，五重塔などもともと耐震性があると思われるため必要性を感じない，県の文化財保護課などからの指示がないことを理由に挙げたのがいずれも7件でそれに次ぎ，現状変更が制限されている，特殊な構造であるため地震対策を施せない，地震発生の危険が差し迫っているとは思えないとの回答はそれぞれ5件であった．現在の建造物とは異なる工法や材料が用いられ，またその価値を保ち地震対策を講じる必要のある文化財建造物の特殊性から，個々の文化財に応じた，いわばオーダーメイドの

地震対策が必要なためであると考えられる.

3. 地震動に関する情報の有無

所有（管理）する文化財建造物のある場所で想定される揺れに関する情報についてきいたところ，地震対策をすでに施している所有者では「ある」と答えた割合が高く，行っていない所有者では低かった.

一方，確率論的地震動予測地図の存在は，地震対策を行っている回答者のほうが行っていない回答者よりも知っている割合は高いものの，いずれも認知度が低く，全体では81%の回答者が知らなかった．さらに，確率による表現は，「わかりづらい」とする回答が「わかりやすい」という回答の3倍に達し，確率論的地震動予測地図で現在行われている表現方法では，文化財建造物の所有者に地震発生の危険が伝わらない恐れがあると考えられた．しかし，確率論的地震動予測地図などの地震と地震動に関する情報は，文化財の地震防災に対しては有効であると考える回答が47件（72%），思わないとの答えが11件（17%），その他が7件（11%）であった.

確率的な表現に対しては，わかりにくいなどの問題を指摘する答えが多かったにもかかわらず，地震危険度評価は有効であるとする回答者が7割を超える．地震の発生確率を知りたいと考える回答が多かったこととあわせ，課題は残るものの，確率論的地震動予測地図に対する期待が文化財所有者にあることが示唆された.

4. 関係機関からの働きかけに関する要望

文化財の地震対策を行うにあたって知りたい情報についてきいたところ，文化財の地震対策を行うにあたり所有（管理責任）者が最も知りたいと答えたのは，地震対策の手法に関する情報であった．地震発生前の行政からの情報提供が十分ではないとの不満があると考えられる.

また，地震発生後のアプローチのタイミングとして，被害状況の問い合わせが地震直後にほしいとの意見が35件（54%）で最も多かった．一方，現地調査など所有者側の負担がより大きい活動は，被害状況の問い合わせに比べ遅い時期が望ましいとの回答で，これまで考えていたことと大きく矛盾しない．地震直後の個別の文化財への外部からの助力は，実施する側も受け入れる側も容易ではないため，地震発生時に被害が大きくならないような文化財の防災対策が不可欠であるといえよう.

いずれにしても，これらのことから，所有（管理責任）者は，指導・助言を行う国や地方行政組織からの今以上に緊密な働きかけを求めていると考えられた.

5. まとめ

文化財は古来より受け継いできた唯一無二の存在であり，さらに将来へ引き継ぐ遺産であると見ればその文化的価値は計り知れず，きわめて低頻度の災害であっても，それによって損壊・倒壊しないために事前に十分な対策を講じる必要がある.

そこで今後は，専門機関が文化財GISと確率論や決定論に基づく地震動予測地図とを連携させて，文化財の地震危険度についての情報を所有者や地方自治体の文化財担当者などの関係者に積極的に提供し，地震対策を推奨することが望ましい．文化財所有者，文化財行政の関係者，地震動予測地図を作製している専門家の三者間のふだんからの緊密な関係の構築を基にした連携が，文化財の地震防災にとって有効であると考える.