# 日本文化財科学会第 33 回大会
# 研究発表要旨集

The 33rd Annual Meeting of the Japan Society for Scientific on Cultural Property Abstracts

2016 年
日本文化財科学会
Japan Society for Scientific Studies on Cultural Properties

## 口頭発表　第１日（６月４日（土））

| | 開始 | 終了 | 頁 | A会場［奈良大学講堂］　9:30 ～ 17:30 |
|---|---|---|---|---|
| | 8:45 | | | 会場受付開始 |
| | 9:00 | 9:20 | | 開会挨拶 |
| 材質・技法 | 9:20 | 9:38 | A-01 | 長福寺本堂曼荼羅柱彩色の蛍光 X 線分析<br>○青木智史（天理参考館）、池田藍子（奈良県教育委員会文化財保存事務所）、田中希和子（同）、山田宏（同） |
| 材質・技法 | 9:38 | 9:56 | A-02 | 正倉院宝物の撥鏤に用いられた色料の分析<br>○中村力也（宮内庁正倉院事務所）、成瀬正和（同） |
| 材質・技法 | 9:56 | 10:14 | A-03 | キジル千仏洞壁画の彩色材料と技法：69 窟、167 窟、224 窟<br>○谷口陽子（筑波大学）、室伏麻衣（東京藝術大学大学院）、李博（亀茲研究院） |
| 材質・技法 | 10:14 | 10:32 | A-04 | 可搬型分析装置を用いたアムステルダム国立美術館に所蔵された近世西洋絵画の顔料分析<br>○平山愛里 1、和泉亜理沙 1、阿部善也 1、Annelies van Loon2、Frederik Vanmeert3、Petria Noble2、Koen Janssens3、中井 泉 1（1 東京理科大学理学部　2 アムステルダム国立美術館　3 アントワープ大学） |
| | 10:32 | 10:40 | | 休憩 |
| 材質・技法 | 10:40 | 10:58 | A-05 | ELISA（酵素結合免疫吸着法）を用いた文化財中の膠着剤の検出<br>○高嶋美穂（国立西洋美術館）、谷口陽子（筑波大学） |
| 材質・技法 | 10:58 | 11:16 | A-06 | 韓国金海大成洞 88 号墳より出土した漆製品の調査<br>○岡田文男（京都造形芸術大学）、林志暎（釜山大学校）、沈載龍（大成洞古墳博物館） |
| 材質・技法 | 11:16 | 11:34 | A-07 | 千葉県草刈遺跡出土のパイプ状ベンガラの内部微細構造解析による由来の解明<br>○田中眞奈子（東京藝術大学）、永田和宏（東京工業大学）、寺田靖子（高輝度光科学研究センター）、三留正則（物質・材料研究機構）、長谷川琴音（同）、上條朝宏（東京都埋蔵文化財センター） |
| 材質・技法 | 11:34 | 11:52 | A-08 | 遺跡の磁気探査における磁化研究の重要性<br>○酒井英男（富山大学）、金田明大（奈良文化財研究所）、宇野隆夫（帝塚山大学） |
| 材質・技法 | 11:52 | 12:10 | A-09 | ハギア・ソフィア大聖堂における飛来海塩粒子量の調査<br>○佐々木淑美（関西大学国際文化財・文化研究センター、東北芸術工科大学）、小椋大輔（京都大学）、安福勝（近畿大学）、水谷悦子（京都大学）、石崎武志（東北芸術工科大学） |
| | 12:10 | 13:10 | | 休憩（企業セミナー） |
| | 13:10 | 14:10 | | ポスター会場（体育館）にて、ポスター解説 |
| 材質・技法 | 14:10 | 14:28 | A-10 | 飛鳥寺塔心礎埋納物の考古科学的研究<br>○田村朋美（奈良文化財研究所）、石橋茂登（同）、大賀克彦（奈良女子大学） |
| 材質・技法 | 14:28 | 14:46 | A-11 | 「白瑠璃碗」は何処で作られたか ―博物館資料切子ガラス碗の非破壊化学組成分析から―<br>○阿部善也（東京理科大学理学部）、四角隆二（岡山市立オリエント美術館）、巽 善信（天理参考館）、中井 泉（東京理科大学理学部）、St John Simpson St John Simpson St John Simpson（大英博物館） |
| 材質・技法 | 14:46 | 15:04 | A-12 | 古墳時代の馬の利用と飼育<br>○丸山真史（東海大学）、覚張隆史（金沢大学）、青柳泰介（奈良県立橿原考古学研究所） |
| | 15:04 | 15:12 | | 休憩 |
| 古環境 | 15:12 | 15:30 | A-13 | 縄文時代から弥生時代の出土炭化鱗茎同定の試み<br>○佐々木由香（パレオ・ラボ）、米田恭子（同）、小林和貴（東北大学植物園） |
| 古環境 | 15:30 | 15:48 | A-14 | 糞便堆積と糞石の分析研究<br>○金原正明（国立大学法人奈良教育大学）、金原正子（一般社団法人文化財科学研究所） |
| 古環境 | 15:48 | 16:06 | A-15 | 節から見た木質遺物<br>○福田さよ子（奈良県立橿原考古学研究所）、青柳泰介（同）、鈴木裕明（同） |
| | 16:06 | 16:15 | | 休憩 |
| | 16:15 | 17:30 | | 特別セッション　『奈良から発信する文化財科学』<br>講演者：西山要一（奈良大学名誉教授）<br>成瀬正和（元宮内庁正倉院事務所） |
| | 17:30 | 18:30 | | ワーキンググループ |
| | 18:30 | 20:00 | | 懇親会　奈良大学学生食堂 |

## 口頭発表　第１日（６月４日（土））

| | 開始 | 終了 | 頁 | B会場［奈良大学 102 教室］　9:30 ～ 17:30 |
|---|---|---|---|---|
| | 8:45 | | | |
| | 9:00 | 9:20 | | A会場にて開会挨拶 |
| 年代測定 | 9:20 | 9:38 | B-01 | 鈴木政吉工場製および手工品ヴァイオリンの非破壊年輪年代測定と産地推定<br>○大河内隆之（奈良文化財研究所）、井上さつき（愛知県立芸術大学）、桐山建志（愛知県立芸術大学）、安江恒（信州大学） |
| 年代測定 | 9:38 | 9:56 | B-02 | 酸素同位体比年輪年代測定のための劣化した考古材からのセルロース抽出法の開発<br>○中塚　武（総合地球環境学研究所）、佐野雅規（同）、李　貞（同） |
| 年代測定 | 9:56 | 10:14 | B-03 | 動物骨の放射性炭素年代と安定同位体組成を用いた水稲稲作安定期の北陸地方の遺跡環境復元－八日市地方遺跡を例として<br>○宮田佳樹（金沢大学）、南雅代（名古屋大学）、下濱貴子（小松市埋文センター）、長尾誠也（金沢大学）、<br>多田洋平（地球研）、佐野雅規（同）、中塚武（同）、中村俊夫（同） |
| 年代測定 | 10:14 | 10:32 | B-04 | 加速器質量分析による日本刀の放射性炭素年代測定<br>○中村俊夫（名古屋大学）、江藤孝一（福岡県刀研ぎ師）、藤本隆雄（オランダ出島屋） |
| | 10:32 | 10:40 | | 休憩 |
| 保存科学 | 10:40 | 10:58 | B-05 | 雨水の浸透がハギア・ソフィア大聖堂の壁画の劣化に及ぼす影響と対策<br>○水谷悦子（京都大学大学院工学研究科）、小椋大輔（京都大学大学院工学研究科）、石崎武志（東北芸術工科大学）、<br>安福勝（近畿大学建築学部）、佐々木淑美（関西大学国際文化財・文化研究センター、東北芸術工科大学） |
| 保存科学 | 10:58 | 11:16 | B-06 | 平城宮跡遺構展示館における塩析出抑制を目的とした保存環境の検討<br>○脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、桑原範好（京都大学大学院）、鉾井修一（京都大学大学院）、<br>小椋大輔（京都大学大学院）、高妻洋成（奈良文化財研究所） |
| 保存科学 | 11:16 | 11:34 | B-07 | 大分市元町石仏における塩類風化の現状と要因の検討（その２）<br>○桐山 京子（京都大学）、脇谷 草一郎（奈良文化財研究所）、高取伸光（京都大学）、小椋大輔（京都大学）、<br>安福勝（近畿大学）、髙妻 洋成（奈良文化財研究所） |
| 保存科学 | 11:34 | 11:52 | B-08 | 釜尾古墳における装飾壁画の保存施設の改修方法の検討<br>芥子円香（京都大学）、○小椋大輔（同）、鉾井修一（同）、坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、福田匡朗（同）、<br>三好栄太郎（熊本市文化振興課） |
| 保存科学 | 11:52 | 12:10 | B-09 | テラヘルツ波イメージング技術による高松塚古墳壁画の層構造調査<br>○犬塚将英（東京文化財研究所）、高妻洋成（奈良文化財研究所）、杉岡奈穂子（奈良文化財研究所）、<br>福永香（情報通信研究機構）、建石徹（文化庁） |
| | 12:10 | 13:10 | | 休憩（企業セミナー） |
| | 13:10 | 14:10 | | ポスター会場（体育館）にて、ポスター解説 |
| 保存科学 | 14:10 | 14:28 | B-10 | 出土木製遺物の一時保管容器における水質の推移<br>○松田 和貴（奈良文化財研究所）、脇谷 草一郎（同）、高妻 洋成（同） |
| 保存科学 | 14:28 | 14:46 | B-11 | 水蒸気移動による出土鉄製文化財の新規脱塩法の開発（その１）塩化鉄（Ⅱ）の潮解過程における最適条件の検討<br>○柳田明進（奈良県立橿原考古学研究所）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、髙妻洋成（奈良文化財研究所） |
| 保存科学 | 14:46 | 15:04 | B-12 | X 線 CT スキャナの活用による遺跡で発見される豊富な遺物情報を得る調査（Ⅲ）―福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑の埋納方法復元とガラス製辻金具の発見―<br>○加藤和歳、小林啓（九州歴史資料館）、今津節生（九州国立博物館）、岩橋由季（九州大学大学院）、<br>輪田慧（合同会社 2bit）、村上浩明（株式会社とっぺん）森下靖士、甲斐孝司、横田義章（古賀市教育委員会） |
| | 15:04 | 15:12 | | 休憩 |
| 保存科学 | 15:12 | 15:30 | B-13 | 文化財保存のためのアパタイトと光触媒の複合材料の開発<br>○野浪亨（中京大学）、尾上英彰（同）、玉澤健吾（同）、吉島成美（同）、小平亜侑（中京大学人工知能高等研究所） |
| 保存科学 | 15:30 | 15:48 | B-14 | アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究（4）～選定処理剤の現場施工について～<br>○松井敏也（筑波大学）、沢田正昭（東北芸術工科大学）、井上才八（アイ・エヌ・テクニカルラボ）、海老沢孝雄（ざエトス）、<br>河崎衣美（筑波大学）、跡見洋祐（奈良文化財研究所） |
| 保存科学 | 15:48 | 16:06 | B-15 | 土器復元のための合成樹脂の接着剤の温度による劣化研究 ― Cellulose nitrate 系 樹脂を中心に<br>○張 誠允（韓国・国立文化財研究所）、南 秉直（韓国・国立文化財研究所） |
| | 16:06 | 16:15 | | 休憩 |
| | 16:15 | 17:30 | | A会場にて、特別セッション |
| | 17:30 | 18:30 | | ワーキンググループ |
| | 18:30 | 20:00 | | 懇親会　奈良大学学生食堂 |

ポスター発表・関連行事　大会第１日（６月４日（土））

| 開始 | 終了 | ポスター | ワーキンググループ | 企業セミナー | 機器展示 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8:45 | | | | | |
| 9:00 | 9:20 | | | | |
| 9:20 | 9:38 | | | | |
| 9:38 | 9:56 | | | | |
| 9:56 | 10:14 | ポスター展示 | | | 機器展示 |
| 10:14 | 10:32 | | | | ㈱三ツワフロンテック<br>トーリ・ハン㈱<br>富士シリシア㈱<br>㈱サビア<br>光明理化学工業㈱<br>㈱ニコン・トリンブル<br>大塚オーミ陶業㈱<br>エクスロン・インターナショナル㈱<br>三恒商事㈱<br>菱江化学㈱<br>ブルカー・オプティクス㈱<br>(公)高輝度光科学研究センター<br>㈱東陽テクニカ<br>（順不同） |
| 10:32 | 10:40 | | | | |
| 10:40 | 10:58 | | | | |
| 10:58 | 11:16 | | | | |
| 11:16 | 11:34 | | | | |
| 11:34 | 11:52 | | | | |
| 11:52 | 12:10 | | | | |
| 12:10 | 13:10 | | | 企業セミナー | |
| 13:10 | 14:10 | ポスター解説 | | ㈱三ツワフロンテック<br>(公)高輝度光科学研究センター | |
| 14:10 | 14:38 | | | | |
| 14:38 | 14:56 | | | | |
| 14:56 | 15:14 | | | | |
| 15:14 | 15:22 | | | | |
| 15:22 | 15:40 | | | | |
| 15:40 | 15:58 | | | | |
| 15:58 | 16:16 | | | | |
| 16:16 | 16:25 | | | 彩色材料分析ワーキンググループ　連絡責任者：早川泰弘 | |
| 16:25 | 17:30 | | | トレハロース含浸処理実践研究会　連絡責任者：伊藤幸司<br>石造文化財の保存修復ワーキンググループ　連絡責任者：石崎武志<br>文化財科学への放射光応用推進連絡会　連絡責任者：中井　泉 | |
| 17:30 | 18:30 | | ワーキンググループ | 文化財ＣＴワーキング　連絡責任者：鳥越俊行 | |
| 18:30 | 20:00 | | | | |

## 口頭発表　第２日（６月５日（日））

| | 開始 | 終了 | 頁 | A会場［奈良大学講堂］　9:30～17:30 |
|---|---|---|---|---|
| 文化財科学一般 | 9:30 | 9:48 | A-16 | 西都原古墳群出土甲冑に残された染織品の材料学的研究<br>○奥山誠義（奈良県立橿原考古学研究所）、吉村和昭（奈良県立橿原考古学研究所）、東　憲章（宮崎県立西都原考古博物館） |
| | 9:48 | 10:06 | A-17 | エックス線を用いた古墳出土象嵌刀装具の技法調査<br>○杉崎佐保恵（福島県立博物館）、高橋満（同）、松田隆嗣（同） |
| | 10:06 | 10:24 | A-18 | 古代日韓における出土象嵌遺物の製作技法<br>林志暎（韓国釜山大学校） |
| | 10:24 | 10:42 | A-19 | 東大寺金堂出土金鈿荘大刀の復元製作による製作技術の解明<br>○塚本敏夫（公益財団法人元興寺文化財研究所）、初村武寛（同）、岡田一郎（同）、坂東俊彦（東大寺）、永井洋之（同） |
| | 10:42 | 11:00 | A-20 | X線CT調査による古墳時代甲冑の分析<br>○橋本達也（鹿児島大学）、今津節生（九州国立博物館）、河野一隆（九州国立博物館）、赤田昌倫（九州国立博物館）、岸本圭（九州国立博物館）、小嶋篤（九州国立博物館） |
| | 11:00 | 12:10 | | **日本文化財科学会2016年度　総会** |
| | 12:10 | 13:10 | | 休憩（企業セミナー） |
| | 13:10 | 14:10 | | ポスター会場（体育館）にて、**ポスター解説** |
| 文化財科学一般 | 14:10 | 14:28 | A-21 | 航空レーザ計測による大型古墳の形状把握<br>○吉川由里子（アジア航測株式会社）、深澤敦仁（群馬県教育委員会文化財保護課）、右島和夫（古墳総合調査指導委員会）、押野博仁（アジア航測株式会社）、藤井紀綱（アジア航測株式会社） |
| | 14:28 | 14:46 | A-22 | SfM/MVSを用いた島内139号地下式横穴墓出土状況の計測<br>○金田明大（奈文研）、橋本達也（鹿児島大学）、中野和浩（えびの市教育委員会）、東憲章（西都原考古学博物館）、ナワビ矢麻（早稲田大学大学院） |
| | 14:46 | 15:04 | A-23 | 竪穴建物の焼却と覆土での火焚き行為の理由<br>小林正史（北陸学院大学） |
| | 15:04 | 15:10 | | 休憩 |
| 文化財科学一般 | 15:10 | 15:28 | A-24 | ロシア古金属器時代の土器付着物にみられるC4植物の影響<br>○國木田大（東京大学）、福田正宏（九州大学）、遠藤英子（明治大学）、オクサナ・ヤンシナ（ロシア科学アカデミー）、ヴァレリー・デリューギン（極東技術大学）、マクシム・ゴルシュコフ（ハバロフスク地方郷土誌博物館）、エカテリーナ・シャポワロワ・（ハバロフスク地方郷土誌博物館） |
| | 15:28 | 15:46 | A-25 | 近世大坂城・城下町より出土したメロン種子の形状およびDNA分析<br>○田中克典（弘前大学人文学部）、大庭重信（大阪文化財研究所）、加藤鎌司（岡山大学大学院環境生命科学研究科） |
| | 15:46 | 16:04 | A-26 | 岡山県勝負砂古墳の石室・棺に用いられた木材樹種同定<br>○片山健太郎（京都大学）、岡田文男（京都造形芸術大学）、松木武彦（国立歴史民俗博物館）、西原和代（京都大学） |
| | 16:04 | 16:22 | A-27 | 蛍光寿命測定の文化財材料への応用に関する基礎研究　3<br>○佐々木良子（京都工芸繊維大学）、吉田直人（東京文化財研究所）、佐々木健（京都工芸繊維大学） |
| | 16:22 | 16:40 | A-28 | 「2015東アジア文化遺産保存国際シンポジウムin奈良」の成果と、東アジア文化遺産保存学会の活動<br>○西浦忠輝（国士舘大学）、沢田正昭（東北芸術工科大学）、高妻洋成（奈良文化財研究所） |
| | 16:40 | 16:50 | | 閉会挨拶 |

## 口頭発表　第２日（６月５日（日））

| | 開始 | 終了 | 頁 | B会場［奈良大学 102 教室］　9:30 ～ 17:30 |
|---|---|---|---|---|
| 探査 | 9:30 | 9:48 | B-16 | チャルチュアパ遺跡群カサ・ブランカ地区における地中レーダ探査<br>○野村成宏（株式会社田中地質コンサルタント）、田中謙次（同）、伊藤伸幸（名古屋大学） |
| | 9:48 | 10:06 | B-17 | 鬼ケ浦横穴墓群の地中レーダ探査<br>○水永秀樹（九州大学）、田中俊昭（同）、池田啓介（同） |
| | 10:06 | 10:24 | B-18 | 壁面からの探査の有用性と土橋での研究例<br>○泉吉紀（富山大学）、酒井英男（富山大学）、中埜貴元（国土地理院）、中村和之（函館工業高等専門学校） |
| | 10:24 | 10:42 | B-19 | 出雲大社の勢溜の鳥居の柱の超音波探査<br>○足立和成（山形大学）、柳田裕隆（山形大学）、高田一樹（山形大学）、吉川遼太郎（山形大学）、武内貫裕（山形大学）、武田雄大（山形大学）、倉林和希（山形大学）、渡辺裕二（拓殖大学） |
| | 10:42 | 11:00 | B-20 | エジプト・ハルガオアシス・アルザヤーン神殿周辺の時間領域電磁誘導探査（TDEM）による地下構造推定<br>○亀井宏行（東京工業大学）、渡邊眞紀子（首都大学東京）、ABBAS MOHAMED ABBAS（National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Egypt） |
| | 11:00 | 12:10 | | A会場にて総会 |
| | 12:10 | 13:10 | | 休憩（企業セミナー） |
| | 13:10 | 14:10 | | ポスター会場（体育館）にて、ポスター解説 |
| 保存科学 | 14:10 | 14:28 | B-21 | ミューオンラジオグラフィーによる西乗鞍古墳埋葬施設の研究<br>○石黒勝己（奈良県立橿原考古学研究所）、西藤清秀（奈良県立橿原考古学研究所）、毛登優貴（名古屋大学理学研究科 F 研究室）、石田大輔（天理市教育委員会） |
| | 14:28 | 14:46 | B-22 | 被災動物標本データベースを用いたマッチング作業による博物館台帳の再構築 ―陸前高田市立博物館所蔵動物遺存体を中心として―<br>○富岡直人（岡山理科大学）、熊谷賢（陸前高田市立博物館）、江川達也（岡山理科大学） |
| 産地 | 14:46 | 15:04 | B-23 | クメール遺跡から採取された鉄スラグおよび鉄鉱石の化学組成から推定される鉄鉱石の供給源<br>○内田悦生（早稲田大学）、村杉元規（早稲田大学）、黒田彩香（早稲田大学） |
| | 15:04 | 15:10 | | 休憩 |
| 産地 | 15:10 | 15:28 | B-24 | 長野市宮崎遺跡出土の縄文時代玉製品の石材産地<br>○大坪志子（熊本大学）、妹尾一樹（立命館大学）、矢野健一（立命館大学） |
| | 15:28 | 15:46 | B-25 | XRF、ESR 法による宮崎県・伝持田古墳群出土玉類の産地分析<br>○藁科哲男（遺物材料研究所）、田村朋美（奈良文化財研究所）、高妻洋成（同）、青木政幸（辰馬考古資料館）、上原真人（同） |
| | 15:46 | 16:04 | B-26 | 金山産サヌカイトの海を越えた流通はいつからはじまったのか？<br>○朝井琢也（同志社大学大学院）、上峯篤史（京都大学） |
| | 16:04 | 16:22 | B-27 | 同位体分析を組み合わせた遺跡より出土した辰砂鉱石の産地推定<br>○南　武志（近畿大学）、高橋和也（理化学研究所）、豊　遙秋（東京大学総合研究博物館）、中野　咲（橿原考古学研究所）、奥山誠義（同） |
| | 16:22 | 16:40 | B-28 | 沖縄県久米島のグスクにおける考古地磁気研究<br>○菅頭　明日香（富山大学，青山学院大学）、酒井英男（富山大学） |

ポスター発表・関連行事　大会第２日（６月５日（日））

| 開始 | 終了 | ポスター | ワーキンググループ | 企業セミナー | 機器展示 |
|---|---|---|---|---|---|
| 9:30 | 9:48 | | | | 機器展示 |
| 9:48 | 10:06 | | | | ㈱三ツワフロンテック<br>トーリ・ハン㈱<br>富士シリシア㈱<br>㈱サビア<br>光明理化学工業㈱<br>㈱ニコン・トリンブル<br>大塚オーミ陶業㈱<br>エクスロン・インターナショナル㈱<br>三恒商事㈱<br>菱江化学㈱<br>ブルカー・オプティクス㈱<br>(公)高輝度光科学研究センター<br>㈱東陽テクニカ<br>（順不同） |
| 10:06 | 10:24 | | | | |
| 10:24 | 10:42 | | | | |
| 10:42 | 11:00 | | | | |
| 11:00 | 12:10 | | | | |
| 12:10 | 13:10 | | | 企業セミナー | |
| 13:10 | 14:10 | ポスター解説 | | ㈱東陽テクニカ<br>大塚オーミ陶業㈱ | |
| 14:10 | 14:28 | | | | |
| 14:28 | 14:46 | | | | |
| 14:46 | 15:04 | | | | |
| 15:04 | 15:10 | ポスター撤去 | | | |
| 15:10 | 15:28 | | | | |
| 15:28 | 15:46 | | | | |
| 15:46 | 16:04 | | | | |
| 16:04 | 16:22 | | | | 機器展示撤収 |
| 16:22 | 16:40 | | | | |
| 16:40 | 16:50 | | | | |
| 16:50 | 17:40 | | ワーキンググループ | | |

東アジア文化遺産保存グループ　　連絡責任者：西浦忠輝
文化財レスキューを考える　　連絡責任者：富岡直人

ポスター会場［体育館］　9:30 ～ 17:30

| | 頁 | 発表題目　発表者（○講演者） |
|---|---|---|
| 年代測定 | P-1 | AMS14C 年代測定による縄紋竪穴住居の埋没状況<br>小林謙一（中央大学） |
| | P-2 | 大河内薬師堂の 14C 年代調査<br>○中尾七重（武蔵大学）、坂本稔（国立歴史民俗博物館）、日塔和彦（東京藝術大学） |
| | P-3 | 年輪年代調査に基づく宝城坊厨子の造営年代に関する研究<br>○大河内隆之（奈良文化財研究所）、大野敏（横浜国立大学、関口欣也（横浜国立大学名誉教授） |
| | P-4 | 光ルミネッセンス法を用いた地表面に露出する先史遺構の年代推定の可能性<br>○下岡順直（立正大）、藤井純夫（金沢大）、足立拓朗（金沢大） |
| | P-5 | 大島 2 遺跡の放射性炭素年代測定および土器付着物を用いた食性復元<br>○國木田大（東京大学）、熊木俊朗（東京大学）、佐野雄三（北海道大学）、守屋亮（東京大学）、山田哲（北見市教育委員会） |
| | P-6 | 平等院阿弥陀堂遺構材の調査－年代測定について－<br>○坂本稔（国立歴史民俗博物館）、光谷拓実（奈良文化財研究所）、中塚武（総合地球環境学研究所）、横山操（京都大学）、<br>鳴海祥博、太田亜希、田中正流、神居文彰（宗教法人平等院） |
| | P-7 | 日本産ツガ属の年輪年代測定（その９）－これまでに収集したデータの俯瞰的検討－<br>藤井裕之（奈良文化財研究所） |
| 古環境 | P-8 | 千葉県君津市・鴨川市における炭窯跡の分布と立地<br>○江口誠一（日本大学）、金井敬宏（同）、當山啓介（東京大学） |
| | P-9 | イネプラント・オパール中に内在する遺伝情報抽出手法構築に向けた基礎的研究（第 2 報）<br>○宇田津徹朗（宮崎大学）、田中克典（弘前大学）、丹羽里菜（宮崎大学） |
| | P-10 | 良渚遺跡群荀山地区における水田遺構探査<br>○宇田津徹朗（宮崎大学）、田崎博之（愛媛大学）、中村慎一（金沢大学）、浦谷綾香（宮崎大学）、劉斌（浙江省文物考古研究所）、<br>王寧遠（同）、鄭雲飛（同） |
| | P-11 | 偽石器はどうしてできたのか？<br>○上峯篤史（京都大学） |
| | P-12 | 東名遺跡（縄文時代早期）における環境変遷と生業<br>○金原正明（奈良教育大学）、西田巌（佐賀市教育委員会）、金原美奈子（文化財科学研究所）、渡邊英明（文化財科学研究所） |
| 材質・技法 | P-13 | 福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土馬冑の構造と技法に係る研究<br>○小林啓（九州歴史資料館）、加藤和（同）、今津節生（九州国立博物館）、森下靖士（古賀市教育委員会）、甲斐孝司（同）、岩橋由紀（同）、<br>横田義障（同） |
| | P-14 | 終末期古墳における目地漆喰使用箇所の検討<br>○朽津信明（東京文化財研究所）、前川佳文（東京文化財研究所） |
| | P-15 | 後期・終末期古墳における目地材料の骨材について<br>○前川佳文（東京文化財研究所）、朽津信明（同） |
| | P-16 | 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未処理・人工炭化・人工劣化の比較―<br>○伊藤美香（昭和女子大学）、小原奈津子（昭和女子大学） |
| | P-17 | 麻類等の植物繊維の生体鉱物による鑑別<br>石川莉英（昭和女子大学）、伊藤美香（同）、○小原奈津子（同） |
| | P-18 | 非破壊オンサイト分析による古代エジプト銅赤ガラスの製法および変遷の解明<br>○日髙遥香 1 阿部善也 1、中井 泉 1、菊川 匡 2、四角隆二 3、高橋寿光 4，河合 望 5、吉村 作治 4（1：東京理科大学・理学部、2：古代<br>エジプト美術館、3：岡山市立オリエント美術館、4：東日本国際大学、5：早稲田大学・紅葉研究所） |
| | P-19 | 非破壊オンサイト分析によるエジプト，コンスウエムヘブ墓の壁画顔料の同定<br>○扇谷依李（東京理科大学・理学部）、阿部善也（同）、日髙遥香（同）、中井 泉（同）、高橋 寿光（東日本国際大学）、<br>河合 望（早稲田大学・高等研究所）、近藤二郎（早稲田大学・文学学術院）、吉村作治（東日本国際大学） |
| | P-20 | エミール・ガレのガラス作品の製法に関する科学的考察<br>○和泉亜理沙 1、阿部善也 1、中井 泉 1、小林宏子 2、池田まゆみ 2（1 東京理科大学 理学部 、2 北澤美術館） |

| | 頁 | 発表題目　発表者（◯講演者） |
|---|---|---|
| 材質・技法 | P-21 | サントリー美術館所蔵　重要文化財四季花鳥図屏風の彩色材料調査<br>◯早川泰弘（東京文化財研究所）、犬塚将英（同）、城野誠治（同） |
| | P-22 | 愛知県三河地域の古墳時代後期のガラス小玉の調査<br>◯堀木真美子（愛知県埋蔵文化財センター）、鈴木恵介（同） |
| | P-23 | 鷺ノ森遺跡出土金属製品に関する検討<br>清水梨代（和歌山市教育委員会） |
| | P-24 | 古代塼の焼成温度推定のための鉱物学的アプローチ<br>◯張 誠允（韓国・国立文化財研究所）、李 讚熙（韓国・国立文化財研究所） |
| | P-25 | 中国戦国時代の青銅剣に対するＸ線ＣＴ調査<br>〇鳥越俊行（奈良国立博物館）、廣川守（泉屋博古館）、今津節生（九州国立博物館）、赤田昌倫（同）、大江克己（奈良国立博物館） |
| | P-26 | 総持寺祖院における樹種ならびに年代調査<br>◯田鶴（水野）寿弥子（京大生存研）、杉山淳司（同） |
| | P-27 | 古代ジョージアにおける銅合金利用の変遷<br>〇藤澤明（帝京大学）、NINO KEBULADZE（Georgian National Museum）、NINO KALANDADZE（同） |
| | P-28 | トルコ，カマン・カレホユック遺跡出土彩文土器に使用された黒 / 褐色顔料の非破壊分析による科学的分類および相同定<br>◯大塚晶絵（東京理科大学・理学部）、阿部善也（同）中井泉（同）、松村公仁（アナトリア考古学研究所）、大村幸弘（同） |
| | P-29 | 窯焼成技術にともなう胎土の特質―陶邑須恵器と韓国陶質土器の蛍光Ｘ線分析・顕微鏡分析を通じて―<br>◯鐘ヶ江賢二（鹿児島国際大学）、長友朋子（大阪大谷大学）、棟上俊二（福岡教育大学）、岡戸哲紀（大阪府文化財センター）、<br>河承哲（慶南発展研究院） |
| | P-30 | 朝鮮刊本の微細表面粗さと３Ｄ形状計測<br>Kim Heakyoung、◯岡田至弘（龍谷大学理工学研究科）、江南和幸 |
| | P-31 | 東日本の前期古墳出土丹塗土器に採用されたベンガラの地域性に関する研究<br>◯志賀智史（九州国立博物館） |
| | P-32 | 豊田市高橋遺跡における赤色顔料の利用について<br>◯竹原弘展（パレオ・ラボ）、長田友也（中部大学）、中村賢太郎（パレオ・ラボ） |
| | P-33 | 鋳造復元における 鋳造復元における製作技法の検討－茨木市指定文化財キリシタン遺物メダイの鋳造復元を例としてー<br>◯西村あかね１、撫養健治１、小泉武寛２、小泉裕司２、魚島純一３（１株式会社スタジオ三十三、２和銅寛、３奈良大学）、 |
| | P-34 | Ｘ線 CT スキャナを用いた国宝「初音の調度」見台の構造調査<br>◯赤田昌倫（九州国立博物館）、吉川美穂（徳川美術館）、川畑憲子（九州国立博物館）、今津節生（奈良大学） |
| | P-35 | 土井ヶ浜遺跡出土 124 号人骨のＸ線 CT による非破壊調査<br>◯赤田昌倫（九州国立博物館）、大薮由美子（土井ケ浜遺跡・人類学ミュージアム）、高椋浩史（土井ケ浜遺跡・人類学ミュージアム）、<br>田中麻美（九州国立博物館）、今津節生（奈良大学） |
| | P-36 | ハンドヘルド蛍光Ｘ線分析装置による縄文時代赤彩装身具の顔料同定<br>◯上峯篤史（京都大学）、小泉翔太（京都大学大学院）、井ノ上佳美（御所市教育委員会） |
| | P-37 | 中世の大陸伝来漆器と列島内製作漆器に用いられた下地調整技法に関する比較分析<br>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） |
| | P-38 | ロシア沿海地方と北海道内遺跡出土ガラス玉の制作技法及び材質的変遷<br>◯高橋美鈴（様似町教育委員会）、田村朋美（奈良文化財研究所） |
| | P-39 | 千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品の材質分析（2）－ ICP-AES による定量分析－<br>◯新免歳靖（東京学芸大学）、向井 亙（金沢大学）、井上暁子（東海大学）、齊藤晴子（町田市立博物館）、粕谷 崇（渋谷区教育委員会）、<br>二宮修治（東京学芸大学） |
| | P-40 | 寺院跡から出土した施釉瓦・磚胎土の化学的特徴<br>◯降幡順子（奈良文化財研究所）、今井晃樹（同）、中川二美（同） |
| | P-41 | 大分県国東半島における修正鬼会面の彩色材料について<br>◯稗田優生（大分県立歴史博物館）、松本景子（国東市教育委員会文化財課）、神崎哲也（同） |

| | 頁 | 発表題目　発表者（◯講演者） |
|---|---|---|
| 材質・技法 | P-42 | 布留遺跡出土ガラス製勾玉の流通に関する研究<br>◯村串まどか（東京理科大学）、和泉亜理紗（同）、阿部善也（同）、中井 泉（同）、日野 宏（天理大学付属天理参考館）、巽 善信（同） |
| | P-43 | 奈良県内の近世建築に使われたカツラについて<br>藤井裕之（奈良文化財研究所） |
| | P-44 | 韓半島鉄製錬スラグの成分組成に伴う微細組織の特徴の研究<br>Cho Hea Wean、Oh Min Jee、Bae Chae Rin、Cho Hyun Kyung、Cho Nam Chu　I（Kongju National University） |
| | P-45 | 古墳時代中期短甲に係る革綴技法の概念<br>◯大江克己（奈良国立博物館）、中尾真梨子（福島県文化振興財団）、西山要一（奈良大学名誉教授）、続伸一郎（堺市博物館）、<br>清水早織（京都府埋蔵文化財調査研究センター） |
| | P-46 | 岩手県盛岡市萩内遺跡出土漆櫛の材質・技法研究<br>◯片岡太郎（弘前大学人文学部北日本考古学研究センター）、上條信彦（同）、佐藤信輔（東北大学大学院文学研究科）、<br>佐々木理（東北大学総合学術博物館） |
| | P-47 | 古代・中世における木製横櫛の製作工程―民俗考学的研究―<br>◯岡田麻衣子（立命館大学大学院） |
| | P-48 | 鼓の用材樹種について　Ⅳ　X線CTスキャンを用いた検討<br>◯横山操（京都大学）、大河内隆之（奈良文化財研究所）、伊東隆夫（奈良文化財研究所） |
| | P-49 | X線と中性子を用いた非破壊分析による佐賀城天守台跡より出土した和釘の材質並びに製造技法の解明<br>◯田中眞奈子（東京藝術大学）、塩田佳徳（名古屋大学）、鬼柳善明（同） |
| | P-50 | 奈良県唐古遺跡出土木製品の樹種再同定と木取りの調査<br>◯村上由美子（京都大学総合博物館）、能城修一（森林総合研究所） |
| | P-51 | トチノキのあく抜きに関する事例<br>〇金原裕美子（文化財科学研究センター）、金原正明（奈良教育大学） |
| | P-52 | レバノン共和国ティール遺跡の人骨に残存するコラーゲンの質量分析によるアミノ酸配列解析<br>苅野茉央（奈良女子大学）、西山要一（奈良大学）、◯中沢 隆（奈良女子大学） |
| | P-53 | 三次元形状計測を用いた加茂岩倉遺跡の同笵銅鐸（24・38・39号鐸）の検討<br>◯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）、奥山誠義（奈良県立橿原考古学研究所）、<br>柳田明進（奈良県立橿原考古学研究所）、増田浩太（島根県埋蔵文化財調査センター） |
| 産地 | P-54 | トルコ、カマン・カレホユック遺跡出土のろくろ製土器の重鉱物組成と化学組成による産地推定<br>◯高橋友里恵（東京理科大学）、関本敦久（同）、中井 泉（同）、松村公仁（アナトリ考古学研究所）、大村幸弘（同） |
| | P-55 | **“在地土器”の製作者：渡来人集落における朝鮮半島系土器と在地系土師器の関係**<br>◯石田智子（鹿児島大学）、足立達朗（九州大学アジア埋蔵文化財研究センター）、田尻義了（同）、<br>小山内康人（九州大学大学院比較社会文化研究院）、小澤佳憲（九州歴史資料館） |
| | P-56 | 鳥取県青谷上寺地遺跡出土琥珀の産地推定<br>◯植田直見（元興寺文化財研究所）、水村直人（鳥取県教育文化財団）、渡邉緩子（日鉄住金テクノロジー株式会社） |
| | P-57 | 纏向遺跡出土の石製装身具の産地同定<br>◯藁科哲男（遺物材料研究所）、中村大介（埼玉大学）、福辻淳（桜井市教育委員会） |
| | P-58 | 横浜市内諸遺跡出土黒曜石資料の産地分析－縄文時代中期末から後期初頭の事例－<br>◯濱田翠（東京文化財研究所）、新免歳靖（東京学芸大学）、建石徹（文化庁）、二宮修治（東京学芸大学） |
| | P-59 | イオウ同位体比分析からみた出雲・石見地域における朱の特色<br>◯上山晶子（島根県教育庁埋蔵文化財調査センター）、南武志（近畿大学）、今津節生（九州国立博物館） |
| | P-60 | イオウ同位体比分析によるアスファルトの原産地推定の試み<br>◯上條信彦（弘前大学）、南武志（近畿大学）、高橋和也（理化学研究所） |
| | P-61 | 肉眼観察による縄文時代のチャート製石器の産地推定―京都盆地周辺の丹波帯の踏査をもとに―<br>高木康裕（京都大学大学院） |
| | P-62 | ハンドヘルド蛍光X線分析装置による隠岐・九州地方黒曜岩の原産地推定<br>◯上峯篤史（京都大学）、朝井琢也（同志社大学大学院）、L.ドレイク、LEE DRAKE、竹原弘展（パレオ・ラボ） |

| | 頁 | 発表題目　発表者（○講演者） |
|---|---|---|
| 産地 | P-63 | 金山産サヌカイトの化学組成の多様性は地質学的に説明できるか？<br>○上峯篤史（京都大学）、朝井琢也（同志社大学大学院）、渡邊貴亮（関西大学大学院）、竹原弘展（パレオ・ラボ） |
| | P-64 | 小豆島・大坂城石垣石切丁場跡残石の帯磁率調査と京阪神域石造文化財の産地推定<br>○津村宏臣（同志社大学）、岸田徹（同）、辰己拓郎（同） |
| 保存科学 | P-65 | 出土木製品保存処理の省コスト・省エネルギー化に向けた研究（その３）－トレハロース含浸処理法における含浸手法の検討－<br>○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）、藤田浩明（同）、今津節生（奈良大学） |
| | P-66 | 虎塚古墳の破片を用いた赤色顔料の分析調査<br>○李　素妍（鳥取大学）、稲田健一（ひたちなか市埋蔵文化財調査センター） |
| | P-67 | 熊本県玉名市内の装飾古墳保護施設と石室内温度状況<br>○末永　崇（玉名市教育委員会文化課）、田中康雄（同） |
| | P-68 | 人工劣化による疑似出土木材の調製１<br>○山口繁生（公益財団法人元興寺文化財研究所） |
| | P-69 | 特別史跡平城宮跡朱雀門の塗装劣化の特徴について<br>○長崎紀子（京都大学大学院）、脇谷 草一郎（奈良文化財研究所）、高妻 洋成（奈良文化財研究所） |
| | P-70 | 文化財保存修復に用いられる Paraloid™ B-72 と溶媒の相互作用に関する研究<br>○岡本駿（明治大学大学院）、早川典子（東京文化財研究所）、本多貴之（明治大学） |
| | P-71 | カッパドキア岩窟教会外壁の劣化抑制に関する研究－現地の環境計測による劣化要因の推定<br>吉岡瑞穂（京都大学）、○伊庭千恵美（同）、谷口陽子（筑波大学）、小泉圭吾（大阪大学）、渡辺晋生（三重大学）、<br>朴春澤（ハイテック㈱）、佐野勝彦（㈱ディアンドディ） |
| | P-72 | 屋外文化財への適用を目的とした撥水剤処理された建築材料の曝露試験<br>福井一真（京都大学）、○伊庭千恵美（同）、吉岡瑞穂（同）、鉾井修一（同） |
| | P-73 | 美術品輸送車両上で発生する振動周波数の解析<br>和田浩（東京国立博物館） |
| | P-74 | 特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡における劣化対応の経過報告<br>○藤田若菜（福井県立一乗谷朝倉氏遺跡資料館）、川越光洋（同）、石崎武志（東北芸術工科大学）、高妻洋成（奈良文化財研究所）、<br>山本博文（福井大学） |
| | P-75 | 美術品収蔵庫における収蔵物の劣化防止に関する研究―CFD 解析による冬期のカビ発生防止対策の検討―<br>藤原良輔（京都大学）、○小椋大輔（同） |
| | P-76 | 元町石仏の保存に関する研究―熱水分移動の数値解析による石仏各部における塩類風化の進行の検討―<br>高取伸光（京都大学）、○小椋大輔（同）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、安福勝（近畿大学）、桐山京子（京都大学）、<br>高妻洋成（奈良文化財研究所） |
| | P-77 | 交流インピーダンス法を用いた埋蔵環境下における金属製遺物の腐食速度に関する検討<br>○柳田明進（奈良県立橿原考古学研究所）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、髙妻洋成（奈良文化財研究所） |
| | P-78 | 石造文化遺産の着生地衣類が生成する石材溶解成分の分布に関する研究<br>○河崎衣美（筑波大学）、松井敏也（同） |
| | P-79 | 鷹島海底遺跡出土遺物の現状について<br>合澤哲郎（松浦市立鷹島埋蔵文化財センター） |
| | P-80 | 砂岩製文化財の劣化に及ぼす環境因子の影響―七本官軍墓地下浦砂岩製墓石を例として―<br>○杜　之岩（京都大学大学院人間・環境学研究科）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、髙妻洋成（奈良文化財研究所） |
| | P-81 | 出土青銅製文化財の保存処理に使用されたアクリル樹脂の劣化について（２）<br>○山田卓司（元興寺文化財研究所）、川本耕三（同）、山口繁生（同）、塚本敏夫（同）、田中由理（同）、植田直見（同） |
| | P-82 | 照明光源によゐ彩色試片の加速老化試験<br>○姜大一（韓國傳統文化大學校）ほか |
| 文化財科学一般 | P-83 | １６－１８世紀のヨーロッパ刊本に用いられた中国の紙<br>○江南和幸（東洋文庫研究員・龍谷大学名誉教授）、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）、<br>石塚晴通（東洋文庫研究員・北海道大学名誉教授）、徐小潔（東洋文庫）、篠崎陽子（東洋文庫）、山村義照（東洋文庫） |

| 頁 | 発表題目　発表者（◯講演者） |
|---|---|
| P-84 | 長野市宮崎遺跡出土成人骨と乳児骨の同位体分析<br>◯日下宗一郎（ふじのくに地球環境史ミュージアム）、藤澤珠織（青森中央学院大学）、矢野健一（立命館大学） |
| P-85 | 岡崎市日吉山王社山王神像の自然科学的調査<br>◯青木智史（天理参考館）、大山明彦（奈良教育大学）、小山聖（同）、馬場翔子（同）、荻山琴美（同）、木曽はづき（同）、<br>近藤真世（同）、山岸公基（同） |
| P-86 | 狭帯域 LED 光源を用いた偏光撮影による彩色材料光学情報の可視化<br>◯末森薫（国立民族学博物館）、園田直子（国立民族学博物館）、日高真吾（国立民族学博物館）、和高智美（合同会社文化創造巧芸）、<br>河村友佳子（元興寺文化財研究所）、橋本沙知（元興寺文化財研究所） |
| P-87 | Reflectance Transformation Imaging（RTI）の精度に与える撮影条件の検討<br>小野慎之介（東洋美術学校）、水落貴志（東洋美術学校）、〇松田泰典（東洋美術学校） |
| P-88 | デジタルカメラで撮影した近紫外線励起蛍光画像の補正方法の検討<br>水落貴志（東洋美術学校）、小野慎之介（東洋美術学校）、◯松田泰典（東洋美術学校） |
| P-89 | ハギア・ソフィア大聖堂内壁修復に伴う壁材および修復史の調査 - 北ティンパヌムを例に -<br>◯佐々木淑美（関西大学国際文化財・文化研究センター、東北芸術工科大学）、小椋大輔（京都大学）、安福勝（近畿大学）、<br>水谷悦子（京都大学）、石崎武志（東北芸術工科大学） |
| P-90 | 埋没時代や状況の異なる遺跡から採集したプラントオパールからの DNA 復元<br>〇田中克典（弘前大学人文学部）、丹羽里菜（宮崎大学農学部）、宇田津徹朗（宮崎大学農学部） |
| P-91 | 装飾古墳の石室環境と公開時期の決定について－佐賀県鳥栖市所在田代太田古墳の場合－<br>〇福田匡朗（熊本県立装飾古墳館）、大庭敏男（鳥栖市教育委員会）、坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、小椋大輔（京都大学） |
| P-92 | 蛍光 X 線分析による北海道出土古代ガラスビースの起源と流通についての考察<br>◯今井藍子 1, 柳瀬和也 1, 馬場慎介 1, 中井泉 1, 中村和之 2, 小川康和 3, 越田賢一郎 4<br>（1：東京理科大学・理学部　2：函館工業高等専門学校　3：余市町教育委員会　4：札幌国際大学・人文学部） |
| P-93 | 三次元計測技術を用いたレプリカ製作　―大英博物館ゴーランドコレクションを例に―<br>◯岡本篤志（大手前大学史学研究所）、増田啓（増田文物工作隊） |
| P-94 | 蛍光 X 線分析によるアイヌ玉の化学組成的特徴と流通の考察<br>馬場慎介（東京理科大学理学部）、柳瀬和也（東京理科大学理学部）、今井藍子（東京理科大学理学部）、中井 泉（東京理科大学理学部）、<br>中村和之（函館工業高等専門学校）、小川康和（余市町教育委員会）、越田賢一郎（札幌国際大学人文学部） |
| P-95 | 藤布の物理的強度に関する研究<br>◯仙波壽朗（飯田女子短期大学）、青木千恵美（同） |
| P-96 | 同一土器内における残留有機物質の分布から見える分析結果の解釈の注意<br>◯堀内晶子（国際基督教大学）、宮田佳樹（金沢大学） |
| P-97 | 歴史資料に使用された彩色材料の調査研究<br>◯秋山純子（九州国立博物館）、三好賢子（香川県立ミュージアム）、高木敬子（香川県立ミュージアム）、一瀬智（九州国立博物館）、<br>森實久美子（九州国立博物館） |
| P-98 | 考古学，環境科学への磁化研究の応用<br>◯川崎一雄（富山大学），菅頭明日香（同），泉吉紀（同），酒井英男（同） |
| P-99 | 平等院阿弥陀堂遺構材の調査 1　用材樹種について<br>◯横山操（京都大学）、伊東隆夫（奈良文化財研究所）、坂本稔（国立歴史民俗博物館）、光谷拓実（奈良文化財研究所）、<br>渡邊晶（建築技術史研究所）、鳴海祥博、太田亜希、田中正流、神居文彰（宗教法人平等院） |
| P-100 | 宋版経典用紙の分析<br>◯坂本昭二（龍谷大学） |
| P-101 | 三千本膠の比較と活用<br>◯勝川若奈（奈良大学） |
| P-102 | マイクロ X 線 CT による非破壊内部構造調査<br>金旻貞（九州国立博物館） |
| P-103 | ロシア沿海地方出土古代ガラスのオンサイト分析による考古化学的研究<br>◯中井 泉（東京理科大学）、今井藍子（同）、馬場慎介（同）、柳瀬和也（同）、S. ラフチェフ（MIHO MUSEUM）、中村和之（函館工業<br>高等専門学校）、小嶋芳孝（金沢学院大学）、中村晋也（同）、竹森杏奈（宝達志水町教育委員会）、田村朋美（奈良文化財研究所）、高橋美<br>鈴（様似町教育委員会）、Y.G. ニキーチン（ロシア科学アカデミー極東支部）、N.G. アルテミエヴァ（同）、小口雅史（法政大学） |
| P-104 | 関東地域における縄文時代の漁撈域・狩猟域－炭素・窒素およびストロンチウム同位体分析による検討－<br>◯石丸恵利子（広島大学）、覚張隆史（金沢大学）、申基澈（総合地球環境学研究所）、中野孝教（総合地球環境学研究所）、<br>陀安一郎（総合地球環境学研究所）、湯本貴和（京都大学） |

| | 頁 | 発表題目　発表者（◯講演者） |
|---|---|---|
| 文化財科学一般 | P-105 | 中国古代における馬匹生産体制の動物考古学的研究 - 関中盆地を中心に -<br>◯菊地大樹（京都大学）、覚張隆史（金沢大学）、劉呆運（陝西省考古研究院）、曹龍（同） |
| | P-106 | 年輪年代学的手法を用いた木器の接合検討―出土木器研究の新展開―<br>◯浦蓉子（奈良文化財研究所）、星野安治（同） |
| | P-107 | 三次元データの利用を考える―島内 139 号地下式横穴墓出土状況の計測成果より<br>◯金田明大（奈文研）、橋本達也（鹿児島大学）、中野和浩（えびの市教育委員会）、東憲章（西都原考古学博物館）、<br>ナワビ矢麻（早稲田大学大学院） |
| | P-108 | 陸標・天体配置と古代遺跡定位の景観考古学的研究～京都盆地北部、物集女車塚古墳・長岡京跡を例に～<br>中塚良（向日市埋蔵文化財センター） |
| | P-109 | GIS 解析による新潟県内の地震跡遺跡の空間分布特性<br>中埜貴元（国土地理院）、◯酒井英男（富山大学）、加藤学（新潟県埋蔵文化財調査事業団）、泉吉紀（富山大学） |
| | P-110 | 山口県岩国市中津居館跡出土銭甕の取り上げ・保存処理・展示活用<br>◯初村武寛（元興寺文化財研究所）、塚本敏夫（同）、下野聖（同）、岡田一郎（同）、松井義昭（同）、神崎前（岩国市教育委員会） |
| | P-111 | 多焦点画像処理による歴史芸術文化資料の詳細記録<br>山口欧志（衣笠総合研究機構） |
| | P-112 | 重要文化的景観に関する住民意識調査　－文化的景観の実像－<br>〇津村宏臣（同志社大学）、須斉史也（同） |
| | P-113 | 原の辻遺跡出土「漆塗り木製品」の三次元計測を用いた復元<br>◯片多雅樹（長崎県埋蔵文化財センター）、今西亮太（同）、古澤義久（同） |
| 探査 | P-114 | 磁気探査によるエジプト共和国コマルディバー遺跡の研究<br>◯岸田 徹（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、津村宏臣（同）、長谷川 奏（早稲田大学総合研究機構） |
| | P-115 | 扶余で無量寺の五層石塔の精密安全診断と毀損特性<br>朴敏鉄（韓國傳統文化大學校 保存科學研究所）、南宮勳（韓國傳統文化大學校 保存科學研究所）、<br>鄭光龍（韓國傳統文化大學校 保存科學研究所） |
| | P-116 | 小豆島水ノ子礁における海底遺跡地形測量調査と潜水調査<br>〇津村宏臣（同志社大学）、池田克彦（AGS㈱）、渡邊康司（AGS㈱）、関勝（関海事工業所）、川宿田好見（同志社大学） |
| | P-117 | 京都府城陽市久津川車塚古墳における物理探査<br>◯岸田徹（天理大学）、小田木治太郎（同）、桑原久男（同）、橋本英将（同）、岩元亮祐（同）、岸本直文（大阪市立大学）、<br>長友朋子（大阪大谷大学）、小泉裕司（城陽市教育委員会） |
| | P-118 | 地中レーダによる特別天然記念物・魚津埋没林の研究<br>◯泉吉紀（富山大学）、酒井英男（富山大学）、卜部厚志（新潟大学）、麻柄一志（魚津埋没林博物館）、石須秀和（魚津埋没林博物館） |
| 文化財防災 | P-119 | 『島原大変肥後迷惑』1792（寛政 4 年）の大津波による被害－熊本県内に残る津波碑の悉皆調査－<br>〇坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、美濃口雅朗（熊本城調査センター）、松本博幸（天草市文化課）、<br>川島秀一（東北大学災害国際研究所） |
| | P-120 | 津波被災紙資料から発生する臭気の同定とその対策<br>◯佐野千絵（東京文化財研究所）、内田優花（同） |
| | P-121 | 岩手県津波被災紙資料の表面清浄度調査方法の検討<br>◯内田優花（東京文化財研究所）、佐野千絵（同） |
| | P-122 | 熊本地震文化財被害速報<br>日本文化財科学会　文化財防災特別委員会 |

**Oral Presentation | June 4th, 2016 |**

| Time | | Page | Hall A [ Auditorium ] 9:30～17:30 |
|---|---|---|---|
| 8:45 | | | Registration Open |
| 9:00 | 9:20 | | Opening Remarks |
| 9:20 | 9:38 | A-01 | X-ray fluorescence analysis of the painting materials used in the Mandara pillars in Chofuku-ji Temple<br>AOKI SATOSHI/IKEDA AIKO/TANAKA KIWAKO/YAMADA HIROSHI |
| 9:38 | 9:56 | A-02 | Scientific Analysis of Colorants Used for Bachiru Carving Technique Found in Shosoin Treasures<br>RIKIYA NAKAMURA/MASAKAZU NARUSE |
| 9:56 | 10:14 | A-03 | Painting materials and techniques of Kizil grottoes: caves 69, 167 and 224<br>TANIGUCHI YOKO/MUROFUSHI MAI/LI BO |
| 10:14 | 10:32 | A-04 | Chemical investigation of pigments of the early modern European paintings using portable analytical instruments<br>HIRAYAMA AIRI/IZUMI ARISA/ABE YOSHINARI/Annelies van Loon/Frederik Vanmeert/Petria Noble/Koen Janssens/NAKAI IZUMI |
| 10:32 | 10:40 | | Short Break |
| 10:40 | 10:58 | A-05 | Identification of binding media in cultural heritage using enzyme-linked immunosorbent assa<br>TAKASHIMA MIHO/TANIGUCHI YOKO |
| 10:58 | 11:16 | A-06 | Investigation of lacquer ware excavated from Daeseong-dong No.88 tumulus<br>OKADA FUMIO/LIM JI-OUNG/SIM JAEYOUNG |
| 11:16 | 11:34 | A-07 | Microstructure analysis of Japanese pipe-shaped bengara, red pigment excavated from Kusakari site in Chiba Prefecture to clarify its origin.<br>TANAKA MANAKO/NAGATA KAZUHIRO/TERADA YASUKO/MITOME TOMONORI/HASEGAWA KOTONE/KAMIJYO TOMOHIRO |
| 11:34 | 11:52 | A-08 | Study of magnetic prospecting and magnetic properties of objects at the archaeological remains<br>SAKAI HIDEO/KANEDA AKIHIRO/UNO TAKAO |
| 11:52 | 12:10 | A-09 | Measurement of sea salt particles at Hagia Sophia, Istanbul, Turkey<br>MIZUMANI ETSUKO/OGURA DAISUKE/ISHIZAKI TAKESHI/ABUKU MASARU/SASAKI JUNI |
| 12:10 | 13:10 | | Lunch Break & **Corporate Seminar** |
| 13:10 | 14:10 | | **Poster Presentation [ Gymnasium ]** |
| 14:10 | 14:28 | A-10 | Scientific and archaeological investigation of burial goods excavated from Asukadera sit<br>Tamura Tomomi/Ishibashi Shigeto/Oga Katsuhiko |
| 14:28 | 14:46 | A-11 | Where was the"Haku ruri no wan" made? " made? - Nondestructive chemical composition analysis of facet cut glass bowls in museum collections -<br>ABE YOSHINARI/SHIKAKU RYUJI/TATSUMI YOSHINOBU/NAKAI IZUMI/St John Simpson |
| 14:46 | 15:04 | A-12 | The horse utilization and keeping in Kofun Period<br>Maruyama Masashi/Gakuhari Takashi/Aoyagi Taisuke |
| 15:04 | 15:12 | | Short Break |
| 15:12 | 15:30 | A-13 | Identification of charred bulbs of the Jomon to Yayoi periods<br>SASAKI YUKA/KYOKO YONEDA/KAZUTAKA KOBAYASHI |
| 15:30 | 15:48 | A-14 | Analytical study of excrements sediment and coprolite<br>Masaaki Kanehara/ Masako Kanehara |
| 15:48 | 16:06 | A-15 | A study on wooden knots for analyzing ancient environment of wooden remains<br>FUKUDA SAYOKO/AOYAGI TAISUKE/SUZUKI HIROAKI |
| 16:06 | 16:15 | | Short Break |
| 16:15 | 17:30 | | **Special Session "Cultural property scientific research originating from Nara of culture"**<br>**Invited Lecturer : YOUICHI NISHIYAMA (Professor emeritus at Nara University)**<br>**MASAKAZU NARUSE (The former researcher of Office of the Shosoin Treasure House)** |
| 17:30 | 18:30 | | **Working Group** |
| 18:30 | 20:00 | | **Congress Reception [ University Cafeteria ]** |

**Oral Presentation | June 4th, 2016 |**

| Time | | Page | Hall B [ Room 102 ] 9:30～17:30 |
|---|---|---|---|
| 8:45 | | | |
| 9:00 | 9:20 | | Opening Remarks [ Hall A ] |
| 9:20 | 9:38 | B-01 | Nondestructive Tree-Ring Dating and Provenance Study of the Violins Manufactured and Hand Made by Masakichi Suzuki<br>OKOCHI TAKAYUKI/INOUE SATSUKI/KIRIYAMA TAKESHI/YASUE KOH |
| 9:38 | 9:56 | B-02 | Development of cellulose extraction method from degraded archaeological wood for oxygen isotopic dendrochronological dating.<br>NAKATSUKA TAKESHI/SANO MASAKI/LI ZHEN |
| 9:56 | 10:14 | B-03 | Reconstruction of archaeological site environments in Hokuriku by radiocarbon date and stable isotope composition of animal bone<br>MIYATA YOSHIKI/MINAMI MASAYO/SHIMOHAMA TAKAKO/NAGAO SEIYA/TADA YOUHEI/SANO MASANORI/NAKATSUKA TAKESHI/NAKAMURA TOSHIC |
| 10:14 | 10:32 | B-04 | Radiocarbon dating of Japanese swords with accelerator mass spectrometry<br>NAKAMURA TOSHIO/ETO KOICHI/FUJIMOTO TAKAO |
| 10:32 | 10:40 | | Short Break |
| 10:40 | 10:58 | B-05 | Influence and measures of infiltrated rainwater on the degradation of the wall paintings in Hagia Sophia, Istanbul<br>MIZUMANI ETSUKO/OGURA DAISUKE/ISHIZAKI TAKESHI/ABUKU MASARU/SASAKI JUNI |
| 10:58 | 11:16 | B-06 | Study on conservation environment to inhibit salt precipitation of openly exhibited remains in the excavation site exhibition hall, Nara Palace Site<br>WAKIYA SOICHIRO/KUWABARA NORIYOSHI/HOKOI SHUICHI/OGURA DAISUKE/KOHDZUMA YOHSEI |
| 11:16 | 11:34 | B-07 | The Current State and the Factors of Salt Deterioration at Buddha Statue Carved into a Cliff at Motomachi Ⅱ.<br>KYOKO KIRIYAMA/ SOICHIRO WAKIYA/NOBUMITSU TAKATORI/DAISUKE OGURA/MASARU ABUKU/YOHSEI KOHDZUMA |
| 11:34 | 11:52 | B-08 | Investigation of Renovation of the Preservation Facility of Decorated Chamber Walls in Kamao Tumulus<br>MADOKA KESHI/DAISUKE OGURA/SHUICHI HOKOI/KEITARO SAKAGUCHI/MASAAKI FUKUDA/EITARO MIYOSHI |
| 11:52 | 12:10 | B-09 | Investigation of layer structure of Takamatsuzuka mural paintings using terahertz imaging technique<br>INUZUKA MASAHIDE/KOUZUMA YOUSEI/SUGIOKA NAHOKO/FUKUNAGA KAORI/TATEISHI TORU |
| 12:10 | 13:10 | | Lunch Break & **Corporate Seminar** |
| 13:10 | 14:10 | | **Poster Presentation [ Gymnasium ]** |
| 14:10 | 14:28 | B-10 | Changes in water quality of temporary storage for waterlogged wood<br>Matsuda Kazutaka/Wakiya Soichiro/Kohdzuma Yohsei |
| 14:28 | 14:46 | B-11 | Development of a novel method for desalination of iron artifacts by means of vapor diffusion and transfer(Part1) Optimal condition in the process of deliquescence of ferrous chloride<br>Yanagida akinobu/Wakiya Soichiro/Kohdzuma Yohsei |
| 14:46 | 15:04 | B-12 | Research to obtain a wealth of information artifacts that discovered from the sites using X-ray CT scanner(Ⅲ)<br>KATO KAZUTOSHI/KOBAYASHI AKIRA/IMAZU SETSUO/IWAHASHI YUKI/WADA KEI/MURAKAMI HIROAKI/MORISHITA YASUSHI/KAI KOJI/YOKOTA YOSHIAKI |
| 15:04 | 15:12 | | Short Break |
| 15:12 | 15:30 | B-13 | Development of composite material of Apatite and photocatalyst for the Protection of Cultural Properties<br>NONAMI TORU/HIDEAKI ONOUE/KENNGO TAMAZAWA/NARUMI YOSIJIMA/AYU KODAIRA |
| 15:30 | 15:48 | B-14 | Study on the Conservation Materials for Bas Relief of Bayon temple in Angkor Site (4)<br>TOSHIYA MATSUI/MASAAKI SAWADA/SAIHACHI INOUE/TAKAO EBISAWA/EMI KAWASAKI/YOSUKE ATOMI |
| 15:48 | 16:06 | B-15 | Study on degradation of synthetic resin by temperature for ceramic conservation, focused on the cellulose nitrate resin<br>JANG SUNGYOON/NAM BYEONG JIK |
| 16:06 | 16:15 | | Short Break |
| 16:15 | 17:30 | | **Special Session [ Hall A ]** |
| 17:30 | 18:30 | | **Working Group** |
| 18:30 | 20:00 | | **Congress Reception [ University Cafeteria ]** |

Poster Presentation & Events | June 4th, 2016 |

| Time | Poster | Working Group | Corporate Seminar | Analytical Instrument Exhibition |
|---|---|---|---|---|
| 8:45 | | | | |
| 9:00 9:20 | | | | |
| 9:20 9:38 | | | | |
| 9:38 9:56 | | | | |
| 9:56 10:14 | **Poster Exhibition** | | | **Analytical Instrument Exhibition** |
| 10:14 10:32 | | | | ・Mitsuwa Frontech Corp.<br>・TOLIHAN CORP.<br>・FUJI SILYSIA CHEMICAL LTD.<br>・Sabia Inc.<br>・KOMYO RIKAGAKU KOGYO K.K.<br>・NIKON-TRIMBLE CO., LTD.<br>・OTSUKA OHMI CERAMICS CO.,LTD.<br>・YXLON International GmbH<br>・SANKO-SYOJI CO.,LTD.<br>・RYOKO CHEMICAL Co.,LTD.<br>・Bruker Optics K.K.<br>・Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)<br>・TOYO Corporation |
| 10:32 10:40 | | | | |
| 10:40 10:58 | | | | |
| 10:58 11:16 | | | | |
| 11:16 11:34 | | | | |
| 11:34 11:52 | | | | |
| 11:52 12:10 | | | | |
| 12:10 13:10 | | | **Corporate Seminar**<br>・Mitsuwa Frontech Corp.<br>・Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI) | |
| 13:10 14:10 | **Poster Presentation** | | | |
| 14:10 14:38 | | | | |
| 14:38 14:56 | | | | |
| 14:56 15:14 | | | | |
| 15:14 15:22 | | | | |
| 15:22 15:40 | | | | |
| 15:40 15:58 | | | | |
| 15:58 16:16 | | | | |
| 16:16 16:25 | | | **・Working Group for the Analysis of Coloring Materials** | |
| 16:25 17:30 | | | **・Study group of trehalose method**<br>**・Conservation and Restoration of Stone Cultural Heritage WG**<br>**・Promotion of Application of Synchrotron Radiation to the Study of Cultural Properties** | |
| 17:30 18:30 | | **Working Group** | **・X-ray Computed Tomography Working Group for Cultural properties** | |
| 18:30 20:00 | | | | |

**Oral Presentation | June 5th, 2016 |**

| Time | | Page | Hall A [ Auditorium ] 9:30～17:30 |
|---|---|---|---|
| 9:30 | 9:48 | A-16 | Identification of textile fibers remained on iron armors excavated from Saitobaru tomb groups in Miyazaki prefecture.<br>OKUYAMA MASAYOSHI/YOSHIMURA KAZUAKI/HIGASHI NORIAKI |
| 9:48 | 10:06 | A-17 | Scientific Study on a set of Pommel and Guard Excavated from an Old Tomb in Japan<br>SUGIZAKI SAHOE/TAKAHASHI MITSURU/MATSUDA TAKATSUGU |
| 10:06 | 10:24 | A-18 | The technique of metal inlay in ancient Korea and Japan<br>Ji-young, LIM |
| 10:24 | 10:42 | A-19 | The elucidation of production technology by replica production of decorative sword excavated from the Hall of the Great Buddha of Todaiji Temple<br>TSUKAMOTO TOSHIO/HATSUMURA TAKEHIRO/OKADA ICHIRO/BANDO TOSHIHIKO/NAGAI HIROYUKI |
| 10:42 | 11:00 | A-20 | Analysis of the Kofun Period Armor by an X-ray CT investigation<br>HASHIMOTO TATSUYA/IMAZU SETSUO/KAWANO KAZUTAKA/AKADA MASANORI/KISHIMOTO KEI/KOJIMA ATSUSHI |
| 11:00 | 12:10 | | **JSSSCP 2016 Annual General Meeting** |
| 12:10 | 13:10 | | Lunch Break & Corporate Seminar |
| 13:10 | 14:10 | | **Poster Presentation | Gymnasium |** |
| 14:10 | 14:28 | A-21 | Documentation and Mapping of Gigantic Mounded Tombs Using Airborne Laser Scanner<br>YOSHIKAWA YURIKO/FUKAZAWA ATSUHITO/MIGISHIMA KAZUO/OSHINO HIROHITO/FUJII NORITSUNA |
| 14:28 | 14:46 | A-22 | Measurement survey of the Shimauchi139 underground cave tombs by SfM<br>KANEDA AKIHIRO/HASHIMOTO TATSUYA/NAKANO KAZUHIRO/HIGASHI NORIAKI/NAWABI YAMA |
| 14:46 | 15:04 | A-23 | Reasons for Post-discard Firings of/in Pit-dwellings.<br>Kobayashi Masashi |
| 15:04 | 15:10 | | Short Break |
| 15:10 | 15:28 | A-24 | The effect of C4-Plants as seen on charred remains on pottery from Paleometal sites in the Russia<br>KUNIKITA DAI/FUKUDA MASAHIRO/ENDO EIKO/OKSANA YANSHINA/VALERY DERYUGIN/MAXIM GORSHKOV/EKATERINA SHAPOVALOVA |
| 15:28 | 15:46 | A-25 | Morphological and DNA analysis of melon seed remains excavated at the Osaka Castle and the castle town<br>TANAKA KATSUNORI/OBA SHIGENOBU/KATO KENJI |
| 15:46 | 16:04 | A-26 | Identification of funeral wood materials found from chamber shobuzako tumulus<br>KATAYAMA KENTARO/OKADA FUMIO/MATSUGI TAKEHIKO/NISHIHARA KAZUYO |
| 16:04 | 16:22 | A-27 | Preliminary research about the application to the fluorescence lifetime measurement for cultural properties 3<br>SASAKI YOSHIKO/YOSHIDA NAOTO/SASAKI KEN |
| 16:22 | 16:40 | A-28 | Results of the 2015 International Symposium on Conservation of East Asian Cultural Heritage in Nara, and the Activities of the Society for the Conservation of Cultural Heritage in East Asia.<br>NISHIURA TADATERU/SAWADA MASAAKI/KOUZUMA YOUSEI |
| 16:40 | 16:50 | | Closing Remarks |

**Oral Presentation | June 5th, 2016 |**

| Time | | Page | Hall B [ Room 102 ] 9:30～17:30 |
|---|---|---|---|
| 9:30 | 9:48 | B-16 | Ground Penetrating Radar Survey at Archaeological site of Casa Blanca in Chalchuapa.<br>NOMURA SHIGEHIRO/TANAKA KENJI/ITO NOBUYUKI |
| 9:48 | 10:06 | B-17 | GPR survey at Onigaura tunnel tombs<br>MIZUNAGA HIDEKI/TANAKA TOSHIAKI/IKEDA KEISUKE |
| 10:06 | 10:24 | B-18 | GPR study of the earthen bridge from the wall<br>IZUMI YOSHINORI/SAKAI HIDEO/NAKANO TAKAYUKI/NAKAMURA KAZUYUKI |
| 10:24 | 10:42 | B-19 | Ultrasonic Inspection of the Pillars of Seidamari No Torii (Shinto Shrine Gate) of Izumo Taisha<br>ADACHI KAZUNARI/YANAGIDA HIROTAKA/TAKADA KAZUKI/RYOTARO YOSHIKAWA/TAKEUCHI TAKAHIRO/TAKEDA YUDAI/KURABAYASHI KAZUKI/WATANABE YUJI |
| 10:42 | 11:00 | B-20 | Time Domain Electro-Magnetic Survey around El-Zayyan Temple in Kharga Oasis, Egypt<br>KAMEI HIROYUKI/WATANABE MAKIKO/ABBAS MOHAMED ABBAS |
| 11:00 | 12:10 | | **JSSSCP 2016 Annual General Meeting [ Hall A ]** |
| 12:10 | 13:10 | | Lunch Break & Corporate Seminar |
| 13:10 | 14:10 | | **Poster Presentation [ Gymnasium ]** |
| 14:10 | 14:28 | B-21 | Studying Nishinorikura tumulus by the method of muon radiography<br>KATSUMI ISHIGURO/KIYOHIDE SAITO/MASAKI MOTO/DAISUKE ISHIDA |
| 14:28 | 14:46 | B-22 | Reconstructing a Museum Ledger Using Matching Method Based on the Database of Damaged Animal Specimen - Centering on the Animal Remains in the Rikuzentakata City Museum -<br>Naoto TOMIOKA/Masaru KUMAGAI/Tatsuya EGAWA |
| 14:46 | 15:04 | B-23 | Provenance of iron ores deduced from the chemical compositions of iron slags and ores taken from the Khmer monuments.<br>UCHIDA ETSUO/MURASUGI MOTOKI/KURODA AYAKA |
| 15:04 | 15:10 | | Short Break |
| 15:10 | 15:28 | B-24 | Production areas of stone materials for the Jomon ornamental beads of Miyazaki Site in Nagano City<br>OTSUBO YUKIKO/SENOO KAZUKI/YANO KENICHI |
| 15:28 | 15:46 | B-25 | The Source Identification of the jasper and jade beads found from Mochida tumulus group by means of XRF and ESR<br>WARASHINA TETSUO/Tamura Tomomi/Kohzuma Yohsei/Aoki Masayuki/Uehara Mahito |
| 15:46 | 16:04 | B-26 | Origin of Over-Sea-Transportation of Kanayama Sanukite<br>TAKUYA ASAI/ATSUSHI UEMINE |
| 16:04 | 16:22 | B-27 | Identification of original mines of cinnabar ores collected from remains using combined technique of isotope analysis<br>MINAMI TAKESHI/TAKAHASHI KAZUYA/BUNNO MICHIAKI/NAKANO SAKI/OKUYAMA MASAYOSHI |
| 16:22 | 16:40 | B-28 | Archaeomagnetic study of Gusuku site of Kumejima in Okinawa<br>KANTO ASUKA/SAKAI HIDEO |

**Poster Presentation & Events [ June 5th, 2016 ]**

| Time | Poster | Working Group | Corporate Seminar | Analytical Instrument Exhibition |
|---|---|---|---|---|
| 9:30 9:48 | | | | **Analytical Instrument Exhibition** |
| 9:48 10:06 | | | | ・Mitsuwa Frontech Corp.<br>・TOLIHAN CORP.<br>・FUJI SILYSIA CHEMICAL LTD.<br>・Sabia Inc.<br>・KOMYO RIKAGAKU KOGYO K.K.<br>・NIKON-TRIMBLE CO., LTD.<br>・OTSUKA OHMI CERAMICS CO.,LTD.<br>・YXLON International GmbH<br>・SANKO-SYOJI CO.,LTD.<br>・RYOKO CHEMICAL Co.,LTD.<br>・Bruker Optics K.K.<br>・Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)<br>・TOYO Corporation |
| 10:06 10:24 | | | | |
| 10:24 10:42 | | | | |
| 10:42 11:00 | | | | |
| 11:00 12:10 | | | | |
| 12:10 13:10 | | | **Corporate Seminar**<br>・TOYO Corporation<br>・OTSUKA OHMI CERAMICS CO.,LTD. | |
| 13:10 14:10 | **Poster Presentation** | | | |
| 14:10 14:28 | | | | |
| 14:28 14:46 | | | | |
| 14:46 15:04 | | | | |
| 15:04 15:10 | Removal | | | |
| 15:10 15:28 | | | | |
| 15:28 15:46 | | | | |
| 15:46 16:04 | | | | |
| 16:04 16:22 | | | | Removal |
| 16:22 16:40 | | | | |
| 16:40 16:50 | | | | |
| 16:50 17:40 | | **Working Group**<br>**・Conservation of East Asian Cultural Heritage**<br>**・Discussion on Rescue of Cultural Properties** | | |

Poster Presentations [ June 4th, 5th, 2016 ]

Poster Exhibition [ Gymnasium ]　9:30～17:30

| Page | Title<br>Presenter |
|---|---|
| P-1 | Radiocarbon Dating of the Burial Process House-Pit Vestiges of the Jomon Period<br>Kobayashi Kenichi |
| P-2 | 14C-dating of Okawachi Yakusido in Matsusaka, Mie prefecture<br>Nakao Nanae/Sakamoto Minoru/Nittou Kazuhiko |
| P-3 | A Study of the Age of Construction for the Zushi at Hojo-bo Temple Based on the Dendrochronological Research<br>OKOCHI TAKAYUKI/ONO SATOSHI/SEKIGUCHI KINYA |
| P-4 | Possibility of OSL dating for exposed prehistoric remains<br>SHITAOKA YORINAO/FUJII SUMIO/ADACHI TAKURO |
| P-5 | Radiocarbon dating and analyzing food habits using charred remains on pottery in the Osima 2 site<br>KUNIKITA DAI/KUMAKI TOSHIAKI/SANO YUZO/MORIYA RYO/YAMADA SATORU |
| P-6 | Dating research on remained wood members of Byodo-in Temple Amida-do.<br>Minoru SAKAMOTO/Takumi MITSUTANI/Takeshi NAKATSUKA/Misao YOKOYAMA/Yoshihiro NARUMI/Aki OHTA/Masaru TANAKA/Fumiaki KAMII |
| P-7 | Dendrochronology of Japanese Hemlocks 9: Comprehensive study on already collected ring-width data<br>FUJII HIROYUKI |
| P-8 | The distribution of abandoned charcoal producing kilns in the University of Tokyo Chiba Forest in the southern part of Chiba Prefecture<br>EGUCHI SEIICHI/KANAI TAKAHIRO/TOYAMA KEISUKE |
| P-9 | Fundamental study for the technique of salvaging the genetic information existing in the rice phytolith (Ⅱ)<br>UDATSU TETSURO/TANAKA KATSUNORI/NIWA RINA |
| P-10 | Investigation of the ancient paddy fields buried in the Xun Shan area located in Liangzhu Sites Group.<br>UDATSU TESURO/TASAKI HIROYUKI/NAKAMURA SHINICHI/URATANI AYAKA/LIU BIN/WANG NINGYUAN/ZHENG YUNFEI |
| P-11 | What Formation Process were Stone Tools-like Geofacts Produced by?<br>ATSUSHI UEMINE |
| P-12 | Environmental changes in Higasimyo site(Early Jomon period)<br>Masaaki Kanehara/Iwao Nishida/Minako Kanehara/ Hideaki Watanabe |
| P-13 | Study of chamfron structure and technipues by Funabaru tomb in Koga City, Fukuoka Prefecture<br>KOBAYASHI AKIRA/KATO KAZUTOSHI/IMAZU SETSUO/MORISHITA YASUSHI/KAI/IWAHASHI YUKI/YOKOTA YOSHIAKI |
| P-14 | Consideration on the distribution of the joint plaster in tumuli of Final Kofun Period<br>KUCHITSU NOBUAKI/MAEKAWA YOSHIFUMI |
| P-15 | Aggregate for joint material in tombs of the Late and Final Kofun<br>MAEKAWA YOSHIFUMI/KUCHITSU NOBUAKI |
| P-16 | Microscopic Study for Identification of Archaeological Fibers －Comparison with H+emp Fibers from Different Districts in Japan, Untreated Fibers and Artificially Carbonized Fibers and Artificially Degraded Fibers－<br>MIKA ITO/NATSUKO KOHARA |
| P-17 | Identification of Plant Fibers by Crystals and Silica in their Ashed Specimens<br>RIE ISHIKAWA/MIKA ITO/NATSUKO KOHARA |
| P-18 | Investigation of the production technique and the transition of and the transition of ancient Egyptian"copper-red" glass artifacts based on non-destructive on-site analyses<br>HIDAKA HARUKA/ABE YOSHINARI/NAKAI IZUMI/KIKUGAWA TADASHI/SHIKAKU RYUJI/TAKAHASHITAKAHASHI/KAWAI NOZOMU/YOSHIMURA SAKUJI |
| P-19 | Identification of pigments used in the wall paintings of the private tomb of Khonsuemheb in Egypt by nondestructive onsite analysis<br>OGIDANI ERI/ABE YOSHINARI/HIDAKA HARUKA/NAKAI IZUMI/TAKAHASHI KAZUMITSU/KAWAI NOZOMU/KONDO JIRO/ |
| P-20 | Scientific consideration of production techniques of glass art works by Emile Gallé<br>IZUMI ARISA/ABE YOSINARI/NAKAI IZUMI/KOBAYASI HIROKO/ IKEDA MAYUMI |
| P-21 | Analysis of Colorants Used in Flowers and Birds of the Four Seasons, Important Cultural Property, collected in Suntory Museum of Art<br>Yasuhiro HAYAKAWA/Masahide INUDUKA/Seiji SHIRONO |
| P-22 | Study of the glass beads from the tumuli (late half of the Kofun period)<br>MAMIKO HORIKI/KEISUKE SUZUKI |
| P-23 | Examination about The Saginomori Ruins exhumation metal product<br>SHIMIZU RIYO |
| P-24 | Mineralogical approach for estimation of firing temperature of ancient brick<br>JANG SUNGYOON/LEE CHAN HEE |
| P-25 | Study of X-ray CT for a Bronze Sword of the Age of the Warring States in China<br>TORIGOE TOSHIYUKI/HIROKAWA MAMORU/IMAZU SETSUO/AKADA MASANORI/OHE KATSUKI |
| P-26 | Wood identification and dating of Sojiji temple<br>TAZURU (MIZUNO) SUYAKO/SUGIYAMA JUNJI |
| P-27 | The Chronological Scientific Research for Usage of Copper Alloys in Ancient Georgia<br>FUJISAWA AKIRA/NINO KEBULADZE/ NINO KALANDADZE |
| P-28 | Nondestructive chemical classification and phase identification of black/brown pigments on painted pottery sherds excavated from Kaman-Kalehöyük, Turkey<br>OTSUKA AKIE/ABE YOSHINARI/NAKAI IZUMI/MATUMURA KIMIYOSHI/OMURA SACHIHIRO |

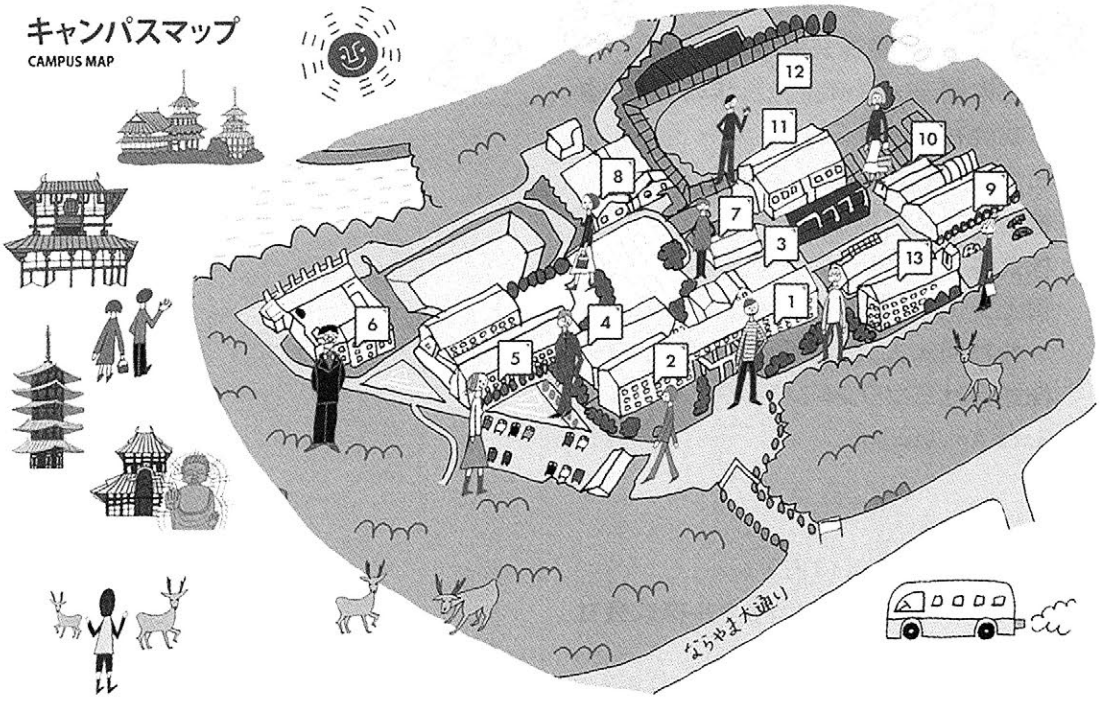
| Page | Title<br>Presenter |
|---|---|
| P-29 | Characterization of raw material for the production of pottery on the kiln firing: based on the X-Ray fluorescence analysis and petrologic analysis for the Sue ware from Suemura site complex and the Korean Dojil ware<br>KANEGAE KENJI/NAGATOMO TOMOKO/TOJO SHUNJI/OKADO TETSUNORI/HE SEUNG CHEOL |
| P-30 | Surface roughness and 3D measurements of Korea old print books.<br>Kim Heakyoung/YOSHIHIRO OKADA/KAZUYUKI ENAMI |
| P-31 | Study of regional characteristics of Bengala used to coloring pottery excavated from tumuli during the early Kofun period in Eastern Japan.<br>SHIGA Satoshi |
| P-32 | The utilizathion of red pigment at Takahashi site, Toyota city.<br>TAKEHARA HIRONOBU/OSADA TOMONARI/NAKAMURA KENTARO |
| P-33 | Study of casting techniques in casting restoration. - As an example the casting restoration in Ibaraki City designated cultural assets Christian relics.-<br>NISHIMURA AKANE/MUYA KENJI/UOSHIMA JUNICHI/KOIZUMI BUKAN |
| P-34 | Study of structure for Kendai at Hatsune Furnishings using X-ray CT<br>AKADA MASANORI/YOSHIKAWA MIHO/KAWABATAN ORIKO/IMAZU SETSUO |
| P-35 | Non-destructive investigation by the X-ray CT at Doigahama site buried human bones.<br>AKADA MASANORI/OYABU YUMIKO/TAKAMUKU HIROFUMI/TANAKA ASAMI/IMAZU SETSUO |
| P-36 | Application of Handheld XRF to Identification of Pigment on Jomon Ornament<br>ATSUSHI UEMINE/SYOTA KOIZUMI/YOSHIMI INOUE |
| P-37 | Comparative Analysis on Technique for Making the Ground Coating Used in the Production of Medieval Lacquerware between the Asian Continent and Islands of Japan<br>TAKEDA AKIKO/AKANUMA HIDEO/TSUCHIYA NOBUTAKA |
| P-38 | The material transition and fabricateon techniques of Glass beads from Vladivostok and Hokkaido<br>TAKAHASHI MISUZU/TAMURA TOMOMI |
| P-39 | Analysis of modern glasses from Sendagaya 5-chome site(2)<br>TOSHIYASU SHINMEN/KO MUKAI/AKIKO INOUE/SAITO HARUKO/TAKASHI KASUYA/SYUJI NINOMIYA |
| P-40 | Chemical characteristic of clay excavated from temple sites - Consideration in the glazed tile -<br>FURIHATA JUNKO/IMAI KOKI/NAKAGAWA FUMI |
| P-41 | The painting Materials Used for Shujo Onie at Kunisaki Peninsula in Oita Prefecture<br>Yuki HIEDA/Keiko MATSUMOTO/Tetsuya KANZAKI |
| P-42 | Archaeometrical investigation of distribution ancient glass excavated from Furu site<br>MURAKUSHI MADOKA/IZUMI ARISA/ABE YOSHINARI/NAKAI IZUMI/HINO HIROSHI/TATSUMI YOSHINOBU |
| P-43 | New findings on Katsura (Cercidiphyllum japonicum) timber in Early Modern wooden historical buildings, Nara prefecture<br>FUJII HIROYUKI |
| P-44 | Comparison of Microstructural Features on Composition of Iron Smelting-Slags in Korea<br>Cho Hea Wean/Oh Min Jee/Bae Chae Rin/Cho Hyun Kyung/Cho Nam Chul |
| P-45 | The concept of leather string technique relating to tumulus period armor<br>Ohe Katsuki/Nakao Mariko/ Nisiyama Youichi/Tuduki Sinichiro/Shimizu Saori |
| P-46 | Elucidation of the fabrication techniques and materials used in lacquerware combs excavated from the site of SHIDANAI in IWATE prefecture<br>KATAOKA TARO/KAMIJO NOBUHIKO/SATO SHINSUKE/SASAKI OSAMU |
| P-47 | The study ofrevealing process processes of forming forming wooden combs in the ancient and middle ages by Ethno - archaeology archaeology .<br>OKADA MAIKO |
| P-48 | Wood Identification of Japanese Small Hand Drum<br>YOKOYAMA MISAO/OHKOUCH TAKAYUKI/ITOH TAKAO |
| P-49 | A nondestructive study of Japanese iron nails excavated from Saga Castle to clarify material properties and manufacturing techniques using X-ray and neutron<br>TANAKA MANAKO/SHIOTA YOSHINORI/KIYANAGI YOSHIAKI |
| P-50 | The research of the second wood identification and wood use in the Karako site<br>MURAKAMI YUMIKO/NOSHIRO SYUICHI |
| P-51 | Case for removing harshness from Japanese horse chestnut<br>KANEHARA YUMIKO/KANEHARA MASAAKI |
| P-52 | Amino-Acid Sequence Analysis by Mass Spectrometry of Collagen Remaining in Human Bones Excavated from a Grave in Tyre, Lebanon.<br>KARINO MAO/NISHIYAMA YOICHI/NAKAZAWA TAKASHI |
| P-53 | The study of the Bronze bells excavated from the Kamo-Iwakura site made from the same mold using the three-dimensional measurement<br>KITAI TOSHIYUKI/MIZUNO TOSHINORI/OKUYAMA MASAYOSHI/YANAGIDA AKINOBU/MASUDA KOTA |
| P-54 | Provenance of wheel heel-made pottery shards excavated from Kaman-Kalehöyük, Turkey based on heavy mineral and chemical compositions<br>TAKAHASHI YURIE/SEKIMOTO ATSUHISA/NAKAI IZUMI/MATSUMURA KIMIYOSHI/OMURA SACHIHIRO |
| P-55 | Potter of "local pottery": relationship between Korean Peninsula style pottery and local style Haji ware in settlement of migrant<br>ISHIDA TOMOKO/ADACHI TATSURO/TAJIRI YOSHINORI/OSANAI YASUHITO/OZAWA YOSHINORI |
| P-56 | Provenance study of excavated amber from Aoya-Kamijichi site, Tottori Prefecture<br>Ueda Naomi/Mizumura Naoto/Watanabe Hiroko |
| P-57 | Source identification of stone ornaments excavated from Makimuku site.<br>WARASHINA TETSUO/NAKAMURA DAISUKE/FUKUTSUJI JUN |

| Page | Title<br>Presenter |
|---|---|
| P-58 | Source analysis of obsidian excavated from various sites in Yokohama, Kanagawa Prefecture:<br>Cases from the end of Middle to the beginning of Late Jomon<br>MIDORI HAMADA/TOSHIYASU SHINMEN/TORU TATEISHI/SHUJI NINOMIYA |
| P-59 | Peculiarity of vermillion collected from burial mounds in Izumo and Iwami areas by using sulfur isotope ratio<br>UEYAMA SHOKO/MINAMI TAKESHI/IMAZU SETSUO |
| P-60 | Identification of the sources of bitumen using sulfur isotope ratio in Japan<br>KAMIJO NOBUHIKO/MINAMI TAKESHI/TAKAHASHI KAZUYA |
| P-61 | Sourcing chart artifacts of Jomon period by observing attributes visible to the naked eye: A study based on a field survey of cherts in the Tamba Belt around the Kyoto Basin<br>TAKAGI YASUHIRO |
| P-62 | Application of Handheld XRF to Provenance Studies of Obsidian from Western Japan<br>ATSUSHI UEMINE/TAKUYA ASAI/Bruker Corporation/LEE DRAKE/HIRONOBU TAKEHARA |
| P-63 | Can Geological Environment of Kanayama-Sanukite Resource Explain Diversity in Chemical Composition?<br>ATSUSHI UEMINE/TAKUYA ASAI/TAKAAKI WATANABE/HIRONOBU TAKEHARA |
| P-64 | Magnetic susceptibility survey of the cultural properties in Shodo island and Kansai historical area.<br>TSUMURA HIROOMI/KISHIDA TORU/TATSUMI TAKUROU |
| P-65 | Study of saving cost and energy of the waterlogged wood conservation treatment(3)<br>-Study of impregnation processing technique for Trehalose method-<br>ITO KOUJI/FUJITA HIROAKI/IMAZU SETSUO |
| P-66 | Analysis of Red Pigment by Fragments of Toratsuka Tomb<br>Soyeon LEE/Kenichi INADA |
| P-67 | The protection facility of the decorated Tombs and temperature regime in the stone chamber in Tamana city, kumamoto prefecture<br>SUENAGA TAKASHI/TANAKA YASUO |
| P-68 | Preparation of quasi buried wood by artificial degradation<br>YAMAGUCHI SHIGEO |
| P-69 | The feature of degradation painting of the Suzakumon Gate of the Nara Palace Site, a Special Historic Site designated by the Japanese Government.<br>Nagasaki Noriko/Wakiya Soichiro/Kohdzuma Yosei |
| P-70 | Interaction with Organic solvent and Paraloid™ B-72 used in restoration for historical and cultural properties<br>OKAMOTO SHUN/HAYAKAWA NORIKO/HONDA TAKAYUKI |
| P-71 | Environmental monitoring for suppression of deterioration of a rock hewn church, Cappadocia<br>MIZUHO YOSHIOKA/CHIEMI IBA/YOKO TANIGUCHI/KEIGO KOIZUMI/KUNIO WATANABE/CHUNZE PIAO/KATSUHIKO SANO |
| P-72 | Outdoor weathering test on exterior materials treated with water repellent agents aiming to apply for cultural properties<br>FUKUI KAZUMA/IBA CHIEMI/YOSHIOKA MIZUHO/HOKOI SHUICHI |
| P-73 | Analysis of vibration frequency that detected on the track for art object transport<br>WADA HIROSHI |
| P-74 | The progress report of the degradation corresponding in the special historic site Ichijodani asakura family site.<br>WAKANA FUJITA/MITSUHIRO KAWAGOSHI/TAKESHI ISHIZAKI/YOUSEI KOUZUMA/HIROFUMI YAMAMOTO |
| P-75 | Study on Degradation Preventing Method of Collections in Art Storage Room —Investigation of the measures for preventing mold in winter by CFD analysis<br>FUJIHARA RYOSUKE/OGURA DAISUKE |
| P-76 | Study on the preservation of Motomachi Sekibutsu -Investigation of the progress of salt damage on the individual parts by the numerical analysis for heat and moisture transfer-<br>NOBUMITSU TAKATORI/DAISUKE OGURA/SOICHIRO WAKIYA/MASARU ABUKU/KYOKO KIRIYAMA/YOSEI KOHDZUMA |
| P-77 | Study on corrosion rate of metal artifacts buried in archaeological site by means of AC impedance method<br>Yanagida akinobu/Wakiya Soichiro/Kohdzuma Yohsei |
| P-78 | A study on the distribution of stone dissolved components generated from epiphytic lichens of stone cultural heritage<br>KAWASAKI EMI/MATSUI TOSHIYA |
| P-79 | Relics condition of Takashima underwater site<br>AIZAWA TETSURO |
| P-80 | Deterioration of sandstone affected by the surrounding environment -A case study of Shimoura sandstone gravestones of the Government Army Cemetery in Nanamoto-<br>Du ZhiYan/Wakiya Soichiro/Kohdzuma Yohsei |
| P-81 | Deterioration of Acrylic Resin used to Conservation of Excavated Bronze Cultural Properties(2)<br>Yamada Takashi/Kawamoto Kozo/Yamaguchi Shigeo/Tsukamoto Toshio/Tanaka Yuri/Ueda Naomi |
| P-82 | The experiment of colored pieces by accelerated aging for sources of illumination<br>KANG DAI ILL/Ji Won Kim/Hwa Soo Lee/Jae Hyoung Ryu/Jin Hwan Lee |
| P-83 | Chinese Paper used for European Books published in the 16 to 18 centuries<br>ENAMI KAZUYUKI/OKADA YOSHIHIRO/ISHIZUKA HARUMICHI/XU Xiaojie/SHINOZAKI YOKO/YAMAMURA YOSHITERU |
| P-84 | Isotope Analyses of Human Skeletal Remains of Adults and Infant Bones Excavated from Miyazaki Site in Nagano City<br>KUSAKA SOICHIRO/FUJISAWA SHIORI/YANO KENICHI |
| P-85 | Scientific research on the Sanno Gods statues of Hie Sanno Shrine in Okazaki City<br>AOKI SATOSHI/OYAMA AKIHIKO/KOYAMA KIYOMI/BABA SHOKO/OGIYAMA KOTOMI/KISO HAZUKI/KONDO MAYO/YAMAGISHI KOKI |
| P-86 | Visualization of optical information of coloring materials applying narrow band LED lights with polarization photography<br>KAORU SUEMORI/NAOKO SONODA/SHINGO HIDAKA/TOMOMI WADAKA/YUKAKO KAWAMURA/SACHI HASHIMOTO |

| Page | Title<br>Presenter |
|---|---|
| P-87 | Study on imaging conditions operating on accuracy of Reflectance Transformation Imaging (RTI)<br>ONO Shinnosuke/MIZUOCHI Takashi/MATSUDA Yasunori |
| P-88 | Study on a correction method for near-UV exited-fluorescence images acquired by a digital camera<br>MIZUOCHI TAKASHI/ONO SHINNOSUKE/MATSUDA YASUNORI |
| P-89 | Research on Inner Wall Materials and Restoration at North Tympanum in Hagia Sophia, Istanbul, Turkey<br>JUNI SASAKI/DAISUKE OGURA/MASARU ABUKU/ETSUKO MIZUTANI/TAKESHI ISHIZAKI |
| P-90 | Recovery of ancient DNA from phytoliths excavated at different aged archaeological site and different buried condition<br>TANAKA KATSUNORI/NIWA RINA/UDATSU TETSURO |
| P-91 | The environment of the stone chamber and the decision of public in Decorated Tumulus<br>—Tosu City ,Saga Prefectural Government in the case of Tashirota Tumulus—<br>MASAAKI FUKUDA/TOSHIO OOBA/SAKAGUCHI KEITAROU/OGURA DAISUKE |
| P-92 | Investigation of provenance and distribution of ancient glass beads excavated from Hokkaido by XRF analysis<br>IMAI AIKO/YANASE KAZUYA/BABA SHINSUKE/NAKAI IZUMI/NAKAMURA KAZUYUKI/OGAWA YASUKAZU/KOSHIDA KENICHIRO |
| P-93 | Cultural assets replica production using the three-dimensional measurement technique.<br>OKAMOTO ATSUSHI/MASUDA KEI |
| P-94 | Investigation of chemical composition and distribution of "Ainu Ball" by nondestructive X-ray fluorescence analysis<br>YANASE KAZUYA/BABA SHINSUKE/IMAI AIKO/NAKAI IZUMI/NAKAMURA KAZUYUKI/OGAWA YASUKAZU/KOSHIDA KENICHIRO |
| P-95 | A Study on the Physical Strength of Fujinuno<br>SEMBA TOSHIRO/AOKI CHIEMI |
| P-96 | A precaution of interpreting results of organic residue analysis observed from lipid distribution within a single pottery<br>HORIUCHI AKIKO/MIYATA YOSHIKI |
| P-97 | Investigation of the painting materials that have been used in historical documents<br>AKIYAMA JUNKO/MIYOSHI MASAKO/TAKAGI KEIKO/ICHINOSE TOMO/MORIZANE KUMIKO |
| P-98 | Rock magnetic applications to Archeology and Environmental Science<br>KAWASAKI KAZUO/KANTO ASUKA/IZUMI YOSHINORI/SAKAI HIDEO |
| P-99 | Research on remained wood members of Byodo-in Temple Amida-do. I wood identification<br>YOKOYAMA MISAO/ITOH TAKAO/SAKAMOTO MINORU/MITSUTANI TAKUMI/WATANABE AKIRA/NARUMI YOSHIHIRO/OHTA AKI/TANAKA MASARU/KAMII FUMIAKI |
| P-100 | Analysis of Paper of Song Dynasty Printing<br>SAKAMOTO SHOUJI |
| P-101 | Utilization and comparison of Sanzenbon nikawa<br>KATSUKAWA WAKANA |
| P-102 | application of micro X-ray CT as non-destructive testing to cultural properties<br>min-jung kim |
| P-103 | Archaeometric study of ancient glass excavated from Vladivostok and its vicinity based on on site analysis utilizing portable X-ray fluorescence spectrometer<br>NAKAI IZUMI/IMAI AIKO/BABA SHINSUKE/YANASE KAZUYA/S. LAPTEV/NAKAMURA KAZUYUKI/KOJIMA YOSHITAKA/NAKAMURA SHINYA/TAKEMORI ANNA/TAMURA TOMOMI/TAKAHASHI MISUZU/Y.G.NIKITIN/N.G.ARTEMEVA/OGUCHI MASASHI |
| P-104 | Fishing and Hunting area of Jomon period in the Kanto region: Examination by carbon, nitrogen and strontium isotope analysis.<br>ERIKO ISHIMARU/TATASHI GAKUHARI/KICHEOL SHIN/TAKANORI NAKANO/ICHIRO TAYASU/TAKAKAZU YUMOTO |
| P-105 | Zooarchaeological research of horse production system in Ancient China<br>KIKUCHI HIROKI/GAKUHARI TAKASHI/LIU DAIYUN/CAO LONG |
| P-106 | Restoration of Wood Remains, Assisted by Dendrochronological Investigation<br>URA YOKO/HOSHINO YASUHARU |
| P-107 | Next step use a 3D Measurement survey of the Shimauchi139 underground cave tombs.<br>KANEDA AKIHIRO/HASHIMOTO TATSUYA/NAKANO KAZUHIRO/HIGASHI NORIAKI/NAWABI YAMA |
| P-108 | Ancient Landscape Archaeology of Correlation with Landmarks and Celestial Sphere -The Case Study of Tumulus of Chief" Mozume-Kurumatsuka" and capital"Nagaokakyo", Northern Kyoto Basin-<br>NAKATSUKA RYO |
| P-109 | Spatial distribution characteristic of archaeological ruins with land liquefaction mark analyzed by GIS in Niigata Prefecture<br>NAKANO TAKAYUKI/SAKAI HIDEO/KATO MANABU/IZUMI YOSHINORI |
| P-110 | The local treatment, conservation and exhibition of Senu, excavated in Nakatsu kyokan site in Iwakuni city, Yamaguchi pref.<br>HATSUMURA TAKEHIRO/TSUKAMOTO TOSHIO/SHIMONO HIJIRI/OKADA ICHIRO/MATSUI YOSHIAKI/KANZAKI SATORU |
| P-111 | Digital Documentation of Cultural Resources using multi focus image processing<br>YAMAGUCHI HIROSHI |
| P-112 | Census of the residents awareness about the important cultural landscape in KANSAI<br>TSUMURA HIROOMI/SUSAI FUMIYA |
| P-113 | The restoration of the lacquered object using the 3D Digitizer<br>KATATA MASAKI/IMANISHI RYOTA/FURUSAWA YOSHIHISA |
| P-114 | Study of Kom al-Diba' site (Arab Republic of Egypt) using a magnetic survey<br>KISHIDA TORU/TSUMURA HIROOMI/HASEGAWA SO |
| P-115 | Precise Safety Inspection and Deterioration Characteristics of the Five-stored Stone Pagoda in Muryangsa Temple in Buyeo.<br>Min Soo Park/Hun Nam Gung/Kwang Yong Chung |

| Page | Title<br>Presenter |
|---|---|
| P-116 | Ultrasonic and diving survey of Mizunoko-sho underwater cultural heritage.<br>TSUMURA HIROOMI/IKEDA KATSUHIKO/WAYANABE YASUSHI/SEKI MASARU/KAWASHUKUDA YOSHIMI |
| P-117 | Geophysical Prospection at Kutsukawa-Kurumazuka Tomb<br>KISHIDA TORU/ODAGI HARUTARO/KUWABARA HISAO/HASHIMOTO HIDEMASA/IWAMOTO RYOSUKE/KISHIMOTO NAOFUMI/NAGATOMO TOMOKO/KOIZUMI HIROSHI |
| P-118 | Study of Uozu buried forest using GPR<br>IZUMI YOSHINORI/SAKAI HIDEO/URABE ATSUSHI/MAGARA HITOSHI/ISHIZU HIDETOMO |
| P-119 | 『Shimabara taihen higo meiwaku』 Damages due to a great Tunami in 1792 -Inspection of everything in the tsunami monument left in kumamto prefecture<br>SAKAGUCHI KEITAROU/MINOGUCHI MASAAKI/MATSUMOTO HIROYUKI/KAWASHIMA SHUICHI |
| P-120 | Identification of unpleasant odor from tsunami affected paper documents<br>SANO CHIE/UCHIDA YUKA |
| P-121 | Trial application of rapid hygiene monitoring system to tsunami affected paper documents in Iwate Prefecture<br>UCHIDA YUKA/SANO CHIE |
| P-122 | Preliminary Report of Damages of Cultural Properties during the 2016 Kumamoto Earthquake<br>JAPAN SOCIETY FOR SCIENTIFIC STUDIES ON CULTURAL PROPERTIES/SPECIAL COMMITTEE OF THE DISASTER PREVENTION OF CULTURAL PROPERTIES |

# 日本文化財科学会第33回大会会場（奈良大学）のご案内




⑧ 入場・登録受付
口頭発表A会場（E棟　講堂）
特別セッション会場

⑤ 口頭発表B会場（C教室棟　1階）
ワーキンググループ会場（C 教室棟 3 階）
企業セミナー会場（C 教室棟　3 階）

⑪ ポスター発表会場（G 棟　体育館）
機器展示会場（G 棟　体育館）

⑦ 懇親会会場　（食堂・売店）
昼食・パン等の販売（土曜日のみ）

●広告掲載企業 （13 社）

株式会社アクト
イカリ消毒株式会社
エクスロン・インターナショナル株式会社
大塚オーミ陶業株式会社
公益財団法人高輝度光科学研究センター
株式会社サビア
三恒商事株式会社
株式会社新興精機
株式会社東陽テクニカ
富士シリシア化学株式会社
一般社団法人文化財科学研究センター
株式会社三ツワフロンテック
Beta Analytic Inc.

●機器展示企業 （13 社）

エクスロン・インターナショナル株式会社
大塚オーミ陶業株式会社
公益財団法人高輝度光科学研究センター
光明理化学工業株式会社
株式会社サビア
三恒商事株式会社
株式会社東陽テクニカ
トーリ・ハン株式会社
株式会社ニコン・トリンブル
富士シリシア化学株式会社
ブルカー・オプティクス株式会社
株式会社三ツワフロンテック
菱江化学株式会社

●企業セミナー実施企業 （4社）

大塚オーミ陶業株式会社
公益財団法人高輝度光科学研究センター
株式会社東陽テクニカ
株式会社三ツワフロンテック

（いずれも五十音順、敬称略）

# 特別セッション

# Special Session

## 「奈良から発信する文化財科学」

会場：A会場（奈良大学講堂）

日時：6月4日（土）　16:15～17:30

# 文化財の環境－奈良の伝統的文化財環境を世界に－
# The Optimum Environment for Cultural Properties —Traditional Environment of Nara Region —

西山要一（奈良大学名誉教授）

日本の温暖湿潤な気候は文化財を損傷・消滅させる不都合な環境であり、機器を使った温度・湿度などの徹底した環境コントロールこそが唯一の保存方法であるとされています。しかし多くの文化財は千何百年もの間その姿を保ち、今日、私たちはその美しい姿を目にすることができます。科学は「不都合な環境」を克服して文化財をまもることができるのか、不都合な環境下で文化財はどのように継承されてきたのか、この真逆の論理は何を意味するのでしょう。

東大寺経庫（校倉建築）や春日大社、奈良公園などの文化財所在地で 30 年にわたって行ってきた温度・湿度・大気汚染などの環境観測データと文化財の保存継承の歴史は、千年にもわたって文化財を伝えることができた要因と文化財環境のあるべき姿を示しています。すなわち伝統的な木造建築、周辺の森林・自然林、そして人々の保存継承の努力と管理、それらの複合的な環境の保持が文化財を守っているのです。これを「奈良モデル」と名付けます。

「奈良モデル」をレバノン共和国の壁画地下墓修復に適用しました。各々の地域・国の文化財保存には固有の気候を受入れ巧みに利用する。「奈良モデル」を世界に発信したいと思います。

# 顔料が解き明かす正倉院宝物の素性

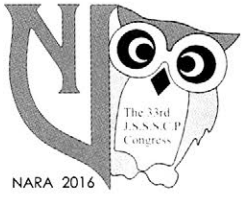
# The Origins of the Shosoin Objects Revealed by Pigments Used

成瀬正和（東北芸術工科大学・前宮内庁正倉院事務所）

正倉院宝物に用いられた無機顔料について1983年から33年間、蛍光X線分析、X線回折、電子顕微鏡などにより調査を行い、わが国顔料史の奈良時代の部分を詳しく解明し、さらに宝物の素性を考える上で有用な知見を得た。　最も興味深い成果が得られた白色顔料については、①鉛化合物系顔料、②カルシウム化合物系顔料、③ケイ酸塩系およびアルミノケイ酸塩系顔料、の3種を確認した。

①は従来、純正な鉛白（塩基性炭酸鉛）に相当すると考えられてきたが、実際には塩化物系鉛化合物なども多く確認されており、これは国産品に用いられている。②にはアパタイトを主成分とするものと、炭酸カルシウムを原料とするものの両者がある。後者には石灰岩を原料とするものと、貝殻を原料とするもの、すなわち後世貝殻胡粉と呼ばれるものがあり、貝殻の種類に着目すればさらに2種類に分けられた。③は広義の白土である。ただしこれまでカオリナイトを主成分とするような狭義の白土は認められず、火山灰や、白雲母を主成分とするものを確認している。

正倉院に10セット以上伝わる伎楽面は、同じセットには同じ白色顔料が用いられており、種類の解明がセット分類の際の指標となることがわかった。


The 33rd
J.S.S.S.C.P
Congress
NARA 2016

# 口頭発表
# Oral Presentations

会場：A会場（奈良大学講堂）
　　B会場（奈良大学102教室）

日時：

6月4日（土）

A会場：9:20～16:06

B会場：9:20～16:06

6月5日（日）

A会場：9:30～16:40

B会場：9:30～16:40

# 長福寺本堂曼荼羅柱彩色の蛍光X線分析

# X-ray fluorescence analysis of the painting materials used in the Mandara pillars in Chofuku-ji Temple

○青木智史（[元]奈良教育大学　[現]天理大学附属天理参考館）、池田藍子（奈良県教育委員会文化財保存事務所）、田中希和子（同）、山田宏（同）
○Satoshi AOKI (Tenri University Sankokan Museum), Aiko IKEDA, kiwako TANAKA, Hiroshi YAMADA (Office of Cultural Assets Preservation, Nara Prefectural Board of Education)

## 1. はじめに

長福寺（奈良県生駒市）の重要文化財である本堂内には従来から彩色画の存在が知られており、解体修理に伴い彩色が施された部材を詳細に調査する貴重な機会が得られた。発掘調査の成果や建築様式、新たに確認された寄進札の記述から考えて、現本堂は寺伝に記された弘長2年（1262）ごろの建立とみて問題はないと考えられる。本発表以前にも長福寺本堂内彩色については、当学会において内陣柱迦陵頻伽図および小壁板飛天図について報告してきた。今回は須弥壇上に立てられた2本の柱彩色の蛍光X線分析結果について報告する。この2本の柱には、それぞれ5体の仏像が描かれており、近赤外線撮影調査の結果、その詳細が明らかとなった。図1示したように、西側の「柱 に又五」の中心部に描かれた図像は宝冠をかぶり、腕釧や臂釧、胸飾などの装飾品を付け、智拳印を結んでいることがわかる。これにより、金剛界大日如来が描かれていることがわかる。次に東側の「柱 は又五」についても調査すると、中心部に描かれた図像は宝冠をかぶり胸飾などの装飾品をつけ、法界定印を結んでおり胎蔵界大日如来と考えられる。その他の図像についても調査すると、印相などから西側の柱には金剛界五仏が、東側の柱には胎蔵界五仏が描かれており、須弥壇に立つ2本の柱には両界曼荼羅が表現されていることがわかった。いずれも様式的に本堂建立と同時期の彩色と考えて大過ないと思われる。これらの彩色は、本堂内の密教的荘厳を考える上で非常に重要なものと考えられる。そこで、この2本の柱絵について可搬型蛍光X線分析装置を用いたオンサイト分析を実施し、将来的な彩色復元に資する情報の獲得を試みた。

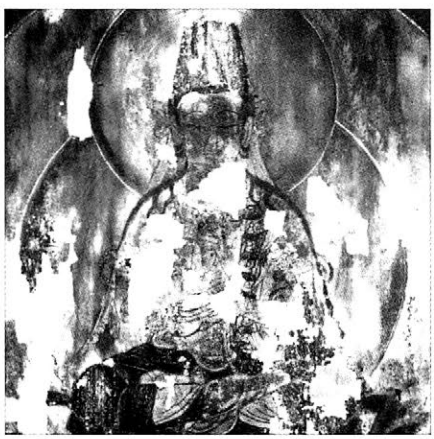


図1：金剛界大日如来（近赤外線写真）

## 2. 分析

蛍光X線分析には、OLYMPUS製ハンドヘルド蛍光X線分析装置 DELTA DP-2000 Premium を用いた。測定条件は、励起用X線ターゲットがRh、管電圧は40kV（軽元素測定時は10kV）、管電流は100μA（軽元素測定時は200μA）、測定部径は3mm（Miningモード）または10mm（Soilモード）、計測時間は270秒である。測定は長福寺修理現場建屋内にて大気雰囲気下で行った。また、測定に際しては柱絵を保護しつつ効率よく調査するため、取り外した柱の上面と下面に16角形の補助回転板を張り付けて柱を転がしながら柱絵全体の分析を行った。また、測定は装置を三脚に固定し柱表面から2mm程度離した状態で非接触かつ非破壊で実施した。

## 3. 結果と考察

測定調査は、「柱 に又五」の金剛界大日如来図で 117 箇所、「柱 は又五」の胎蔵界大日如来図で 90 箇所、両柱全体ではおよそ 700 箇所で実施した。以下に分析結果を簡略に述べる。

まず全体で共通する点としては、全測定箇所から Al、Si、K、Fe が主要元素として得られたことが挙げられる。これは、白土下地やその下層の漆の地の粉等に由来すると考えられる。また、すべての月輪からは Pb が検出されており、鉛丹（$Pb_3O_4$）や鉛系白色顔料（塩基性炭酸鉛、$2PbCO_3Pb(OH)_2$ など）の使用が想定される。なお、地色部は両柱ともに Cu の強いピークが確認され、岩群青（$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）または岩緑青（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）が用いられていると推定される。2 本の柱は比較的近似した分析結果を示したが、銅系の顔料についてのみ両者で大きく異なった特徴を示した。以下では両大日如来図を例として考察する。金剛界大日如来図の場合、Cu は頭髪、瓔珞、蓮台上部、連弁、頭光、身光、腰布、裙裾などの部分から主要元素として検出される。詳細に検討すると、不純物として含まれると考えられる Zn のピークが比較的強いものとそうでないものとに大別することができる。たとえば、頭髪部からは Zn がほとんど検出されず、蓮台上部からは強く検出されることがわかる。これを基準とすると、頭髪、頭光、地色、連弁（正面）、裙裾は同一グループになり、蓮台上部、身光、腰布、連弁（正面の両脇）が別のグループとなることがわかる。これらは近赤外線撮影調査での応答も若干異なっており、少なくとも両者は別の顔料と推定される。それに従うと、胸部のつり下がっている瓔珞は、2 種の顔料が交互に用いられていると推定される。胎蔵界大日如来図では、金剛界とは異なった特徴が認められる。まず、銅系の顔料はいずれも強い Zn のピークが検出される。そして、金剛界の際と同様に頭髪と蓮台上部で比較してみると、頭髪部からは主要元素として Ca が検出され、蓮台上部からはほとんど検出されないことがわかった。この Ca に注目してみると、胎蔵界大日如来図では頭髪、地色、頭光、連弁（正面）、裙裾が同一グループ、蓮台上部、身光、腰布、連弁（正面の両脇）が別グループとなり金剛界大日如来図と同じ配色ルールとなっている。瓔珞についても同様である。なお、Ca が主要元素として検出されるのはこの限定的な銅系顔料部のみである。

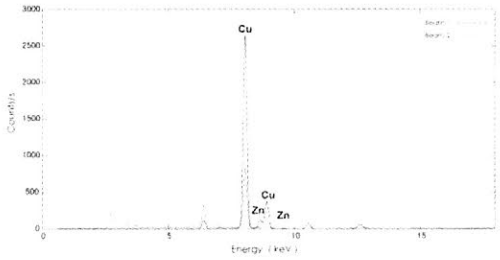



図 2：金剛界大日如来の頭髪部（蛍光 X 線スペクトル）

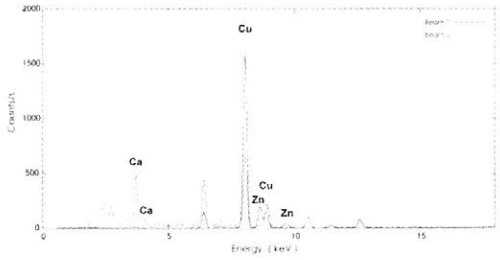



図 3：胎蔵界大日如来の頭髪部（蛍光 X 線スペクトル）

上記の分析結果で注目すべき点は、両曼荼羅図ともに美術史的には同時期のものと推定され、構図や荘厳の観点からも制作当初から対であったと推定されるにもかかわらず、銅系顔料が全く異なった特徴を有していることである。後補彩の可能性も考慮すべきであるが、現状それを示唆する情報は得られていない。両柱の彩色が基本的に当初のものであるなら、少なくとも両柱で使用された銅系顔料の供給や技術が異なっていると考えられ、柱絵の制作背景を考える上で重要な情報と考えられる。なお、長押の一部に当初彩色が鮮やかに残存するものが存在し既に蛍光 X 線分析を実施している。その結果は胎蔵界大日如来図（柱 は又五）と共通するもので、Ca が主要元素として検出される銅系顔料は青色である。今後検討していく上で重要な資料といえよう。

# 正倉院宝物の撥鏤に用いられた色料の分析
# Scientific Analysis of Colorants Used for *Bachiru* Carving Technique Found in Shosoin Treasures

○中村力也（宮内庁正倉院事務所）、成瀬正和（同左 現東北芸術工科大学）
○Rikiya NAKAMURA, Masakazu NARUSE (Office of the Shosoin Treasure House, Imperial Household Agency)

## 1. はじめに

正倉院は奈良・東大寺の境内にある宝物庫であり、8世紀の多様な工芸品が伝世している。8世紀のわが国において隆盛した工芸技法のひとつに撥鏤がある。撥鏤とは、象牙や鹿角などの牙甲角を染料で染め、表面を削って文様を表す技法であり、正倉院宝物においては、如意や尺、碁石、碁盤、刀子の装飾にみられる。本研究では、正倉院宝物の撥鏤に用いられた染料の材質解明を目的として、可視分光分析により得られた結果を報告する。正倉院の撥鏤の染料を化学分析した例はほとんどなく[1]、まとまった形の報告は本発表が初めてである。

## 2. 試料および分析手法

### 2−1. 正倉院宝物

紅牙撥鏤碁子（図1A）と紺牙撥鏤碁子（図1B）は聖武天皇遺愛の碁石であり、756年に光明皇后により東大寺大仏に献納された。碁子は、象牙を赤色あるいは青色に染め、表面に花喰鳥の文様を彫り、所々に点彩が施されている。犀角如意（図1C）は儀式用の如意であり、掌や柄に赤色と青色の撥鏤が貼られている。桑木木画碁局（図1D）には、盤側面に赤色と青色の撥鏤が用いられる。撥鏤飛鳥形（図1E）は佩飾具であり、飛鳥形に彫刻した象牙を紫色に染め、翼や尾羽を刻んで表す。

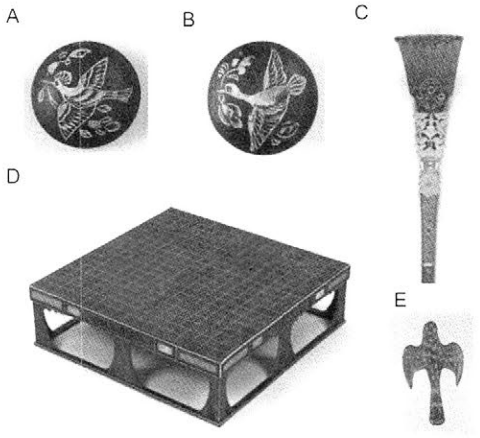



図1　正倉院宝物・紅牙撥鏤碁子(A)、紺牙撥鏤碁子(B)、犀角如意(C)、桑木木画碁局(D)、撥鏤飛鳥形(E)

### 2−2. 比較試料

ラック、スオウ、シコンの比較試料は、椿灰汁にて先媒染した象牙を各々の染液に浸漬し、調製した。

### 2−3. 分析機器

可視分光分析には、光ファイバープローブを付属させたオーシャンオプティクス社USB4000を使用し、非破壊で試料を測定した。分析においては380〜800 nmの波長域の反射スペクトルを取得し、2次微分処理して解析した。

## 3. 結果と考察

### 3−1. 撥鏤の赤色

紅牙撥鏤碁子、犀角如意、桑木木画碁局の撥鏤について、染め地の赤色を可視分光分析し、反射分光スペクトルを2次微分することによって、極大・極小波長を抽出した。紅牙撥鏤碁子、犀角如意の撥鏤の赤色の2次微分スペクトルはラックに特有な形状で、極大は525, 580 nmにあり、ラック比較試料の極大波長とほぼ一致した（図2）。したがって、碁子と如意の赤色にはラックが用いられていることがわかった。桑木木画碁局の撥鏤の赤色については、2次微分スペクトルの形状がスオウに特有で、その極大波長は520, 565 nmであり、スオウ比較試料の極大波長に近い値であった（図3）。したがって、碁局の赤色にはスオウが用いられていることがわかった。

### 3−2. 撥鏤の紫色

撥鏤飛鳥形の撥鏤について、染め地の紫色を可視分光分析し、2次微分解析したところ、シコ

ンに特有な形状なスペクトルが得られ、その極大波長もシコンの比較試料と一致した（図４；極大波長＝550, 600 nm）。したがって、この撥鏤の紫色にはシコンが用いられていることがわかった。

3－3．撥鏤の青色

紺牙撥鏤碁子、犀角如意、桑木木画碁局の撥鏤の青色の分析により取得した反射スペクトルを２次微分処理したところ、アイに特有な形状を有しており、675～700 nm に極大がみられた（図5）。したがって、これらの撥鏤の青色にはアイが用いられていることがわかった。

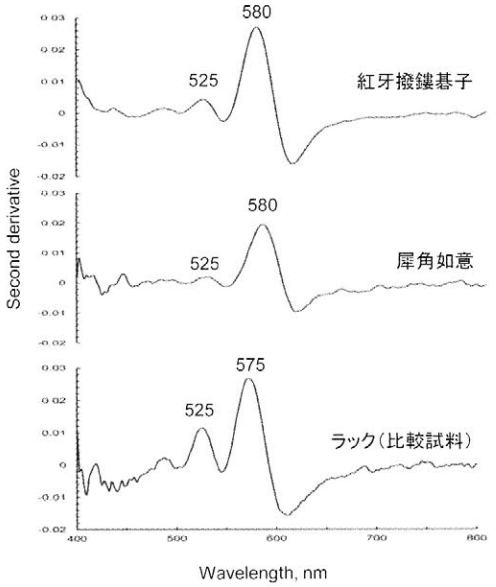



図２　正倉院宝物・紅牙撥鏤碁子および犀角如意の赤色とラック（比較試料）の可視反射分光の２次微分スペクトル

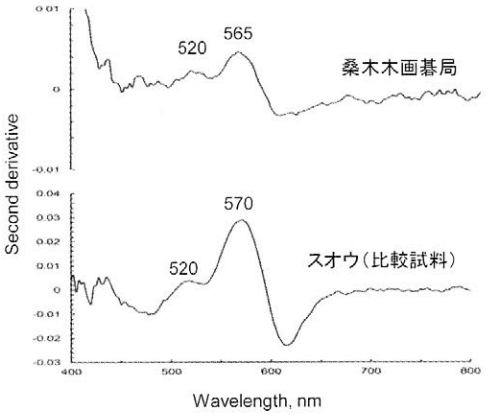



図３　正倉院宝物・桑木木画碁局の赤色とスオウ（比較試料）の可視反射分光の２次微分スペクトル

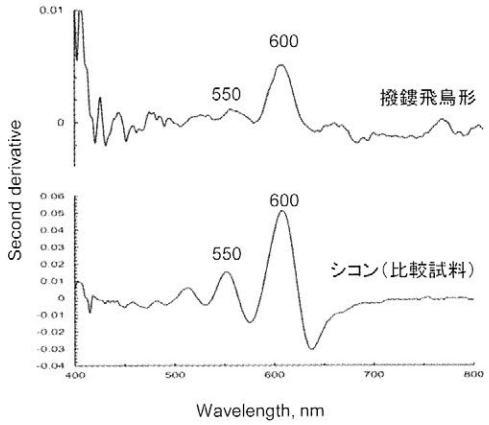



図４　正倉院宝物・撥鏤飛鳥形の紫色とシコン（比較試料）の可視反射分光の２次微分スペクトル

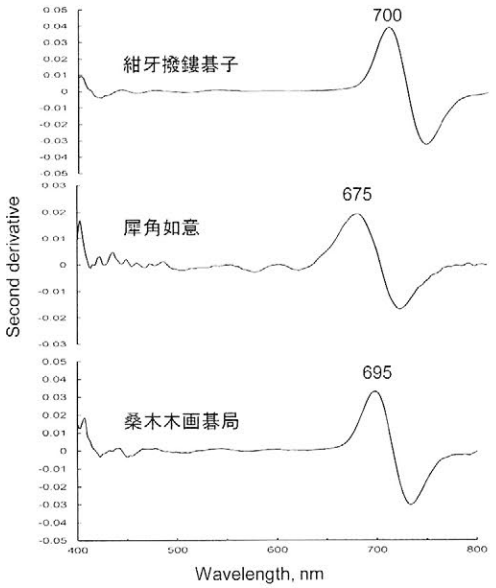



図５　正倉院宝物・紺牙撥鏤碁子、犀角如意、桑木木画碁局の青色とアイ（比較試料）の可視反射分光の２次微分スペクトル

## 4．さいごに

本発表では、正倉院宝物を分析対象として、撥鏤の染め地に用いられた染料を可視分光分析した結果について述べた。赤色にはラックやスオウ、紫色にはシコン、青色にはアイが用いられていることがわかった。

参考文献

1) 中村力也・成瀬正和　「正倉院宝物におけるエンジ―可視反射分光分析法による調査―」考古学と自然科学, **68**, 33-46 (2015).

# キジル千仏洞壁画の彩色材料と技法：69窟、167窟、224窟

## Painting materials and techniques of Kizil grottoes: caves 69, 167 and 224

○谷口陽子（筑波大学）、室伏麻衣（東京藝術大学大学院）、李博（亀茲研究院）
○Yoko TANIGUCHI (University of Tsukuba), Mai MUROFUSHI (Tokyo University of the Arts), LI Bo (Kizi Research Institute)

### 1. 研究の目的

キジル千仏洞の壁画技法や技術を明らかにすることを目的とした日中共同研究として、時代や様式が異なる3つの石窟の壁画を対象に現地調査を行ってきた。すべて非接触手法による分析に限られたため、膠着材料や層構造に関する知見は未だに得られていないが（註1）、ラックレジンの使用や金属箔の使用など、中央アジア探検隊により欧米へ持ち出されたキジル千仏洞の壁画片を対象とした先行研究（表1）と比較し、新たな知見が得られている。また、様式や時期と関連して彩色材料に差があることもわかり、キジル千仏洞の200余の石窟のなかには複数の画工の系譜が想定されることが、彩色材料の違いからも傍証される結果となった。

表1　キジル千仏洞壁画の材料分析に関する先行研究の比較

| 分析者 | 下地 | 白 | 橙・黄 | 赤 | 青 | 緑 | 黒 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| コソラポフ（エルミタージュ美術館）※1 | 石膏 | 石灰＋石英 | 鉛丹＋オキシ塩化鉛（ラウリオナイト） | 鉛丹 | ラピスラズリ、群青 | アタカマイト、（クリソコラ：未同定） | ボーンブラック |
| リーデラー（ドイツ・インド美術館）※2 | 二水＞無水石膏 | | イエローオーカー、マシコット（変色）、オーピメント | 鉛丹、レッドオーカー | ラピスラズリ、藍 | アタカマイト、珪酸銅（クリソコラ） | チャコールブラック |
| ゲッテンス（フォッグ美術館）※3 | 石膏 | | — | 鉛丹、レッドオーカー | ラピスラズリ | 珪酸銅（クリソコラ） | — |
| 李（敦煌研究院）※4 | 二水石膏、無水石膏、方解石、石英 | | — | 鉛丹（黒変：二酸化鉛）、水銀朱、レッドオーカー | ラピスラズリ | アタカマイト | |

註　それぞれの分析結果については、原典に基づき鉱物名、顔料名、通称名など顔料の呼称が不統一であったため、なるべく統一して表示した。※1［Kossolapov et.al 1999］、※2［Riederer 1977］、※3［Gettens 1938］、※4［李 2005］

### 2. 69, 167, 224窟の壁画構造と彩色材料

69窟は、砂質の柔らかい岩盤に下塗りなしに彩色を施している箇所と、石膏下地を利用している箇所があり、練り土による支持体の補修痕もみられる。167窟は、ラテルネンデッケ天井を持つ方形の石窟であり、砂岩の支持体の上に、白色下地と彩色層が施されている。壁画は全体的に黒褐色に変色しておりとても固い。なんらかの有機物質が壁面の固着、固化に関与しているのではないかと想定する。一方で、224窟は他の多くのキジル千仏洞壁画と類似した壁画構造をしている。岩を斫りキーイングを施した表面に、藁スサを含んだ練り土壁、白色下地、厚みのある彩色層を塗布している。キジル壁画の彩色に関する先行研究では、アタカマイトに加え、珪酸銅であるクリソコラの存在が報告されている。本調査では、青緑色の箇所を重点的に分析しているが、悉くアタカマイトあるいは高濃

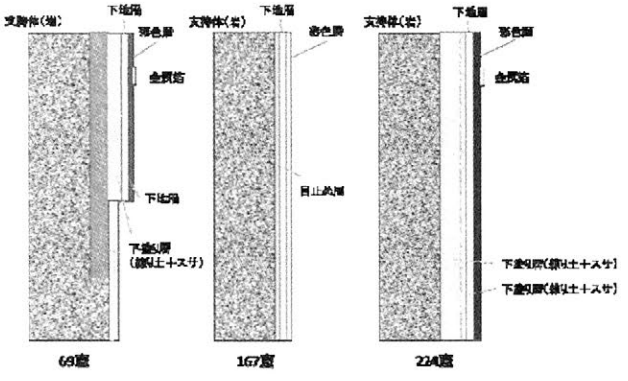



図1　69, 167, 224窟の壁画の層構造

度のヒ素と銅を含むものであった［室伏 2014］。この青緑色については、天然の銅・ヒ素化合物あるいは、ヒ素を含む銅を人為的に加工し塩化物としたものであろうと想定される。

現在、劣化、褪色しているさまざまな色材もあるため、多様な手法を用いて多角的に調査することが望ましい。キジル千仏洞の壁画は、さまざまな無機物質や有機物質を重層的に用いて描かれたものであることが、先行研究から明らかになってきている。そのため、高精度の分析を行うためには、微小試料を用いてそれぞれの層の有機物質と無機物質を詳細に分析する必要がある。

表２　各石窟の壁画に使用されている色材（※）の比較

| 石窟番号 | | 69 窟（上層） | 69 窟（下層） | 167 窟 | 224 窟 |
|---|---|---|---|---|---|
| 石窟／天井型式 | | 中心柱／ヴォールト | | 方形／ラテルネンデッケ | 中心柱／ヴォールト |
| 支持体 | | 砂岩 | | 砂岩 | 砂岩 |
| 下塗り層 | | 練り土（消失するスサ入り） | 練り土（消失するスサ入り） | 無 | 練り土（スサ入り） |
| 目止め層 | | 不明 | 不明 | 有 | 不明 |
| 白色下地層 | | 石膏（無水／二水？） | 石膏（無水／二水？） | 石膏（無水／二水？） | 石膏（無水／二水？） |
| 彩色層 | 黒 | 炭素系？ | 炭素系？ | ？ | ？ |
| | 青 | ラピスラズリ | 無 | 無 | ラピスラズリ（精練あり） |
| | 黄 | オーピメント（As） | 密陀僧（Pb：一部変色） | オーピメント／リアルガー（As）、密陀僧（Pb：白色化）？ | ？ |
| | 赤 | レッドオーカー、鉛丹 | レッドオーカー、鉛丹 | レッドオーカー、鉛丹 | レッドオーカー、鉛丹、ラックレジン |
| | 白 | 無水石膏／二水石膏、石灰 | 無水石膏／二水石膏、石灰 | 無水石膏／二水石膏 | 無水石膏／二水石膏、石灰 |
| | 緑 | アタカマイト | アタカマイト | アタカマイト | アタカマイト |
| | 植物の緑 | | | 無 | ヒ素、有機物？ |
| | 青みを帯びた緑色 | ヒ素、銅、塩素（不明顔料） | 無 | 無 | ヒ素、銅、塩素（不明顔料） |
| | 陰影 | 鉛丹／鉛白？ | 無 | 無 | オーカー、鉛丹／鉛白？ |
| | 金属箔 | 金、銀 | 無 | 無 | 金、錫 |
| | 箔接着 | モルダント（紫外線蛍光） | 無 | 無 | モルダント（蛍光なし） |
| その他 | | | | 極めて薄塗、堅牢 | |

（※）検出された元素から推定される変色／褪色前の顔料名。分析に用いた各種の可搬型・非接触の装置は谷口ほか（2015）参照。

（註１）2015 年に敦煌研究院および北京大学により、対象の３窟から微小試料のサンプリングが行われた。層構造や膠着材、放射性炭素年代に関する報告が待たれる。

［付記］

本調査にあたり以下の方々のご協力を得ました。中国・新疆ウイグル自治区亀茲研究院、佐藤一郎、木島隆康、中川原育子、岐阜セラツク製造所（株）水谷均、影山悦子、北川美穂、檜山智美、森美智代、正保五月（敬称略）。本研究の一部は、JSPS 科学研究費補助金（24401021）の助成を受けたものです。

［参考文献］

Gettens, R. J.（1938）The materials in the wall paintings from Kizil, Chinese Turkestan., *Technical Studies in the field of the fine arts*, **6**, 281-294.

Kossolapov, A., and Marshak, B. A.（1999）*Murals along the Silk Road (combined art history and laboratory study). Center for Advanced Study in the Visual Arts*. National Gallery. Washington D.C. State Hermitage Museum, Saint Petersburg.

Riederer, J.（1977）Technik und farbstoffe der frühmittelterlichen wandmalereien ostturkistans. In Herausgegeben, H. H.(ed.), *Beiträge zur Indienforschung Preussischer Veröffentlichungen des Museums für Indische kunst Berlin*, 353-423. Stiftung Kulturbesitz Staatliche Museen Berlin

谷口陽子、北川美穂、室伏麻衣、楊傑、島津美子、佐藤一郎（2014）「有機赤色彩色材料としてのラックレジン：古代における臙脂赤の再考」『日本文化財科学会第 31 回大会学会要旨集』，

谷口陽子、室伏麻衣、李博、木島隆康、佐藤一郎（2015）「キジル千仏洞 69 窟壁画の技法材料：様式の差との関係」『日本文化財科学会第 32 回大会学会要旨集』

室伏麻衣、木島隆康、佐藤一郎、谷口陽子、李博（2015）「キジル石窟第 167 窟天井壁画の材料および技法の研究」『文化財保存修復学会第 37 回大会学会要旨集』、294-295.

山崎一雄（1960）「西域壁画の顔料について」『美術研究』212, 31-33. 美術研究所

李最雄（編）（2005）『絲綢之路石窟壁畫彩塑保護』科学出版社.

# 可搬型分析装置を用いたアムステルダム国立美術館に所蔵された近世西洋絵画の顔料分析

# Chemical investigation of pigments of the early modern European paintings using portable analytical instruments

○平山 愛里[1]、和泉 亜理沙[1]、阿部 善也[1]、中井 泉[1]、
Annelies van Loon[2]、Frederik Vanmeert[3]、Petria Noble[2]、Koen Janssens[3]
([1]東京理科大学理学部 [2]アムステルダム国立美術館 [3]アントワープ大学)
○Airi HIRAYAMA[1], Arisa IZUMI[1], Yoshinari ABE[1],Izumi NAKAI[1],
Annelies van Loon[2]、Frederik Vanmeert[3]、Petria Noble[2]、Koen Janssens[3]
(1：Tokyo University of Science, 2：Rijksmuseum, 3：University of Antwerp)

## 1. はじめに

オランダのアムステルダム国立美術館内（Rijksmuseum）には、レンブラント・ファン・レイン（1606～1669）やヨハネス・フェルメール（1632～1675）、ヤン・ダヴィス・デ・ヘーム（1606～1684）など、近世のヨーロッパを代表する画家により描かれた作品が数多く所蔵されている。我々は、絵画に使用された顔料の同定および経年変化に関する科学的な評価を行うことを目的として、同館所蔵の近世西洋絵画に関する科学的研究を行っている。ここでは、2015年12月に同館内に複数の可搬型の分析装置を持ち込んで行われた、非破壊科学分析の結果を発表する。

## 2. 分析資料および分析装置

分析対象はアムステルダム国立美術館に所蔵されている絵画9点である。その中でもヨハネス・フェルメール作の「青衣の女」(Fig. 1)、レンブラント・ファン・レイン作の「イサクとリベカ」、ヤン・ダヴィス・デ・ヘーム作の「花瓶と花」についての分析結果を報告する。いずれも17世紀のオランダ黄金時代に描かれた油彩画である。事前に大型の蛍光X線/透過X線回折装置を用い、元素分布や一部顔料の推定が行われている。

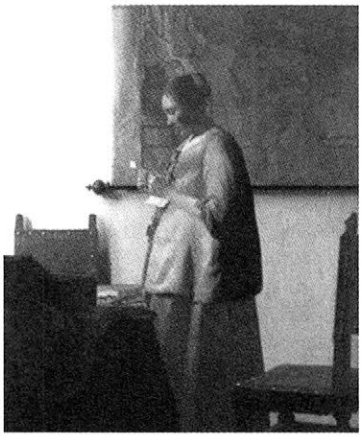


Fig. 1 「青衣の女」

分析装置は当研究室がメーカーと共同開発した可搬型粉末X線回折計（XRD）、可搬型紫外可視分光分析（UV-VIS）装置、および市販の可搬型顕微ラマン分光分析装置MiniRam（MRS）である。XRDは高出力のCu管球とシリコンドリフト検出器を搭載し、蛍光X線（XRF）スペクトルの測定も可能な、*θ - θ*型回折計である。UV-VISは重水素ハロゲンランプを光源とし、高分解能の分光器を用いて、反射法によりスペクトルを測定した。MRSでは785 nmの赤色レーザー光を倍率5～40倍のレンズにより集光することが可能である。これらの装置を複合的に用いる

ことで、顔料の相同定および経年劣化の評価を行った。

### 3. 結果および考察

今回分析した多くの点で、XRF により Pb-L 線が検出され、XRD で白色顔料である水白鉛鉱（$Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$）が同定された。これは、絵具の発色向上や画面の凹凸解消を目的として塗られた下地であると考えられる。

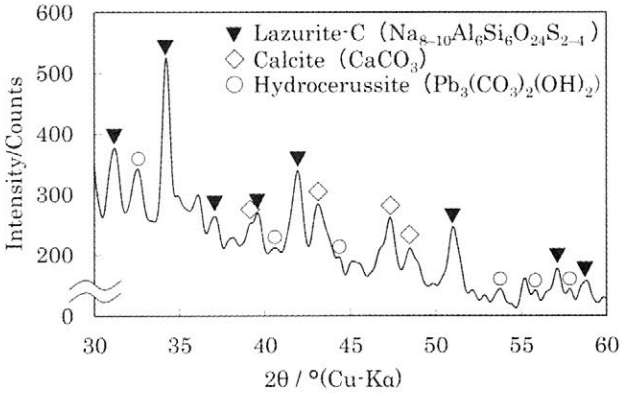



Fig. 2 「青衣の女」青色衣服部分の XRD パターン

「青衣の女（Fig. 1）」では、青色顔料の同定を目的とした分析を行った。フェルメールの多くの作品で鮮やかな青色顔料の使用が見られ、いくつかの作品について高級青色顔料であるウルトラマリンブルーが同定され、「フェルメールブルー」とも呼ばれている。しかし本作品については、青色顔料に関する化学的な同定はなされていなかった。青色の衣服部分について XRD 測定を行った結果、ウルトラマリンブルーの主原料である青色鉱物ラズライト（$Na_{8-10}Al_6Si_6O_{24}S_{2-4}$）が同定された（Fig. 2）。よって、本作品においても「フェルメールブルー」が使われていることが明らかになった。さらに本作品において、「フェルメールブルー」は鮮やかな青色部分に限らず、紺色や黒色に見える部分でも検出されたことから、フェルメールは高級顔料であるウルトラマリンブルーを幅広い用途で使用していたことが判明した。

「イサクとリベカ」では、大型装置による事前の XRF 分析から、レドティンイエロー（$Pb_2SnO_4$）で描かれた男性の黄色衣服部分に、局所的な As 濃集が点在していることが明らかになっている。この As 濃集点における化合物の同定を目的とした分析を行ったところ、XRD ではオーピメント（石黄 $As_2S_3$）やリアルガー（鶏冠石 AsS）といった As を含む結晶性物質は検出されなかった。そこでこの点を MRS により分析したところ、As 濃集点において As-S ガラス[1]と一致したスペクトルが得られた。

「花瓶の花」では黄色部分、青色部分、緑色部分の分析を行ったところ、MRS で黄色顔料はオーピメント、青色顔料はウルトラマリンブルーであることが判明した。緑色顔料は XRF、UV-VIS により、青色顔料アズライト（$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$）とレドティンイエローを混ぜ合わせて作られたものである可能性が示された。

**【謝辞】**

XRD の開発、改良を進めてくださった（株）テクノエックスのタンタラカーン クリアンカモル氏、谷口一雄氏、UV-VIS の開発に協力してくださった(株)東京インスツルメンツの栗原文雄氏に深く感謝を申し上げます。本研究は JSPS 二国間交流事業の支援により実施されました。

**【参考文献】**

1) Marc Vermeulen1, Jana Sanyova, Koen Janssens：*Heritage Science*, **3**, 9 (2015).

# ELISA（酵素結合免疫吸着法）を用いた文化財中の膠着剤の検出

# Identification of binding media in cultural heritage using enzyme-linked immunosorbent assay

○高嶋美穂（国立西洋美術館）、谷口陽子（筑波大学）
○TAKASHIMA MIHO(The National Museum of Western Art, Tokyo), TANIGUCHI YOKO(University of Tsukuba)

## はじめに

抗原抗体反応を使ったELISA（エライザ、Enzyme Linked Immunosorbent Assay、酵素結合免疫吸着法）により文化財中の蛋白質（膠、卵白、卵黄、ミルクカゼイン）と植物ガムの同定を試みた。この方法では目的検出物を数ng/ml以下で検出できるとされており、食品中のアレルギー物質の検査に用いられるなど生化学や薬学・医学分野では普及した方法である。この方法では、数種類の蛋白質や植物ガムの混合物でも一度の分析で個々の物質を同時に同定できる、高価な分析機器を必要せずマイクロピペットやマイクロプレートなど比較的簡単な器具と操作で分析できるといった利点がある。ELISAを用いて絵画レプリカサンプルや、バーミヤーン遺跡などの仏教壁画から採取した試料を分析した結果を報告する。

## 実験

非競合の間接ELISA（直接吸着法）を用いた。実験方法はゲッティ保存研究所（GCI）のプロトコール（Mazurek ほか, 2008）をもとに洗浄手順やブロッキング液、抗体の種類や濃度の一部を変更している。使用抗体は**表1**のとおり。詳細は既報（高嶋, 2015）を参照。

## 結果

1. 検出限界

各抗体での検出限界は0.1～50 ng/100μLである。

2. 絵画レプリカサンプルの分析

胡粉もしくは石膏+三千本膠の地塗りの上に、異なる展色材（卵黄、卵白、アラビアゴム、リンシード、サンシックンドリンシード）から成る彩色層を塗布したレプリカ（約4.5年）を分析した。採取試料量は100～500 μg（最低必要量は約 20 μg）。その結果、各試料に含まれる展色材はほぼ正しく同定できたが、卵黄の検出と、彩色層がサンシックンドリンシードの場合に地塗りの膠の検出が困難なケースがあった。これらの試料はEBに溶解しにくいことが一因と考えられる。

3. 壁画試料の分析（**表2**）

バーミヤーン、フォーラーディー、カクラク石窟群の壁画試料（5～8世紀後半）を用いて検証を行った。GCIで行ったガスクロマトグラフィー/質量分析法（GC/MS）での分析結果（アミノ酸、脂肪酸の同定）をもとに、蛋白質や多糖類が含まれる可能性が高い試料、すなわち①アミノ酸が検出された試料（脂肪酸は、検出されたもの/されなかったもの両方を含む）、②アミノ酸は未分析もしくは検出されていないが、脂肪酸が検出されなかった試料、28点を選択した（うち13点がGC/MS分析と同試料。その他はGC/MS分析に使用した試料とは別試料だが、同石窟内の壁画から採取したものであり膠着剤は同じと考えられる）。試料は土壁、目止め、下塗り、彩色層からなるが、層を分離せずに分析したのですべての層

が含まれる。採取試料量 500 μg～1 mg。抗体は卵黄用以外の 6 種を使用した。

その結果、約半数の試料からミルクカゼイン、植物ガム、動物膠、卵白のいずれか、もしくは複数を検出した。特にミルクカゼインと植物ガムの検出例は多く、前者が 11 点、後者が 7 点である。これらの結果については別の分析法でも確認をしていく必要があるが、これまで GC/MS や SR-μFTIR による分析でアミノ酸は検出されても蛋白質の種までは同定できなかった試料について、今回 ELISA で初めて種類まで同定できたこと、さらに植物ガムの存在も確認できたこと（多糖類は試料調整が良好でなく、GC/MS では 2 試料で検出できたのみ）の意義は大きいといえよう。

（これらの試料は東京文化財研究所がユネスコ事業の一環としてアフガニスタン情報文化省の許可のもと採取した試料である。）

## まとめと課題

ELISA により、絵画レプリカサンプルにおいてもバーミヤーンなどから採取した壁画試料においても蛋白質や植物ガムを同定できたことを示した。500 μg～1 mg という微量の試料から蛋白質と植物ガムを同時に同定できる点は他の手法に比べても優れており、GC/MS、LC/MS、MALDI/MS 等とともに膠着剤の分析法の 1 手段となりうると考えている。今後は油脂を含む試料が EB に溶出しにくいことの解決や、顔料との相互作用や経年による蛋白質・植物ガムの変性が抗体との反応をどの程度低下させるのかを検討する必要がある。

**文献**

Mazurek ほか, Antibody assay to characterize binding media in paint. *ICOM Committee for Conservation*, 2008, vol.2, 849-856.

高嶋美穂, ELISA（エライザ）法による美術作品中の蛋白質および植物ガムの同定, *第 37 回文化財保存修復学会大会要旨*, 2015.

谷口陽子, 中央アジア・バーミヤーン仏教壁画の分析（1）：シンクロトロン放射光を用いた μFTIR, μXRF/μXRD 分析, *国立歴史民俗博物館研究報告*, 第 177 集, 2012a.

谷口陽子, 中央アジア・バーミヤーン仏教壁画の分析（2）：GC/MS, ELISA 法による有機物質の同定, *国立歴史民俗博物館研究報告*, 第 177 集, 2012b.

**謝辞**：本発表は文部科学省科学研究費補助金「エライザ法を用いた膠着材同定の実現のための検討（若手研究 B）研究代表者：高嶋美穂」、「西アジア文化遺産の材質と保存状態に関する自然科学的な研究（新学術領域研究）研究代表者：谷口陽子」、公益財団法人ポーラ美術振興財団 H27 年度調査研究助成金「美術作品に用いられたメディウムや接着剤の同定法の確立」の成果によるものである。

**表 1　使用した抗体**

| 目的検出物 | 1 次抗体（希釈率） | 2 次抗体（希釈率） |
|---|---|---|
| 卵白 | Ovalbumin #ab1225(1600) | Rabbit IgG #AP132A(500) |
| 卵黄 | Phosvitin(D-5) #sc-46681(500) | Mouse IgG #AP124A(500) |
| 動物膠（ヤギ以外） | Collagen I #ab19811(400) | Goat IgG #ab6742(500) |
| 動物膠（ウサギ以外） | Collagen I #ab34710(200) | Rabbit IgG #AP132A(500) |
| カゼイン | Casein #bs-0813R(400) | Rabbit IgG #AP132A(500) |
| 植物ガム（アラビアガム、果樹ガム等） | Arabinogalactan #JIM13(50) | Rat IgM #A110-100AP(500) |
| トラガカントガム | Gum Tragacanth #MAC265(50) | Rat IgG #A8438(500) |

#sc-46681, #JIM13, #MAC265 はモノクローナル、他はポリクローナル

**表 2　壁画試料の分析結果（一部抜粋）**

| Sample | Cave | ELISA 結果 | アミノ酸 | 脂肪酸 |
|---|---|---|---|---|
| BMM094 | C(a) | 植物ガム | × | × |
| BMM096 | C(a) | 植物ガム、カゼイン | × | × |
| BMM210 | C(a) | カゼイン、卵白、動物膠 | × | × |
| BMM082 | F(c) | 植物ガム、カゼイン | ● | ×● oil |
| BMM129 | J(b) | カゼイン | ● | × |
| BMM113* | J(c) | カゼイン | 未 | × |
| BMM115 | J(c) | 植物ガム、カゼイン | 未 | × |
| BMM120* | J(d) | 植物ガム、カゼイン | ● | × |
| BMM169* | J(f) | 植物ガム、カゼイン、動物膠 | ● | × |
| BMM137 | K3 | カゼイン | ● | ×● |
| BMM203* | L | カゼイン、植物ガム | ● | ●oil |
| FDM019 | Fol4 | 卵白 | ● | ×● oil |
| FDM003* | Fol5 | 卵白 | ● | × |
| KAK05 | KAK44 | カゼイン | ● | ●oil |

*は GC/MS と同試料。BMM：バーミヤーン、FDM：フォーラーディー、KAK：カクラク。oil：乾性油を同定。アミノ酸と脂肪酸の分析は GC/MS による（谷口, 2012a, b）

# 韓国金海大成洞88号墳より出土した漆製品の調査

# Investigation of lacquer ware excavated from Daeseong-dong No. 88 tumulus

○岡田文男（京都造形芸術大学）、林志暎（釜山大学校）沈載龍（大成洞古墳博物館）
○Fumio OKADA(Kyoto University of Art and Design), Ji-young LIM (Pusan National University), JaeYong Sim (Daeseong-dong Tombs Museum)

## 1.はじめに

韓国慶尚南道に所在する金海大成洞88号墳は4世紀第3四半期の築造とみられている。同古墳からは金銅製晋式帯金具のほか、冑・桂甲・板甲・大刀の各種鉄製品・筒形銅器・巴形銅器などが出土し、日本においても注目されてきた。この88号墳の床面A、B、C地点から、ツキヒガイや巴形銅器とともに表面が赤色や黒色を呈する漆塗膜が複雑に重なって断片化した状態で検出された。日本においては盾形埴輪や靫形埴輪の表面にツキヒガイを装填した例が知られており、88号墳出土の漆製品が盾や靫に関係した塗膜であることが想起された。しかしながら韓国ではこれまでツキヒガイの確認例がなかったこと、出土した塗膜が断片化していたことなどから、塗膜構造の調査を通して遺物の性格付けを試みることになった。本発表では出土した漆製品の塗膜構造の調査結果をもとに、現段階における調査結果を報告する。

## 2. 試料と分析方法

試料は88号墳の床面3地点（A、B、C）より採取したもので、塗膜試料をエポキシ樹脂（主剤：アデカレジンEP4200、硬化剤：アデカハードナー4332、配合比5：2）に包埋し、試料断面を研磨して反射光による観察を行い、次いで研磨面を鉱物用スライドガラス(厚さ1.2mm)に前述のエポキシ樹脂で接着し、試料の厚さを約20ミクロンまで研磨して生物顕微鏡ならびに走査型電子顕微鏡により観察を行った。




図1　88号墳平面図と漆膜の検出地点

## 3. 結果

**A地点の漆塗膜：**写真1はツキヒガイを覆う塗膜の一部で、赤色顔料が付着した検出面を示す。写真2は塗膜断面を透過光下において観察した結果であり、断面全体の厚さは約1mmで、断面の最上部に厚さ50μm以下で赤色顔料が付着している。顔料層の上面は劣化して平滑な面をなしていない。写真3に塗膜断面を拡大して示した。塗膜は胎が消失した結果生じ

た空隙をはさんで水平方向に幾層も重なっており、2単位以上の塗膜が重なったものと判断した。

**B地点の漆塗膜**：写真４は漆塗膜の表面に陽刻の鋸歯文がみえ、その表面に貝の付着痕が遺存した部分である。写真５はその塗膜断面で、厚い部分で約2.5㎜の厚さがある。胎はほとんど消失し、塗膜の下部が乱れるが、写真の左端付近により塗膜は全体で1単位と判断した。写真6は塗膜表面にある鋸歯文の隆起部分を示したものであり、両端に二つの糸の痕跡とみられる空洞と、それらの下部に水平方向に黒色の繊維状の部分が認められる。

**C地点の漆塗膜**：漆膜の表面は全体に赤色を呈しており、漆塗膜の下層に黒色で粗い織物の胎が見えていた。その直近の西側から巴形青銅器が２点出土した。写真７は赤色顔料が良好に遺存した塗膜の検出面である。写真８はその一部が剥離した塗膜断面で、塗膜の表面付近のみの観察結果であり、最上部に赤色顔料層があり、その下に黄褐色を呈する塗装が３層ある。その下に黒色顔料を含む層が重なっている。本来は下部にさらに塗膜があったことになる。

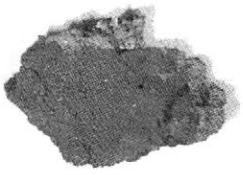


写真1　A地点より出土した塗膜片

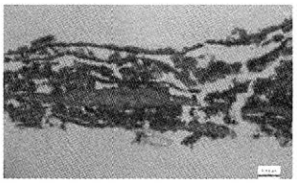


写真2　同左、塗膜断面



写真3　同左、塗膜断面の拡大

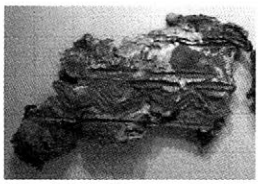


写真4　B地点より出土した塗膜片

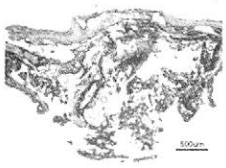


写真5　同左、塗膜断面

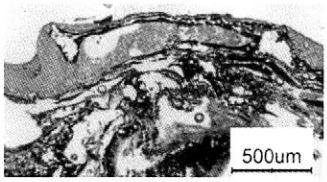



写真6　同左、塗膜断面の拡大

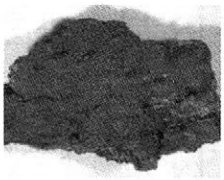


写真7　C地点より出土した塗膜片

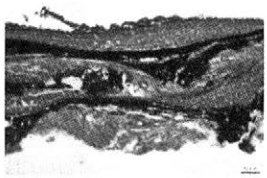


写真8　同左、塗膜断面

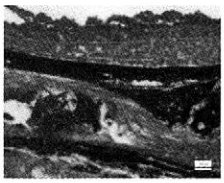


写真9　同左、塗膜断面拡大

4. まとめ

大成洞88号墳よりツキヒガイと重なる状態で出土した漆塗膜について、塗膜構造を調査した。その結果、3地点に副葬された漆製品はそれぞれ塗膜構造が異なり、A地点より出土した塗膜は両面とも黒、もしくは黒地に部分的に赤の文様、B地点より出土した塗膜は片面が赤であった。両者とも胎は消失していたが、厚さ約１㎜に復元できる塗膜が数単位、重なっていた。C地点より出土した塗膜は胎に布層が遺存し、厚さ約２㎜に復元可能で、前二者と塗膜構造が異なっていた。以上の結果、A、B地点出土の塗膜については盾を、C地点出土の塗膜については靱を想定した。

謝辞　本研究の成果の一部は科学研究費（平成26年度基盤研究（ｃ）課題番号26350381）によるものである。

# 千葉県草刈遺跡出土のパイプ状ベンガラの内部微細構造解析による由来の解明

## Microstructure analysis of Japanese pipe-shaped bengara, red pigment excavated from Kusakari site in Chiba Prefecture to clarify its origin

○田中眞奈子[1]・永田和宏[2]・寺田靖子[3]・三留正則[4]・長谷川琴音[4]・上條朝宏[5]
(1 東京藝術大学、2 東京工業大学、3 高輝度光科学研究センター、4 物質・材料研究機構、
5 東京都埋蔵文化財センター)

### 1．はじめに

日本では赤色顔料としてベンガラ、水銀朱および鉛丹が古くから用いられた。酸化鉄であるベンガラは天然に鉱物として産するものの他に原材料や製法の異なる様々な種類があることが知られている。なかでも、パイプ状ベンガラは縄文時代から古墳時代にかけての遺跡から多く出土する他、古代木造建造物における使用例も最近確認されている。色が鮮やかで、小形の深鉢や甕類などの容器に保管された形でも出土することから、貴重な顔料として用いられたと推定される。パイプ状ベンガラの近くに珪藻が観察された先行研究などからパイプ状ベンガラは鉄細菌が由来と考えられているが、その由来や製造方法など不明な点が多い。

本研究は、パイプ状ベンガラ試料の内部微細構造を最先端分析機器を用いて確認し、その由来や生成・発色機構を解明することを目的としている。出来るだけ多くの試料を分析することで、原料の供給経路や飛鳥時代以降にほとんど使用されなくなった理由を推察し、パイプ状ベンガラの絵画材料としての特異性を明らかにしたい。また、微量しか採取できない貴重な文化財試料の分析手法の向上に寄与することも目的としている。

### 2．分析方法

千葉県市原市草刈遺跡（弥生時代中期～後期）の住居跡から出土した壺内に入ったパイプ状ベンガラ（上條朝宏氏提供、図１～２）を以下の手法を用いて分析した。

(1) 光学顕微鏡および高分解能走査型電子顕微鏡(SEM)・・・形状観察

(2) エネルギー分散型X線分析装置(EDS)・・・組成分析

(3) 走査型X線顕微鏡（SPring-8 BL37XU）・・・ベンガラ中のFeをはじめとした共存元素の分布の確認

(4) FIB-SEM および透過電子顕微鏡（物質・材料研究機構）・・・内部微細構造観察と電子線回析図形の解析

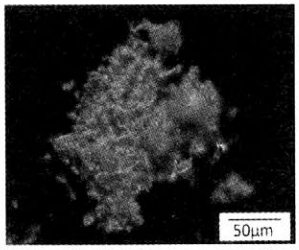



図１ 草刈遺跡出土のパイプ状ベンガラの光学顕微鏡像

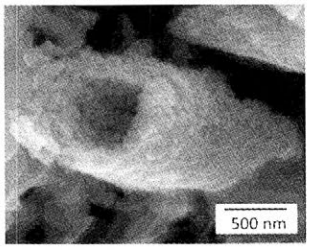



図２ 草刈遺跡出土のパイプ状ベンガラの高分解能SEM像

## 3．結果と考察

光学顕微鏡および高分解能 SEM 観察により、草刈遺跡出土のパイプ状ベンガラは長さ 5～20μm、幅 1～1.5μm、パイプの壁の厚さ 200～300nm 前後とサイズのばらつきが大きく、パイプ自体は 100nm 前後の細かい粒子の集合体であることが明らかになった。SEM-EDS 分析および走査型 X 線顕微鏡による観察により、パイプ状ベンガラは Fe の他、微量の Si、P、Ca、Al、Ti、Mn などで構成されていることが確認された。これらの結果を踏まえ、パイプ状ベンガラを FIB 加工により薄片化し、TEM により内部微細構造を観察した。その結果、パイプ状ベンガラ内部は、図 3 に示すように①鉄酸化物からなる領域、②Si からなる領域(非晶質部)、③P と Ca を多く含む粒子の 3 つの相で構成されていることが明らかになった。また、パイプ状ベンガラ全体に Al が分布していることが確認された。それらの部分の電子線回形の解析により①鉄酸化物からなる領域は主にヘマタイトであり、③P と Ca を多く含む粒子はリン酸カルシウムであることが判明した。内部にリン酸カルシウムの結晶の存在が確認されたことから、パイプ状ベンガラは生体鉱物（鉄細菌）由来の可能性が高い。

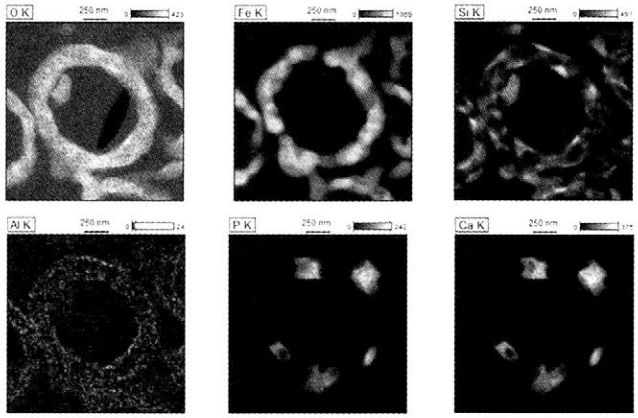



図 3 パイプ状ベンガラ断面の TEM による組成マッピング像
(左上から O、Fe、Si、左下から Al、P、Ca)

## 4．まとめ

本研究を通してパイプ状ベンガラが生体鉱物（鉄細菌）由来である根拠を得ることが出来、また生成・発色機構を推定するにあたり大変重要な成果を得ることが出来た。最先端分析機器を用いることで、極微量であっても多くの情報を得ることが出来ることが明らかになった。リン酸カルシウムの存在とパイプ状ベンガラ内部の鉄の状態は、パイプ状ベンガラの由来（鉄細菌）や製造方法を示す指標となる得るため、引き続き詳細の解析を進めるとともに、他の地域から出土したパイプ状ベンガラの分析も実施する予定である。分析試料数を増やし、複数のパイプ状ベンガラの分析結果を比較・検証することでより多くの新しい知見が得られる可能性があり、パイプ状ベンガラの具体的な製造方法や供給経路の解明にもつながる可能性がある。研究で得られた結果を詳細にわたり検証し、考古学、生物学、地質学など関連分野の専門家達との連携を深めながら研究の深化を図っていきたい。

## 謝辞

本研究の一部は SPring-8 の成果公開型実験課題 2012B1484、2013A1268 および文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業 (NIMS 微細構造解析プラットフォーム課題番号 12-NA-0057、A-13-NM-0040) の支援を受けて実施されました。本研究は吉田学記念文化財科学研究助成金ならびに守谷育英会研究助成金によるものでご支援に深謝いたします。

# 遺跡の磁気探査における磁化研究の重要性

# Magnetic survey and magnetic properties of objects at the archaeological remains

○酒井英男（富山大学），金田明大（奈良文化財研究所），宇野隆夫（帝塚山大学）
○Hideo SAKAI (University of Toyama), Akihiro KANEDA (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Takao UNO (Tezukayama University)

## 1. はじめに

磁気探査は窯跡等の焼土遺構で有効である(酒井他, 1989 等). 被熱で土壌が強い磁化を獲得し, 磁気異常を生じる為であり, 窯の焼土は地磁気年代研究でも重要である(Hirooka, 1971 等). 従来, 窯跡の磁気探査・地磁気研究は多いが, 磁化特性や窯体との関係は調べられていない. また, 窯の磁化は熱残留磁化とみなされているが, その検証は殆ど無い. 磁化特性は探査の精度向上に必要であり, 考古地磁気の試料採取でも有用となる. 本研究では, 珠洲焼窯と須恵器窯(図 1)について, 窯壁・床面の磁化特性を研究した. 結果の一部は, 酒井他(1993)で示している.

土壌は強磁性鉱物を含み, 堆積残留磁化を獲得する. 窯操業の高温で熱残留磁化が獲得されると, 強度は 10-100 倍も強くなり, 当時の地磁気方向を向き, 再加熱等が無ければ数千年後も残る. ただ加熱温度・雰囲気により化学熱残留磁化も獲得される. 本研究では, 実験(熱消磁, ﾃﾘｴ法実験, 磁気ﾋｽﾃﾘｼｽ研究等)により, 土壌の以下の磁化特性を研究した. (1)残留磁化(方向, 強度), (2)ﾃﾘｴ法実験で得る磁場強度, (3)熱消磁での特徴的温度(強度が 75%まで減少する温度;75%DT 値), (4)磁区構造(磁化の安定指標). 研究では, 超伝導磁力計, 振動型磁力計等を使用した.

## 2. 窯焼土の磁化特性の研究

富山県射水市・石太郎 1 号窯は, 半地下式の須恵器窯(8 世紀;富山県埋蔵文化財ｾﾝﾀ, 1992)で, 窯体の長さは約 7.5m あった(図 1). 窯の北壁から水平に奥へ 20cm 長のﾌﾞﾛｯｸ US を直方体に削って採取し, ﾌﾞﾛｯｸから 2cm 角の小試料 10 個を作成した. そして実験で, 磁化強度, 消磁後の磁化方向(偏角, 伏角), 熱消磁 75%DT 値, ﾃﾘｴ法の磁場強度を求めた. 図 1 右に, 各ﾃﾞｰﾀを窯壁からの距離を横軸としてまとめている.

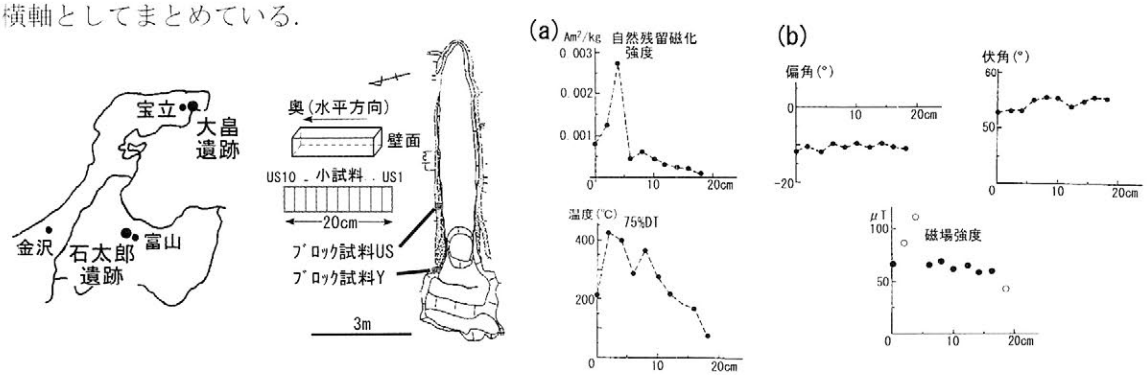



図 1. 石太郎 1 号窯の, 磁化特性の窯壁からの距維に伴う変化. 図(a)は, 磁化強度と 75%DT 温度, 図(b)は, 磁化方向とﾃﾘｴ法で得た磁場強度を示す.

図(b)の磁化方向は, 焼土の考古地磁気(広岡他, 1992)とほぼ一致し, 窯壁から約 20cm 外までの

土壌は，地磁気を記録していた．また磁場強度の平均も，窯操業時(8 世紀)の地磁気強度(Sakai & Hirooka, 1986)を示し，壁面から約 20cm までの土壌(焼土)は熱残留磁化を獲得していた．

石川県珠洲市の大畠 2 号窯(図 2)でも，発掘後に，焚口付近で床面から下へ 32cm 掘下げてﾌﾞﾛｯｸを採集し，小試料(2cm 角)16 個を作成して研究した．研究の結果，磁化方向は，窯から距離 32cm まで全て，地磁気方向を向いた．またﾃﾘｴ法による磁場強度では，20cm 以内は信頼できる値が得られ，窯の年代(14 世紀頃)の地磁気強度を示した．以上より，距離約 20cm から内側の磁化は，石太郎 1 号窯と同様に，熱残留磁化と判明した．

しかし 20cm より遠い試料では，ﾃﾘｴ法で信頼できる結果は得られなかった．磁化強度や熱消磁 75%DT 値も，同距離を境に低下した．これは 20-32cm の範囲は熱残留磁化で無いことを示している．磁化方向は地磁気を記録しているので，距離 20-32cm の磁化は，別の磁化(化学熱残留磁化)が獲得されたと考えられる．これは磁気ﾋｽﾃﾘｼｽの磁区構造変化でも解釈できた．

以上より，珠洲焼窯・須恵器窯(操業温度＞1000℃)では，窯体(壁・床)から外へ向かって，距離 20cm 付近を境に，内側は熱残留磁化となっているが，より離れた土壌の磁化も地磁気方向を記録し，化学熱残留磁化が獲得されていると結論できる．図 3 は，窯体の磁化と，磁気異常を模式的に示している．

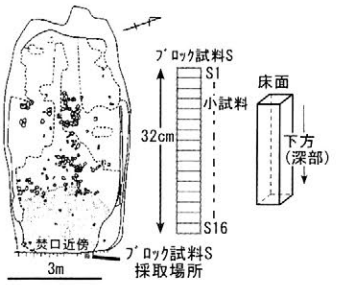



図 2. 大畠 2 号窯での研究試料

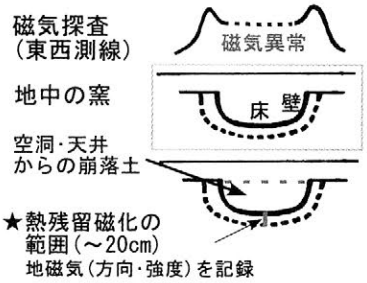


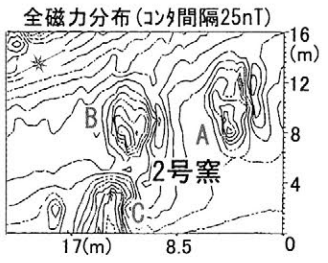

図 3. (高温焼成の)窯の磁化と磁気異常

## 3. まとめ

磁化特性の距離による変化は，高温物体の熱伝導ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝを通して，窯体の温度推定に利用できる．窯の操業温度は遺物の X 線分析等で研究されているが局所的であり，窯全体の温度が求められる本研究は重要である．また新旧窯が重なり，古い窯が上の窯の操業で熱影響を受ける場合もあるが，こうした場合の地磁気年代研究でも，本研究で得た磁化特性ﾃﾞｰﾀは指標となる．

**＜大畠 2 号窯の磁気探査＞**発掘前の磁気探査から，図 4 中図の全磁力分布を得た．範囲 A, B では，地下約 1m から 2 基の窯が現れ，良く対応した．室町時代の最大規模と見なされる登り窯であった．右図は，近傍の別の窯跡で，詳細な探査により，焼成度も検討した探査結果である．





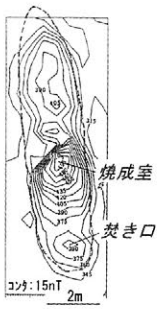




図 4. 磁気探査の結果.

# ハギア・ソフィア大聖堂における飛来海塩粒子量の調査

# Measurement of sea salt particles at Hagia Sophia, Istanbul, Turkey

○佐々木 淑美(関西大学、東北芸術工科大学),
小椋 大輔(京都大学), 安福 勝(近畿大学), 水谷 悦子(京都大学), 石崎 武志(東北芸術工科大学)
○Juni Sasaki (Kansai University, Tohoku University of Art And Design), Daisuke Ogura (Kyoto University),
Masaru Abuku (Kinki University), Etsuko Mizutani (Kyoto University),
Takeshi Ishizaki (Tohoku University of Art And Design)

## 1. はじめに

発表者らは、2010年からトルコ共和国イスタンブール市に残る歴史的建築物であるハギア・ソフィア大聖堂において、建築内外の保存環境の評価と改善方策の検討を進めている。特に、内壁面で顕著に進行している塩類析出については、外壁からの雨水の浸透がそれを促進していることを指摘してきたが、塩類の由来については材料および外的要因の両可能性が考えられる。ハギア・ソフィアは南東にマルマラ海、北東にボスポラス海峡を望む高台に位置しており、海からの影響を無視することはできない。海岸周辺の建築物における塩害、特にコンクリート造建築物の劣化に関する調査研究はこれまで数多くおこなわれている。建築物に海から飛来する海塩粒子がどの程度影響を及ぼしているのかを検討した研究も多く、海からの距離、標高、遮蔽物の有無、風向風速が飛来する塩分量の大小を決めることが実測調査からわかっている。ハギア・ソフィアの内外壁面でみとめられる劣化への効果的な対策の検討を目的とし、2013年の現地調査から2016年3月までに計7回の飛来海塩粒子量測定を実施した。

## 2. 飛来海塩粒子量の測定

大気中の塩分濃度を測定する方法には、フィルター捕集法や土研法などがある。ハギア・ソフィアにおいては現地調査に適したパッシブ法の検討が必要であったことから、電源を必要とせず、設置場所に制限の少ないドライ・ガーゼ法(JIS-Z2382「大気環境の腐食性を評価するための環境汚染因子の測定」に準拠)を採用した。今回の測定で用いた装置は、内径15cm、厚さ1cmの刺繍枠に、超音波洗浄した後に風乾させた医療用ガーゼを規準に従い2枚重ねで固定し、受風面積は両面で$1.7\times10^{-2}m^2$ ($1.7dm^2$)としたもので、円筒型装置を用いた先行研究を参考にし、雨に濡れないようPET板をカバーとして枠の周囲に固定した。測定装置は建築内外に方位ならびに高さを変えて合計7か所設置した(Fig.1)。本発表ではそのうちドーム窓外壁(高さ約40m)の東西南北ならびに高さ約35mの地点にあたる南東環境ステーションの計5か所で2013年9～10月と10～11月、2014年8～9月、そして2015年2～3月と6月の各1か月間計5回実施した計測の結果を考察対象とする。採取した塩分の分析は、JIS-Z2382に基づきおこない、ガーゼをイオン交換水に浸し超音波抽出したものを吸引濾

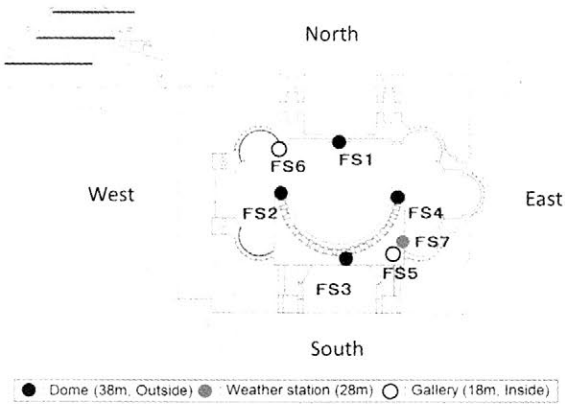



Fig.1 飛来海塩粒子量測定箇所

過し、その濾液からイオンクロマトグラフ(DIONEX ICS-5000)を用いてNa+およびCl−濃度をもとめた。分析値からトラベルブランク値を差し引き、日平均飛来海塩粒子量mg/(m²・d)を算出した結果、時季および方位による分布がみとめられた。

### 3.ハギア・ソフィアに飛来する海塩粒子

ほぼ年間を通して、ハギア・ソフィアへ飛来する海塩粒子量は、建築の東、北そして西に集中している。これは、ハギア・ソフィアから東に約650m、北に約1000mの位置に海が面していること、そしてハギア・ソフィアから最も近いイスタンブールの観測地点における2000年〜2015年の年間平均風配は年間を通して北北東および北東からの風が卓越していることからも穏当な結果と言える。先述のとおり、飛来海塩粒子量は海からの距離、標高、遮蔽物の有無、風向風速の影響をうける。ドームの高さにおいて、ドーム東および北は、海からの距離の近さ、そして北および北東からの卓越風の影響によって海塩粒子量が高くなっていると言える。ただし、ドームより5m程度低い南東環境ステーションでは、ドーム南よりわずかに高い濃度の海塩粒子量に留まった。ドームの高さ約100m(標高約60m+高さ約40m)では海からの距離と卓越風によって海塩粒子量が高まるが、5m程度の高低差により卓越風の影響は緩和され(遮られ)、海塩粒子量が減少すると考えられる。さらに、海塩粒子量が東で著しく減少する時季には、北は変わらず高い濃度を維持しつつ、西で海塩粒子量が著しく増加し、南東環境ステーションではドーム東よりも高い濃度となることがわかった。これは、当該時季に南西からの風が優位であるためと考えられ、卓越風の影響が海からの距離よりも飛来海塩粒子量の大小に影響を及ぼす可能性を示唆している。

### 4.飛来海塩粒子が壁面におよぼす影響評価の試み

建築に対する海からの影響を評価するとともに、それらの塩分が壁面へ及ぼす影響を検討することを目的として、塩分浸透量と浸透深さを実験的に把握するため、既知の組成ならびに物性をもつモルタル供試体を1年および3年間、これまでに飛来海塩粒子量を継続的に計測してきた建築東面（環境ステーション設置箇所）ならびに西面（第二コーニスレベル）に曝露することとした。供試体は40 x 40 x 80 mm³の角柱で、セメント1に対してISO標準砂3の質量比で配合し、水セメント比0.50でJIS R 5201に準じて作製されたものを使用し、曝露面以外からの水分および塩類の浸透を防ぐために側面をエポキシ樹脂とアルミホイルでシーリングした。曝露面とその反対の背面はシーリングせず、背面については水蒸気の蒸発のみ可能となるようタイベックで覆い、雨水および日射の影響を受けないようアルミホイルが底となるよう加工した。また、個体差の確認もおこなえるよう各期間3体ずつの計6体を上記2箇所に、木製の上台を用いて水平に6体が並ぶよう固定した。今年の12月に1年間の曝露試験が完了する予定であり、塩分浸透量と浸透深さに関して、既往研究との比較が可能なよう、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準拠する方法を用いて分析・検討する予定である。

### 5. まとめと今後の展開

今回の飛来海塩粒子量の測定の結果、卓越風と海からの距離に起因する方位分布がみとめられた。また、季節変化は卓越風による影響が大きいことを確認した。今後は、壁面への影響を検討するために、曝露実験と壁面付着塩分量の測定を実施するとともに、温湿度による付着量の増減など他の気象因子による影響および壁面劣化との関係の考察も進める。

[謝辞]
本研究は、本研究は、科学研究費若手研究B(26870897)の助成を受けて実施した学術調査の成果の一部である。調査実施にあたりご指導いただいた東京文化財研究所の呂俊民氏とイオンクロマトグラフ分析を実施していただいた東京文化財研究所の古田嶋智子氏、アヤ・ソフィア博物館館長Hayrullah Cengiz氏および学芸員の方々に、感謝申し上げます。

[参考文献]

1) 佐々木淑美他5名,2013, ハギア・ソフィア大聖堂における析出塩類の調査, 日本文化財科学会第30回大会(仙台)
2) 水谷悦子他6名,2014, ハギア・ソフィア大聖堂の壁画保存に関する研究その3 内壁の仕上げ材が外壁および壁画の劣化に与える影響の検討, 日本建築学会大会(神戸)梗概集

# 飛鳥寺塔心礎埋納物の考古科学的研究

# Scientific and archaeological investigation of burial goods excavated from Asukadera site

○田村朋美（奈良文化財研究所）、石橋茂登（同左）、大賀克彦（奈良女子大学）
○Tomomi TAMURA, Shigeto ISHIBASHI (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Katsuhiko OGA (Nara Women's University)

## 1. はじめに

奈良県飛鳥寺は日本で最初に造営された本格的な仏教寺院であり、塔心礎から舎利荘厳具と考えられる様々な器物が発見された。これらは、技術指導を受けた百済との関係や先行する古墳文化からの移行過程を考える上で不可欠の資料である。また、西暦593年に埋納されたことが記録されている実年代論上の定点資料でもある。本研究では、ガラス玉を中心とした玉類に対して材質や製作技法の検討を行った。

## 2. 資料と方法

今回の調査にあたって飛鳥寺塔心礎出土のガラス製遺物の再整理を実施し、2926点以上のガラス小玉およびガラス小玉片を確認した。小玉以外のガラス製品としては、勾玉が1点およびトンボ玉が3点出土している。さらに、これらのガラス玉に加えて、石製や金属製の玉類についても検討の対象とした。

本研究では、顕微鏡観察、X線透過撮影（富士フイルム社製μFX－1000）およびマイクロフォーカスX線CT撮影（島津製作所製SMX-100CT-D）をおこない、製作技法を検討した。ガラスの成分分析には蛍光X線分析（エダックス社製EAGLEIII）を適用した。結晶物質の同定には、X線回折分析（リガク社製SmartLab）およびラマン分光分析（ラムダビジョン社製microRAM－300II）を適用した。

## 3. 結果と考察

**ガラス玉**　飛鳥寺塔心礎出土のガラス玉は、インド～東南アジア産と考えられる小玉（Group PI、Group SIIB、Group SIV）、メソポタミア～中央アジア産と考えられる植物灰ガラス小玉（Group SIIIB、Group SIIIC、重層ガラス玉）、およびこれらのガラス小玉やその破損品を素材とし、鋳型を用いて再生したガラス小玉など、二次的に生産されたガラス玉から構成されていた[1]。勾玉は、未加工の植物灰ガラス素材から製作したと考えられる。いずれの種類も古墳時代後期末までに日本列島に流入したガラスであり、すべて創建当初の埋納物であると判断される。なお、微細な破片も含め網羅的に調査を実施したが、鉛系のガラスは検出されなかったことは注目される。以下では、これらのうち注目される種類としてGroup SIIICについて詳述する。Group SIIICは須恵器編年TK209期に出現することが確実視されているもので、飛鳥寺塔心礎出土品はこの種のガラス小玉の日本列島への流入年代の指標となり、かつ、流入経路を考える上でも極めて重要な資料となる。今回の調査でGroup SIIICは、分布の凝集性が高く、$MgO > K_2O$の傾向が明確であることがわかった。植物灰ガラスの中でも$MgO > K_2O$となるのはメソポタミア産の特徴と考えられている。今回、錫酸鉛で着色された黄色不透明のGroup SIIICに帰属するガラス片の鉛同位体比分析を実施した結果、コバルト着色のナトロンガラス（Group SI）と比較的類似の値を示した。さらに、イラン産の鉛鉱石にも比較的類似した鉛同位体比を持つものが報告されており、基礎ガラスと着色剤の両面から本資料が西方地域産であることが示された。

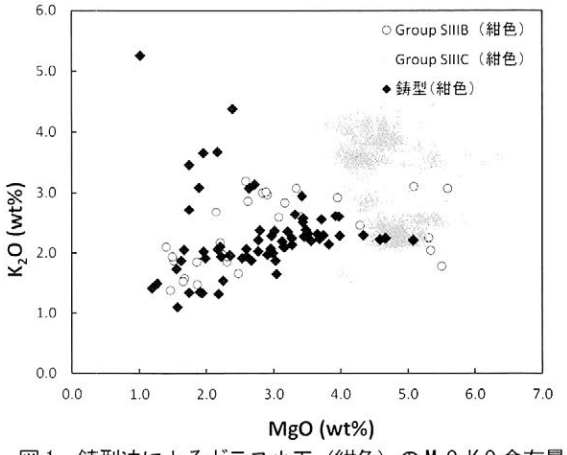


図1　鋳型法によるガラス小玉（紺色）の$MgO$-$K_2O$含有量

鋳型法によるガラス小玉は、混合に注意しつつ、素材に使用されたガラスを検討した。鋳型法のガラス小玉は、紺色透明、黒色半透明、黒色不透明、淡

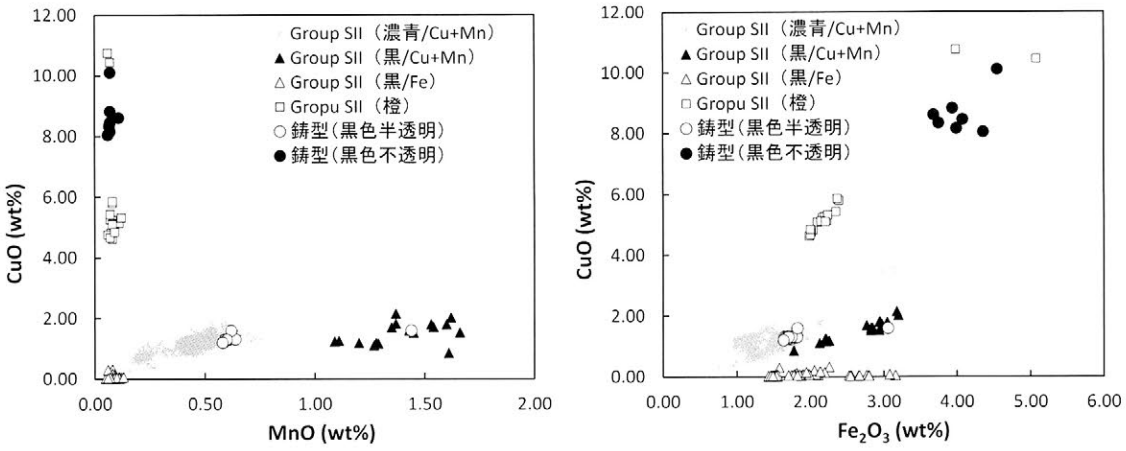



図2　鋳型法によるガラス小玉（黒色）の着色成分の検討

青色透明、濃青色透明に大まかに分類できる。紺色透明のものは、色調と化学組成からGroup SIIIBの紺色ガラスを主体としつつGroup SIIBの濃青色ガラス小玉片が混合されている可能性が高い。色むらの少ない個体は化学組成の類似性からGroup SIIIBを主要な素材として再生されたと推測される（図1）。Group PIのカリガラスを主体としたものやGroup SIIIBとGroup PIが混合された可能性の高いものも検出した。黒色半透明のものは、銅とマンガンで着色された同色のGroup SIIBのガラス小玉と化学組成が類似し、これらの破損品を主体として再生されたと考えられる（図2）。一方、黒色不透明のものは、$Fe_2O_3$とCuOの含有量が多く、引き伸ばし法による同色のガラス小玉とは明らかに異なる。化学組成が最も類似するのは、Group SIIBの橙色不透明のガラス小玉である（図2）。酸化銅のコロイド着色である橙色不透明ガラスが再加熱により黒色化した可能性が考えられる。淡青色透明および濃青色透明のものは、引き伸ばし法による同色のGroup SIIBのガラス小玉と類似の化学組成を有し、色むらも少ないことから、これらのガラス小玉片を選択的に利用していると言える。

**ガラス玉以外**　飛鳥寺塔心礎からは直径1.5 mm～2 mmの白色不透明の微細な玉が少なくとも13点以上出土していることが明らかとなった。蛍光X線分析の結果、カルシウムがきわめて強く検出されており、X線回折分析により主成分は炭酸カルシウムである可能性が高いことが明らかとなった（図3）。いわゆる広義の真珠の可能性が考えられる。ただし、アラゴナイト層は確認できなかった。これらの玉には外側の層が剥離した痕跡が認められ、現在の表面はオリジナルの表面ではないと考えられる。元来は外側に真珠層を有していた可能性もあるが、現状では明らかでない。X線CT画像によると、二方向から穿孔されており、孔の形状は開孔部から先端に向けて細くなっている（図4）。孔径は0.5 mmにも満たない。孔の形状や孔壁の状態が古墳時代までの日本列島で製作された玉類とは異なる。製品の大きさはやや異なるが、類似の方法で穿孔された真珠が正倉院に残されている[2]。従来、飛鳥寺塔心礎埋納物は古墳時代的な特徴が指摘されてきたが、本資料が真珠であるならば、古墳の副葬品には例外的にしか確認されていないものである。真珠は仏教における七宝のひとつとされ、舎利荘厳具として伝えられた文物である可能性がある。すなわち、飛鳥寺塔心礎埋納物は、従来の古墳の副葬品とは異なる仏教施設の荘厳具としての新たな様相を具備していたと言える。

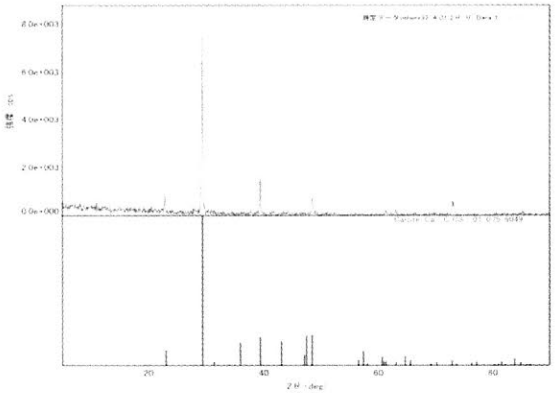


図3　白色不透明玉のX線回折スペクトル

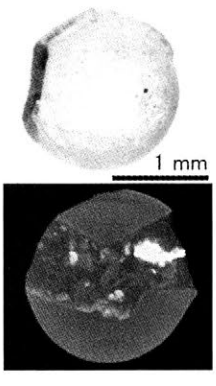



図4　顕微鏡写真およびX線CT画像

1）奈良文化財研究所2016『飛鳥寺塔出土品の研究　ガラス玉類の考古科学的研究』飛鳥資料館調査研究報告19
2）松月晴郎1992「正倉院の真珠穿孔技法」『正倉院紀要』14

# 「白瑠璃碗」は何処で作られたか —博物館資料切子ガラス碗の非破壊化学組成分析から—

# Where was the "Haku ruri no wan" made? - Nondestructive chemical composition analysis of facet cut glass bowls in museum collections -

○阿部 善也（東京理科大学・理学部），四角 隆二（岡山市立オリエント美術館），
巽 善信（天理参考館），中井 泉（東京理科大学・理学部），St John Simpson（大英博物館）

○Yoshinari ABE (Tokyo University of Science), Ryuji SHIKAKU (Okayama Orient Museum),
Yoshinobu TATSUMI (Tenri University Sankokan Museum),
Izumi NAKAI (Tokyo University of Science), St John Simpson (The British Museum)

## 1. はじめに

「奈良はシルクロードの終着点」と言われ，遥か西方の文物がシルクロードを経て飛鳥・奈良時代の日本にまで到達していた。正倉院宝物「白瑠璃碗」は，そうした古代シルクロード交易の存在を実物で示す資料の一つである。同様の特徴を持つガラス碗（円形切子装飾碗）がサーサーン朝ペルシア（3～7 世紀）の版図であったメソポタミアおよびイラン高原の遺跡から多数発見されたため，白瑠璃碗はサーサーン朝で作られたガラス（サーサーン・ガラス）が伝えられたものと考えられ，日本と西方とを繋ぐ重要な資料とされる。その一方で，近年では古代ガラスに関する化学的な理解が進み，化学組成や同位体比に着目することで，その起源（生産地や原料の種類・採取地）を化学的に推定することが可能となった。そこで本研究では，白瑠璃碗の一次生産地に関して間接的な考察を行うことを目的として，国内外の博物館・美術館に収蔵された類例の非破壊蛍光 X 線分析を行い，化学組成から起源推定を試みた。

## 2. 実験内容

分析資料は，国内外の博物館・美術館に収蔵された，サーサーン朝ペルシア由来と考えられる円形切子装飾ガラス器 28 点である。所蔵の内訳は，大英博物館（BM）9 点，岡山市立オリエント美術館（OOM）8 点[1]，天理参考館（TSM）4 点，平山郁夫シルクロード美術館 3 点，大原美術館（OM）2 点[1]，古代オリエント博物館（AOM）と古代エジプト美術館（AEM）が各 1 点である。各資料の由来に関して，BM の 9 点は希少なメソポタミア・シリアの遺跡からの発掘資料で，19～20 世紀の発掘調査によるイラク（Ctesiphon, Babylon, Nineveh）やシリア（Tell Arban）の出土品である。その他の 19 点に関してはイラン北部の古墓からの盗掘品，いわゆる「アムラシュもの」であると考えられ，特に OOM, OM, AOM, AEM の 12 点に関しては，その入手経緯・時期からほぼ確実にイラン北部由来であると判断される。器形別に見ると，完形の半球形碗が 18 点と半数以上を占めており，その他の完形品としては台付杯と皿が各 1 点あり，残りの 8 点は容器片である。

上述の博物館・美術館に可搬型蛍光 X 線分析装置（アワーズテック（株）製 100FA-IIL[2]または 100FA-IV[3]）を持ち込んで，各資料を非破壊で分析し，検量線法により化学組成を定量した。これらの装置は検出器の窓材の改良と真空チャンバの接続により，同種の装置では分析困難な Na や Mg といった軽元素の定量を可能としている。さらに内蔵された励起 X 線の単色化機構により，Y や Zr などの微量重元素を高感度に検出できる。事前の肉眼観察により風化影響が少ない点を探して測定点とし，定量値に顕著な風化影響が見られた場合には再分析を行った。

## 3. 結果と考察

本研究で分析した 28 点の円形切子装飾ガラス器は，全てソーダ石灰ガラスの化学組成を有していた。サーサーン朝ペルシアにおいてはソーダ融剤として植物の燃焼灰を用いたガラス（植物灰ガラス）が生産されていたと考えられているが[4]，ユーフラテス以西，地中海沿岸を中心とするローマ～初期ビザンツ帝国（前 1～後 8 世紀）では炭酸ソーダを主成分とする鉱物を用いたガラス（ナトロンガラス）が生産された[5]。ソーダ融剤の種類を検証するため，本研究で分析した 28 点の定量値，およびサーサーン朝ペルシアとローマ～初期ビザンツ帝国のガラス製品の文献値[4,5]から MgO と $K_2O$ の濃度をプロットし，図 **1** とした。ナトロンガラスと比べ，植物灰ガラスは植物由来の Mg と K を多く含有する。また植物の種類によりその割合が異なり，サーサーン・ガラスでは 2 種類（Sasanian 1, Sasanian 2）の植物灰の利用が指摘されている[4]。分析した 28 点の円形切子装飾ガラス器は，26 点が植物灰ガラス，2 点がナトロンガラスに分類された。

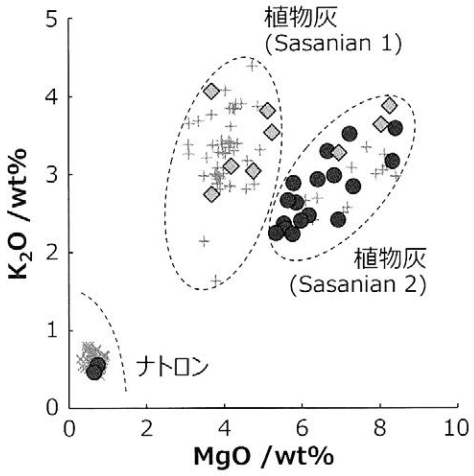



図 **1** MgO *vs.* $K_2O$ プロット

植物灰ガラス 26 点に関して，うち 6 点は MgO と $K_2O$ を同程度含む Sasanian 1，残る 20 点は MgO に富む Sasanian 2 に分類された。メソポタミア・シリア出土品 9 点のうち，Sasanian 2 に分類されたのは Ctesiphon および Tell Arban から出土した 3 点のみであり，他の 6 点については全て Sasanian 1 に分類された。一方，伝イラン北部出土品で植物灰ガラスに分類された 17 点は，全てが Sasanian 2 であった。この結果はすなわち，原料の異なる少なくとも 2 種類の原ガラスを用いて作られたガラス器に対して円形切子装飾が施されており，メソポタミア・シリアとイラン北部ではその流通状況に差があった可能性を示している。また，発表者らが過去の大会[6]で発表した「同一の原料が入手できる程度の狭域で一次生産されたガラスを用いて円形切子装飾ガラス器が作られていた」とする仮説を覆すものである。

ナトロンガラスに分類された 2 点はどちらも TSM 収蔵であり，明確な出自は不明だが，他の博物館資料と同様にイラン北部で発見されたものと考えられる。ローマ～初期ビザンツ帝国のナトロンガラス製品に関して，化学組成に基づいた分類が行われており，複数の組成グループの存在と，各グループの具体的な原料および生産・流通時期が明らかにされている[5]。当日は，ナトロンガラスに分類された 2 点の円形切子装飾ガラス器について，各組成グループのナトロンガラスと化学組成を比較し，その一次生産地を推定した結果も発表する。

このように，白瑠璃碗の類例となる博物館資料の円形切子装飾ガラス器について，化学組成から複数の一次生産地が存在する可能性，さらにはその起源と目されるサーサーン朝の圏内でも流通状況に地域差があった可能性が示された。

## 参考文献

1) 阿部 善也:『児島虎次郎は見た！オリエント文化 東西の架け橋』pp. 16-24, 岡山市立オリエント美術館 (2014).
2) K. Tantrakarn *et al.*: *X-Ray Spectrometry* **38**, 121–127 (2009).
3) Y. Abe *et al.*: *Journal of Archaeological Science* **39**, 1793–1808 (2012).
4) P. Mirti *et al.*: *Journal of Archaeological Science* **36**, 1061–1069 (2009). ほか
5) H.E. Foster and C.M. Jackson: *Journal of Archaeological Science*. **36**, 189–204 (2009). ほか
6) 阿部 善也ら: 日本文化財科学会第 31 回大会において発表 (2014).

# 古墳時代の馬の利用と飼育

# The horse utilization and keeping in Kofun Period

○丸山真史（東海大学）、覚張隆史（金沢大学）、青柳泰介（奈良県立橿原考古学研究所）
○Masashi MARUYAMA (Tokai University), Takashi GAKUHARI (Kanazawa University) , Taisuke AOYAGI (Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture )

古墳に副葬される馬具や記紀の記事などから、５世紀前葉に乗馬の風習が始まったことが指摘されている（小林 1951）。一方、馬歯・馬骨の出土状況から見れば、河内などで古墳時代初頭とされる馬歯・馬骨が出土しており、散発的に渡来していたと考えられ（積山 2010）、５世紀中頃から後半にかけて、出土する遺跡が急増し、本格的に普及したと考えられる（松井・丸山 2014、丸山 2015）。奈良盆地では、磯城郡田原本町に位置する唐古・鍵遺跡で出土した馬骨が最も古く、５世紀初頭のものと考えられ（丸山・藤田 2014）、それに続くのが５世紀中頃と推定される御所市に位置する南郷大東遺跡の馬歯・馬骨などである。南郷大東遺跡は、木樋を使用する祭祀遺構や祭祀に関連する遺物が大量に出土したことで有名である。祭祀に関連する遺物とともに 60 点を越える動物遺存体が出土しており、その大部分は流路 SX01 から出土したウマの歯と骨である。動物遺存体の概要は、松井章によって報告されており、古墳時代中期のウマやウシ、内陸部における海産物の出土が注目された（松井 2003）。

本発表では、南郷大東遺跡遺跡で出土した馬歯・馬骨を資料として、従来からの形態学的分析や出土分布の検討に加え、安定同位体分析を用いた馬の利用と飼育に関する分析結果を報告する。なお、これまで個別に議論されることが多かった動物考古学的分析と同位体化学的分析について総合的解釈を行った成果である。

南郷大東遺跡から出土した馬歯・馬骨は最小個体数６個体と推定され、うち２個体が生後４年以下の幼齢馬であることが判明した。出土した臼歯について年齢推定したところ、若齢馬と幼齢馬が多い（図１）。奈良盆地では古墳時代の幼齢馬の出土例は極めて稀であり、特別な意義を想定しなければならないであろう。少数ながら出土した四肢骨のなかには解体痕が見られ、犠牲あるいは食用などを想定することができる。ストロンチウム安定同位体分析では遠隔地から２個体が持ち込まれていたことが判明し、炭素同位体分析では成長過程において給餌内容の変化が指摘できる（図２・３）。以上のことから古墳時代中期の南郷大東遺跡では、遠隔地から若い馬を連れてきて、年齢に応じて餌を替えるという高度な馬の飼養が行われ、馬は威信財や役畜としてだけでなく儀礼や食用にも利用されたと言える。

参考文献

青柳泰介・覚張隆史・丸山真史 2016「南郷大東遺跡から出土した馬歯の化学分析」『青陵』第 146 号，奈

良県立橿原考古学研究所，1-3 頁.
小林行雄 1951「上代日本における乗馬の風習」『史林』第 34 巻第 3 号，史学研究会，1～18 頁.
積山洋 2010「日本列島における牛馬の大量渡来前史」（栄原永遠男編）『日本古代の王権と社会』塙書房，71～84 頁.
松井章 2003「南郷大東遺跡出土の動物遺存体」『南郷遺跡群Ⅲ』奈良県立橿原考古学研究所，303-308 頁.
松井章・丸山真史 2014「日本在来馬の起源」『ビオストーリー』vol. 21，生き物文化誌学会・誠文堂新光社，14-18 頁.
丸山真史・青柳泰介 2015「南郷大東遺跡の馬」『青陵』第 143 号，奈良県立橿原考古学研究所，1-3 頁.
丸山真史 2016「古墳時代の馬の普及と飼育・管理」『古代学研究』第 208 号，古代学研究会，12-19 頁.
丸山真史・藤田三郎 2014「唐古・鍵遺跡出土の古墳時代中期の馬骨について」『田原本町文化財調査年報 22』田原本町教育委員会，149-156 頁.

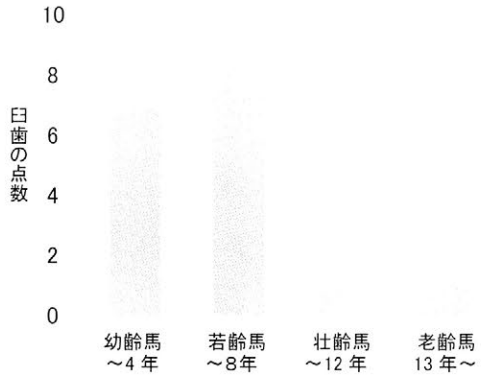



図 1　馬歯から推定される年齢構成

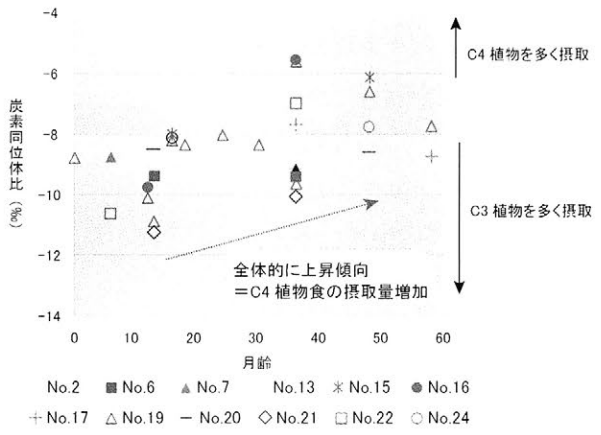



図 2　月齢による炭素同位体比の変動

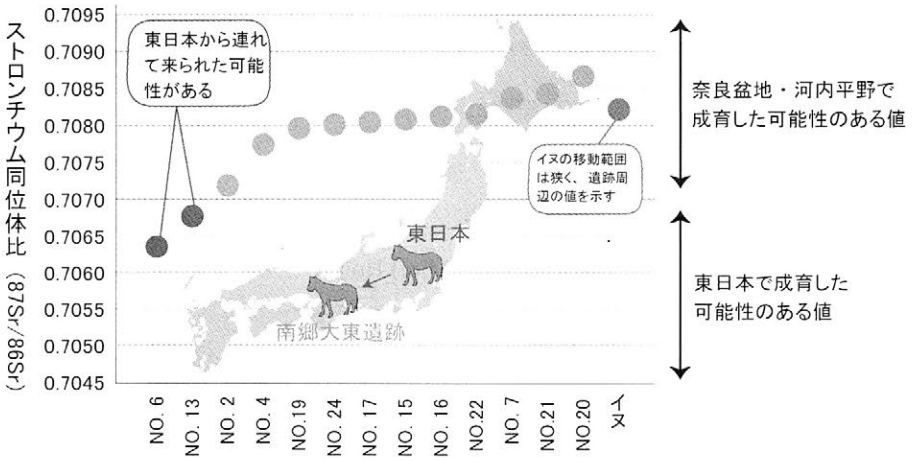



図 3　個体別のストロンチウム同位体比

# 縄文時代から弥生時代の出土炭化鱗茎同定の試み

# Identification of charred bulbs of the Jomon to Yayoi periods

○佐々木由香（パレオ・ラボ）、米田恭子（同左）、小林和貴（東北大学植物園）
○Yuka SASAKI, Kyoko YONEDA (Paleo Labo Co., Ltd.), Kazutaka KOBAYASHI (Tohoku Univ.)

## 1. はじめに

遺跡から出土する鱗茎は、生の状態では残存せず、炭化した状態で単独または土器内面に付着して残存する（図1）。土器内に残存している鱗茎は、当時食用にされた可能性が高いが、これまでは植物学的に科しか同定できなかった。発表者らは、鱗茎の外部形態と鱗茎葉の細胞形態に注目して、現生の未炭化と炭化鱗茎で種レベルの識別方法を検討し、ネギ属ノビル型、ネギ属アサツキ型、ツルボ属ツルボ型、ヒガンバナ属型にタイプ分けできることを示した（米田・佐々木，2012，2013；佐々木ほか，2014）。また、この基準で遺跡出土炭化鱗茎の同定を行い、韓国の新石器時代早期新段階と縄文時代前期後半の炭化鱗茎をツルボ型と同定した（佐々木ほか，2015）。しかし、これまでの研究では食用可能な現生の鱗茎の一部しか検討していなかった。本研究では現生鱗茎標本の種類数を増やし、遺跡から出土した炭化鱗茎の同定を試みた。

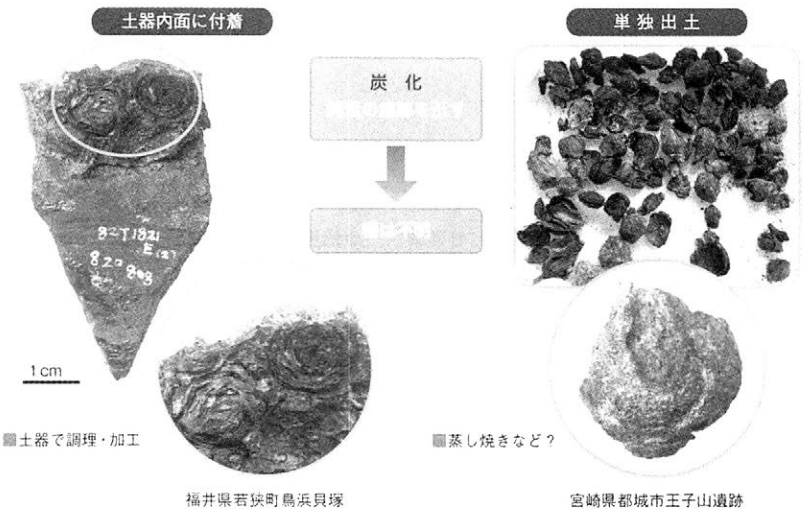



図1　遺跡出土鱗茎の種類（佐々木2014）

## 2. 試料と方法

現生標本は、佐々木ほか（2014）の手順で作製した。従来標本としたヒガンバナ科ネギ属ノビルとアサツキ、ヒガンバナ属ヒガンバナとキツネノカミソリ、キジカクシ科ツルボ属ツルボの5種に加えて、新たにユリ科アマナ属アマナ *Amana edulis* (Miq.) Honda とヒガンバナ科ネギ属ヤマラッキョウ *Allium thunbergii* G.Don の2種を検討し7種で比較を行った。

検討した土器付着炭化鱗茎は、佐々木ほか（2015）で検討した韓国蔚山市の細竹遺跡（新石器時代早期新段階）と福井県若狭町鳥浜貝塚（縄文時代前期後半）の2遺跡と、弥生時代前期～中期の1遺跡から出土したものである。さらに、食用の可能性と土器付着状況の復元を行なうため、現生のノビルとツルボを用いて加熱実験を行った。

## 3. 結果

**【現生鱗茎の外部形態】**：現生の鱗茎葉は横断面で層状鱗茎と鱗状鱗茎があり、前者は筒状と同心円状に区別された。また鱗茎のプロポーションと大きさで、属または種レベルでおおよそ分類が可能であった。

**【出土鱗茎の外部形態】**：炭化鱗茎は横断面または縦断面がみえた状態で付着していた。横断面は、3 遺跡の出土資料共に同心円状または鱗状に重なるタイプに区別できた。鱗茎の大きさもあわせて検討すると、ネギ属ノビル型またはツルボ属ツルボ型に区分された。

**【現生鱗茎の細胞形態】**：鱗茎葉は表皮とその内部の葉肉細胞で構成されるが、表皮細胞と葉肉細胞の形態、細胞壁の厚さ、タテヨコ比、細胞の並び方の均一性、気孔の分布や細胞内のシュウ酸カルシウムの有無で、属または種レベルでの分類が可能である。

**【出土鱗茎の細胞形態】**：細胞形態と細胞壁の厚さ、タテヨコ比はツルボに近く、ツルボのみに確認された細胞内のシュウ酸カルシウムがみられる資料があり、3 遺跡の資料ともツルボ型に同定された。

以上の特徴から、3 遺跡の土器付着炭化鱗茎は、外部形態と細胞形態でツルボ型に同定した。

## 4. 考察

同定の結果、3 遺跡でツルボ型が同定された。この結果、土器の内面に付着していた炭化鱗茎をキジカクシ科（旧ユリ科）のツルボの可能性が高い。ツルボは鱗茎にデンプンを多く含むが、食用にあたり煮沸によるアク抜きが必要な種類である。このため、調理・加工過程で土器に付着したことが推定された。また土器を用いた炭化実験の結果、鱗茎は半割程度に加工された後に煮沸されて付着したと推定された。さらに、容器が開口した状態では付着しにくく、なんらかの蓋があった可能性が指摘できた。

## 5. おわりに

本研究によって、日本では縄文時代前期と弥生時代前期～中期、韓国では新石器時代早期の土器付着物にツルボ型が確認された。今後さらに現生標本の計測と実験をすすめ、遺跡出土鱗茎の同定や利用の復元を試みたい。

**引用文献**（本研究は、JSPS 若手 B 科研費 25870804（代表：佐々木由香）の助成を受けた。）

佐々木由香．2014．縄文人の植物利用―新しい研究法からみえてきたこと―．工藤雄一郎・国立歴史民俗博物館（編）「ここまでわかった！縄文人の植物利用」，26-45，新泉社．

佐々木由香・米田恭子・小林和貴．2014．遺跡出土鱗茎同定のための識別方法．日本植生史学会第 29 回大会要旨集，43．

佐々木由香・米田恭子・小林和貴・安在晧・鯵本眞友美．2015．韓国新石器時代早期と縄文時代前期出土鱗茎の同定．日本植生史学会第 30 回大会要旨集，44．

米田恭子・佐々木由香．2012．形状および細胞形態の比較による遺跡出土炭化鱗茎同定の可能性．日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集，174-175．

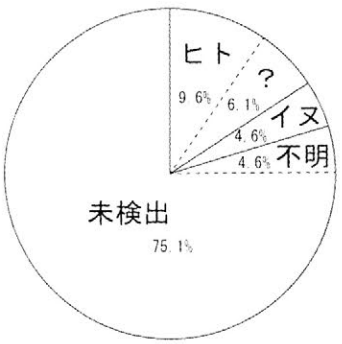
米田恭子・佐々木由香．2013．形状および細胞形態からみた縄文時代出土炭化鱗茎の同定法（予察）．日本植生史学会第 28 回大会要旨集，72．

# 糞便堆積と糞石の分析研究

○金原正明（国立大学法人奈良教育大学）、金原正子（一般社団法人文化財科学研究所）

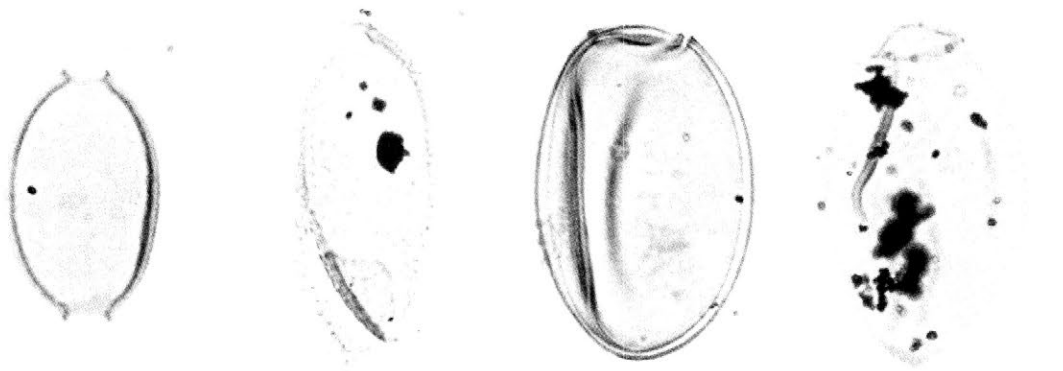
○Masaaki Kanehara(Nara University of Education), Masako Kanehara(Cultural assets scientific research center)：Analytical study of excrements sediment and coprolite

東名遺跡では昨年度糞石の分析を追加し、計197におよぶ分析を行い糞石の方法的検討も進展した。なお、分析には破片などを極少量用い行った。寄生虫卵が検出された試料は49（24.9%）から検出され、花粉は76（38.6%）から検出された。いずれも1/3から1/4の検出で分解しているものが多い（図）。また検出個体は寄生虫卵と花粉で必ずしも一致せず分解性が異なる。寄生虫卵では、ヒト固有の鞭虫卵が複数検出された個体をヒトの排泄物とみなし19（9.6%）あり、鞭虫卵が1個しか検出されないものはヒト？とし12（6.1%）、マンソン裂頭条虫卵が検出される個体をイヌとみなし9（4.6%）、それら以外の複数種の宿主に寄生する寄生虫の卵殻が検出されるものは不明とし9（4.6%）であった。寄生虫卵が検出された糞石49中、ヒトの排泄物は19あり38.8%でヒト？を加えると63.3%となり大半がヒトの排泄物と考えられる。




（総数197）
東名遺跡糞石分析結果

マンソン裂頭条虫は、カエルやヘビなどの両生類や爬虫類の摂食から感染するが、ヒトには感染しないか感染しても成虫にはならない。他に寄生虫種では、横川吸虫卵を含む異形吸虫類卵およびその？（類似）種、肺吸虫卵、毛頭虫類卵、日本海裂頭条虫卵、不明種が検出される。異形吸虫類卵およびその？（類似）種は特に沿岸の海水魚の摂食から感染し、肺吸虫卵は川など淡水に産するカニから感染する。毛頭虫類卵はカピラリアや毛頭虫ともしていたもので、鳥類や一部




東名遺跡　寄生虫卵　顕微鏡写真

淡水魚の寄生虫である。以上から沿岸の海水魚は多く食べられ、淡水魚、淡水産カニ、鳥類の摂食が行われている。日本海裂頭条虫卵は、広節裂頭条虫卵としていたものも含め、今後日本海裂頭条虫卵と統一するが、前報告では不明虫卵としていたものの一部であり、いわゆるサナダムシでサケ科の降海型の魚類の摂食から感染する。特にサクラマスからの感染が多い。サケ科は寒冷ないし冷涼な環境に生育し、温暖化とともに分布域が北上し、留まったものは冷涼な高地で陸封型となりイワナやアマゴとなる。降海型はサクラマスやサツキマスとなり、産卵期には河川を遡上し、北日本に分布する。サクラマスは現在でも有明海や瀬戸内海でまれに分布が確認されている。東名遺跡ではサクラマスの摂食が考えられ、当時九州の北部ないし有明海に比較的多く生息していたとみられる。寄生虫卵と花粉の検出性が異なるが、花粉はアカガシ亜属やコナラ亜属やエノキ属－ムクノキなど風媒花植物が多く堆積物の花粉群集と構成種と類似し食性を示さない。このことは糞石形成時等の分解作用が動物質と植物質に対して異なり、特に花粉などの植物質の本来糞石に含まれていたものは分解し、石化段階で周囲の堆積物から石灰質等を取り込む中、微細な花粉粒等も取り込まれたと考えられる。

中国浙江省新石器時代田螺山遺跡でも糞石の分析を行い、遺跡内堆積物の寄生虫分析を行った。ほとんどの糞石がヒトの糞石であり、当初北側から検出されていたが、調査区全体から検出されている。地区による寄生虫卵の分布は北西側の低湿地部のみならず、東側の居住区にも多く、集落内における機能分化が進んでいなかった様相を示す可能性がある。田螺山遺跡等中国における成果は新学術領域研究「稲作と中国文明－総合稲作文明学の新構築－」計画研究「古環境の変動と動植物利用の諸段階」により、浙江省文物考古研究所との共同研究による。

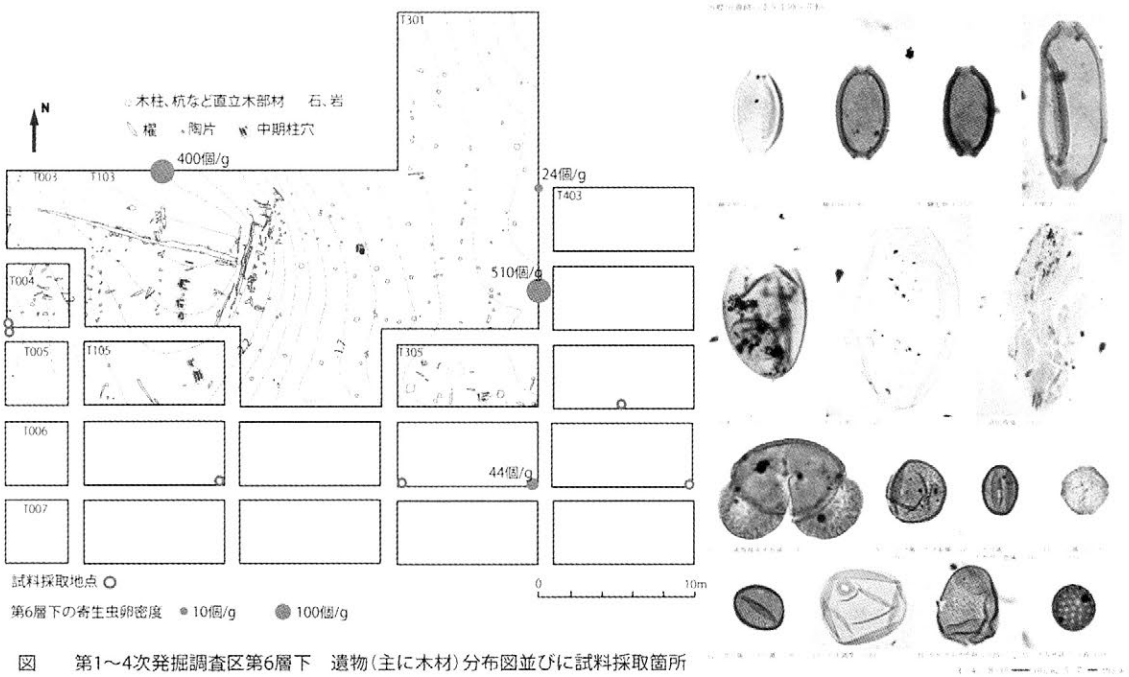



図　第1～4次発掘調査区第6層下　遺物（主に木材）分布図並びに試料採取箇所

田螺山遺跡における寄生虫卵分布と顕微鏡写真（分布図は辻本作成に加筆）

# 節から見た木質遺物

# A study on wooden knots for analyzing ancient environment of wooden remains

○福田さよ子（奈良県立橿原考古学研究所）、青柳泰介（同左）、鈴木裕明（同左）
○Sayoko FUKUDA, Taisuke AOYAGI, Hiroaki SUZUKI
(Archaeological institute of Kashihara, Nara prefecture)

奈良市北西部にひろがる田原地区は、春日宮天皇陵や光仁天皇陵が存在し、考古学的には発掘調査で確認された太安万侶墓に代表される古代の奥津城として意識されるものの、交通要路の通過点としての位置付けでしかなかった。しかし1998年度以来、この地域で圃場整備事業に伴う発掘調査がおこなわれ、中でも2003年～2006年の調査成果によって、田原地区一帯では古墳時代から中世にかけて木材の生産に深く関与していたことが明らかになった。これら一連の調査時には、花粉分析や樹種同定など自然科学分析も実施し、奈良盆地内では出現頻度の低いヒノキ花粉が多く、木材加工の際に発生する木端や端材などの樹種では大半を針葉樹が占めることがわかっている。盆地内の遺跡からは各時代を通じてヒノキ花粉の出現頻度は低く、特に古墳時代初頭以降爆発的に増える針葉樹木製品の原材料供給と流通に、榛原地域などと共にこの地域の森林も大きく関与した可能性が示唆されている(青柳ほか 2006、2009a、2009b、2011、鈴木 2012)。

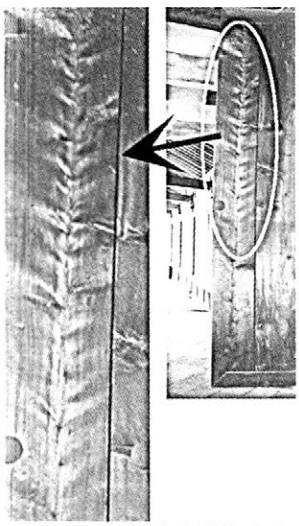

節は木の中心から発生する

図１　板材に見える節

樹木の節は基本的には幹の中心部から発生している(佐道 2001 ほか)(図１)。このことから、節の長さを測って２倍にすればその節を含んでいる樹木本体(ここでは仮に「本体樹」と呼んでおく)のおおよその直径が得られる。実際には、生節であればその節が取り込まれた時点での本体樹の径になるので本体樹はそれ以上の直

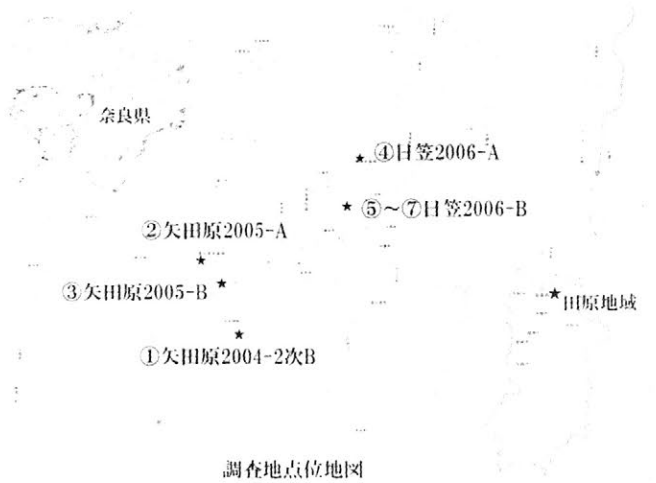



図２　調査地周辺

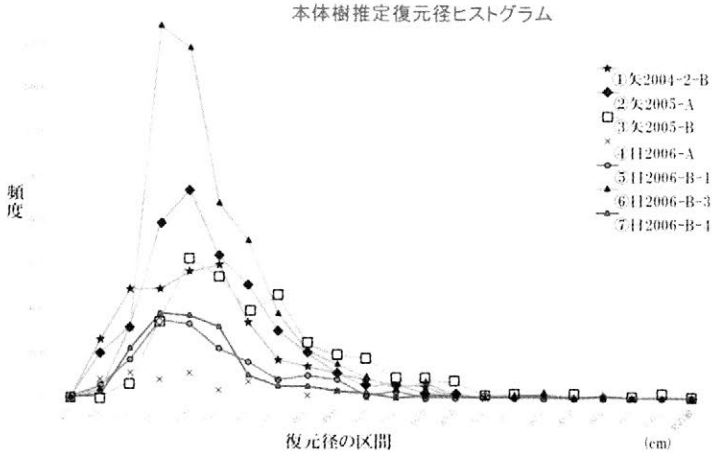
径になる。また、死節であれば樹木の中心から枝として生育し始める組織(カラーと呼ばれる)までが、本体樹の枝の位地の半径になる。

かつて、この一帯から出土した大量の針葉樹の「節」を計測し、各遺跡で扱われた木材の規模の推測を試みたが、僅かな資料しか扱えなかったにもかかわらず遺跡ごとの様相の同異を垣間見ることができた(福田 ほか 2009)。ここでは①矢田原 2004-2 次 B、②矢田原 2005-A、③矢田原 2005-B、④日笠 2006-A(フシンダ遺跡)、⑤日笠 2006-B(日笠花刈遺跡)1 区、⑥同 3 区、⑦同 4 区、の以上 5 か所 7 地点(図 2)から出土した針葉樹の節の計測値をまとめ、ごく一部ではあるが樹種の同定もおこなったので、発表時にはその結果も含めて考察したい。出土する節には様々な形状のものがあるが、三角錐状の節本体だけのものを A タイプ・節に本体樹が付着しているものを B タイプとし、ここでは両者の中でも節の全長(l)と径(Φ)が測れるものを扱った(表)。

| 遺跡名 | 計測総数 | AorB land Φ | 遺構とその機能 | 時期 |
|---|---|---|---|---|
| 1 矢田原 2004-2次 | 893 | 339 | 川01 製材所 | 中世 |
| 2 矢田原 2005-A | 1130 | 118 | 川01 製材所 | 中世 |
| 3 矢田原 2005-B | 788 | 335 | 川02 製材所 | 古墳時代初頭～前期 |
| 4 日笠 2006-A | 274 | 62 | (集積所A) | 古代 |
| 5 日笠 2006-B 1区 | 611 | 159 | | 平安時代中心 |
| 6 日笠 2006-B 3区 | 2161 | 618 | 集積所A | 鎌倉時代中心 |
| 7 日笠 2006-B 4区 | 656 | 160 | | 平安～鎌倉時代 |
| 合計件数 | 6513 | 2091 | | |

表　田原地区出土計測節の数

出土した節の A タイプと B タイプまたはその中間的なものや複合しているものなどの中で、それぞれの全長からヒストグラムを作成し、折れ線グラフであらわした。




また青柳は、田原地域の発掘調査成果を踏まえて、検出遺構や出土遺物の様相などから検討を加え①矢田原 2004-2 次 B の川 01、②矢田原 2005-A の川 01 は中世の製材所に、③矢田原 2005-B の川 02 を古墳時代初頭～前期の製材所に、④日笠 2006-A(フシンダ遺跡)は奈良時代を中心とした古代の木材集積所 A の可能性に、⑥日笠 2006-B(日笠花刈遺跡)3 区、とその周辺一帯(⑤同 1 区、⑦同 4 区)を中世の木材集積所 A に、それぞれ位置付けている(青柳 2009)。この研究成果と今回の計測の結果に樹種同定結果を照合し、木材生産地の様相の一端を提示できればと考える。

引用文献
青柳泰介 ほか 2006『和田ナカドマリ遺跡』奈良県立橿原考古学研究所
青柳泰介 2009「木材の「原材」生産と流通に関する一考察」『木・ひと・文化』出土木器研究会
青柳泰介 ほか 2009a『和田フタヤ遺跡・矢田原遺跡』奈良県立橿原考古学研究所
青柳泰介 ほか 2009b『日笠花刈遺跡』奈良県立橿原考古学研究所
青柳泰介 ほか 2011『日笠フシンダ遺跡』奈良県立橿原考古学研究所
佐道建 2001『木がわかる』学芸出版社
鈴木裕明 2012「南近畿(2)－奈良県(古代以前)－」『木の考古学』海青社

平成 26～29 年度科学研究費助成事業　基盤研究 (B)『王権中枢における木材利用の総合的研究』の成果の一部である。

# 鈴木政吉工場製および手工品ヴァイオリンの非破壊年輪年代測定と産地推定

## Nondestructive Tree-Ring Dating and Provenance Study of the Violins Manufactured and Hand Made by Masakichi Suzuki

○大河内隆之（奈良文化財研究所）、
井上さつき（愛知県立芸術大学）、桐山建志（同左）、安江恒（信州大学）

### はじめに

本研究では、欧米の年輪年代学で研究対象とされる機会の多いヴァイオリンについて、大正から昭和初期にかけて鈴木政吉が工場で量産した製品ならびにごく少数のみ現存が確認されている高級手工品を取り扱う。

日本におけるヴァイオリン製造の歴史を語る上で、欠かすことのできない重要な人物として、鈴木政吉（1859～1944）を挙げることができる。もともと三味線作りを家業としていた彼は、1888（明治 21）年に最初のヴァイオリンを製作したのを皮切りに、ヴァイオリンの国産化に生涯を捧げることになる。1900（明治 33）年のパリ万博に出品するなど、彼のヴァイオリンは世界的にも高い評価を得るに至った。さらに、分業・機械化された工場でヴァイオリンを量産するとともに、高級手工品の製作も手掛けた。

高級手工品として現存が確認されているのはわずか3挺であり、そのうちの2挺について、マイクロフォーカスX線CTを用いた非破壊による年輪年代学的研究を実施することができた。

### 調査対象

今回調査対象としたのは、鈴木政吉の工場で1915（大正4）年から1930（昭和5）年の間に量産されたヴァイオリン 70 挺の表板、ならびに同時期の 1927（昭和2）年と 1929（昭和4）年に高級手工品として製作されたヴァイオリン2挺の表板、計 72 挺である。高級手工品のうち、前者は本研究の過程で新たに発見された個人所有のもの、後者は愛知県立芸術大学所蔵品である。

年輪幅時系列データの比較対象としたのは、アメリカの国家海洋大気局（NOAA）の運営する国際年輪データベース（ITRDB）に登録されている北海道のアカエゾマツのデータである。通常のヴァイオリンで表板に使用されるスプルースは、マツ科トウヒ属に分類される。本州にもトウヒは自生しているが、主に標高の高い場所に限られているため、工業生産品として大量かつ低廉に求めようとすると、明治時代に開発の始まった北海道の低地にも生育するアカエゾマツにいきつくのは、当時としては理にかなったことである。

### 調査方法

ヴァイオリン表板の年輪幅の取得には、マイクロフォーカスX線CT(島津製作所 SMX-100CT-D)による断層画像をコンピュータ上で画像計測する手法を採用した。計測には、upper（上部：指板裏を含む上部の最も膨らんだ部分）、middle（中央部：f字孔の直上でアーチが高くなった部分）、lower（下部：最も膨らんだ部分）の3ヶ所を断層撮像し、相互に比較しながら欠損輪や偽年輪の検出に利

用するとともに、最内層から最外層までの長いデータを取得することに努めた。

撮像条件は、管電圧 50kV、管電流 60μA で一回あたりの撮像視野を約 42mm に定め、半径相当のオーバーラップを設けながらそれぞれの両端部までをカバーした。一画像あたりの画素数は 2048×2048 画素であるので、約 20μm の計測精度となる。

年輪年代測定には、ITRDB に安江によって登録された６ヶ所のデータを使用した。年輪年代の照合は、対数変換と５年移動平均ハイパスフィルタを併用したのち、相関分析と t 検定によった。本研究では、奈良文化財研究所での慣例にしたがい、t 値５以上を年代照合成立の閾値としている。ただし、ヴァイオリンの表板は、通常、treble（高音部）と bass（低音部）の２枚からなり、一枚の板を切り開いた状態で用いるのが常であるため、同じ個体の高音部と低音部の年輪データは、きわめて相関性が高い。この事実を確かめたうえで、一方が t 値５に満たない場合でも、他方が t 値５以上の場合には年代成立の条件を満たすものとして扱った。重複年輪数については、100 層以上あることが望ましいが、ヴァイオリンの個体によってはそれに満たないものもあり、そのような個体についても t 値の動向や指標年の一致などに注意を払いながら慎重に扱うことにした。

## 結果および考察

年輪年代法の定石に従い、ます個体数が十分に確保されている 70 挺の量産品ヴァイオリンの表板について相互にデータを参照し、鈴木政吉工場製ヴァイオリンのクロノロジーを構築することから着手した。この段階で、個体相互に相関性が認められたのは 65 挺であり、それらを照合の成立した状態で平均することで鈴木政吉工場製ヴァイオリンのクロノロジーを構築した。このクロノロジーの期間は 302 年間に達した。次に、鈴木政吉工場製ヴァイオリンのクロノロジーを北海道各地のサイトクロノロジーと照合したところ、天塩・母子里・十勝のサイトクロノロジーと統計的に有意な相関を認めることができた（図１）。それにより、65 挺個々のヴァイオリンの年輪年代を求めることができたと同時に、これらの量産品ヴァイオリンの原木の産地は、天塩・母子里・十勝に囲まれる天塩川水系周辺と推定された（図１）。２挺の高級手工品の表板も、この鈴木政吉工場製ヴァイオリンクロノロジーと有意な相関を示した（図２）。

従来、高級手工品ヴァイオリンには欧州からの舶来材が使用されているものとみなされてきただけに、少なくとも表板に関しては、量産品と同様に北海道産のアカエゾマツ国産材が使用されていたことが確認された意義は大きい。

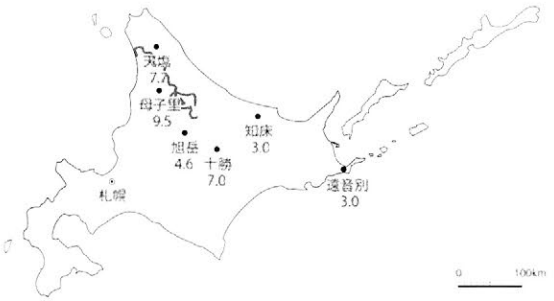



図１　アカエゾマツの年輪幅クロノロジーを対照した北海道のサイト位置および鈴木政吉工場製ヴァイオリンのクロノロジーとの t 値

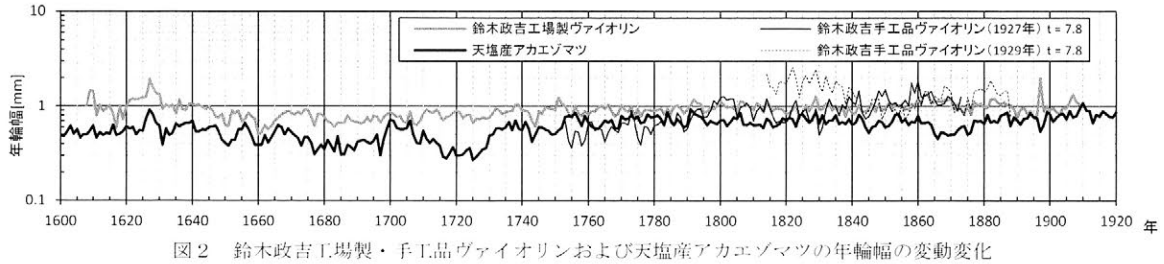



図２　鈴木政吉工場製・手工品ヴァイオリンおよび天塩産アカエゾマツの年輪幅の変動変化

# 酸素同位体比年輪年代測定のための劣化した考古材からのセルロース抽出法の開発

# Development of cellulose extraction method from degraded archaeological wood for oxygen isotopic dendrochronological dating

○中塚　武、佐野雅規、李　貞（総合地球環境学研究所）
○Takeshi NAKATSUKA, Masaki SANO and Zhen LI (Research Institute for Humanity and Nature)

## 1. はじめに

木材年輪の「幅」の代わりにその「セルロース酸素同位体比」を年輪年代の決定に用いる酸素同位体比年輪年代法は、縄文時代から現在までの全国各地のさまざまな樹種の木質文化財の年代決定に使われ始めている（木村ら、2012；中塚ら、2014；樋上ら、2015 など）が、化学的劣化が進みセルロースが消失した多くの考古材には適用できないという、従来の年代法には無い独自の大きな欠点があった。一方、劣化材の分析事例が蓄積してくる中で、「劣化が進んだ材の中にも僅かながらセルロースが残存している事例が多いこと」が分かってきた。それゆえ、この方法の考古材への応用範囲を広げるためには、「発掘後にセルロースを分解させずに木質遺物を保存する方法」と共に、「残存セルロースを劣化材から元の年輪の情報を保ったまま抽出する簡便な方法」を開発する必要がある。ここでは、後者の技術開発の進展状況を、多くの考古材への応用事例と共に紹介する。

## 2. 劣化材からのセルロース抽出の状況

遺跡から出土する木質遺物は、一般に時代が古ければ古いほど発掘の時点で化学的に劣化していることが多く、更に資料の水づけ保管の間にも劣化が急速に進む。酸素同位体比年輪年代法は、PEG などによる保存処理後の資料にも問題なく適用できる（劣化の進行を止めるという意味では、保存処理をする方が望ましい）が、保存処理の予定がない木材からは発掘後できるだけ早く年輪分析用の木片を採取する必要がある。一方、「木口面に平行に切った薄板」からセルロースを直接抽出する方法（Kagawa et al., 2015）を用いて劣化材を化学処理すると、広葉樹の辺材部などの劣化しやすい部位を中心に激しく収縮することが一般的である。図1からは、辺材部のセルロースはほとんど分解されているが、逆に一部は確実に残っていることも分る。これに対してこれまでは、①板のまま抽出するのではなく年層をあらかじめ切り分けてから化学処理する、②化学処理をせず木材の全体の酸素同位体比を測定するなどの対応を取ってきたが、①は、時間が掛かり過ぎる上に、セルロース繊維が壊れやすく回収が難しいという技術上の問題があり、②は、そもそも酸素同位体比年輪年代法は「セルロース酸素同位体比のパターンマッチングにもとづく方法」なので、セルロ

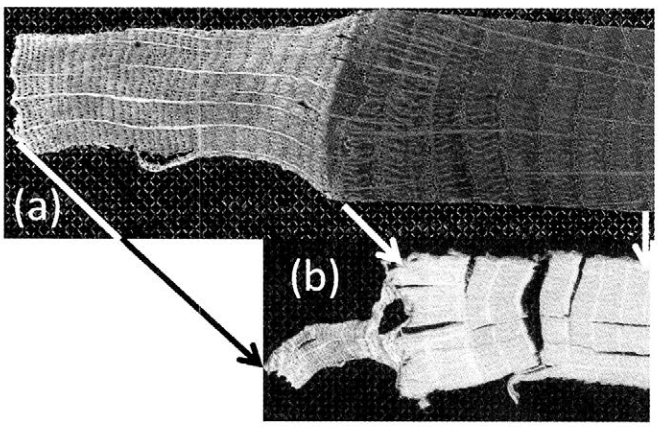


図1.セルロース抽出の前(a)後(b)での広葉樹環孔材の変化

ース含有量が極度に少ない木材の同位体比は年代決定に使えない、等々が分ってきた。そこで、図1の収縮した辺材部の年輪セルロース（本来の数十分の1の重量まで減少していた）を顕微鏡下で慎重に時間を掛けて切り分け、酸素同位体比を分析したところ、その経年変動パターンは、全く問題なく年代決定に利用できる（＝もともとの値から変質していない）ことが分った。

### 3. 年輪の形状を収縮させずにセルロースを抽出する方法の開発

実際には、図1のように激しく収縮した資料では、その後の年層の切り分け作業に困難をきたすので、セルロース抽出作業時に年輪の形状を収縮させない方法として、以下の方法を考案した。保護用のテフロンパンチシートに木材薄板を挟むときに、「テフロンチューブにスリットを入れた簡易クリップ」で薄板を直接つかむことで、物理的に資料を収縮させない方法（図2）である。この方法により、劣化材のセルロースは薄いフィルムのような状態で、年輪の形状を保ったまま回収できること、しかし1㎜厚の劣化材の場合、2つにちぎれてしまうことが多いこと、2㎜厚の薄板だと資料の破断が抑制され、劣化材でも十分な量の資料が回収できること(図2)、など多数の知見が基礎実験を繰り返す中で得られてきた。併せて現在は、セルロース抽出後の薄板資料の乾燥時の資料収縮を最小限にするための凍結乾燥等も検討している。こうした工夫を積み重ねることで、セルロースの分解が選択的に進んだ劣化材においても、セルロース抽出後の年輪の認定と年層毎の同位体測定用セルロース試料のサンプリングができるような資料の処理が可能になりつつある。講演では、新しい技術開発の結果、どのような酸素同位体比による年代データが取得されつつあるか、についても紹介したい。

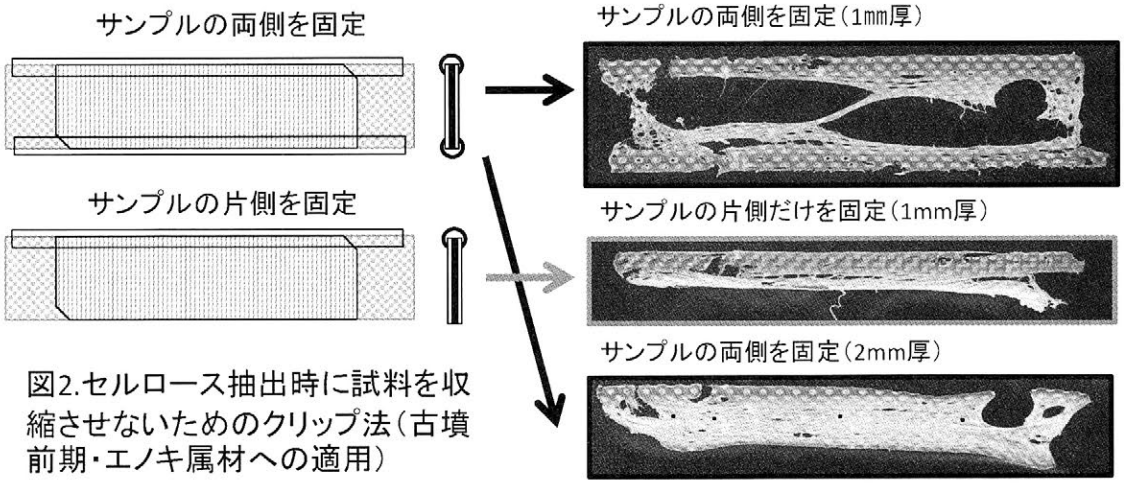



図2.セルロース抽出時に試料を収縮させないためのクリップ法（古墳前期・エノキ属材への適用）

○引用文献

木村勝彦、荒川隆史、中塚　武（2012）鳥海山の神代杉による縄文晩期をカバーする年輪酸素同位体比の物差しの作成と実際の適用例、日本植生史学会第27回・講演要旨集

中塚　武、許　晨曦、佐野雅規（2014）年輪セルロース酸素同位体比を用いた出土木材の年代決定.「愛知県埋蔵文化財センター調査報告書　第186集　一色青海遺跡III（第2分冊）」, p. 128-137.

樋上　昇、中塚　武、大石恭平（2015）稲沢市下津宿遺跡出土井戸枠の酸素同位体比年輪年代測定結果について. 愛知県埋蔵文化財センター研究紀要　16, 49-68.

Akira Kagawa, Masaki Sano, Takeshi Nakatsuka, Tsutomu Ikeda and Satoshi Kubo (2015) An optimized method for stable isotope analysis of tree rings by extracting cellulose directly from cross-sectional laths, Chemical Geology, 393-394, 16-25.

# 動物骨の放射性炭素年代と安定同位体組成を用いた水稲稲作安定期の北陸地方の遺跡環境復元－八日市地方遺跡を例として－

# Reconstruction of archaeological remains in Hokuriku by radiocarbon dating and stable isotope composition of animal bone

○宮田佳樹（金沢大学），南雅代（名古屋大学），下濱貴子（小松市埋文センター），長尾誠也(金沢大学)，多田洋平（地球研），佐野雅規(同)，中塚武(同)，中村俊夫(名古屋大学)

○Yoshiki MIYATA (Kanazawa Univ.), Masayo MINAMI (Nagoya Univ.), Takako Shimohama (Komatsu City), Seiya NAGAO (Kanazawa Univ.), Youhei TADA (RIHN), Masanori SANO (同), Takeshi NAKATSUKA(同), Toshio NAKAMURA (Nagoya Univ.)

【はじめに】 北陸地方の基幹遺跡である八日市地方遺跡 26 地区第 9 期(弥生時代中期)の貝層から出土した動物骨，貝などの炭素年代測定を行った。さらに，動物骨の安定同位体組成を測定し，各遺物の食性や生息域を検討した。今回の分析の特徴は，同一包含層と考えられる貝層から出土した一括性の高い遺物を対象としたことである。それゆえ，当時の大気中の 14C 組成を保存している(炭素年代の基準となる)陸上食物を摂取する草食動物を基準にとり，その他の雑食性動物，食物連鎖高位の魚介類などと炭素年代測定値を比較することで，(基準とした草食動物との)見かけの炭素年代差から，リザーバー効果の影響をどれだけ受けているか，つまり，水棲動物をどれ位摂取しているかなどを議論できる点にある。同じ遺跡の中の複数の包含層の人骨や動物骨を集めた場合には，安定同位体組成からの議論は行えるが，測定した放射性炭素年代値からリザーバー効果を用いた詳細な食性の議論は行えない。今回は，稲作がはじまってから，100年以上経過した八日市地方 9 期に相当する時期の動物骨の安定同位体測定結果と炭素年代測定におけるリザーバー効果の影響を合わせて議論することにより，イヌやイノシシの食性を他の動物と比較し，当時の動物と人間との共生の度合い(家畜化の傾向)や飼育形態を形質ではなく科学分析によって評価した。

【実験方法】 分析した試料は，シカ，イノシシ，クマ，イヌなどの陸獣，ガン亜科，カモ亜科などの鳥類，大型魚類，クジラ類などの骨，サルボウ，オオタニシなどの貝である。骨試料は，セルロースチューブを用いて 0.6M HCl 溶液中で脱灰，80℃で 24 時間加熱し，ゼラチンを抽出した。抽出されたゼラチン溶液は凍結乾燥し，使用した(ゼラチン分画;GC)。抽出したゼラチンの一部は，さらに，VivaspinTM6, 30kDMWCO (molecular weight cut) を用いて限外ろ過を行った。汚染の影響をできる限り取り除いた分子量 3 万ダルトン以上の高分子分画(HMW)，残渣である低分子分画(LMW)が得られる。これらの GC, HMW, LMW 各分画の炭素年代，安定同位体組成を，それぞれ，名古屋大学宇宙地球環境研究所の HVEE 社製加速器，総合地球環境学研究所，名古屋大学宇宙地球環境研究所の安定同位体比質量分析計で測定した。貝試料は，貝を採取した年代を測定するために，貝殻先端部をデンタルドリルでカットし，表面の汚れを1M 塩酸でリーチングした。リーチング処理を行った貝試料は，(株) 加速器

分析研究所の NEC 製加速器で炭素年代測定を行った。

【結果と考察】 炭素年代が大きくなる順，陸から海の影響が大きくなるように並べ，測定した炭素年代と各遺物の食性や生息域との関係を考えてみた(図)。当時の大気中の 14C 組成を保存している(炭素年代の基準となる)陸上植物を摂取する草食動物として，シカとクマの平均の炭素年代(2142±17 BP)を基準にとり，この包含層(八日市地方9 期)に相当する貝層の炭素年代とした。暦年較正結果から，この包含層は，これまでの推定とよく一致し，紀元前 205 年～紀元前 110 年，ほぼ紀元前 2 世紀に相当する。一方，窒素同位体比は，草食動物であるシカ，クマは +1～+3‰，カモ亜科やイノシシなどの雑食性動物は，+3～+8‰，イヌは，大型魚類，クジラ類などの高栄養段階の動物と同じく，+8～+11‰であった。しかも，イヌの炭素年代は，50～130 炭素年古い年代を示し，リザーバー効果の影響を受けていることを示した(図参照)。これまでの様々な研究例から，人と共生するイヌは他の野生動物に比べて，より人に近い食性を示すことが知られている。そこで，イヌの窒素同位体組成が高栄養段階の魚介類と同様の高いレベルにあるのは，この遺跡からは人骨が出土していないのであるが，イヌが自ら積極的に海に入って魚介類を摂取しているというよりは，人間に飼われているために(共生)，人間と同じ食料や残飯を与えられたり，また，人間の排泄物を摂取していることが推測される。あるいは，餌として魚介類を与えられているためかもしれない。一方，イノシシの炭素年代は，シカやクマなどの草食動物の年代と誤差範囲内でよく一致し，リザーバー効果の影響はほとんど伺われない(図参照)。したがって，稲作がはじまってから，100年以上経過した八日市地方第 9 期(およそ紀元前 200-100 年頃)，イヌは人間に飼われている兆候が伺われるが，イノシシからは家畜化の影響が伺われなかった。つまり，今回分析した個体は，家畜化されたブタではなく，野生のイノシシと推定された。

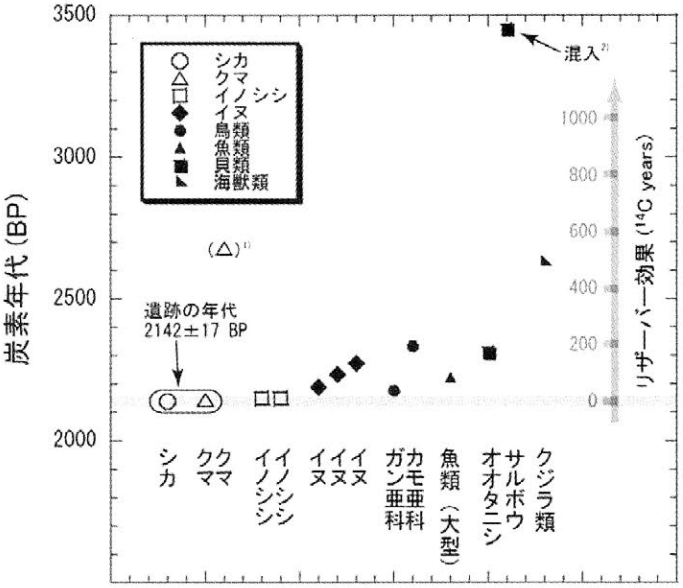



図　八日市地方遺跡 26 地区八日市地方 9 期
同一包含層から出土した各遺物の炭素年代測定値（宮田ほか，2016 より）
1) B6 クマの 2680±27 BP(GC 分画）は，草食動物の基準の年代から 500 炭素年以上古く，異なる炭素源による汚染の影響が推定される。よって，考察から除外した。
2) K1 サルボウは遺跡よりも，1000 年以上古い炭素年代を示しているため，何らかの理由で混入した異物と考えて，考察から除外した。

【参考文献】 宮路と松井(2003)八日市地方遺跡動物遺存体，『八日市地方遺跡Ⅰ』，宮田ほか（2016）八日市地方遺跡出土動物遺体の炭素年代測定と安定同位体分析『八日市地方遺跡Ⅲ』

【謝辞】 試料提供して頂いた小松市埋蔵文化財センターの皆様に感謝致します。鳥骨の同定及び食性は，江田真毅博士に，水鳥の安定同位体組成は米田穣博士に，貝類の炭素年代測定は高橋敦氏に，動物骨の安定同位体組成の解釈は，丸山真央博士，菊地大樹博士 ，覚張隆史博士に，協力して頂きました。貝及び鳥以外の動物骨の同定は，宮路淳子博士，故松井章氏によるものです。同定へのご協力を感謝するとともに，故人のご冥福をお祈り致します。

# 加速器質量分析による日本刀の放射性炭素年代測定
# Radiocarbon dating of Japanese swords with accelerator mass spectrometry

中村俊夫（名古屋大学）、江藤孝一（福岡県刀研ぎ師）、藤本隆雄（オランダ出島屋）
NAKAMURA TOSHIO, ETO KOICHI and FUJIMOTO TAKAO

## 1．はじめに

日本刀は、明治維新や太平洋戦争の混乱中に、多数が外国へ運ばれたとされる。とはいえ、まだ多くの日本刀が日本に残っており、国宝級の日本刀が美術館等に展示されているほか、美術品として個人により収集されている。日本刀の鑑定は、公益財団法人日本美術刀剣保存協会などで広く行われているが、その作製時代などの決定などについては、鑑定だけでは限界がある。

名古屋大学では、製鉄に用いられた木炭を起源とする炭素を用いて放射性炭素（$^{14}$C）年代測定により、これまで、古代の製鉄炉跡などの遺跡から出土した鉄製品や鉄滓の年代を推定してきた。製鉄時に使用された木炭を起源とする炭素が、遺跡から発掘される鉄滓やわずかに出土する金属鉄中に残されており、この炭素を年代測定に用いる。こうした古代の製鉄炉跡の年代測定から、日本における製鉄の導入過程が少しずつ明らかになってきている（Igaki et al. 1994、太田ほか 1994、Nakamura et al. 1995、小野ほか 1998、山田 1999、中村 2000、中村 2003、Enami et al. 2004）。

この度共著者の一人、日本刀研師江藤孝一氏から日本刀の一部に金属鉄の提供を頂き、日本刀の $^{14}$C 年代測定を試みた。作成者、年代がほぼ明白な日本刀につき、同氏が刀研ぎを行ったさいに残される鉄試料を $^{14}$C 年代測定に提供された。本報告は、これまでに得られた結果をまとめて、今後の研究の検討課題を探る為のものである。

## 2．日本刀から分取された鉄試料

日本刀の研ぎの過程で残された、削り状の金属鉄の数百ミリグラムを提供された。これらの $^{14}$C 年代と日本刀に刻まれた文字の内容や形状から鑑定・推定された日本刀の製作年代と比較した。

提供された試料の数は 26 個である。これらの資料に、ETO-1～ETO-26 の番号を付けた。製作年代としては、西暦 1500 年頃から現代にいたる。

## 3．試料の調製と $^{14}$C 測定

日本刀から削り取った鉄試料につき、アセトンを用いて超音波洗浄器で 3 時間断続的に洗浄した。次ぎに室温で、0.4 規定塩酸を用いて 3 分間処理した。塩酸に浸すと鉄試料表面から泡が発生した。蒸留水でよくすすいで塩酸分を完全に除去し、80°C で一晩乾燥した。鉄試料からの二酸化炭素抽出は RF 加熱炉（Enami et al. 2004）を用いて行った。また一部は石英管に封管して二酸化炭素を抽出した（中村ほか 2015）。生成された二酸化炭素は水素還元法によりグラファイトに変えた。その炭素同位体組成（$^{14}$C/$^{12}$C、$^{13}$C/$^{12}$C 比）を名古屋大学に設置してあるタンデトロン加速器質量分析装置を用いて測定した。測定された $^{13}$C/$^{12}$C 比を用いて炭素同位体分別の補正を行い，試料についての $^{14}$C/$^{12}$C と、年代が確定している標準物質についての $^{14}$C/$^{12}$C の比から、試料の $^{14}$C 年代を算出した。得られた同位体分別補正 $^{14}$C 年代を、$^{14}$C 年代–暦年代較正曲線（IntCal13、Reimer et al. 2013）および較正プログラム OxCal 4.2.4 (Bronk Ramsey 2009)を用いて暦年代に較正した（中村 2003a, b）。

## 4．$^{14}C$ 年代測定結果および考察

炭素の収量から算出される鉄の炭素含有率は0.04～1.06%と得られた。炭素含有率0.04%のETO-4試料は、回収された炭素が少なすぎて、年代測定ができなかった。また、ETO-15、 -19、 -24の3試料では、回収された二酸化炭素に不純物が混入していたため、グラファイトが合成できなかったことにより年代測定ができていない。

22点の日本刀試料につき $^{14}C$ 年代測定を行った結果は、図1に示されるように、AD1450から現代(AD1950)までの幅広い暦年代範囲を示した。刀の記名や古美術品としての鑑定から推定される年代と理化学的分析から得られた $^{14}C$ 年代測定結果を比較して、図1に示す。$^{14}C$ 年代測定から示される可能性の暦年代範囲が広いこともあるが、両者は、ほぼ一致している。明確なずれが見られるのは、$^{14}C$ 年代の方が古く得られたETO-6、 ETO-18、 ETO-25の3点、また、$^{14}C$ 年代の方が新しく得られたETO-8の1点である。これらのずれについては、今後検討を進めていきたい。

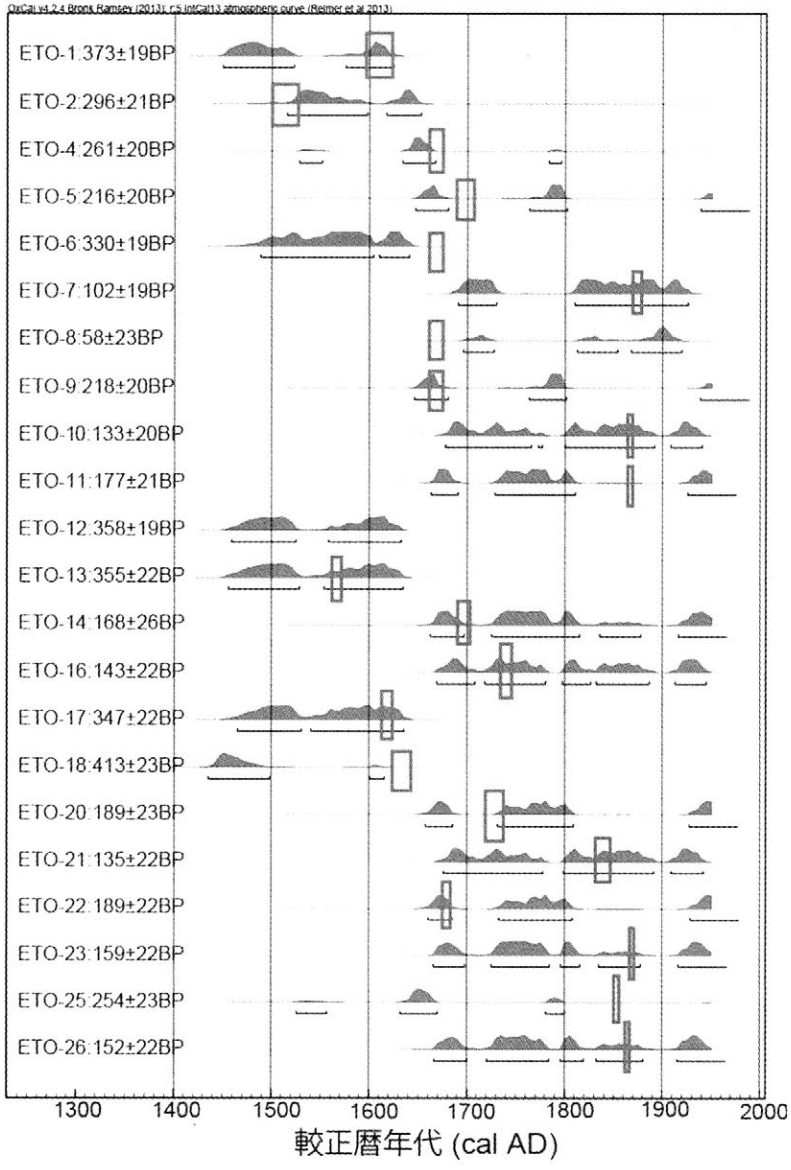



Fig. 1 日本刀の $^{14}C$ 年代と較正暦年代　各試料の四角い箱は、刀剣鑑定による暦年代を示す。

# 雨水の浸透がハギア・ソフィア大聖堂の壁画の劣化に与える影響と対策

# Influence and measures of infiltrated rainwater on degradation of the wall painting in Hagia Sophia, Istanbul

○水谷悦子（京都大学）、小椋大輔（同左）、 石崎武志（東北芸術工科大学）、安福勝（近畿大学）
佐々木淑美（関西大学）

○Etsuko Mizutani, Daisuke Ogura (Kyoto University), Takeshi Ishizaki(Tohoku University of Art and Design),
Masaru Abuku (Kindai University), Juni Sasaki (Kansai University)

**1. はじめに** イスタンブールにあるハギア・ソフィア大聖堂では堂内の第2コーニスを中心に壁体内部での塩の析出を主要因とする表面塗装の剥離や内装材の剥落といった劣化が生じている。2008年に創建時の姿に戻す目的で外装材の除去を実施した西側壁面では劣化の進行を受け、2013年夏～2014年春にかけて外装の再被覆が行われたが、方位により劣化の進行に違いがみられた要因や外装の再被覆による劣化抑制効果については明らかでない点が多い。本報では、塩の輸送および析出には多孔質材料中の水分が不可欠であることに注目し、西側壁面の外装除去前後における含水率分布の実測結果および壁体の水分状態を再現する数値解析モデルによる解析結果から、西側壁面の劣化要因と外装再被覆により今後見込まれる効果について検討を行う。

**2.西側壁面の外装再被覆前後の含水率変動** 本研究では壁体の水分状態の把握を目的に、接触式TDR含水率計を用いた含水率測定を実施している。既報[1]では内壁の高含水率の箇所では塩の析出による劣化が生じやすいことを示した。図1に外装の再被覆作業開始直後にあたる2013年9月、再被覆作業完了後の2014を比較すると、南西では大聖堂の屋根形状上雨水の流下が集中する箇所で20(Vol%)を超える高含水率が確認されるが、北西(右)では上部構造からの水分が流下する箇所を中心に南西より高範囲にわたって15～25(Vol%)の高含水率の箇所が確認された。また、外装の被覆による明確な含水率変化は見られないが、2015年6月の測定では北西を中心に含水率が上昇する箇所が多く確認された。6月の測定日の前には多量の降水があったことから、雨水の浸透がこうした含水率上昇に影響していると推測される。

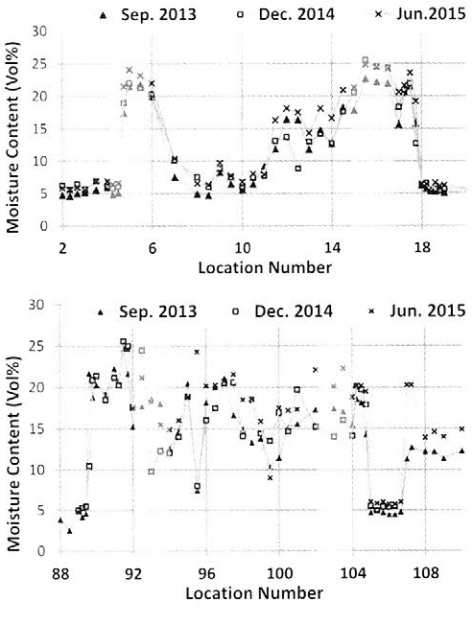



図1.第2コーニス内壁の含水率の水平分布
(上:南西エクセドラ、下:北西エクセドラ)
※網掛け部分は外壁形状上、上部構造からの雨水の流下が集中する箇所を示す

**3. 熱水分同時移動解析による雨水の浸透の影響の検討** 図2に示すように第2コーニスのエクセドラの壁面を対象に2次元系での熱水分同時移動解析を行い、壁面を流下する雨水の浸透が壁体への水分の蓄積に与える影響を検討する。堂内外表面は第3種境界条件とし、日射、夜間放射、降水、堂内外の温湿度を考慮した。壁体への水分浸透や移動に影響が大きい水分拡散係数は大聖堂で剥落したレンガや目地モルタルや外装の修復材を用いて吸水実験を実施し同定した値を用いた。内装材の水分拡散係数は文献値を用いる。

**3.1 モデルの再現性** 外装除去時の北西エクセドラを想定したモデルにおいて上部構造から流下する雨水量を考

慮した場合、実測部位にあたる壁体下部では年間通じて含水率約 20(Vol%)の高含水率となった。解析結果は年間通じてほぼ変化がなく、実測でみられた季節変動は再現できていないが、これは組積の層構成をモデル化する際、縦方向に入る目地モルタルを考慮していないことなどが要因であると考えられる。以上の通り今後モデルの改善の余地はあるが、実測を概ね再現すると考え以下の検討に用いる。

**3.2 外装除去時の北西と南西部の含水率変動の比較**　壁面を流下する雨水には上部構造から壁面を伝って流下するものと風によって壁面にあたる雨(Wind-driven rain 以下 WDR)がある[2]。この 2 種類の雨水供給が外装除去時の北西エクセドラと南西エクセドラの水分の蓄積に与える影響を検討する。図 3 に北西エクセドラで上部構造から流下する雨水を考慮した場合の外装除去時の飽和度の年変動を示す。壁体上部の含水状態が降水量の変化に応じて大きく変化するのに対し、壁体下部は年間通じてほぼ飽和になっている。壁体下部は、壁体形状と内装材の透水性が外装と比較して極めて低いため、このように水分が蓄積しやすいものと考えられる。図 4 に北西と南西の壁体上部(上端から 3m)の位置での TDR の測定範囲(表面から約 0～4 cm)の平均含水率の年変動を示す。上部構造からの流下を考慮した場合は北西、南西ともに雨季である冬季に 20(Vol%)の高含水率となる。また日射の多い夏季に南西の含水率が北西より小さくなる。北西で WDR を考慮した場合、雨期開始直後を除き上部構造からの流下を考慮した場合と同程度の含水率となっていることから、WDR の浸透が北西部の含水率上昇に及ぼす影響は大きいと言える。

**3.3 外装再被覆によるの北西の含水率変動**　次に北西エクセドラを対象に外装の再被覆前後での壁体上部における含水率を比較した（図省略）。上部構造からの流下を考慮した場合と WDR を考慮した場合、それぞれ外装を再被覆したケースで、最大で 3～3.5(Vol%)の含水率の減少が見られた。しかし依然として 15～20.(Vol%)の高含水率を推移する。

**4. まとめ**　含水率の実測調査を行い、北西部は南西部と比較し高含水率の領域が広いこと、外装再被覆から 1 年では含水率の低下は見られないことを示した。以下数値解析の結果をまとめる。WDR による降水量が多いこと、日射量が少ないことの 2 つの理由から北西部は南西部と比較し広域にわたって高含水率になりやすく劣化が生じやすいと考えられる。南西部は上部構造からの雨水の流下を抑えることで含水率の上昇を大幅に抑制できるが、北西部に関しては WDR の影響に対する対策も必要である可能性が高い。また、外装再被覆により含水率の減少が見込まれるが、依然として高含水率であり、別の保存対策が必要であると考える。

[謝辞] 科学研究費補助金 若手研究(A)（課題番号：26709043 研究代表者：安福勝）の助成を受けたものである。アヤ・ソフィア博物館館長および学芸員の皆様には本研究の実施にあたりご理解ご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

[参考文献] 1) 水谷悦子他 4 名，ハギア・ソフィア大聖堂の壁体の雨水の浸透が壁画の劣化に与える影響，日本建築学会環境系論文集，第 80 号，No. 716，pp1001-1012(2015) 2) Bert Blocken, Jan Carmeliet :A review of wind-driven rain research in building science, Journal of Wind Engineering and Industrial A erodynamics 92, 2014, 1079-1130

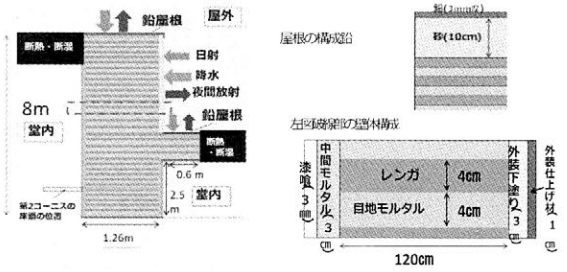



図 2 解析対象のモデル概要

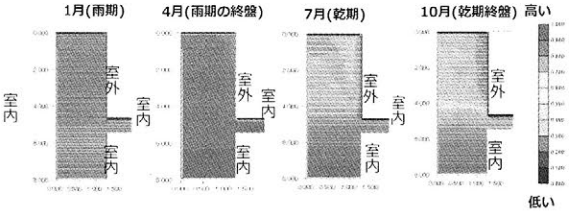



図 3 外装除去時の北西エクセドラに関して上部構造からの流下を考慮した場合の飽和度の季節変動

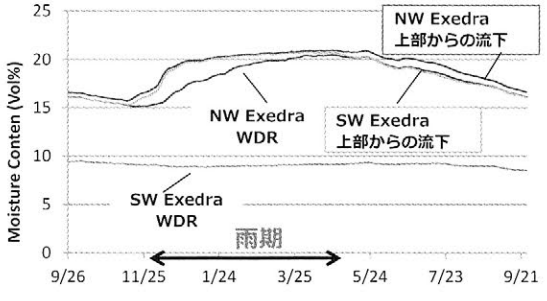



図 4 壁体上部(上端から 3m)における TDR の測定領域の含水率の平均値の年変動

# 平城宮跡遺構展示館における塩析出抑制を目的とした保存環境の検討

# Study on conservation environment to inhibit salt precipitation of openly exhibited remains in the excavation site exhibition hall, Nara Palace Site

○脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、桑原範好（京都大学）、鉾井修一（同左）、小椋大輔（同左）、高妻洋成（奈良文化財研究所）

○Soichiro Wakiya[1)], Noriyoshi Kuwabara[2)], Shuichi Hokoi[2)], Daisuke Ogura[2)], Yohsei Kohdzuma[1)]

1) Nara National Research Institute for Cultural Properties, 2) Kyoto University

1. はじめに　平城宮跡北端部に位置する平城宮跡遺構展示館では、南北２棟の覆屋内で奈良時代の遺構を露出展示している。露出展示された遺構面では、乾燥による土壌粒子の崩落、蘚苔類やカビの繁茂、含水酸化鉄沈殿による汚損などの劣化が生じているが、特に既報[1)]で述べた硫酸ナトリウムは遺構を構成する多孔質材料表面の破壊におよぼす影響が甚大であることから[2)]、その対策が喫緊の課題である。本報では遺構展示館南棟において硫酸ナトリウムが引き起こす遺構の劣化を抑制する環境制御法について検討する。

2. 平城宮跡遺構展示館南棟の概要

奈良山丘陵の南端部に位置する遺構展示館は北から南に向かって勾配を有する緩斜面上にあり、周辺の遺構面は旧耕作土と保護盛土の２層の土壌に覆われる。北側には水上池が位置し、また旧地形の谷筋にあたるため[3)]、周辺の地下水位は高く遺構面土壌は常に高含水状態にある[4)]。本報で着目する南棟は、南北12 m、東西32 mの建物で、内部では塼積基壇建物跡を露出展示している。覆屋南面の開口部、および北側と西側の出入口から日射が入り、南北壁の上半はルーバー状の開口があり，それを通して自然通気がある（図１）。空調設備は有していない。

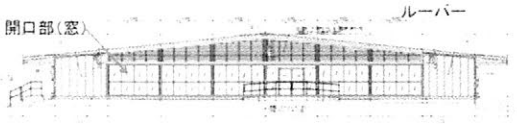



図１　南棟立面図（南面）[5)]

3. 硫酸ナトリウムによる材料破壊の過程と本研究における環境解の設定　硫酸ナトリウムは一般的な環境下において無水物（Mirabilite）と十水和物（Thenardite）の２相が雰囲気の温湿度条件に応じて安定相として存在する（図２）[6)]。この塩による材料の破壊は、塩を含有する材料の濡れ過程において最も顕著に進行することから[7)]、水和にともなう塩の体積膨張のみならず、冬期にMirabiliteとして材料内部に析出した塩が、低い相対湿度環境下でThenarditeへと相変化し、その後、前者と比較して大きな溶解度を示す後者が溶解すると同時にそれらはMirabiliteの過飽和塩溶液となるため、塩溶液で満たされた材料内部においてMirabiliteが析出することで空隙壁に対して大きな応力が作用して材料の破壊が引き起こされると考えられている[6)8)]。したがって、本報では硫酸ナトリウムによる遺構の劣化を抑制するため、１）塩の析出量を減らす、２）析出したMirabiliteに対しては、館内を高湿度環境に維持することでThenarditeへの相変化を抑制する、これらの２点を環境解として検討した。

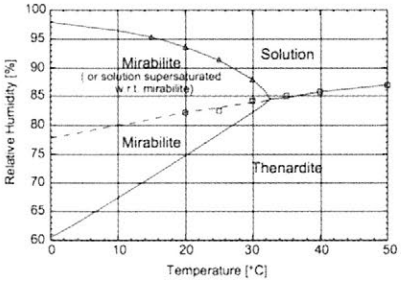



図２　硫酸ナトリウムの相図[6)]

4. 解析概要　本解析では熱水分同時移動方程式[9)]を用いた。解析対象は、南棟の覆屋および周辺地盤で、室空間の温湿度と地盤の熱水分性状の解析をおこなった（図３）。地盤は２次元、覆屋壁は熱移動のみを考慮し、１次元で解析をおこなった。詳細については桑原ら（2015）を参照されたい[10)]。

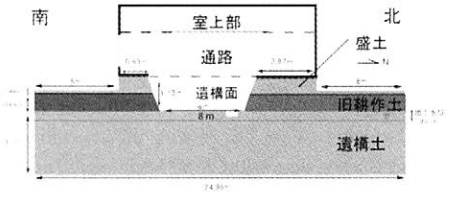



図３　南棟解析モデル

5. 温湿度解析モデルによる覆屋内環境設計の検討

5.1 覆屋周辺地盤からの雨水の浸透を遮断した場合　南棟周辺の地表面は遺構面と比較して有意に高いため、周辺地

盤に浸透した雨水は遺構面へと移動し、その結果、遺構面への塩の移流に寄与していると考えられる。そこで、ここでは南棟南側地盤表面への雨水の浸透が完全に排除され、地盤に流入しない場合（MODEL2 とする）を検討する。月毎の遺構面直上の空間の温湿度変動を現状のモデル（MODEL1 とする）と比較した結果を図４、図５に示す。２つの MODEL の間で気温変動に有意な差は見られないが、絶対湿度は夏季に MODEL2 の方が低くなる傾向を示した。南棟南側法面（盛土層、旧耕作土層の南側表面）における１月１日からの年間積算水分蒸発量及び吸湿量を図６に示す。雨水を排水した場合、積算水分蒸発量が減少することが示唆され、したがって南側屋外地表面への雨水を排除することで、遺構の南側法面における塩の析出を大幅に抑制できると考えられる。また MODEL2 の場合、法面における蒸発量は室空気からの吸湿量とほぼ等しく、蒸発した水分の大部分は吸湿に由来すると推察される。

5.2 換気を抑制した場合　ルーバー状の開口部を閉じた場合を想定し、室上部と外気の換気回数を 0.2 回/h とする（MODEL3 とする）。月毎の遺構面直上空間の温湿度変動を硫酸ナトリウムの相図上に示した結果を図７に示す。MODEL3 では，通年相対湿度が高い値を維持しており、Mirabilite として析出した塩に対して Thenardite への相変化が抑制される環境に移行することが示唆された。遺構面における積算水分蒸発量及び吸湿量を図８に示す。1~5 月において、MODEL1 と比べて MODEL3 の方がわずかに水分蒸発量が多く、これは MODEL3 の方が遺構面直上の気温が高いためと考えられる。その後は、MODEL1 の水分蒸発量が増加して、年間積算値では MODEL3 の方が水分蒸発量は少ない結果を得た。これは，MODEL1 の方が遺構面直上の絶対湿度が低く、夏季に MODEL1 の地表面温度の方が高いことの影響と考えられる。

6. 結論　遺構展示館南棟において硫酸ナトリウムによって引き起こされる遺構の劣化を抑制するための環境制御法について、熱水分移動の計算から検討した。遺構面南側地盤に浸透する雨水を遮断することで、南棟法面からの水分蒸発量が減少することが示唆された。したがって、本法によって館内における塩析出量を減少させ得ると考えられる。また、南北壁上半のルーバーからの換気を抑制することで、室内空気は通年高湿度環境へと移行し、硫酸ナトリウムの相変化を抑制し得ることが示唆された。したがって、硫酸ナトリウムによって引き起こされる遺構の劣化を軽減し得ると考えられる。

【謝辞】本研究を実施するにあたり、文化庁文化財部記念物課に多大なるご助力を賜った。本研究は科学研究費補助金基盤（B）（課題番号：26289203、研究代表者：鉾井修一）の成果の一部である。ここに記して謝意を表す。【参考文献】1)脇谷草一郎他：平城宮跡遺構展示館における塩析出と沈殿物が引き起こす露出展示遺構の劣化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2（2014） 2)Andrew S. Goudie and Heather A. Viles : Salt weathering hazards, Wiley (1997) 3)奈良文化財研究所編：平城京事典、柊風舎（2010） 4)文化庁：平城宮跡遺構展示館の保存活用に関する調査研究事業報告書（2016） 5)特別史跡平城宮跡遺構展示館等その他改修工事　完成図（2010） 6)Robert J. Flatt：Salt damage in porous materials: how high supersaturations are generated, Journal of Crystal Growth, 242, pp.435-454 (2002) 7)Tsui N., *et al.*：Crystallization damage by sodium sulfate, Journal of Cultural Heritage, 4, pp.19-115 (2003) 8)Michael Steiger and Sönke Asmussen：Crystallization of sodium sulfate phases in porous materials : The phase diagram Na2SO4-H2O and the generation of stress, Geochimica et Cosmochimica Acta, 72, pp.4291-4306 (2008) 9) 松本衛ら：新建築学大系 10　環境物理、彰国社刊（1984） 10)桑原範彦他：平城宮跡遺構展示館における露出展示遺構の保存のための環境設計、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2（2015）



図４　気温変動（MODEL2）

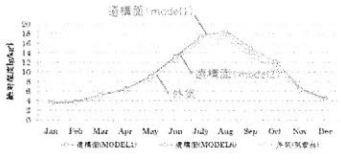


図５　絶対湿度変動（MODEL2）

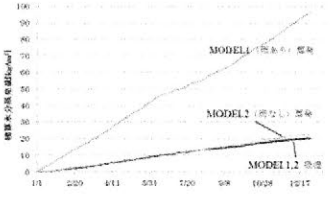


図６　法面積算水分蒸発量（MODEL2）

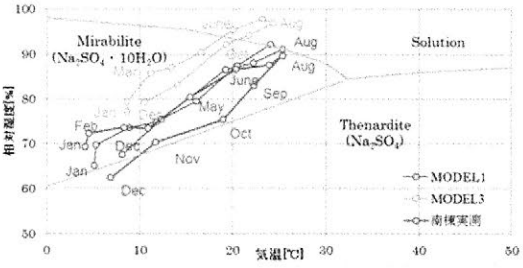



図７　温湿度変動と硫酸ナトリウム相図（MODEL3）

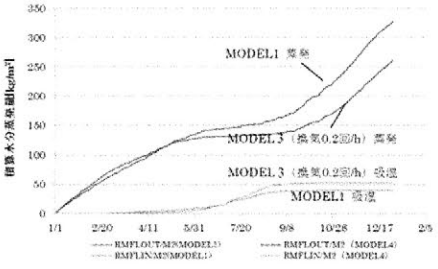



図８　遺構面積算水分蒸発量（MODEL3）

# 大分市元町石仏における塩類風化の現状と要因の検討（その2）

# The Current State and the Factors of Salt Deterioration at Buddha Statue Carved into a Cliff at Motomachi Ⅱ

○桐山京子（京都大学）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、高取伸光(京都大学)、小椋大輔(京都大学)、安福勝(近畿大学)、髙妻洋成（奈良文化財研究所）
○Kyoko Kiriyama (Kyoto University), Soichiro Wakiya (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Nobumitsu Takatori(Kyoto University), Daisuke Ogura(Kyoto University),Masaru Abuku(Kindai University) , Yohsei Kohdzuma (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに　大分市元町石仏では、冬期において塩類析出に由来する石材の粉状化や剥離が石仏の膝付近を中心に生じている。既報では、元町石仏において析出する塩類は硫酸ナトリウムと硫酸カルシウムであること、その起源は地下水中の溶存成分にある可能性が高く、冬期では温湿度の調査によって覆屋の扉が開けられ、換気が行われることで塩類析出が促進される可能性が示唆された。（第32回大会で発表）。

本報では地下水の溶存成分濃度の季節変動および2015年9月から11月にかけて実施された覆屋改修工事に伴う覆屋内の温熱環境の変化が塩類析出に与える影響について検討した。

2. 調査方法　塩類の起源と考えられる地下水の溶存成分濃度について、地下水を採水しイオンクロマトグラフィを用いて定量分析を行い、季節毎の溶存成分の変化を検討した。地下水の採水箇所は、石仏前面の集水井と石仏背後の観測孔の2箇所である。採水は2014年11月8日、2015年2月8日、同年4月18日、同年8月2日、同年11月15日に行った。また、覆屋内外の温熱環境の実測調査を行い、覆屋改修工事による温熱環境の変化が塩類析出に与える影響について検討した。覆屋内、覆屋外、石仏両膝上の4箇所にデータロガを設置し、2014年11月8日より測定を継続している。

3. 結果と考察　集水井と観測孔から採取した水の溶存成分の分析結果を図1および図2に示す。集水井と観測孔ともに溶存イオンの季節的な濃度変動は認められなかった。元町石仏では冬期に顕著な塩類析出の進行が確認されており、析出物は10月頃から発生しはじめ、その後徐々に析出量が増加すること、降雨時に湿度が高くなると一部潮解するが、3月まで析出物は増加していることが報告されている[1]。ただし、調査期間中を通じて例年塩類が顕著な箇所には脱塩のための和紙による養生が行われていたため、冬期における塩類析出の状態を目視で確認できなかった。溶存成分の定量分析の結果から、地下水の溶存イオンの濃度は通年概ね一定であったことから、季節性の塩類析出に関して、その要因とは考え難いことが示唆された。

既報において、元町石仏で析出している塩類は硫酸ナトリウムと硫酸カルシウムであることを明らかとした。硫酸カルシウムは難溶性の塩類のため溶解と析出を繰り返すことなく一年を通じて析出していると考えられるため、冬期に析出する塩は硫酸ナトリウムであると考えられる。一般に硫酸ナトリウムは石材の劣化に及ぼす影響が最も大きな塩類の1つとされており、温湿度条件に対して様々な状態変化を示すことがその要因とされる[2][3]。そのため、硫酸ナトリウムが引き起こす石材の劣化への対策は元町石仏において喫緊の課題であり、その進行に対しては石仏周辺の温熱環境が影響を大きくおよぼしていると考えられる。そこで硫酸ナトリウムの相図に覆屋内の温度および相対湿度の日平均をプロットしたものを図3に示す。冬期の温湿度の低下の抑制を目的としたドアクローザーの設置や断熱材および二重窓の導入等を行った覆屋の改修工事による温湿度の変化を比較するため、覆屋改修前の冬期（2014年11月から2015年2月）、改修後の冬期（2015年11月から2016年2月）、それ以外の期間（2015年3月から2015年10月）に分けて温湿度の測定結果を示した。改修前の覆屋内の温度と相対湿度は、特に冬期にかけて硫酸ナトリウム無水和物（Thenardite）と硫酸ナトリウム

10 水和物（Mirabilite）の安定相の間で推移していることが示された。先行研究において、Mirabilite は Thenardite に比べて溶解度が低いため、石材の含水率上昇に伴い Thenardite が溶解すると、その溶液は、Mirabilite の過飽和塩溶液となり Mirabilite が析出することで石材の劣化を引き起こすことが指摘されている[4]。したがって、1)硫酸ナトリウムの析出量を減らすこと、2)冬期に析出した Mirabilite に対して Thenardite に相変化させないことが肝要であると考える。覆屋改修後の温湿度は、冬期においても硫酸ナトリウムが Mirabilite として存在する、あるいはこれらが潮解する温湿度条件にあることから、硫酸ナトリウムによる石材の劣化を軽減する環境へ変化したことが明らかとなった。また、覆屋改修により冬期（11 月から 2 月）の温度が 3℃程度上昇した。硫酸ナトリウムの溶解度は温度依存性が高く、低温域では温度の低下にともない溶解度が急激に低下するため[5]、冬期における温度低下の抑制も硫酸ナトリウムの析出を抑えるために有効であると考えられるが、一方で温度の上昇による石仏表面からの水分蒸発量の増加が塩類析出を促進する可能性もあり、正味の影響については今後検討を要する。

**4. 結論**　本報では地下水の溶存成分濃度の季節変動および 2015 年 9 月から 11 月にかけて実施された覆屋改修工事に伴う覆屋内の温熱環境の変化が塩類析出に与える影響について検討した。地下水中の溶存成分濃度は季節変動を示さなかったことから、冬季の硫酸ナトリウムの析出は石仏周辺の温熱環境に大きく影響されていることが示唆された。また、温湿度の検討の結果、覆屋改修工事により覆屋内の温度および相対湿度の上昇が確認され、硫酸ナトリウムによる石材の劣化が軽減される環境に変化したことが示された。今後は上記で述べた環境の変化が元町石仏の塩類析出の抑制にどの程度効果があるのか定量的に評価することが課題である。

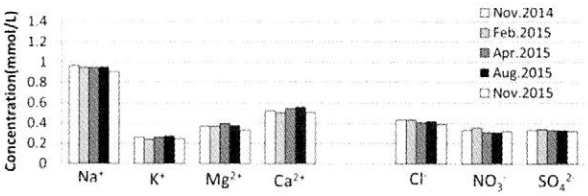



図 1　集水井の水の溶存成分分析結果

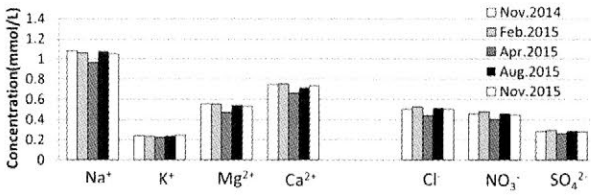



図 2　観測孔の水の溶存成分分析結果

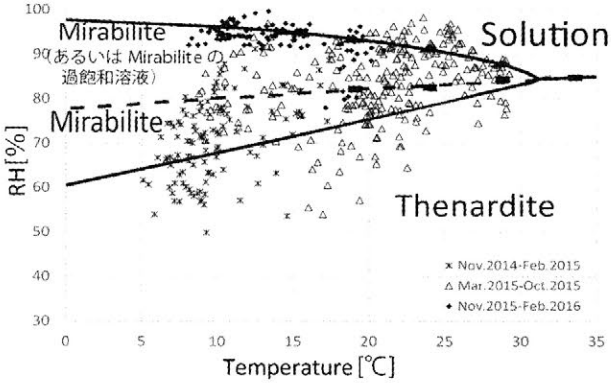



図 3　覆屋内温度および相対湿度の日平均と硫酸ナトリウムの相図(Flatt 2002 より)

【謝辞】調査にあたり、大分市教育委員会には多大なるご協力をいただいた。本研究の一部は石造文化財の保存研究会および科学研究費補助金若手(A)（課題番号：26709043, 研究代表者：安福勝）から調査研究費の助成を受けた。記して深く感謝申し上げます。

【参考文献】1)　大分市・明大工業株式会社 1994『大分元町石仏析出物等調査委託報告書』pp.67
2)　Robert J. Flatt 2002 Salt damage in porous materials: how high supersaturations are generated, Journal of Crystal Growth, 242, 435-454
3)　Michael Steiger , Sönke Asmussen 2008 Crystallization of sodium sulfate phases in porous materials: The phase diagram $Na_2SO_4$–$H_2O$ and the generation of stress, Geochimica et Cosmochimica Acta 72, 4291-4306
4)　Nicholas Tsui , Robert J. Flatt , GeorgeW. Scherer 2003 Crystallization damage by sodium sulfate, Journal of Cultural Heritage, 4 , 109-115
5)　Andrew Goudie, Heather Viles 1997 Salt weathering hazards, wiley. pp107

# 釜尾古墳における装飾壁画の保存施設の改修方法の検討

# Investigation of Renovation of the Preservation Facility of Decorated Chamber Walls in Kamao Tumulus

芥子円香（京都大学）、○小椋大輔（同左）、鉾井修一（同左）、坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）
福田匡朗（同左）、三好栄太郎（熊本市文化振興課）
Madoka KESHI, ○Daisuke OGURA, Shuichi HOKOI (Kyoto University),
Keitaro SAKAGUCHI, Masaaki FUKUDA (Kumamoto Prefectural Ancient Burial Mound Museum),
Eitaro MIYOSHI (Kumamoto City)

1. **はじめに**　釜尾古墳は、石室内の装飾壁画の劣化の危惧により、一時閉鎖状態にある。劣化の原因は結露水の流下や浸透雨水の落下による顔料の流出と考えられ、これまで石室内の装飾壁画及び石室内壁表面の濡れのメカニズムについて検討を行ってきている[1]。本研究では、3次元解析モデルを構築し装飾表面の濡れのメカニズムを明らかにした上で、今後の保存施設の改修方法の提案を行うことを目的とする。

2. **石室内装飾壁画の濡れ性状に関する調査**　装飾は石材に描かれ壁面に接触しているものと非接触のものの2種類に分かれ以下の濡れ性状を確認した。**Ⅰ)北側壁面に接触する装飾石材**　石室内の北側壁面に接触する石材は冬期に乾燥、夏期に濡れを示し、特に6月下旬から8月上旬にかけては、石材の表面を水が流れ落ちるほど濡れている。**Ⅱ)壁面に非接触な装飾石材**　どの壁にも接していない石材は、冬期に一部分、夏期に大部分濡れる傾向にある。1年中濡れを示す要因としては天井面からの水の落下の影響が考えられる。**Ⅲ)天井部**　年中濡れており、濡れは北側壁面まで広がり、落下して石材を濡らす要因となっている。

3. **熱水分解析モデルによる装飾の濡れのメカニズムの検討**　**3-1. 解析モデル**　本解析では、熱水分同時移動方程式を用いる［2］。解析対象のモデルを図1に示す。石室内空気は入口、羨道、玄室上下の4質点とし、周囲壁体と隣室との換気による熱水分流の収支から算出する。各室間の換気量はベルヌイの式から算出し、鉄扉の隙間を介して生じる外気との換気量は現地で内部の$CO_2$の濃度減衰の測定と計算から鉄扉の隙間面積を同定した。墳丘を構成する材料の熱水分物性値は文献値を用いた［3］。**3-2. モデルの再現性と石室内濡れ要因の検討**　図2,3に示す様に玄室内の温湿度の解析値は実測値を大略再現できている。目視による濡れの結果と水分化学ポテンシャルの解析結果との比較からⅠ)とⅡ)の結果は一致するが、Ⅲ)の天井面の夏期の濡れは、天井部コンクリート層の亀裂による上部墳丘からの浸透水を考慮しなければ再現できず、この部位のコンクリート層などが劣化していると考えられる（図省略）。考えられる結露抑制方法は、夏期の結露は①入口の夏期の温度上昇を抑制し夏期の加湿を抑えること②外気によって加湿される期間は外気との換気量を極力少なくすること③玄室内での蒸発・凝縮傾向を抑制するために玄室壁面の上下及び東西南北の温度差を小さくすること、の

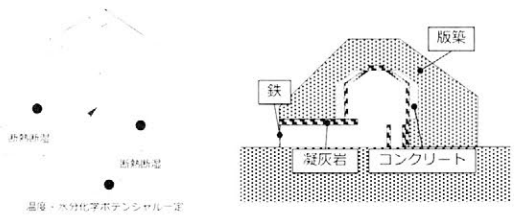


図1　(左)3次元解析モデル (右)南北断面図

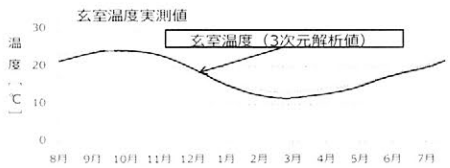


図2 玄室温度(3次元解析値と実測値の比較)

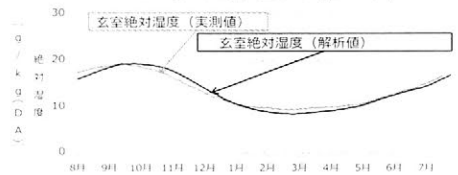


図3 玄室絶対湿度(3次元解析値と実測値の比較)

3 点であり、冬期の結露は、①入口の冬期の温度低下を促進し、冬期の除湿を促すこと　②外気によって除湿される期間は、外気との換気量を増やすこと③玄室内での蒸発・凝縮傾向を抑制するために玄室壁面の上下及び東西南北の温度差を小さくすることの3点である。

**4. 釜尾古墳の保存施設の改修方法の検討4-1. 解析方法**　墳丘を南北で切断した2次元モデルが3次元モデルと挙動が一致したため、それを検討に用いる。**4-2. 結露抑制方法の検討**　結露抑制対策として、CASE A：外気との換気量に関する対策、CASE B：夏期の入口付近の温度上昇抑制に関する対策、CASE C：玄室内での温度差の抑制に関する対策の３つのケースに分類して以下で検討を行う。図4に示すような条件について解析を行い、装飾石材表面と玄室天井面における結露発生期間や結露量を比較した（図 5～7）。得られた結果は以下の通りである。①CASE A：　外気の方が石室空気よりも乾燥している時期は積極的に換気を行い、外気の方が湿潤な時期は扉を密閉し換気を行わない方法で最も結露を抑制することができた。特に冬期の玄室天井の結露に対して抑制効果が高い。②CASE B：　鉄扉は、日射遮蔽を行うと、夏期及び冬期の結露に対して抑制効果がある。鉄扉を断熱した場合、夏期のピーク時の結露は抑制できるが、冬期の結露は助長する傾向にある。③CASE C：　墳丘部を断熱した場合、夏期及び冬期の結露に対して抑制効果があった。一方、墳丘部の日射を遮蔽した場合、結露発生を助長する結果となった。

**4-3. 外気との換気を積極的に行った場合の最適な改修方法の決定（図省略）**

結露発生抑制のみを目的とし、外気との換気を積極的に行う事を想定し、CASE A と B を組み合わせた中で、年間結露量を、最も抑制できる方法は、CASE A-4+B-1(外気の乾燥時期に積極的に換気を行う+鉄扉の日射を遮蔽する)で最も結露を抑制することができた。これを入口の改修方法とする。墳丘部の改修方法は墳丘部を断熱する方法が適切であるため、これらを複合した場合の解析を行ったところ、改修後の結露量は玄室天井、装飾石材の両者で 0［g/m2］となった。従って、外気が乾燥している時期に積極的に換気を行い、鉄扉の日射遮蔽を行い、墳丘部を断熱することで結露抑制効果が非常に大きいと考えられる。なお換気を抑制する場合、除湿機を用いる場合について別途検討を行っている[4]。

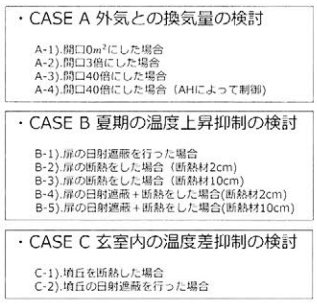


図4 結露抑制対策の検討条件

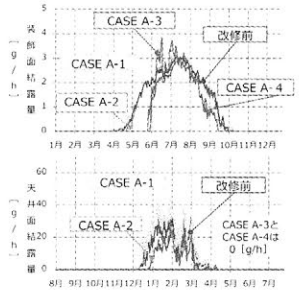


図5 CASE A の結露量の比較

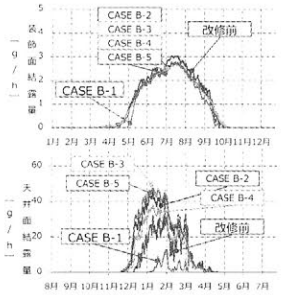


図6 CASE B の結露量の比較

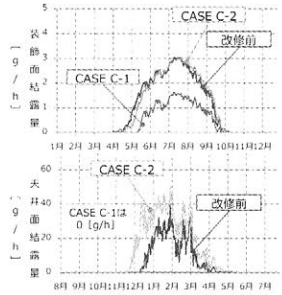


図7 CASE C の結露量の比較

**5. まとめ**　釜尾古墳を対象に 3 次元解析モデルを構築し装飾の濡れのメカニズムを明らかにし、結露抑制を目的とした今後の保存施設の改修方法の検討を行い、外気が乾燥している時期に積極的に換気を行い、鉄扉の日射遮蔽を行い、墳丘部を断熱することが、結露の抑制効果が最も高いことを示した。

**謝辞**　本研究の一部は、平成 27 年度科学研究費補助金基盤（B）（課題番号 26289203　研究代表者：鉾井修一）の助成を受けた。

**参考文献**　[1] 芥子他 4 名：釜尾古墳の装飾の保存に関する研究-古墳の熱水分解析による結露抑制対策の検討-,日本文化財科学会第 32 回大会, 2015, [2]松本衛：新建築学大系 10 環境物理　3.湿気, 彰国社,1984, [3] 李永輝他 3 名：高松塚古墳の発掘前後の石室内温湿度環境変化と応急保存対策の効果の解析, 日本建築学会環境系論文集(658), pp.1041-1050 , 2010、[4]芥子、小椋、鉾井：釜尾古墳における装飾壁画の保存のための環境設計、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、掲載予定、2016 年 8 月

# テラヘルツ波イメージング技術による高松塚古墳壁画の層構造調査

# Investigation of layer structure of Takamatsuzuka mural paintings using terahertz imaging technique

○犬塚将英（東京文化財研究所）、高妻洋成（奈良文化財研究所）、杉岡奈穂子（同左）、
福永香（情報通信研究機構）、建石徹（文化庁）
○Masahide INUZUKA(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Yousei KOUZUMA, Nahoko SUGIOKA(National Research Institute for Cultural Properties, Nara),
Kaori FUKUNAGA (National Institute of Information and Communications Technology)
and Toru TATEISHI(Agency for Cultural Affairs, Government of Japan)

## 1. はじめに

周波数領域が 0.1THz～10THz にあるテラヘルツ波を用いると、その物質内の透過に関する性質により、対象物の表面に近い部分の層構造等を非破壊・非接触な方法で調査をすることが可能となるので、テラヘルツ波イメージング技術は文化財調査に適した分析手法のひとつであると言える。これまでに、文化財の修理に先立って、テラヘルツ波イメージング技術を用いた屏風[1]や建造物[2]の内部構造の調査事例がある。また、高松塚古墳壁画の分析調査も行われてきた[3]。

本研究では、高松塚古墳壁画のうち、青龍が描かれている石材のしっくいについて調査を実施した(2016 年 2 月 29 日～3 月 2 日)。今回の調査から、国内で製作された新しい装置を導入した。ここでは、しっくいの層構造、石材としっくいの間に生じている空隙の 2 次元的な分布等に関して得られた知見を報告する。

## 2. 調査方法

今回の調査から、パイオニア株式会社製ハンディヘッド型テラヘルツスキャナーを用いて調査を実施した。同装置は従来よりも小型軽量化かれており、スキャナ本体、スキャナヘッド、スキャナヘッドを駆動させるヘッドスキャンメカから構成される。これらは高松塚古墳壁画の調査専用のフレームに設置した（図 1）。スキャナ本体とヘッドを接続するケーブルは 1 本だけであるため、壁画に対する安全性が従来よりも高くなった。

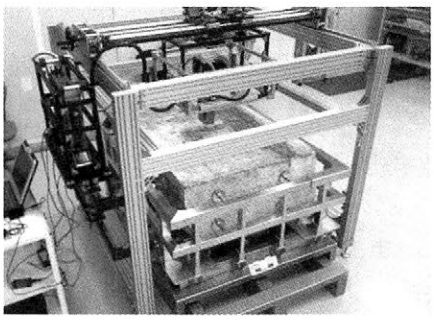


図 1　調査の様子

1 回の測定でのスキャンの範囲を 250mm×250mm とした。このため、青龍が描かれている壁画（1160mm×910mm）を調査するために、計 20 回の測定を行った。また、測定のピッチは 2mm とし

（ただし、しっくいの状態が気になる箇所については、ピッチを 1mm または 0.5mm として詳細な調査を行った）、壁画に対する安全性を考慮してヘッドを移動させる速度は 20mm/s とした。

### 3. 調査結果

図２は今回の調査で得られた結果の一例である。ここではしっくいが堅牢な箇所（上段）、しっくいが無く石材が見えている箇所（中段）における反射パルスの波形と、しっくい層の深さ方向の層構造のイメージング画像を示す。層構造のイメージング画像中で白く表されている箇所では反射パルスの強度が高い、つまり異なる物質の界面の存在を意味する。以上の結果を考慮すると、図２下段のような箇所では、しっくい層と石材との間に空隙が存在する可能性が示唆される。本研究では、このように壁画の保存を考える上で懸念される箇所を２次元的に可視化することを試みた。

また、テラヘルツ波の強度と壁画に用いられている材料の種類との間の関係性についても考察を行った。

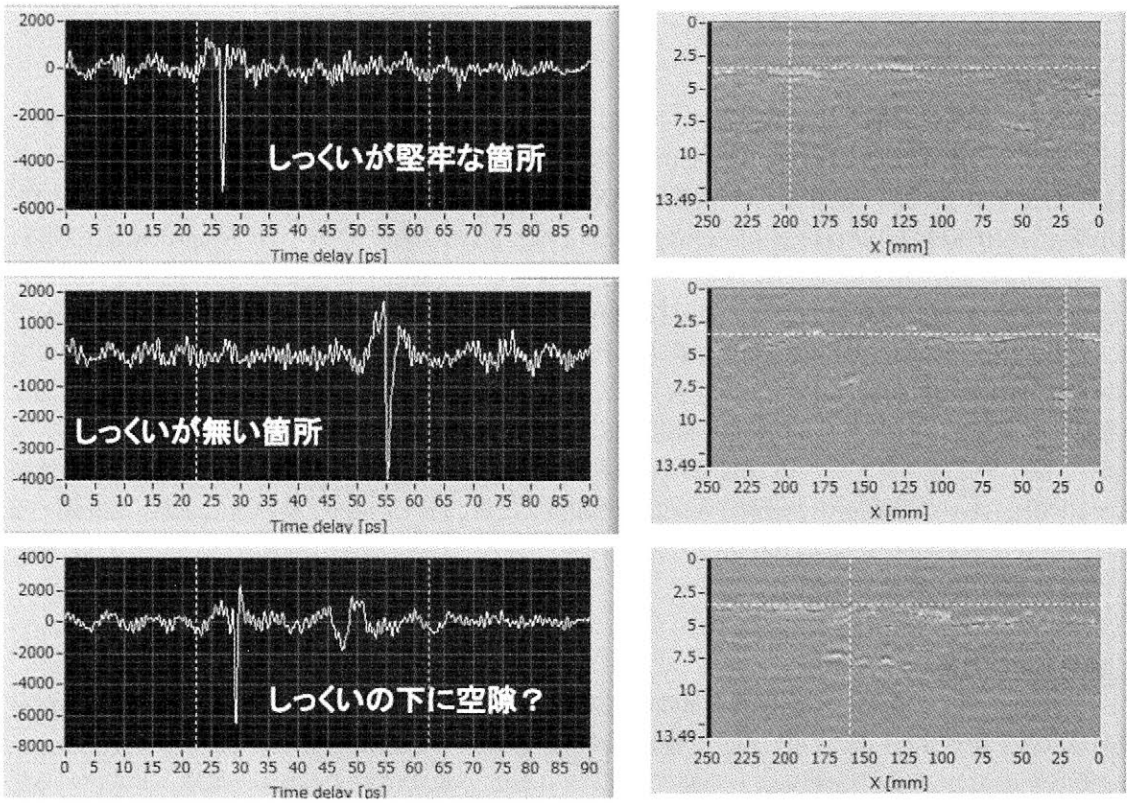



図２ 様々なしっくいの状態における反射パルスの波形と層構造のイメージング画像

**参考文献**

1）鈴木晴彦 et al.：柳橋水車図屏風の修理事例、文化財保存修復学会台 34 回大会研究発表要旨集、p178-179（2012）

2）福永香 et al.：テラヘルツ波イメージングの文化財建造物調査への応用、文化財保存修復学会第 32 回大会研究発表要旨集、p38-39（2010）

3）古墳壁画の保存活用に関する検討会（第 15 回）資料 4、文化庁

# 出土木製遺物の一時保管容器における水質の推移

## Changes in water quality of temporary storage for waterlogged wood

○松田和貴（奈良文化財研究所）、脇谷草一郎（同左）、髙妻洋成（同左）
○Kazutaka Matsuda, Soichiro Wakiya, Yohsei Kohdzuma
(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

### 1. はじめに

水中で保管されている出土木製遺物の劣化には、好気性微生物の活動が大きく関与するため、その抑制には溶存酸素の低減が有効と考えられる。筆者らはこれまで、大型木製遺物の保管水槽において、溶存酸素を低減する簡便な手法を検討した[1]。一方、水深の浅い小型の容器では、水面で溶解する酸素が底層まで供給されやすいため、保管遺物への影響がとくに懸念される。実際に、小型容器内で水および泥とともに一時保管されている木製遺物の一部に、近年軟化が認められたものがある。そこで、本研究ではこうした小型の容器においても既報の手法が有効であるか、またよりありふれた素材が使用可能であるかを検討した。あわせて溶存酸素の低減による他の水質への影響についても把握を試みた。その結果、より良好な一時保管環境を整備するための実務上有益な知見を得たので報告する。

### 2. 実験方法

実験には、同時に発掘された木製遺物が水および泥とともに保管されている3つの樹脂製コンテナ(A～Cとする。水深はいずれも約100 mm)をもちいた。各コンテナの底泥上に溶存酸素計を設置し、溶存酸素量を10分間隔で測定した(測定機器：Onset Computer社製U26-001)。なお、コンテナAのみ酸化還元電位(ORP)およびpHの測定もあわせておこなった(測定機器：INW社製TempHion、測定間隔：10分)。測定は2015年6月11日に開始し、同月16日10:50に気相からの酸素溶解の抑制を目的として、コンテナAおよびBにおいて、異なる素材のシートをもちいて水面を被覆した。コンテナAでは、先の大型水槽における実験で効果の認められた酸素不透過性シートを、コンテナBでは市販のごみ袋を切り開いたポリエチレンシートを採用した。各コンテナは直射日光の当たらない場所で地面に直接置いて保管し、同年7月14日まで測定をおこなった。

また、測定終了後にコンテナAおよびCの水を採取し、イオンクロマトグラフ(日本ダイオネクス社製ICS-1000)をもちいて各試料中の硫酸イオン($SO_4^{2-}$)濃度を定量した。くわえて、鉄の酸化還元状態を調べるため、両コンテナから採取した水100 mlにそれぞれフェリシアン化カリウムの1%(w/w)水溶液を5 mL滴下し、青色沈殿の生成有無を観察した。

### 3. 結果および考察

図1に各コンテナにおける溶存酸素量の測定結果を示す。測定初期においては、各コンテナとも溶存酸素量は多少変動するものの、4-7 mg/L程度を維持していた。好気性微生物に溶存酸素が消費される一方、気温や地面からの熱の影響によって水の対流が生じると、水面で溶解する酸素が底層へ供給されるためであると考えられる。コンテナAでは、酸素不透過性シートの設置後から溶存酸素量が大きく減少し始め、6月25日頃には0 mg/Lとなり、嫌気的な環境となった。一方、コンテナBおよび各種のシートを設置していないコンテナCでは、測定開始時の水準が維持された。したがって、コンテナBでもちいたポリエチレンシートについては、気相からの酸素の透過を抑制する十分な性能を有していないといえる。

図2にコンテナAにおけるORPおよびpHの測定結果を示す。同コンテナのpHは、測定期間中3程度を維持しており、シートの設置による影響は認められなかった。コンテナCについてもpH試験紙による測定をおこなったところ、同様にpHは3程度で酸性領域を示した。また、イオンクロマトグラフィによる分析の結果、コンテナAおよびCにおける硫酸イオン濃度は順に、3.59 mmol/Lおよび7.80 mmol/Lであり、

両者とも多量の硫酸イオンを溶存していることが示された。すなわち、各コンテナ内の水は、測定開始以前にすでに硫酸酸性となっていた可能性が示唆される。これには、好気的な環境下で単体硫黄や硫黄酸化物などを酸化して硫酸を生成する鉄酸化細菌や硫黄酸化細菌の活動[2]が影響していたものと考えられる。また、コンテナAのORPは酸素不透過性シートの設置によって多少低下するものの、溶存酸素の枯渇した状態においても、+300 mV程度の比較的高い領域が維持されていた。これは、以上の考察と対応する結果であるといえる。

なお、測定終了時の目視観察では、コンテナAにおいてのみ、容器内壁や底泥の表面に褐色の沈殿が認められた。フェリシアン化カリウム水溶液の滴下試験では、コンテナAにおいて2価の鉄イオン($Fe^{2+}$)の存在を示す青色沈殿の生成が認められたが、コンテナCではこの沈殿の生成はごくわずかであった。コンテナAでは、酸素不透過性シートの設置により系内の溶存酸素が枯渇したため、コンテナ内に存在していた3価鉄が嫌気性の鉄還元細菌によって2価鉄へ還元[3]されたものと考えられる。一方、同コンテナで観察された褐色の沈殿については、この$Fe^{2+}$が容器側面とシートとの隙間でわずかに溶解する酸素によって再び酸化されることで生じた可能性がある。

## 4. 結論

以上から、出土木製遺物を一時保管する比較的小型の容器においても、酸素不透過性のシートで水面を被覆することで、溶存酸素を十分低減できることが明らかとなった。ただし、このシートには酸素透過度が十分低い素材をもちいる必要があることも改めて示された。一方、本研究でもちいたコンテナでは、比較的高濃度の硫酸イオンが検出されており、またpHも酸性領域を維持していたことから、水中で硫酸が生じていた可能性が示唆された。すなわち、木製遺物の一時保管が開始されて以降、好気的な環境下で硫黄酸化細菌などが硫酸を生成することで、徐々に水の酸性化が進行したものと考えられる。近年認められた保管遺物の軟化には、好気性微生物による木材細胞壁の分解のほか、こうした保管水の酸性化による加水分解が原因の一つとなっている可能性がある。とくに発掘現場の土や泥には、硫酸の起源となるイオウ分が多量に含有されている場合があるため、出土木製遺物を水中で一時保管する場合には、あらかじめ遺物をよく洗浄することが望ましいと考えられる。やむなく遺物を泥とともに保管する場合においても、当初より酸素不透過性シートを設置して酸素の供給を制限することが、好気性である硫黄酸化細菌などによる硫酸の生成を抑制する上でも有効であると考えられる。今後、こうした保管環境の具体的な改善方法について、室内実験などから検討をおこなう予定である。

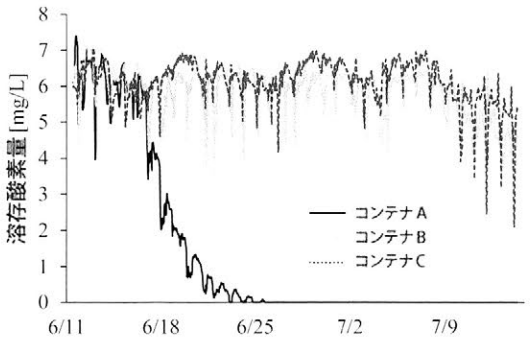



図1：各コンテナにおける溶存酸素量の推移

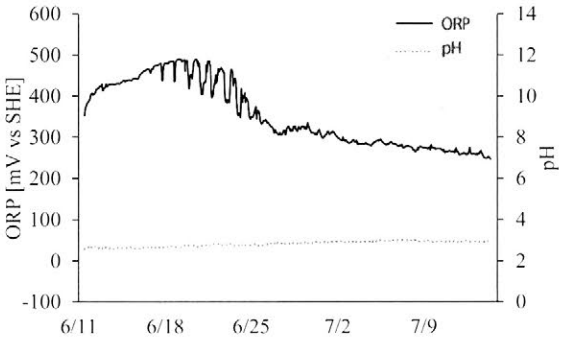



図2：コンテナAにおけるORPおよびpHの推移

【参考文献】
1) 松田和貴・脇谷草一郎・髙妻洋成（2015）「出土木製遺物の水中保管環境における溶存酸素を低減する方策の検討」『日本文化財科学会第32回大会 研究発表要旨集』pp.90-91
2) 大森俊雄 編（2003）『微生物生態工学』pp.102-103
3) 濵崎恒二・木暮一啓 編（2015）『水圏微生物学の基礎』pp.209-210

# 水蒸気移動による出土鉄製文化財の新規脱塩法の開発 （その１）塩化鉄（Ⅱ）の潮解過程における最適条件の検討

# Development of a novel method for desalination of iron artifacts by means of vapor diffusion and transfer (Part1) Optimal condition in the process of deliquescence of ferrous chloride

○柳田明進（橿原考古学研究所）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、髙妻洋成（同左）
○Akinobu Yanagida(Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture), Soichiro Wakiya (Nara National Research Institute for Cultural Properties),Yohsei Kohdzuma(〃)

## １．はじめに

保管、展示時に生じる鉄製遺物の劣化は、遺物内部に集積する塩化物塩が潮解して液膜が生じることに起因する。このような遺物に対しては脱塩処理を施すことで安定化を図ることが一般的であるが、従来の脱塩法の多くは水系の処理であるため遺物全体の腐食が引き起こされる事例が少なくない。塩化物塩が潮解する湿度環境では塩化物塩が塩溶液へと相変化する一方で、鉄製遺物中の安定な状態にある箇所に対しては液水が接触しないため、処理中の新たな腐食が引き起こされる危険性が低いと考えられる。そこで本研究では塩化物塩の潮解を利用する鉄製遺物の新たな脱塩法を開発することを目的とする。ここでは脱塩による鉄製遺物の腐食の進行を抑制しつつ、主要な塩化物塩と考えられる$FeCl_2$の潮解が生じる湿度条件を検討するため、$FeCl_2$を伴う炭素鋼を等温条件のもと種々の湿度環境に設置して腐食挙動を検討した。

## ２．実験方法

φ80×5 mmの炭素鋼（SS400）試料の側面と底面をPTFE製テープにて断湿処理しただけの対照試料に加え、$FeCl_3$アセトン溶液を試料上面に滴下することで$FeCl_2$を１、100 mg/cm$^2$付着させた試料を調製した[1]（それぞれ１、100 mg/cm$^2$試料と表記）。20℃に設定し、飽和塩を用いてRH44、59、75、82、97%に調湿したデシケータ内に調製した試料を設置した。試験中は温湿度計を用いてデシケータ内の温度と湿度、電子天秤を用いて試料の重量変化を連続して測定した。潮解に伴う重量増加、$FeCl_2$溶液の密度[2]から液膜厚さを算出し、理論値と比較した。なお、液膜厚さの理論値は$FeCl_2$の活量係数[3]、$FeCl_2$溶液の密度[2]から押川らが提案した方法を用いて算出した[4]。腐食速度は試験前後の重量減少より算出し、試験期間は１週間とした。

## ３．結果および考察

<u>３．１ $FeCl_2$の潮解と液膜厚さ</u>　１ mg/cm$^2$試料の重量変化を図１に示す。１mg/cm$^2$試料の重量はRH75%以上で試験開始から約900分まで急激に上昇し、その後は穏やかに増加した。一方で、RH44、59%では明確な重量増加を示さなかった。RH75%以上の条件でみられた初期の重量増加は主に$FeCl_2$の潮解に由来し、その後の穏やかな上昇は鉄の腐食の進行によると考えられる。$FeCl_2$の飽和溶液が与えるRHは56%であり[4]、RH44%では潮解が生じず、RH59%では潮解が生じているものの吸湿量が極めて少ない状態であったため重量増加が生じなかったと考えられる。100 mg/cm$^2$試料ではRH59%において約2100分、RH75、82、97%では約1440分経過した時点で$FeCl_2$が完全に潮解していることが観察された。したがって、$FeCl_2$は1 mg/cm$^2$では数時間、100 mg/cm$^2$では１～２日で完全に潮解すると考えられる。RHと液膜厚さの関係を図

２に示す。液膜厚さは$FeCl_2$量に比例するため、図２では付着$FeCl_2$量あたりの液膜厚さとして示した。実測値から得られた液膜厚さは１、100 mg/cm$^2$試料共に理論値に比べてやや厚い傾向を示すものの、100 mg/cm$^2$で得られた液膜厚みのRHに対する挙動は概ね理論値に一致した。液膜厚さはRHとともに上昇し、実測値では1 mg/cm$^2$試料ではRH59%で3.8 μm、RH97%で51 μmを示し、100 mg/cm$^2$試料ではRH63%で400 μm、RH97%で830 μmを示した。

**３．２ 腐食速度とRHの関係** 図３にRHと腐食速度の関係を示す。全ての試料で腐食速度はRHの上昇とともに増加する傾向を示した。$FeCl_2$を伴う炭素鋼では、腐食のアノード反応は鉄の溶解であり、主なカソード反応は液膜中の溶存酸素（DO）、$FeCl_2$の加水分解により生じる$H^+$の還元が挙げられる。一般的な大気環境での腐食速度と液膜厚さの関係はTomashovによって提言され、近年、液膜厚さが約50 μmで極大を示すことが報告されてる[5)]。しかし、本実験では50 μmの液膜厚さで極大を示す傾向は得られず、液膜厚さの増加に伴い腐食速度は上昇した。潮解性のある塩はその飽和塩溶液が平衡するRHよりも高い湿度領域において、各RHで一定の濃度を示し、低いRHでは液膜中の塩濃度は高く、高いRHでは希薄になる。従って、RH59%では液膜中の$FeCl_2$濃度は極めて高いと考えられる。RH59%で腐食速度が緩慢である要因として、低いRHでは液膜中の$Fe^{2+}$濃度が高くアノード反応が抑制されること、Cl濃度が高いため還元剤であるDOの溶解度が低下することが考えられる。また、1 mg/cm$^2$試料に比べて100 mg/cm$^2$試料では腐食速度が高い傾向を示した。これは100 mg/cm$^2$では$FeCl_2$の加水分解によって生じる$H^+$量が多く、その還元反応への関与が大きいことが要因の一つとして考えられる。一方で、付着なし試料の腐食速度は極めて低い傾向を示した。これは、脱塩の潮解過程において、$FeCl_2$を伴わない部分の処理中の腐食が抑制されることを示すと考えられる。以上の結果から、RH59%では数時間～２日以内に完全に塩の潮解が生じるとともに、腐食の進行が抑制された状態が維持されるため、新規脱塩法の潮解過程の条件はRH59%が最適と考えられる。

## ４．まとめ

新規脱塩法の開発のため、$FeCl_2$を付着させた炭素鋼の腐食挙動を検討した。その結果、潮解過程の条件は、１）腐食が緩慢であると共に潮解が生じるRH59%が適しており、２）潮解に要する時間は$FeCl_2$量によって変化するものの、数時間から１日であった。また、本実験で得られた腐食速度とRHの関係は腐食と保管環境の関係を示すと考えられ、保管時の腐食はRH56%以下では緩慢であり、RHの上昇に伴い急激に上昇することが示された。

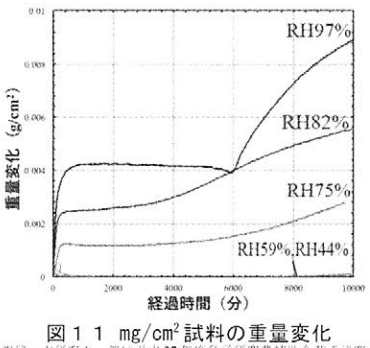



図１１ mg/cm$^2$試料の重量変化

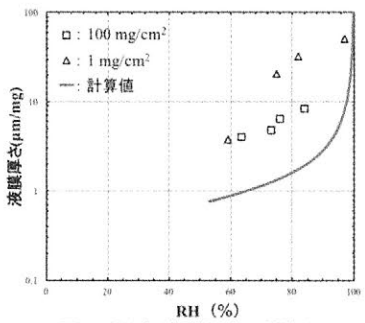



図２ RHと液膜厚さの関係

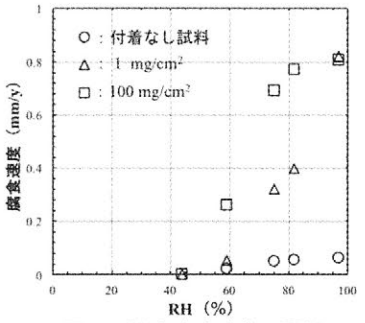



図３ RHと腐食速度の関係

謝辞：本研究の一部は平成27年度科学研究費補助金若手研究（B）（研究番号15K16278、研究代表者：柳生剛進）の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献：１）柳生剛進、脇谷草一郎、高麦洋成（2013）日本文化財科学会第30回大会発表要旨集、pp.84-85 ２）日本化学会編（1984）化学便覧基礎編Ⅱ 改定３版、丸善、p.Ⅱ-83）日本化学会編（1984）化学便覧基礎編Ⅱ 改定３版、丸善、p.Ⅱ-466 ４）押川渡、篠原正、元田俊一（2003）材料と環境、52、pp.293-298 ５）腐食防食協会編 2002：金属の腐食・防食Q&A 電気化学入門編、丸善、p.199 ６）細矢憲司、篠原正、押川渡、元田俊一（2005）材料と環境、54、pp.391-395

# X線CTスキャナの活用による遺跡で発見される豊富な遺物情報を得る調査(Ⅲ)

## ―福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑の埋納方法の復元とガラス製辻金具の発見―

# Research to obtain a wealth of information artifacts that discovered from the sites using X-ray CT scanner(Ⅲ)

○加藤和歳(九州歴史資料館)・小林啓(同左)・今津節生(九州国立博物館　現:奈良大学)・岩橋由季(九州大学大学院　現:古賀市教育委員会)・輪田慧(合同会社2bit)・村上浩明(株式会社とっぺん)・森下靖士(古賀市教育委員会)・甲斐孝司(同左)・横田義章(同左)

○Kazutoshi KATO・Akira KOBAYASHI(Kyushu Historical Museum)　Setsuo IMAZU(Kyushu National Museum)
Yuki IWAHASHI(Kyushu University)　Kei WADA(2bit)・Hiroaki MURAKAMI(toppen)
Yasushi MORISHITA・Koji KAI・Yoshiaki YOKOTA(Koga City Board of Education)

### 1. はじめに

福岡県古賀市に所在する船原古墳遺物埋納坑は、大量の馬具等が複雑かつ重層的に土坑に埋納されるという、極めて特異な出土事例であり、その実態解明を要するところである。

これまで発表者らは、CTデータと三次元計測データを統合することで、出土状態を平面、断面から自在に立体視することができる「出土状態三次元デジタルデータ」の作成を試み、馬具等副葬品の埋納方法を三次元的に検討する環境を整備してきた。

本研究は、このデータを基に、馬具等副葬品を有機物、金属という複合的材質観を持ちつつ、埋納方法について遺構と遺物を一体的に立体視して検討を行った成果について述べていく。

### 2. 遺物埋納坑南東周辺部出土状態の検討

遺物埋納坑南東周辺部における出土状態を以下に示す。この箇所について、画像上で埋土を除去してみると、床面の直上に有機質があり、それは平面的な広がりを見せる。この有機物は現場における肉眼観察では、木材と推定される。そして、その上に、馬具をはじめとする金属器が折り重なるようにあり、その金属器には有機質が付着している。上層には、さらに有機質が平面的に付着している箇所がある。

以上を鑑みると、遺物埋納坑南東周辺部において、有機物、馬具や鉄鏃や鉄製環状金具の位置を合わせて考えると、有機物が装着されたままの馬具等を、木製の収納箱に収めて、土坑に埋納したのではないかと推定できる。本格的な復元に至るまでには、木材等、有機物の同定を要するが、「出土状態三次元デジタルデータ」により、有機物と金属器を一体とした検討による埋納方法の全体復元へ、道筋をつけた。

### 3. ガラス製辻金具の発見

データの検討の中で、輪金と中央部が別造りであり、画像のコントラストから、それぞれ別の材質と判断される、辻金具、雲珠が見出された。特に中央部分は白色を呈し、構造、材質が特異なものである。

この白色部分を蛍光X線分析法による材質分析を行ったところ、鉛(Pb)が多く検出され、鉛ガラス製であると判断できた。ガラスによる装飾を施した辻金具、雲珠はわが国において初発見である。総数は辻金具、雲球、あわせて9点であるが、これらは完形であるが、輪金と中央部が分離、破損により、出土位置が離れているものがある。

これらはデータ上で出土状態を確認しつつ、実物とを突き合わせ、個体数を確定した。

この成果を広く一般に公開する手法として、データを3D プリンタで出力した。立体視し、手に取ることができる復元模型は、成果が理解しやすい。これも本研究手法が可能にしたことの一つである。

## 4. 本研究の意義と展望

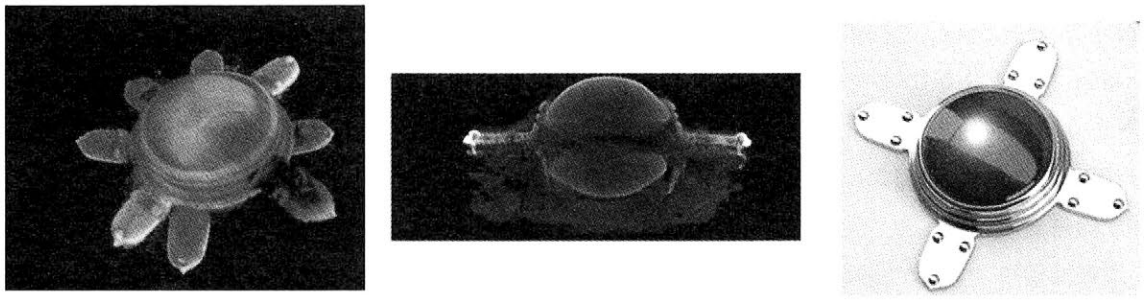
本研究では、出土状態を、遺物本体とその周囲の土壌に残る有機物をあわせて、立体的に把握することにより、埋納方法を復元することができた。本来、馬具や埋納行為に用いられていたはずの有機物は、遺物個々では把握しているが、本研究は、遺構に広がる有機物をあわせ、さらに複数の遺物、相互間に視野を広げた。

本研究手法により、今後、複合的な材質観を持った馬具等の姿や、副葬品埋納方法について、客観的かつ高精度な情報をもって、全体像の復元につなげていきたい。

※船源古墳遺物埋納坑は、現在、調査過程にあるため、今後、名称等の修正があることをご了承いただきたい。




遺物埋納坑南東周辺部の出土状態三次元デジタルデータ(点線は木製箱の復元)



中央部がガラスで装飾された辻金具の三次元像・断層像・3D プリンタによる復元模型

# 文化財保存のためのアパタイトと光触媒の複合材料の開発

# Development of composite material of Apatite and photocatalyst for the Protection of Cultural Properties

○野浪亨（中京大学）、尾上英彰（同左）、玉澤健吾（同左）、吉島成美（同左）、小平亜侑（同左）
○Toru NONAMI, Hideaki ONOUE, Kengo TAMAZAWA, Narumi YOSHIJIMA, Ayu KODAIRA(Chukyo university)

1. 諸言

光触媒は環境問題に関連する多岐多様な方面への応用研究がなされている。中でも酸化チタンは、耐食性や生体親和性に優れ、無害性、化学的安定性といった様々な観点より、防汚、消臭、抗菌等の各種用途で環境浄化材料として利用されている。酸化チタン光触媒は通常紫外線下でのみ活性化するため、文化財保存には適していない。本研究では酸化チタンをアパタイトと複合化することで、微弱紫外線でも活性化し、光照射停止後も効果が持続する可能性がある複合材料を開発したので報告する。アパタイトはアンモニアや窒素酸化物、細菌、カビ等も吸着し、文化財保存材料として適している。

2. 実験方法

チタニア担持球状多孔質ヒドロキシアパタイトの合成

$PBS^-$ (NaCl 73.0、KCl 1.43、$KH_2PO_4$ 0.784、$Na_2HPO_4$ 4.32mmol/L)と $PBS^+$($CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 2.30mmol/L)を調整し、$PBS^-$と $PBS^+$を 3:1 の体積比で混合し、40℃に保持しながら 1 時間撹拌・1 日静置しアパタイト（以下 sHAp）を合成した。sHAp と $TiO_2$ゾル（以下 $TiO_2$）を混合し水中で 1 時間撹拌しアパタイトと酸化チタンの複合材料（以下 sHAp+$TiO_2$）を合成した。

メチレンブルー水溶液（以下 Mb 水溶液）脱色試験

粉状の各試料 0.05g を 10.0ppm のメチレンブルー水溶液 50.0ml に添加し、撹拌しながら、30 分間は暗所、その後 90 分間はブラックライト(三共電気株式会社製；27W；紫外線強度 $3.60 \times 10^3 \mu W/cm^2$)をあて、10 分ごとにサンプリングし、Mb の吸収波長である 660nm の光の吸光度をレシオビーム分光光度計(U-5100、HITACHI 製)で測定した。

ロイコクリスタルバイオレットによる色調変化試験

sHAp+$TiO_2$と市販の酸化チタン（以下 $TiO_2$粉末）に紫外線強度 $5.40 \times 10^3 \mu W/cm^2$のブラックライトを 6 時間照射後、ロイコクリスタルバイオレット（以下 LCV）を混合し、暗所に置き、24、120 時間後に光触媒反応による混合物の色調変化を比較した。

3. 結果と考察

比表面積は sHAp が $89.3 m^2/g$、$TiO_2$は $97.6 m^2/g$、sHAp＋$TiO_2$の複合化材料は $105 m^2/g$ となっており、複合化材料の比表面積が sHAp、$TiO_2$単体のものよりも大きい。表面電位は、sHAp は-6.66mV、

$TiO_2$は-60.3mV、sHAp+$TiO_2$は-21.3mV と、sHAp+$TiO_2$の表面電位が sHAp よりも負に大きく帯電している。また、sHAp+$TiO_2$は蛍光X線分析結果から約 7.77wt%の $TiO_2$を含むことがわかった。図1の走査型電子顕微鏡観察より、sHAp の表面に 30.0～50.0nm の微細粒子が担持している。エネルギー分散形元素分析装置による元素分析の結果、この粒子は Ti を含有し、酸化チタンであることがわかった。粒子は sHAp の細孔の側面に担持しており細孔を完全には塞いでいない。また、sHAp の表面が露出している部分も多いため、sHAp が本来持つ吸着機能損失も少ないであろう。

図2、3に sHAp+$TiO_2$と $TiO_2$の Mb 水溶液脱色実験の結果を示す。図2のように，ブラックライト照射時の脱色率は $TiO_2$では約 10.0%、sHAp+$TiO_2$は約 70.0%であった。図3のように、どの紫外線強度においても sHAp+$TiO_2$の方が高い脱色率を示している。sHAp+$TiO_2$と $TiO_2$を混合した LCV の時間ごとの色調変化は、$TiO_2$との混合物は120時間後もあまり色の変化は見られなかった。それに対し sHAp+$TiO_2$との混合物は紫色に変色していた。このことから sHAp+$TiO_2$は暗所でも光触媒活性が持続している可能性が示唆された。

以上のように、アパタイト粒子に酸化チタン粒子を担持した複合材料は 2.0μW/$cm^2$の紫外線下でも、通常の酸化チタンより高い Mb 分解能を示した。また、暗所中でも光触媒反応が持続する可能性があるため文化財保存材料としての応用を期待したい。

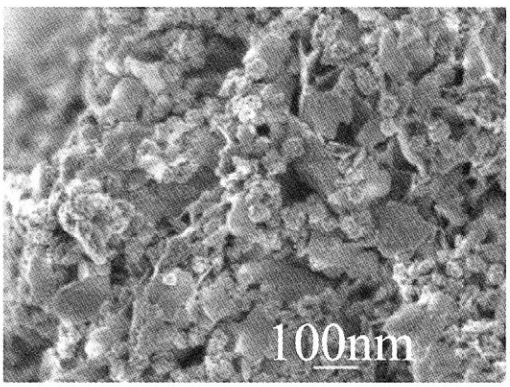



図1 sHAp+$TiO_2$の走査型電子顕微鏡画像

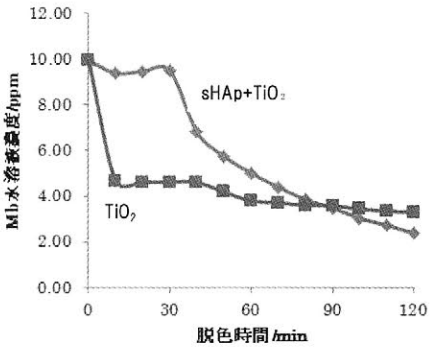



図2 Mb 水溶液の濃度変化（紫外線強度 3.60×$10^3$μW/$cm^2$）

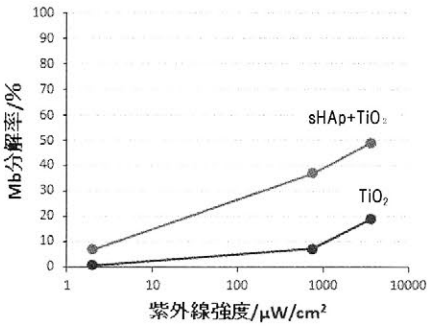



図3 各紫外線強度における Mb 水溶液濃度変化率

# アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(4)
## ～選定処理剤の現場施工について～
# Study on the Conservation Materials for Bas Relief of Bayon temple in Angkor Site (4)

○松井敏也(筑波大学)、沢田正昭(東北芸術工科大学)、井上才八(アイ・エヌ・テクニカルラボ)、海老沢孝雄(ざエトス)、河崎衣美(筑波大院)、跡見洋祐(奈良文化財研究所)
○Toshiya Matsui(University of Tsukuba), Masaaki Sawada(Tohoku Univ. of Art & Design), Saihachi Inoue(I.N Technical Lab.), Takao Ebisawa(The Ethos ), Emi Kawasaki(University of Tsukuba), Yosuke Atomi(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

## 1. はじめに

アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りに用いられている砂岩に適した保存修復材料を選定するために各種の保存修復材料を用いた試験を2007年より実施し、これまで強化ならびに透湿調整材料を塗布した試験に関する報告を行なってきた[1)2)3)4)]。これらの試験受けて2014年より浮彫回廊への部分施工を実施し、その評価を通して、実践へ向けての問題把握と課題解決を図った。本発表では施工後2年間の評価について報告する。

## 2. 試験処理剤と施工方法

バイヨン寺院回廊の悉皆調査からその劣化状態を目視により分類し、7箇所の施工候補を抽出し、試験施工を実施した。なお、主要な浮き彫りへの施工は行わず、その劣化状態、立地が似通った箇所において処理を実施した。

これまでの試験体での暴露試験結果を図1と図2に示す。これら吸水率、強度試験のほかにも表面状態、着生物試験などから強化剤としてBayon-Sを選定した。Bayon-Sはエチルシリケートを主成分とする樹脂で比重1.006、エトキシシランモノマーとポリマー比は25：75である。これは水分と反応して石材の空隙に非晶質珪酸を生成し、空隙を埋めることで石材を強化する。粒子間の接着性はないため、透水性、通気性を維持する。強化剤の塗布量は表1に示す通りである。このBayon-Sをすべての試験施工個所に塗布し硬化させた。また一部には吸水および透湿性のコントロール剤（透水・透湿調整剤）としてシラン系モノマー/オリゴマー混合剤（商品名：OBH、アイ・エヌ・テクニカルラボ）を塗布した。

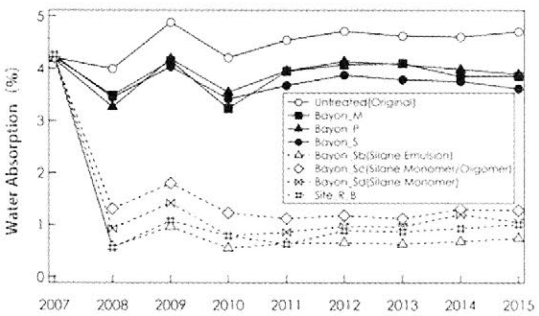



図1　暴露試験体の吸水率の経年変化

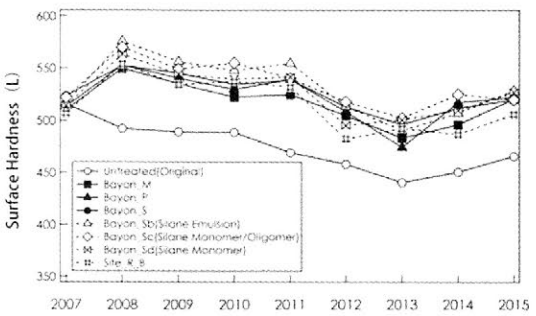



図2　暴露試験体の表面硬度の経過

表1　各施工試験場所における処理剤の塗布量

| 施工ポイント | O-11 | O-16 | O-18 | O-19 | C-1 | C-5 | C-10 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 塗布量(g/ m²) | 445 | 1160 | 1007 | 613 | 812 | 676 | 181 | 699 |

施工個所において剥離が生じている箇所（0-11）には擬岩による補強処理を行った。擬岩はSite FXに水を添加してホイップ状（乳化）にした後に砂岩粉末と混合して作成した。その混合比は1:3.45である。これまでの試験結果からは組成比1:4.0が良い評価を得ていたが、現場施工個所の劣化状態、施工部位、成形性などを鑑み、本施工比とした。擬岩は施工後に強化することを前提としている。施工した擬岩の基本特性は表2のとおりである。

表 2　擬岩の強化前後による見かけ密度と吸水率の変化（強化はBayon-Sで処置した）

| 見かけ密度 | | 吸水率(%) | |
|---|---|---|---|
| 強化前 | 強化後 | 強化前 | 強化後 |
| 1.707 | 1.637 | 10.17 | 2.59 |

## 3. 結果と考察

施工箇所は着生生物だけではなく塵埃、砂粒なども多いため、施工前のクリーニングを実施した。処理前の着生生物はタイ類、藻類、地衣類、その他の微生物であり、採取してDNA解析を行った。

クリーニングには水、塩化ベンザルコニウムなどを用いた。施工面の写真記録とDNA解析による経過観察を実施している。新たな着生生物は施工処置した個所では1年8ヶ月後も認められなかったが、クリーニングのみ行った箇所では8ヶ月後には新たな着生生物（黒色微生物、タイ類）が認められた。

施工面において様々な劣化状態（剥離部や健全部など）の表面硬度を処置前後で測定した（図3、4）。処置後、施工前から比較的硬かった個所は大きな変化がなかったが、劣化が顕著で表面硬度値（L値）が低かったところの硬度が回復した（図中の矢印が変化を示す）。処置後は施工個所の石材表面の硬度のばらつきは抑えられ、一様な強度を得た。

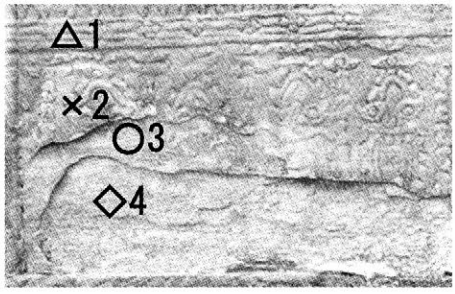



図３　施工個所 0-16（番号は劣化状態　1<<4）

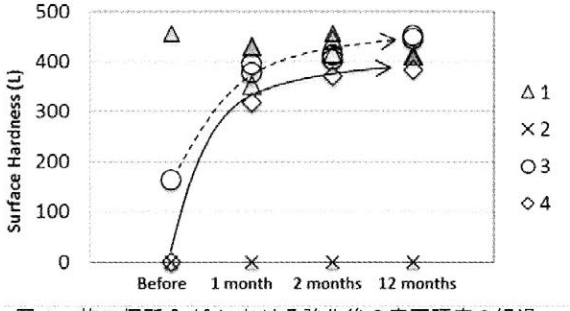



図４　施工個所 0-16 における強化後の表面硬度の経過

## 4. まとめ

バイヨン砂岩浮き彫りへの強化剤、透湿調整剤の塗布を行ない、表面硬度はおおむねL値で400まで強化することができ、経過も良好である。またクリーニング方法の選定や持続効果に関する情報も得られたことから、浮き彫りへの施工に関する基本データを得た。今後は更なるモニタリングを実施し、メンテナンスに関する知見を収集する。

本研究は科学研究費補助金（基盤A）「アンコール遺跡群における砂岩浮き彫りの包括的な保存修復に関する研究」（25257303）により行われたものである。

1) 発表者ら　“アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(1)”日本文化財科学会第29回大会発表要旨集　pp. 136-137(2012)
2) 発表者ら　“アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(2)”　日本文化財科学会第30回大会発表要旨集　pp. 102-103(2013)
3) Toshiya MATSUI ら、A Study on Conservative Material for the Bas-Reliefs of the Bayon Temple in Angkor Monuments, Proceedings of the Int. Conference on Conservation of Stone and Earthen Architectural Heritage, ICOMOS-ISCS, pp. 138-144, 2014
4) 発表者ら　“アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(3)”　日本文化財科学会第32回大会発表要旨集　pp. 98-99(2015)

# 土器復元のための合成樹脂の接着剤の温度による劣化研究
## - Cellulose nitrate 系 樹脂を中心に

# Study on degradation of synthetic resin by temperature for ceramic conservation, focused on the cellulose nitrate resin

○ 張誠允（韓国国立文化財研究所），南秉直（同左）、
○Jang Sungyoon, Nam Byeongjik (National Research Institute of Cultural Heritage, Korea)

1. はじめに

Cellulose nitrate 系接着剤は、1830 年代に開発され、商業的に使用されて、19 世紀後半から文化財保存処理の接着剤、強化剤、コーティング剤として使われてきた。韓国では土器と金属の接着剤として広く使われていることと共に Cyanoacrylate 系と Epoxy 系の接着剤と一緒に、現在まで幅広く使用されている。2012 年に国立文化財研究所では韓国の保存処理機関 52 か所を対象にして調査した結果、約 38%の機関で土器接着剤として使用していることが分かった。

Cellulose nitrate 系接着剤は、作業性に優れて可逆性があり、韓国と日本の保存科学者だけでなく、考古学者にも広く知られている材料である。しかし、1980 年代以降 Koob（1982）、Shashoua（1992）、Selwitz（1998）、Quye（2011）によって接着剤として不安定性が議論された事があって、加水分解、熱分解、光分解反応の可能性も知られている。実際に韓国では比較的に大型土器に使ったとき,重量を耐え切れず事、 あるいは、夏のコンテナー保管所の中の遺物の接合部が緩んで崩れるなどの損傷事例が報告されている。したがって、この研究では、土器の接着剤として Cellulose nitrate 系の接着強さ、引張強さ、色、化学的物性が長期間にわたってどのような劣化のパターンを見せてくれるのかを調査した。接着対象が土器であるため、室内の保管を想定して、温度による劣化の影響を調査した。

2. 調査方法

一応、Cellulose nitrate 系樹脂の温度による劣化の研究のために採取した試料の機械的強さ（引張剪断接着強さ、引張強さ）、光学特性（色度、光沢度）、水分透過度を測定した。 試料は、加速劣化を高めるために、それぞれ 40、50、60℃（RH50%）に設定した恒温恒湿機器の 3 カ所で 12624 時間劣化させ、 試料の採取サイクルは、JIS C5003 を参照して 0、240、504、 1008、2016、4320、8640、12624 時間にした。 引張強さは、フィルム型の試験片を作製し（KS M ISO527-3）、引張せん断接着強さ は、土器を被着材で製作して（KS M3734）万能材料試験機(UTM)で強さを測定した。色度と光沢度は、色差計で測定し、水分透過度は、ASTM F-1249 に準じて、水蒸気透過度測定装置で測定した。化学官能基の変化は FT-IR ATR で、分子量の測定はゲル透過クロマトグラフィー（gel permeation chromatography）で分析した。

3. 結果と考察

実験の結果、引張強さ(tensile strength)は40、50、60℃の区間では、初期値である46.801(N/㎟)をほぼ維持したが、8640～12624時間後は劣化が進行してに低下した(図1A)。しかし、60℃の試験片は、2016時間後には弾性を失い、表面も硬くなって、引張強さの分析の後には、試験片が粉々に砕ける現象が発生した。接着剤としての主要な特性として確認できる引張せん断接着強さ(tensile shear strength)は、時間の経過とともに急激に減少した。、特に60℃の試験片は、4320時間からほとんどの接着面が分離された。つまり接着面が高温で非常に脆弱であり、温度の増加によって、接着強さもさらに減少する傾向を示した(図 1B)。一方、光学的特性の場合、40、50℃で黄変がほとんど発生しておらず、60℃で1000時間後に黄変が急激に発生した( 図 1C )。しかし、光沢度は、温度と時間による変化が比較的に大変少ないことが分かった。また、フィルムの状態の接着剤試料は、水分透過度の初期値が147.2525(gm/㎡-day)でエポキシ系接着剤(9.4231gm/㎡-day)に比べてかなり高い方だったが時間と温度による変化の幅は大きくなかった。cellulose nitrate の接着剤の化学官能基は、8640時間から O-H、C= O、N-O スペクトル強度が増加して、初期分子量も8640時間から減少した。この結果は、高分子の化学的な分解が 8640 時間後には、徐々に進行することを意味し、化学的劣化による影響を受けることができる引張強さ、水分透過度などは 8640 時間後には低くなる傾向があると判断される。しかし、引張せん断接着強さは、化学的分解が始まる前の 1000～4000 時間の範囲で急激に低下したので、この現象は、温度以外に、接着剤そのものの高い収縮率で接着の時よりも硬化後に体積と面積がもっと少なくなったとみられるし、他の材料に比べて水分透過度が高いので、水分の影響を容易に受けたものとも考えられる。

この研究では、文化財保存処理に最も多く使用されて接着剤の一つである Cellulose nitrate 系接着剤の温度による機械的な強度及び化学的物性の変化を通じて接着剤の最も重要な要件の一つである安定性(stability)のことを調査した。これにより、化学的な劣化のみならず、環境要因が、実際の接着剤の強度と安定性に関与することができるので、接着剤の選択の主な基準になるべきものであると考えられる。

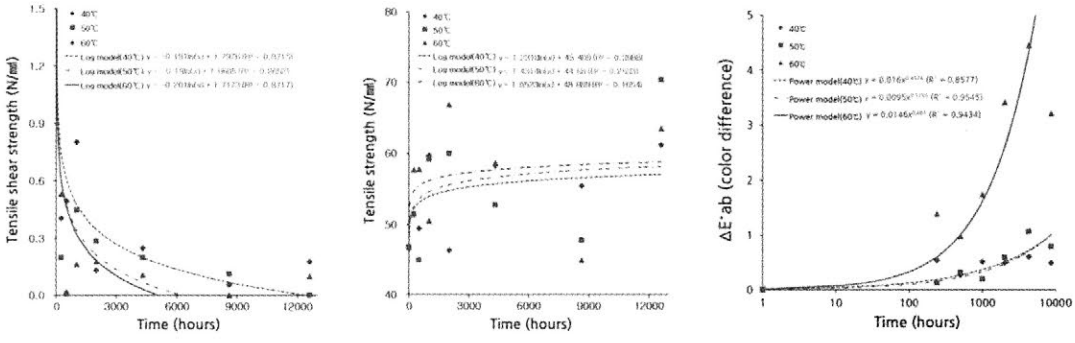



図 1. Cellulose nitrate 系接着剤の 引張せん断接着強さ(左)、引張強さ(中)、色度(右)の変化傾向

**文献**

Koob, S.P., 1982, The instability of cellulose nitrate adhesives, *The Conservator* **6**, 31-34.

Shashoua, Y. *et al.,* 1992, Degradation of cellulose nitrate adhesives, *Studies in Conservation* **37**, 113-119.

Selwitz, C., 1998, *Cellulose Nitrate in Conservation*, The Getty Conservation Institute, 15-32.

Quye, A. *et al.*, Accelerated ageing to study the degradation of cellulose nitrate museum artefacts, *Polymer Degradation and Stability* **96**, 1934-1939.

# 西都原古墳群出土甲冑に残された染織品の材料学的研究

# Identification of textile fibers remained on iron armors excavated from Saitobaru tomb groups in Miyazaki prefecture.

○奥山誠義（奈良県立橿原考古学研究所）、吉村和昭（同左）、東　憲章（宮崎県立西都原考古博物館）

○Masayoshi OKUYAMA, Kazuaki YOSHIMURA (Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture), Noriaki HIGASHI(Saitobaru Archaeological Museum of Miyazaki Prefecture)



## 1. はじめに

遺跡発掘に伴う出土品の中で、織物等繊維製品（以下、染織品）の出土例は多くはない。染織品は地下埋蔵環境中ではバクテリアによる腐朽等様々な作用により,多くのものが分解消失していると考えられる。出土品に残る染織品あるいはその痕跡は、当時の染織品の利用を記録する稀少な情報でもあり、時代や地域、供伴遺物との関わりから当時の社会や技術などを推し量ることが可能である。また、出土品の状態を知ることにより、的確な保存処理の検討が可能になる。

本研究では、宮崎県西都原古墳群4号地下式横穴墓より出土した3領の短甲に残された染織品の材料学的調査ならびに繊維の遺存状態など「今の姿を知る」ための調査をおこなったので、ここに報告するものである。

## 2. 資料と方法

本研究では、西都原4号地下式横穴墓出土短甲を研究の対象とし、Table 1に示す個体（遊離片を含む）と部位の調査を行った。調査は、主に観察と赤外分光分析（全反射赤外分光分析；ATR/FT-IR）であった。赤外分光分析における測定の条件はTable 2のとおりである。さらに、遊離片の一部を採取し、樹脂包埋した後、断面を切り出し、研磨し、薄片プレパラートを作製して生物顕微鏡による断面観察をおこなって繊維を同定した。

## 3. 結果

**(1) 表面観察**　1号短甲は広い範囲で染織品痕跡が認められ、そのほぼ全てが平織布の痕跡であった。平織を構成する糸は経糸、緯糸ともに撚りはなく、太さは約0.5㎜で、織り密度はおおよそ17本×17本（経×緯）であった。前胴内面胸部には、4層以上の平織布の重複が認められた。一部の平織を構成する糸は、経糸、緯糸ともに撚りはかからず、太さが0.4～0.6㎜で、織り密度はおよそ25本×20本（経×緯）であった。3号短甲は後胴の左半上部に染織品痕跡が認められ、それらはいずれも平織布であった。平織を構成する糸は経糸、緯糸ともに撚りはなく、太さはおよそ0.8㎜で、織り密度はおよそ13本×14本（経×緯）であった。また、3号短甲の破片の外面においては、組紐状の痕跡と平織り布の痕跡、皮革様の痕跡が認められた。

**(2) 赤外分光分析**　1号短甲平織片および3号短甲平織片、3号短甲皮革様破片の測定をおこなった(Fig.1)。3試料いずれもほぼ同様なスペクトルを示した。検出ピークは、タンパク質に見られるピーク（1449 $cm^{-1}$、1385 $cm^{-1}$、1234 $cm^{-1}$）が検出された[1]。一方、880 $cm^{-1}$、791 $cm^{-1}$、661 $cm^{-1}$、456 $cm^{-1}$のピークは、α-オキシ水酸化鉄に帰属されるピーク[2]であることから3点の試料いずれも鉄サビ化が進行していることを示唆している。

**(3) 繊維の断面観察**　1号短甲平織片および3号短甲平織片の一部を用いて断面観察試料を作製し観察した(Fig.2)。1号短甲平織片および3号短甲平織片はいずれも、500μm（0.5㎜）幅の糸で織られていることが確認でき、その糸は不等辺三角形の断面を持つ多数の単繊維から構成されていたことから絹糸であると考えられる。さらにこの単繊維は不等辺三角形が不規則に配列していることから、精練された絹糸であることが明らかになった。

## 4. まとめ

本研究において、1号短甲および3号短甲の有機質痕跡のうち平織の布を構成する繊維が、精練絹糸であることを明らかにした。一方、赤外分光分析では、いずれの試料もタンパク質を示す僅かなピークとともにα-オキシ水酸化鉄に帰属されるピークが検出された。この結果から、本

試料は鉄サビ化が進行した状態であったことが明らかになった。絹糸などの有機質が、地下式横穴墓の内部でどのように鉄サビに置き換わっていくのか、そのメカニズムは明らかになっていない。本研究の成果は、この変質過程を検討するための手がかりになるものと考えられる。

今後も類似例を調査し、有機質文化財の変質メカニズム解明へつながることを期待したい。

**謝 辞**

本研究を遂行するにあたり、宮崎県立西都原考古博物館に多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。本研究はJSPS科研費26284128の助成を受けたものです。

**参考文献**

1) 佐藤 公隆, 柳沢 義昭, BUNSEKI KAGAKU, 20*(6)*, 677, (1971)
2) 赤田昌倫、佐藤昌憲、奥山誠義、今津節生: Journal of Textile Engineering, 55*(5)*, 155, (2009)

Table 1 資料及び調査の内容

| 資 料 | 調査箇所 | 調査内容 | 備 考 |
|---|---|---|---|
| 1号短甲 | 本体および破片 | 観察および材料調査 | 破片資料より遊離片(2) |
| 2号短甲 | 破片 | 観察 | |
| 3号短甲 | 本体および破片 | 観察及び材料調査 | 破片資料より遊離片(1) |

Table 2 FT-IR測定条件

| 分析法 | 波長領域($cm^{-1}$) | 分解能($cm^{-1}$) | 積算回数 (回) | 装 置 |
|---|---|---|---|---|
| ATR | 4000-380 | 4 | 32 | PerkinElmer Spectrum100・Universal ATR |

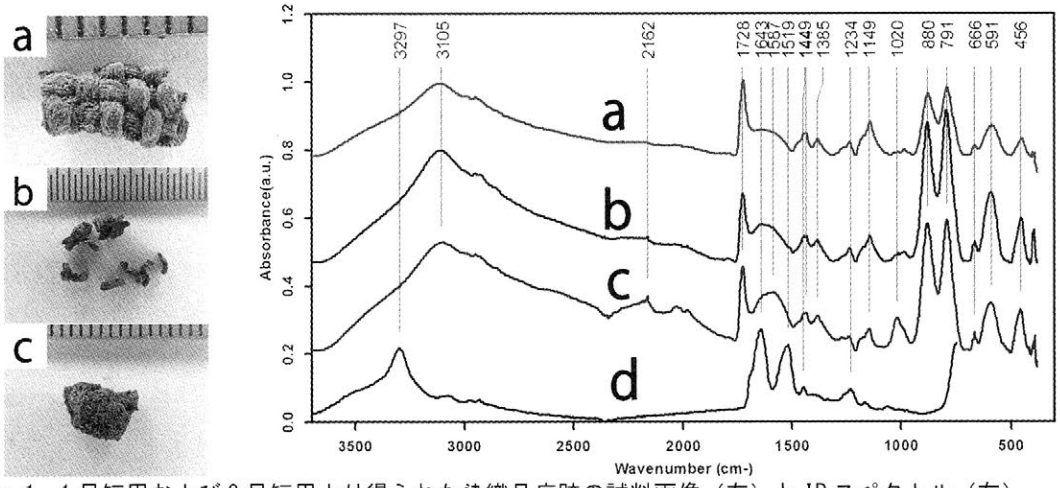



Fig.1 1号短甲および3号短甲より得られた染織品痕跡の試料画像（左）とIRスペクトル（右）
(a) 1号短甲平織片、(b) 3号短甲平織片、(c) 3号短甲皮革様片、(d)精練絹糸。試料画像中の目盛り間隔は0.5 mm

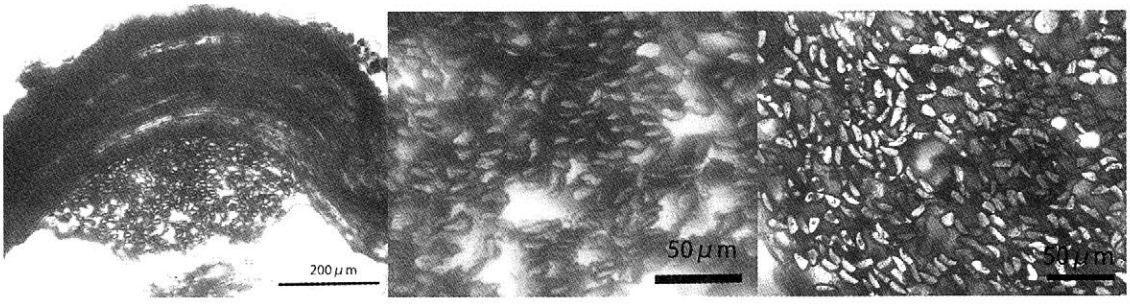



Fig.2 1号短甲平織片繊維の断面（左・中央）と3号短甲平織片繊維の断面(右)

# エックス線を用いた古墳出土象嵌刀装具の技法調査

## Scientific Study on a set of Pommel and Guard Excavated from an Old Tomb in Japan

○杉崎佐保惠(福島県立博物館)、高橋満(同左)、松田隆嗣(同左)
○Sahoe SUGIZAKI, Mitsuru TAKAHASHI, Takatsugu MATSUDA (Fukushima Museum)



### 1. はじめに

福島県立博物館は、所蔵している来歴の不明な出土象嵌刀装具一式について、2011 年から調査を継続している。この調査によって本資料の来歴と製作技法に関する知見を得たので報告する。製作技法に関して、円頭柄頭に中空螺旋構造の銀細線を象嵌した精緻な変形亀甲繋文を認めた。

### 2. 象嵌円頭大刀の確認

福島県中通り北部の福島盆地の東縁丘陵地は古墳時代終末期の群集墳が数多く展開するエリアである。この一つに高森古墳群(福島市山口字高森)があり、1982 年の分布調査で 6 基の円墳が確認されている。1964 年発行の福島市史では、図 1 に示す「高森古墳(梅本古墳)」出土大刀の実測図[5]が掲載され、関が両関の全長約 92 cm 刀身に鏑・八窓鍔と帯手孔付足金具が伴っている。遺跡名に混乱があるものの、同頁に円頭柄頭と鍔の写真も掲載され、個別資料の解説に銀象嵌があり文様は不明との記述がある。刀装の特徴から 6 世紀末から 7 世紀初頭の所産と考えられる。

長らくこの資料の所在や来歴も不明であったが、現在は円頭柄頭と八窓鍔及び象嵌を有する柄金具と思われる小破片を福島県立博物館で所蔵している。2011 年に震災による文化財レスキューを契機に寄贈を受けた個人考古コレクションには当人の踏査や収集の詳細な記録が伴っている。その中に「梅元」の古刀を実見した図入りの記事を発見し、本資料が明らかに高森古墳群に由来するもので、昭和初期に発見されたことが確実となった。現状で古墳を特定できないため、本資料を梅本古墳出土品と呼んでいる。

象嵌文様を明らかにするため、柄頭のエックス線透過写真を撮影した結果、図 2 に示す変形亀甲繋文を認めた。渦巻文の中心や小円文の径が極小であること、区画描線や充填旋毛文にブレがなく、間隔が整っているなどの特徴から精緻な鏨運行を可能にする高い技術をもった工人の手による製品であることは疑いない。さらに詳細に透過写真を検討すると、図3に示すように象嵌線を一定の間隔で一方に斜めに横断する影が多くの箇所で観察できた。このような痕跡は、象嵌線がテープ状の銀線(箔)を螺旋状に巻いた構造を持つことによるものではないかと

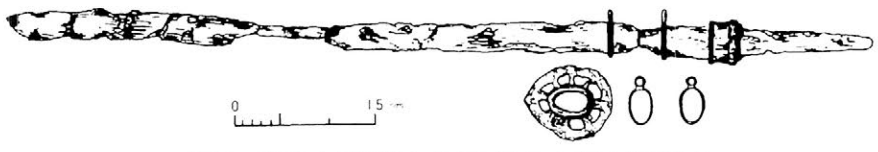


図 1 高森古墳(梅本古墳)出土大刀の実測図



図 2 変形亀甲繋文

仮説するに至り、この点を含め、本製品の製作技術や構造を把握するために、エックス線による多様な分析手法を試みることを着想した。

### 3. エックス線を用いた調査

象嵌線を螺旋状に横断する断面は、透過写真では象嵌線の長さ方向に三角波形の影に写ると仮説するが、図3では、象嵌線の長さ方向に左上に斜めに横断する影のみが観察された。柄頭から錆瘤に覆われたまま剥落した破片群を観察すると、象嵌線が地金の線彫りに嵌入していた山型の面が複数見つかり、この嵌入面を1.5 mm程度の間隔で右上に斜めに横断する切り口を認めた。偶然に単体で剥落した象嵌線の文様面には横断面を認めなかった。マイクロフォーカスエックス線断層写真を5 μm間隔で多数撮影すると、図4に示すとおり象嵌線の断面は三角形の中空構造で、V字型の嵌入面の範囲にのみ影を認めた。小破片の断面を作成して電子像を撮影すると、図5に示すとおり象嵌線の断面は中空の三角形であり、嵌入面の1箇所に隙間を認めた。これらの観察から、象嵌線は中空螺旋構造で、嵌入面に螺旋状の横断面が残ったと考察する。象嵌線の文様面の線幅は約0.30 mmであった。

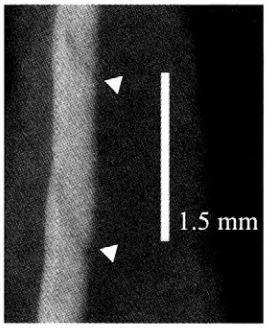
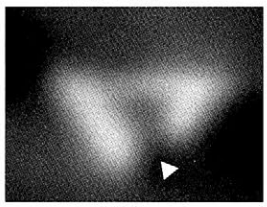


図3 象嵌線を横断する影(▽)


図4 象嵌線の嵌入面の影(▽)

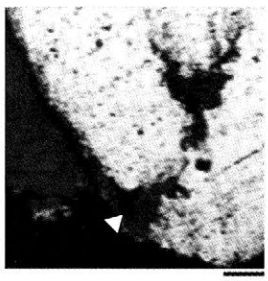


図5 象嵌線の断面(嵌入面の隙間: ▽)

象嵌線断面の波長分散型エックス線分析(EPMA-1610 型装置)によって、地金から鉄、象嵌線から銀と銀鉱石由来と考えられる微量の銅を検出した。

これらの結果から製作技法を考察する。螺旋状の横断面は地金の線彫りへの嵌入面でのみ観察されたことから、象嵌線を嵌入した後の研磨の工程で横断面は文様面から失われた。このことから、螺旋構造は製品の意匠というよりは、高度な製作を目的とする技術的な工夫であった。銀材料の純度が高いために加工性に優れ、おおよそ幅1 mm、厚み0.060 mm(60 μm)のテープ状の銀線は反時計回りに一定の間隔で巻かれ、中空螺旋構造(Z字)に細工された。この構造は立体的に螺旋状に横断する断面の働きによって柔軟性に富み、精緻な線彫りに嵌入しても、曲線の内側などで銀細線の輪郭に歪みが生じにくく、優美な曲線に象嵌された。整った象嵌の製作には、一定の幅に銀細線を細工する技術も要件であると考え、柔軟で細い糸状の素材を芯にして銀線を螺旋状に巻いたのではないかと仮説している。

### 4. 結論

調査対象は、昭和初期に福島市高森古墳群から発見された象嵌円頭大刀に由来する。本資料を梅本古墳出土鉄地銀象嵌刀装具として整理した。柄頭の変形亀甲繋文は、精緻な鏨運行の高い技術に加え、中空螺旋銀細線の機能的な柔軟性を利用した均一な嵌入技術によって象嵌された。

### 5. 参考文献

福島市市史編纂委員会編: 福島市史第6巻 原始・古代・中世資料(資料編1), 図録163(1964)

本研究の遂行にあたり、多くの方々からご指導、ご協力を賜りました。東北大学総合学術博物館、奈良文化財研究所保存修復科学研究室、福島県ハイテクプラザに深く感謝を申し上げます。

# 古代日韓における出土象嵌遺物の製作技法

# The technique of metal inlay in ancient Korea and Japan

○林志暎（韓国釜山大学校）
○Ji-young LIM (Pusan National University)

2日目
6月5日
A会場
B会場

## 1. はじめに

金属象嵌は、金属の地金に鏨で溝を彫り、金・銀などの金属象嵌線を嵌める技術である。古代日本と韓国では4世紀代からみられ、主に大刀に施されるが、製作の最終工程である研磨と後に生ずる鉄サビにより、その製作技法の特徴把握は困難を極める。

発表者は、象嵌遺物の観察とともに、マイクロスコープやＸ線透過装置といった機器を利用することにより、金属線の製作、溝の彫刻といった象嵌遺物の技術的特徴把握をおこない、製作実験との対比を通して、象嵌技法の復元を試みた。この結果、古代日韓金属象嵌技法において、象嵌溝には蹴り彫りと毛彫り技法の二者があることを再確認し、一方、これまで指摘の少なかった象嵌線の製作技法については、鍛造のほか、巻きや捩じり、さらに折り技法といった多様な技法が存在することを明らかにした。

本発表は、日韓における古墳時代の出土象嵌遺物の製作技法にもとづき、その技法的差異と類似点とを比較することによって、古代日韓における金属象嵌の製作工房や系譜を探ろうとするものである。

## 2. 象嵌遺物の表面から観察できる製作痕

古墳から出土する金属象嵌の製作は、装飾を施す対象の遺物と図案に合わせ、地金を彫る鏨の製作と溝を嵌める金属線の製作から始まる。鏨の形態や彫り方といった行為は、象嵌溝や溝から剝がれた象嵌線の形状に反映され、また、象嵌線にはその製作技法の痕跡が残される。

(1)象嵌溝からなる製作痕(図１)

これまでの先行研究により、象嵌溝はＶ字、またはＵ字形の断面を持つ毛彫り溝とされていたが、近年では、韓国の象嵌資料から蹴り彫り象嵌溝の事例も増えつつある。象嵌溝の製作技法に伴う特徴は、蹴り彫りは鏨の痕が反復的に重なっており、一方、毛彫りは地金を切り取るため、鏨の移動跡が細長い放物線状に現れる。また、図１の韓国国立中央博物館所蔵の伝黄海道平山壺鐙や慶州鶏林路14号出土鞍橋のように、象嵌線の外れによって溝の底が観察できる場合は、彫り技法の 観察に最適な状況と言える。但し、象嵌製作時の研磨や保存処理時のサビ取りにより、特徴が見出しにくい場合もあり、Ｘ線フィルム観察で各技法の区別も可能である。

(2)象嵌線からなる製作痕

象嵌線、または細線細工の金属線の製作技法は、長らく主要な研究対象として取り扱われず、鍛造か引抜板によると推定されてきた。筆者は2000年から３回にわたり本大会にて、象嵌遺物に観察できる製作痕から、薄く細い板を用いる巻き、捩り、折り技法を想定し、製作復元やＸ線フィルムの比較によって上記技法の存在を証明、なお、ユーラシア大陸に渡り、細線細工の金線や歩揺連

結線でも共通する製作技法のあることを発表してきた。

図２は巻きや捩り線の特徴がＸ線フィルム上でも確認できることを表している。

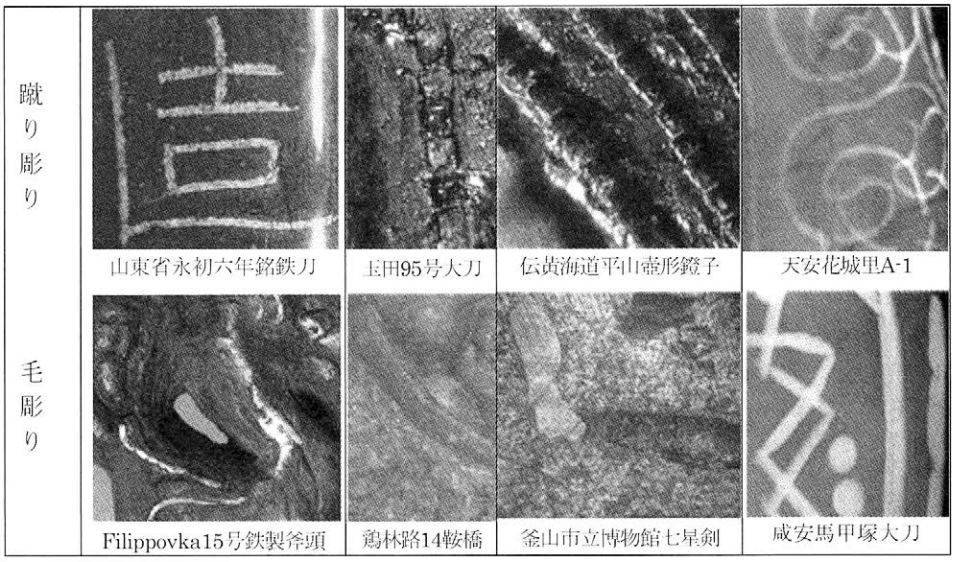



図１．蹴り彫りと毛彫り技法による象嵌溝からみる製作痕

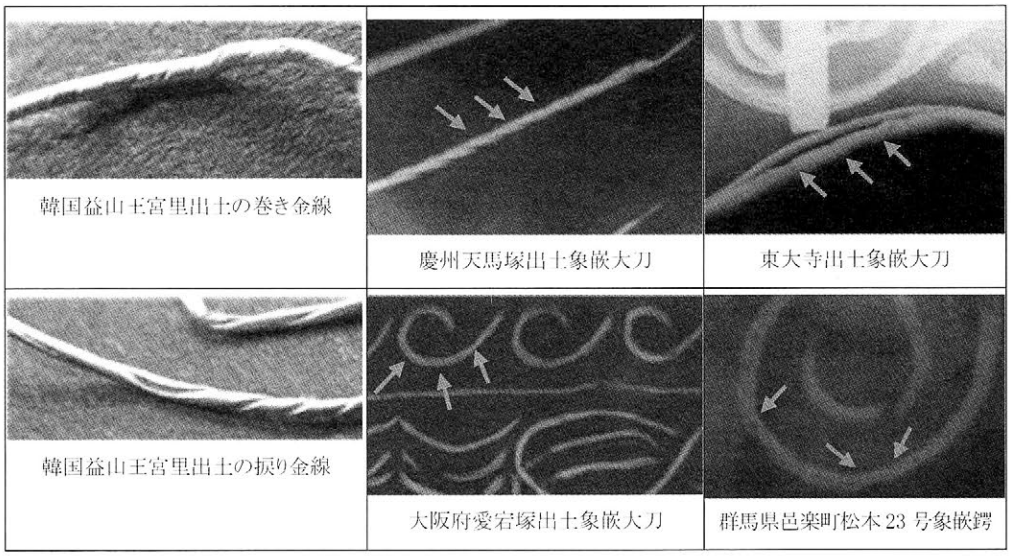



図２．巻き金線と捩り金線による象嵌遺物のＸ線フィルムにみる特徴

### 3. 考察

古代日韓金属象嵌技法において、象嵌溝には、蹴り彫りと毛彫り技法があることを再確認し、一方、象嵌線の製作技法に、鍛造のほか、巻きや捩じり、折り技法といった多様な技法が存在することをはじめて明らかにした。

金属象嵌各技法の使用事例には、年代および地域差が認められる。そこで筆者は、象嵌溝と象嵌線の製作技法にもとづき、その源流をユーラシア大陸に求め、さらに、歩揺の起源ともかかわる細線細工技法の伝播ルートを参照しつつ、後漢代まで遡る中国象嵌銘文大刀などに基礎をおいて、古代日韓の象嵌技法へと至る系譜が、毛彫り技法の溝、巻きや捩り技法の線を特徴とする「北方ルート」と、蹴り彫り技法の溝を特徴とする「中国ルート」の２つに分けられるとの仮説を提示した。

# 東大寺金堂出土金鈿荘大刀の復元製作による製作技術の解明

The elucidation of production technology by replica production of decorative sword excavated from the Hall of the Great Buddha of Todaiji Temple

○塚本敏夫・初村武寛・岡田一郎
○ToshioTsukamoto, Takehiro Hatsumura, Ichiro Okada

（公財）元興寺文化財研究所　Gangoji Institute for Research of Cultural Property



## 1. はじめに

国宝「東大寺金堂鎮壇具」は発見以来、正倉院宝物とならんで奈良時代の工芸技術の高さを直接伝える超一級の資料として注目を集めてきた。

平成 22 年の東大寺ミュージアム開館にあわせて、保存修理が（公財）元興寺文化財研究所で行われた。その過程で、金銀荘大刀２振より「陰劔」「陽劔」の象嵌銘が発見され、大きな話題となった。

保存修理完了後に、七宝をおもわせる玉（瑪瑙・水晶）金・銀・銅・ガラスによる外装が絢爛豪華で、最も優れた大刀の一つと評価されてきた金鈿荘大刀（1，2 号）について、修理で知り得た情報を基に、復元品の製作を東大寺の委託事業として行った。

本報告では、金鈿荘大刀（1，2 号）の保存修理と復元品製作の概要を報告し、その過程で判明した金鈿荘大刀の製作技術について、知り得た若干の知見について紹介する。

## 2　金鈿荘大刀（1,2 号）出土の経緯との修復履歴

**2.1　金鈿荘大刀（1,2 号）出土の経緯**：「東大寺金堂鎮壇具」は明治 40 年の東大寺大仏殿修理工事中に、大仏の①正面蓮座下②右膝座下③背面中央蓮座下の３カ所から発見された。金鈿荘大刀（1,2 号）は正面蓮座下から銀製鍍金蝉形鏁子、宝相華透彫座金、漆皮箱残片、挂甲残闕と共に出土した。

**2.2 金鈿荘大刀の修理履歴**：金鈿荘大刀（1，2 号）の修理は昭和 39・40 年に実施されている。記録写真によると、金鈿荘大刀２号はこの修理の際に、鞘口金具と鎺及び、刀身の一部が取り出されて別置保管とし、本体は合成樹脂で復元された。しかし、修理前の写真を見ると、すでに修理が行われていたことがわかる。また、『日本国宝全集第 44 輯』（昭和６年）には、新補後の瑞花六花鏡や銀製鍍金蝉形鏁子の写真が掲載されており、金鈿荘大刀（1，2 号）もこの最初の修理の際に修復されたことがうかがわれる。

## 3. 金鈿荘大刀（1,2 号）保存修理の概要

**3.1　理化学的分析調査**：保存修理前調査として、肉眼やマイクロスコープによる表面観察とＸ線ラジオグラフィによる内部観察を行い、非破壊分析の蛍光Ｘ線分析（XRF）にて材質同定を行った。

また、既使用の補填材及び白色付着物、黒色塗膜や繊維状有機質（痕跡）の情報を得るため、全反射型フーリエ変換赤外分光（FT-IR）や塗膜断面観察と熱分解ガスクロマトグラフ質量分析（py-GCMS）の破壊分析も一部で行った。得られた分析結果から①修理仕様の決定、②遺物の材質・構造の同定、③補填材の材質同定、④白色付着物の原因について検討した。

**3.2　保存修理内容**：保存修理は汚れや気化性防錆材による生成物（硝酸、亜硝酸塩の化合物）のクリーニングと脆弱な部分の強化が目的で、大きな現状変更となる修理は最小限に留めた。しかし、大刀類は原則現状維持の方針であったが、金鈿荘大刀２号について接合関係の再検討により、解体修理を行い、接合関係を確認して、破片を再接合した。また、安全性を考慮した展示・活用が可能な支持台と桐製保管箱を製作した。修理後、修理履歴の記録保存として修理報告書を刊行した。

## 4. 金鈿荘大刀の復元製作

### 4.1　復元製作のコンセプトと製作チームの構成

**復元製作のコンセプト**：金鈿荘大刀（1，2 号）は、調査の結果、ほぼ同一規格品である。したがって、復元に際しては、残りの良い部分を総合して１振りを製作した。

そのコンセプトとして、修理前の分析・調査を基に、できる限り同じ材料で、古代の製作技法に近いかたちで復元製作を行った。但し、刀身は展示用復元品であるためステンレス製とした。金製金具

は純金だが、復元製作では、予算の関係で平脱(平文)の裁文と押縫以外は金銅製で製作した。それ以外は、原物と可能な限り同じ材料を使用した。

**復元製作チームの構成**：復元製作は調査・分析・図面製作・発注・施工管理を(公財)元興寺文化財研究所が行い、復元製作は金工、鍛金、組上げを中村栄順氏、彫金を小林正夫氏、漆工を黒飛亘氏、木工を森地正和氏が担当し、ガラス玉は佐竹ガラスが製作した。

### 4.2『発掘古刀実測図』による金鈿荘大刀（1，2号）の裁文の再復元

金鈿荘大刀（1，2号）の裁文の復元は、保存修理の段階では、現状での大刀外装に残っている裁文を1次資料として、その復元を試みた。修理終了後、新たに出土時に書かれた、精巧な『発掘古刀実測図』が東大寺で確認された。そこで、『発掘古刀実測図』を1次資料、原品を2次資料として、新たに復元を試みた。その結果、文様は精巧で美しい葡萄唐草文であることが判明した。

### 4.3 金鈿荘大刀の復元製作

製作には分析・製作図面作成に1年半、製作に2年。完成品重量は刀身899.9g、鞘305.2gである

**刀身**：寸法は刀身長79.9cm、刃部長65.4cm、刃部幅2.8cm、刃部厚0.7cm 。構造は鎬造で直角の両関で、切先はカマス。材質は鉄分析を行っていたいため、ステンレス材を用いて、形のみ復元した。

**柄頭**：柄頭は白瑪瑙製の本体に、純金の唐草文透彫り金具、筒金具は金銅製で作製した。

**柄**：正倉院大刀の類例から柄木は椋を使用し、二枚合せで製作した。鮫（エイ）皮を上下2分割して被せ、柄間両端に純金の責金具、表裏中央に純金の押縫を金銅製で製作した。柄間には目釘としての機能を併せ持つ、鉛ガラス装飾付俵鋲3個用いて固定した。金製の変形喰出鍔は金銅製で、鋲は銀製で製作した。押縫が両面にある理由は、柄頭が脱着可能なように固定用目釘を隠すためと判明した。

**鞘**：柄木は正倉院の大刀の類例から椋を使用し、半切で別々に加工し、膠で接着した。鞘口は銀製の鞘口金具を挿入し、銅製の筒金具（鞘口と鞘尻）を鞘木上からはめ込み、鞘間に足金物と刃側に細い銅板を当て糊漆で固定した。その上に、鹿革（0.5㎜）を巻き、黒漆で下地仕上げを行った。

**平脱(平文)**：裁文は金製板を葡萄唐草文に透彫りし、鞘背側から筒状に巻き付け、刃側に当てられた細い金製の押縫と共に糊漆で接着し、何層も黒漆を塗り平滑に研出した。彫金を施し、完成させた。

**鞘尻金具**：純金の唐草文透彫り金具は金銅製で製作した。鞘に被せた後、かしめて留めた。

**帯執金具**：特異な帯執は平面形が双方中円形で、断面形が凸字形で、両側に長方形の足を持つ銀製の足金具で、半球形の水晶を固定する4 爪を持った銀鍍金製の台座をロウ付けした。純金の花形透彫飾金具は金銅製で製作し、金銅鋲4 個で鞘に固定した。観察では穴周囲に帯の痕跡が残り、金糸残片やガラス小玉がみられ、金糸を織込んだ組紐であることが確認できる。組紐は古代紫で推定復元した。

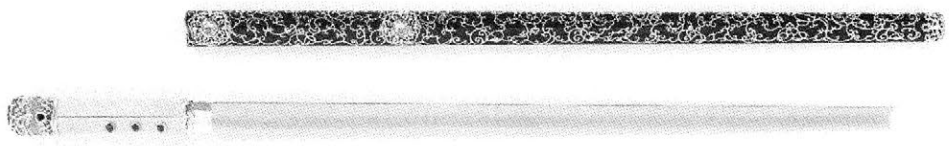


Fig. 1　金鈿荘大刀復元品

## 5. おわりに

今回、保存修理の際の詳細な観察・分析と『発掘古刀実測図』の確認により、いままで断片的にしかわからなかった金鈿荘大刀（1，2号）の復元がある程度の精度で行えた。復元製作を通じて、この金鈿荘大刀の絢爛豪華さや、他に類を見ない技術の高さとともに、金具での材質の使い分けや分解できる構造から、実用性のあることも判明した。また、改めて記録保存の大切さを知ることとなった。

大刀の系譜については、純金の金具、特異な帯執の装飾や構造から中央ユーラシアから中国を起源とみるのが妥当であろう。舶載品か、国産品についての判断は難しいが、特異な帯執の固定方法が環付足金物の固定方法と類似し、装着位置も一緒である点や、金製押縫が他の刀剣と共通の部品として使用されている事実から国産品の可能性も考えられる。

年代については、裁文の葡萄唐草文の類例から7世紀末から8世紀初頭頃を年代の上限と位置付けられる。舶載、国産は別にしても、平脱(平文)技法導入期の絶品であることは疑いない品である。

**参考文献**　（公財）元興寺文化財研究所編 2015『国宝　東大寺金堂鎮壇具　保存修理調査報告書』東大寺

# X線CT調査による古墳時代甲冑の分析
# X-ray CT Analysis of Kofun-Period Armor

○橋本達也（鹿児島大学総合研究博物館）、今津節生（奈良大学）、
河野一隆（九州国立博物館）、赤田昌倫（同左）、岸本圭（同左）、小嶋篤（同左）
○ Tatsuya HASHIMOTO(Kagoshima University), Setsuo IMAZU(Nara University),
Kazutaka KAWANO, Masanori AKADA, Kei KISHIMOTO, Atsushi KOJIMA(Kyushu National Museum)



## 1. 研究の経緯

鉄製甲冑は古墳時代の主要副葬品であり、とくに古墳時代中期にはヤマト政権が生産－配付を通して政治関係を表すことに用いた重要器物である。この鉄製甲冑は実際に人体に着用できるように作られるため、古墳時代の器物の中でもとくに複雑な形態・構造・技術をもっている。

従来、その分析・研究には考古学で一般的な二次元線画の実測図がその基礎資料として扱われてきた。しかし、実測図は作図の労力が大きい上に、作図者の力量に大きく左右され、多面的な構造をもつ甲冑の情報としては不十分であるものや均質でないものがみられる。また、鉄製品研究に必須のX線画像の撮影においても、甲冑の場合、従来は前後で重複部位が出るため正投影画像が得られず、また大きいサイズの画像を得ることも難しかった。これらを克服する上で三次元のX線情報・表面情報が得られるX線CTスキャナの活用はきわめて有効である。

## 2. 調査研究方法

**対象資料**　主に古墳時代の鋲留甲冑を中心とし、あわせて小札甲も対象としている。現状では九州地域の出土品と大阪府黒姫山古墳出土品の検討を進めている。

鋲留甲冑は鉄板を鋲で結合しているため壊れにくく、本来の形状を留めるものが多く三次元的研究の有効性が高い。対して革綴甲冑のほとんどは鉄板が外れて修理によって形が作られており、その有効性は高くない。また九州地域は古墳時代中期に他地域よりも早く横穴系墓制が導入されているため、土に埋められず、遺存状態の良好な事例が多い。近畿地域では粘土槨・木棺直葬が主体で土中からの出土が多く、状態の不良なものが多いが、黒姫山古墳例は石室出土品のため状態が比較的良好であること、また大量が一括に出土した資料であり、政権中枢の実態を代表するとみなされることなどの有効性がある。

**分析**　九州国立博物館へ搬送された資料のX線CT撮影を実施している。その上でボリュームグラフィック社VG-StudioMAXを用いて鹿児島大学総合研究博物館でデータ解析を行っている。データからは比較研究に有効な二次元画像を製作し、集成・編集作業を行っている。

## 3. 現状の成果

**有効性**　全体から細部まで数値情報をもったX線画像を得ることができ、湾曲をもった複雑な形態・構造・技術をもつ資料も画像製作のフォーマットを整備すれば総合的な比較検討が可

能となる。画像の蓄積によって、これまでの研究者個人の観察による経験主義的な分析となっていた状況が改善可能であろう。

**課題**　ただし、X線CT自体の構造的な要因から必ずしも精細かつ均質な画像が得られない場合がある。古墳時代甲冑は安全性を考慮して、基本的に梱包状態で撮影しているため、現物を確認しながら資料形状を踏まえて最良の向きで設置することが難しい。撮影中の回転によってズレ・ブレが生じる場合があり、また鉄製品は材質的にビームハードニングによって濃度差が生じやすく、設置方向によってアーチファクト（虚像）が強く出現してしまう。また粒状性・散乱線といったノイズも数多く確認されている。

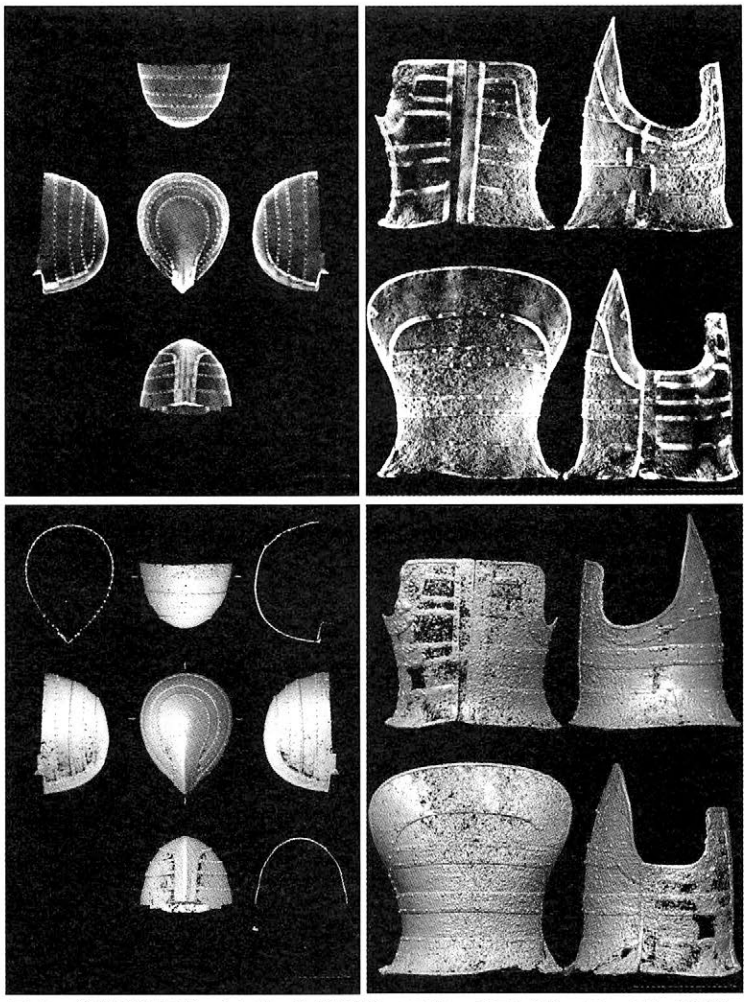


図1　X線CT画像（上段：X線画像　下段：表面（サーフェス）画像）
左：衝角付冑：島内21号地下式横穴墓
右：短甲：島内62号地下式横穴墓

とくに湾曲部分へのX線のあたり方などの条件により、必ずしも均質な画像が得られておらず、撮影方法・設置方法などの試行が必要である。

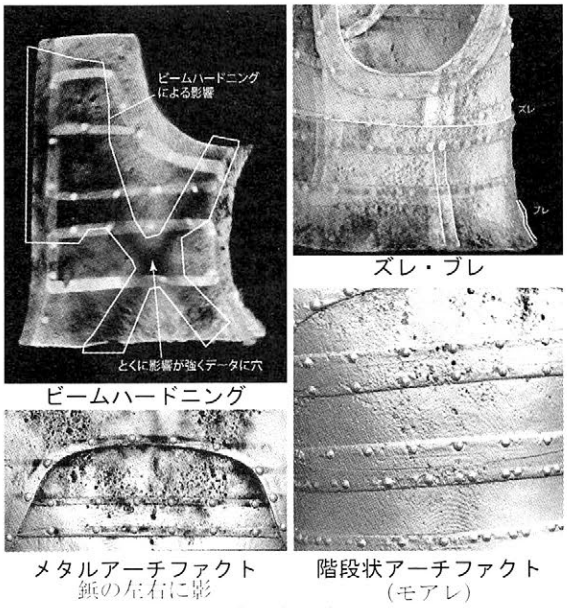



図2　X線CTに現れる諸現象の例

## 4. 今後の方向性

本研究では、X線CTによって得られた画像をもとに、複数の甲冑研究者の討議を経て、甲冑の形態・構造・技術に関する新しい研究法の構築を目指している。

また、画像・動画による観察の困難な資料方向や部位の展示、３Dプリンタによる復元的検討・展示など、博物館展示等における視覚的情報の活用も視野に入れている。

2日目
6月5日
A会場
B会場

# 航空レーザ計測による大型古墳の形状把握

# Documentation and Mapping of Gigantic Mounded Tombs Using Airborne Laser Scanner

○吉川由里子（アジア航測株式会社）、右島和夫（群馬県立歴史博物館）、深澤敦仁（同左）
押野博仁（アジア航測株式会社）、藤井紀綱（同左）
○Yuriko YOSHIKAWA(Asia Air Survey Co.,LTD),
Kazuo MIGISHIMA, Atsuhito FUKASAWA(Gunma Prefectural Museum of History),
Hirohito OSHINO, Noritsuna FUJII(Asia Air Survey Co.,LTD)

## 1. はじめに

群馬県にはかつて 10,000 基を超える古墳が存在していた。その中の重要な古墳については測量成果が作成されている。しかし、既存の測量成果は作成から 20 年以上の年月が過ぎているものもあり、その間に造成や土地整備により形状が変わったものや失われたものも存在する。そこで、現状の古墳の詳細地形を把握するために、地表面の標高を高密度に取得することができる航空レーザ計測により古墳を計測した。古墳に適した航空レーザ計測手法とその結果について報告する。

## 2. 航空レーザ計測

### 2-1. コース設定

航空レーザ計測は、航空機からレーザ光を照射し、その反射光から地盤の高さを算出する。そのため、上空から地盤が見えなくても、樹木の葉と葉の間をレーザ光が通り抜けることで樹木下の地盤高を計測することができる。古墳は全体が樹木に覆われているため、レーザ光が地盤に到達する確率を上げるためには、複数の方向からレーザ光を照射する必要がある。そこで、古墳上空を井桁状に計測するコースを設定した（図2）。




図1　オルソ画像

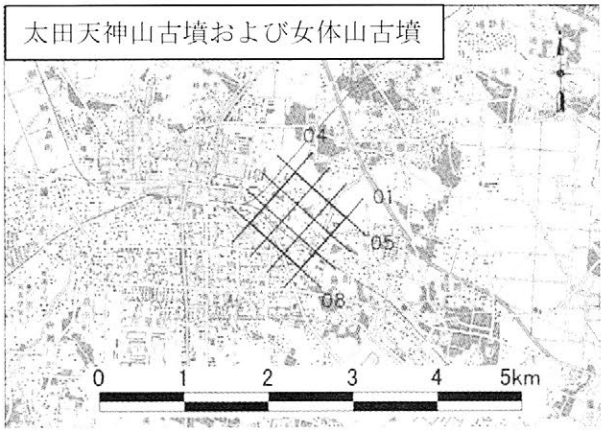



図 2　計測コース図

表 1　計測諸元

| 項目 | 諸元 |
|---|---|
| 使用機体 | 回転翼機 |
| 飛行高度 | 等対地高度 |
| 対地高度 | 500m |
| 飛行速度 | 72km/h |
| レーザー発射頻度 | 180kHz |
| レーザースキャン角 | ±30° |
| レーザースキャン頻度 | 63Hz |
| サイドラップ率 | 最大 60% |
| 計測密度 | 1.0m×1.0m メッシュに 30 点以上 |
| デジタルカメラ<br>地上解像度 | 最大 8cm |

## 2-2. 赤色立体地図作成

計測対象の 6 古墳（太田天神山古墳、女体山古墳、前橋八幡山古墳、浅間山古墳、七輿山古墳、笹森稲荷古墳）について、平成 27 年 1 月 23 日に航空レーザ計測を実施した。計測データから地盤データを抽出し、地盤の詳細な形状を視覚的にとらえることができる赤色立体地図（特許 3670274 号）を作成した（図 3）。

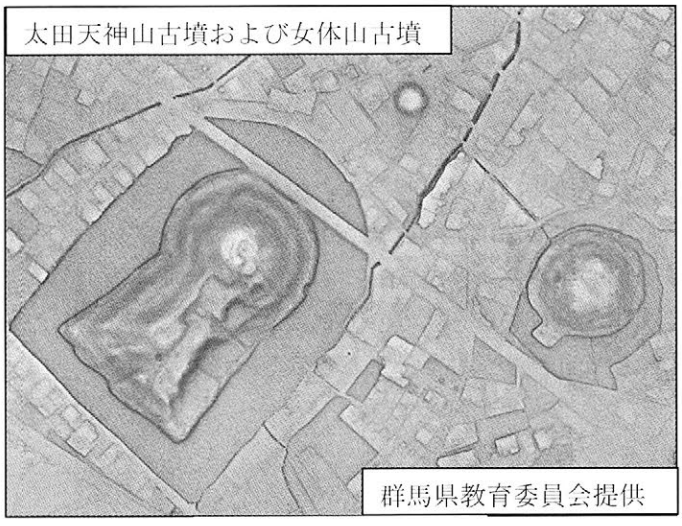



図 3　赤色立体地図

## 3. まとめ

航空レーザ計測により古墳を計測することで、現在の古墳の詳細な形状を把握することができた。古墳群の計測では、新たな古墳の発見なども報告されている。現存する古墳の保存や今後の研究の基礎資料として航空レーザ計測は有効な手段であり、古墳に適した計測計画の立案も重要であるといえる。

## 謝辞

本計測は平成 26 年度に群馬県教育委員会から発注された「古墳レーザー測量図作成業務」で実施しました。データをご提供くださいました関係各位に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

# SfM/MVS を用いた島内 139 号地下式横穴墓出土状況の計測

## SfM/MVS Photogrammetry at the Shimauchi No. 139 Subterranean Chamber Grave.

○金田明大（奈文研）、橋本達也（鹿児島大学）、中野和浩(えびの市教育委員会)、
東憲章（西都原考古学博物館）、ナワビ矢麻（早稲田大学大学院）
○Akihiro Kaneda(Nabunken), Tatsuya Hashimoto(Kagoshima University), Kazuhiro Nakano(Ebino city Board of Education), Noriaki Higashi (Saitobaru archaeological Museum), Yama Nawabi (Waseda University)



### 1. はじめに

島内 139 号地下式横穴墓群は宮崎県えびの市に所在する。道路拡幅および駐車場整備による事前調査に際し、発掘がおこなわれ、島内地下式横穴墓群の中でも玄室の規模が大きく、膨大な出土資料が存在することが判明した。副葬品の早急な保存処理が必要になり、作業開始までに迅速に詳細な出土状況の図化が必要となった。えびの市教育委員会および宮崎県教育委員会の依頼により、調査を主に担当した鹿児島大学・えびの市と共同して奈良文化財研究所が三次元計測を試みた。ここではその作業と成果について紹介をおこなう。



Fig. 1　玄室内の出土状況
（えびの市 Web サイトより）

### 2. 作業の概要

出土直後に連絡を受け、急遽対応することとなり、三次元計測手法としてレーザースキャナーと SfM（Structure from Motion）・MVS(Multi-view Stereo)の２つの手法を試みた。しかし、副葬品が玄室に広く広がっており、内部に十分に機器を設置する余裕がないこと、奥壁付近の短甲をはじめ、レーザースキャナーでは死角が多く、欠測部分が多くなることから、玄室および羨道部分の計測を比較用におこない、詳細は SfM/MVS で計測をおこなうこととした。

レーザースキャナーは FARO 社 Focus3D、SfM は Agisoft 社 Photoscan、カメラは CANON EOS5D MarkII および FujifilmX30 を用いた。撮影に際してはライトおよびフラッシュを利用し、ポールを利用してリモート撮影をおこなった。計測基準点は RTK-GPS により計測をおこない、座標変換後 QGIS で表示をおこなった。

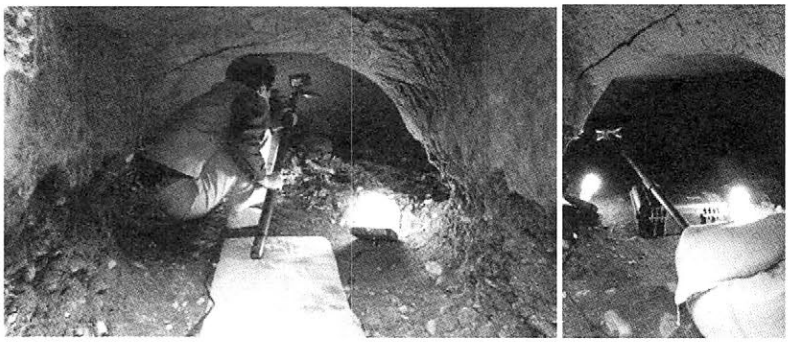


Fig. 2　作業状況（左：SfM・右：レーザースキャナー）

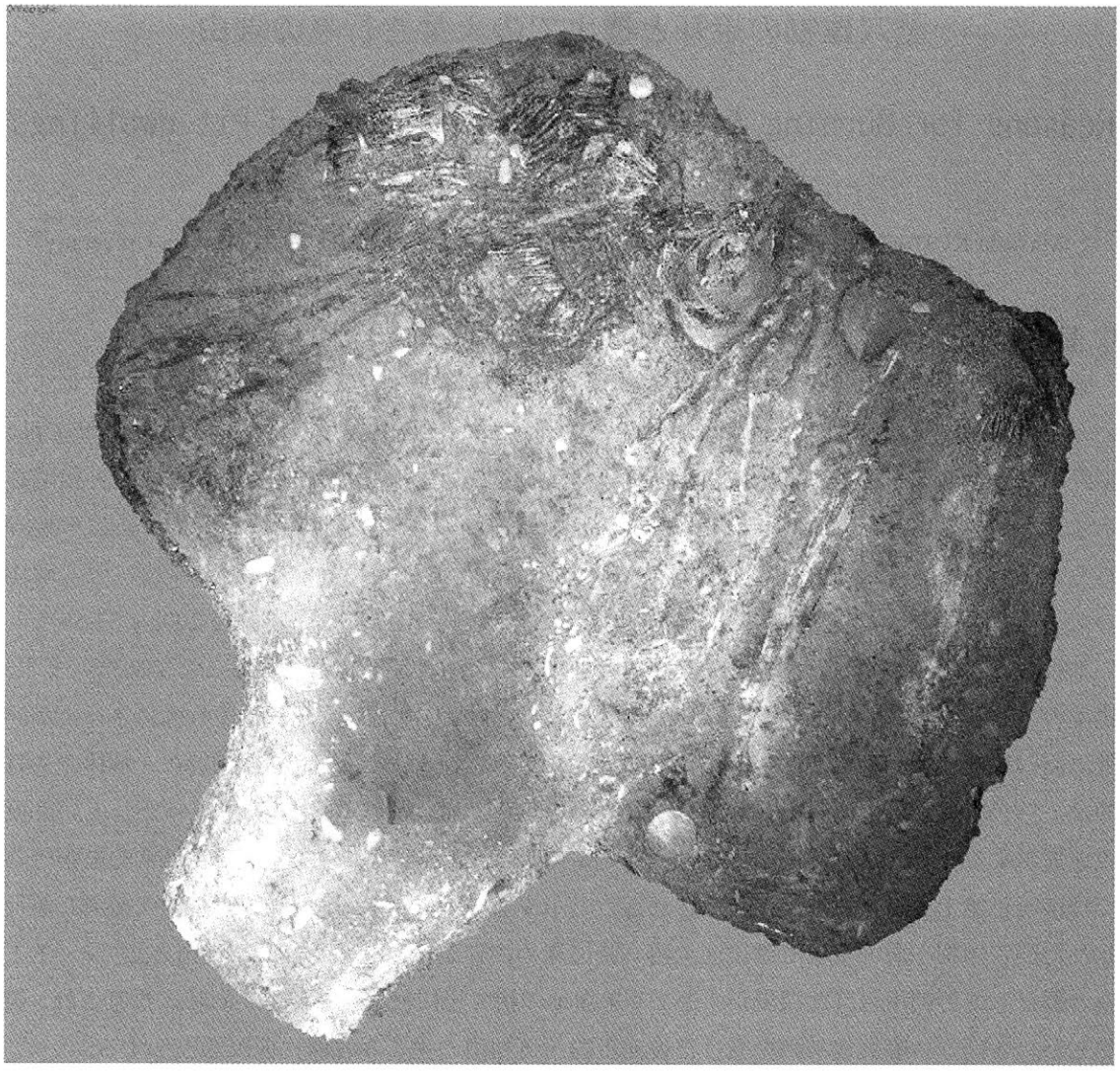


Fig.3　SfM/MVS による遺物出土状況三次元画像（平面表示）

### 3. 成果と展望

成果は実際の観察が可能な発掘作業期間中に戻すことを最優先とし、平面・立面図として展開して出力し、現地にて寸法の確認や詳細部分の観察をおこない、実測図を作成した。作業時は処理するコンピューターの能力に限界があり、床面を分割して出力した。

遺物の集積部分では、遺物の外形線が判別しにくいところや、死角により十分な再現ができていない部分も存在したが、手作業による図化に比べて迅速に精度がより高い計測をおこなうことができたと考える。

今回は緊急の対応事例であり、十分な準備ができなかったが、今後同様の活用を推進するために撮影や解析方法の検討を進める必要がある。

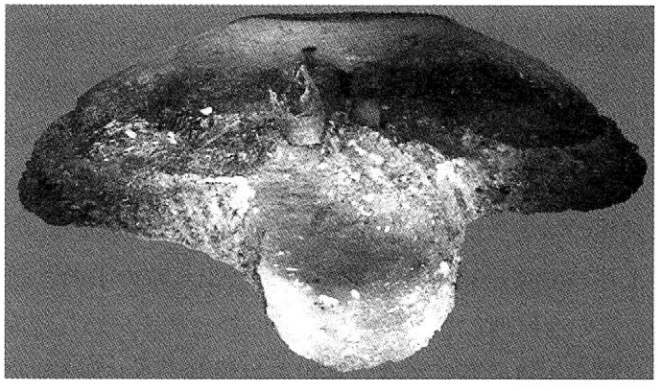


Fig.4　遺物出土状況三次元画像（斜めからの表示）

2日目
6月5日
A会場
B会場

# 竪穴建物の焼却と覆土での火焚き行為の理由

# Reasons for Burning Activities of/in Abandoned Pit-dwellings

小林正史（北陸学院大学）、久保田慎二（金沢大学）
○Masashi KOBAYASHI(Hokurikugakuin University) and Shinji KUBOTA (Kanazawa University)

## 1. 目的と方法

岡村道雄は、8県を対象として焼失竪穴データベースを作成し、①北海道・東北地方北部といった寒冷地域では焼失頻度が高く、西日本では全体的に焼失頻度が低い、②同一地域では、平野部よりも丘陵部の方が焼失率が高い、などの点で、「焼失率の地域差は寒暖の差と相関を示す」ことを見出した。そして、土葺きのような堅牢な竪穴建物を効率よく解体するには焼却処分が適するし、寒冷地ほど竪穴解体時に焼却処分する必要性が高まることから、「竪穴解体のための意図的な焼却が焼失竪穴の主要因である」ことを指摘した（岡村編 2008：57-59）。

本稿の目的は、この「竪穴の焼失・解体」の理由を以下の手順で解明することである。まず、鍋釜のスス・コゲにみられる廃棄後被熱痕から、竪穴建物の覆土や床面における火焚き行為が非常に高い頻度で行われたことを示す。次に、この事実に基づいて、竪穴建物の焼失・解体の主目的は、「火焚き行為を行うためのオープンな窪地（ゴミ廃棄場所）を作ることだった」という仮説を提示する。最後に、土器廃棄の民族誌では「壊れた土器を廃棄する」という日常的廃棄行為では復元可能土器がゴミ捨て場に残されることが少ないのに対し、火焚き行為（ゴミ焼却）が行われた竪穴建物や溝・土坑では復元土器（特に深めの容器）が多く残される理由として、「生ごみ容器として再利用された深鍋が、生ごみを窪地の捨て場に投棄した際に、同時に投棄され、被熱した」という「廃棄後被熱を受けた復元土器＝再利用の生ごみ容器」仮説を提示する。

## 2．復元土器の廃棄後被熱痕

復元深鍋の廃棄後被熱は、調理時についたスス・コゲが不規則な酸化消失や新たな付着をすることから認定できる。廃棄後被熱の判定基準として、①ススが外面全体にススが酸化消失、②片面（出土時の地面側）のみススが消失、③内外の対応する位置に付く大型リング状ス ス、④土器破片を境界とする被熱痕、⑤黒斑状に器面に吸着したスス・コゲ、⑥被熱による小円形表層剥離、⑦熱変形、などがあげられる。これらの諸特徴は、「スス・コゲが調理時に付着パターンと異なる、不規則な特徴を示す」ことにより認定できるため、ススコゲが付かない貯蔵用や盛り付け用の土器では認定が難しい。そして、竪穴焼失や火焚き行為により生じた炭化材、灰層、炭粒は堆積中に分解・焼失してしまうことも多いのに対し、上述の煮炊き用土器の廃棄後被熱の諸特徴は、表面が摩耗していなければ縄文・弥生土器の多くにおいて認定できる。

上述の廃棄後被熱の判別特徴は、「出土時の上向き側の方が接地面側よりも強い被熱を受ける」という原理に基づいて、スス付着パターンから読み取れるので、破片資料では判別が難しく、接合・復元された煮炊き用を対象とする必要がある。

### 3．分析方法

ワークショップ形式のスス・コゲ観察会においてスス・コゲ図面と写真を記録した竪穴出土の復元煮炊き用土器資料（20 数遺跡）を対象として、廃棄後被熱の頻度と程度（被熱痕の種類）の時間的変化と地域差を検討した。また、竪穴での火焚き行為の特徴を導き出すため、溝・河川から出土した復元土器深鍋の廃棄後被熱痕（20 数遺跡）との比較を行った。

### 4．深鍋の廃棄後被熱痕からみた竪穴での火焚き行為

**火焚き行為の普遍性：** 廃絶竪穴に複数の復元土器が投棄される事例では、時期・地域に関わらず、復元深鍋のほぼ全てが程度の差はあれ廃棄後被熱を受けている。このような覆土での火焚き行為の普遍性は、この行為が「生ごみなどの焼却に伴う火焚き」だったことを示唆する。

**覆土・床面での火焚き行為と竪穴の焼失・解体との関連：** 焼失竪穴を含めて、非常に高い頻度で竪穴建物の覆土・床面で火焚き行為が行われた事実は、「火焚き行為のためのオープンな窪地を作ること」が竪穴の意図的な焼失・解体の主目的だったことを示す。

東日本における竪穴に投棄された復元土器の廃棄後被熱は、「弥生～古墳中期」よりも「古墳後期～古代」の方が全面スス消失の頻度が高い点で、より顕著である。また、西日本の弥生・古墳時代における溝・河川への復元土器の投棄事例では、弥生中・後期よりも古墳前・中期の方が廃棄後被熱が顕著な傾向が読み取れる。このように、復元土器の窪みへの投棄事例では、新しい時期ほど廃棄後被熱（火焚き行為）が顕著になる傾向がみられる。

岡村が指摘したように、竪穴焼失率は「縄文～古代を通して、西日本よりも東日本（特に東北地方北部と北海道）の方が高い」、「東日本では縄文⇒弥生～古墳中期⇒古墳後期・古代の順に高くなる」という傾向を示す（岡村編 2008）。これらの地域差と時間的変化は、上述した「廃絶竪穴における復元土器の火焚き行為」の地域差・時間的変化とほぼ共通することから、「竪穴の焼失・解体行為」と「多数の復元土器の投棄を伴う、竪穴覆土での火焚き行為」は切り離せない関係にあるといえる。

**深い穴の方が火焚き行為に使われる：** 廃絶竪穴から復元土器（大多数は顕著な廃棄後被熱を受けている）がまとまって出土する事例は、東北地方北半の弥生中・後期、関東・中部地方の弥生中期後半～古墳前期、東日本と北部九州の古墳後期～古代、に多くみられる。一方、多数の復元土器が溝・旧河川から出土する事例は、西日本（加賀を含む）の弥生中期～古墳前期に多くみられる。この違いは、竪穴建物の深さが浅い西日本では、使用が停止された溝・河川の方が深い窪地が得られるため、ゴミ捨て（＋焼却）場として選択されたことを示す。一方、竪穴建物が深めの関東地方の弥生・古墳時代では、廃絶竪穴が主なゴミ捨て場になるため、溝に多くの復元土器が廃棄された（＝火焚き行為を行った）例が比較的少ない。

また、縄文晩期の東北北部と北海道では、復元土器の多くは居住域から離れた廃棄ブロックに投棄され、廃絶竪穴に捨てられることは少ない。この点が、縄文晩期では前後の時期に比べて竪穴焼失率が低い理由の一つと考えられる。このように「深い窪みほど、火焚き行為に頻繁に使われる」事実は、火焚き行為が生ごみなどの焼却のためだったことを示唆している。

**引用文献** 岡村道雄編 2008『日本各地・各時代の焼失竪穴建物跡』、奈良文化財研究所.

2日目
6月5日
A会場
B会場

# ロシア古金属器時代の土器付着物にみられる$C_4$植物の影響

# The effect of C4-Plants as seen on charred remains on pottery from Paleometal sites in the Russia

○國木田大（東京大学）、福田正宏（九州大学）、遠藤英子（明治大学）、オクサナ・ヤンシナ（ロシア科学アカデミー）、ワレリー・デリューギン（ウラジオストク国立経済サービス大学）、マクシム・ゴルシュコフ（N. I. グロデコフ名称ハバロフスク地方郷土誌博物館）、エカテリーナ・シャポワロワ（同左）、松崎浩之（東京大学）

○Dai Kunikita (The University of Tokyo), Masahiro Fukuda (Kyushu University), Eiko Endo (Meiji University), Oksana Yanshina (Russian Academy of Sciences), Valery Deryugin (Vladivostok State University of Economics and Service), Maksim Gorshkov, Ekaterina Shapovalova (Khabarovsk Regional Museum after NI Grodekov), Hiroyuki Matsuzaki (The University of Tokyo)

## 1. 研究の背景

近年、土器付着炭化物の炭素・窒素同位体分析が盛んに実施され、先史時代における食性復元に貢献している。本発表では、ロシア・ハバロフスク地方における古金属器時代ポリツェ文化の遺跡の検討を行った。遺跡はアムール中・下流域に所在するジョルトゥイ・ヤル遺跡（Жёлтый Яр, Яншина 2010）、ボロニ湖近隣のマルムゥジュ 1 遺跡（Малмыж 1, Дерюгин 2009）である。ポリツェ文化は、Ⅰ～Ⅲ期に時期区分され、紀元前 3 世紀～紀元後 4 世紀頃と考えられている（臼杵・木山編 2014）。分布範囲は、アムール中・下流域周辺から河口域までで、非常に広いことが知られている（大貫 1998、臼杵 2004、Яншина 2013 等）。1980 年代から、アワ・キビ等の雑穀栽培で注目され（松谷 1988）、かつての「北方農耕論」で議論となった。近年のデータでは、当該地域の農耕は、遼西・遼東に起源をもつ雑穀栽培が北上伝播したものであり、ロシア・沿海地方を経由してきたと考えられる（小畑 2011）。沿海地方では、新石器時代中頃のクロウノフカ 1 遺跡（ザイサノフカ文化、約 5500calBP）の事例が最も古い。

本発表は、ポリツェ文化の雑穀栽培（$C_4$植物利用）を土器付着物の炭素・窒素同位体比から確認することを目的としている。同文化における$C_4$植物利用の北限を検討することは、北東アジアの生業を考える上で非常に重要になる。また、$C_4$植物は炭素・窒素同位体比のグラフ（図 1・2）で識別が容易な利点もある。土器付着物の先行研究では、沿海地方のウスチノフカ 8 遺跡（青銅器時代、リドフカ文化、Kunikita et al. 2007）や、ナイ遺跡（ポリツェ文化、臼杵・木山編 2014）で、$C_4$植物利用が確認されているが、アムール中・下流域以北では分析がほとんどなされていない。

## 2. 分析試料および方法

現状での分析試料は、ジョルトゥイ・ヤル遺跡 10 点（内面 8 点、外面 2 点）、マルムゥジュ 1 遺跡 13 点（内面 12 点、外面 1 点）の計 23 点である。詳しい分析法等は、上記先行研究等をご参照頂きたい。炭素・窒素同位体比、C/N 比測定は、SI サイエンス株式会社（EA：Thermo Fisher Scientific 社製 Flash

EA1112、安定同位体比質量分析計：Thermo Fisher Scientific 社製 DELTA V）を用いた。一部の試料に関しては、東京大学総合研究博物館のタンデム加速器（MALT：Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator）にて $^{14}C$ 年代測定を行った。また、共同研究としてレプリカ法による圧痕分析を実施した。

## 3. 測定結果と考察

現状で確実に $C_4$ 植物と考えられる試料は、ジョルトゥイ・ヤル遺跡で 1 点、マルムゥジュ 1 遺跡で 1 点の計 2 点ある（図 1・2）。後者は $\delta^{13}C$ 値-14.2‰で海生生物の可能性もあるが、遺跡の立地や、その他試料の状況を鑑みると、$C_4$ 植物の影響と判断できる。両遺跡ともに、淡水魚類（推定）の範囲から、$C_4$ 植物領域に向かって横長の分布を示しており、この 2 つの生物群を主とした内容物であった可能性が高い。もちろん、中間領域に関しては、サケ・マス類と $C_3$ 植物・草食動物の混合の可能性もあるが、分布の形状から判断して可能性は低い。今後、年代測定をして海洋リザーバー効果の有無を検討する必要がある。年代測定は現状で、マルムゥジュ 1 遺跡で 2030±35BP（MTC-17769）、ジョルトゥイ・ヤル遺跡で 1685±45BP （MTC-17768）等で得られており、ポリツェ文化 II 期の後半（紀元前 1 世紀頃）とポリツェ文化III期（4 世紀頃）にあたる。圧痕分析では、両遺跡ともにアワ・キビが確認されており、土器付着物の結果と整合的である。ポリツェ文化は、考古遺物からは農耕の占める割合が低かった可能性が指摘されているが（大貫 1998）、今回の結果でも $C_4$ 植物と淡水魚類等の複合的な利用が考えられる。

今後は、測定数を増やすとともに、より北方域に分布するポリツェ文化について分析を加える必要がある。また、日本列島での分析も視野に入れ、北東アジア地域の農耕に関して議論を深めていきたい。

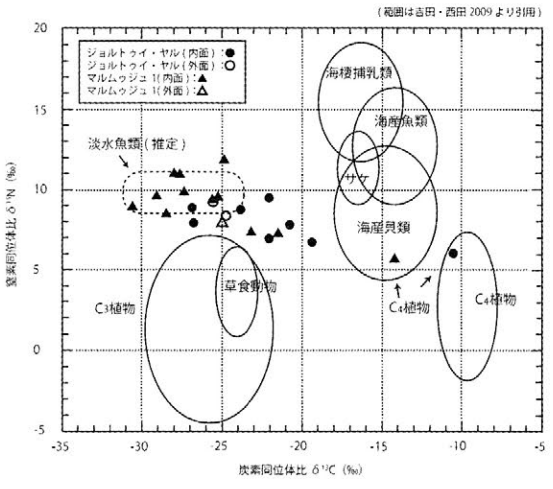



図 1 炭素・窒素同位体比

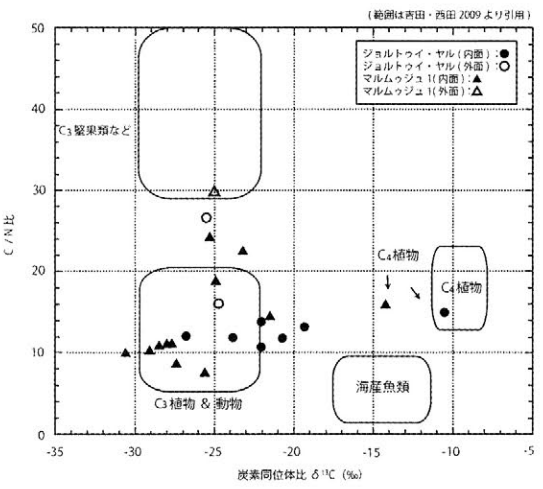



図 2 炭素同位体比と C/N 比

## 参考文献（一部は割愛）

臼杵勲・木山克彦編 2014『ロシア沿海地方の初期金属器時代』札幌学院大学

大貫静夫 1998『東北アジアの考古学』同成社

小畑弘己 2011『東北アジア古民族植物学と縄文農耕』同成社

Kunikita *et al.* 2007 *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 259, 467-473

2日目
6月5日
A会場
B会場

# 近世大坂城・城下町より出土したメロン種子の形状およびDNA分析
# Morphological and DNA analysis of melon seed remains excavated at the Osaka Castle and the castle town

○田中克典(弘前大学)・大庭重信(大阪文化財研究所)・加藤鎌司(岡山大学)
○Katsunori TANAKA (Hirosaki Univ.), Shigenobu OBA (Osaka City Cult. Prop. Assoc.) Kenji KATO (Okayama Univ.)

## 1．緒言

演者は種子タイプや細胞質型の分析結果に基づいて、岡山県鹿田遺跡にて利用されていたメロン仲間 (*Cucumis melo* L.)の遷移について論じてきた。特に、メロン仲間が数度にわたり鹿田遺跡へ導入され、種子サイズの変異や細胞質型の多様性が江戸時代になると選抜によって低下し、さらに明治時代以降の育種によって大きく変化したことを提示した (Tanaka et al. 2015)。江戸時代以前の政治の中心、繁栄都市や物流を鑑みると、近畿地方におけるメロン仲間の遷移は検討しておくべきである。そこで、本報では大坂城跡や大坂城下町跡 (以下、「城下町跡」)における近世の種子遺存体の8集団について種子タイプおよび細胞質型を特定し、近畿地方におけるメロン仲間の遷移を検討した。

## 2．材料及び方法

材料は大坂城跡の5集団 (No. 1, 2, 4, 5, 6)、ならびに城下町跡の3集団 (No. 3, 7, 8)である (第1表)。種子タイプの分類は計676粒について実施し、まず、種子の長さと幅をImage J 1.49にて計測した。その後、藤下 (1983)の基準に従って各種子を3タイプに分類した。細胞質型は各集団20粒についてDNA分析により推定した。DNAはMutou et al. (2014)の改変アルカリ法で抽出し、Tanaka et al (2015)で利用した葉緑体ゲノムにおける3箇所の一塩基多型 (SNP 2, 8, 19)を含む領域を特異的PCRプライマーで増幅した。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。細胞質型は塩基配列を現生メロン59系統のSNP配列と比較して推定した。その後、既報の結果を含めて、近畿地方におけるメロン仲間の選抜過程を考察した。

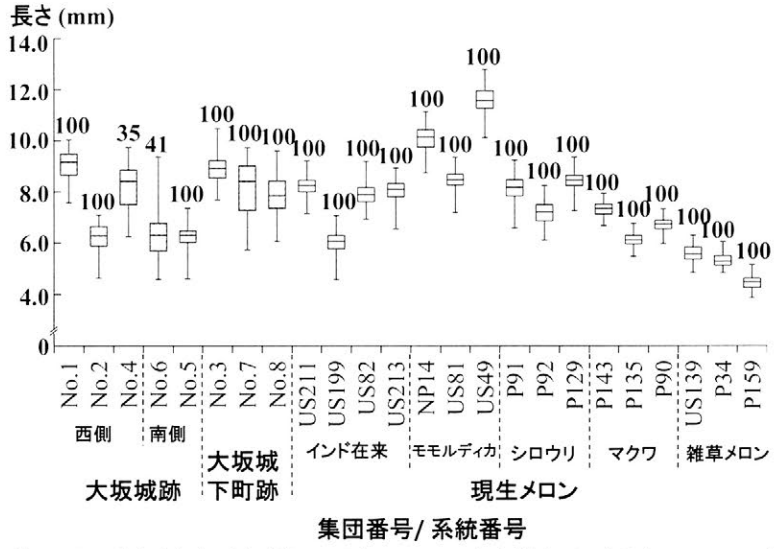
## 3．結果及び考察

676粒のメロン種子遺存体において種子の長さは、4.58～10.48mmと幅広い変異があり、幅と強い相関を示した ($r = 0.921, p < 0.01$)。集団内では、四分位範囲 (IQR)がNo. 5の集団を除いて0.7超と現生メロンのIQR (0.7未満)よりも高く、採種粒数や出土遺構の利用状況を鑑みると、各集団は複数の果実に由来していると推定された (第1図)。近畿地方における10遺跡のメロン種子遺存体との比較によって、種子長は弥生時代、古墳時代、平安時代へと移行するにつれて増加しており、鹿田遺跡や他の地域と同じ傾向が認められた。一方、鹿田遺跡では江戸時代にはマクワ・シロウリ型が優位であったのに対して、大坂城跡では種子長が長くなっていることがわかった (第2図)。各集団の種子タイプ構成を比較すると、豊臣前期から後期までの大坂城跡と城下町跡の集団 (No. 1, 2, 3)はモモルディカ型またはマクワ・シロウリ型で主に構成されていた (第3図)。両タイプの種子は徳川期の17世紀代 (江戸時代)においても城下町跡の集団 (No. 7, 8)で混在していた。DNA分析の結果、160粒のメロン種子のうちNo.1の集団を除く7集団の47粒について2箇所以上のSNP配列を決定することができ、細胞質型の推定が可能であった (第1表)。細胞質型は1粒を除いてIa型と、日本に固有の在来メロンであるマクワやシロウリと同じタイプであった。

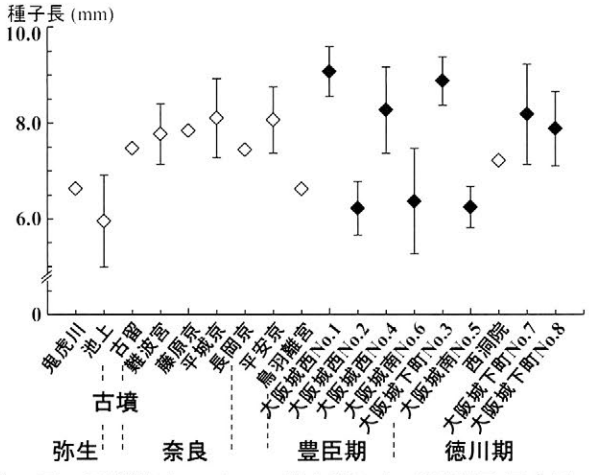
以上の結果は、大阪城周辺において豊臣期頃には既にモモルディカ型やマクワ・シロウリ型の種子を有したメロンが利用されたこと、それらのメロン仲間が主にIa型の母系から普及しており、現生メロンの育成系譜と関連があることを示していた。果実を食するメロン仲間は果実形質が選抜対象であると考えられるので、今後、果実の甘さや大きさおよび果肉色など食味について分析する。

第1表　大坂城跡・大坂城下町跡のメロン仲間における細胞質型の構成

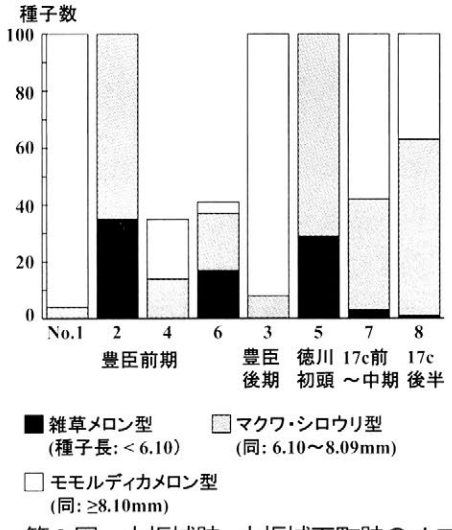
| 集団番号 | 時代 | 年代 | 出土地点 | 採集粒数 | 計測粒数 | DNA分析粒数 | Ia | Ib | 未同定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No.1 | 豊臣前期 | 1580～1598 | 大坂城跡西部 | 126 | 100 | 20 | 0 | 0 | 20 |
| No.2 | 豊臣前期 | 1580～1598 | 大坂城跡西部 | 1712 | 100 | 20 | 4 | 0 | 16 |
| No.4 | 豊臣前期 | 1580～1598 | 大坂城跡西部 | 35 | 35 | 20 | 13 | 1 | 6 |
| No.6 | 豊臣前期 | 1580～1598 | 大坂城跡南部 | 41 | 41 | 20 | 1 | 0 | 19 |
| No.3 | 豊臣後期 | 1598～1615 | 大坂城下町跡 | 175 | 100 | 20 | 6 | 0 | 14 |
| No.5 | 徳川初期 | 1615～1624頃 | 大坂城跡南部 | 1710 | 100 | 20 | 4 | 0 | 16 |
| No.7 | 徳川期 | 17世紀前～中 | 大坂城下町跡 | 199 | 100 | 20 | 6 | 0 | 14 |
| No.8 | 徳川期 | 17世紀後半 | 大坂城下町跡 | 159 | 100 | 20 | 12 | 0 | 8 |
| | | 計 | | 4157 | 676 | 160 | 46 | 1 | 113 |




第1図　大坂城跡、大坂城下町跡のメロン遺存体および現生メロンにおける種子長変異。箱ひげ図の上の数値は種子数を示す。




第2図　近畿地方のメロン遺存体における種子長変異。各集団の粒数はNo.4とNo.6を除いて100粒である。◇は藤下 (1983)の結果である。




第3図　大坂城跡、大坂城下町跡のメロン遺存体における種子タイプの構成。

# 岡山県勝負砂古墳の石室・棺に用いられた木材樹種同定

# Identification of funeral wood materials found from chamber of Shobuzako tumulus

○片山健太郎（京都大学）、岡田文男（京都造形芸術大学）、
松木武彦（国立歴史民俗博物館）、西原和代（京都大学）
○Kentaro KATAYAMA（Kyoto University）, Fumio OKADA（Kyoto University of Art and Design）,
Takehiko MATSUGI(National Museum of Japanese History), Kazuyo NISHIHARA(Kyoto University)



## 1. はじめに

勝負砂古墳は岡山県倉敷市真備下二万に所在する古墳時代中期後半の前方後円墳である。2001～2008年にかけて、岡山大学考古学研究室によって調査された。本墳では、墳頂面より約3.5mの深い位置で竪穴式石室が発見されたが、埋葬当時の空間が保持され、土砂等の流入がほとんどなかったため、通常では土に帰してしまうような有機質製品が良好な状態で残されていた。今回報告する棺や石室構築等に関係する木材もそのような有機質製品の一部である。

## 2. 分析方法と試料

分析に用いた試料は以下の5か所から採取したものである。①石室内東小口壁際検出の鉄釘付着の木材、②鉄鏃付着の木材、③被葬者頭骨下検出の木材、④石室側壁の天端に置かれ、そののちに天井石が架構されることによって保存された木材、⑤石室壁面に付着した木材である。

いずれも、調査時に取り上げられていたサンプル、遺物を観察して数ミリ角の試料を採取し、エポキシ樹脂(主剤：アデカレシンEP4200、硬化剤：アデカハードナー4332、配合比5:2)に包埋し、試料断面を研磨して反射光による観察を行い、次いで研磨面を鉱物用スライドガラス（厚さ1.2㎜）に前述のエポキシ樹脂で接着し、試料の厚さを約20ミクロンまで研磨して生物顕微鏡により観察を行った。

## 3. 結果

石室内東小口壁際検出の鉄釘付着の木材がツバキ属、鉄鏃付着の木材がクワ属の可能性が高いという結果が得られた。また、側壁天端に置かれた木材は針葉樹であるという結果が得られた。

図1－1～4は鉄釘と付着木材の顕微鏡写真である。図1－2は木口面で、小型の道管が密に存在する。図1－3は柾目面であると思われるが、状態が悪い。図1－4は板目面で、2～3細胞幅の放射組織がみられる。また、大型の結晶細胞がみられることからツバキ属と判断した。

図1－5～8は鉄鏃と付着木材の顕微鏡写真である。図1－6は木口面である。写真上下縁に大道管列が並び、その間に小道管がある。小道管は2～3個が接合する。道管内にはチロースが充填する。図1－7は柾目面である。写真中央やや左寄りに紡錘形の放射組織下半が確認できる。放射組織はほとんどが平伏細胞からなるが、上下縁辺には単列の直立細胞が2層ほど存在する。

図１－８は板目面で、縦方向に４本ほどの１～７細胞列の紡錘形の放射組織がみえる。右端には道管が見え、道管内にはチロースが充填する。

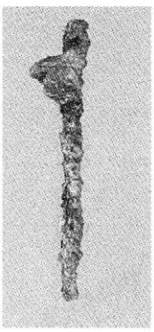
図１－９～12は石室南側壁の天端に置かれた木材とその顕微鏡写真である。図１－10は木口面である。写真下方が晩材であり、上方が早材である。細胞間に単列の放射組織が３本ほど確認できる。図１－12柾目面である。写真中央よりやや上位に、階段状に重なる放射組織の平伏細胞がみえる。図1-13は板目面である。写真中央より右側が木材組織である。写真中央の土に接する位置、その斜右上方に７～８細胞高の単列放射組織を計２本確認することができる。

## 4. まとめ

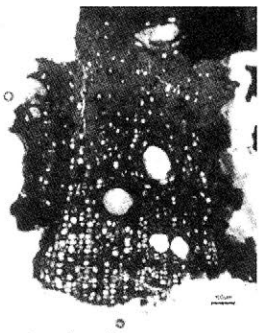
鉄釘、鉄鏃に用いられた木材が異なることから、鉄釘は木棺本体に伴わないことがわかった。また、側壁の天端におかれた木材は針葉樹材であることがわかった。このような木材の設置は近年、朝鮮半島南部でも注目されており、これらとの比較が課題である。

分析作業は現在も進行中であり、最終的な結果は発掘調査報告書にまとめられる予定である。

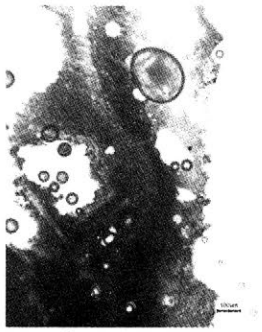
本分析作業は、現地調査を松木が担当し、試料の採取を岡田・片山・西原、薄片の作製をおもに片山・西原、観察・同定を岡田、西原、片山で行った。要旨の執筆は片山・岡田が行った。



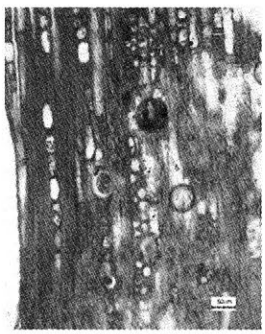
1　鉄釘



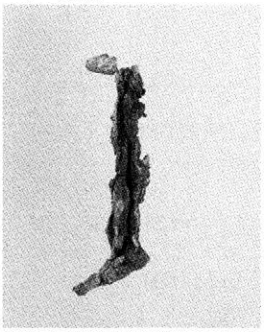
2　木口面



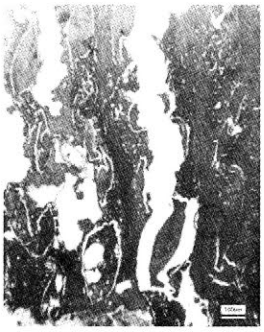
3　柾目面



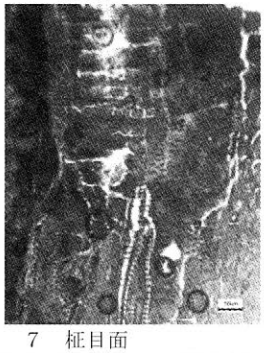
4　板目面



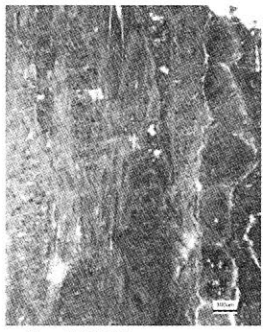
5　鉄鏃



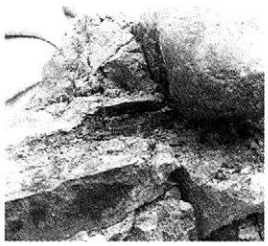
6　木口面



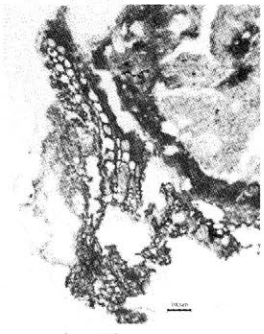
7　柾目面



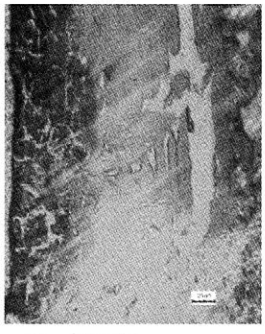
8　板目面



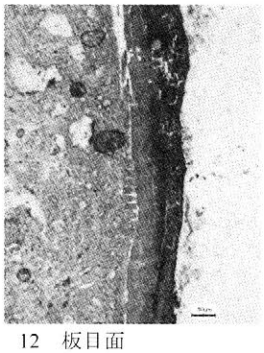
9　南側壁天端の木材１



10　木口面



11　柾目面



12　板目面

図１　勝負砂古墳の棺、石室等の木材

# 蛍光寿命測定の文化財材料への応用に関する基礎研究　3

# Preliminary research about the application to the fluorescence lifetime measurement for cultural properties　3

○佐々木良子（京都工芸繊維大学），吉田直人（東京文化財研究所），
佐々木健（京都工芸繊維大学）

○Yoshiko SASAKI (Kyoto Institute of Technology), Naoto YOSHIDA (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Ken SASAKI (Kyoto Institute of Technology)



## 1. はじめに

蛍光寿命は周辺環境が同じ条件で物質固有の値を示し，蛍光スペクトルの発光・励起波長に加えて第三のパラメータとして，蛍光性染料などの非破壊的・非接触的な同定手法として用いることができる。また，周辺環境により微妙に変化するため，有機・高分子材料に含まれる蛍光性物質からの蛍光発光に対してこの寿命の測定を行うことで，その有機材料そのものの物理的状態を非破壊的に数値化することが可能である[1-3]。

これまで，蛍光寿命測定を新たな非破壊分析手法として文化財分析の分野に導入する為の基礎研究として，まず，日本や中国で古くから用いられてきた蛍光性染料である黄檗の主成分のベルベリンに着目し，その蛍光寿命が周辺環境に応じて変化することを明らかにした[4]。更に絹染織品を用いて絹の構造と周囲環境の変化に対する黄檗の蛍光寿命の感受性について検討した[5]。

本報告では，これら蛍光寿命測定で得られた結果と，これまで行ってきたHPLC及びLCMSの結果とを比較検討して論ずる[6,7]。

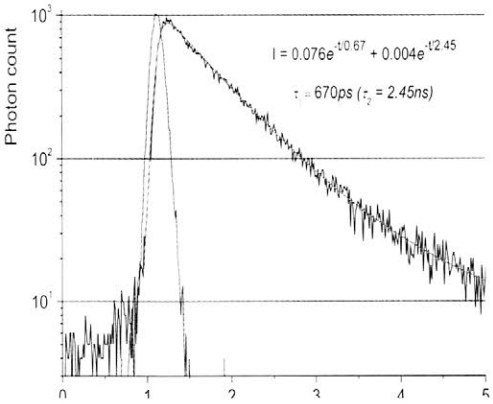



図1　ベルベリンの蛍光減衰曲線　（メタノール溶液中：対数表示）[4]

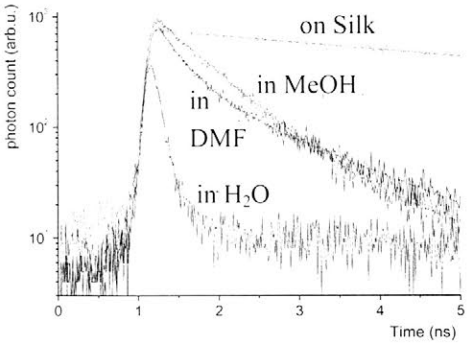



図2　ベルベリンの蛍光減衰曲線　（媒体の影響：対数表示）[4]

## 2. 実験

機器：浜松ホトニクスPLP10ピコ秒パルスレーザ（410 nm，半値幅80ps）を励起光源とした。浜松ホトニクスC-5094（波長走引幅250 nm）で分光した後に，浜松ホトニクスC4334ストリークカメラでPhotonを検出した。Delay及びPulse

generatorはStanford research DG535を使用した。データは浜松ホトニクスU8167データ処理システムを用いて解析した[4]。

試料：黄檗（高砂製薬）を用いて染色した絹布を標準として，測定に供した。文化財資料として日本産黄檗を用いた資料より測定した[6]。

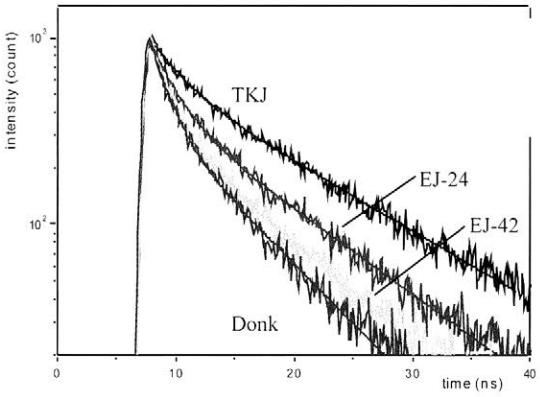



図3　黄檗染め絹布の蛍光減衰曲線（対数表示：経年劣化資料（日本製）[5]
TKJ：現代標品（日本黄檗）
EJ-24：18C 刺繍裂
EJ-42：17C 小袖裂
Donk：14C 九条袈裟

## 3．結果と考察

蛍光寿命を測定することにより，この分析がベルベリン分子の周辺環境の変化に極めて敏感であることを示してきた(図2)。さらに，絹繊維上の染料について，経年劣化資料を用いて，非破壊・非接触的な測定を行ったところ，経年による寿命の変化が観測されている（図3）[5]。この結果から，蛍光寿命は時代を遡るほど短くなり，非破壊的な数値パラメータとして利用出来うる可能性が示唆された。これまで経年劣化資料のHPLCよりベルベリン劣化生成物に注目し，これが劣化の指標となりうるか，検討してきた（図4）[7]。蛍光寿命は非破壊分析であり，破壊分析であるHPLCとは測定原理も手法も全く異なる為，相互に検討することは，文化財資料の劣化状態を表すうえで非常に有意義であると考えられる。

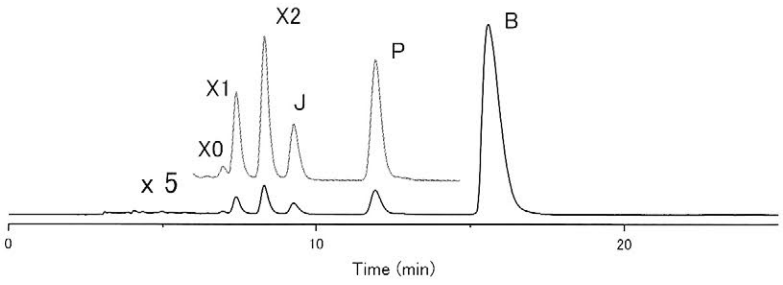



図4　14C 九条袈裟（曇華院蔵）のHPLC 結果[6]
B: ベルベリン，P: パルマチン，J: ヤトロリジン，
Xn: ベルベリン劣化生成物

参考文献

1) Ken Sasaki *et. al. J. Org. Chem.*, **71**, 4872-4877 (2006)
2) Ken Sasaki *et. al. Chem. Commun.*, **2004**, 408.
3) Ken Sasaki *et. al. J. Amer. Chem. Soc.*, **124**, 1182-1183 (2002).
4) 佐々木　他　日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集　2014, pp.374-375
5) 佐々木　他　日本文化財科学会第32回大会研究発表要旨集　2015, pp. 310-311
6) 佐々木　他　文化財科学会誌（考古学と自然科学）2012, **63**, pp. 71-88
7) 佐々木　他　日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集　2014, pp. 118-119

謝辞

本研究は，科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）　課題番号16K01179及び科学研究費補助金（基盤研究（C））課題番号25560136の成果の一部である。

# 「2015 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 奈良」の成果と東アジア文化遺産保存学会の活動

Results of the 2015 International Symposium on Conservation of East Asian Cultural Heritage in Nara, and the Activities of the Society for the Conservation of Cultural Heritage in East Asia.

○西浦忠輝(国士舘大学)、沢田正昭(東北芸術工科大学)、高妻洋成(奈良文化財研究所)
○Tadateru NISHIURA(Kokusikan University), Masaaki SAWADA(Tohoku University of Art and Design), Yosei KOUZUMA(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

2日目
6月5日
A会場
B会場

## 1　はじめに

東アジア文化遺産の保存修復については、東アジア文化遺産保存学会が母体となって、2 年に一度、日・中・韓の持ち回りで国際シンポジウムを開催し、最新の研究成果の公表と、種々の情報交換を行っている。2015 年 8 月には、奈良で「2015 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 奈良」を開催し、大きな成果を挙げた。本シンポジウムの成果を報告するとともに、母体である東アジア文化遺産保存学会の現状と今後の活動計画、目標等について提案する。

## 2　シンポジウム成果概要

### 2-1　組織

主催:「2015 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 奈良」組織委員会

共催：東アジア文化遺産保存学会、奈良県、関西大学国際文化財・文化研究センター、日本文化財科学会、(社)文化財保存修復学会

後援：文化庁、(独)国立文化財機構、奈良市、(公財)文化財保護・芸術研究助成財団、文化遺産国際協力コンソーシアム、(社)国宝修理装潢師連盟、(公財)ユネスコ・アジア文化センター、日本イコモス国内委員会、ICOM 日本委員会、NPO 法人・文化財保存支援機構、韓国文化財保存科学会、韓国国立文化財研究所、中国文物保護技術協会、朝日新聞社、毎日新聞社、読売新聞社、奈良新聞社、産経新聞奈良支局、NHK 奈良放送局

助成:(公財)朝日新聞文化財団、(独)国際交流基金、(公財)文化財保護・芸術研究助成財団、九州文化財国際交流基金、(財)奈良県ビジターズビューロー、NPO 法人・ミュージアム IPM サポートセンター

### 2-2　委員会

**組織委員会：**

**最高顧問**　青柳正規、荒井正吾、宮田亮平　**委員長**　三輪嘉六　**委員**　亀井伸雄、楠兒晴重、坂田雅之、沢田正昭、菅谷文則、長友恒人、西村康、松村恵司、三浦定俊、湯山賢一　**事務局長**　西浦忠輝

**実行委員会：**

**名誉委員長**　沢田正昭　**顧問**　岡興造　**委員長**　西浦忠輝　**副委員長**　青木繁夫、泉拓良、吹田浩、本田光子　**運営委員**　石崎武志、今津節生、植田直見、岡田健、金原正明、神庭信幸、高妻洋成、竹田尚起　**委員**　魚島純一、岡岩太郎、奥山誠義、北村繁、塚本敏夫、鳥越俊行、中村力也、日高真吾、降幡順子、松井敏也、森井順之、脇谷草一郎、和田浩　**スタッフ**　田村朋美、柳田明進、杉岡菜穂子、山本望、内藤百合子、米澤麻由子、杜之岩

### 2-3　事業内容と成果

**2-3-1　専門家修理現場見学会　2015 年 8 月 26 日(水)**

薬師寺東塔(発掘調査現場、基壇)、金堂・大講堂、南木材倉庫(解体部材等)

参加者＜専門家会議参加登録者で事前申込＞は日本 30 名、中国 5 名、韓国 2 名の計 37 名。

協力：薬師寺、奈良県教育委員会

**2-3-2　専門家会議　2015 年 8 月 27 日(木)、28 日(金)**

会場：奈良春日野国際フォーラム 甍~I・RA・KA~ 口頭発表（能楽ホール）、ポスターセッション（会議室 1・2、3・4）

言語：口頭発表（日、中、韓の同時通訳）
　　ポスター発表（日、中、韓、英）

参加者：韓国 73 名、中国 69 名、モンゴル 1 名、
　　米国 1 名、日本 145 名の計 289 名。

日本人参加者の内訳：

招待者＜文化庁長官、奈良県知事等＞12 名、参加者＜専門家＞111 名、報道関係者 3 名、スタッフ 19 名。

発表数：

基調講演（日、中、韓、各 1 件の計 3 件）
口頭発表（日、中、韓、各 8 件の計 24 件）
ポスター発表（日 51、韓 34、中 13 の計 98 件）

レセプション

1）歓迎レセプション　**2015 年 8 月 27 日(木)**
会場：ホテル日航奈良　飛天の間
参加者：専門家会議参加者、招待者　合計 238 名

2）歓送レセプション　**2015 年 8 月 28 日(金)**
会場：奈良国立博物館地下　カフェ薬風泰夢
参加者：専門家会議参加者、招待者　合計 225 名

**2-3-3　公開講演会　2015 年 8 月 29 日(金)**

会場：奈良春日野国際フォーラム 甍~I・RA・KA~ 能楽ホール

参加者：一般市民 291 名、関係者 20 名　計 311 名

**2-3-4　外国人エクスカーション　2015年8月29日(金)**
奈良県内世界遺産視察
行程：JR 奈良駅前→平城宮跡→唐招提寺→法隆寺、
　　太子堂<昼食>→法隆寺→JR 奈良駅前
参加者<専門家会議参加の外国人限定>
　中国47名、韓国48名、スタッフ6名、計101名
協力：ユネスコ・アジア文化センター奈良事務所

**2-4　財務収支概要**

| | | |
|---|---|---|
| 収入：専門家会議参加費 | | 710万円 |
| | 共催者拠出金（関西大学） | 330万円 |
| | 共催者拠出金（奈良県） | 300万円 |
| | 助成金（朝日新聞文化財団） | 300万円 |
| | 助成金（国際交流基金） | 150万円 |
| | 助成金（文化財保護・芸術研究助成財団） | 50万円 |
| | 助成金（九州文化財国際交流基金） | 50万円 |
| | 要旨集広告掲載費 | 43万円 |
| | 助成金（奈良ビジターズビューロー） | 28万円 |
| | 寄付金（ミュージアムIPMサポートセンター） | 20万円 |
| | 合計 | 1,981万円 |
| 支出：海外招聘経費 | | 190万円 |
| | 同時通訳経費 | 290万円 |
| | レセプション経費 | 460万円 |
| | 会場（含機器）借料 | 209万円 |
| | 昼食、コーヒーブレイク経費 | 85万円 |
| | 要旨集、チラシ等経費 | 177万円 |
| | 外国人エクスカーション経費 | 116万円 |
| | 送迎バス、ホテル斡旋等旅行社委託経費 | 95万円 |
| | 事務経費（人件費、旅費、通信費等） | 121万円 |
| | 看板、バッグ等消耗品 | 45万円 |
| | その他雑費 | 13万円 |
| | プロシーディングス作成予備費 | 180万円 |
| | 合計 | 1,981万円 |

**2-5　総括**
専門家会議は、主に日・中・韓の専門家を対象にしたものであり、中・韓からそれぞれ40～50名の参加を予定していたが、実際には約70名ずつという、予想を大きく上回る参加者を迎えることができた。日本からの参加も100～120名の想定に対し、140名に達し、盛会であった。全てのプログラムは予定通り行われた。現状の日中、日韓の関係は、必ずしも良好とはいえないが、本シンポジウムにおいては、そのような雰囲気は全くなく、相互理解、信頼が深まり、さらに良好な関係を築き挙げる方向に進んでいる。次回のシンポジウムも中国上海に決定するなど全てが順調に行われた。特に、比較的若い人達が参加しており、将来的に更なるネットワークの拡大、強化が期待される。
一般市民を対象とした公開講演会には奈良市民を中心に、300名を超える参加者で盛会であった。日本の歴史、文化の中心地としての奈良の価値が再認識されたということができる。
また、修理現場見学会、外国人参加者エクスカーションも順調に行われた。これらの事業ついては、奈良県の全面的な協力により行われたものであり、地域との連携という面でも、きわめて有意義なものであった。
本国際シンポジウムは、マスコミに多く取り上げられ、高い評価を得ている。

## 3　東アジア文化遺産保存学会

**3-1　経緯**
東アジア、特に日本、中国、韓国を中心に、連携協力して東アジア地域の文化遺産の保護に貢献することを目的に「東アジア文化遺産保存学会」が2007年に結成された。学会の発足以前から、東アジアの文化財の保存修復に関わるシンポジウムを行っており、発足後は2年に一度、日本・中国・韓国の持ち回りで国際シンポジウムを開催して、大きな成果を上げている。次回は2017年に中国上海で開催の予定である。

**3-2　組織**
会長1名と日、中、韓から1名ずつの副会長からなる。現体制は下記の通りである。
会　長　馬 家 郁（中国・四川省考古学研究院）
副会長　今津節生（日本・奈良大学）
　　杜 暁 帆（中国・復旦大学）
　　金 奎 虎（韓国・公州大学）
名誉会長<歴代会長>
　　沢田正昭（日本）、陸 寿 麟（中国）、
　　李 午 憙（韓国）、西浦忠輝（日本）
事務局：日、中、韓にあり、本部事務局は韓国が担当。日本事務局長は高妻洋成（奈文研）。

**3-3　当面の課題と今後の方向性**
2年に一回のシンポジウムは順調に開催され、大きな成果を上げている。今後は、専門分科会の設置や合同プロジェクトの推進等、更なる発展を目指す。
日本支部の当面の課題は下記の通りである。

- 2015シンポジウムのプロシーディングスの刊行
- 会員制度、組織体制の整備
- ホームページの開設
- 日本文化財科学会等の国内学会との連携
- 国際プロジェクトへの積極的参画
- 2017上海大会への対応
- 2021日本開催予定のシンポジウムへの長期戦略

## 4　おわりに
2007年の学会結成以前からの地道な努力の積み重ねによって、日・中・韓の連携協力が深まり、東アジア学会が着実に発展しているとことは、大きな喜びであり、今後とも努力を続けて行きたい。

2日目
6月5日
A会場
B会場

# チャルチュアパ遺跡群カサ・ブランカ地区における地中レーダ探査

## Ground Penetrating Radar Survey at Archaeological site of Casa Blanca in Chalchuapa

○野村成宏(株式会社田中地質コンサルタント)、田中謙次(同左)、伊藤伸幸(名古屋大学)
○Shigehiro NOMURA, Kenji TANAKA(Tanaka Geological Co.), Nobuyuki ITO(Nagoya University)

### 1. はじめに

チャルチュアパ遺跡群は、エルサルバドル共和国の西部に位置し、ラス・ビクトリアス、エル・トラピチェ、カサ・ブランカ、タスマル、ペニャテなどの地区に分かれており、当該国において最も歴史の長い遺跡である(図-1)。これらのうち、カサ・ブランカ地区は大規模な基壇に複数の建造物が立ち並ぶ。また、都市が形成されるまでの発展過程や、古代メソアメリカ南東部の王権の起源をたどれる可能性があり、先スペイン期の重要な遺跡と認識されている。今回、本地区において考古学調査との共同研究として遺構・石彫などの分布状況を探ることを目的に地中レーダ探査を実施したものである。その成果の一部をここに報告する。

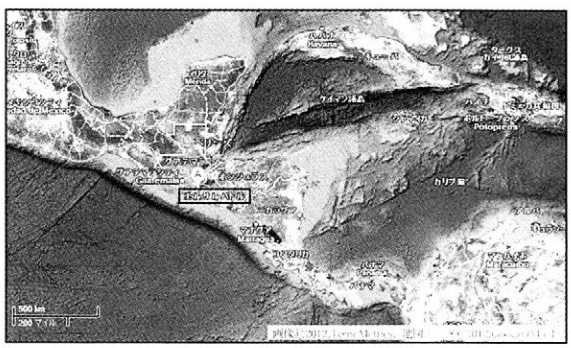


図-1 調査位置図(©Google earth)

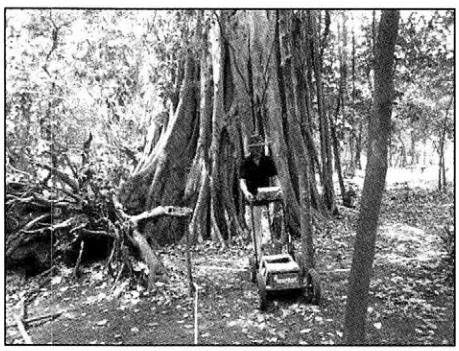


図-2 探査状況写真

### 2. 探査の概要

探査はSensors & Software社製 Noggin plus 250 Smart Cart Systemを用いて実施した。使用したアンテナは中心周波数が 250MHz である。カサ・ブランカ遺跡公園では、探査範囲の北部および南部に墳丘が分布している。胸高でφ20～60cm 程度の樹木が多数植生しており、φ200cm を超える巨木もなかにはある。地区内は乾いた枯葉に覆われ、10cm 程度堆積している(図-2)。

図-3に示す範囲内で測線数420本、延べ17.7kmを探査した。

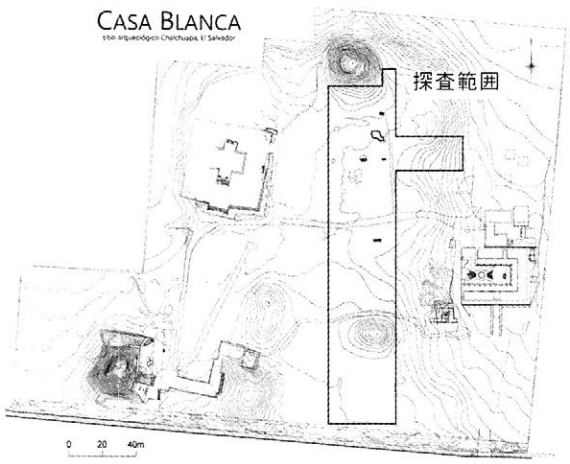



図-3 探査範囲(カサ・ブランカ遺跡公園)

### 3. 探査結果と考察

探査結果は走時と反射波強度から、擬似断面図(地中レーダプロファイル)とタイムスライス図を作成して解析した。

図-4 には、代表的なプロファイルを示す。同図において、左縦軸は換算深度(m)、右縦軸は走時(ns)、横軸は距離程(m)を示す。探査結果からは、異物からの上に凸の放物線状のパターンや多数の異物(群集)からの反射パターン、地盤の層相境界を示す線形の反射(リアルライン)などの特徴的な反射パターンの他に、周囲に比べてレーダ波の減衰が非常に大きな領域が認められた。

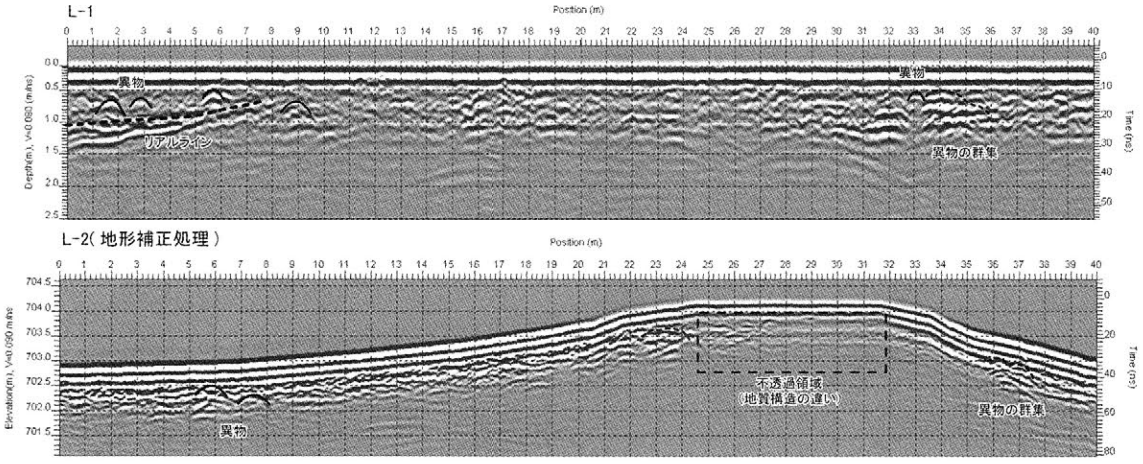



図-4 代表的な地中レーダプロファイル

また、図-5 には代表的なタイムスライス図を示す。2ns 毎に時間を変化させて深度方向の平面マッピングを行った。反射強度を濃淡で表現し、強い反射強度を白色、弱い反射強度を黒色で表している。同図では地中レーダプロファイルにおいて、異常反射記録が得られた「異物」、「リアルライン」、「不透過領域;(レーダ波減衰大の領域)」に分類して表記した。

「異物」からの反射は、調査地全域にわたって点在している。このうち、12ns(GL-0.54m)以深のタイムスライス図では、調査地中央部において、北北東-南南西方向に直線的に分布している。また、14ns(GL-0.63m)以深の調査地北西側の領域では「異物」を示す反射が概ね四角形の規則性をもった分布を示し、主として人工的な遺物や構造物を示す可能性が考えられる。

調査地南部の墳丘直下では、不透過領域(レーダ波の減衰が著しい領域)が概ね四角形と規則性を有する分布を示す。また、この領域を取り囲むように異物の存在を示す反射が検出される。これらの多くは、複数の反射の集合体(異物の群集)を成している。さらに墳丘の裾野付近においても異物の群集と思われる反射が検出された。

22ns(GL-0.99m)以深の調査地北西側ではリアルラインが検出される。この境界は若干西下がりの構造を示している(図-5)。

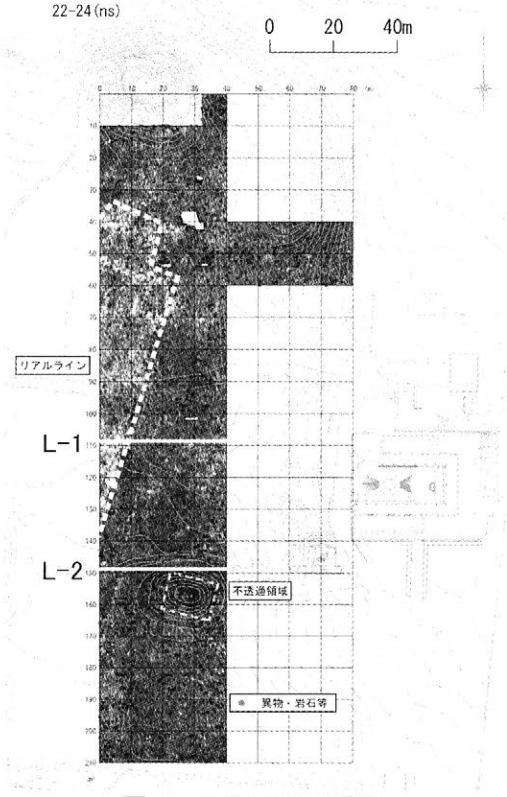



図-5 タイムスライス図
(22-24ns;解析深度 0.99～1.08m)

## 4. おわりに

今回得られた応答波形は分布形態から考古学遺構や遺物を示す可能性が高いと考える。さらに追加探査を行い、全貌を明らかにしていきたい。そして、発掘調査等により検証されることで考古探査の実用性をさらに高めていくことができると考える。

**謝辞**

現地調査を進めるに際して、ご協力頂きましたエルサルバドル文化庁文化・自然遺産局の柴田潮音氏、鹿児島市教育委員会文化財課の吉留正樹氏、京都外国語大学大学院の植村まどか氏に深謝いたします。

# 鬼ヶ浦横穴墓群の地中レーダ探査

## GPR survey at Onigaura tunnel tombs

○水永秀樹（九州大学）、田中俊昭（同左）、池田啓介（同左）
○Hideki MIZUNAGA, Toshiaki TANAKA, Keisuke IKEDA (Kyushu university)



### 1. はじめに

福岡県糟屋郡篠栗町の篠栗九大の森は、九州大学福岡演習林の西端にあり、篠栗町と九州大学が共同で整備、管理を行っている。この篠栗九大の森の遊歩道沿いには、鬼ヶ浦横穴墓群と呼ばれる5基の横穴墓が確認されている。鬼ヶ浦横穴墓群のうちの2号横穴墓と3号横穴墓に関しては、森の中央にある蒲田池を周回する遊歩道の直下を横切る方向に伸びている可能性があり、横穴墓が崩落する危険性が指摘されている。そこで、この2基の横穴墓の玄室の広がりを把握し、横穴墓の崩落の危険性の有無を確認するため、地中レーダ探査による遺跡探査を実施した。

### 2. 地中レーダ探査の概要

鬼ヶ浦横穴墓群の2号横穴墓と3号横穴墓を横切る遊歩道沿いで、地中レーダ探査を実施した。調査日は平成28年2月22日で、2号横穴墓の周辺と3号横穴墓の周辺の二箇所に分けて調査を実施した。図1に、調査区域の位置を示す。目視による観察では、遊歩道の土壌は風化した花崗岩(マサ土)であり、粒子の粗い砂で構成されていた。また、遊歩道は前日の雨のため、調査時にはかなり湿潤な状態であった。図2には本調査で使用した地中レーダ探査装置の写真を示す。なお、今回用いた地中レーダのアンテナの中心周波数は250 MHzである。

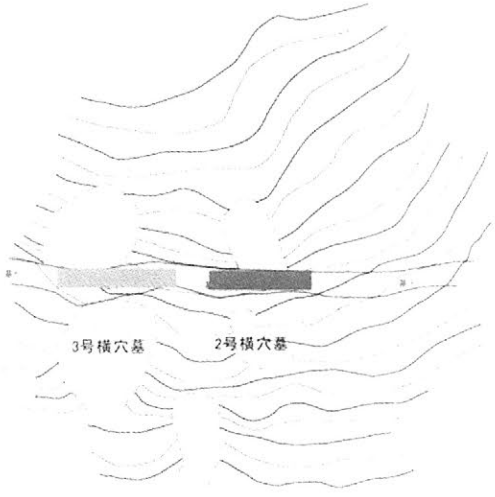



図1 鬼ヶ浦横穴墓群での地中レーダの調査区域



図2 調査に用いた地中レーダ探査装置

### 3. 地中レーダの解析結果

ここでは解析結果の例として、明瞭な反射応答が観測された3号横穴墓の結果を示す。最初に3号横穴墓周辺の遊歩道で得られた浅部と深部の深度スライスを図3に示す。この図から、浅部(図3左)では降雨の影響と考えられる強い反射応答が広範囲に分布していることがわかる。また、深部(図3右)の深度スライスの中央部付近には、横穴墓の空洞部分と考えられる局所異常が現れている。この局所異常の分布は、調査区域の西端から距離程3.5mから5.5mの範囲で、その深度は遊歩道の地下1m程度である。図4に、この調査区域の中心部を横切る測線での地中レーダプロファイルを示す。このプロファイルから、深度0.4mまでに雨水の影響と思われる強い反射応答が縞状に現れていることがわかる。また、プロファイルの中央部付近には横穴墓の玄室の天井部分と思われる反射応答が観測されている。この反射応答の深度は0.8m程度である。さらに距離程6.5m、深度1.2mの場所にも明瞭な反射面が現れているため、この場所にはもう一つ別の横穴墓が存在する可能性が考えられる。

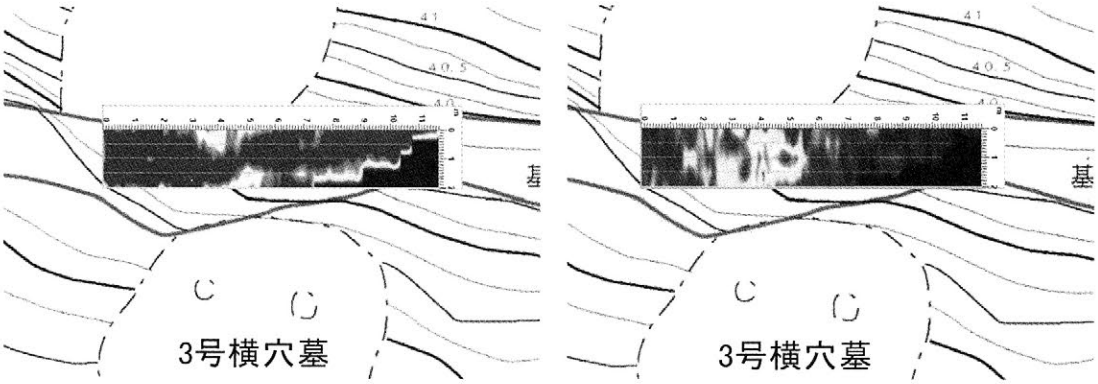



図3. 3号横穴墓地区の浅部の深度スライス(左：深度0.3～0.4 m)と深部の深度スライス(右：深度0.8～0.9 m)

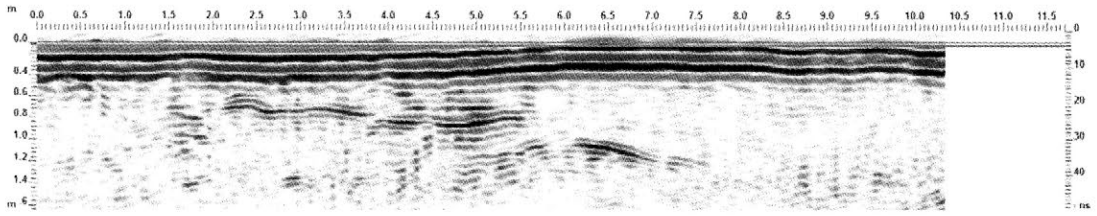


図4. 3号横穴墓地区の調査領域中央部の地中レーダプロファイル

### 4. まとめ

鬼ヶ浦横穴墓群の2号横穴墓と3号横穴墓の2基の横穴墓の玄室の広がりを把握し、横穴墓の崩落の危険性の有無を確認するため、地中レーダによる遺跡探査を実施した。その結果、両区域で横穴墓の玄室と思われる反射応答を検出できた。また深度スライスから推定される玄室の幅は約2mで、一般的な横穴墓の玄室の規模とほぼ一致する。それぞれの横穴墓の玄室までの深度は、遊歩道の直下1m程度であるが、その上部の深度0.4mまでは雨水の浸透が顕著で、風化が深部まで進行していると考えられるので、横穴墓が崩落する危険性が高いと判断できる。

# 壁面からの探査の有用性と土橋での研究例

# GPR study of the earthen bridge from the wall

○泉吉紀（富山大学），酒井英男（富山大学），中埜貴元（国土地理院），
中村和之（函館工業高等専門学校）
○Yoshinori IZUMI, Hideo SAKAI (University of Toyama), Takayuki NAKANO(GSI of Japan),
Kazuyuki NAKAMURA(National Institute of Technology, Hakodate College)



## 1. はじめに

地中レーダ（GPR）探査は様々な遺構において，発掘の事前調査，或いは発掘が行えない史跡等で有効な調査法となっている（酒井他，1999 等）．本研究では，従来殆ど行われていない遺構の壁面からの探査研究を行った．茨城県つくば市の建築研究所において探査方法の検討・改良のための基礎データを取集し，それを基に，富山県高岡市の高岡城跡・本丸土橋の内部構造を石垣の壁面から探った．また，壁面から適用ではないが，国の史跡である北海道日高郡シベチャリ川流域チャシ跡群のメナチャシ跡，富山県氷見市の柳田布尾古墳において，土橋・陸橋を対象とした研究を行い

## 2. 壁面探査の有用性

壁面探査は，トンネル壁の空洞探査（田中，2007 等）に用いられるが，その対象深度は数 10cm 程と浅く，より深部を対象とした研究は少ない．本研究では，建築研究所・地盤実験棟に製作された擁壁試験体を対象に，壁面探査の有用性の検討を含め，探査の基礎データを得ることにした．

擁壁試験体は表面より擁壁ブロック，裏込コンクリート，裏込材（砕石），盛土で構成され，盛土地盤から下部は水で飽和した状態である．図 1 に，擁壁面を縦方向に走査した探査結果の例を擁壁試験体と合わせて示す．表層の擁壁ブロック，擁壁と盛土の境界（0.75m）が明瞭に把握

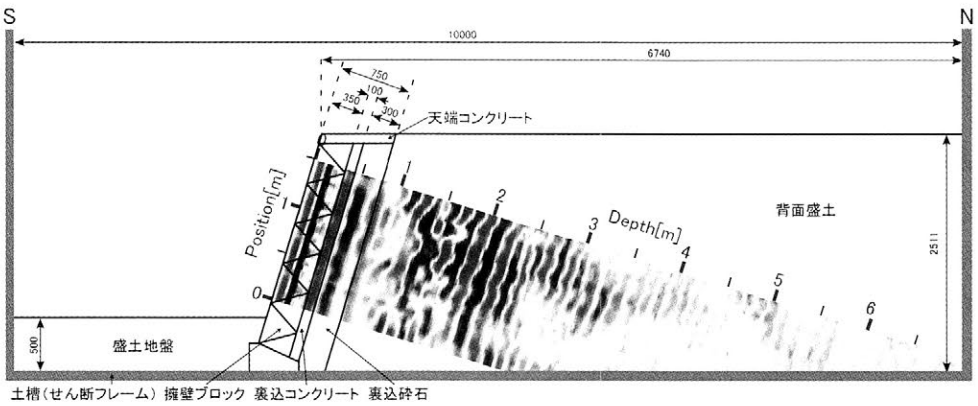



図 1 250MHz アンテナを用いた代表的な探査結果（擁壁試験体と表示）

できる．盛土下部では水によるレーダ波の減衰も確認された．以上の様に，GPR で擁壁内の構造が検討でき，比較的深部を対象とした壁面探査の基礎データが収集できた．それを基に，高岡城跡・本丸土橋において，石垣面からの探査で内部構造を探った．図 2 に代表的な探査結果を示すが，石垣の表面から 1m 深部に，石垣と盛土の境界（裏込）が得られ，盛土内部にも層境界が認められた．土橋上部の探査結果と合わせて検討することで，土橋の盛土と地山の境界や，一旦，地山を削った後に 2 回の盛土を施して構築されたことがわかり，壁面からの探査研究が新たな情報源として活用できることが示された．

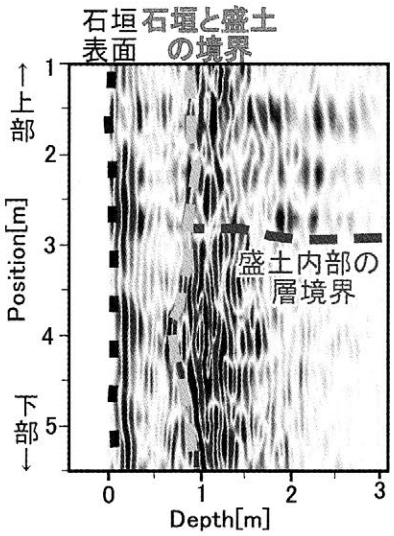



図 2 石垣面からの探査結果

### 3. 土橋・陸橋の探査研究

土橋を対象とした研究は，シベチャリ川流域チャシ跡群のメナチャシ跡でも行った．メナチャシ跡は丘先式のチャシ跡で，長さ約 85m，深さ約 1.5m，幅 3～4m の L 字状の壕で周囲と強く区切られている．チャシの中央にも東西を仕切る長さ約 26m の壕があり，東と西の 2 つの郭で構成される．中央の壕は北端で東西の郭を繋いでおり，この結合部分で GPR 探査を行った．探査結果から結合部の地下 1.5m 程に壕底とみられる境界があり，土橋が堀り残しではなく，盛土を施して構築されたことを示している．

また，氷見市の柳田布尾古墳では，トレンチ調査で陸橋が検出された箇所で GPR 探査を行った（中埜・酒井，2001）．探査結果から，陸橋の下に古墳側へ向かう落ち込みが認められた．この反応は近傍の周濠のものと類似しており，周濠が形成された後に盛土が施され，陸橋が構築された可能性を示唆している．こうした土橋や陸橋下の構造に関する調査例は少なく，GPR による非破壊での研究が重要になると考えている．

### 参考文献

酒井英男・Dean.Goodman・田中謙次（1999）：考古学および雪氷学における地中レーダ探査法，地質ニュース，vol.537，16-23.

田中正吾（2007）：電磁波レーダを用いた鉄筋コンクリート構造物のクラック・空隙の検出，計測自動制御学会論文集，Vol.43，No.9，計測自動制御学会，716-724.

中埜貴元・酒井英男（2001）：地中レーダ探査による柳田布尾古墳の構造の研究，柳田布尾古墳，氷見市教育委員会，38-55.

# 出雲大社勢溜の鳥居の柱の超音波探査
# Ultrasonic Inspection of the Pillars of Seidamari No Trii(Shinto-Shrine Gate) of Izumo Taisha

○足立和成(山形大学)，柳田裕隆（同左），高田一樹（同左），吉川遼太郎（同左），
武内貴裕（山形大学），武田雄大（同左），倉林和希（同左），
渡辺裕二（拓殖大学）



○Kazunari Adachi, Hirotaka Yanagida, Kazuki Takada, Ryoutaro Yoshikawa, Hirotaka Takeuchi, Yudai Takeda, Kazuki Kurabayashi(Yamagata Univ.), Yuji Watanabe(Takushoku Univ.)

## １．はじめに

２０１５年９月９日に出雲大社にある大型の鳥居の一つである木製の「勢溜の鳥居」の柱の超音波探査を行ったので、その結果を報告する。

## ２．超音波音速ＣＴシステムについて

図１に、著者らが開発し、今回の探査に使用した、文化財建造物健常度探査用超音波音速ＣＴシステムの概要を示す。本システムは、１８本の超音波パルス送受波器（プローブ）とそれらを探査対象である柱等の構造部材の周囲にホルダーとワイヤー（もしくはフレーム）で容易に固定できる機構を持ち、一台のラップトップコンピュータで、システムを構成している機器群を、ＵＳＢインターフェースを介して統括的に制御しつつ、プローブ間の超音波パルスの透過伝搬時間（ＴＯＦ）測定を自動的にできるようになっている。

測定では、まず探査対象の円形断面周囲に図のように等間隔（測定断面の中心角にして２０°ごと）に固定された各プローブの送受信モードを電気的に切り替えながら、断面内を通る１５３の経路について、その上での超音波パルスのＴＯＦを測定し、次にそれらプローブの位置を、断面中心角にして１０度づつずらし、同様に１５３の経路についてＴＯＦを測定する。それらの合計３０６の伝搬経路のＴＯＦのデータを基に、探査対象断面を後で音速分布の形で可視化する。

外部ノイズの影響などを低減し、測定の精度を上げるため、一つの伝搬経路につき２５６回測定した信号の積算処理の結果から、その伝搬経路のＴＯＦを求めている。従って、全経路に対して７万８千３２４回の測定を行っていることになる。

## ３．探査対象となった鳥居と探査箇所

超音波探査を行ったのは、１９６０年に建造された木製（材質は台湾檜）の「勢溜の鳥居」の両柱の下部で、その石の基礎から高さ約１３５cmの高さまで、打ち付けられた根巻板に覆われており、その上縁には雨水の侵入を防ぐため銅製の水切板が差し込まれている。

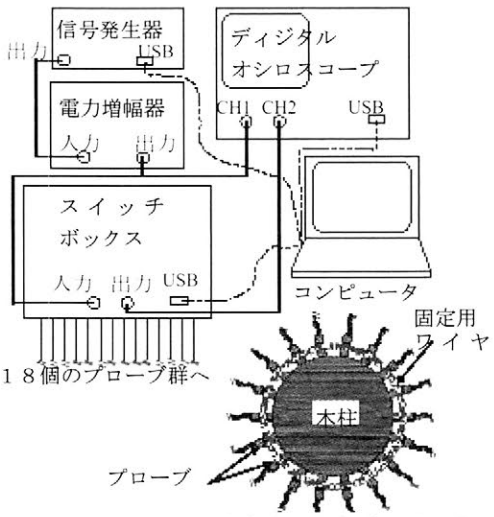



図１　開発された文化財建造物健常度調査用超音波音速ＣＴシステムの構成図。

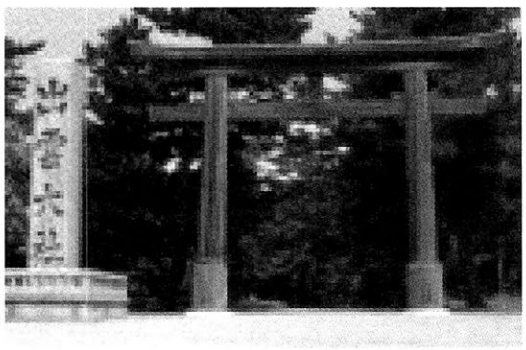


図２　出雲大社勢溜の鳥居の外観。探査対象となった柱最下部（太く見えるところ）には根巻板が打ち付けられているが、探査時には取り外された。根巻板上部には雨水などの侵入を防ぐための銅製の水切板が差し込まれている。

社殿に向かって左側の柱については、基礎からの高さが１４０cmのところと１３５cmのところ、右側の柱については、基礎からの高さが１３５cmのところの円形断面の探査を行った。根巻板で覆われた部分の内部の状況を詳しく知るため、探査時はそれらと水切板は取り除いている。これら３か所の円断面の直径は、約８２cm（円周約２５７．５cm）であった。

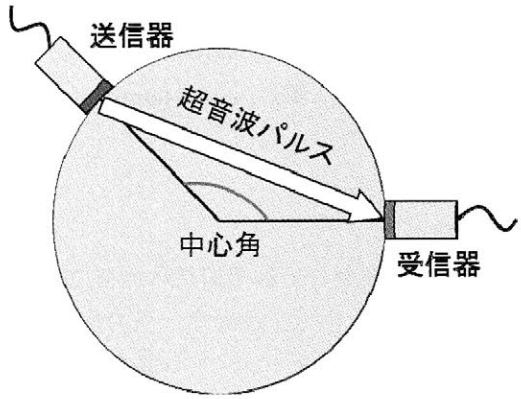



図３　探査断面における音波伝搬経路の中心角

## ４．探査結果

左右の柱のいずれの探査断面においても、超音波の減衰が著しく、超音波パルスを受信できない音波伝搬経路が多数あった。図３に定義される探査断面における伝搬経路の中心角ごとに、そうした超音波パルスを受信できなかった伝搬経路の数を整理したのが表１である。左側の柱の２断面については、その中心部付近を通る伝搬経路の全てで、超音波パルスの伝搬を確認出来なかったが、右側の柱の断面では、中心部付近を通る伝搬経路でもいくつかの場合で、音波伝搬を確認できた。そこで右側の柱の断面のみ画像再構成を試みた。その際、ＴＯＦは受診信号がその最大振幅の10%を超えた時を受信時点として求めている。また、超音波パルスが透過しなかった伝搬経路のＴＯＦについては、超音波パルスの透過が確認できた同一中心角の伝搬経路中の最も大きなＴＯＦを１０倍した値で補った。その結果が図４である。実際のシステムでは音速分布がカラー階層表示されるが、ここではグレースケールで表示されており、暗い部分ほど音速が大きい。中心部から右上の外周部の広い範囲にわたって著しく低音速の部分が広がっていることが分かる。

表１　超音波が受信できなかった伝搬経路数

| 中心角 | 伝搬経路総数 | 受信不可伝搬経路数 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 左側下 | 左側上 | 右側 |
| 20° | 36 | 4 | 4 | 5 |
| 40° | 36 | 15 | 18 | 8 |
| 60° | 36 | 17 | 27 | 14 |
| 80° | 36 | 23 | 31 | 18 |
| 100° | 36 | 26 | 34 | 19 |
| 120° | 36 | 32 | 36 | 23 |
| 140° | 36 | 33 | 34 | 25 |
| 160° | 36 | 36 | 36 | 29 |
| 180° | 18 | 18 | 18 | 14 |
| 合計 | 306 | 204 | 238 | 155 |

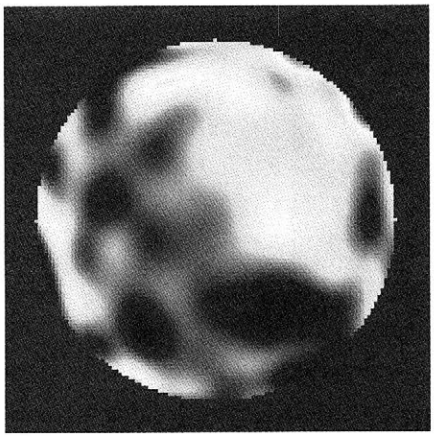


図４　出雲大社の「勢溜の鳥居」の右側の柱の断面（石の基礎から１３５cmの高さ）の音速分布による再構成画像。画面下が北（社殿方向）。音速分がグレースケールで表現されており、暗い部分ほど音速が大きい。実際はカラー階層表示される。

**謝辞**

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(A)（課題番号 25242023）を得て行われている。また、探査実験に際しては出雲大社並びに(公財)文化財建造物保存技術協会設計監理事務所（所長：岡信治氏）の関係者の皆様に、多大のご協力を賜った。ここに心から感謝申し上げる。

**参考文献**

坂本隆宏他「時国家住宅の超音波探査」,,文化財と探査（日本文化財探査学会誌），Vol.6, No.1, p.26,(2005)

# エジプト・ハルガオアシス・アルザヤーン神殿周辺の時間領域電磁誘導探査(TDEM)による地下構造推定

# Time Domain Electro-Magnetic Survey around El-Zayyan Temple in Kharga Oasis, Egypt

○亀井宏行（東工大）、渡邊真紀子（首都大学東京）
Abbas Mohamed ABBAS(National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Egypt)
○Hiroyuki KAMEI(Tokyo Institute of Technology), Makiko WATANABE( Tokyo Metropolitan University),



## 1. はじめに

エジプト・ハルガオアシスにあるグレコローマン時代のアルザヤーン神殿遺跡の西側 2km ほど離れたところにゲベル・シーワ(Gebel Siwa)という小山があり，山上にはカナートの痕跡が残っている。また，西山麓にはローマ時代の井戸群が残っている。ゲベル・シーワの東麓からアルザヤーン神殿方向に向かう水路の痕跡も多数残っており，神殿のさらに東側には耕作痕も残っている。古代においてゲベル・シーワ周辺の地下水に水源を求めて東側に傾斜する地形に沿って導水し灌漑農耕を行っていたと推測される。そこで地下の帯水層の情報を得るために，時間領域電磁誘導探査(TDEM)法を用いて，地下構造推定を行った。

## 2. 時間領域電磁誘導探査法

時間領域電磁誘導探査法は地下水や金属鉱床を探す電磁誘導探査法の一種で，送信ループに流しておいた電流を切った直後から発生する二次磁場の時間変化を観測することで，地下の垂直方向の導電率（抵抗率）分布を測定する調査法である。使用装置は SIROTEM MK3(Geoex 製, Australia)で，電流ループは一辺 50m の方形に取った。探査限界はループ径の 3 倍程度で，150m 程度の深度までの導電率分布が得られる。図 1 に示すアルザヤーン神殿とゲベル・シーワの周囲の 35 地点で探査を実施した。探査期間は 2012 年 12 月 17 日～21 日であった。

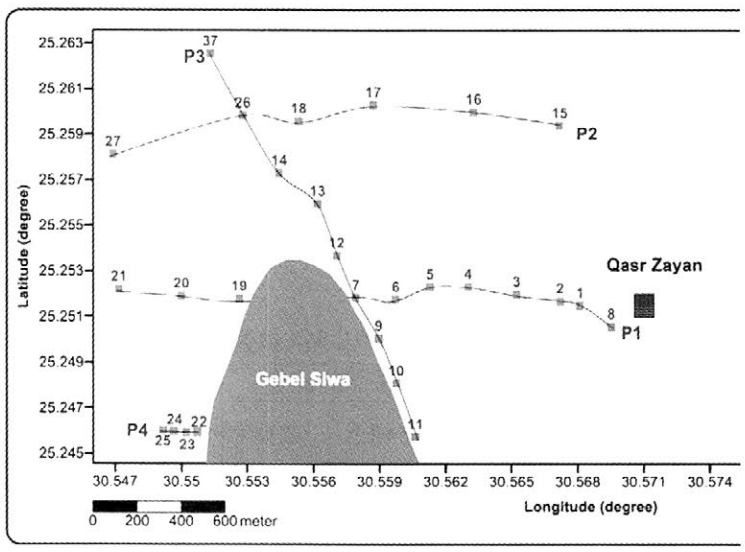



図 1. 観測地点配置（7 地点は領域外にて非表示）

## 3. 探査結果

図 1 の地点 21 から 8 へ連なる測線 P1 に沿った地下構造推定結果を図 2 に示す。ゲベル・シーワの山頂には墳墓があるため山体の調査を許可されなかったので，地点 19 と 7 の間は空白

で表示した。地中に示した数値は，抵抗率を表している。西から東へ緩やかに傾斜する地表面に沿うような４層の構造をしてしている。深い地層ほどその傾斜は大きい。ゲベル・シーワの最高点は 80m なので，この空白域では地層の不連続が生じている可能性が高い。表層（第１層）は，基盤を形成する砂岩，泥岩等の風化層で，低−中抵抗率を示している。ゲベル・シーワの東側は比較的高抵抗率であるが，西側に行くに従って農耕や灌漑の影響で低い抵抗率を示すようになる。第２層は極端に低い抵抗率を示す層である。シルト，粘土，頁岩の挟み込み構造となっていると推定され，含水率も高いと想像される。第３層は，第２層より高い抵抗率を示しており，粘土分の多い地層（砂質埴土）で，第２層に水分を蓄積させる作用をしていると思われる。最下層は高抵抗率を示しており，北東サハラの基盤を形成しているヌビア砂岩層である。この砂岩層は，厚さが数百 m から 3km に達する厚い層で，豊富な真水を含んでおり，この地域でも現在は深さ数百 m の井戸を掘りこの水を利用している。古代においては，第２層が地下水の供給源であったと思われる。

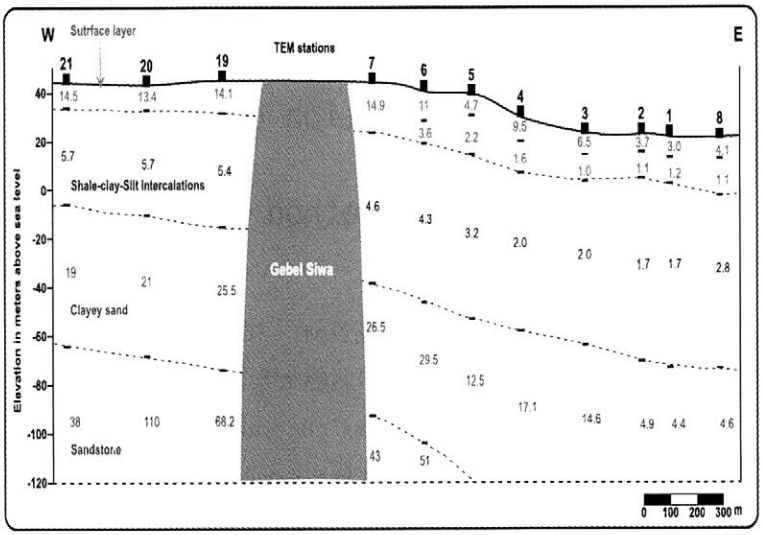



図 2. 測線 P1 の地下構造推定結果

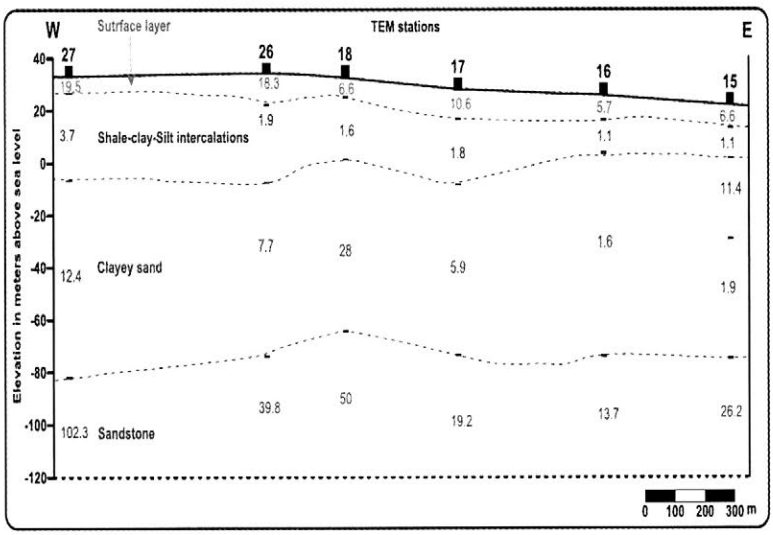



図 3. 測線 P2 の地下構造推定結果

図３には，測線 P1 の数百 m 北の測線 P2 の推定結果を示す。地点 18 において各層が浅くなっているのが見てとれる。ゲベル・シーワの西麓を北上し地点 26 と 18 の間を通る方向に走る断層があるのではないかと推定される。

## 4. むすび

ゲベル・シーワの西麓に断層破砕帯があり，第２層の帯水層からの地下水をローマ時代から灌漑に利用していたのであろう。第２層は抵抗率が非常に低いので，この地下水は塩分濃度も高いと思われる。近現代の灌漑による塩類集積もあろうが，古代においても塩分濃度は高かったと思われる。

本研究は平成 23-26 年度科学研究費補助金（No.23254001，代表：亀井宏行）による。

# ミューオンラジオグラフィーによる西乗鞍古墳埋葬施設の研究

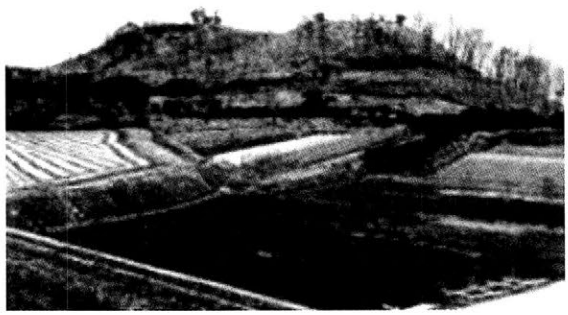
# Investigation of Nishinorikura tomb by the method of muon radiography

○石黒勝己*, 西藤清秀*, 毛登優貴**, 石田大輔***
(*奈良県立橿原考古学研究所, **名古屋大学理学研究科, ***天理市教育委員会)
○K. Ishiguro*, Kiyohide Saito*, Daisuke Ishida**, Yuki Moto***
(*Archaeological institute of Kashihara, Nara prefecture, ***Nagoya University, **Tenri city educational committee)



## 1. 目的

西乗鞍古墳は奈良県天理市に位置し、隣接する東乗鞍古墳や西山古墳などと合わせて柚之内古墳群を形成する。古墳の全長は約118m, 後円部径約66m, 高さ約18mを測る前方後円墳である。築造時期は天理市教育委員会の発掘調査による出土の埴輪等から5世紀後葉と考えられている。この古墳の埋葬施設は、秋田大学の地磁気電流法探査[1]により石室の位置が示されているが、それが石室の存在を示しているかは明確ではない。そのため本研究ではミューオンラジオグラフィーにより墳丘内の物質密度のデータを得ることによって墳丘内の空間の存在や石材の存在を明らかにし、埋葬施設にかかわる情報を提供する。



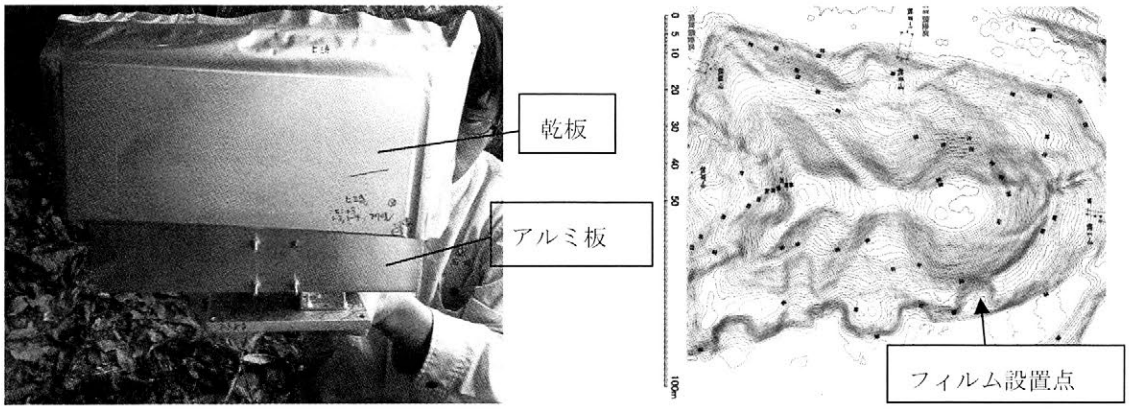
図、天理市西乗鞍古墳

## 2. 方法

物質外部からの非破壊検査の例としてレントゲン写真がある。これはX線が密度の高い骨などは透過しにくく、肉の部分は透過しやすいことを利用して体内画像取得に利用されている。しかし人体以上の大きさのものになると透過X線が無くなるため適用が出来ない。一方で電子の仲間である素粒子、ミューオンは透過力が高く、1km程度の大きさのものにまで内部透視に利用できる。ミューオンは宇宙線として空から常時降り注いでいるため、この本数および飛来角度を検出することで古墳墳丘内部の密度分布を取得できるが、検出には特別な検出器が必要である。我々はこれまでに吉野郡大淀町大岩古墳で原子核乾板を用いてテストを行い、古墳石室検出にミューオンラジオグラフィーが有用であることを示している[2]。

3. 実施内容

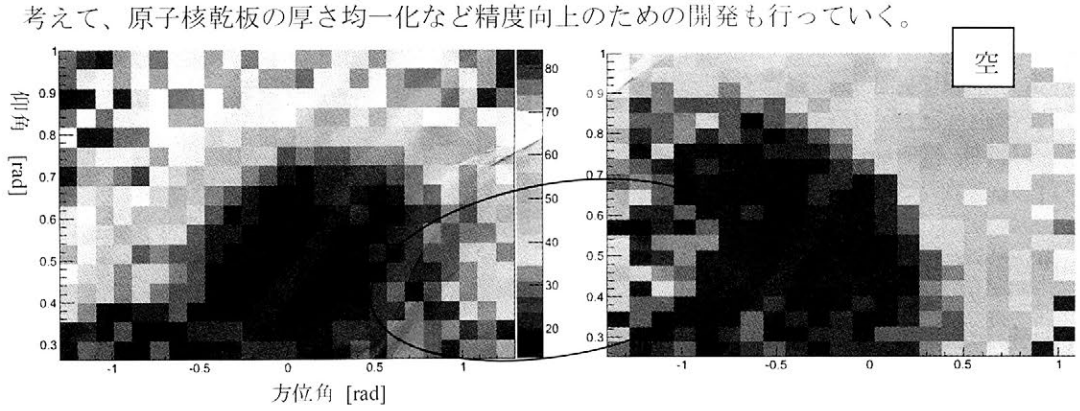
原子核乾板は写真フィルムを改造し、すべての荷電粒子の飛跡が写るようにした物である。角度分解能に優れ、コンパクト化可能、電源不要なので古墳におけるミューオンラジオグラフィーの検出器としてうってつけである。 我々は大きさ30cm*12cm*厚さ0.3mmの原子核乾板を製造し、西乗鞍古墳外部に3週間、見込み角を変えて２セットを設置した。現像後原子核乾板中の飛跡を顕微鏡ステージで読み取り、墳丘の場所ごとにミューオン透過率の差を調べることで埋葬施設の空洞によって出来る低密度部分を探した。




**左図、設置した検出器:原子核乾板をパッキングし、アルミ板の治具に張り付けた構造である。これを右図のフィルム設置点の地面に3週間置いた。**

4. 結果、展望

中央部、観測点から仰角0.5radianの方向に宇宙線ミューオンの透過量が高い低密度部分があることを検出した。奥行き方向の空洞の長さなどの３次元情報も今後設置箇所を増やすことで得られることが期待される。さらに、検出器をより遠くにしか設置できない大規模古墳での実施も考えて、原子核乾板の厚さ均一化など精度向上のための開発も行っていく。




**図、ミューオンの透過率の分布:設置角度を変えて2枚に分けてデータを取得している。いずれの場合も透過量が低くなると期待される墳丘中心部、仰角0.5radian付近の透過率が周辺に比べて高くなっている。**

参考文献　1 西谷忠師 「天理市西乗鞍古墳の地磁気地電流法探査」『遺跡探査ニュースレターNo. 19』(1996. 9. 30)
2 石黒勝己 西藤清秀 松田度 「宇宙線ミューオンを用いた古墳埋葬施設の解析」『2014 年度 日本文化材科学会概要集』(2014 年 6 月)

2日目
6月5日
A会場
B会場

# 被災動物標本データベースを用いたマッチング作業による博物館台帳の再構築 ―陸前高田市立博物館所蔵動物遺存体を中心として―

Reconstructing a Museum Ledger Using Matching Method Based on the Database of Damaged Animal Specimen - Centering on the Animal Remains in the Rikuzentakata City Museum -

○富岡直人（岡山理大）Naoto TOMIOKA、熊谷賢（陸前高田市立博物館）Masaru KUMAGAI、江川達也（岡山理大）Tatsuya EGAWA、櫛田楓（岡山理大）Kaede KUSHIDA

## はじめに

東北地方太平洋沖地震の巨大津波で被害を受けた陸前高田市立博物館は、館内外より回収した動物遺存体（遺跡出土資料＋現生標本）の救出を行い、岡山理大ではその資料整理と台帳再生に取り組み、被災動物標本の画像データベースを製作している［富岡他2015］。本稿は、その中での骨格標本のマッチング法について詳論する。

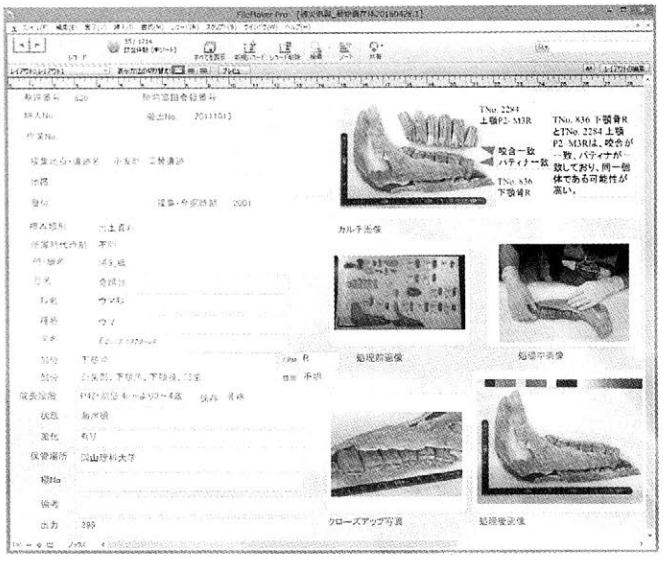


図1 カード型データベース画面　File Maker Pro 13

## 1. データベースの構造と登録方法

このデータベース作成作業は、2011年5月以来、岡山理大と陸前高田市博が継続的に行い、File Maker Proで画像を含むデータ管理をしている。

データベースの構造は、松井章［1986,1990］による出土動物遺存体データベース登録法（略称松井メソッド）を踏襲した。記録する項目は、出土地（採集地）、動物分類、部位、LRM、部分、性別、成長段階、破損状況、色調、風化、計測値を設けている（図1）。登録フローは、図7の通りで、クリーニング作業・安定化処理と並行して行う整理番号登録に始まり、経過も判るように処理前・処理後の画像記録も行っている。ただし、当初の一次洗浄は、搬入直後に集約的に実施されたため、処理前写真は2次洗浄の前のものとなっている。



図2 画像データベース用写真撮影作業

## 2. 骨格のマッチング作業

クリーニング・安定化処理終了資料については、データベースを検索し、同属あるいは同種の標本を集めて、成長段階や大きさから類似個体や同一個体のまとまりを探り、おおまかな分類を行う。その後に関節・咬合面の接合を確認し、破損部分、成長度、大きさを比較するマッチング作業を実施する（図3.4）。マッチングには、以下の①～⑤のような分類の段階がある。

① 同一部位に由来すると考えられるもの.

② 同一個体に由来する別部位で、関節・咬合面が合致すると考えられるもの.

③ 同一個体に由来する別部位で、関節・咬合面が



図3 マッチング作業（関節の接合関係確認）

合致しないと考えられるもの.
④　同一個体に由来するかは不明確ながら、成長段階や大きさが類似しているもの.
⑤　成長段階や大きさが異なり、確実に別の個体に由来すると推定されるもの.

さらに、骨格の風化（カルシウム分の溶脱やビビアナイトの析出)、パティナ（錆色）の具合も検討し、同一個体に由来する可能性が高いかを検討する。以上のポイントでチェックされる階層的なマッチングの所見は備考欄に記録する。なお､骨格の識別には整理番号(TNo.)を用いる。同一になった骨格は「両替遺跡ウマ No.1」といった補助的な名称を記している。

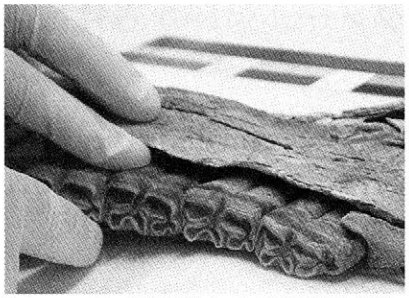


**図４マッチング作業としての復元接合作業**
小破片と臼歯を下顎体に接合している様子

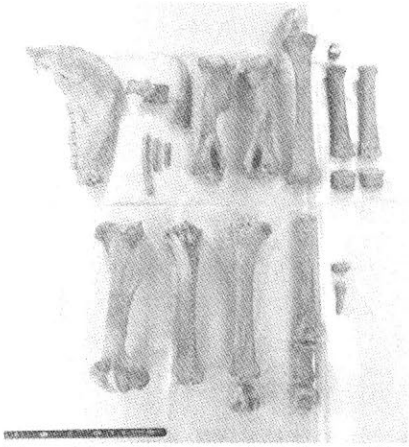


**図５　同一個体と推定されたウマ１骨格（両替遺跡出土）**

## 3. まとめ

台帳が失われた被災文化財の整理には、所見をまとめて登録・検索するツールとして松井メソッドを用いた画像データベースが有効で、さらに同一個体に由来する各部位の関連を復元するにはマッチング作業が欠かせないことが指摘できる。

本プロジェクトでは、オープンソース化にも取り組みつつある。ただし、市民が利用することを念頭にしているため、ここに示す詳細データの検索はできないシステムである。市民への公開は、専門家がマッチング作業を行った上で資料グループでの提示をすることとしている。

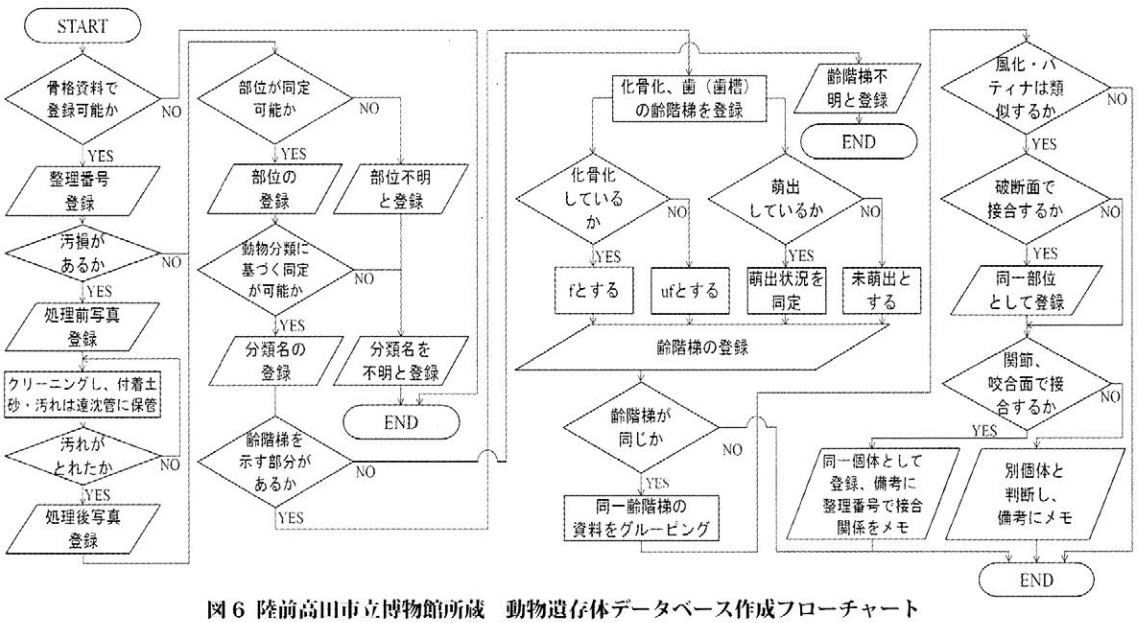



**図６ 陸前高田市立博物館所蔵　動物遺存体データベース作成フローチャート**

【謝辞】
データベース作成には陸前高田市立博物館の各位、友野印刷岩尾真二さんに、資料整理作業には山階鳥類研究所、西尾製作所、富岡ゼミ、岡山理大環境考古学研究会のメンバーに多大なるご協力を頂いた。

【引用文献】
富岡直人・熊谷賢・江川達也・岩尾真二 2015「陸前高田市立博物館被災剥製資料データベース構築の方法論的検討」『日本文化財科学会第 32 回大会研究発表要旨集』(日本文化財科学会第 32 回大会事務局) pp. 82-83
松井　章 1986「亀井遺跡（切り広げ部）出土の動物遺存体」『亀井（その 2)』(大阪文化財センター) : pp. 423-484
松井　章 1990「3　伊木力貝塚出土の動物遺存体」『伊木力貝塚　長崎大村湾沿岸における縄文時代低湿地遺跡の調査』(多良見町教育委員会) : pp. 390-425

# クメール遺跡から採取された鉄スラグおよび鉄鉱石の化学組成から推定される鉄鉱石の供給源

# Provenance of iron ores deduced from the chemical compositions of iron slags and ores taken from the Khmer monuments.

○内田悦生(早稲田大学)・村杉元規(同左)・黒田彩香(同左)

○Etsuo UCHIDA, Motoki MURASUGI, Ayaka KURODA (Waseda Univ.)



## 1. はじめに

カンボジアのクメール遺跡では、建築材として砂岩、ラテライトおよびレンガが使用されている。砂岩並びにラテライトの採掘・加工にあたり、鉄製の工具が使用されたことが推測される。これに加え、砂岩材を固定するために鉄製千切りの使用が知られており、これらのことからクメール時代において製鉄が行われていたと考えられる。このことを裏付けるように、コンポン・スヴァイのプレア・カーン(大プレア・カーン)やアンコール遺跡において製鉄の際に発生する鉄スラグが多く発見されているとともに、鉄スラグに伴って鉄の原料となる鉄鉱石が見つかっている。本研究では、これらの場所等において鉄スラグおよび鉄鉱石の採取を行い、X 線マイクロアナライザーを用いて構成鉱物に対する化学組成分析を行い、鉄スラグおよび鉄鉱石の化学組成における地域差を明らかにした。また、古くから鉄鉱石の供給地として知られているプノン・デック(鉄の山の意味)にて鉄鉱石の採取および化学組成分析を実施し、鉄スラグに伴われる鉄鉱石の化学組成との比較を行った。さらに、鉄スラグの中から発見された炭の破片に対して放射性炭素年代測定を行ったので、これらの結果を報告する。

## 2. 鉄スラグおよび鉄鉱石の採取場所

鉄スラグの採取は、大プレア・カーン(15 箇所)、プノン・デック周辺地域(5 箇所)、スヴァイ・ダムナック(大プレア・カーンとプノン・デックの間)、アンコール遺跡(バイヨンおよびプラサート・スープラの発掘現場)の計 23 箇所において行った。また、アンコール遺跡の 2 箇所および他の 1 箇所を除く箇所において、鉄スラグに伴って産する鉄鉱石の採取を行った。これに加え、プノン・デックにて鉄鉱石を産する 2 箇所の露頭において鉄鉱石の採取を行った。

## 3. 分析・測定方法

採取した鉄スラグおよび鉄鉱石の破片をエポフィックス樹脂に包埋した後、耐水研磨紙(#80、#180、#800、#1200、#2400)を使用して研磨した後、ダイアモンドペースト(3μm)を用いて琢磨を行った。このようにして作製した研磨片に対して反射型偏光顕微鏡による構成鉱物および組織の観察を行うとともに、代表的な試料に対して、エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー(JEOL JSM6360＋OXFORD INCA ENERGY)を用いて構成鉱物の化学組成分析を行った。また、鉄スラグから発見された炭に対する放射性炭素同位体年代測定を株式会社パレオ・ラボに依頼した。

## 4. 分析・測定結果と考察

### 4.1 反射型偏光顕微鏡による構成鉱物および組織観察

鉄スラグは主として鉄かんらん石とウスタイトより構成される(図1左)。この他に、磁鉄鉱あるいは金属鉄を伴うことがあるが、磁鉄鉱と金属鉄は共存しない。鉄スラグに伴われる鉄鉱石は、磁鉄鉱と赤鉄鉱からなり、赤鉄鉱が磁鉄鉱を交代する組織が見られ、赤鉄鉱は二次生成物であると考えられる(図1右)。プノン・デックから採取された鉄鉱石も同様であり、磁鉄鉱が赤鉄鉱に交代される組織が見られる。

### 4.2 X 線マイクロアナライザーによる鉱物化学組成分析結果

**鉄かんらん石 ($Fe_2SiO_4$)**: 鉄かんらん石に固溶する Mn および Mg 含有量に基づき次の 3 グループに分類される:Mn も Mg もほとんど固溶しないグループ①、Mn および Mg を多く固溶するグループ②、Mn を多く固溶するが、Mg をほとんど固溶しないグループ③。グループ①から②の範囲を示すもの

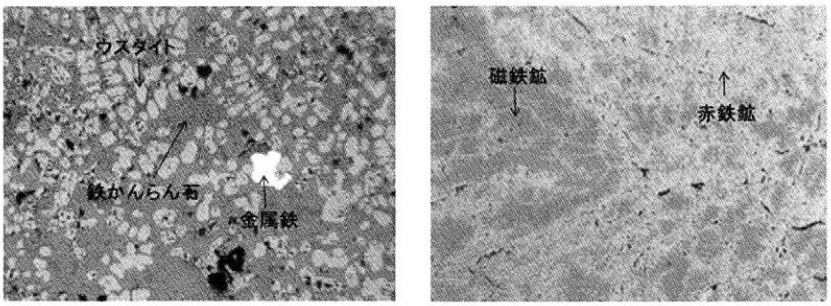



**図 1 代表的な鉄スラグ(左:試料 D-1)と鉄鉱石(右:試料 C-3)の反射型偏光顕微鏡(単ニコル)写真。**

も若干認められる(図2)。グループ②は大プレア・カーンとバイヨンにのみ、グループ③は大プレア・カーンにのみ認められる。

**ウスタイト (FeO)**: Mn をほとんど含まないグループと Mn を若干含むグループとに分けられる。前者は、鉄かんらん石の化学組成に基づくグループ①に対応し、後者はグループ②および③に対応する。

**磁鉄鉱 ($Fe_3O_4$)**: 鉄スラグに伴って産出する鉄鉱石中の磁鉄鉱の化学組成は、Mn も Mg もほとんど固溶しないグループと Mn および Mg を多く固溶するグループとに分けられる。

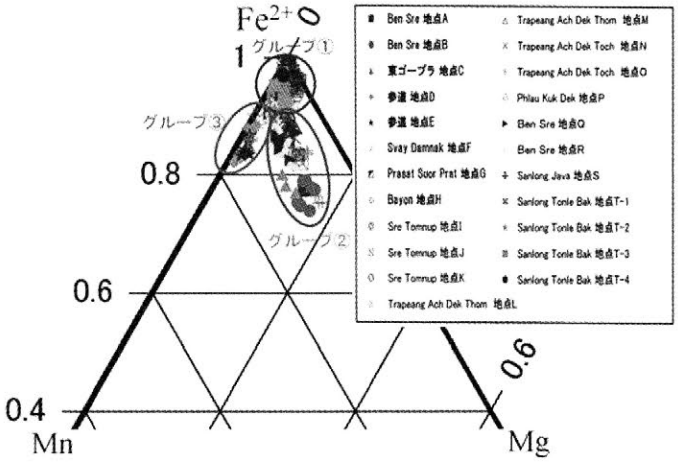



**図 2 鉄スラグの主要構成鉱物である鉄かんらん石 $(Fe,Mn,Mg)_2SiO_4$ の化学組成。Mn および Mg の含有量に基づき 3 つのグループに分けられる。**

鉄かんらん石の化学組成に基づくグループ①は前者に、グループ②は後者に対応するが、グループ③は Mg も Mn もほとんど含まず、前者に対応する。プノン・デックの鉄鉱石中の磁鉄鉱は、Mn も Mg もほとんど固溶せず前者に対応する。

上記の鉄スラグおよび鉄鉱石を構成する鉱物の化学組成から、鉄鉱石の供給源として少なくとも 3 箇所があったことが推定される。

### 4.3 放射性炭素年代測定結果

上記のグループ②および③に属する鉄スラグから見つけられた 5 個の炭の試料に対して放射性炭素年代測定を行った。これらに対する年代測定結果はいずれも 1248～1618 年(2σ)であった。Hendrickson et al. (2013)および Pryce et al. (2014)のデータを加味するとグループ①は相対的に古く、1200 年より前の時代のものであり、グループ②および③はそれ以降のものであると考えられる。

## 5. 考察およびまとめ

採取した鉄スラグおよび鉄鉱石は Fe、Mn および Mg 含有量に基づき 3 つのグループに分けられた。プノン・デックから採取した鉄鉱石は Mn および Mg をほとんど含まないものであった。Mn および Mg に富む鉄スラグおよび鉄鉱石は、主として大プレア・カーンからのものである。また、年代測定結果から Mn および Mg に富む鉄スラグは 1200 年以降の年代を示した。これらの結果から、1200 年頃より古い時代ではプノン・デックから鉄鉱石が供給され、それ以降はプノン・デックとは異なった Mn や Mg に富んだ鉄鉱石を産出するプノン・デック以外の鉱山から鉄鉱石が供給された可能性が推定されるが、このような鉱山に関する情報はまだ得られていない。

# 長野市宮崎遺跡出土の縄文時代玉製品の石材産地

# Production areas of stone materials for the Jomon ornamental beads of Miyazaki Site in Nagano City

○大坪志子（熊本大学）、妹尾一樹（立命館大学）、矢野健一（立命館大学）
○Yukiko OTSUBO(Kumamoto University), Kazuki SENOO, Kenichi YANO(Ritsumeikan university)



## 1．長野市宮崎遺跡出土玉製品の概要

宮崎遺跡は長野県長野市に所在し、遺跡は長野盆地の東南部に聳える保基谷岳に源を発する保科川と赤野田川の形成する複合扇状地に立地する。立命館大学が1994年から2003年にかけて行った調査では縄文時代晩期の遺物が中心に出土し、石棺墓7基、土器棺3基、配石遺構5基、石器製作場などの遺構が検出されている。また、この調査では4mごとにグリットを設定し、現場から土壌をすべて持ち帰り3㎜メッシュのふるいにかけて水洗選別を行っている。そのため、見落としがちな微細資料の検出に成功しており、取りこぼしがほとんどない。

宮崎遺跡からは玉類113点が出土している。これらは丸玉・小玉・管玉・垂飾などの製品48点、未成品や失敗品19点、原材46点を含む。その他、製品加工用の筋砥石も出土しており、本遺跡で各種の玉が加工されていたことが明らかである。いずれも帰属遺構の明確な資料ではないが、出土土器の年代から後晩期にかけてのものと推定できる。以上の資料を対象として、比重測定と蛍光X線分析から石材の産地推定を行った。

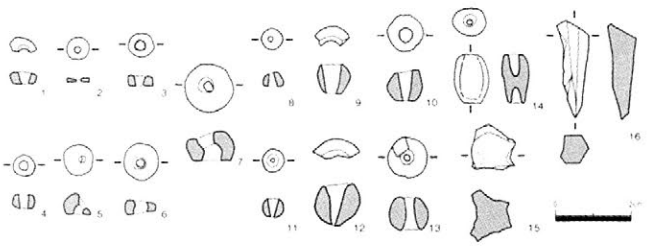


図1　玉製品実測図

## 2．蛍光X線分析による石材産地推定

**全体の傾向**　使用された石材（翡翠（オンファス輝石）・翡翠類似岩・滑石・蛇紋岩）は、当該時期の普遍的な玉の石材であり、近隣や北陸から入手したと考えられる。一方、宮崎遺跡ではクロム白雲母および類似する石材を使用した玉が数点あり、九州から入手したと考えられる。

**九州産クロム白雲母・九州産他石材**　2・3・4は、Al・Si・K・Crの検出パターンからクロム白雲母と判定した。12・13はCrが微量、Kが検出限界値以下（K＜Cr）で碧玉などの玉髄系の石材である。6・16はCrが検出限界値以下、Si・Kが普通～やや多く、その他の石材と判定した。

**翡翠・翡翠類似石材**　8・9・10・11・14・15はオンファス輝石と判定した。1・5・7は翡

翠やオンファス輝石と比較してCaが少なく、翡翠類似岩と判定した。これらは、北陸から入手したと考えられる。1は京都府伊賀寺遺跡出土の玉類と類似している。

**製品、未成品、原材**　滑石・蛇紋岩の未成品や原材の状態から、小玉や管玉の製作を確認できるが、勾玉と判断できるものはない。また、製品は玉ズレ・紐ズレが顕著なものもあり、遺跡内で生産・使用されていたことも明らかである。九州産石材や翡翠（オンファス輝石）・翡翠類似石材による玉は、未成品や原材が少ないことから多くは製品が持ち込まれたと考えられる。

**考察**　本遺跡のクロム白雲母製玉は鮮濃緑ではなく暗緑色を呈するが、九州内出土のクロム白雲母製玉のなかでも認められる。12・13と、6・16の石材による玉も九州の当該期の玉のなかに一定量存在し、後者は福岡県山鹿貝塚の大珠と同じである。クロム白雲母とともに産出すると推察されており、これらは一連のものとして九州から宮崎遺跡に持ち込まれたと考えられる。管見では本報告例が、長野県で初めてのクロム白雲母製玉の確認例で、伊賀寺遺跡出土の翡翠類似岩製玉も伊賀寺遺跡以外では初である。多くの玉が出土した長野県一津遺跡と石材構成はほぼ同じであるが、一津遺跡ではクロム白雲母製玉は出土していない。宮崎遺跡は西日本との情報・物質の交流に積極的かかわった遺跡であることが看取される。

表1　滑石以外石材製品一覧

| 図番号 | 測定番号 | 種類 | 石材 | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MnO | MgO | CaO | K2O | S | Cl | Total (%) | 比重 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | (%) | | | | | | | | |
| 2 | MZ-81 | 小玉 | Cr白雲母 | 38.87 | 4.41 | 43.10 | 0.79 | 0.06 | ND | 3.61 | 9.16 | ND | ND | 100 | 2.70 | Cr(+) |
| 3 | MZ-64 | 小玉 | Cr白雲母 | 43.39 | 0.73 | 38.09 | 4.49 | 0.16 | 5.66 | 2.21 | 5.27 | ND | ND | 100 | 2.50 | Cr(+) |
| 4 | MZ-74 | 小玉 | Cr白雲母 | 38.89 | 0.58 | 38.04 | 3.25 | 0.16 | 11.94 | 5.28 | 1.85 | ND | ND | 100 | 2.59 | Cr(+) |
| 5 | MZ-18 | 小玉 | 翡翠類似岩 | 54.62 | 0.58 | 19.26 | 11.90 | 0.63 | 10.49 | 2.52 | ND | ND | ND | 100 | 2.11 | Cr(+) |
| 6 | MZ-17 | 小玉 | その他（山鹿タイプ） | 44.18 | 0.36 | 46.99 | 0.41 | 0.02 | ND | 0.36 | 7.67 | ND | ND | 100 | 2.57 | |
| 7 | MZ-9 | 小玉 | 翡翠類似岩 | 38.44 | 0.65 | 26.19 | 10.14 | 0.23 | 19.10 | 5.25 | ND | ND | ND | 100 | 2.76 | Cr(+) |
| 8 | MZ-25 | 丸玉 | 翡翠（O） | 49.20 | 0.28 | 17.34 | 3.29 | 0.09 | 6.77 | 23.04 | ND | ND | ND | 100 | 2.95 | |
| 9 | MZ-8 | 丸玉 | 翡翠（O） | 56.07 | ND | 22.00 | 1.84 | 0.04 | 5.27 | 14.78 | ND | ND | ND | 100 | 2.95 | |
| 10 | MZ-73 | 丸玉 | 翡翠（O） | 50.88 | 0.16 | 16.24 | 3.21 | 0.08 | 9.29 | 20.13 | ND | ND | ND | 100 | 2.77 | Cr(+) |
| 11 | MZ-40 | 丸玉 | 翡翠（O） | 55.05 | ND | 32.50 | 1.01 | 0.05 | 2.35 | 9.04 | ND | ND | ND | 100 | 2.95 | |
| 12 | MZ-20 | 丸玉 | その他（小島タイプ） | 61.74 | ND | 8.21 | 6.16 | 0.13 | 19.98 | 3.78 | ND | ND | ND | 100 | 2.75 | Cr(+) |
| 13 | MZ-6 | 丸玉 | 碧玉（小島タイプSi強） | 89.06 | ND | 9.20 | 1.73 | 0.01 | ND | ND | ND | ND | ND | 100 | 2.42 | Cr(+) |
| 14 | MZ-22 | 管玉 | 翡翠（O） | 47.75 | 0.21 | 22.18 | 1.75 | 0.05 | 13.34 | 14.70 | ND | ND | ND | 100 | 2.59 | Cr(+) |
| | MZ-2 | 小玉 | 蛇紋岩 | 39.81 | ND | 17.28 | 5.50 | 0.24 | 36.95 | 0.23 | ND | ND | ND | 100 | 2.47 | |
| | MZ-42 | 小玉 | 蛇紋岩 | 42.79 | ND | 11.68 | 3.25 | 0.11 | 39.50 | 2.67 | ND | ND | ND | 100 | 2.16 | |
| | MZ-55 | 小玉 | 蛇紋岩 | 32.86 | 1.45 | 15.38 | 14.96 | 0.59 | 34.07 | 0.69 | ND | ND | ND | 100 | 2.39 | |
| | MZ-62 | 小玉 | 蛇紋岩 | 31.96 | ND | 18.25 | 16.87 | 0.83 | 31.67 | 0.43 | ND | ND | ND | 100 | 2.74 | |
| | MZ-78 | 小玉 | 蛇紋岩 | 55.64 | ND | ND | 2.50 | 0.08 | 41.78 | ND | ND | ND | ND | 100 | 2.53 | |
| | MZ-82 | 管玉 | 蛇紋岩 | 47.03 | 0.14 | 12.06 | 3.03 | 0.09 | 34.03 | 3.61 | ND | ND | ND | 100 | 2.18 | |

表2　未成品、失敗品、原材一覧

| 図番号 | 測定番号 | 種類 | 石材 | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MnO | MgO | CaO | K2O | S | Cl | Total (%) | 比重 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | (%) | | | | | | | | |
| 1 | MZ-60 | 小玉未製品 | 翡翠類似岩 | 56.01 | 0.08 | 43.80 | 0.09 | 0.02 | ND | ND | ND | ND | ND | 100 | 2.44 | Cr(+) |
| 15 | MZ-138 | 素材 | 翡翠（O） | 51.26 | 0.14 | 16.70 | 1.72 | 0.04 | 11.57 | 18.58 | ND | ND | ND | 100 | 2.94 | Cr(+) |
| 16 | MZ-86 | 垂飾未製品 | その他（小島タイプ） | 78.13 | ND | 4.78 | 0.44 | 0.01 | ND | ND | 16.63 | ND | ND | 100 | 2.44 | |

参考文献

大坪志子 2015『縄文玉文化の研究―九州ブランドから縄文文化の多様性を探る―』雄山閣

家根祥多・青木政幸・岡本洋 2000『長野市宮崎遺跡―第1次～5次調査概報―』（立命館大学文学部学芸員過程研究報告第9冊）立命館大学文学部

# XRF、ESR 法による宮崎県・伝持田古墳群出土玉類の産地分析

# The Source Identification of the jasper and jade beads found from Motida tumulus by means of XRF and ESR

○藁科哲男（遺物材料研究所）WARASHINA TETSUO、田村朋美（奈良文化財研究所）TAMURA TOMOMI、高妻洋成（同）KOUDUMA YOUSEI、青木政幸（辰馬考古資料館）AOKI MASAYUKI、上原真人（同）UEHARA MAHITO



## 1. はじめに

宮崎県児湯郡高鍋郡に所在する持田古墳群は、盗掘によって出土資料の多くが流出している。辰馬考古資料館が所蔵する伝持田古墳群出土資料はそれらの一部と考えられているが、確証はない。考古学的・理化学的調査によって可能な限りの情報を引き出し、持田古墳群ひいては古墳時代研究にこれら資料を位置付けていく必要がある。本研究では、伝持田古墳群出土資料のうち、翡翠製勾玉、碧玉・緑色凝灰岩製管玉に対し、非破壊手法により産地分析を行った。

玉製品は、原石採取遺跡における原石採取、玉作遺跡での分割、玉類への成形というプロセスを経て交易により各地に伝播する。玉作行程での玉材分割面は形状が一致し、また成分組成も一致する。分割から研磨で分割面が消失しても、数ミリの消失で残存剥片と組成の違いが無視できる遺物片は見つけることができると推測している。この仮定のもとに、各遺跡から出土した玉石材、玉類の成分組成の相互の関連を求める。出土した玉類の成分組成は蛍光Ｘ線分析法とＥＳＲ分析法で求める。ここで最も大切なことは、出土した石材、玉類の成分組成が相互に一致しないと仮説をたて、この仮説の誤判定の確率を多変量統計のマハラノビスの距離を求めて行うホテリングのＴ２乗検定で定量的に求めることである。判定基準は５%以上を定量結果、５%～0.1%を定性結果として分類する。玉類分布、原石採取地点（遺跡）、玉製作遺跡を求め、玉文化解明の参考試料として提供する。

## 2．ヒスイ製勾玉の分析結果

蛍光Ｘ線分析法で、分析した勾玉の原石の岩石名の硬玉、軟玉を決めるには、各ヒスイ（硬玉、軟玉）産地の分析値と比較し勾玉と一致する原石産地を求める。伝持田古墳群出土玉類の中の分析できた硬玉製勾玉は16個である。勾玉は全て比重が3.3越えの良質揃いである。これを持つ古代人は大きな権力を持っていた可能性がる。これら勾玉の産地分析の結果はミャンマ産硬玉否定の糸魚川産硬玉製勾玉が13個で、ミャンマ産硬玉または糸魚川産硬玉勾玉が3個と判定された。勾玉の岩石名決定の特別な分析を行っていないが、硬玉と判定した根拠は糸魚川産ヒスイの硬玉が使用されていると同定できたからである。

## 3. 碧玉、緑色凝灰岩、滑石製玉類の産地分析結果

分析した玉類には、他に類例を見ない20mm×60mmの大型管玉や、高度な穿孔技術が必要と思われる５mm×80mmの細長い管玉をはじめとする細身の管玉、直径約13mm×長さ約13mmの円柱の角を面取りした半丸勾玉状に加工された碧玉製丸勾玉などの他、碧玉、緑色凝灰岩で作られた通有サイズの管玉など合計800個以上集められている。これら玉類を蛍光Ｘ線分析法で、一致する原石、遺物群を探し、また、出土玉類同士似たもので、グループを作り遺物群とした。この遺物群の作成方法は、例えば100個の分析データを自作のクラスタープログラムで、組成の似たもの同士で樹枝状図を作り、遺物群作成の芽になる小さなグループを作り、この芽で作った群と100個の遺物の同定を行い、最も高い確率を示す１個を選択し取り込み、新たな芽として同定し似た組成の玉を増やしていく、取り込んできた群はどんどん大きくなり、60個で群ができて、残りの40個の中に同定確率が５%とか１%以上で同定される玉がなくなった時点で、

表1 調査した玉類の中で似た組成の遺物を分析して作成した遺物群

| 遺物群名 | 分析回数 | Al／Si | K／Si | Ca／K | Ti／K | K／Fe | Rb／Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ |
| 持田古墳A管玉群 | 119 | 0.046±0.002 | 3.906±0.225 | 0.152±0.050 | 0.288±0.013 | 0.218±0.024 | 0.283±0.023 |
| 持田古墳C管玉群 | 136 | 0.047±0.003 | 0.680±0.113 | 3.139±0.513 | 0.737±0.118 | 0.064±0.006 | 0.048±0.011 |
| 持田古墳D丸勾玉 | 59 | 0.040±0.004 | 2.833±0.437 | 0.066±0.020 | 0.033±0.008 | 0.980±0.226 | 1.084±0.221 |

| Fe／Zr | Rb／Zr | Sr／Zr | Y／Zr | 比 重 |
|---|---|---|---|---|
| Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ | Xav±σ |
| 3.520±0.374 | 0.984±0.072 | 0.592±0.133 | 0.376±0.132 | 2.543±0.035 |
| 2.376±0.295 | 0.113±0.027 | 2.001±0.345 | 0.463±0.163 | 2.198±0.046 |
| 0.573±0.105 | 0.592±0.096 | 0.237±0.055 | 0.119±0.023 | 2.558±0.026 |

Xav:平均値、σ:標準偏差値　比重2.29以下は緑色凝灰岩

遺物群を確定する。この方法によって作られた遺物群を表１に示した。従来の原石・遺物群に表１を加えた452個の群と比較して産地同定を行った。

今回同定を行った玉類は、青銅鏡や鉛ガラスと一緒に副葬されていたようで、玉類の中には、汚染による鉛の蛍光Ｘ線信号が強く検出され、玉類に含有されているイットリウムに10倍の鉛ピークが重なっている遺物も少なくない。この重なりについて実験で補正値を求めて補正した上で産地同定を行った。結果を表２に示す。碧玉製の持田古墳Ａ管玉群の管玉の中に会津坂下Ｎ石材群に同定されるものがあり、ＥＳＲ信号も一致している。福島地方で作られた管玉の可能性が推測される。また、東大阪市鬼塚遺跡出土の鬼塚Ｅ石材群が一致し、ＥＳＲ信号も一致している、東大阪の遺跡で作られた管玉が伝搬した可能性も推測された。緑色凝灰岩製の持田古墳Ｃ管玉群の多くは神奈川県大山地区の玉川凝灰岩原石に一致するものが数多く見られ、大山地区で作られた管玉が伝搬した可能性が推測される。ＥＳＲ信号では、持田古墳Ｃ管玉群は大きな鉄イオン（汚染？）の信号が観測されるが、玉川凝灰岩の鉄信号は小さい。ｇ値が２付近の信号Ⅲは一致している。韓国半島との交流も活発であった可能性は未定Ｃ遺物群の同定個数から推測される。ＥＳＲ信号も未定Ｃ形が多いが、大阪、紫金山古墳の管玉、島根、造山古墳などの、古墳時代特有の紫金山形も多数観測され、本資料が古墳時代のものである可能性を示している。花仙山面白谷の管玉は九州の潤地頭給遺跡から伝搬した可能性も否定できない。新潟県西谷遺跡と一致する管玉もみられるが、滑石製管玉に鬼塚遺跡の滑石材がみられ、伝持田古墳群出土資料には太平洋沿岸との交流で伝搬した管玉が多量に含まれていると推測しても産地同定結果と矛盾しない。

**表2 持田古墳群出土管玉・勾玉の産地同定結果**

| 使用原石・遺物群 | 定量結果 | 定性結果 | 合計 |
|---|---|---|---|
| 確率 | 5%以上 | 5% ～0.1% | |
| 持田古墳A管玉群 | 285 | 20 | 305 |
| 会津坂下N石材群 | 1 | 2 | 3 |
| 同時同定群(9個) | | | 9 |
| 持田古墳A管玉群 | 2 | 7 | |
| 会津坂下N石材群 | 5 | 4 | |
| 鬼塚E石材群が持田古墳A管玉群に一致 | | | |
| 持田古墳C管玉群(凝) | 72 | 7 | 79 |
| 同時同定群(73個 | | | 73 |
| 持田古墳C管玉群(凝) | 72 | 1 | |
| 玉川(凝灰)原石群 | 43 | 30 | |
| 持田古墳D丸勾玉群 | 33 | | 33 |
| 不明4個 | | | |
| 未定C遺物群 | 34 | 2 | 36 |
| 同時同定群(103個) | | | 103 |
| 未定C遺物群 | 103 | | |
| 新穂村B遺物群 | 4 | 99 | |
| 未定C方が確率高い | | | |
| 松山市・持田2遺物群 | 2 | 1 | 3 |
| 花仙山面白谷 | 21 | 1 | 22 |
| 花仙山 | 2 | 1 | 3 |
| 女代南B遺物群 | 3 | 1 | 4 |
| 女代南B遺物群,滝ヶ原 | 1 | | 1 |
| 刈羽村西谷D,A石材群 | 2 | 2 | 4 |
| 刈羽村西谷139石材群 | 1 | | 1 |
| 芝ヶ原B管玉群 | | 2 | 2 |
| 鬼塚A滑石材群使用管玉 | 1 | | 1 |
| 鉛汚染・未確定 | | | 121 |
| 合計 | | | 803 |

# 金山産サヌカイトの海を越えた流通はいつからはじまったのか？
## Origin of Over-Sea-Transportation of Kanamaya Sanukite

○朝井琢也（同志社大学大学院）、上峯篤史（京都大学）
○ Takuya ASAI(Grad. Sch. Doshisha Univ.), Atsushi UEMINE (Kyoto Univ.)

### 1. 研究の背景と目的

金山サヌカイト原産地（香川県坂出市）は、縄文・弥生時代の海岸線から至近の距離にある。その好立地が手伝って、金山産サヌカイトは北は日本海側、南は西南四国、西は東九州、東は東海地域にまで海を介して持ち運ばれた（谷若 1997）。瀬戸内海を越えた交流の実態を探ることは、瀬戸内海の地域的個性と文化的媒介としての役割を解き明かすことに等しい。本発表では発表者らが新規に実施した真野遺跡（滋賀県大津市）の蛍光X線分析の結果を足がかりに、縄文時代早期中葉に金山産サヌカイトを利用していることの史的位置づけをはかる。

### 2. 研究の対象と方法

真野遺跡は琵琶湖の南西岸、堅田丘陵の先端部に位置する。現湖岸までは約 200 m、北には和邇川、南には真野川が流れる。調査範囲内からは古墳2基が検出されるとともに、落ち込みや土坑を埋める黄褐色～黒褐色粘質土中から後期旧石器、縄文時代草創期、早期中葉、前・中期の遺物が出土している。真野遺跡の石器は主としてサヌカイトを素材とするが、大半は灰黒色に風化した緻密なサヌカイトで、二上山北麓に産するものと考えられる。その一方で、剥離面の境界が曖昧なほどに風化して黄白色を呈するサヌカイトが 15%程度存在する。新欠面では石基のザラつきが著しく、白色の斑晶や粗いフィッシャーが観察できる。この「黄白色風化サヌカイト」の原産地を推定するため、蛍光 X 線を用いて分析する。

測定には株式会社パレオ・ラボ所有の SII ナノテクノロジー株式会社製エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 SEA1200VX を使用し、測定時間 100 秒、X 線照射径 8mm、電圧 50kv、電流 1000 μ A、試料室内雰囲気は真空に設定、一次フィルタには Pb 測定用を用いた。風化層の影響を避けるため、本機に搭載されている CCD カメラで X 線照射位置を確認し、資料の新欠面を測定した。

「黄白色風化サヌカイト」には縄文時代早期中葉に特徴的な「鍬形鏃」（平坦な基部の中にが深く丸く抉られた形態）のほか、仮称「長靴鏃」（側縁がやや内湾し、脚部がわずかに外側に跳ね返りを見せる形態）が目立ち、ほかの時期を示す資料は見られない。「黄白色風化サヌカイト」が縄文時代早期中葉の資料であることは疑いない。

### 3. 測定結果

測定で得られた値を、既報の判別図（竹原 2012）上にプロットした。その結果、「黄白色風化サヌカイト」は「金山1」に判別される。

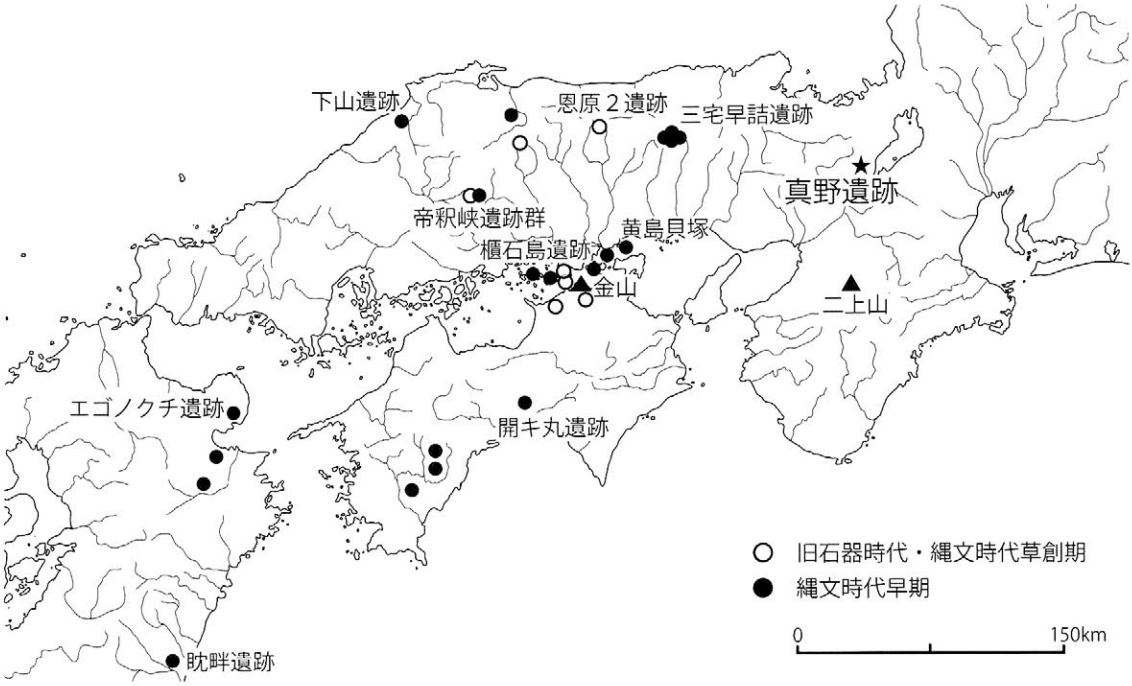



図１　旧石器時代から縄文時代早期における金山産サヌカイト出土遺跡

## 4. 議論

既往の蛍光 X 線分析による石器石材原産地推定によれば、後期旧石器時代には香川県坂出市櫃石島遺跡などの瀬戸内島嶼地域や、岡山県恩原2遺跡などの中国山地の遺跡にまで、金山産サヌカイトが持ちこまれている。縄文時代草創期の事例は少ないが、広島県庄原市などの帝釈峡遺跡群で検出例がある。一方、縄文時代早期後半における確認事例は、大分県速見郡エゴノクチ遺跡や高知県土佐山田町開キ丸遺跡など瀬戸内地域にとどまらない。この流通圏の拡大は、海水の流入よる瀬戸内海の成立と連動した、陸運から海運への転換が原因と考えられる。

今回金山産サヌカイトを見出した真野遺跡の資料は縄文時代早期中葉（高山寺式期）に位置づけられ、管見では同時期の類例がない。瀬戸内海の牛窓地域には黄島式期に海水が流入するが（遠部ほか 2007）、神戸沖のボーリング調査からは備讃瀬戸に海水が浸入して瀬戸内海が成立するのは 8000 年前ごろとされる（増田ほか 2000）。この年代は穂谷式期以降に相当することから（矢野 2014）、真野遺跡の金山産サヌカイトは陸路による運搬の終末期の片鱗を物語っていると判断される。

### 引用文献

遠部 慎・宮田佳樹・加藤久雄・米田 穣 2007「瀬戸内海最古の貝塚―豊島礼田貝塚の再評価―」『LAGUNA（汽水域研究）』14 pp。69-76。

竹原弘展 2012「判別図法によるサヌカイトの産地推定について」『日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集』、pp.238-239。

谷若倫郎 1997「「瀬戸内的物流」の原形―金山産サヌカイトの移動をめぐって―」『古文化論叢―伊達先生古稀記念論集―』、pp.40-50。

増田富士雄・宮原伐折羅・広津淳司・入月俊明・岩淵 洋・吉川周作 2000「神戸沖海底コアから推定した完新世の大阪湾の海状変動」『地質学雑誌』第 106 巻 第 7 号、pp.482-488。

矢野健一 2014「押型文土器遺跡の変化」『東海地方における縄文時代早期前葉の諸問題』、pp.72-86。

# 同位体分析を組み合わせた遺跡より出土した辰砂鉱石の産地推定

# Identification of original mines of cinnabar ores collected from remains using a combined technique of isotope analysis

○ 南　武志 (近畿大)、高橋和也 (理研)、豊　遙秋 (東京大)、中野　咲 (橿考研)、奥山誠義 (橿考研)

○ Takeshi MINAMI (Kindai Univ), Kazuya TAKAHASHI (RIKEN), Michiaki BUNNO (Tokyo Univ), Saki NAKANO, Masayoshi OKUYAMA (Archaeol Inst Kashihara)

## 1. はじめに

弥生時代中期から古墳時代にかけて、棺内に朱が用いられた墳墓が多く発見されている。朱は辰砂（朱）鉱石を細かく粉砕したのち、赤色部分を集めてさらに微粉末にしたものを使用していた可能性が高い。すなわち、人工的な加工や化学反応を生じていないことから、朱に特徴があればそれが産地の特徴に結びつくと考えられる。我々はこのような視点にたち、同位体分析によって朱の産地推定を試み、硫黄同位体、水銀同位体、および鉛同位体分析の結果、それぞれの同位体比に産地特有の違いがあることを調べた。その中でも、硫黄同位体分析は古代における主な辰砂（朱）鉱石の産地である日本と中国で全く異なるδ値を示し、しかも日本産であっても三重県丹生鉱山産と奈良県大和水銀鉱山産で異なるδ値を示すことから、墳墓出土朱の産地推定の有力な武器になると考えている。しかしながら、分析するにあたり、わずかの朱しか採取できない場合や1点だけしか採取できない墳墓が少なからず存在する。そのために、ルーチン的に1 mgというごく微量の朱サンプルで硫黄同位体分析が可能な方法を開発したが、結果としてどの程度の信頼性が得られるのかという疑問が生じている。この疑問を解決する手法としてはいくつかの同位体分析を組み合わせることと考え、今回遺跡から出土した辰砂鉱石の産地を推定する機会があり、これに対する取り組みを紹介する。

## 2. 分析資料と方法

奈良県大和郡山市の八条北遺跡および奈良県御所市の伏見遺跡の縄文時代後期後半の出土品とともに出土した辰砂鉱石を奈良県立橿原考古学研究所の協力で用いた。産地推定の方法として、鉱物鑑定と硫黄同位体分析および鉛同位体分析を行った。硫黄同位体分析は以下の方法で行った。約1 mgの朱に逆王水を加えて95℃で加熱し、臭素1滴を加えたのちに超純水で倍量に希釈、その後65℃で塩化バリウム液を加えて硫酸バリウムの結晶を得た。超純水で洗浄したのちに乾燥し、スズ箔に包み元素分析装置（vario PYRO cube）に供し、生じた二酸化硫黄ガスを直接安定同位体比質量分析装置（IsoPrime 100）に導入して硫黄同位体分析を行い、キャニオン・ディアブロ隕石の硫黄同位体比と比較した。鉛同位体分析では、約0.1 gの朱を逆王水で溶解後、1M

塩酸溶液に調整し、陰イオン交換樹脂に水銀を吸着させて鉛を溶出させて分析用の試料とし、マルチコレクター型の表面電離型質量分析装置（VG　Sector-54)で分析した。

3. 結果および考察

八条北遺跡および伏見遺跡からは辰砂（朱）鉱石が出土した。そこで、鉱物鑑定を行った後に同位体分析に供した。八条北遺跡出土辰砂鉱石は鉱物鑑定を行うと、泥質頁岩中に辰砂細脈をなしていたことから、和歌山県日高郡和佐鉱山地域の可能性が示唆された。一方、伏見遺跡出土辰砂鉱石は黒雲母花崗岩に細粒の辰砂が含まれており、奈良県産の鉱石の可能性が示唆された。次に硫黄同位体分析を行った。硫黄同位体分析では、奈良県産鉱石と徳島県産鉱石では有意な差は観察されないが、三重県産鉱石と上記二県産鉱石との間には有意なδ値の差が認められている。また、和歌山県和佐鉱山鉱石の硫黄同位体比は三重県丹生鉱山産とよく似たδ値を示し、奈良県大和水銀鉱山産とは異なるδ値を観察した。その結果、鉱物鑑定結果とは異なり八条北遺跡出土鉱石も伏見遺跡出土鉱石もともに奈良県産鉱石の可能性を示すδ値が得られた。そこで、鉛同位体分析を行った。従来、鉛同位体分析では奈良県産鉱石と三重県産鉱石の間には有意な差は認められなかったが、徳島県産鉱石と上記二県の鉱石の間に有意な差が認められていた。今回、奈良県産鉱石と三重県産鉱石の間にも差が認められた（図1）ことから、八条北遺跡および伏見遺跡出土辰砂鉱石の鉛同位体分析を行ったところ、両者とも奈良県産鉱石に近い鉛同位体組成を示した。遺跡出土資料の産地推定を行うときは測定サンプル数がわずかである場合やサンプル量が少量である場合が多く、今回は鉱物鑑定と硫黄同位体分析で異なる結果が得られたが、判断に困る場合が少なからず存在する。朱の産地推定では、硫黄同位体分析に鉛同位体分析、さらに水銀同位体分析を用いることが可能であり、できる限りこれら分析方法を組み合わせて信頼性の高い結果を導き出す必要があると考えている。

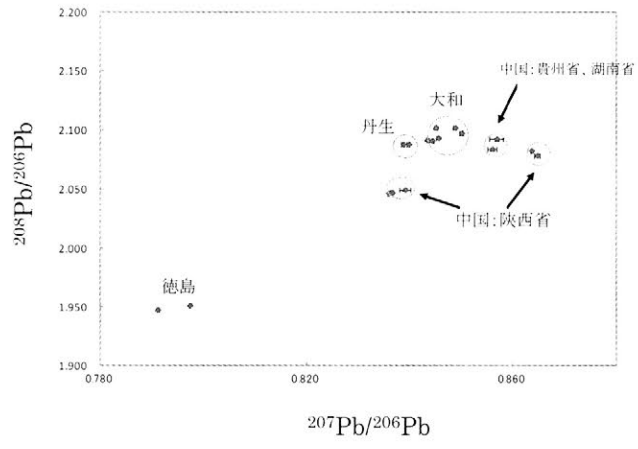



図1. 辰砂鉱山鉱石の鉛同位体比

[付記]本研究は、JSPS 科研費 26242016 および公益財団法人　三菱財団からの助成を受けて行った。

参考文献：奈良県立橿原考古学研究所 2005 伏見遺跡 2004-第 1 次調査「奈良県遺跡調査概報 2004 年度（第二分冊）」P.234～245

奈良県立橿原考古学研究所　2016 八条北遺跡「奈良県遺跡調査概報 2014 年度（第二分冊）」　P.59～81

# 沖縄県久米島のグスクにおける考古地磁気研究

# Archaeomagnetic study of Gusuku sites of Kumejima in Okinawa

○菅頭明日香（青山学院大学），酒井英男（富山大学大学院）
Asuka KANTO(Aoyama Gakuin University), Hideo SAKAI(University of Toyama)



## 1．はじめに

沖縄県島尻郡の久米島に所在する宇江城と具志川城は，16 世紀初頭に中山王尚真の討伐で落城したことが『久米具志川間切旧記』に記載されている（當眞，1995）．その際の火災により被熱したと考えられる遺物が多く出土しているが，この戦禍についての明確な証拠はまだない．

そこで，具志川城跡の石積みの石灰岩と宇江城城跡出土の二次加熱が示唆される陶磁器の磁化を研究し，火災の影響を探った．また，二次加熱を受けていない陶磁器底部を用いて，非破壊の地磁気研究法の有用性も検討した．



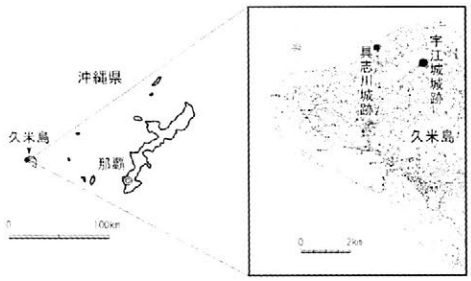
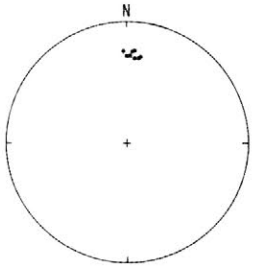




図1　遺跡と位置

## 2．具志川城跡の石積みの研究

具志川城跡では，落城時に広範囲に火災が起きた事が示唆されており，IIの郭の石積みから石灰岩の小片を採取し磁化研究を実施した．

本来，石積みの石灰岩は，海底での堆積後の移動により磁化方向は揃わないと考えられたが，各試料の磁化は集中しており（図1右），石灰岩が加熱され，熱残留磁化を獲得していることが示された．得られた磁化の平均方向と，西南日本版の地磁気変化（広岡，1977）を比較した結果（図1右），京都との緯度差9°を考慮するとA.D.1500～1550年の地磁気年代が推定された．



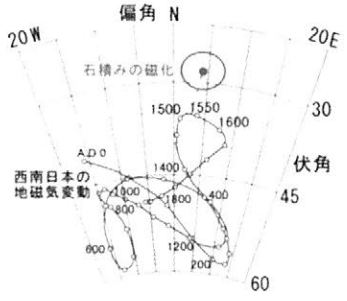




図2　左：石積みの各試料の磁化方向，右：拡大シュミットネット図での石積みの平均磁化と西南日本の地磁気変化（広岡，1977）

## 3．宇江城城跡から出土した陶磁器片の研究

宇江城城跡の各曲輪の遺物包含層からグスク系土器や14～15世紀に属する輸入陶磁器の破片が大量に出土しており，その中には肉眼観察から二次加熱の可能性が推察される陶磁器片もあった．そのため，出土した陶磁器片の磁化研究を行い，二次加熱の有無を検証し，宇江城の火災の可能性を調べた．

富山大学の超伝導磁力計を用いて，陶磁器の底部片の磁化測定を行い，磁化伏角について検討した．二次加熱の無い陶磁器片の伏角は 40～50° に集中したが，二次加熱された陶磁器片の伏角は揃っていない．これは製作時（一次焼成時）は高台で自立した状態で焼成されたが，二次加熱が考えられる陶磁器片は、その後ある時期にばらばらの向きで再磁化した事が考えられる．

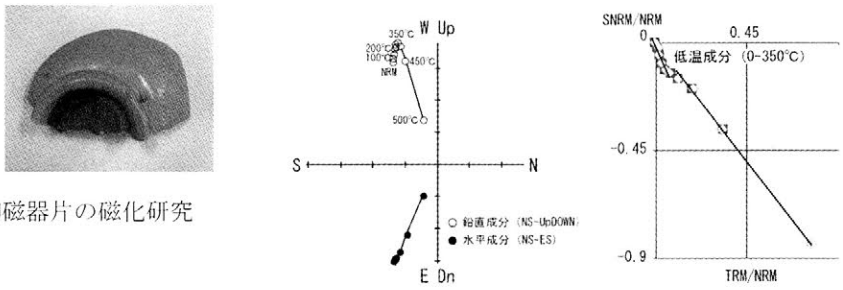



図３　陶磁器片の磁化研究

## ４．テリエ法実験による検討

具志川城跡の石積みの石と，二次焼成が考えられた陶磁器片についてテリエ法実験を行った．得られた地磁気強度のデータを過去の地磁気強度の変化と対比すると，16 世紀初めから中頃の地磁気強度として妥当であった．宇江城と具志川城は16 世紀初頭に起こった火災によって焼かれた可能性が高いと考えられる．

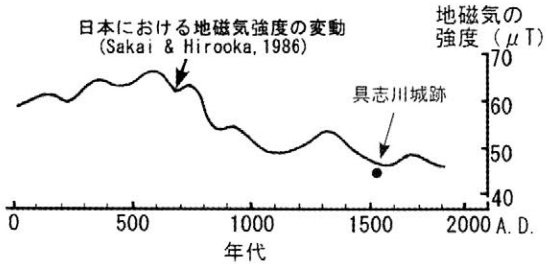



図 4　具志川城跡の石積みの石から得た地磁気強度と日本の地磁気強度変化との比較，地磁気強度の変化はSakai & Hirooka (1986) より抜粋加筆した．

研究において，元富山大学の米原実秀氏、久米島博物館の中島徹也氏にご協力頂いた．

参考文献

當眞嗣一(1995)：久米島の国・県指定史跡グスク―縄張りを中心に―．久米島総合調査報告書，沖縄県立博物館，183-204.

広岡公夫(1977)：考古地磁気および第四紀古地磁気研究の最近の動向．第四紀研究第 15 巻，第 4 号，日本第四紀学会，200-203.

Sakai, H.& Hirooka, K.(1986)：Archaeointensity determinations from western Japan. J. Geomag. Geoelectr., 38., 1323-1329.


The 33rd
J.S.S.S.C.P.
Congress
NARA 2016