日本文化財科学会第 29 回大会
研究発表要旨集

The 29th Annual Meeting of the Japan Society
for Scientific Studies on Cultural Property
Abstract

会期：2012 年 6 月 23 ～ 24 日

主催：日本文化財科学会
京都大学文学部考古学研究室

【例言】

1. 本書は、2012年6月23日から24日にかけて開催される、日本文化財科学会第29回大会の①特別セッション②口頭発表③ポスター発表、の要旨集です。

2. 各報告には、最新の成果が掲載されています。報告内容の引用・転載などに際しては、出典を明記してください。

3. 本書の編集について、各報告は報告者ごとの編集によった。その上で、永惠裕和（京都大学大学院生）が実行委員長　泉拓良（京都大学大学院文学研究科教授）と事務局代表　上原真人（同左）の監修の下、レイアウトも含めた全体の編集を行った。

Preface

1. This volume is the abstract of The 29th Annual Meeting of the Japan Society for Scientific Studies on Cultural Property, from June 23-24, 2012.

2. Each report contains the most recent results and includes material awaiting publication. Please specify a source when using.

3. This volume was produced under the supervision of Takura Izumi and Mahito Uehara,Both are professor at the Kyoto University Graduate School of Letters ,Nagae Hirokazu was general editor and responsible for the layout and typesetting.

日本文化財科学会第 29 回大会

29th Annual Meeting of the Japan Society for Scientific Studies on Cultural Property

特別セッション　「遺跡と自然災害」

■趣旨説明

今津節夫　九州国立博物館

■地震地すべりによる遺跡の形成と変形

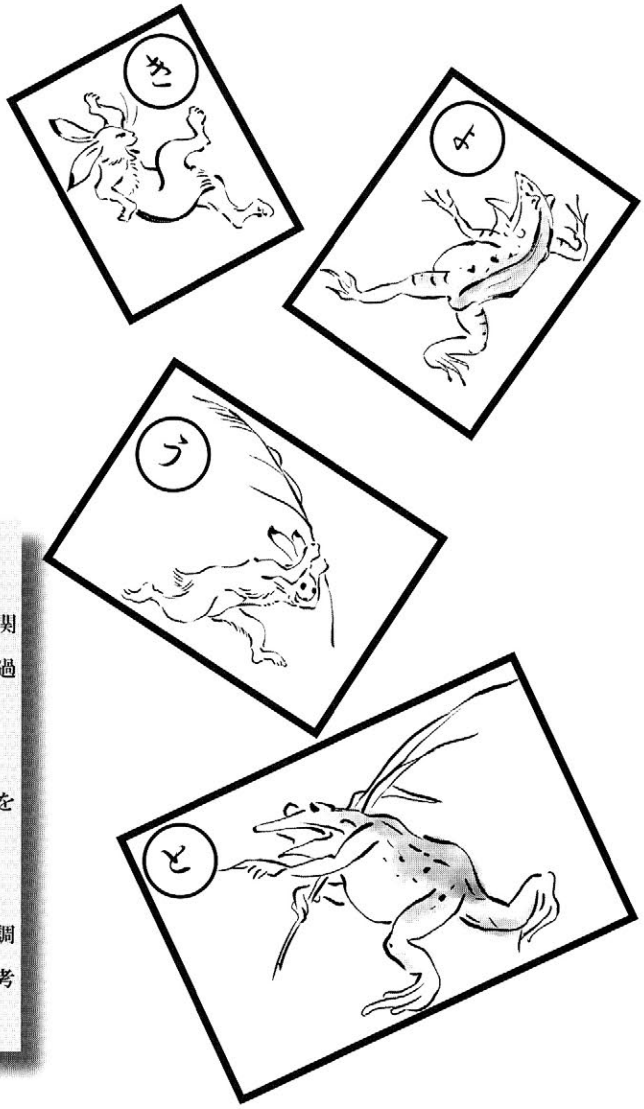
釜井俊孝　京都大学防災研究所

■遺跡発掘から土砂災害データを得る試み

冨井　眞　京都大学文化財総合研究センター

■今後の取組に向けて

木下正史　日本文化財科学会会長



我々は発掘を通して考古資料を獲得する。

これまでの発掘は「埋もれた過去そのもの」、すなわち遺構・遺物に関心が集中し、『なぜ遺跡が埋もれたのか』という遺跡が形成される経過についてはあまり注目しなかった。

しかし、遺跡には過去の自然災害の規模や被害状況、あるいはそれを生んだ原因に関わる情報が数多く含まれている場合がある。

本セッションでは　身近な発掘事例からその事実を再確認し、発掘調査データをもとに過去の災害に関わる情報を獲得する方法について考える。

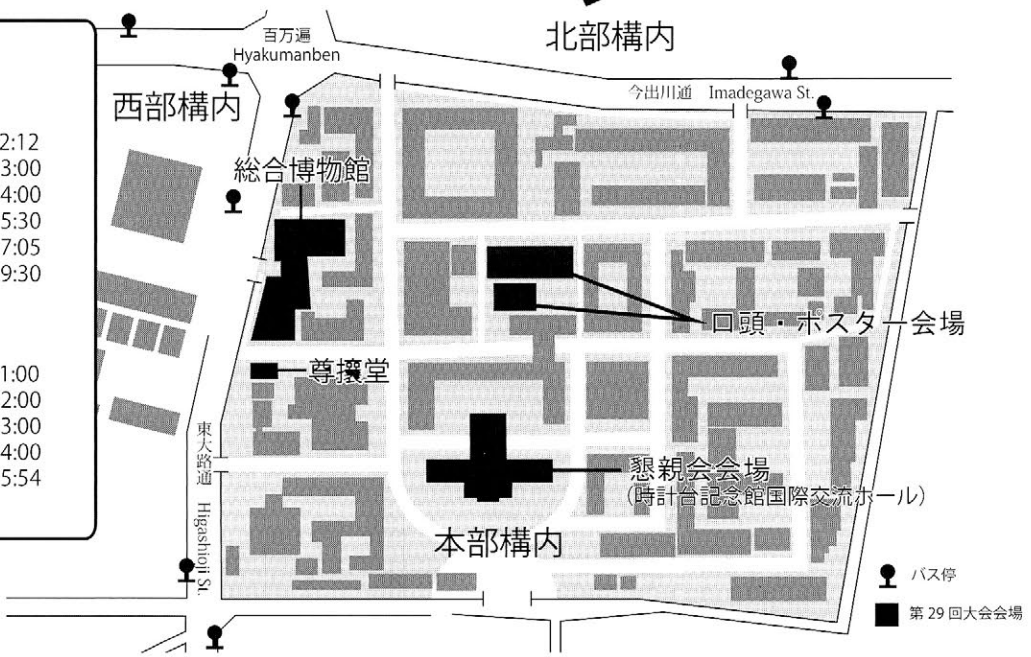
■開催日程

6月23日(土)

受付開始	9:00～
開会の挨拶	9:30～
口頭発表	9:45～12:12
(昼食)	12:12～13:00
ポスター解説	13:00～14:00
特別セッション	14:00～15:30
口頭発表	15:35～17:05
懇親会	17:30～19:30

6月24日(日)

受付開始	9:00～
口頭発表	9:30～11:00
総会	11:00～12:00
(昼食)	12:00～13:00
ポスター解説	13:00～14:00
口頭発表	14:00～15:54
閉会の辞	15:50～



29th ISSSCP Congress
日本文化財科学会第 29 回大会事務局　京都府京都市左京区吉田本町京都大学大学院文学研究科上原研究室

口頭発表　第1日（6月23日）

A会場　（文学部新館第3講義室）

時間	分野	頁数	題目（和文・英文）　発表者名
9:45-10:03	材質技法	A-01	Burmite（ビルマ産琥珀）の特性解析 Characterization of Burmite (Burma-produced-amber) ○中條利一郎　藤田直也　谷田部純
10:03-10:21	材質技法	A-02	X線CTを利用した殷周時代青銅鼎の内部構造解析 Study with structural dissection on Ding of Yin and Zhou Dynasty using the large-scale X-ray CT scaner ○廣川 守　今津節生　鳥越俊行　輪田 慧
10:21-10:39	材質技法	A-03	透過電子顕微鏡観察・分析による古代ベンガラの材料科学的研究 ー熊本県下扇原遺跡出土ベンガラー Materials-scientific study of ancient red iron oxides by analytical electron microscopy ○辻 広美　村上 隆　宮崎敬士　橋本英樹　團野瑛章　藤井達生　高田 潤　草野圭弘　菊地孝宏
10:39-10:57	材質技法	A-04	平城京左京二坊二条大路出土の墨に含まれていた膠の質量分析 Mass spectrometry of collagen contained in a fragment of chinese ink stick excavated from second row street on east second ward in the Nara capital cite ○中沢 隆　河原一樹　小池伸彦　舘野和己
10:57-11:00			休憩
11:00-11:18	材質技法	A-05	京都大学所蔵のコプト織物の調査　ー（1）考古学からみた織り技法ー Research on coptic textiles in the Kyoto university: (1) Archaeological perspectives on weaving technique ○東村純子　横山 操　村上由美子　成瀬正和　中村力也　仲村匡司　泉 拓良
11:18-11:36	材質技法	A-06	京都大学所蔵のコプト織物の調査　ー（2）分光法を主体とする染料分析ー Research on coptic textiles in the Kyoto university: (2) Natural dye analysis by spectroscopy ○横山 操　東村純子　村上由美子　成瀬正和　中村力也　仲村匡司　泉 拓良
11:36-11:54	材質技法	A-07	弥生・古墳時代のナトロンガラス製玉類の考古科学的研究 Scientific investigation of natron glass beads excavated in Japan ○田村朋美　高妻洋成
11:54-12:12	材質技法	A-08	MALDI質量分析法による壁画に使用された接着剤原料の検出 Identification of the binding media in the wall of ancient Egyptian painting layers by MALDI mass spectrometry ○河原一樹　中沢 隆　川崎英也　浅井重博　アフメド・シュエイブ　アーデル・アカリシュ　吹田 浩　荒川隆一
12:12-13:00			昼食
13:00-14:00			ポスター解説（@ポスター会場）
14:00-15:30			特別セッション「遺跡と自然災害」
15:35-15:53	文化財科学一般	A-09	三次元計測データを用いた斜縁神獣鏡「同型鏡」の検討 ー大阪府津堂城山古墳・香川県岩崎山4号墳出土鏡の場合ー Case of mirrors made from the same model used by 3D measurement -Excavated form TUDOSIROYAMA・IWASAKIYAMA tomb- ○徳田誠志　奥山誠義　山本一伸　松田朝由
15:53-16:11	文化財科学一般	A-10	UV劣化PVAの水膨潤に及ぼす溶質の影響 Effect of solutes for swelling of UV-degraded PVA ○岡田祐輔　川野辺 渉　早川典子　中條利一郎　藤松仁　滝沢辰洋　平井利博
16:11-16:29	文化財科学一般	A-11	ハンガリー国立博物館所蔵ローマ時代遺物に使用されていた赤色顔料 - 朱 - の産地推定 Determination of original sources of vermilion in red pigments applied in survivals of the Roman period in Hungarian national museum ○南 武志　武内章記　アンドラ・モルゴス　バリント・ペテルディ　イストヴァン・サホ　ゾルト・ムラフ
16:29-16:47	文化財科学一般	A-12	ブルガリア、プロヴァディア - サルニツァータ遺跡出土土器の化学分析（1）：新石器時代の新型式土器は製塩に用いられたのか The chemical analysis of pottery from Provadia-Solnitsata, Bulgaria (1): Is new type of Neolithic pottery used for making salt? ○石野 萌　堀内晶子　宮田佳樹　ヴァシル・ニコロフ
16:47-17:05	保存科学	A-13	キトラ古墳壁画の材料調査1　ー白虎と青龍の調査ー Analysis of mural paintings of Kitora Tumulus 1 - Investigation of Byakko and Seiryu - ○高妻洋成　降幡順子　脇谷草一郎　田村朋美　赤田昌倫　辻本與志一　岡田 健　佐野千絵　早川泰弘　朽津信明　吉田直人　早川典子　建石 徹　宇田川滋正　福永 香　碇 智文

1）23 日は、9:00 から受付、9:30 から開会の辞（@ A 会場）があります。
2）口頭発表は、A 会場（文学部新館第 3 講義室）・B 会場（同 第 7 講義室）・C 会場（同 第 6 講義室）です。
3）23 日の特別セッション（14:00 ～ 15:30）は、A 会場（文学部新館第 3 講義室）です。

B 会場　（文学部新館第 7 講義室）

時間	分野	頁数	題目（和文・英文）　発表者名
9:45-10:03	年代測定	B-01	アムール川流域および北海道における初期新石器時代の年代研究と食性分析 Dating and analyzing food habits in the early Neolithic Period in amur river and Hokkaido ○國木田 大　大貫静夫　Igor・Shevkomud　山原敏朗　吉田邦夫　松崎浩之
10:03-10:21	年代測定	B-02	セルロース酸素同位体比を用いた日本における新しい木材年輪年代法の開発 Development of a new tree-ring chronology in Japan using cellulose oxygen isotope ratios ○中塚 武　石田 朗　岡部雅高　佐野雅規　坂本 稔　光谷拓実　赤塚次郎　樋上 昇　木村勝彦
10:21-10:39	年代測定	B-03	加速器質量分析計を用いた鉄製遺物 ^{14}C 年代測定に関する基礎研究 Studies on the basics for radiocarbon dating of iron artifacts using accelerator mass spectrometry ○近藤宏樹　中村俊夫
10:39-10:57	年代測定	B-04	^{14}C 年代測定における文化財建造物部材の汚染について The contamination of the buildings material of cultural properties in the ^{14}C-dating ○中尾七重　坂本 稔　今村峯雄
10:57-11:00			休憩
11:00-11:18	年代測定	B-05	日本産樹木年輪の炭素 14 濃度測定および IntCal09 との比較検討 Radiocarbon concentrations of Japanese tree-rings and comparison with IntCal 09 ○吉光貴裕　中村俊夫
11:18-11:36	年代測定	B-06	炭素 14 年代法による前期難波宮出土試料の年代 Dating research on remains of Naniwa Palace by radiocarbon ○坂本 稔　林部 均　尾嵜大真　大庭重信
11:36-11:54	年代測定	B-07	14C 年代から暦年代への較正：日本産試料の較正に向けて Calibration of 14C age to calendar date for Japanese Samples ○中村俊夫　増田公明　三宅芙沙　永冶 健太朗　吉光貴裕
11:54-12:12	年代測定	B-08	山陰地方における縄文時代早期後半の年代学的研究 Analysis of radiocarbon dates at San'in region for the latter half of Early Jomon period ○遠部 慎
12:12-13:00			昼食
13:00-14:00			ポスター解説（@ポスター会場）
14:00-15:30			特別セッション「遺跡と自然災害」（@ A 会場）
15:35-15:53	年代測定	B-09	玉龍寺木造女神坐像の年輪年代調査　ー非破壊による年輪年代学および美術史学的視点からー Research of a wooden statue of female deity, Gyokuryuu-ji Temple — From the aspects of non-destructive dendrochronology and art history — ○大河内隆之　児島大輔　山下 立
15:53-16:11	探査	B-10	新町支石墓群の地中レーダ探査 Ground penetrating radar survey at Shinmachi megalithic dolmens ○水永秀樹　狩野心作　田中俊昭　平尾和久
16:11-16:29	探査	B-11	電磁気的手法による白岩焼窯跡の調査 Investigation of the Shiraiwa kiln site using electromagnetic method ○西谷忠師　山口大輔　間杉香織
16:29-16:47	探査	B-12	埋蔵文化財探査におけるジャイロセンサーを用いたグラジオメーターの標準化と評価 ー多軸グラジオメーター構築のための計測・評価実験ー Standardization and assessment of gradiometer with gyro sensor for buried cultural property investigation ○福原啓介　杉本祐二　岸田 徹　津村宏臣
16:47-17:05	探査	B-13	1960 年代に撮影された偵察衛星写真の遺跡探査・歴史的景観復原における有用性 Academic value of the declassified intelligence satellite photographs in archaeology and historical geography ○小方 登

1）23 日は、9:00 から受付、9:30 から開会の辞（@ A 会場）があります。
2）口頭発表は、A 会場（文学部新館第 3 講義室）・B 会場（同 第 7 講義室）・C 会場（同 第 6 講義室）です。
3）23 日の特別セッションは（14:00 ～ 15:30）は、A 会場（文学部新館第 3 講義室）です。

C会場　（文学部新館第 6 講義室）

時間	分野	頁数	題目（和文・英文）　発表者名
9:45-10:03	古環境	C-01	大阪市域の考古遺跡における地震現象とその年代 Earthquake phenomena and their ages at archaeological sites in Osaka city ○趙 哲済
10:03-10:21	古環境	C-02	縄文～奈良時代における古人骨の骨密度と骨塩量の時代変化 ー同位体食性分析との比較からー Temporal changes of bone density and mineral content in human skeletal remains from the Jomon to the Nara period: in comparison with isotopic dietary analysis ○瀧川 渉　進藤 薫　米田 穣
10:21-10:39	古環境	C-03	古海洋環境利用評価のための多次元情報による海流モデリング ー東京湾を対象としたヒトとモノの動きの理解ー Ocean current simulation in the bay of Tokyo ○茂木孝太郎　津村宏臣　宇佐美智之
10:39-10:57	古環境	C-04	北海道伊達市有珠地区の遺跡群から復元されたアイヌ文化期の古環境　ー調査速報ー Paleoenvironment of Ainu Era - Preliminary survey report at the sites of Usu in Date City, Hokkaido. ○添田雄二　青野友哉　菅野修広　松田宏介　中村賢太郎　上中央子　三谷智広　渡邊 剛　宮地 鼓　鈴木明彦　園谷昂史　鈴木正章　伊達元成
10:57-11:00			休憩
11:00-11:18	古環境	C-05	中国長江下流域の稲作文明の環境 Environment of the rice civilization in the lower Yangtze region, China ○金原正明　中村慎一　鄭雲飛　孫国平　金原正子
11:18-11:36	古環境	C-06	寛永寺出土徳川将軍親族遺体の環境考古学的分析 Environmental archaeological analysis on human remains of Tokugawa Shogun family unearthed from Kan-eiji temple ○金原正子　松井 章　金原正明
11:36-11:54	文化財科学一般	C-07	勝負砂古墳における X 線 CT スキャナを活用した出土遺物の調査 The investigation using the X-rays CT scanner about objects discovered by Syobuzako tumuls ○松木武彦　鳥越俊行　輪田 慧　今津節生
11:54-12:12	文化財科学一般	C-08	奈良・西安往復路における文化財移送時の振動測定 Vibration measurement at the transport of artifacts between Nara and Xi'an ○西藤清秀　谷本親伯　橋本裕行　菅谷文則　藤田行茂　吉仲 勉
12:12-13:00			昼食
13:00-14:00			ポスター解説（@ポスター会場）
14:00-15:30			特別セッション「遺跡と自然災害」（@ A 会場）
15:35-15:53	文化財科学一般	C-09	アンコール遺跡に使用されている砂岩材の石切り場と運搬経路 Quarries and transportation route of sandstone blocks used for the Angkor monuments ○内田悦生　下田一太
15:53-16:11	文化財科学一般	C-10	臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討（4）ー覆屋閉鎖時における隙間風対策ー Environmental control for the Usuki stone buddha (IV) - Controlling draught for anti-freezing- ○森井順之
16:11-16:29	文化財科学一般	C-11	iGPS システムによる遺構の計測 Metrological utilization of iGPS for excavating archaeological sites ○岡本裕昭　金田明大
16:29-16:47	文化財科学一般	C-12	新潟県上越市釜蓋遺跡出土米の CT スキャンおよび形体分析 CT scanning and morphological analysis for rice remains excavated at the Kamabuta archeological site in Joetsu, Niigata. ○田淵宏朗　田中克典　佐藤洋一郎　泉拓良　石川隆二　松元美由紀　矢頭 治
16:47-17:05	文化財科学一般	C-13	岡山県鹿田遺跡から出土したメロン仲間の種子遺存体における形態学的分析と DNA 分析 Morphological analysis and DNA analysis for seed remains in Cucumis melo excavated at Shikata archeological site in Okayama ○田中克典　山本悦世　加藤鎌司

口頭発表　第2日（6月24日）

A会場　（文学部新館第3講義室）

時間	分野	頁数	題目（和文・英文）　発表者名
9:30-9:48	材質技法	A-14	銅鐸の色と音に関する考察　…長野県柳沢遺跡出土青銅器の材質分析が教えてくれること… Consideration on color and sound of Bronze Bells …Analysis of bronzes excavated from Yanagisawa archaeological site in Nagano Prefecture… ○村上 隆　廣田和穂　上田典男
9:48-10:06	材質技法	A-15	経年劣化した黄檗染織品に含まれるプロトベルベリンアルカロイドの微量分析の試み Preliminary study for microanalysis of protoberberine alkaloids included in aged textiles dyed by Amur cork tree ○佐々木良子　藤井健三　深江亮平　佐々木 健
10:06-10:24	材質技法	A-16	縄文時代におけるコナラ節の利用とその技術　ー北白川追分町遺跡出土大木の検討からー Usage of Oak timber in the Jomon period - the case study of a large log excavated at the Kitashirakawa-oiwakecho site, Kyoto - ○村上由美子　メヒティル・メルツ　藤井裕之　坂本 稔　遠藤利恵　中川正人　冨井 眞
10:24-10:42	材質技法	A-17	墳墓における二種類の朱の使い分け　ー福岡県北九州市城野遺跡出土の赤色顔料ー Two kinds of "Shu"(Cinnabar) excavated from Japanese ancient tombs —Excavation at Jyono site, Kitakyushu city,Fukuoka Prefecture— ○志賀智史　谷口俊治
10:42-11:00	材質技法	A-18	胡籙の復元製作　ー今城塚古墳出土品をモデルとしてー Restoring production of a quiver　- As an example of the relics at the tomb Imashirozuka- ○塚本敏夫　小村眞理　福山博章　内田真雄　中村栄順　小林正夫
11:00-12:00			総会
12:00-13:00			昼食
13:00-14:00			ポスター解説（@ポスター会場）
14:00-14:18	材質技法	A-19	縄文・弥生土器の紐積み成形における外傾／内傾の選択理由 Coiling techniques of Jomon and Yayoi pottery : exploring reasons for the selecion of the Gaikei/Naikei joining methods. ○小林正史　河西 学　田畑直彦　鐘ヶ江賢二　庄田慎矢　山崎頼人　永嶋 豊　高木 晃　岡本 洋
14:18-14:36	材質技法	A-20	卵殻性状が卵殻蒔絵外観特性に及ぼす影響に関する基礎研究 Effect of eggshell powder characteristics on appearance of eggshell Maki-e ○成田智恵子　遠藤淳司　濱田泰以　菅浪善造　鈴木理穂　吉岡尚美　村田淑恵　高橋瑶子 上野亮子　下出祐太郎
14:36-14:54	文化財科学一般	A-21	漆工芸・蒔絵技術に用いられる梨子地粉についての一考察 Effect of the shape of gold powder, "*Nashiji-fun*" on Urushi products ○遠藤淳司　下出祐太郎 成田智恵子 菅浪善造 鈴木里穂　近藤香菜　矢代大樹　高橋瑶子　濱田泰以
14:54-15:00			休憩
15:00-15:18	文化財科学一般	A-22	3次元レーザースキャナの精度・確度検証　ーイラン国立博物館所蔵粘土板資料を対象としてー Precision and accuracy verification of the measurement and drawing with a three-dimensional laser scanner ○渡邊俊祐　寺村裕史　津村宏臣
15:18-15:36	文化財科学一般	A-23	庚寅銘大刀の発見と事前調査 ー福岡市元岡 G6 号墳出土象嵌大刀の取上げから X 線 CT 調査までー Discovery and research of Inlay sword ○上角智希　田上勇一郎　西澤千絵里　今津節生　烏越俊行　和田 慧　加藤和歳　村田忠繁
15:36-15:54	文化財科学一般	A-24	東名遺跡から出土した魚類耳石 Marine fish otolith recovered from the Higashimyo shell middne ○丸山真史　大江文雄　西田 巌　松井 章

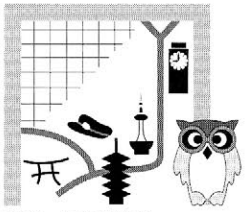
1）24 日は、9:00 から受付、9:30 から口頭発表の開始です。

2）口頭発表は、A 会場（文学部新館第 3 講義室）・B 会場（同 第 7 講義室）・C 会場（同 第 6 講義室）です。

3）24 日は、15:50 から閉会の辞（@ A 会場）があります。

B 会場　（文学部新館第 7 講義室）

時間	分野	頁数	題目（和文・英文）　発表者名
9:30-9:48	文化財科学一般	B-14	土器残存有機物を用いた縄文時代後晩期、渥美半島地域の食性復元 Reconstruction of paleodiets in potteries using lipid analysis from late to final Jomon periods, Japan ○宮田佳樹　堀内晶子　中村賢太郎　黒沼保子　増山禎之　南雅代　中村俊夫　Richard Evershed
9:48-10:06	文化財科学一般	B-15	文化遺産情報資源共有化に向けた大規模データベースの開発 Development of large database for sharing cultural heritage information resources ○高田祐一　田代亜紀子　津村宏臣
10:06-10:24	産地	B-16	日本の戦国時代における鉛の流通 Transportation of lead during the warring wtate period in Japan ○平尾良光　魯禮玹　西田京平
10:24-10:42	産地	B-17	三角縁神獣鏡の原料産地と製作地に関する考察 On the material provenance and the place of fabrication of triangular-rimmed mirrors with divinity and animal design ○馬淵久夫
10:42-11:00	産地	B-18	トルコ・ボアズキョイ遺跡、ビュクリュカレ遺跡出土の重鉱物分析における産地推定 ～ヒッタイト帝国期の土器交易の有無、製作モデルの解明を目指して～ Heavy mineral study of ceramics from Boğazköy and Büklükale, Turkey: Identification of trade activity and modeling ceramics production in Hittite empire period. ○橋本一茉　黄 嵩凱　中井 泉
11:00-12:00			総会（@ A 会場）
12:00-13:00			昼食
13:00-14:00			ポスター解説（@ポスター会場）
14:00-14:18	産地	B-19	XRF,ESR 法による福島県宮崎遺跡再葬墓出土管玉・勾玉・平玉の石材産地分析 Sourcing of the stone ornaments in Yayoi period excavated at Miyazaki site in Fukushima prefectuere by means of ESR and XRF. ○藁科哲男　設楽博己　渡部明美
14:18-14:36	産地	B-20	原産地推定のための北海道産黒曜石の地質及び岩石資料 Geological and petrological data of obsidian sources in Hokkaido: for the obsidian source identification ○和田恵治　佐野恭平　長部伸城　鹿野貴広　向井正幸
14:36-14:54	産地	B-21	東叡山寛永寺徳川将軍家御裏方霊廟の石材に使用されていた鉛部材の鉛同位体比 Lead isotope ratios of joint parts in the gravestones of Tokugawa shogunal family at the Kan'ei-ji Temple ○齋藤 努
14:54-15:00			休憩
15:00-15:18	産地	B-22	8 世紀における都城・寺院跡出土鉛釉陶器の化学分析からみた特徴 The characteristic from the chemical analysis of lead-glaze ceramics excavated from the Nara capital and the temple sites in the 8th century ○降幡順子　神野 恵　玉田芳英　齋藤 努
15:18-15:36	産地	B-23	可搬型蛍光 X 線分析装置によるサーサーン朝銀製品の組成の特性化と産地推定 Compositional characterization and estimation of provenance of Sasanian silver objects by using portable XRF spectrometer ○堀内 慧　中井 泉　四角隆二
15:36-15:54	産地	B-24	石材原産地資源の距離逓減と交易距離との合成モデルの構築 Synthetic modeling of supply successive diminution model and trade distance model of obsidian with spatio-temporal metrics ○津村宏臣



29th JSSSCP Congress

C会場　（文学部新館第６講義室）

時間	分野	頁数	題目（和文・英文）　発表者名
9:30-9:48	保存科学	C-14	復元竪穴住居の保存環境に関する研究（第３報）（富山市北代遺跡　その３） Studies on preservation of restored a Pit dweling. Part 3.(The KITADAI ruins.3) ○宮野秋彦　古川知明
9:48-10:06	保存科学	C-15	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） Study on the conservation materials for bas-relief of Bayon temple in Angkor site ○松井敏也　沢田正昭　井上才八　海老沢孝雄　河崎衣美　跡見洋介　千葉麻由子　朴東煕
10:06-10:24	保存科学	C-16	装飾古墳におけるCGシミュレーションを用いた季節間色変化の研究 Research of Color-change during the season, which is used CG-simulation in decorated tumulus ○池田朋生　坂口圭太郎　大庭敏男　朽津信明　森本哲郎　小林由江　池内克史
10:24-10:42	保存科学	C-17	ハギア・ソフィア大聖堂の屋内外環境が壁画劣化に及ぼす影響 ーレンガ造壁体の水分移動解析ー Influence of indoor and outdoor environment on deterioration of the wall painting in Hagia Sophia — Numerical analysis of moisture transfer on the wall— ○小椋大輔　河田 慧　石崎武志　小泉圭吾　佐々木淑美　口高健一郎
10:42-11:00	保存科学	C-18	ハギア・ソフィア大聖堂における内壁面の構造と析出塩類の調査 Composition of inner wall and salt crystallization in Hagia Sophia, Istanbul, Turkey ○佐々木淑美　吉田直人　石崎武志　小椋大輔　小泉圭吾　口高健一郎
11:00-12:00			総会（@Ａ会場）
12:00-13:00			昼食
13:00-14:00			ポスター解説（@ポスター会場）
14:00-14:18	保存科学	C-19	ベントナイトに埋設した炭素鋼の微生物腐食を用いた鉄製文化財の微生物腐食研究 Study of microbially influenced corrosion of archaeological iron objects using microbially influenced corrosion of the carbon steel in buried bentonite ○李素妍　松井敏也　吉川英樹
14:18-14:36	保存科学	C-20	大韓民国行政博物の保存研究 Study on preservation of archival objects in Korea -Especially concerning plastic artifacts- ○鄭容在　柳知雅　鄭先慧
14:36-14:54	保存科学	C-21	着生地衣類の二次代謝産物とその生成物を利用した文化遺産の強化方法の研究III ー地衣類と石材の境界部における元素分布ー Research on the consolidation method for cultural heritage using the reaction products between secondary metabolites from lichens and the substrate III — Elemental distribution in the interface between lichens and the substrate stoneworks — ○河崎衣美　松井敏也　山本好和
14:54-15:00			休憩
15:00-15:18	保存科学	C-22	乾燥出土木材の改質に関する基礎的検討 Basic studies on swelling of completely-dry waterlogged wood ○遠藤利恵　杉山淳司
15:18-15:36	保存科学	C-23	国宝神庭荒神谷遺跡出土青銅製品の再修理（１）ー再修理の方針と問題点を中心にー Conservation of bronze remains excavated Koujindani ○石川恵美　田中由理　塚本敏夫　植田直美　和田一之輔　澤田正明　増田浩太　森岡利栄　足立克己

ポスター発表（6月23～24日）

ポスター会場（文学部新館第1・2講義室）
両日ともに、解説あり（13:00～14:00）

【年代測定】

P-001
東北北部におけるアスナロの長期標準年輪曲線構築
A long tree-ring chronology of Thujopsis dolabrata for the northern Tohoku district, Japan
○箱崎真隆　大山幹成　星野安治　吉田明弘　鈴木三男

P-002
日本産ツガ属の年輪年代測定（その5）　ー當麻奥院方丈の改造履歴についてー
Dendrochronology of Japanese Hemlocks 5: a case study about the alteration history of the interior of Hojo. Taima-Okunoin Temple
○藤井裕之　山下秀樹　中田宏和

P-003
談山神社権殿の年輪年代調査
Dendrochronological study of Gonden Hall, Tanzan shrine
○藤井裕之　光谷拓実　吉田恭純　舘俊秀

P-004
^{14}C 年代測定法における酸－アルカリ－酸処理法の NaOH 溶液の濃度と年代値との相関
Relationship between NaOH concentration and ^{14}C date in ABA pretreatment for charcoal
渥美 晋

P-005
炭素・窒素同位体分析を用いたクッキー状炭化物の由来解明と年代測定
Radiocarbon dating and approach to the origin of Jomon 'cookies' based on carbon and nitrogen isotope ratios
○國木田 大　吉田邦夫

【古環境】

P-006
動物遺存体に残る傷痕の研究
The study of injury that was left to an animal bone
○金原裕美子　松井 章

P-007
盛土遺構の形成プロセスに関する研究　－三内丸山遺跡西盛土における堆積物の検討－
Study on the formation process of the earthen mound
—An investigation of artificial mound sediments from the western mound at Sannai-Maruyama site—
○安 昭炫　山本総光　崔 聖國

P-008
大阪府讃良郡条里遺跡の埋没水田面上で検出された小穴群の形成過程について
Formation process of small holes on buried paddy field surface at Sara-gun Jori site,Osaka.
○辻 康男　中尾智行　尾崎 誠

P-009
昆虫化石を用いた愛知県伝法寺野田遺跡における古環境復元
Paleoenvironment of the Denpouji-Noda site, Aichi prefecture based on assemblage analysis of the insect fossil
○奥野絵美　西本 寛

P-010
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
Identification of charred bulb from an archaeological site based on morphology and anatomy.
○米田恭子　佐々木由香

P-011
プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代決定法に関する研究（Ⅳ）
ー土壌からのプラント・オパール抽出手法の確立ー
Study on age determination by carbon in plant opal collected from ancient agricultural field (Ⅳ)
— Finalization of the plant opal extraction method from soil —
○宇田津 徹朗　中村俊夫　田崎博之　外山秀一　杉山真二　松田隆二

P-012
藤原宮造営期の馬に認められた骨病変
The bone disease of the horse during the construction period of the Fujiwara palace.
○山崎 健

P-013
古環境を探求する植物遺体の研究
In the paleoenvironmental analysis for the plant remains
○山口誠治

【材質・技法】

P-014
古式土師器の実験考古学的研究　－タタキ技法によるペーストの粘性流体的造形過程－
Experimental archaeological study of pottery of early kofun period
— Morphology of Paste as viscid fluid material by Technique strengthening with board, *TATAKI* —
○中塚 良

P-015
鎌倉・室町期における大分県宇佐神宮で用いられた神輿障子絵に関する顔料調査
A scientific study of paintings used for the portable shrine walls of Usa shrine during Kamakura and Muromachi periods.
○石川優生　平尾良光　山田拓伸　元永裕喜　浅井京子

P-016
古代ガラスの着色に使用された黄色顔料の考古科学的研究
Archaeometric investigation of yellow pigments used for coloring of ancient glass
○中村彩奈　阿部善也　菊川匡　中井 泉

様々な分析法により推定される出土琥珀の分子構造
P-017 Presumable molecular structures of the excavated amber from the various analyses
○植田直見　渡邊緩子
香川県善通寺市所在 王墓山古墳出土ころくの復元案
P-018 One plan to restore the koroku from Ouhakayama Tomb
○杉本和江
文化財用Ｘ線ＣＴスキャナによる福岡県飯塚市山王山古墳出土象嵌円頭柄頭の研究
P-019 Study on CT-Scanned Image of the pommel inlayed on the sword from Sannouzan Tomb in Iizuka City,Fukuoka Prefecture
○加藤和歳　村田忠繁　八木健一郎
韓国金海大成洞古墳出土短甲付着動物毛の顕微鏡分析
P-020 Microscopic analysis of hair attached to plate armor excavated from the Daeseong-dong Tombs, Kimhae, Korea
○林 志暎　宋 源永　沈 載龍　西山要一
古代銅赤ガラスの発色機構の解明
P-021 Investigation of the coloring mechanism in the ancient copper-red glass
○阿部善也　菊川 匡　中井 泉
新宿区崇源寺跡から出土した木棺材の樹種と年輪幅からみた江戸の木材利用の変遷
P-022 Transition of timber usage during the early modern Edo period deduced from species composition and tree-ring width of coffin boards at Sugen-ji site, Tokyo
○鈴木伸哉　星野安治　大山幹成　能城修一
染付陶磁器に用いられたコバルト顔料の東西比較
P-023 Comparison of cobalt pigment used Blue-and-White ceramics in the East and the West
○新免歳靖　村上夏希　岡野智彦　金沢 陽　二宮修治
明治期の並河七宝（並河靖之七宝記念館蔵）の七宝釉薬に関する調査報告　―黒色釉薬を中心に―
P-024 Investigation for the Namikawa Cloisonne in the Meiji period which the Namikawa Yasuyuki Cloisonne Museum of Kyoto possesses － Around the black glaze －
○二宮修治　武藤夕佳里　新免歳靖　佐藤香子　小川絢子　三浦麻衣子　村上夏希　平田景子　長沼 暦　宇田川滋正　荒井 経
北海道の遺跡における竪穴住居の柱材からみた樹種選択利用
―擦文時代（オホーツク文化含む）の竪穴住居における道央部と道東部との比較研究―
P-025 Utilizations of woods to prepare pillars for pit-dwellings in the Satsumon Era (Including the Okhotsk culture)
○守屋豊人　佐野雄三、松波秀法、渡邊陽子
オンサイト分析によるエジプト出土ファイアンスの組成的変遷の解明と着色技術に関する考察
P-026 Investigation of compositional transition and discussion of coloring techniques of ancient Egyptian faiences on the basis of onsite analytical study
○遠山加奈枝　阿部善也　中井 泉　西坂朗子　河合 望　吉村作治
浄瑠璃寺三重塔における彩色材料調査
P-027 Analysis of the painting materials used in three-storey pagoda of Joruri-ji Temple
○森 正和　多田牧央　力石恵一　南 滋　岡田至弘
若宮大路周辺遺跡出土中世漆器にみる下地調整技術について
P-028 Ground layer production techniques of medieval lacquerware excavated from Wakamiyaoji Kamakura, Japan
○武田昭子　米澤雅美　赤沼英男　土谷信高
工繊大資料館収蔵品に見る明治期の京都における機械捺染技術
（京都工芸繊維大学美術工芸資料館所蔵染織品の調査 8）
P-029 The technique of machine textile printing industry of Kyoto on Meiji era from Kyoto institute of technology tollection
(Investigation of the textile collections in Kyoto Institute of Technology, Museum and Archives 8)
○佐々木良子　生谷吉男　梶原俊明　萩原理一　藤井健三　並木誠士　浦川 宏　森本一成　佐々木 健
木質文化財樹種調査における新規手法の適用と文化的背景考察
P-030 Application of Synchrotron X-ray for wood identification of wooden heritages and cultural consideration
○田鶴（水野）寿弥子　杉山淳司
堂ヶ谷廃寺から出土した露金具内部の繊維について
P-031 Identification of the fibers in copper fittings excavated from a temple site of Dohgaya in Shizuoka Prefecture
○伊藤美香　小原奈津子　井鍋誉之
曲がり羽口の使用方法にかかわる復元的研究　―自然吹の可能性について―
P-032 The restoring research of tuyere "magari-haguchi"
○伊藤幸司
元禄および天保国絵図の彩色材料と色表現について
P-033 Painting materials and apparent colors of Genroku Kuniezu and Tempo Kuniezu
○吉田直人　早川泰弘　村岡ゆかり　杉本史子
ソウル東関王廟の塑造像の非破壊診断と製作技法の解析
P-034 Nondestructive diagnosis and interpretation of making technique of the clay statues in Donggwanwangmyo, Seoul
○李貞恩　李讚熙，韓ナラ
縄文時代における滑石混入土器の有用性の検討
P-035 An examination of the usefulness of the talc mixing earthenware in the Jomon period
○岡田文男　針馬奏子
京都府精華町鞍岡山３号墳出土短甲の構造復元
P-036 The restoration and structure of Kuraokayama tomb number three
○大江克己　植村明男　西山要一　村川俊明

4～8世紀中央アジア古文書用紙に用いられた填料・糊料に用いられた雑穀および小麦澱粉

P-037 Millet and wheat starch as a size or glue found on/in the paper specimens of old Central Asian documents in the 4th-8th centuries

○江南和幸　坂本昭二　森 正和　河野益近　倉石沙織　岡田至弘

出土資料からみた中世首里城におけるベンガラ顔料の調達と使用

P-038 The study on iron oxide red pigment(Bengala) used to Ryukyu Shuri-jo castle at Middle age

○北野信彦　新垣 力　仲座久宜

泰西王侯騎馬図屏風の彩色材料調査

P-039 Analysis of colorants used in 'The Western Kings on Horseback Screen'

○早川泰弘　城野誠治

【産地】

北タイの土器製作村における製作者の個人内変異と個人間変異　－土器の形態と胎土－（続報）

P-040 Potters' intraindividual and interindividual variation in a pottery village, northern Thailand: Pottery shapes and chemical characteristics － II －

○中園 聡　川宿田好見　黒木梨絵　平川ひろみ　太郎良真妃　中村有希　江神めぐみ　平良理揮　白井菜実　新納弘恵

北タイの伝統的土器製作における土器素材の蛍光X線分析

P-041 X-ray fluorescence analysis of pottery materials in traditional pottery making, northern Thailand

○中園 聡　平川ひろみ　太郎良 真妃　平良理揮

判別図法によるサヌカイトの産地推定について

P-042 Identifying the sources of sanukite using the discriminant figure method by Mochizuki

○竹原弘展

中世における経筒と梵鐘の鉛同位体比

P-043 Lead isotope ratios of sutra containers and tmple bells in the middle age of Japan

○西田京平　平尾良光

ICP発光分光分析を用いた遺跡出土黒曜石石器の原産地推定に関する基礎的研究

P-044 Basic research with ICP-AES on excavated obsidian tools for its presumable place of origin

○三浦麻衣子　建石 徹　二宮修治

越中の国の須恵器生産

P-045 Relationship between production and supply of Suekiware in the ancient Ecchu province

○三辻利一　辻上裕貴　財団法人富山県埋蔵文化財センター　富山市教育委員会

鴻臚館とその周辺の瓦窯跡出土瓦の蛍光X線分析

P-046 X-ray fluorescence analysis of ancient tiles from both the Korokan site and some tile kiln sites around the Korokan site

○三辻利一　川宿田好見　瀧本正志

房総半島の古墳群、窯跡出土埴輪の化学特性

P-047 The elemental characteristics of Haniwa excavated from the clusters of tumuli and kiln sites in the Boso-peninsula

○三辻利一　犬木 努　近藤麻美

名古屋台地周辺古墳群出土埴輪の化学特性

P-048 The elemental characteristics of Haniwa excavated from tumuli the clusters of around the Nagoya heights

○三辻利一　近藤麻美　名古屋市教育委員会　春日井市教育委員会　大垣市教育委員会

韓半島中西部における玉類の産地推定

P-049 Source areas of beads in midwest of Korean Peninsula

○金奎虎　金庚澤　中村大介　藁科哲男

可搬型蛍光X線分析装置を用いた国内美術館所蔵のイラン製イスラーム陶器における産地特性化

P-050 Provenance study of the Iranian-Islamic pottery using a portable X-ray fluorescence spectrometer

○権代紘志　中井 泉

放射光蛍光X線分析を用いた中央アナトリア土器の産地判別法の開発

P-051 Provenance analysis of Anatolian ancient pottery by SR-XRF

○河野由布子　黄 嵩凱　阿部善也　中井 泉

前方後円墳発生期における朱の交易　－イオウ同位体比分析による産地推定をとおして－

P-052 Vermilion trade in the dawn of keyhole shaped Tomb, by determination using sulfur isotopes

○河野摩耶　南 武志　今津節生

ブルガリア・デャドヴォ遺跡における土器胎土・カマド構築材料の基礎的研究
－考古学・岩石学・分析化学の視点から－

P-053 Provynance analysis on materials of pottery and oven in Dyadovo,Bulgaria: by means of archaeology,Petrograpfy and Analytical chemistry

○千本真生　金成太郎　柴田 徹　禿 仁志　ストヤン・ジャンバゾフ　アルベナ・ヨレヴァ　オグニャン・マリノフ

アゼルバイジャン，ギョイテペ遺跡出土黒曜石製遺物の原産地推定　－定性・定量分析に基づいて－

P-054 Sourcing obsidian artifacts from Göytepe site, Azerbaijan - based on qualitative and quantitative analysis -

○金成太郎　西秋良宏　長井雅史　柴田 徹　ファルハド・キリエフ　杉原重夫

新薬師寺旧境内遺跡出土奈良三彩片の胎土分析

P-055 XRF analyses of the Nara-sansai shards from Shin-Yakushi-ji Temple Old Precincts site

○青木智史　小倉頌子

福岡藩で利用された花崗岩類石材の帯磁率について
P-056 Magnetic susceptibility of granitic rocks used in Fukuoka-han, Fukuoka Prefecture in Early-modern Age
朽津信明　三木隆行　山村信榮
備前佐山新池１号窯出土須恵器の胎土分析　ー輪状つまみ杯蓋の産地推定ー
P-057 X-ray fluorescence study of sue potteries from the Bizen Sayamashinike a kiln 1
○白石 純　亀田修一　徳澤啓一　横山 聖

【保存科学】

史跡高井田横穴における保存環境が及ぼす微生物挙動への影響
P-058 The effect of storage environment to microbial behavior in Takaida cave tombs
○須山貴史　西山要一　鈴木孝仁　雨田朋子　木内葉子
多孔菌の羽毛ケラチン処理
P-059 Feather keratin treatment of waterlogged Polypores
○遠藤利恵　杉山淳司
分離・合体可能な甲冑の復元と展示
P-060 Restoration of ancient armor that can be transformed
○塚本敏夫　尾崎 誠　橋本英将　菅野成則　谷本 進
トレハロース含浸処理法の実用化２　ー広葉樹材の処理事例ー
P-061 Practical use of trehalose method in conservation of broad leaf tree
○伊藤幸司　藤田浩明　東郷加奈子　澤田正明
３Ｄデータを用いた桐展示台の製作
P-062 Production of display table made of paulownia wood using the 3D data
○塚本敏夫　石川恵美　田中由理　増田啓太　澤田正明　森岡利栄　和田一之輔
海水環境が鉄製遺物の腐食過程に及ぼす影響
P-063 The effects of sea water conditions on corrosion process of marine iron artifacts
○柳田明進　脇谷草一郎　高妻洋成
長崎県鷹島海底遺跡出土資料の CT 調査と保存科学への応用
P-064 CT research and application to conservation science on Takashima undersea objects
○烏越俊行　今津節生　輪田 慧　中田敦之
トレハロース含浸法による出土木製品の保存処理　ー東北諸機関における事例報告ー
P-065 The conservation process of archaeological waterlogged wood using a trehalose method
○小林 啓　渡邉淑恵
敦煌莫高窟第 285 窟の壁画彩色の物理的損傷の分布解析　ー南壁に描かれた龕楣の彩色を例にー
P-066 Distributional analysis of physical damages on the paint layers of the mural in Cave 285 at the Mogao Grottes,
— a case study of the painting on south wall —
○高林弘実　渡辺真樹子　大場詩野子　三浦麻衣子　井上優子　津村宏臣　孫勝利　丁淑君　岡田 健
彫刻作品の地震時転倒確率の簡易予測に関する研究
P-067 Simple prediction method of falling probability by earthquake for sculpture
○森井順之　運天弘樹　藤田悠貴　久世めぐみ　花里利一
含水量による古墳壁画の見え方変化の予測に関する研究
P-068 Study on prediction of the appearance of mural painting due to moisture content
○小椋大輔　森田直樹　鉾井修一
水浸出土木製品における乾燥剤凍結乾燥法の基礎的研究（Ⅰ）
P-069 The Studies on freeze-drying method for waterlogged wood using desiccant agent (Ⅰ)
○中尾真梨子　奥山誠義　　西山要一
銅鐸と銅戈が出土した長野県柳沢遺跡の埋蔵環境（続報）
P-070 Burial environment of bronze halberds and bells excavated from Yanagisawa archaeological site in Nagano Prefecture (Second report)
○三ツ井誠一郎　村上 隆　廣田和穂　上田典男
鷹島沖海底遺跡出土木製品へのトレハロース含浸法の適応　ー基礎的な実験結果についてー
P-071 Adaptation of the trehalose method for marine waterlogged-wood
○今津節生　中田敦之　高妻洋成　伊藤幸司　藤田浩明　小林 啓
茨城県ひたちなか市十五郎穴横穴墓群より出土した副葬鉄製品の腐食状態
P-072 Corrosion of iron artifacts excavated from Jugorouana rock-cut tombs in Hitachinaka City, Ibaraki Prefecture
○吉川英樹　三ツ井誠一郎　松井敏也　稲田健一
石川県「真脇遺跡縄文館」の展示・保管環境の調査
P-073 An investigation into the exhibition and storage environment of "Mawaki site Jomon Museum" in Ishikawa
○伊藤健司　山田卓司　田中由里　姜大一　金益柱　李哲漢　高田秀樹
土質遺構露出展示状態の宮畑遺跡における水分移動解析
P-074 Study on moisture movement in open exhibited soil structural remains
○脇谷草一郎　高妻洋成
こけら屋根に用いた銅板の防腐効果の検討
P-075 Preservative effect of copper plates on wooden shingles used for traditional Japanese style shingle roofs
○藤原裕子　藤井義久　木川りか

P-076 長野県柳沢遺跡出土青銅器の保存修復
Conservation and restoration of bronze ware excavated Yanagisawa site ,Nagano Prefecture
○白沢勝彦　上田典男　高妻洋成　村上 隆

P-077 出土木材のマイクロ波加熱凍結乾燥法による保存処理の研究 1
Study on conservation of waterlogged wood using freeze-drying method with microwave heating
○川本耕三　植田直見　山田哲也　中村秀美

P-078 含水率を使った簡便な出土木材保存処理の評価方法の開発
Development of a simple evaluation method for waterlogged wood preservation using a moisture content
○片岡太郎

P-079 東京芸術大学大学院における文化財保存環境学教育の取り組み
Approach on education of reforming indoor environment for cultural property in the Graduate School of Tokyo Geijutu Daigaku
○佐野千絵　古田嶋智子

P-080 石障の乾燥過程のシミュレーション解析
Simulation analysis of drying process of stone wall
○石崎武志　佐々木淑美　西田和浩　ルドルフ・プラーゲ

P-081 石造文化遺産のデジタル復元と變位分析のための三次元映像技術開發と適用
Development and application of three-dimensional image technology for digital restoration and displacement analysis of stone cultural heritage
○曺永勳　李讚熙

P-082 越中八尾の本法寺における所蔵文化財の保存環境の改修　第 1 報
Improvement of the preservation environment of cultural assets which a HONPOUJI temple in ETCHUYATSUO.
○宮野秋彦　宮野則彦　古川知明　長島晴治

P-083 臨海環境における建造物修理材料の耐候性評価
Evaluation of filling materials for the architecture in coastal environment
○早川典子　舘川 修　渡辺慶乃　森井順之　岡田光治　原島 誠

P-084 屋外金属文化財の表面汚染物および油性物質除去のためのドライアイスクリーニング技術の適用研究
A study on application of dry-ice cleaning for removing soot and oil paint of outdoor metal artefacts
○趙南哲　李知恩　李恩智　李鐘明　兪在恩

※ P-085 は、欠番です。

【文化財科学一般】

P-086 縄文時代後期遺跡の文化財科学的研究　ー京都盆地中西部の自然環境・自然資源利用ー
The study of cultural property of Late Jomon period,example of archaeological site of central western Kyoto basin
○木村啓章　中塚 良

P-087 鹿児島県三島村黒島における物質文化の三次元形状計測　ー考古学的・博物館学的実践ー
Three dimensional measurements of the material culture in Kuroshima Island, Mishima Village, Kagoshima Prefecture, Japan: Archaeological and museological practice
○川宿田好見　平川ひろみ　黒木梨絵　中園 聡　太郎良 真妃

P-088 土器製作者のリズムと動作　ーモーションキャプチャーを用いた身体技法の記録・分析ー（続報）
Potters' rhythm and motion: Recording and analysis of the body techniques using motion capture technology － II －
○川宿田好見　中園 聡　平川ひろみ　黒木梨絵

P-089 土器における粘土帯接合痕の可視化と観察（続報）
Visualization of Slab/Coil Constructions in pottery － II －
○平川ひろみ　中園 聡　太郎良 真妃　新屋敷 久美子

P-090 日射が与える大分元町石仏への影響　ー赤外線サーモグラフィによる調査結果からー
Impact of solar radiation will give Oita Motomachi Stone Buddha -From survey results by Infrared Thermography -
○山路康弘　伊藤広宣　山村健生

P-091 礼文島浜中 2 遺跡出土土器の脂質分析
Organic residue evidence for processing marine products in potsherds from Hamanaka 2 archaeological site, Japan
○宮田佳樹　堀内晶子　Lucy Cramp　南雅代　中村俊夫　Richard Evershed

P-092 モンゴル文化遺産の保存と活用のための記録
Documentation of Cultural Heritage of Mongolia for Preservation and Use
○山口欧志

P-093 WebGIS を基盤とした文化財情報共有化のためのアプリケーション開発
ーー般ユーザーを対象としたグループウェアー
Application development for the cultural properties information sharing based on WebGIS － Groupware for the public －
○竹内俊貴　佐藤 哲　高田祐一　津村宏臣

P-094 国宝臼杵石仏における紫外線照射による着生生物除去作業について
Epiphytic organisms removal by UV irradiation in Usuki stone Buddhas national treasure
○伊藤広宣　山路しのぶ　山村健生　川野邊 渉　森井順之　三嶋有子

P-095 現場ですべきこと、整理室でできること　ー迅速な発掘調査にむけた試行ー
Acceleration of an archaeological survey
○金田明大　横山 真　千葉 史　三井 猛　宮古市教育委員会

P-096 測る、掘る、考える　ー高田２号墳の総合的調査ー
Measurement, prospection and excavation of the Takada No.2 Tumulus.
○金田明大　城倉正祥　ナワビ矢麻

P-097 古代壁に使用された白土の基礎的研究
The basic study on the white clay used to ancient plaster walls
○鶴 真美　青木智史　金原正明

P-098 高松塚古墳壁画の材料調査　ー蛍光 X 線分析法による下地漆喰に関する調査（4）ー
The plaster analysis of the ancient Takamatsuzuka tumulus -Investigation by the X-ray fluorescence analysis
○降幡順子　早川泰弘　吉田直人　辻本与志一　脇谷草一郎　高妻洋成　佐野千絵　宇田川滋正　建石 徹

P-099 輪郭形状解析による出土馬歯の形状分類に関する基礎的研究（２）
Study of phenotypic variation among excavated horse teeth based on elliptical Fourier analysis
○植月 学　津村宏臣

P-100 モンゴル・アリシャンハダ遺跡における３次元写真測量と点群データ解析
Three dimensional photogrammetory and point cloud data analysis in Mongol
○森本達平　山口欧志　清水奈都紀　内山幹夫　田中良明　ガルバドラフ・エンフバト　津村宏臣

P-101 天然薬剤抽出物を利用した石造文化財生物学的損傷防止研究
Studies on the prevention of biological damages on the stone cultural properties using natural medicine extracts
○鄭先慧　鄭容在

P-102 文化遺産データベースのメタデータの評価
Evaluation of the metadata in cultural properties database
○湯佐安紀子　津村宏臣　田代亜紀子　森本達平

P-103 楕円フーリエ記述子を用いた土器口縁断面形状の細密評価
ー形状特性に内包される時代の時系列変化属性と製作者の個別動作属性の定量的判別ー
Quantitative evaluation of a rim section in pottery by means of Elliptic Fourier Descriptors.
○山口雄治　津村宏臣　松本直子

P-104 埋葬施設におけるリン、炭素、窒素の濃度分布について
Distribution of phosphorus, carbon and nitrogen density in the tumulus
○渡辺正巳　深田 浩　坂本豊治　瀬戸浩二　伊藤徳広

P-105 FOSS4G を利用した天理市布留川流域に残る歴史情報の発信
Dissemination of historical information about Furu river Basin using FOSS4G
○六車美保　前野 梓　宮崎祐子　大庭鎮顕　宮路淳子

P-106 マッピング ATR を用いた琉球漆器の分析
Analysis of Ryukyu lacquerware using by mapping ATR
○本多貴之　宮里正子　宮腰哲雄

P-107 田代太田古墳における近赤外分光画像を用いた壁画解析
Analysis of wall painting in the Tashiro-Ota Tumulus by using Near-infrared spectral image
○森本哲郎　小林由江　朽津信明　池田朋生　大庭敏男　池内克史

P-108 エジプト・マスタバ墓地下埋葬室母岩の劣化と補強
Reinforcement work of mother rock in burial chamber of Mastaba in Egypt
○伊藤淳志　西形達明　吹田浩

P-109 シリコーンを使った遺構の立体剥ぎ取り・複製３
The third method of replicating and peeling off the three-dimensional remains with silicone
○菅野成則　井上雄貴

P-110 土器・土製品の再復元における問題点
Issue on re-restoring of earthenware and clay figure
○撫養健至　古谷亜紀

P-111 非破壊オンサイト分析による日本出土の古代ガラスの流通に関する考古化学的研究
Archaeochemical investigation of the distribution of ancient Japanese glasses by nondestructive onsite analysis
○松﨑真弓　白瀧絢子　池田朋生　中井 泉

P-112 加茂岩倉遺跡出土銅鐸の安定台について
About making stabilization units for bronze bell from Kamoiwakura site
○澤田正明　増田浩太　藤原義子　高橋理一　池田則之

P-113 縄文食における植物
Plants in Jomon cuisine: prelimining results of plant microfossil analyses of Inciplent and Initial Jomon pottery 'foodcrusts'
○ヘイリー・ソール　オリバー・クレイブ　カール・ヘロン　西田泰民

P-114 ISCS「石材劣化パターンの図版用語集」日英版作成の報告
Report on "Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns English-Japanese version" by ISCS Japan
○千葉麻由子　佐々木淑美　石崎武志　ISCS 国内委員会

P-115 非等方性累積可視域分析を応用したオマーン・ニズワ都市の文化的景観
ー文化的景観をめぐる定量評価手法の展開ー
Anisotropic cumulative-viewshed analysis of the cultural landscape of the inland city Nizwa,Oman
— Developing the quantitative analysis of cultural landscapes —
○宇佐美智之　津村宏臣　大場春那

P-116 フランス国立図書館蔵ペリオコレクションの科学分析　ー唐代以前の敦煌文書料紙についてー
Scientific analysis of the Pelliot Collection in the Bibliothèque nationale de France
— Dunhuang manuscripts papers before Tang Dynasty —
○坂本昭二　Nathalie Monnet　岡田至弘　江南和幸

P-117 大英図書館蔵スタインコレクション「金剛般若経」の科学分析
ー最も古い記年のある印刷本の料紙についてー
Scientific Analysis of the 'Diamond Sutra' in the British Library Stein collection
— The World's Earliest Dated Printed Book's Paper —
○坂本昭二　江南和幸　Frances Wood　松岡久美子　Hutt Graham　Mark Barnard　Susan Whitfield　岡田至弘　石塚晴通

P-118 RDB による「My ギャラリー」システム　ー遺跡データの活用・あいち埋文 HP よりー
[MyGallery] System by RDB -Examples of utilization of the data of archeological explorations
○堀木真美子　赤塚次郎

P-119 新潟県小坂居付遺跡より出土したイネ種子の遺伝的特性
The genetic property of the carbonated rice from Kosaka-Iduki relics in Niigata prefecture
○花森功仁子　佐藤友子　千葉博俊　齋藤寛

P-120 レバノン・ラマリ遺跡出土の鉛製呪詛板の総合的研究
Study of the curse lead tablet discovered in Ramali site in Lebanon
○泉 拓良　斉藤 努　西山要一　前野弘志

【探査】

P-121 ダハシュール北遺跡における地中レーダを用いたシャフト墓の調査
Investigation of the shaft tombs using ground-penetrating radar at Dahshur North site
○岸田 徹　津村宏臣　渡邊俊祐　矢澤 健　吉村作治

P-122 神郡の役所を探る　ー常陸国鹿島郡衙の GPR 探査ー
Prospection of the god's county government
○金田明大　西村 康　三井 猛　鹿嶋市教育委員会

【文化財防災】

P-123 泥質堆積物の変形構造を主とする遺跡の古地震痕跡
Paleoseismic evidences at the archaeological sites : mainly on the muddy sediment deformation structures.
○松田順一郎　辻本裕也

P-124 瀬戸内海における被災遺跡
Stricken sites in Seto Inland Sea
○遠部 慎　犬島貝塚調査保護プロジェクトチーム

P-125 救済された資料のその後の保管について　ー天草アーカイブスを事例としてー
Storage for the recovery achieves from an inundation- A case study for AMAKUSA achieves-
○渡辺智恵美　金子久美子

P-126 被災文化財や行政文書を想定した紙の水分特性
Characteristics of paper moisture on sample papers assumed as damaged cultural properties and administrative document
○林美木子　佐野千絵　佐藤嘉則　木川りか

P-127 山形における地域文化財防災活動　ー災害前のシステム構築と災害時の連携力ー
Disaster preventtion activities for cultural properties in Yamagata
○手代木美穂　米村祥央　小林貴宏　竹田純子　酒井英一　山形文化遺産防災ネットワーク有志

P-128 気仙沼大島漁業協同組合資料の保全活動報告
Conservation activity report for Documents of the Kesennuma Oshima Fishermen's Cooperative association
○田上 繁　高妻洋成　重村 力　佐野賢治　三笠友洋　窪田涼子

P-129 東日本大震災により被災した紙資料のレスキュー
Rescue of cutural properties made of paper damaged by great east Japan earthquake disaster
○高妻洋成　東北地方太平洋沖地震被災文化財等救援委員会　文化庁

P-130 被災文化遺産支援コンソーシアムの活動　ー防災遺産学の提起ー
The action of Consortium for Earthquake — Damaged Cultural Heritage —
○松下正和　金田明大

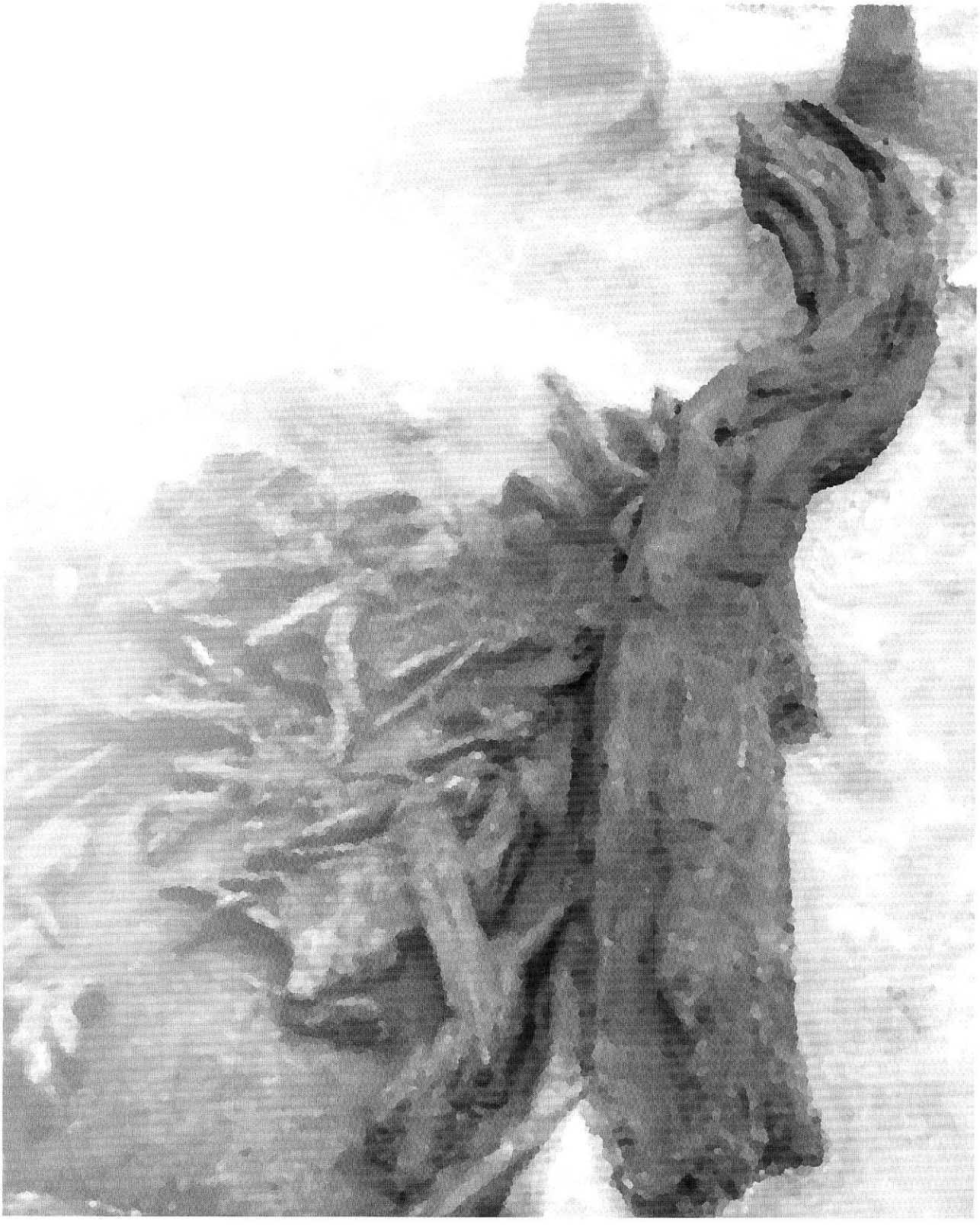
P-131 東日本大震災における民俗文化財のレスキューと将来への課題
The rescue operations of folk-cultural properties in the Great East Japan Earthquake and the task for the future
○日高真吾　和高智美　河村友佳子　橋本沙知　小谷竜介　半田昌之

P-132 縄文時代終りから弥生時代にかけての倒木現象
Natural phenomenon of tree falling during the Final Jomon period to Yayoi period.
○藤根 久　パレオ・ラボ AMS 年代測定グループ　森 将志　本庄市教育委員会

P-133 古墳時代前期の南関東を襲った巨大地震の痕跡
The traces of massive earthquake in the early Kofun period in South Kanto region.
○上本進二

P-134 茨城における東日本大震災被災文化財への保存科学の対応
Activities of conservator to cultural properties damaged by the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake in Ibaraki
○松井敏也　高村恵美　河崎衣美　跡見洋祐

P-135 北海道根室沿岸低地における先史・歴史時代の津波堆積物の OSL 年代測定の試み
Experiment on OSL dating of tsunami deposits during past 5,000 years in Nemuro coastal lowland, eastern Hokkaido
○下岡順直　七山 太　長友恒人



機器展示・広告掲載企業一覧

機器展示会場（文学部新館第２～６演習室）

株式会社アクト
アメテック株式会社
アワーズテック株式会社
SI サイエンス株式会社
オプトシリウス株式会社
株式会社　古環境研究所
光明理化学工業株式会社
コンピュータ・システム株式会社
株式会社相互技研
株式会社地球科学研究所
東北電子産業株式会社
同志社大学文化遺産情報科学研究センター
株式会社ニコン・トリンブル
株式会社 ニコン・インステック
日本電子株式会社
ネクスレント株式会社
株式会社パレオ・ラボ
株式会社パレット
富士シリシア化学株式会社
株式会社フミテック
ブルカー・エイエックスエス株式会社
ブルカー・オプティクス株式会社
株式会社文化財保存活用研究所
株式会社三ツワフロンテック
株式会社リガク
Beta Analytic Inc.

特別セッション
Special Session

場所：A 会場

日時：6 月 23 日（土曜日）

14:00 ～ 15:30

内容：趣旨説明

地震地すべりによる遺跡の形成と変形

遺跡発掘から土砂災害データを得る試み

今後の取組に向けて

地震地すべりによる遺跡の形成と変形

Formation and Deformation of Archaeological Sites by Earthquake-induced Landslides

釜井俊孝（京都大学防災研究所）
Toshitaka Kamai（Kyoto University）

1.はじめに

我が国は，モンスーン域に位置する島弧変動帯である．ここでは，地すべり災害が毎年のように繰り返されてきた．地すべり災害の発生には地質構造（素因）や地震・降雨（誘因）等の自然条件だけでなく，人間活動が影響を与える．その大小は場合によるが，少なくとも都市的空間においては，両者は互いに強く影響を及ぼし合いながら「災害」を発生させてきた．したがって、遺跡の成立や変形の過程は、過去の列島の災害と日本人の暮らしの相互作用の記録でもある． ここでは、琵琶湖湖底遺跡と大規模古墳の変形を題材に、その事を議論したい。

2. 遺跡の形成－琵琶湖底、尚江千軒遺跡－

琵琶湖では湖底遺跡が約 90 箇所存在し、そのうち千軒遺跡（沈水集落）は、琵琶湖全体で湖北を中心に 12 箇所知られている。これらは、歴史時代における水辺（ウォーターフロント）への進出と失敗の歴史を反映した住居址と考えられる。これらのうち今回は、湖岸域でのデータが豊富な尚江千軒遺跡について報告する。尚江千軒遺跡は陸上部分が筑摩御厨の故地にほぼ重なり、遺跡成立（水没）以前の詳細な絵図（正応 4 年、1291 年製作とされている）が残されている点で特別な遺跡である。「近江国坂田郡誌」（1913 年）には、土地の伝承として、「筑摩神社の大鳥居が地震によって沈水したため、土地の漁師が網をかけて引き上げようとしたが不可能だった」という記述がある。1567 年（永禄 10 年）に書かれた筑摩大神之記（近淡海坂田郡富永荘十六条筑摩大神之記）には、筑摩神社の範囲として、「西境は渚から沖合八町先の大鳥居であるが、現在は湖中となって鳥居は湖底に残っている」と記されている。これらの記述の正確さ、真偽については疑問の点が多い。しかし、林ほか（2004）によって、湖底から数点の遺物も回収されており、少なくとも中世のある時期に、集落が沈水する事件があったことが推定される。

2.1 湖岸の調査

図－1 は，筑摩神社背後から湖岸道路にかけて実施した，高精度表面波探査による S 波速度断面図と地質断面図である．厚さ 1～2m の顕著な低S波速度層（中部の泥混じり砂層）が，厚さ 10～12m の高S波速度層（やや締まった砂層）中に挟在している．この構造は，ほとんど水平～やや琵琶湖側に傾斜している．内湖側では高S波速度層の深い部分が低S波速度層に変化し，砂州の砂層から内湖泥層への変化に対応していると考えられる．上部砂層は現在の沿岸砂州の堆積物であるが，人為的擾乱が著しく，盛土との区別が困難である．中部の泥混じり砂層に挟在する泥層は有機物に富み，内湖的な環境で堆積したものと考えられる．下部砂層は古い沿岸砂州の堆積物と考えられる．すなわち，下部砂層に対応する砂州形成後，一時，内湖の様な停滞水域が形成され，その後再び琵琶湖の沿岸となって砂州が形成される様な環境に変化したと考えられる．

2．2 遺跡形成のメカニズム

中部泥混じり砂層（S-1）と下部砂層（S-2）から不攪乱試料を採取し，繰り返し非排水三軸試験を含む一連の土質試験を行った．試験の結果，S-1 の各粒度組成は 20～30%とほぼ均等で粘性土質礫質砂(SCsG)に分類されたが，S-2 は砂分が 77%と主体で他は 9～15%のため粘性土礫まじり砂(S-CsG)に分類された．土の繰返し非排水三軸試験では，繰り返し三軸強度比(Rl_{20})として，S-1 は 0.26，S-2 は 0.412 を得た．すなわち，中部泥混じり砂層の液状化強度は下部砂層に比べて 6 割程度であり，著しく低いと言える．

琵琶湖の周囲は顕著な活断層系によって画されているため，沿岸地域は，過去多くの内陸地震による影響を受けてきた．尚江千軒遺跡の成立も，琵琶湖水位の変動幅が限られている事と地元に残る様々な伝

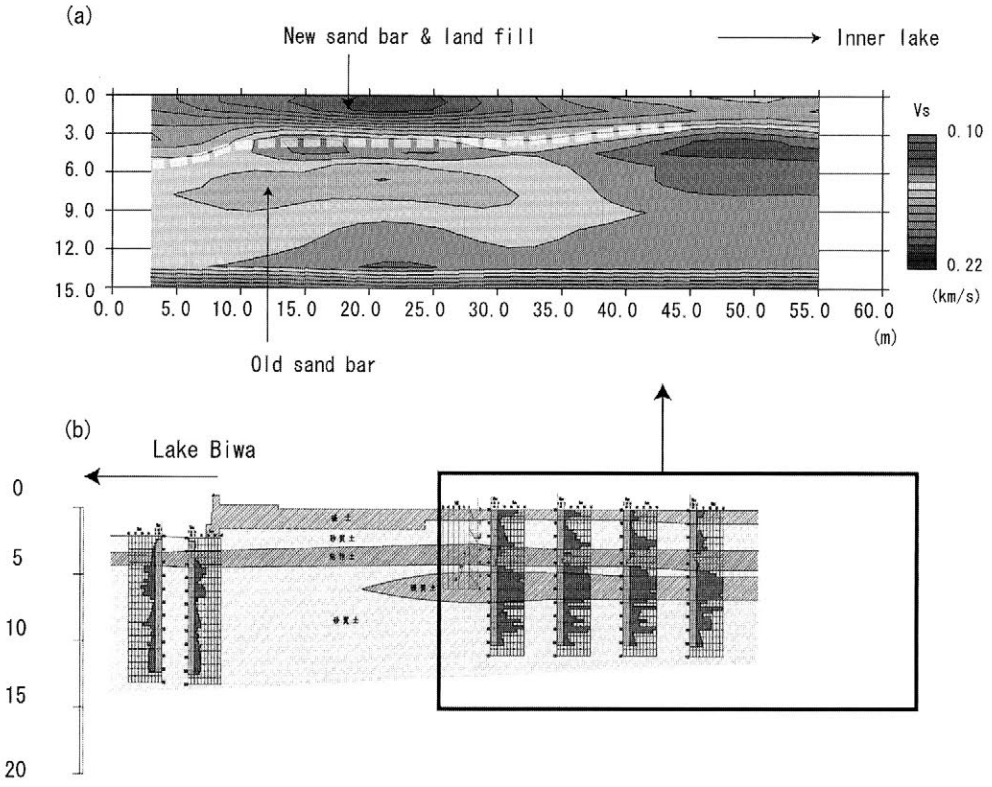


図-1　尚江千軒遺跡陸域のS波速度構造a)と地質断面図b)

承から，何れかの地震による地盤の変動が原因である可能性が高い．伝承にあるように湖北に大きな被害を及ぼした地震を考えると，正中2年（1325年）の地震（M6.5）が，遺跡を水没させた地震として有力である．この地震では琵琶湖の北方で山崩れが生じ，竹生島が崩壊し島の一部が湖水に没したと言われている．この地震は滋賀県から福井県にのびる柳ヶ瀬断層系で発生したと考えられている（宇佐見，1997）．

尚江千軒遺跡では地盤の繰り返し三軸強度比（R_{max}）が得られているので，F_lを用いた液状化判定を行った．F_lは式(1)で定義される．ここで，分母L_{max}は，水平震度から簡便に求めることにする．地震力の推定が結果を左右するが，同じ断層系で発生したとされる姉川地震を参考に，正中2年（1325年）の地震による尚江千軒遺跡付近の水平震度を0.3程度と仮定して計算した．その結果，深度4m付近の中部泥混じり砂層において，F_lが約0.8に低下し，液状化の発生が説明可能である．一方，0.3程度の震度では下部砂層の液状化は生じない．下部砂層の上面は，弥生時代以前の沿岸洲の地表であり，琵琶湖側に緩く傾斜している．したがって，仮定したような震度が作用した場合，液状化した中部泥混じり砂層が上部砂層を乗せたまま，琵琶湖側にすべり落ちた可能性は十分に考えられる。一方，こうした湖岸の地すべり（側方流動？）の運動形態に関しては，具体的な証拠が乏しい．しかし，湖底の音波反射断面には，水深8m付近に末端部と思われる反射面の跳ね上げが記録されている．このことから，少なくとも，比較的堅い末端部を持った地すべりであった事は想像できる．

3. 遺跡の変形－今城塚古墳と西求女塚古墳－

有馬高槻構造線と六甲断層系は過去にも活動し，大規模な地震を発生させてきた．特に，1596年慶長伏見地震は，両者が連動したため，M8クラスの巨大な内陸地震となり，被害が近畿一円に及んだ．この一連の断層系に沿って分布する今城塚古墳（高槻市）と西求女塚古墳（神戸市）では、地震による墳丘の変形が記録されている．

3.1 今城塚古墳

今城塚古墳は，全長 190m，高さ約 11mで，6 世紀後半のものとしては，わが国最大の巨大古墳である。考古学的には，宮内庁指定とは異なる「真の継体天皇陵」であると言われており，本格的な発掘調査が行われた唯一の大王陵でもある。この古墳が宮内庁指定を免れた理由の一つは，墳丘の形状が著しく乱れている事にある。その原因としては，今城塚と称された様に，戦国時代に城砦として利用されたためと考えられていた。しかし，近年の発掘調査によって，地すべりよる大規模な変形状況が数多く発見された事から，地表で見られた墳丘の乱れの原因は，地すべりの痕跡であると広く認知されるようになった（寒川，2000）。これらの地すべりは，いくつかの証拠から，1596 年慶長伏見地震によって引き起こされたと推定されている（寒川，2000）。

3.1.1 地形・地質

古墳は，箕面地溝の南縁部に位置している。箕面地溝は，有馬高槻構造線の活動によって形成された，幅 1km弱の構造性の凹地で，内部は扇状地堆積物，沖積河川堆積物によって埋積されている。高精度表面波探査によれば，古墳の直下には，安威断層が存在し，断層の北側には深さ４～５ｍまで柔らかい粘土層が分布する。

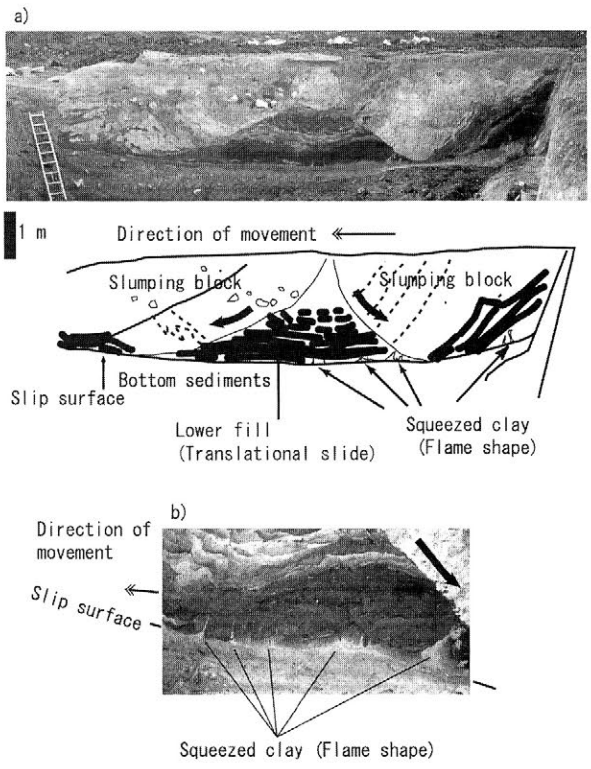


図-2　今城塚古墳の地すべり断面 a) と火炎構造（液状化痕跡） b）

3.1.2 地すべりの分布

地すべりブロックは墳丘全体に約７個分布する。安威断層の周囲と，墳丘の北側における変形が特に著しい。

3.1.3 地すべりの内部構造

安威断層に近いブロックでは，Translational な運動形態（図－2）が卓越しているのに対し，それ以外では，大規模な Slump が発達している。すべり面の最深部は，いずれも古墳の底面付近に達している。古墳底面では，有機物を含む暗色墳丘盛土が磨り潰され，レンズ状に引き伸ばされた「Basal shear」と，火炎構造を伴い，基盤粘土を切る「Main shear」が存在し，後者が前者を切っている。地すべりは，Main shear に沿って活動しており，Basal shear は，ブロックの移動に先立つ変形プロセスの存在を示唆すると考えられる。

3.2 西求女塚古墳

西求女塚古墳は、神戸市灘区の海岸線近くに位置している．埋め立てによって海岸線が後退したため，現在では 400m ほど内陸にあるが，古代には海岸線から 100m ほどの所に位置していた．近くの処女塚古墳，東求女塚古墳と共にセットとして成立した古代（3 世紀後半）の重要なランドマークであった．

3.2.1 地形・地質

地形的には，都賀川扇状地の扇端部から海岸の低地に移り変わる部分に立地している．その結果，古墳の北半部は扇状地礫層上に構築されているが，南半部は海浜砂の分布域に位置していると考えられる．

3.2.2 地すべりの分布

近代の人工地形改変が著しいため，西求女塚古墳では，今城塚古墳の様に地表から地すべり地形を認定する事が出来ない．したがって，地すべりの観察は，トレンチの内部に限られた．トレンチ掘削上の

制約から，地すべりの全体を一度に観察する事は出来なかったが，多くのトレンチにおいて，地すべり現象が観察された．それらの断片的な記録をつなぎ合わせると，顕著な地すべりブロックは，主として，後方部の中心付近から南西に向かう地すべり（地すべりA）と後方部北面のすべり(地すべりB)，前方部東縁の地すべり（地すべりC）の3カ所であると推定される．

3.2.3 地すべりの内部構造

地すべりの水平変位に対して垂直変位の割合が大きく，形状は幅が長さに比べて大きい．末端部の発達は不十分であり，顕著な圧縮や流動化は認められない．確認されたすべり面は，滑落崖に連続する高角度（60-65°）なすべり面とほぼ水平な墳丘底面でのすべり面，及びそれぞれの主要なすべり面に付随する盛土内部の正断層群からなる．古墳の基盤は、液状化の痕跡が認められる淘汰の良い海浜性の砂層からなっている

3.3 地すべりのメカニズム

人力波形として1596年慶長伏見地震の強震動を、経験的グリーン関数法によって推定した。1997年に有馬高槻構造線沿いで観測された小地震（M3.4）を経験的グリーン関数として使用し、応力効果率等の断層パラメーターは、1995年兵庫県南部地震の強震動を再現できるように設定した。その結果、今城塚古墳では、約1700gal、西求女塚では約1300galのPGAを示す強震動波形を推定できた。

この波形を基に、今城塚古墳では、Newmark 法による地すべり変位量の再現を試みた。その結果、水平のすべり面においても、1596年慶長伏見地震によって3～5mの水平変位の発生が説明できる。このことは、発掘された地すべり断面の状況と一致する結果である。

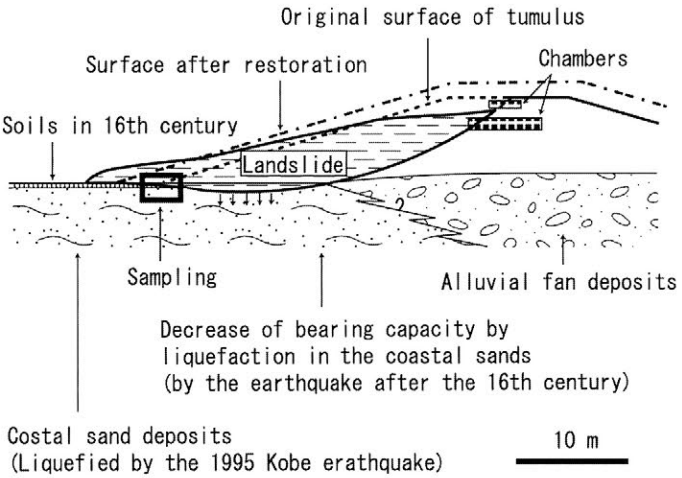


図-3　西求女塚古墳の地すべりメカニズム

西求女塚古墳では、推定された1596年の強震動波形を使って、FEMによる地震応答解析を行い、計算されたせん断応力分布（L_{max}に相当）から、各要素におけるF_lを求めた。その結果、古墳の基盤砂層は、1995年兵庫県南部地震程度の揺れでは部分的な液状化にとどまるが、1596年の強烈な揺れでは地層全体にわたって液状化する。その結果、古墳は支持力を失って崩壊したと推定される（図−3）。

4．現代的意義

将来、遺跡として発掘されそうな地震による都市機能の破壊は、現代においても続いている。1999年トルコ・コジャエリ地震の際にはマルマラ海沿岸で、尚江千軒遺跡と同様の地すべりによる陸地の水没現象が発生した。したがって、水際まで開発が進んだ現代都市においては、こうした現象を災害リスクとして再評価することが重要である。また、最近の地震では大都市の宅地で盛土地盤が地すべりし、多くの住宅が被害を受ける例が頻繁に発生している。現代の都市域に分布する遺跡群を，地盤災害の視点から整理する事で、都市開発（人工地形改変）と地盤災害の関係史の可能性が示され、その成果を遺跡（文化財）保護に生かす事も可能となる。この分野は，地すべり研究と歴史考古学との境界領域の問題として，今後の発展が期待される。

遺跡発掘から土砂災害データを得る試み

An attempt to obtain data on sediment disaster through archaeological excavations

冨井眞 (京都大学文化財総合研究センター)
Makoto Tomii (Kyoto University)

遺跡発掘調査と土砂災害データ：記録という財産

ここでは、被害データを得る試みよりも、土砂災害を招いた（可能性のある）自然現象のデータを遺跡発掘を通じてどのように収集していくか、というテーマに重点を置く。たとえ発掘地点における過去の人間活動には直接的影響を与えていなくても、生態系の中に組み込まれている人間の生命・生活に関わるはずの非日常的自然現象の痕跡を記録保存することは、過去の文化や社会を考察する上で重要なデータ提供・蓄積となる。また、そうした記録は、災害史的観点から活用できれば、現代・未来の社会や文化を安定的に維持し展開していくための、実学的な共有財産にもなろう。

河川の中下流域に立地する遺跡の場合、その河川の何らかの堆積作用の痕跡が、多かれ少なかれ地層に残されている。人が活動痕跡を残した遺跡で、活動痕跡の帰属する文化層よりも上位の層に自然堆積層を認めたならば、そうした堆積をもたらした自然現象は、当時にとってみれば通常とは異なる現象だったはずである。そんな堆積物データの潜在的価値は、「災害」痕跡と同程度たり得る。

実践に向けて：目的や方法

土砂災害をもたらす自然現象には、例えば、地すべりや、洪水・氾濫、土石流などがある。大雨によって、河川が増水して溢流したり、上中流域の急傾斜地での地すべりなどで形成されたダム湖の決壊などによって、河川の土砂濃度が高くなった土石流が発生したりする。過去にも当然こうした現象はあった。土砂災害をもたらした過去の自然現象の実態を把握するためには、発掘時の自然堆積層の断面観察が重要な作業である。画像や伝承の記録がない時空間では特にそうである。調査面積が狭くても、堆積地点の傾斜など地形などの堆積環境情報があれば、現象規模が推定可能な場合がある。

自然堆積層の検討ではまず、断面観察で不整合面を確認し、１つのイベントを抽出する。次に、河川の堆積作用による土砂災害を扱う場合、堆積物の粒度の垂直分布のあり方を調べ、上方粗粒化している層に注目する。地質学などの成果によれば、淘汰が良く砂にラミナがあれば氾濫を、淘汰が悪く砂にラミナを確認できなければ土石流を、それぞれ想定できる（増田 2004 など）。ラミナを確認できるときには、堆積の場も考慮しながら古流向も推測できる。そして、その堆積層の面的広がりも捉えておく。なお、２つ以上の河川の影響を受ける空間では、堆積物の礫種構成を確認すれば、土砂を供給したのがどの河川か、特定できることがある。

断面の観察や記録作成は、時間との兼ね合いもあるが、「砂層」や土壌化の進んでいない「砂質土」でも、砂粒の大きさについて評価があれば、写真と照合しながら、上方粗粒化を想定できる場合がある。だから、堆積層の上部が自然堆積を維持していなくても、その時期の周辺の堆積環境や人間の活動痕跡の濃淡を加味すれば、そこに氾濫や土石流を読み取れるかもしれない。

自然堆積層の堆積した環境の理解は、現象の規模推定にも役立つので、堆積層直下が、窪地だったのか緩斜面だったのか、といった微地形に関する情報も大きな意味を持つ。堆積環境は、調査区内での同時層のレベルや調査区四周断面の記録から推定復元できることもある。

自然堆積層の帰属時期は、その層に包含される資（試）料よりも新しいことは確かだが、その資料は原位置を損なっている二次堆積だから、原則的に考えれば、上下の上層に包含される資料にも照らして検討されることになる。直下層の最新資料との関係では、同時ないしそれより新しい。直上層から出土する最古資料のうちで直下層の最新資料よりは新しいものとは、同時ないしそれより古い。こうして時期を絞り込む。ただし、直下の資料も直上の資料も、摩滅しているものは除外されるべきで

ある。しかし、自然堆積層の中に複数のイベントが累重している場合や、年代決定資料が木炭や摩滅遺物しかない場合には、<それらの包含資料よりは新しい>、という枠組みの中での議論にとどまる。

具体的作業例：京都白川の弥生土石流

京都盆地東北部を流れる白川は高野川に合流する。かつての下流域は、南南西に流れた高野川と西に流れた白川の複合扇状地となっていて、その南半には、北白川や吉田、聖護院といった遺跡群が位置する（図１）。白川の集水域の地盤は花崗岩で占められているのに対して、高野川はチャートや頁岩などの堆積岩も運んでくるので(竹村ほか 1985 など)、これら遺跡群の中で、対象となる自然堆積層の砂礫の種別構成を見れば、どちらの水系からの土砂に由来するか、判断は容易である。

北白川遺跡群をはじめとする白川扇状地中央南辺の場合、発掘調査だけでなく、狭小なトレンチの試掘や立会などの調査も含めて、比較的高密度で堆積物データが蓄積されている。様々な事象が文字などに記録されやすくなった平安時代以前にも、遅くとも縄文時代早期からでも、たびたび氾濫や土石流に見舞われてきたことが、堆積物データからうかがえる（冨井 2010 など)。特に弥生時代前期末の土石流堆積物については、その砂層の直下に遺物包含層があることが 40 年以上前から認識されていたので、「黄色砂」と呼ばれて鍵層として注意されてきている（図２)。白川では、川砂は基本的に白みがかるが、上流域の表層は「マサ」などと呼ばれる風化花崗岩砂粒の黄色い山砂である。白川の中下流域では、黄色の自然堆積層には、シルトや粘土は頻繁に認められるが、粒径の大きくなる砂層の場合にはラミナを認め難いので、この点でも「黄色砂」が土石流堆積であるという理解に調和的である。また、弥生前期に近い時期には、同様の堆積物はこれまで確認されていない。

このように、白川の弥生土石流を認識することは比較的容易だが、その堆積物の詳細な検討が展開を見せたのは、ここ 10 年のことである（増田ほか 2005 など)。発表では、白川扇状地南半の遺跡群を弥生前期末に襲った土石流の様態について、どのように推定復元したか、示したい。現代防災のデータとしては、年代と規模（分布域と土量など）で事足りるかもしれないが、弥生前期に生きた人びとの生活の一コマの復元イメージという点では、解像度を上げてみたい（図２～５、写真１～５)。

課題と展望

過去の土砂災害に伴う堆積物に関するデータ収集では、次のような課題を伴いがちである。①現象の発現時期を限定できず、周期性の検討が困難になりかねない。②復興や開発・流失により堆積状況が頻繁に損なわれ、規模は不確定要素が多い。③点的調査では、年代決定の信頼度や分布域の想定に劣ることもある。④現地形からの想定復元は、地形形成の時間的前提条件を整えるのが難しい。

とはいえ、災害に関する堆積物と堆積環境のデータは、現代社会での情報価値という意味では、遺構や遺物に劣らずに、積極的な公表が要請されてこよう。既往の遺跡記録でも、免災目的には十分にかなうものもあるから、今後刊行する報告書への情報提供だけでなく、過去の調査記録の再検討が意味を持ってこよう。基礎データは、集積は考古学者の協業で対処できるが、解析・解釈には地質学や砂防学など分野が不可欠である。さらには、情報発信は、現代防災に関わる分野・組織が利用しやすい状態と舞台で実施されるべきで、それとともに、対象地域住民への周知も期待される。

引用文献（白川土石流データに関するものは紙幅の都合上省略）

竹村恵二・飯田義正・石田志朗 1985「北白川追分町遺跡の堆積物」『京都大学埋蔵文化財調査報告Ⅲ』(京都大学埋蔵文化財研究センター)、79-93 頁

冨井眞 2010「先史時代の自然堆積層の検討による大規模土砂移動の頻度試算」『自然災害科学』(日本自然災害科学会)、第 29 巻第２号、163-178 頁

増田富士雄 (編)2004『堆積システムと堆積物』(日本堆積学会)、512 頁

増田富士雄・田村亨・冨井眞 2005「砂質土石流堆積物の粒度特性」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2000 年度』(京都大学埋蔵文化財研究センター)、263-276 頁

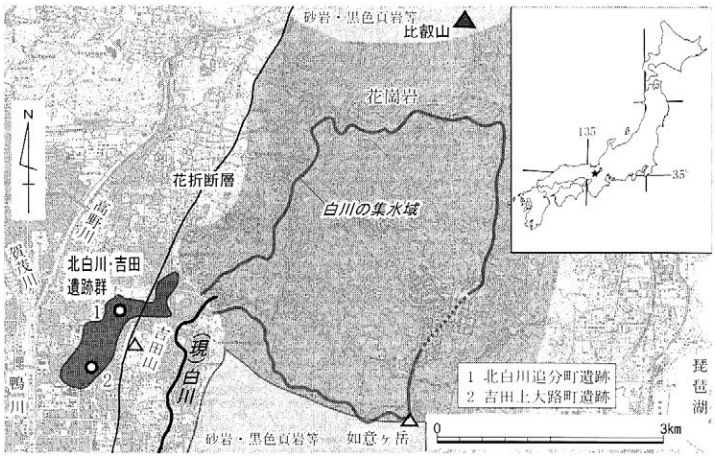


図１　白川の集水域と中下流域のおもな遺跡（冨井 2010 より）

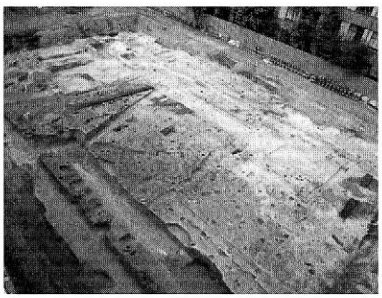


写真１　土石流堆積物の最上部
（図２の④地点：東南から）

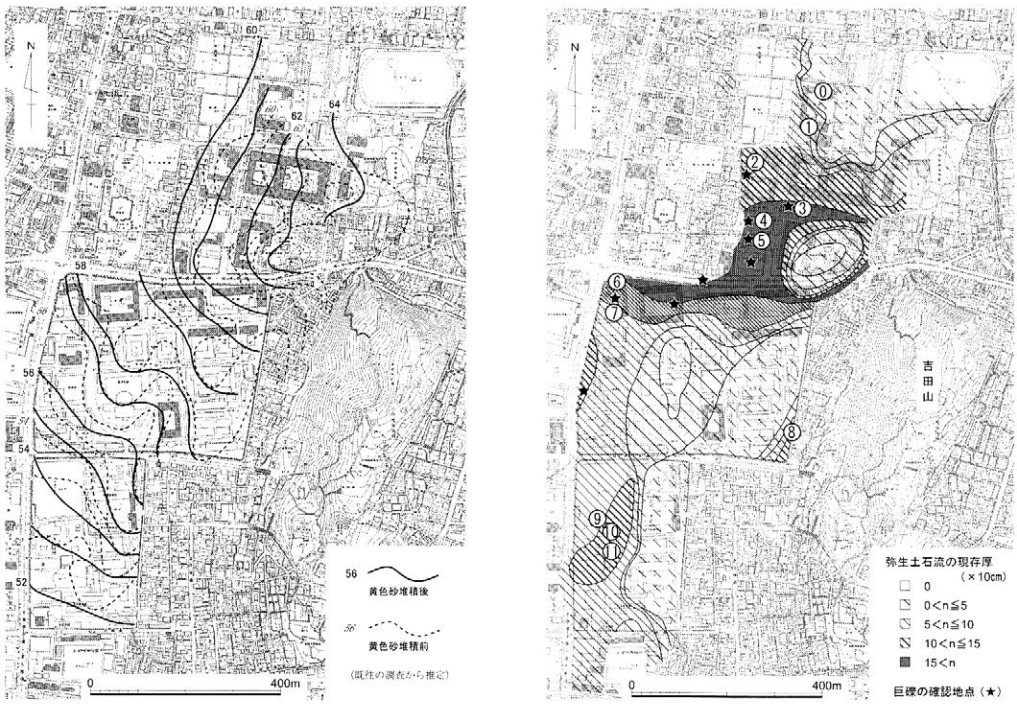
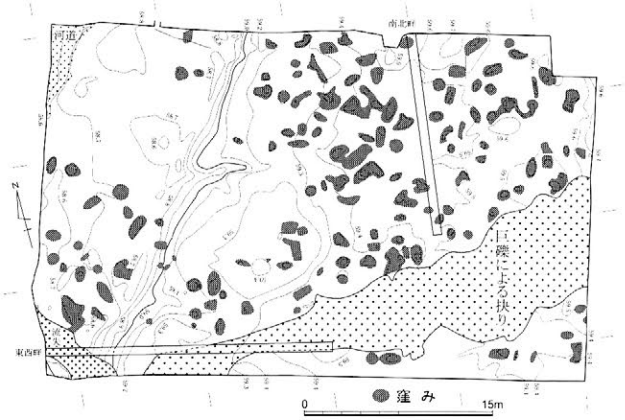


図２　土石流の堆積前後の地形（左）と堆積物の層厚（右）（冨井 2005 より）



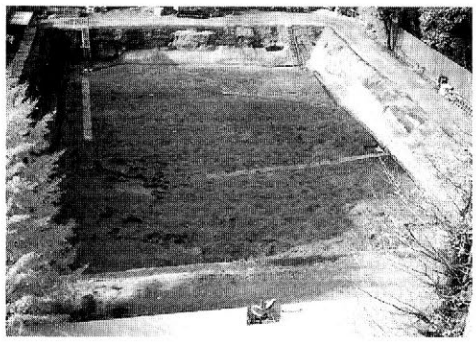


写真２　同左（図２の④地点：東から）

図３　土石流堆積物の直下の地形と巨礫による圧痕（図２の④地点）（冨井ほか 2007 より）

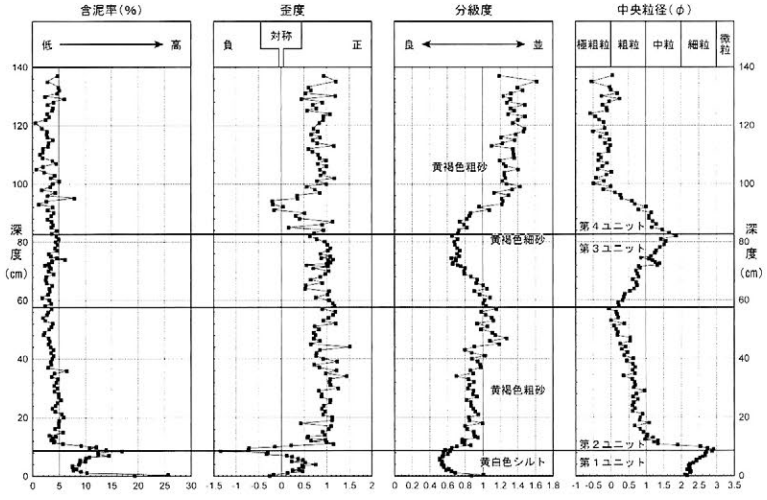


図4 土石流堆積物の粒度特性の垂直変動（図2の②地点北辺西壁）（冨井・谷口 2009 より）

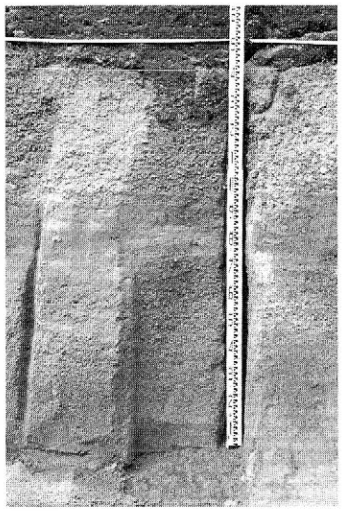


写真3 土石流堆積物（図2の②地点北辺西壁）

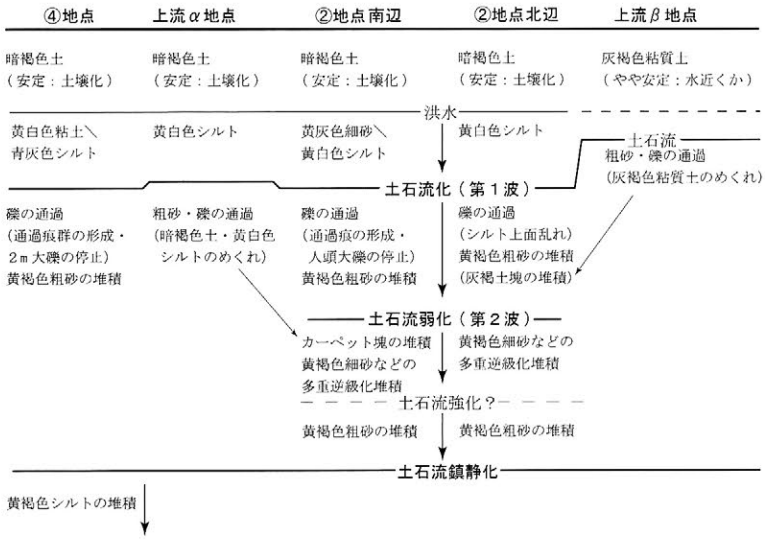


図5 北白川追分町遺跡での土石流の堆積プロセス（冨井 2008 より）

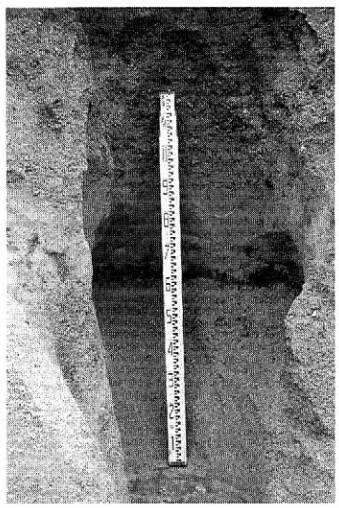


写真4 土石流堆積物中の旧地表カーペット（図2の②地点南辺南壁）

挿図・写真の引用文献

冨井眞 2005「京都白川の弥生前期末の土石流」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2000 年度』、225-262 頁

冨井眞 2008「土石流は初期農耕の地をどう通り過ぎたか」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2003 年度』、187-208 頁

冨井眞 2010「先史時代の自然堆積層の検討による大規模土砂移動の頻度試算」『自然災害科学』29-2、163-178 頁

冨井眞・谷口圭輔 2009「弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2004 ～ 2006 年度』、69-127 頁

冨井眞・吉江崇・伊東隆夫・外山秀一・上中央子 2007「京都大学北部構内 BD28 区の発掘調査」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2002 年度』、201-262 頁

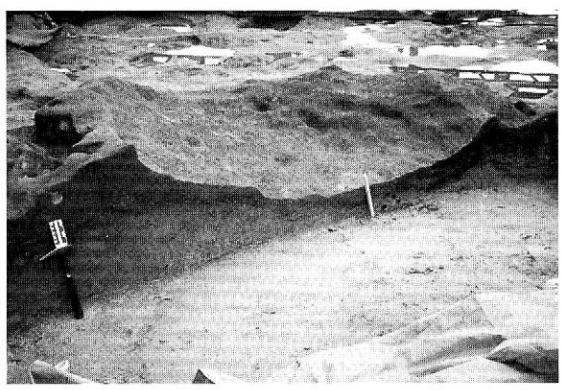


写真5 巨礫による圧痕の断面（図2の④地点：東南から）

口頭発表
Oral Presentations

場所：A～C 会場

日時：6 月 23 日（土曜日）

午前　9:45～12:12

午後 15:35～17:05

6 月 24 日（日曜日）

午前　9:30～11:00

午後 14:00～15:54

Burmite(ビルマ産琥珀)の特性解析

Characterization of Burmite(Burma-produced-amber)

○中條利一郎(東京文化財研究所客員研究員)、藤田直也(中央宝石研究所)、谷田部純(帝京科学大学)
○Riichiro Chujo(Guest Researcher, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Naoya Fujita(Central Gem Laboratory), Jun Yatabe(Teikyo Univ. of Sci. and Tech.)

1. はじめに

正倉院展の展示品に平螺鈿背円鏡とよばれる鏡がある。背面の装飾には螺鈿だけでなく、琥珀なども使われている。全部で9面伝来されており[1]、順に展示されており、かなりの頻度で展示されているので、ご覧になった方も多いと思う。直近では平成21年に展示されている。ここで使われている琥珀は、通常目にするものに比べて、赤色系をしているのが特徴で、ビルマ(現ミャンマー)産のBurmiteと言われている。同じ正倉院展に展示されているものでも、鏡以外に用いられている琥珀は赤色系ではない。例えば、琥碧誦数[2]の琥珀は通常目にするものに近い。従って、赤色が正倉院に固有の色とも言えない。この赤色系の琥珀が今回の研究対象である。正倉院の鏡を測定対象に選ぶことは出来ない。ところが、この程、Burmite を入手することが出来たので、これの特性を解析し、赤色の原因を調べる。英語で琥珀のことを amber と呼ぶのに対し、Burmite は tiger soul と呼ばれる。「琥珀」の直訳である。欧米人には両者は別のものと考えられているようである。Burmite が amber と別のものに見える原因の解明にもなる。赤色の原因を解明出来たというには程遠い状況にあるが、得られた結果を列挙したい。

2. 蛍光X線による特性解析

赤色をした Burmite(BR01)の他に、Burmite にも褐色をしたものがあり、それも入手できた。これには Calcite と思われるものが付着していた。両者を注意深く分離し、琥珀の方をを BR02 として用いる。どちらも Hukong 渓谷産である。また、比較試料として、いわき市玉山産の琥珀(IT01)を用いる。

BR01 には、他の琥珀には含まれていない特別の元素の存在は見られない。比較のために用いた IT01 のものと酷似している。一方、BR02 には Ca(Kα、Kβとも)、Fe(Kα、Kβとも)がかなり顕著に見られる。従って、赤色の原因が特定の金属イオンの存在によるものではない。なお、BR02 では、Calcite 部分を注意深く取り除いたつもりであったが、なお、かなりの Ca の存在が確認できた。除去が不充分なためか、この部分に本質的に Ca が関与しているのか、不明である。

使った装置は日本電子製 JSX-3201-M である。

3. 赤外線吸収スペクトルによる特性解析

BR01, BR02 とも、今までに報告されている琥珀の IR スペクトルに酷似している。ただ、Baltic shoulder[3]と呼ばれる1250—1175cm^{-1}の水平部分と、それに続く1159cm^{-1}の吸収が見られない。これはその名のとおり、バルト産(ウクライナ産を含む)の琥珀に特徴的なパターンで、ナンヨウスギ科の樹脂が琥珀したものに見られると考えられている。Burmite はマンサク科の落葉高木モミジバフウの樹脂に由来すると言われており、両者の原料樹脂の化学構造のちがいを反映しているのかどうかは、今のところ不明である。この shoulder はν(C-O)振動モードの領域にあり、Burmite はバルト産のものに比べてエステル基の量が異なるということだけは言える。多いのか、少ないのかもこれだけではわからない。まわりの吸収が強くて、肩としてすら見えないのか、自身の吸収が強くて plateau になっているのか、判断できないからである。ドミニカ産の琥珀はマメ科、ナンヨウスギ科の樹脂に由来しており、これにも Baltic shoulder が見られない[4]ことを付言しておく。

使った装置は日本電子製 FT/IR-4100typeA である。

4. ^{13}C 固体高分解能 NMR スペクトルによる特性解析

BR01 と BR02 をどちらも同じ条件で測定すると、後者の S/N が悪い。試料中に存在する常磁性イオンの影響で、スピン系の回復に時間がかかるためと思われる。そこで、測定条件の内、パルスの繰り返し時間だけ、5.0 秒から 10.0 秒にして測定すると、後者の S/N が、今までに測定された多くの琥珀試料のとほぼ等しくなる。2. で BR02 に Fe が多数検出されたのと符合する。一方、BR01 の S/N は、今までに測定したどの琥珀のスペクトルよりもよい。また、BR01, BR02 とも、90—60ppm の領域に、他の地域で産出する琥珀には見られない幅の広い plateau が見られる。高さはそれほどではないものの、幅が広いため、かなりの強度のものであり、無視できない。化学シフトと幅から、飽和結合のグループの炭素に由来するピークが、常磁性シフトと常磁性緩和により、観測されたものと考えられる。蛍光 X 線測定から特段の常磁性イオンの存在が認められない以上、常磁性イオン種の同定は出来ないが、これが赤色を呈する原因かも知れない。

今まで、105—155ppm の二重結合領域の四つのピークの相対強度の比較から、年代を推定して来た[5]。今回はその方法が使えない。148ppm と 108ppm の二つのピークが殆ど見られないからである。充分網目形成が終わっているためなのか、原料樹脂にそもそも存在しなかったのかは未詳である。

装置は日本電子製 JNM-A500 高分解能 NMR 装置である。

以上を纏めると、以下のとおりになる。

1 褐色の Burmite (BR02) の方が常磁性が強いという意味では、かえって、特殊なものである。

2 反対に、赤色の Burmite (BR01) は今まで測定した琥珀の NMR スペクトルからは想像できないほど、素直な試料である。しかし、まだ観測出来ていない常磁性イオンが NMR スペクトルのシフト、幅に影響を与えているのは明らかである。

3 どちらの Burmite にも、網目形成に関与する二重結合の存在が認められない。

以上、多くの情報が得られたが、赤色の原因と直接結び付くものは得られなかった。しかし、すべての観測結果は、互いに、consistent である。事実だけを報告する。

Burmite 試料をご提供頂いた (株) ジョイテックの三石喬氏に感謝します。また、平螺鈿背円鏡につつき、ご教示頂いた宮内庁正倉院事務所の中村力也博士に感謝します。

文　献

1） 図録「平成二十一年正倉院展」、p. 25 (2009、仏教美術協会)
2） 図録「平成十九年正倉院展」、p. 48 (2007、仏教美術協会)
3） C. Beck, E.Wikbur, and S.Meret, Nature, 201, 256 (1964)
4） 阿依アヒマディ、木村英昭、横山幸弘、」中園広行、若槻雅男、清水禎、大木忍、こはく、8, 27 (2009)
5） 木村英昭、塚田好美、中條利一郎、佐々木和久、こはく、6、1 (2006)

X線CTを利用した殷周時代青銅鼎の内部構造解析

Study with structural dissection on Ding of Yin and Zhou Dynasty using the large-scale X-ray CT scaner

○廣川守(泉屋博古館)、今津節生・鳥越俊行・輪田慧（九州国立博物館）
○Mamoru Hirokawa(Sen-oku Hakukokan), Setsuo Imazu, Tosiyuki Torigoe, Kei Wada (Kyushu National Museum)

1. はじめに

我々は2008年より九州国立博物館設置の文化財専用大型X線CTスキャナを利用した中国殷周青銅器の内部構造解析調査を実施している。この調査の中でとくに注目しているのが青銅器の本体から伸びる立体造形の接続状況である。これまで器本体に付く大型の持ち手や立体装飾を中心に分析を重ね、持ち手や立体装飾の接続方法を考察した（今津節生他2012)。そのなかで器外底から伸びる足の内部状況についても分析を行った。とくに中国古代の代表的器種である鼎について、その足を内部まですべて無垢で造るものと、内部に中子を挿入して円筒状に金属湯をまわすものの２種類が存在することを確認した。さらに後者では中子の形状を立体的に解析することに成功するとともに、中子と外型とを固定するための構造物（スペーサー）の形態も併せて確認することができた。中子の形状は単なる円柱ではなく、断面V字状の溝をそれぞれ４本縦方向に走らせており、固定物（スペーサー）は方台形であることが判明した（今津節生他2011）。本報告ではこの中子挿入形式で鋳造された足の状況について、さらに分析を進めた結果を紹介する。

2. 対象資料と測定条件

対象とする資料は、泉屋博古館が収蔵する円鼎である。通高32.2㎝、重量7.10㎏の深腹円鼎で、短く太い円柱状三足が付く（図１)。製作年代は殷墟後期で、この時期の円鼎としては中型に属する。

調査に用いた機器は、九州国立博物館設置の文化財専用大型X線CTスキャナ（独エクスロン・インターナショナル社製Y.CT Modular320FPD）である。測定はX線出力320kV、2.0mA、１資料あたり約20分の条件で実施した。また器全体は0.3㎜の精度、足の部分は0.13㎜の精度でそれぞれ測定した。

3. 分析結果

昨年度までの調査によって、図２、図３のとおり、足側面の上下２箇所に中子と外型とを固定するための構造物（スペーサー）を確認し、さらにその中間の高さあたりで水平方向に伸びる大きな棒状金属突起を発見した（今津節生他2011）。この金属突起は足内部の中子中心まで伸びており、偶然中子が破壊されてできた痕跡とは考えにくい状況であった。

そのため今回この部分に焦点を当てて分析を進めた結果、三足すべてにこのような金属突起を確認することができた。さらにこの突起は三足とも同じ高さに存在することが判った。図４は三足を水平に断ち割った三次元像である。足の接地面から完全に同じ高さにある棒状の金属突起がすべて器の中心方向を向いている。図５は金属突起と器本体との関係を示す。器本体には六等分された位置に稜飾が付いている。このうち足に近い稜飾に范線が存在することから、外范は３分割であったと推測されるが、棒状の金属突起はその稜飾を結ぶラインと完全に一致している。このことから棒状金属突起は外范分割線に沿うように形成されたことが明らかになった。

以上の分析結果より、円鼎の三足内部に形成された棒状金属突起は、偶然中子が破壊されてできた痕跡ではなく、底部外范と本体側面外范とを組み合わせる際に用いられた棒状示準の痕跡と考えられる。この痕跡は小型鬲鼎では確認できなかったので、比較的大型の器で採用されたのかもしれない。今後分析例を増やすことにより、このような鋳型製作にかかわる痕跡の特徴を明確にしていきたい。



図１．泉屋博古館蔵円鼎全景

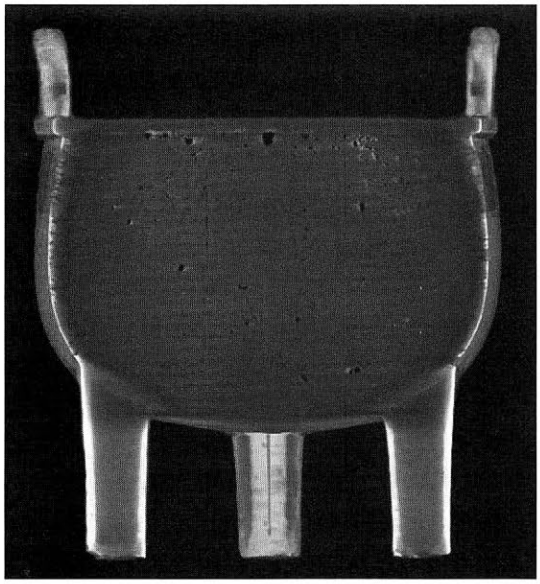


図２．円鼎断面三次元像



図３．
円鼎足断面三次元像
左：縦断面
右：横断面

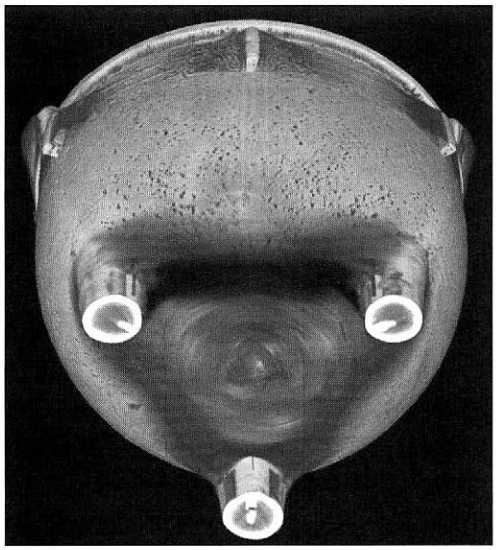


図４．円鼎足の横断面三次元像

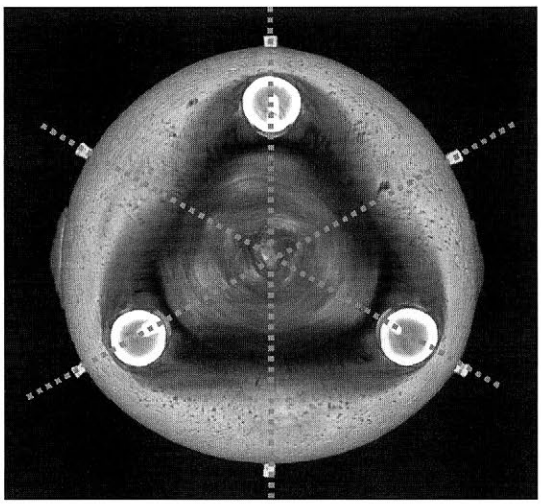


図５．足部金属突起と外范線の関係

文献
今津節生、鳥越俊行、河野一隆、市元塁、樋口隆康・廣川守 2011「X 線 CT を利用した殷周青銅器の構造解析（Ⅱ）」『泉屋博古館紀要』第 27 巻
今津節生、鳥越俊行、河野一隆、市元塁、森田稔、樋口隆康・廣川守 2012『X線CTスキャナによる中国古代青銅器の構造技法解析』

透過電子顕微鏡観察・分析による古代ベンガラの材料科学的研究
-熊本県下扇原遺跡出土ベンガラ-

Materials-scientific study of ancient red iron oxides by analytical electron microscopy

○辻広美(岡山大学) 村上隆(京都国立博物館) 宮崎敬士(熊本県教育庁)
橋本英樹(岡山大学) 圀野瑛章(同左) 藤井達生(同左) 高田潤(同左)
草野圭弘(倉敷芸術科学大学) 菊地孝宏(JFEマグパウダー(株))
○Hiromi Tsuji Ryu Murakami Takashi Miyazaki Hideki Hashimoto Teruaki Danno
Tatsuo Fujii Jun Takada Yoshihiro Kusano Takahiro Kikuchi

1. はじめに

日本では、赤色酸化鉄系無機顔料は一般的にベンガラと呼称される。厳密に言うと、赤い色を発色する酸化鉄はα-Fe_2O_3 (hematite) のみであるが、酸化鉄を主成分として赤色を呈する顔料全般をベンガラと言い習わしている[1)]。ベンガラ使用の歴史は旧石器時代にまでさかのぼり、多くの古代遺跡からベンガラ資料が出土している。この古代遺跡出土ベンガラについては、材料学的分析・検討は十分でなく、不明な点が数多い。そこで我々は、古代遺跡出土ベンガラを材料科学的な様々な手法で詳細に分析し、その特徴を明らかにすることにより原料や製作法、その周辺技術研究を含めたベンガラ研究を深化させることを目的として多角的に研究を展開している。

本発表では、弥生時代後期の遺跡である熊本県阿蘇市の下扇原遺跡から出土したベンガラ (本大会第27回大会 (2010) において一部成果を報告済み) を対象として、主として高分解能透過型電子顕微鏡、および走査型透過電子顕微鏡を用いた観察と分析により、粒子の形態、組成、成分元素の存在状態等について検討した成果を報告する。

2. これまでの成果[2)]

下扇原遺跡出土ベンガラについて、目視により色味が異なると判断された6試料 (試料B、試料K1～K5) の分析結果を表1に示す。具体的には以下の通りである。

① 試料Bは鮮やかな赤色を呈し、α-Fe_2O_3 (hematite) 高純度試料であり、微量のSiとAlを含有する。
② 試料Bと同様の美しい赤色を呈す試料K1では、主構成相はα-Fe_2O_3 (hematite) とγ-Fe_2O_3 (maghemite) であり、その他の不純物相は少ない。
③ 試料K2～K5は色味も悪く不純物相が多い。

3. 実験方法

本発表では、下扇原遺跡出土ベンガラ6試料中で鮮やかな赤色を呈した試料Bと試料K1について、高分解能透過型電子顕微鏡 (HRTEM, JEOL JEM-2100F)、および走査型透過電子顕微鏡 (STEM, JEOL JEM-2100F 球面収差補正装置付) を用いて透過電子 (TEM) 像、電子線回折 (ED) 像、二次電子 (SEM) 像、及び高角度散乱電子像 (HAADF) 像を観察するとともに、元素分析 (STEM-EDX, JEOL JED-2300T) を行った。

表1. 6種類の出土ベンガラの色調、相、比表面積、飽和磁化、不純物元素 (Si, Al)

	出土地	色	XRDで検出した鉄系化合物	比表面積 (m^2/g)	飽和磁化 (emu/g)	不純物元素量 (at%)	
						Si	Al
B	住居跡(SB7)	鮮やかな赤	α-Fe_2O_3	33	0.6	3.0	2.7
X-1	土壙(SX100)	鮮やかな赤	α-Fe_2O_3, γ-Fe_2O_3	26	10.2	6.9	9.6
X-2	土壙(SX100)	黒味を帯びた赤	α-Fe_2O_3, γ-Fe_2O_3	17	4.1	12.8	19.7
X-3	土壙(SX100)	黒味を帯びた赤	α-Fe_2O_3, γ-Fe_2O_3	17	5.1	11.5	17.4
X-4	土壙(SX100)	褐色	α-Fe_2O_3, γ-Fe_2O_3	9.2	1.7	27.9	34.4
X-5	土壙(SX100)	褐色	α-Fe_2O_3, γ-Fe_2O_3	16	2.0	26.4	35.0

4. 結果と考察

＜試料 B＞　試料 B の一次粒子は、その形態を基に下記の 5 種類に分類できた。

①球状粒子　(20–60 nm 径)
②六角板状粒子　(70–150 nm 径)
③六角柱状粒子　(50–250 nm 径)
④微粒子粒子　(4–10 nm 径)
⑤連鎖状粒子　(15–30 nm 径)

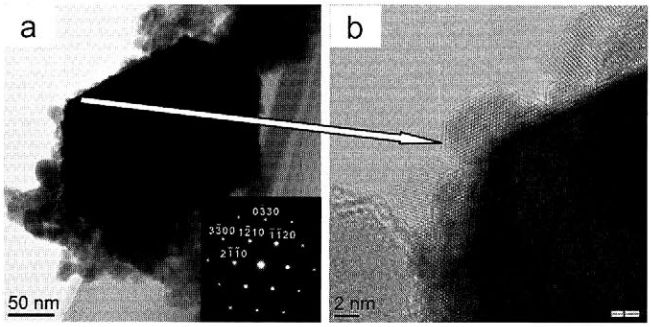


図 1. (a) 試料 B の六角板状粒子の TEM 像　挿入図は ED 像 ([0001]入射)
(b)　拡大像

それぞれの粒子について電子線回折（ED）像を解析したところ、粒子形態は異なるものの、いずれもα-Fe_2O_3 (hematite) からなることが明らかとなった。しかし、微粒子の凝集部には格子縞が全く見られない非晶質と考えられる領域も認められた。STEM-EDX マッピング等の結果から、非晶質と思われる領域では Al や Si が酸化物状態（例えば、アルミノシリケート）で存在すると推測される。

＜試料 K1＞　試料 K1 も試料 B と同様に、その形態を基に下記の 6 種類に分類できた。

①不定形な大粒子　(>400–500 nm 径)
②六角柱状粒子　(400–500 nm 径)
③球状粒子　(30–100 nm 径)
④小粒子　(10–20 nm 径)
⑤四角状粒子　(20–50 nm 径)
⑥針状粒子　(30–40 nm 径)

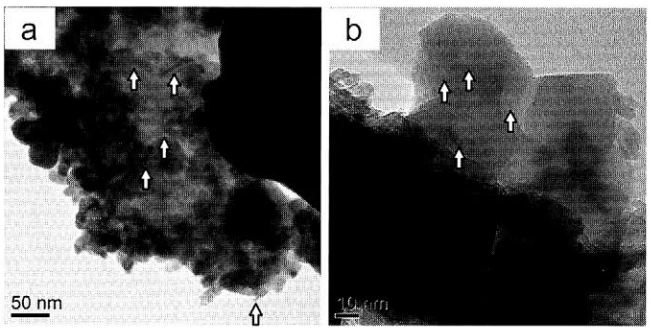


図 2.　試料 K1 の針状粒子(a, 矢印部)と脱水孔 (b, 矢印部)

試料 K1 中の粒子は、試料 B の粒子と同様な形態を示すものも多かったが、サイズは相対的に大きく、また、試料 B で頻度高く見られた六角柱状粒子が極めて少なく、六角板状粒子は全く観察されなかった。特徴的に見られたのは四角状粒子と針状粒子で、四角状粒子には多くの窪みが観察された。この窪みはオキシ水酸化鉄α-FeOOH (goethite) が加熱脱水してα-Fe_2O_3 (hematite) に転移した時に生じる脱水孔と考えられる。これらの特徴的な粒子の存在は、XRD 等でγ-Fe_2O_3 (maghemite) が検出された事実と考えあわせると、試料 K1 がα-FeOOH (goethite) を多く含む黄土を加熱することによって作製された可能性が高いことを示唆する[3]。

以上のように、試料 B と K1 には粒子形態において共通点は多いが、それぞれの試料に特徴的な粒子が存在すること等を考慮すると、両試料は異なる原料あるいは製作法のベンガラである可能性も考えられる。

5. まとめ

本研究によって下扇原遺跡出土ベンガラは粒子形態も粒子径も多様である事が明らかとなった。また、一次粒子の形態観察から、ベンガラの作製法に関わる多くの情報が得られることがわかった。このような観察・分析の結果はこれまでの古代ベンガラ研究で一般的に用いられてきた走査型電子顕微鏡 (SEM) では得ることが出来なかったものであり、今後の古代ベンガラ研究に新たな基礎的知見を提供するものである。

【参考文献】

1) 堀石七生　「機能性酸化鉄粉とその応用」米田出版　(2006)

2) 村上　隆・高田　潤・辻　広美・團野英章・橋本英樹・草野圭弘・宮崎敬士・菊地孝宏「熊本県下扇原遺跡出土ベンガラのキャラクタリゼーション・・・ベンガラ研究の新たな試みとして・・・」日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集 (2010)

3) M.-P. POMIES, M. MENU and C. VIGNAUD「RED PALAEOLITHIC PIGMENTS: NATURAL HEMATITE OR HEATED GOETHITE?」Archaeometry 41, 2 (1999).

平城京左京二坊二条大路出土の墨に含まれていた膠の質量分析

Mass Spectrometry of Collagen Contained in a Fragment of Chinese Ink Stick Excavated from Second Row Street on East Second Ward in the Nara Capital Site

○中沢　隆(奈良女子大学理学部)、河原一樹(奈良女子大学古代学学術研究センター)、小池伸彦(奈良文化財研究所)、舘野和己(奈良女子大学文学部，古代学学術研究センター)
○Takashi Nakazawa (Nara Women's University), Kazuki Kawahara (Nara Women's University), Nobuhiko Koike (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Kazumi Tateno (Nara Women's University)

1. はじめに

古代においてほとんど唯一の筆記用具であった墨は、煤を膠(にかわ)で固めて製造されている。この製法は少なくとも平安時代から現在まで、ほとんど変わっていない。しかし、墨の製法に関する文献は 6 世紀北魏の「斉民要術」以前にはなく、古代の墨の研究に必要な膠の原料動物や製法に関する情報を得るための科学的な分析例は我々の知る限り皆無である。これは煤が非常に安定で、例えば松煙墨と油煙墨が煤の粒子の顕微鏡観察によって容易に区別できるのに対し、膠の成分がタンパク質のコラーゲンであることで、古代の墨資料中では微生物による腐敗や化学的な分解によって消失している可能性が高いからである。しかし、八千万年前の恐竜の骨から抽出されたコラーゲンの質量分析に基づくアミノ酸配列解析の結果、恐竜の種類が特定された例[1]から、墨の保存状態が良好であれば残存しているコラーゲン分子の部分構造は解析可能であると期待できる。実際、我々は質量分析により江戸時代の墨(1742 年製造)中のコラーゲンが、ウシ膠の I 型コラーゲンであることを示す結果を得ている[2]。この結果から、墨の中でコラーゲンが約 270 年間ほとんど分解していないことも明らかになった。今回、我々は奈良時代中期(8世紀前半～中頃)の平城京跡から出土した墨に残存している膠のコラーゲンの質量分析結果について報告する。

2. 試料と分析方法

分析に用いた資料は、奈良文化財研究所による平城第200 次調査(1989年3月2日～4月20日、調査面積310 ㎡)において、奈良市二条大路南1丁目の旧そごうデパート建設予定地で発掘された墨である[3]。平城京左京二坊二条大路の発掘地点は長屋王邸廃絶後の皇后宮北門の東約60 m、藤原麻呂邸南門の真南にあたる。この資料は二条大路の南縁に掘削された濠状遺構(通称「二条大路木簡溝」)の木屑層から出土したもので、使用後廃棄された文書作成用の墨と考えられる。墨の形状は1.5×1.5×0.8 (cm^3)の不整なサイコロ状、乾燥重量は1.15 gで表面には皺またはヒビが見られる。質量分析にはこの墨から剥落した小片約10 mm^3を用いた。すなわち、今回の分析で採取した試料の量は資料全体の約1/150で、資料の外観にはほとんど影響しない。

コラーゲンは既に報告した方法によって墨から抽出し、トリプシン処理を行った[2]。質量分析にマトリックス支援レーザー脱離／イオン化(MALDI)法を用いた点もこの報告の通りである。コラーゲンの動物種の特定のため、墨資料からの抽出物と同様に処理したウシ、シカ、魚(ニベ)、ウマ、イヌなどから製造した膠についても質量分析を行い、スペクトルを比較した。

3. 結果と考察

資料の墨が黒灰色粘土層の上、墨層の下の木屑層から出土したことから、千年以上にわたって常時水に浸かっていたと考えられるため、膠のコラーゲンは例え分解を免れていたとしても水に溶けて流出していることが懸念された。実際に抽出、トリプシン消化した試料のMALDIスペクトルに現れたピークのほとんどは土中の微生物が分泌する多種のタンパク質と資料に触れた(あるいは墨を製造または使用した当時の)人の皮膚のケラチンに由来するものであった。しかし、スペクトルに

現れたすべてのピークをウシ膠のトリプシン分解物のスペクトルと細部にわたって比較すると、強度の弱いピーク少なくとも6本が一致した(図1の挿入図にそのうち4本: *m/z* 1516, 1532, 1561, および1616が見えている)。その中で*m/z* 1561のピークはウシI型コラーゲンα-1鎖のN末端から1066から1083番目までのアミノ酸配列(GETGPAGPIGPVGAR)に対応するペプチドに帰属した。このほか、*m/z* 2115と2131のピークはウシI型コラーゲンα-2鎖のN末端から881から904番目までのアミノ酸配列(GLPGVAGSVGEPGPLGIAGPPGAR)のうちそれぞれ2ヶ所および3ヶ所のP(プロリン)が酸化されたペプチドであることは、標準ウシ膠に対するMS/MS分析から推定される[2,4]。これらの結果から、平城京出土墨に膠が残存していることは確実であり、既存のデータベースに登録されている動物種で比較する限り、その膠はウシ皮から得たと考える以外の可能性はない。ただし、シカ膠とウシ膠のコラーゲンを明確に区別する512番残基(ウシがAでシカがS)と783番残基(ウシがAでシカがT)[4]を含むペプチドのピークは本稿作成時点(2012年5月5日現在)では未検出である。シカ膠の可能性を完全に否定(または極めてわずかな可能性を証明)するために、現在ナノ液体クロマトグラフィー/エレクトロスプレーMS/MSによる分析を進めている。

膠の製法については8世紀半ばの正倉院文書に、壁に塗る白土におそらく固着剤として加えるための膠の原料として牛皮を使うとの記述がある(造石山院所用度帳)。今回の研究によるコラーゲンの検出は膠に関する国内最古と思われるこの記述を裏付けていると考えられる。1300年近く水に浸った状態で出土した資料の墨にコラーゲンの残存が確認できたことから、墨で書かれた古文書はもちろん遺跡から出土した木簡や墨書土器、さらに仏像や工芸品のような文化財の接着剤や絵の具の固着剤などに使われた膠などにも同様な手法が適用できると期待される。

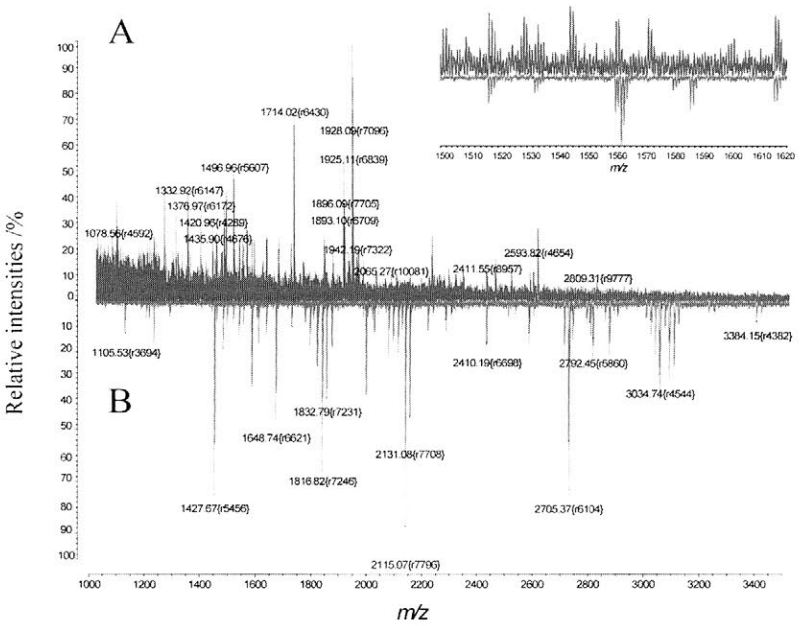


図1. 平城京出土墨抽出物のトリプシン分解物のMALDIスペクトル(A)。同一条件で処理・測定したウシ膠コラーゲンのスペクトルを下向きのピークで示す(B)。右上に*m/z* 1500～1620の部分の拡大図を挿入した(上段上向きがA、下段下向きがB)。

参考文献

1. Schweitzer, M. H. et al., Biomolecular characterization and protein sequences of the Campanian hadrosaur *B. canadensis. Science* **324**, 626-631 (2009).
2. 宮路淳子, 山崎雄三, 舘野和己, 高田将志, 松尾良樹, 中沢 隆. 墨に含まれる膠のコラーゲンの質量分析による膠の原料の特定. 日本文化財科学会第26回大会研究発表要旨集, pp. 208-209, 名古屋大学 (2009).
3. 奈良国立文化財研究所. 平城京左京二条二坊・三条二坊発掘調査報告 (1995).
4. Kawahara, K., Yamazaki, Y., Ogami, A., Kuyama, H. et al., Identification of animal species by the MALDI-MS of collagen in animal glues of Chinese ink sticks. *59th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics*, Denver, 6-9 June (2011).

京都大学所蔵のコプト織物の調査－(1)考古学からみた織り技法－

Research on Coptic Textiles in the Kyoto University: (1) Archaeological Perspectives on Weaving Technique

○東村純子、横山操（日本学術振興会）、村上由美子（京都大学総合博物館）、成瀬正和、中村力也（宮内庁正倉院事務所）、仲村匡司（京都大学院農学研究科）、泉拓良（京都大学院文学研究科）
Junko HIGASHIMURA, Misao YOKOYAMA, Yumiko MURAKAMI, Masakazu NARUSE, Rikiya NAKAMURA, Masashi NAKAMURA, Takura IZUMI

はじめに

2011年の秋、京都大学総合博物館でエジプト考古資料の企画展が開催された。エジプト考古資料は約100年前にイギリスから贈られたもので、京都帝国大学考古学教室の初代教授濱田耕作とロンドン大学教授のフリンダース・ペトリーとの交流の中で充実したコレクションとなった（注1）。本発表では、そのコレクションの一部であるコプト織物について展示・公開に際して行った考古学・自然科学による調査を報告する。

1．調査の目的

コプト織物とは　コプト織物（coptic textile）は、ローマ帝国の属領時代からイスラム支配の時代（3～12世紀頃）まで、キリスト教徒に改宗したエジプトの人々（コプト）によりつくられた織物の総称である。多くは白い亜麻の平織の地から染色した毛糸で綴織による文様が織り出される。文様は、貫頭衣（Tunic）の場合、首回りから胸元、肩、袖口などの決まった位置に織りあらわされた。エジプト王朝時代より伝統的に栽培されてきた亜麻は、セルロースを主成分とし、張力に強いが天然染料に染まりにくい。対して、タンパク質を主成分とする羊毛は草木や貝紫などの天然染料に染まり易く、文様装飾に重宝された。

コプト織物の来歴　京都大学所蔵のコプト織物は、濱田耕作が1916年のイギリス留学帰国時に持ち帰った9点（登録番号〔1126〕、出土地不明）他と、1922年に英国エジプト考古学研究所（British School of Archaeology in Egypt）より寄贈されたオクシリンコス遺跡出土品7点（登録番号〔2162〕）とに大別できる。20世紀初めに収集されたコプト織物のうち出土地が判明するものはごく限られており、後者はその貴重な一例である。出土状況の詳細については不明だが、生活遺構からの出土と想定される。発掘後の織物片について洗浄や修理を行った形跡は認められないが、総合博物館の前身である文学部陳列館の時代に収蔵・展示されていた。

調査の目的と内容　織物をつくるには植物・動物性繊維の素材を用意し、糸に加工する技術、布を織るための道具と織手の技能など手仕事の技術が要求される（注2）。従来、コプト織物の研究は、文様の絵画的表現の考証に重きがおかれてきた。一方、技術史的な考察は数少なく、亜麻と毛という異なる素材の糸、染め・織り技法の相関性にも留意が必要である。そこで、本研究では考古学・自然科学の複合分野でコプト織物の技術の総合調査を行い、博物館における資料保存、展示、公開のための基礎情報を提供することを目的とした。主な調査内容として、①マイクロスコープでの観察による織り技法の調査、②分光法、蛍光X線元素分析による染料分析を実施した。以下、①について報告する。

2．織り技法の調査

亜麻と毛の紡ぎ糸　エジプト王朝時代の亜麻糸は、亜麻の茎から取り出した繊維を1本ずつ撚りつないだ後に、紡錘で全体に撚りをかけてつくられた。それは糸績みを必要とするアジアにおける大麻・苧麻の製糸技術とよく似ている。しかし、その後、エジプトでは亜麻の繊維を細かく砕き、毛と同じように紡錘で糸に紡ぎ出す方法が主流となり、コプト織物にはこの紡ぎ糸が用いられた。京大所蔵品においても亜麻糸はS撚りに紡いだ単糸を基本とする。また、毛糸はS撚りの単糸が多く、一部にZ撚りのものも確認できる。なお、毛については一般的に羊毛と考えられるが他の獣毛の可能性もある。

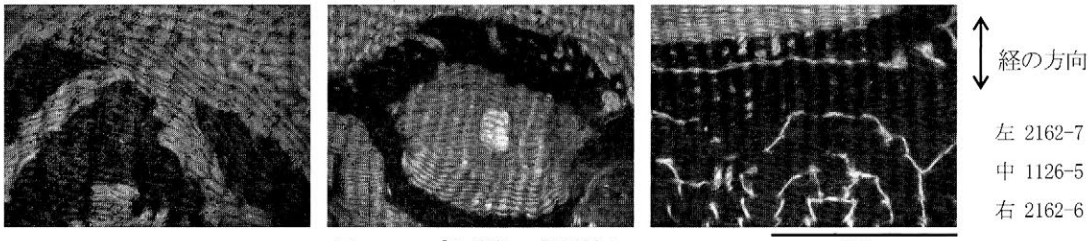


図1　コプト織物　部分拡大

織り技法の基本的特徴　織物は、あらかじめ機に縦方向に張っておく経と、これに横方向に入れる緯とが同じ素材であるほど安定した織地となる。しかし、コプト織物のように亜麻と毛という異なる素材の糸で1枚の織物をつくるには様々な工夫が必要である。肩掛けの一部とみられる織物（2162-7）についてみると、経には亜麻を用い、亜麻の緯を入れて平織の地とし、続いて染色した毛の緯を文様の形に応じて往復しながら織り込む。このとき、経を2本引き揃え、故意に経の密度を粗くする。経の密度を粗くすることで緯が経を覆い隠すように密に織り込まれ、綴織の地がつくられる。したがって、文様は緯の色彩構成であらわされる。このように、コプト織物は経には丈夫な亜麻を、文様の緯には色に染まりやすく柔らかい毛を繊維の性質に応じて使い分けるとともに、経の密度を巧みに調整しながら織り上げられた。

文様部分の再利用・加飾　文様の織り出しは能力のいる手仕事で、文様部分を切り取り、再利用することもあった。別の肩掛けの一部とみられる織物片（1126-5）では、赤色の地の花の文様は平織の地に織り入れられたが、縁が紺色の地の花は布の上に後から縫い付けられたものである。赤色の花に用いた毛の緯はS撚りの単糸であるのに対して、紺色のそれはZ撚りの双糸であり、材質の点からも後者は別々に製作されたことが明らかである。また、綴織の文様は必然的に表裏とも同じ織地となるが、裏の文様の緯は切らずにそのまま次の織目まで飛ばすことがある。表裏の判断可能な織物（2162-4）は、表側のみに刺繍を施した箇所が認められる。本来は、綴織で織り出すべきところを織り上がった後に刺繍で加飾したのだろう。

特殊な技法の事例　経の方向と文様構成から貫頭衣の袖口断片と判断できる資料（2162-6）もまた、別の亜麻布に縫い付けられたものである。経は亜麻のZ撚りの双糸で文様部分は濃紺色に染めた毛で綴織の地をつくり、さらに亜麻の単糸で浮糸織りによる組紐文様をあらわす。文様は簡略化されており、型式学的には新しく位置づけられよう。注目すべきは、濃紺色の綴織の地で、S撚りとZ撚りの毛糸を交互に織り込んでいるのが確認できる。同様の例がルーブル美術館収蔵品にも極めて稀な例として報告され、Z撚りの毛糸は輸入品とも考えられている（注3）。緯は同じ方向の撚糸を用いるのが一般的で、本例のように逆方向撚りの糸を併用する技法上の効果については今後の課題としたい。

おわりに

京都大学所蔵のコプト織物は断片資料であるが、織り技法の基本的な特徴や再利用の状況を読み取ることができる。さらに逆方向の撚糸を併用する例や、貝紫染めが確認された貫頭衣の袖口片など染料分析（次頁の横山他報告を参照）においても希少な資料が含まれることが明らかとなった。研究・教育に活用するための考古資料の収集を目指した濱田耕作の遺志にあらためて敬意を表したい。

注1）京都大学文学研究科考古学研究室・京都大学総合博物館編『埃及考古ーペトリーと濱田が京大エジプト資料に託した夢ー』、2011年。なお、本図録において織り技法の調査成果の一部を報告した。

注2）経験的に熟知された手技への理解を深める試みとして上記展示期間中に現代の織物作家と協同し、ワークショップを行った（京都大学総合博物館編、『京都大学総合博物館ニュースレター』No. 26、2012年）。

注3）Roberta Cortopassi “Late Roman and Byzantine Linen Tunics in the Louvre Museum” *Ancient, Textiles Production, Craft and Society,* Oxbow Books, 2007.

謝辞　一連の本調査に際して、次の諸氏に多大なご指導、ご協力をいただきました。

上原真人（京都大学院文学研究科）、川井秀一（京都大学生存圏研究所）、遠藤利恵（京都大学生存圏研究所）、梶谷宣子（メトロポリタン美術館名誉館員）、坂本稔（国立歴史民俗博物館）

京都大学所蔵のコプト織物の調査—(2)分光法を主体とする染料分析—

Research on Coptic Textiles in the Kyoto University: (2) Natural Dye Analysis by spectroscopy

○横山 操、東村純子(日本学術振興会)、村上由美子 (京都大学総合博物館)、成瀬正和、中村力也
(宮内庁正倉院事務所)、仲村匡司 (京都大学農学研究科)、泉 拓良 (京大院文学研究科)
○Misao YOKOYAMA, Junko HIGASHIMURA, Yumiko MURAKAMI, Masakazu NARUSE,
Rikiya NAKAMURA, Masashi NAKAMURA and Takura IZUMI

1. 調査の目的

前報告に続き、京都大学所蔵コプト織物の展示に際して行った自然科学調査の概要を報告する。コプト織物は、染色した緯で文様を織り出す特徴があることから、染料や染色技術の研究も重要な課題である。しかし、これまで染料については目視観察に基づく推定にとどまり、科学的な精査が求められていた。近年、CIETA(国際古代染色学会)をはじめルーブル美術館などでは種々の自然科学的なアプローチによる織物調査がなされ(注1)、本学会においても、コプト織物に関する染料の化学分析が佐々木らによって報告されている(注2)。

本報告では、綴れ技法や染色技術、文様についての基礎情報を提供するために、考古学的アプローチとあわせて行った、染料分析の概要を報告する。

2. 調査方法

今回の調査は、非破壊分析を原則とする。そのため、分光法を主体とする染料分析手法を採用し、イメージング分光分析 (京都大学農学研究科)、可視分光分析ならびに三次元蛍光分光分析 (宮内庁正倉院事務所)、また、一部資料を対象として蛍光X線分析 (宮内庁正倉院事務所) を行った。それぞれの計測については、以下の装置を用いた。

イメージング分光分析:(イメージング分光器ImSpector、JFEテクノリサーチ株式会社製)
可視分光分析 (USB4000、オーシャンフォトニクス株式会社)
三次元蛍光分光分析 (蛍光分光光度計FluoroMax-3、堀場製作所社製)
蛍光X線分析 (半導体検出器、EDAX社製:
X線回折装置X 'PertProMRD (株)フィリップス社製)

3. 結果と考察

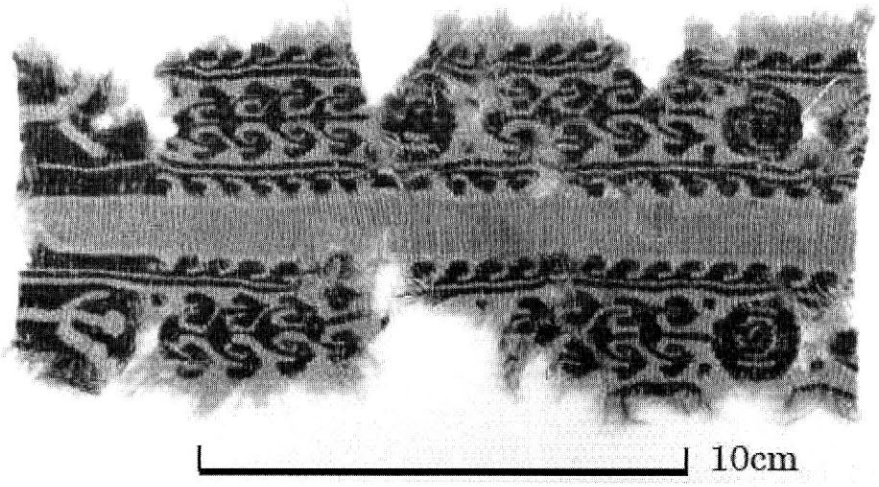
イメージング分光分析は、平面状のイメージの各点を同時に分光解析できるメリットがある。これにより、画素単位0.1㎜平方あたりの可視光範囲の分光スペクトルを取得できるため、コプト織物の繊細な織技法と色彩構成の評価にも有効である。例えば、濃紺色に染めた毛で綴織の地をつくる資料(登録番号[2162]-6:前掲東村報告)は、肉眼観察では濃紺色が文様の陰影によって色合いが異なるように見える。それが染料の違いによるものか、あるいは糸の染色方法によって生じる違いなのかを判断することは難しい。そこで、イメージング画像の各点の分光スペクトルを用いた検証を行った。資料(2162-6)では、取得した分光スペクトルおよび二次微分における吸収極大値の波長から、いずれもインジゴ植物であることを確認した。

また、一連の資料は、文学部陳列館の時代に収蔵・展示されており、その上面は下面よりも褪色傾向が認められる。そのため、可視分光分析および三次元蛍光分光分析においては、褪色程度の小さい (すなわちより鮮明な) 面について、反射光を測定した。得られた分光スペクトルから二次微分スペクトルを算出し、極大値をとる波長から、それぞれの染料を判断した。

その結果、赤系統の染料としては、アカネ科植物(*Rubia tinctorum*) (例えば、2162-4)

およびラック（2162-2）を確認した。

青・紫系統の染料としては、インジゴ植物（例えば、2162-5）、および貝紫（1126-8）を確認した。貝紫の染料成分であるブロモインジゴとインジゴ植物の染料成分であるインジゴは、化学構造が類似しているため、貝紫の同定では、分光分析に加えて、蛍光X線分析法（EDS）によりBrの存在を確認する必要がある。EDS分析では、紫色部分ではBrの存在を確認し、同一資料の別の部分、あるいは同一条件で保管された他の資料では Brが検出されなかったため、紫部分の Brが貝紫由来であることを確認した。



写真：分析したコプト織物資料の一例（1126-8：貫頭衣袖口片）

科学的手法によって貝紫染めが確認されたコプト織物は、世界においても類例は少なく（注3）、貴重な研究事例である。染色に用いられた染料が明らかになることによって、染料に関する考古学的事象、例えば、貝紫の生業や交易について考察を加えることが可能となる（注4）。

また、一連のコプト織物の年代情報は、出土状況から得られないため、糸の撚り方（S または Z 撚り）、文様、織り技法などに基づいた考察によることになる。文様意匠を根拠にイスラム時代の製作と判断されている資料（2162-2）について、今回の染料分析の結果、ラックによる染色が確認できたことから、古来の赤系統染料としてアカネ科植物が主流であったが、10 世紀前後にはラックも用いられるようになるといった変遷を示す事例となると考えている。

4．　今後の調査

今後、染料分析の結果に基づき、豊かな色相を支える染料、染色技法ならびに色を効果的に用いる意匠について織り技法とともに考察し、用いられた染料植物の生業・交易などの研究に照らし、資料の理解を深めたい。また、展示後、資料移動の際に不可避に生じた剥落繊維を用いた放射性炭素年代測定を検討中であり、追って報告する予定である。

参考文献

注1　De Moor, A. *3500 years of textile art*, Lannoo Publishers, Tielt：Belgium. 2008
注2　佐々木良子ら、 日本文化財科学会要旨集、p49（2006）および同p38(2005)
注3　ルーブル美術館の Roberta Cortopassi 氏のご教示による。
注4　Dominique Cardon,　Natural Dyes, Archetype Publications Ltd. (2007)

弥生・古墳時代のナトロンガラス製玉類の考古科学的研究

Scientific Investigation of natron glass beads excavated in Japan

○田村朋美、髙妻洋成（奈良文化財研究所）
○Tomomi Tamura, Yohsei Kohzuma (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

地中海周辺地域で発達したと考えられているアルミニウム含有量の少ないソーダ石灰ガラス（Na_2O-CaO-SiO_2 系）は、MgO および K_2O の含有量が少なく融剤として天然ソーダを使用したナトロンガラスと、MgO および K_2O の含有量が多く融剤に植物灰を使用した植物灰ガラスに分類される。近年、日本で出土するソーダ石灰ガラス玉類についてもこれら２種類の系統のガラスの存在が明らかとなり、それぞれの日本での流通時期についても言及することが可能となってきた。このうちナトロンガラス製の小玉については、筆者らの調査によりこれまで古墳時代中期前半の出土例が確認されていたが、今回新たに弥生時代後期後半の資料にも僅かながら存在することが明らかとなった。本研究では、日本で流通したナトロンガラス製玉類について弥生時代と古墳時代の資料を比較し、それぞれの化学組成の特徴およびその変化について検討した。

2. 資料と方法

本研究の対象とした資料は、弥生時代後期から古墳時代後期にかけての遺跡から出土した約 3000 点のガラス小玉である。これらのガラス小玉について観察的手法により製作技法を推定し、分析的手法によりその化学組成を調査することによって基礎ガラスの種類を分類した。分析に用いた装置は、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（エダックス社製 EAGLEIII）である。測定結果は、ガラス標準試料をもちいて補正した FP 法により規格化し、酸化物重量百分率で表すこととした。本調査は完全非破壊測定であり、表面の風化の影響を無視することができないため、資料本来の正確な化学組成を知ることはできないものの、基礎ガラスや着色剤の分類的考察をおこなうことは可能である。

3. 結果と考察

弥生時代のナトロンガラスと同定された資料は広島県三次市矢谷 D 地点方形周溝墓出土ガラス小玉３点（広島県立歴史民俗資料館所蔵）および神奈川県南足柄市御茶屋通遺跡方形周溝墓出土ガラス小玉３点である。遺存状態の悪いものが多く、具体的な製作技法の推定には至らなかった。ただし、開孔部から放射状に細長く伸びたレンズ状の気泡を多数包含し、外径に対して孔径が非常に小さく全体として丸みの強い形態を有することや、開孔部周辺に孔を取り巻くように伸長した気泡がわずかながら認められることから、引き伸ばし法によって製作されたガラス小玉とは明らかに異なる。

弥生時代のナトロンガラス小玉は Sb_2O_3 が顕著に検出されることが最大の特徴である（図１）。代表的なナトロンガラスであるローマガラスにおいてアンチモン（Sb）を消色剤として用いた無色ガラスが多数存在することから、弥生時代のナトロンガラス小玉はローマガラスとの密接な関連性を指摘することができる。一方、古墳時代のナトロンガラスも引き伸ばし法以外の製作技法で製作されたガラス小玉に認められる。古墳時代のこれらのナトロンガラス小玉は、弥生時代のものと製作技法や色調など共通の特徴を有する一方で、Sb_2O_3 が検出されないという点で大きく異なる。

弥生時代および古墳時代のナトロンガラス小玉は後述の重層ガラス小玉を除いてすべてコバルト着色による紺色透明を呈するものであった。日本で出土するコバルト着色の紺色ガラス小玉の着色剤には MnO 含有量の多いものと少ないものが存在することが知られている。例えば、コバルト着色によるカリガラスには MnO が多く含まれているが、この MnO はコバルト原料の不純物と考えられている。一方、ナトロンガラスに含まれる MnO については評価が難しい。重要なことは、古墳時代のナ

トロンガラス小玉はSb_2O_3を含まない一方でMnOを1～2%含有する場合があることである。マンガン（Mn）は、ローマガラスでアンチモン（Sb）とともに消色剤として用いられており、地域や時期によってSb消色とMn消色が変化することが指摘されている。古墳時代の紺色ナトロンガラス小玉に含まれるMnOがコバルト原料の不純物か、あるいは消色剤として意図的に添加されたものかについて判断するのは困難である。しかしながら、ナトロンガラスのコバルト原料と、カリガラスなどナトロンガラス以外に適用されているMnO含有量の多いコバルト原料とではCuOやPbO含有量が異なることから、種類が異なる可能性が高いと考えられる（図2）。さらに、ナトロンガラス以外のものには基礎ガラスの種類に関わらず微量のバリウム（Ba）が伴うのに対して、ナトロンガラスの場合にはBaが検出されないことも両者のコバルト原料が異なることを示唆するものと考えられる。日本列島出土のナトロンガラスの化学組成の変化がローマガラスにおける消色剤の変化と対応する可能性が出てきたことは重要な知見である。

さらに、日本列島出土の重層ガラスの中で最も古い時期に位置付けられる京都府長岡京市宇津久志1号墳（古墳時代中期前半）から出土した重層ガラス小玉3点がナトロンガラス製であることが判明した。日本における重層ガラスは古墳後期の資料に集中しており、その多くが植物灰ガラス製である。ナトロンガラス製の重層ガラスが発見されたのは日本で初めてであり、日本に流入した重層ガラスの起源が時期的に変化する可能性が示されたことは重要な成果である。さらに、これらの重層ガラスからもSb_2O_3が検出されている。これらの重層ガラスは無色透明～半透明を呈することからSb_2O_3は消色剤として添加されたと考えられる。なお、本資料は箔部分から金（Au）を検出しており、金箔を挟み込んだ金層ガラスである。

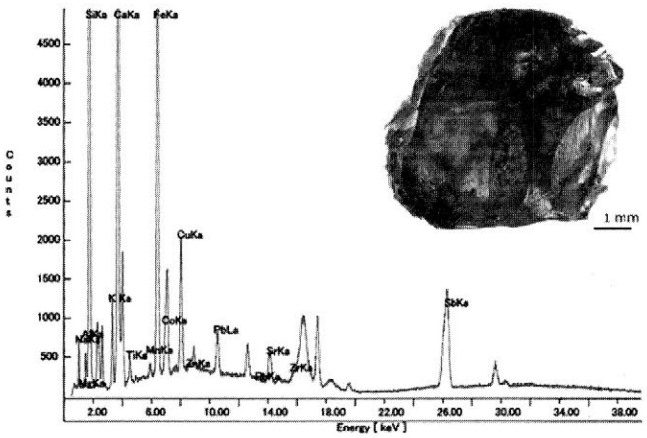


図1　弥生時代のナトロンガラス小玉（御茶屋通遺跡出土）の蛍光X線スペクトル

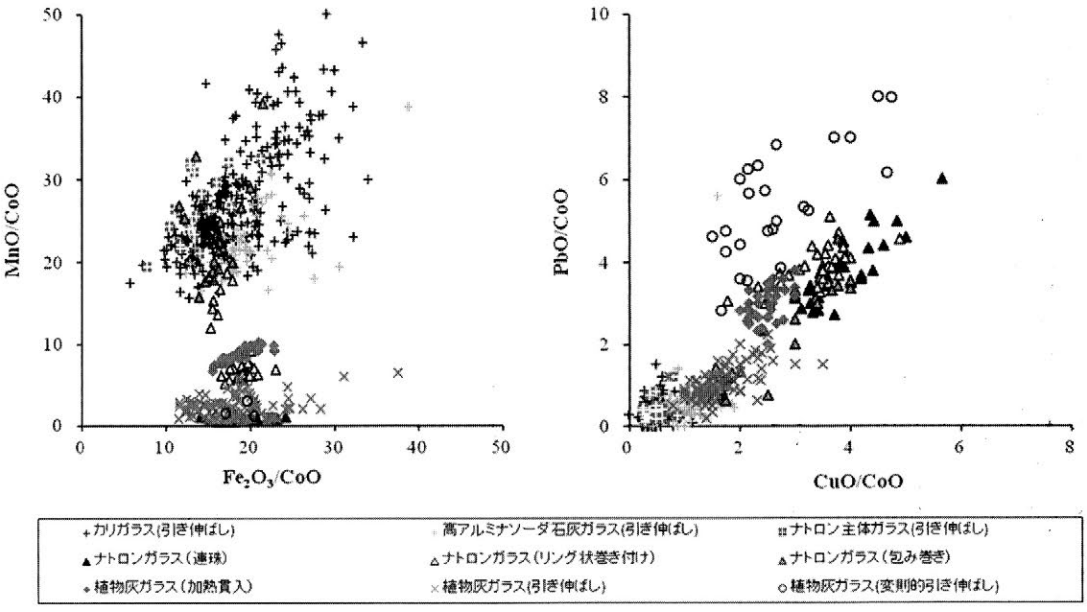


図2　コバルト着色による紺色ガラス小玉の着色剤の

MALDI質量分析法による壁画に使用された接着剤原料の検出

Identification of the Binding Media in the Wall of Ancient Egyptian Painting Layers by MALDI Mass Spectrometry

○河原一樹(奈良女子大学)、中沢隆(奈良女子大学)、川崎英也(関西大学)、浅井重博(サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社)、アフメド・シュエイブ(カイロ大学)、アーデル・アカリシュ(ナショナル・リサーチ・センター)、吹田浩(関西大学)、荒川隆一(関西大学)

○Kazuki Kawahara (Nara Women's University), Takashi Nakazawa (Nara Women's University), Hideya Kawasaki (Kansai University), Shigehiro Asai (Thermo Fisher Scientific Co. Ltd.), Ahmed Sayed Shoeib (Cairo University), Adel Akarish (National Research Centre), Hiroshi Suita (Kansai University), and Ryuichi Arakawa (Kansai University)

1. はじめに

エジプトの遺跡に見られる数多くの色彩豊かな壁画は、乾燥した環境下において紀元前三千年紀以降に制作されたものが、現在も色材の剥離を免れており、その材質や製作技法の解明は文化財保護の観点から重視されている。これまでの調査報告から、色材の接着に際して用いられた接着剤原料として、アラビアゴム、膠、または卵の白身（卵白）などが候補として挙げられているが[1]、学術的な検証例は少なく、その理由として、文化財の重要性のため出来る限り非破壊的な方法が望まれることや様々な環境要因から生じる不純物の混入が自然科学分析の適用を困難にしていることが挙げられる。

候補となっている接着剤の内、膠は動物の皮膚や骨、腱の主成分であるタンパク質コラーゲンを加熱変性したものを原料としており、卵白を原料とする場合には、アルブミンと呼ばれるタンパク質が接着剤として利用されている。この様なタンパク質を主原料としている接着剤に対して、アラビアゴムの場合は、アフリカのナイル地方原産のネムノキ科アカシア属アラビアゴムノキの樹皮を傷つけ、その傷口からの分泌物を乾燥させて作られており、主成分はタンパク質ではなく多糖類である。

本研究では、プロテオミクス分野で微量タンパク質の分離・同定に利用されている電気泳動法とマトリックス支援レーザー脱離／イオン化(MALDI)質量分析法を併用することで、サッカラ遺跡のイドゥートのマスタバで発見された壁画に使用された接着剤原料の特定を試みた。

2. 試料および実験方法

実験試料:壁画試料として、イドゥートのマスタバの地下埋葬室内にある壁画の剥落片の一部（白色表面）を用いた。また、比較試料として、シグマアルドリッチ株式会社よりウシ（*Bos taurus*）の腱から抽出されたI型コラーゲンを購入した。

試料調製：壁画片は、経年劣化に加えて、採取後の運搬や保存環境等の要因により表面が汚染されている可能性がある。そのため、先ず純水1 mLで表面を洗浄し、得られる洗浄液を試料溶液1とした。次に、壁画表面に塗布されている白色顔料を少量（約10 mg）削り取り、1 mLの0.5%のトリフルオロ酢酸（TFA）水溶液と混合させ、60分間室温で放置し、遠心分離後の上澄み液を試料溶液2とした。比較試料のウシI型コラーゲンは、約1mgを測り採った後、0.5% TFA溶液に溶解させた。試料溶液1および標準試料に関しては、一度凍結乾燥し、100 μLの0.1M 重炭酸アンモニウム（NH_4HCO_3）に溶解させた後、60℃で1時間放置することで含まれるタンパク質を変性させ、5 μLのタンパク質分解酵素トリプシン溶液（20 μg/μL）を加えて、37℃で24時間酵素消化した。

ゲル電気泳動：試料溶液2は、不純物の混入を想定して、予めポリアクリルアミドゲル電気泳動（PAGE）法により分離を行った。分離は、変性剤としてドデジル硫酸ナトリウム（SDS）を使用して、Laemumli法に基づいて実施した。ゲル内で分離された各タンパク質の検出は、市販のキットを用いた銀染色法（Silver Stain II Kit Wako、和光純薬工業株式会社）により行った。ゲル内で染色された各部位は、それぞれゲル片として切り出し、50 μLの10 mM DTTで還元処理をした後、50 μLの50 mM ヨードアセトアミドでアルキル化した。その後に、30 μLのタンパク質分解酵素トリプシン溶液(20 μg/μL)

を加えて、37℃で24時間酵素消化した。

MALDI質量分析：酵素消化後の各試料溶液を1%のTFA溶液を加えて酸性（pH 4.0）にし、Ziptipで濃縮・脱塩した後、それぞれ各1 μLをMALDIサンプルプレート上で0.5 μLのマトリックス溶液（α-シアノ-*p*-ヒドロキシ桂皮酸のアセトニトリル溶液）と混ぜた後、乾燥させ、MALDIタンデム飛行時間型（MALDI-TOF/TOF）質量分析装置を使用して分析した。

3. 結果と考察

図1(a)には、壁画表面の洗浄液のMALDI-TOF質量スペクトルを示す。スペクトル全体に渡って、多数の信号が観測されたものの、その多くは合成ポリマーや動物の表皮に多く含まれるケラチン等の不純物に由来することが明らかとなり、壁画片の表面が顕著に汚染されていることが示された。そのため、試料溶液2に関しては、予めゲル電気泳動（SDS-PAGE）法により有機物成分の分離を行った（図2）。得られたゲル中で、明確なバンドが見られる領域を切り取り、MALDI-TOF質量分析をしたところ、図2に示すゲル内の白枠で囲った部分より、比較試料として用いたウシI型コラーゲンのスペクトルと*m/z*値が一致する2本の信号（*m/z* 1106および*m/z* 2855）を検出することができた（図1）。更に、それらのMALDI-TOF/TOFスペクトルを測定し、得られる開裂パターンを解釈することによって、各信号に相当するペプチドのアミノ酸配列をそれぞれGVQGP(O)PGPAGPR（*m/z* 1106）とGLTGPIGPPGP(O)AGAP(O)GDKGEAGPSGPAGPTGAR（*m/z* 2855）と推定することが出来た。これらのペプチドは、どちらもウシ由来のI型コラーゲンのα1鎖に含まれるアミノ酸配列と一致した。

古代エジプトのさまざまな作業風景を描いた墓の壁画には接着剤を使用していると思われる場面も残されている[2]。今回の分析結果は、紀元前2400年前後に遡る古い壁画に牛の膠が使われており、その接着剤として利用された膠を分析することが可能であることを実証するものである。

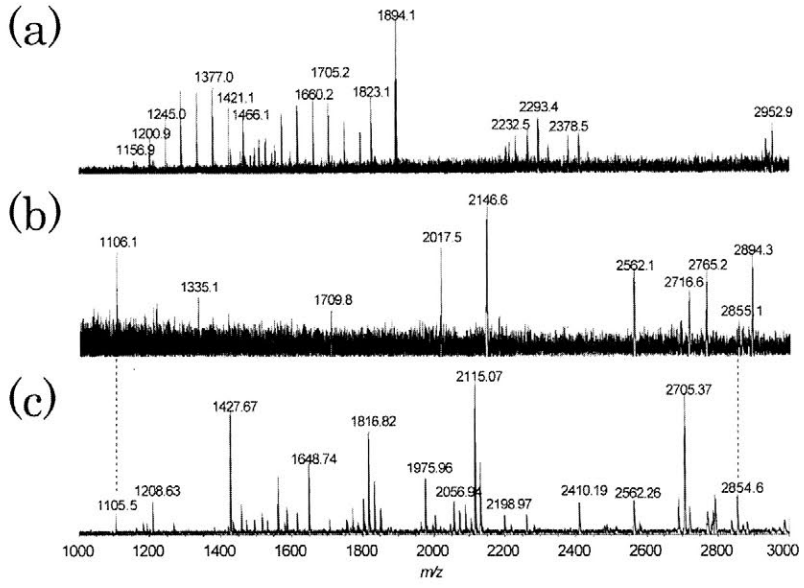


図1 各試料のトリプシン消化物のMALDI-TOF質量スペクトル。(a)壁画表面の洗浄液（試料溶液1）、(b)壁画の白色顔料（試料溶液2）、(c)ウシI型コラーゲン。(b)と(c)に共通して観測されている信号を点線で繋いである。

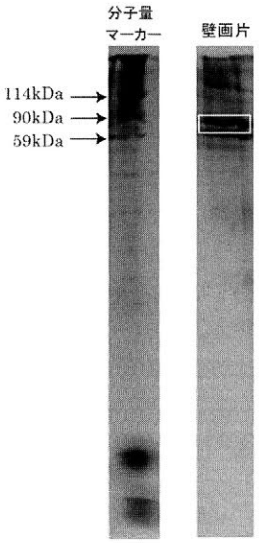


図2 ゲル電気泳動の結果。壁画片の泳動結果において、膠が検出された部位を白枠で示す。

参考文献

（1）Nicholson, P. T. and I. Shaw, *Ancient Egyptian Materials and Technology.* Cambridge Univ. Press, 2000, 475-494.

（2）Wilkinson, J. G. and S. Birch, *The Manners and Customs of the Ancient Egyptians.* New edition, Vol. II. London: William Clowes & Sons, 1878, 198-99.

○三次元計測データを用いた斜縁神獣鏡「同型鏡」の検討

—大阪府津堂城山古墳・香川県岩崎山4号墳出土鏡の場合—

○ (Case of Mirrors made from the same model used by 3D measurement
–Excavated from TUDO SIROYAMA・IWASAKIYAMA tomb–)

○徳田誠志（宮内庁書陵部） 奥山誠義（奈良県立橿原考古学研究所）
山本一伸（さぬき市教育委員会） 松田朝由（大川広域行政組合）
○ Masashi Tokuda (Imperial Household Agency) Masayoshi Okuyama (Archaeological Institute of Kashihara Nara prefecture) Kazunobu Yamamoto (Board of Education of Sanuki City) Tomoyoshi Matuda (Okawa Broader-based local government association)

1. 研究の目的

銅鏡の鏡背文様について三次元形状計測を実施し，そのデータから得られた画像による鏡研究は奈良県黒塚古墳の調査をきっかけとして開始された。以来10年ほどの間に，わが国から出土した銅鏡について実施した計測枚数は約950面に達する。このデータによる研究成果は，特に三角縁神獣鏡については同笵鏡の有無を確認するにあたって，これまでは平面的な比較にとどまっていたものを，立体的な形状から検討することを可能にした。さらに三次元画像はこれまでの写真とは異なり，色情報や撮影時の陰影に左右されることなく文様観察が可能であることから，バラエティーに富んだ文様構成示す「倭鏡」の製作過程を検討していく際にも有効である。

今回の研究は，大阪府藤井寺市津堂城山古墳（藤井寺陵墓参考地）と，香川県さぬき市岩崎山4号墳から出土した「斜縁二神四獣鏡」について三次元形状計測を実施し，両鏡の製作手法が同笵であるか同型であるかを検討していくものである。

2. 計測した鏡の概要とその方法

今回計測した鏡は斜縁神獣鏡と呼称され，国内外からこれまで50面ほどが出土している。この鏡について概括的な紹介をしておくと，いずれも日本国外で製作されたと考えられ，その製作時期は3世紀前半代と考えられている。そして鏡背文様の成立にあたっては，画像鏡に神獣鏡の図像表現を取り入れたものと考えられている。わが国の古墳から出土する場合，三角縁神獣鏡とほぼ同時に副葬がはじまり，感覚的ではあるが若干遅くまで副葬品としての命脈を保っていたようである。

さて，津堂城山古墳出土鏡は昨年の本学会で発表したように，破片が宮内庁と関西大学に分かれて所蔵されているため，三次元計測データによって接合を試みた。一方，岩崎山4号墳出土鏡は1951年に出土したものであり，調査者の一人である樋口隆康（京都大学名誉教授）によって，津堂城山古墳出土鏡と同じ鏡背文様であることが指摘されている。今回は岩崎山4号墳出土鏡の計測を，奈良県立橿原考古学研究所において実施した。三次元形状計測装置は，ATOS II（ドイツGOM社 2002年製造）である。

3. 研究の成果

今回の検討方法は，津堂城山古墳出土鏡が割れた破片を接合してあることから，面径の計測による比較は十分な成果が得られないものと判断した。よってまず，鈕と乳の断面形状を比較することを試みた。但し，津堂城山古墳出土鏡は布にくるまれて副葬されたと考えられ，鏡背には布あるいは錆に起因する付着物が残る。よって，可能な限り鋳肌面が確認できる部分で断面図を作成した。このような限界があり，この点を承知の上での比較となるが，鈕と乳の断面図を図1・2に示した。この図からわかるように，両鏡の鈕・乳ともにその形状はほぼ一致し，岩崎山4号墳出土鏡のほうが概ね0.2mm(200μm)大きい（高い）という結果が得られた。

もう一つの試みとしては銘文の文字部分において，三次元画像のデータから等高線カラーマップ画像を作成した。この図は高低を色分けして表示するものであり，断面図が線による比較であるのに対し，この図では面によって凹凸の形状を比較することが可能である。この手法によって銘文のうち「凍」と「幽」の2文字について比較をおこなったが，図からも明らかなように両者の特徴がよく一致していることが読み取れる。

このように2面の鏡は鈕・乳の断面比較，あるいはさらに細かな銘文の凹凸の比較においても予想以上に一致していることが明らかになった。結果的には今回検討した部分では，このような状況は「同笵」でも「同型」でもありうることだとしか指摘できない。よってこの2面の製作方法を比較するためには，鋳つぶれ部分などをさらに検証していく必要がある。しかし現在のところ，鋳つぶれ部分がどちらかに拡大していくということが確認できないため，この2面は「同型」関係にある鏡だと考えている。

4．今後の課題と展望

今回の結果は，改めて同じ鏡背文様を持つ鏡の製作手法を判断することの困難さを示すものとなった。換言すれば同じ鏡背文様を持つ鏡であっても三角縁神獣鏡の場合には，鋳つぶれや笵傷などがきわめて明瞭に観察されるのに対し，斜縁神獣鏡ではこのような特徴は看取できないものといえよう。このことは従来から指摘されているように，三角縁神獣鏡の製作手法が特異であることを物語る。斜縁神獣鏡において同じ鏡背文様を持つ鏡は，今回検討した2面にとどまるが，ほぼ同時期にわが国に将来したと考えられる鏡にあって，製作手法の違いの意味をどのように理解するかということは，三角縁神獣鏡の性格を議論する上でもきわめて大きな課題である。今後とも他鏡種において同じ鏡背文様を持つ鏡のデータ収集を進めていき，それぞれの製作手法の特徴を看取していく必要があると考える。

この三次元形状計測は，(財)由良大和古代文化研究協会の研究助成の成果の一部である。また，計測には増永光令氏の協力を得た。

（文責：徳田）

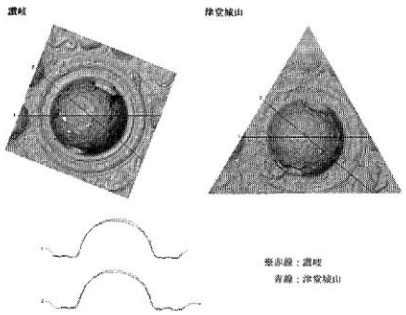


図１　紐の断面形状比較

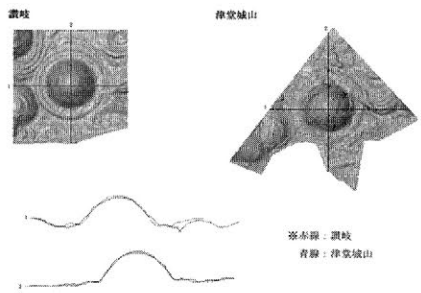
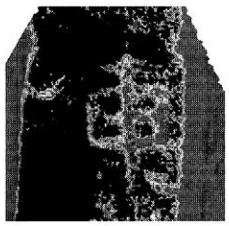


図２　乳の断面比較



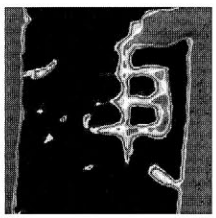
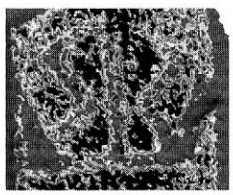


図３　「凍」カラーマップ画像（左：津堂城山古墳出土鏡　右：岩崎山４号墳出土鏡）



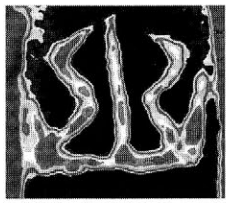


図４　「幽」カラーマップ画像（左：津堂城山古墳出土鏡　右：岩崎山４号墳出土鏡）

UV 劣化 PVA の水膨潤に及ぼす溶質の影響

Effect of solutes for swelling of UV-degraded PVA

○岡田祐輔(信州大院総工)、川野辺渉(東京文化財研究所)、早川典子(東京文化財研究所)、
中條利一郎(帝京科学大学)、藤松仁(信州大学)、滝沢辰洋(信州大学)、平井利博(信州大学)
○Yusuke OKADA, Wataru KAWANOBE, Noriko HAYAKAWA,
Riichiro CHUJO, Hitoshi FUJIMATSU, Tokihiro TAKIZAWA, Toshihiro HIRAI

1. 緒言

昭和20年代以降、わが国では文化財の修復のために様々な合成樹脂が利用されてきた。その中でもポリビニルアルコール(PVA)は、水溶性・接着性など接着剤として優れた物性を持っていたため、顔料の剥落止め材料として襖絵などの「障壁画」の修復に利用されてきた。しかし後年になって、塗布された絵画の表面が白化し、鑑賞すらできない状態の文化財が多いことが分かってきた。このうち白化のメカニズムに関しては、これまでの研究により、障壁画表面のポリビニルアルコール皮膜表面にできる凹凸構造やシワ、クラック(クレイズ)による光散乱が原因のひとつであるということが示されている[1]。しかし、これらの劣化したPVAは良溶媒である水に不溶化し除去が困難となっている。またPVAの良溶媒として知られているジメチルスルホキシド(DMSO)は、障壁画に使われた染料や裏打ち用のデンプンを溶解させてしまうおそれがあるため使用することができない。その一方で、ポリマーの中には溶媒に添加物を加えることでポリマーの膨潤溶解特性が変化する系が知られている。そこで本研究では、PVAの良溶媒である水に微量の溶質を加えることでPVAの膨潤・溶解性を向上させ、障壁画の劣化PVA除去に利用できないか検討を行った。

2. 実験試料及び方法

PVA粉末(クラレ製、ケン化度98-99%、重合度1700)を水/エタノールで洗浄・濾過し、不純物である酢酸ナトリウムを除去した。その後、精製したPVA粉末に蒸留水に溶解させPVAキャストフィルム(膜厚80-100 μm)を作製した。このフィルムを1.5 cm角にカットして膨潤試験用サンプルとした。また、オゾンランプを用いて上記のPVAフィルムに12時間紫外線(UV)照射を行うことで強制的に劣化させたサンプルを作製し、膨潤試験用のUV劣化フィルム(1.5cm角)とした。

0.1mol/lとなるように様々な溶質を添加した水溶液に上記の膨潤試験用フィルムを浸漬し、所定時間ごとに引き上げて水分をふき取った後、重量を測定した。膨潤試験後はフィルムを洗浄し105°Cの乾燥機で1時間乾燥後、そのときの重量を乾燥重量としてフィルムの水膨潤度を算出した。また、各水溶液における膨潤速度を計算してフィルムの膨潤モデルを考察した。

3. 実験結果及び考察

下記Fig.1(a)はK^+をカチオンにもつ無機化合物の水溶液、(b)はSCN^-をアニオンにもつ無機化合物の水溶液におけるPVAフィルムの膨潤度をそれぞれ示している。カチオンがK^+の場合、膨潤度は$SCN^- > I^- > Cl^-$、アニオンがSCN^-の場合では膨潤度が$NH_4^+ > K^+ > Na^+$の順となった。この結果は物質を塩析させる順にイオンを配列したホフマイスター(離液)順列と対応している。つまり、より塩析効果の大きなイオンほどPVAを疎水性化し膨潤度を低下させると考えられる。UVで強制的に劣化させたPVAフィルムにおいても同様の傾向が見られたが、どの水溶液においても膨潤度が大きく低下した。これは、劣化によりOH基が減少し水素結合能が低下したことや三次元架橋化、非晶質領域の分解により溶質や溶媒分子がPVA中に拡散しにくくなったためと考えられる。また、Iイオンを含む水溶液の場合では膨潤試験後にPVAフィルムが赤紫色に着色してしまうことから障壁画の

劣化PVA除去に使用できないと考えられる。Fig.2に非イオン性物質を添加した水溶液におけるPVAフィルムの膨潤度を示す。UVで強制的に劣化させたフィルムでは、どの水溶液においてもUV未照射の場合と比べて膨潤度が低下していることが分かる。特にフェノールや尿素、グリセリンの場合、UV照射サンプルの膨潤度は未照射サンプルと比べて大きく低下した。その一方でエタノールが溶質の場合、UV照射サンプルでも比較的高い膨潤度を保持していることが明らかとなった。

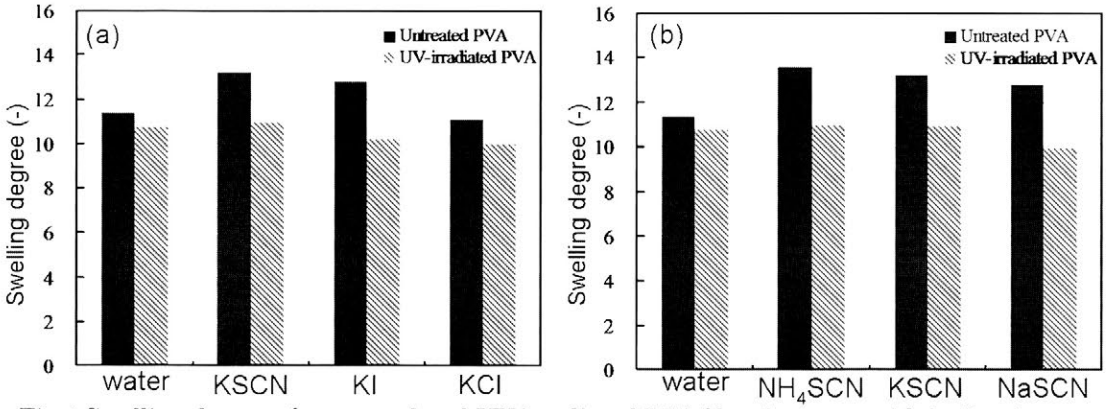


Fig.1 Swelling degree of untreated and UV-irradiated PVA films in water with ionic solutes: (a) K^+ as cation, (b) SCN^- as anion.

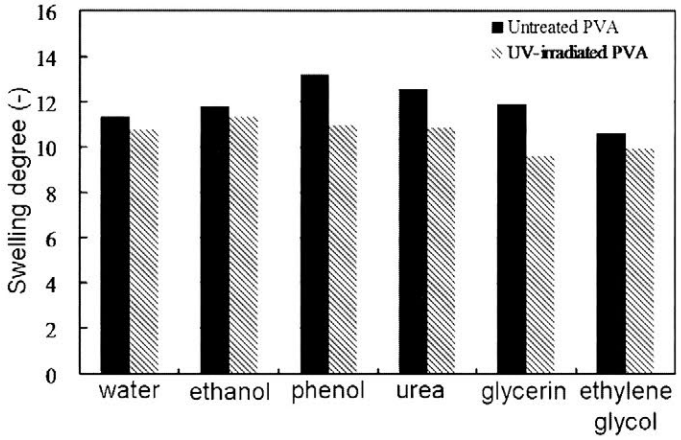


Fig.2 Swelling degree of untreated and UV-irradiated PVA films in water with non-ionic solutes.

4. まとめ

PVAの良溶媒である水に微量の溶質を加えることでPVAの膨潤溶解性を向上させ、障壁画の劣化PVA除去に利用できないか検討を行った。その結果、添加する溶質がイオンの場合、フィルムの膨潤度はホフマイスター(離液)順列と対応することが明らかとなった。UVで強制的に劣化させたPVAフィルムにおいても同様の傾向が見られたが、どの水溶液においても膨潤度が大きく低下した。添加する溶質が非イオン性物質の場合、UVで強制的に劣化させたPVAフィルムではどの水溶液においてもUV未照射の場合と比べて膨潤度が低下したが、エタノールが溶質の場合、UV照射サンプルでも比較的高い膨潤度を保持していることが明らかとなった。またエタノールは揮発性があることから、劣化したPVAの除去にエタノールが適している可能性があると考えられる。

参考文献

1) Y. Okada, W. Kawanobe, N. Hayakawa, S. Tsubokura, R. Chujo, H. Fujimatsu, T. Takizawa and T. Hirai, Whitening of polyvinyl alcohol used as restoration material for *Shohekiga*, *Polymer Journal*, **43**, 74-77 (2011)

ハンガリー国立博物館所蔵ローマ時代遺物に使用されていた赤色顔料ー朱ーの産地推定

Determination of original sources of vermilion in red pigments applied in survivals of the Roman period in Hungarian National Museum

○南　武志(近畿大)、武内章記(環境研)、アンドラ　モルゴス(東京芸大)、バリント　ペテルディ(ハンガリー地質調査所)、イストヴァン　サホ(ハンガリー科学アカデミー)、ゾルト　ムラフ(ハンガリー国立博物館)
○Takeshi Minami (Kinki Univ.), Akinori Takeuchi (NIES), Andras Morgos (Tokyo University of the Arts), Balint Peterdi (Geological Institute of Hungary), Istvan Sajo (Hungarian Academy of Sciences), Zsolt Mrav (Hangarian National Museum)

1. Introduction

Vermilion, mercury sulfide also known as cinnabar, is one of the most valuable symbols of power in the ancient time as its vivid red color, and vermilion was used for decorative and protective purposes in ancient burials worldwide. In Japan, vermilion was mainly used for decorating the physical remains and the inner surfaces of burial facilities in the ancient burial mounds of the 1st-6th centuries A.D. However, in Europe, vermilion was often used for the decoration of pottery and stone pillar, painting of wall, and so on. Of course, vermilion was observed with human bones from a neolithic burial site in Spain (3000 years B.C.).[1] There are more than ten big cinnabar mines in Europe and some of these were mined specifically for Greece and Roman periods. We previously reported that sulfur isotope ratio of vermilion varied among different mines and suggested that the feasibility of determining sources of vermilion found in ancient Japanese burial mounds by comparing their ratios of sulfur isotope with those of cinnabar ore samples collected from the mines.[2] Recently, the method of mercury isotope ratio measurement was developed using the multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MC-ICP/MS), and different tendencies were shown in the ratio depending on the mine.[3] In Hungary, many fragments of pottery painted by vermilion were excavated at Szombathely Oladi plato of the early period of the Lengyal culture (4700-4500 years B.C.).[4] However, vermilion was generally used in the ancient Hungary in the Roman period. Therefore, we tried to establish whether the determination of original source of vermilion was possible using the vermilion of painting stone pillar and piece of wall of Roman period possessed by Hungarian National Museum. For this purpose, we first collected cinnabar ores from mines of Hungary and Europe, measured metal composition of red pigments applied in stone pieces and pillars by using a portable X-ray fluorescein analyzer, and then, observed the ratios of sulfur and mercury isotopes.

Table 1 Place of cinnabar mine in Europe

Country	Mining Place
Austria	Eisenerz Erzberg Szalonak
Croatia	Csabar
Hungary	Budapest, Roka-hill Istvanhuta Lajosfalva Mogyoroska, Koplalo-tanya Pilisszentlelek, Voros-ut Rudabanya Sarospatak, Botko-mine
Italy	Monteamiata
Romania	Baboja-hill Gyerovasarhely Kapnikbanya
Serbia	Avala
Slovakia	Alsosajo Csumtava Dobsina Golnicbanya Kormocbanya Rudnany Selmecbanya Varanno
Slovenia	Idria
Spain	Almaden
Turkey	Cirakman
Ukraine	Nikitowka Rosztoka

2. Materials and Methods

Cinnabar ores from 29 mines in 11 countries in Europe were collected from the Geological Institute of Hungary.

The mines were listed in Table 1. Metal composition of red pigment of thirty-one stone pieces and fifteen stone pillars of Roman period possessed by Hungarian National Museum were analyzed by a portable X-ray fluorescence analyzer (Niton XL3t-950S, Thermo Fisher Scientific Inc.). Sulfur isotope ratio of vermilion was measured according to the following method; Sample powder containing 50μg S was put in a tin cup and the sample was combusted at 1,000 °C in a reactor with abundant oxygen and tungsten oxide using an Elemental Analyzer (Euro EA, HEKA tech GmbH). And the generated SO_2 gas was introduced directly to the MS analyzer (IsoPrisme High Performance Stable Isotope Ratio MS, GV Inst. Ltd.). Mercury isotope ratios were measured by using MC-ICP-MS (IsoProbe, GV Inst. Ltds) with membrane cold vapor generation system (HGX-200, CETAC Technologies).

3. Results and Discussion

The ratio of sulfur isotope of cinnabar ore at the Almaden mine in Spain which was developed more than 2,000 years ago was shown $+7.32 \pm 0.91$ $\delta^{34}S‰$. The ratio of the ore at the Idria mine in Slovenia which was regarded as old as the Almaden mine was shown -2.05 ± 1.81 ‰. On the contrary, the ratios of ores of the cinnabar mine of the Transylvania area, which extended over Ukraine, Hungary, Serbia, and Romania were different depending on the mine. Typically, stable isotope ratio changes of sulfur and mercury occur because of the physical phenomena like evaporation and diffusion and biogeochemical phenomena like redox, uptake, and metabolism. It is, therefore, supposed that the ratios of mercury isotope of cinnabar mines may be different depending on their geographic locations. Next, we measured metal composition of red pigments applied in 31 stone pieces and 15 stone pillars of Roman period possessed by Hungarian National Museum using a portable X-ray fluorescence analyzer. Mercury was detected in mural painting of three stone pieces and few from one stone pillar. Lead was detected in red pigment from four stone pieces and three stone pillars. In addition, iron was detected in red pigments of the other stone pieces and pillars. Therefore, it is thought that ferric oxide was mainly used and lead tetroxide and vermilion were smaller for red pigment during the Roman period in Hungary. Finally, we scraped off a red pigment from the stone pieces and pillars detecting mercury, and tried to measure the sulfur isotope ratios from them. However, as the content of vermilion was lower than a detection limit, the ratio could not be measured this time. So, we make measurements of both sulfur and mercury isotopes after increasing the amount of collection of vermilion.

References

1) Martin-Gil, J. et al., The first known use of vermillion. Experientia (1995) 51: 759-761.
2) Minami, T. et al., Using sulfur isotopes to determine the sources of vermillion in ancient burial mounds in Japan. Geoarchaeology (2005) 20: 79-84.
3) Hintelmann, H. & Lu, S.Y., High precision isotope ratio measurements of mercury isotopes in cinnabar ores using multi-collector inductively coupled plasma mass specctrometry. Analyst (2003) 128: 635-639.
4) Mihaly, J. et al., Vibrational spectroscopic study of pigment raw materials and painted ceramics excavated at Szombathely-Oladi Plato, Hungary. *In* Wonderful Beauties - Human representations in prehistoric western Hungary- (Ilon Gábor, Ed.) Directorate of the Museums of Vas County, Hungary (2007) pp. 270-273.

ブルガリア、プロヴァディア-サルニツァータ遺跡出土土器の化学分析(1):新石器時代の新型式土器は製塩に用いられたのか

The chemical analysis of pottery from Provadia-Solnitsata, Bulgaria (1):Is new type of Neolithic pottery used for making salt?

石野萌(国際基督教大学教養学部), 堀内晶子(同左)
宮田佳樹(名古屋大学代測定総合研究センター),ヴァシル・ニコロフ(ブルガリア国立考古学博物館)
Ishino Mebae, Akiko Horiuchi (International Christian Univ.)
Yoshiki Miyata (Nagoya Univ.)
Vassil Nikolov (National Institute of Archaeology and Museum, Bulgaria)

1. はじめに

プロヴァディア-サルニツァータ遺跡は、ブルガリアの北東部に位値するプロヴァディア近郊に位値し、東バルカン唯一の岩塩層の上に作られている遺跡である。

この遺跡は2005年に発掘が開始され、現在徐々にその規模が明らかになりつつあるが、新石器時代及び銅器時代(BC 6,000～5,000年)の遺構の上にトラキアの墳丘墓が重なり、周辺には先史時代の生産及び儀式地区も認められている。現在でも周辺では岩塩を水に溶かして天日で塩を析出させる製塩が行われているが、大規模な新石器時代及び銅器時代の製塩土器を用いて塩泉の塩水を加熱濃縮したと思われる製塩遺構が発掘されている(1)。この遺跡の一部からこれまでに例を見ないミミ状の取手をもった新しい形態の新石器時代土器が2011年夏、多量に出土した。そこで、この新形式土器が製塩に使われていたかどうかを科学的に検討することにした。

塩(塩化ナトリウム)は水に良く溶けるため、土器に残された塩は雨などの自然水により溶出してしまい、土器に残る事はないとされていた。しかし、我々は土器には水にながされずに強く吸着、保持されている塩化物イオン(Cl^-)が残留することを明らかにし、フッ化物イオンと交換して検出する手法を開発し、塩の存在の指標として有効であることを実験製塩土器及び日本の製塩土器を用いて示してきた(2)。しかし、Cl^-がどのように土器胎土と相互作用・反応し、土器内に残留するのかは、まだ明らかにされていない。従って、この分析手法が粘土の性質や粒子の大きさ、土器の焼成温度等にどれくらい影響されるかは、まだ不明である。

従って土壌の酸性度も、粘土の組成も、制作方法も異なるブルガリア、プロヴァディア-サルニツァータ遺跡の土器に同じ分析手法が適用できれば、Cl^-分析が日本の製塩土器だけではなく、世界の製塩土器に通用することを示すことにもなる。

2. 試料と実験

プロヴァディア-サルニツァータ遺跡の新形式土器はまだ全容が明らかになっていないが、図1Aに示すようなミミ状の取手を有する大型土器である。色は赤褐色から灰色で文様は無く、厚さは約15 mm、考古学的には水漏れを防ぐためのカオリンではないかと考えられている白色のコーティングが土器内面もしくは両面に確認できる(図1B)。この新形式土器(PN2-1から18)に含まれている水溶性Cl^-(自然水によって洗い流される可能性があるCl^-)と保持されているCl^-を定量し、同じ遺構から出土した非製塩土器(PN2N-1から6)の値と比較して、製塩土器の可能性を検討した。

分析はこれまでに報告した方法(2-b)に準じてまず表面の塩分を蒸留水で除去した後粉砕し、さらに水で洗い流される可能性のあるCl^-を蒸留水で繰り返し抽出・除去した後、水には溶け出さずに強く土器胎土に保持されているCl^-を0.28Mフッ化アンモニウム水溶液で抽出し、塩化物イオン電極を用いて

Cl^-の定量を行った。

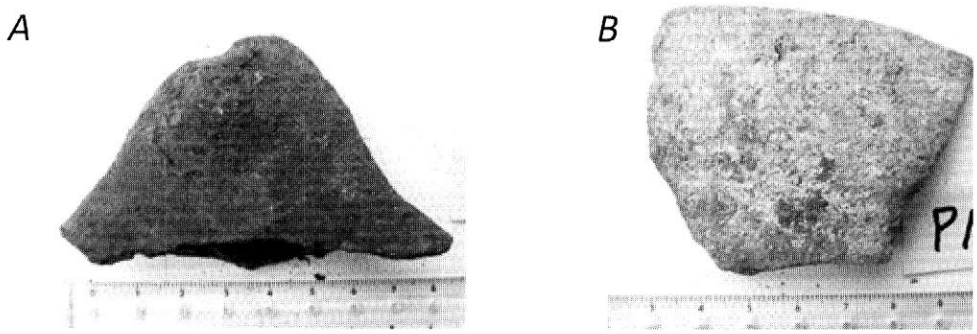


図1. ブルガリア、プロヴァディア-サルニツァータ遺跡から出土した新形式土器. A: ミミの部分(PN2-15). B: 白いコーティングのついた口縁部(PN2-14).

3. 結果と考察

実験製塩土器を用いたCl^-の分析例から、土器の部位によって保持されているCl^-濃度に差がある（胴部＞底部＞口縁部）ことが分かっている（2-a)。そこで、本研究も試料を胴部、底部、口縁部に分けて分析を行った。その結果、すべての試料に残っていた水に溶け出すCl^-の総量の平均は0.06±0.04 mgCl/g potで、ほとんど無視できる程度であった。土器や土壌に強く保持されていたCl^-の総量は、新形式土器の底部の平均が2.1±1.1 mgCl/g pot(n=7)であったのに対し、胴部の平均は約3倍の7.3±2.2 mgCl/g pot(n=3)で、実験製塩土器の傾向と一致していた。ミミ部分を含む口縁部は最大が10.1、最小が0.4 mgCl/g potとバラツキが大きく、平均は3.3±3.7 mgCl/g pot(n=8)であった。これは製塩時の加熱状態により、濃縮する塩水が口縁部まで届かなかった場合や溢れ出て土器内部のみならず外部にも塩が吸着された可能性が考えられる。新形式土器と非製塩土器の同じ部位（胴部）を比較すると新形式土器は非製塩土器（2.7±1.1 mgCl/g pot(n=5))の約3倍の保持性Cl^-が残留することが明らかになり、新形式土器が製塩土器であった事を支持する結果を得た。また、この分析を通して、用いた分析手法が日本の製塩土器の識別のみならず、世界の他の地域の製塩土器の識別に通用することも明らかになった。

1. a) Nikolov,V., Salt and Gold: Provadia-Solnitsata and the Varna Cemetery, *Archäologisches Korrespondenzblatt,* 40, 487-501, 2010. b) Nikolov,V., Provadia-Solnitsata(NE Bulgaria): A Salt-Producing Center of the 6th and 5th Millennia BC, *Archaeology and Anthropology of Salt: A Diachronic Approach, Proceedings of the International Colloquium, October 2008, Romania*, BAR International Series 2198, 59-64, 2011. c) Nikolov,V., Salt, early complex society, urbanization: Provadia-Solnitsata (5500-4200 BC) in V.Nikolov, K.Bacvarov (eds). *Salt and Gold: The Role of Salt in Prehistoric Europe*. Provadia-Veliko Tarnovo, 11-65, 2012.

2. a) 堀内晶子, 落合暢夫, 宮田佳樹,「土器に残存する塩の検出方法の開発:製塩土器の同定へ向けて」, 日本文化財科学会第25会大会研究発表要旨集, 396-397, 2008. b) Horiuchi,A., Ochiai,N.,Kurozumi,H., Miyata,Y., Detection of chloride as marker for salt: A new analytical method validated using simulated salt-making pottery and applied to Japanese ceramics, *J. Archaeol. Sci.* 38, 2949-2956, 2011.

キトラ古墳壁画の材料調査1　－白虎と青龍の調査－

Analysis of Mural Paintings of Kitora tumulus 1
－Investigation of Byakko and Seiryu－

○高妻洋成（奈良文化財研究所）、降幡順子（同左）、脇谷草一郎（同左）、田村朋美（同左）、赤田昌倫（同左）、辻本與志一（同左）、岡田健（東京文化財研究所）、佐野千絵（同左）、早川泰弘（同左）、朽津信明（同左）、吉田直人（同左）、早川典子（同左）、建石徹（文化庁）、宇田川滋正（同左）、福永香（情報通信研究機構）、碇智文（スペクトルデザイン）
○Yohsei Kohdzuma, Junko Furihata, Soichiro Wakiya, Tomomi Tamura, Masanori Akada, Yoshikazu Tsujimoto (Nara National Research Institute for Cultural Properties)
Ken Okada, Chie Sano, Yasuhiro Hayakawa, Nobuaki Kuchitsu, Naoto Yoshida, Noriko Harayakawa (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Toru Tateishi, Shigemasa Udagawa (Agency for Cultural Affairs),
Kaori Fukunaga (National Institute of Information and Communications Technology),
and Tomofumi Ikari (Spectra Design)

1. はじめに

キトラ古墳石室の壁画はわが国では高松塚古墳石室壁画に次いで発見された2例目の漆喰壁画である。朱雀、白虎、玄武および青龍の四神、十二支像および天文図からなっている。1983年に玄武が確認され、その後2000年から始まる一連の調査から、石材からの漆喰の剥離が認められ、このままでは地震などにより崩落することが懸念された。また、剥離が生じていないと推定される部分の漆喰についても亀裂が認められ、現状の環境では将来にわたり漆喰を安全に壁面に固定しておくことは困難であるとの考えから、墳丘・石室など史跡としての古墳の価値を構成する重要な要素の現状を保ちつつ、貴重な壁画の恒久的な保存を両立させる措置として、壁画を全て取り外した後、十分な保存・修復を行うことが決定された。2004年8月から2010年11月までの約6年4カ月をかけてすべての壁画が取り外され、順次応急処置が施されてきている。

取り外されたキトラ古墳壁画は応急処置が施された後、壁面ごとに再構成されることになっている。これらの壁画を構成する材料の種類と状態を把握することは、同壁画を保存修復するに際して重要な情報となるものである。漆喰壁画は材料の観点から下地である漆喰と彩色材料からなる。高松塚古墳壁画と同様、キトラ古墳壁画の調査も非破壊非接触の方法でおこなわなければならない。今回は、白虎と青龍に対して、壁画の現状を高精細に記録するためのデジタルアーカイブスキャンニング、顔料などの材料調査のための蛍光X線元素分析、ならびに漆喰層の状態を調査するためのテラヘルツイメージングをおこなった結果を報告する。

2. デジタルアーカイブスキャンニング

キトラ古墳壁画の再構成前の表面状態を詳細に記録するため、可視光線と赤外線によるデジタルアーカイブスキャンニングをおこなった。スキャンニングにはデジタルアーカイブスキャナ（㈱ニューリー製スキャメラミュージアムロボ）を用いた。スキャン速度は1.53 mm/sec、画像解像度は800 dpiとした。図1に白虎と青龍のスキャンニング画像をそれぞれ示す。赤外線によるスキャンニングでは、青龍の泥に隠れている部分については明瞭な画像を得ることができなかった。

3. 蛍光X線元素分析

蛍光X線元素分析は携帯型蛍光X線元素分析装置（Thermo社製NITON XLt-500）を壁画測定用に製作した分析フレームに取り付けて測定した。測定条件は、管電圧40 kV、管電流Auto（約10 mA）、測定時間60秒、X線照射範囲10 mmφ（ワーキングディスタンス7 mm時）であった。測定は壁画面を基本的に5 cm間隔でおこなった。また、色彩の確認できる部分についても測定をおこなった。

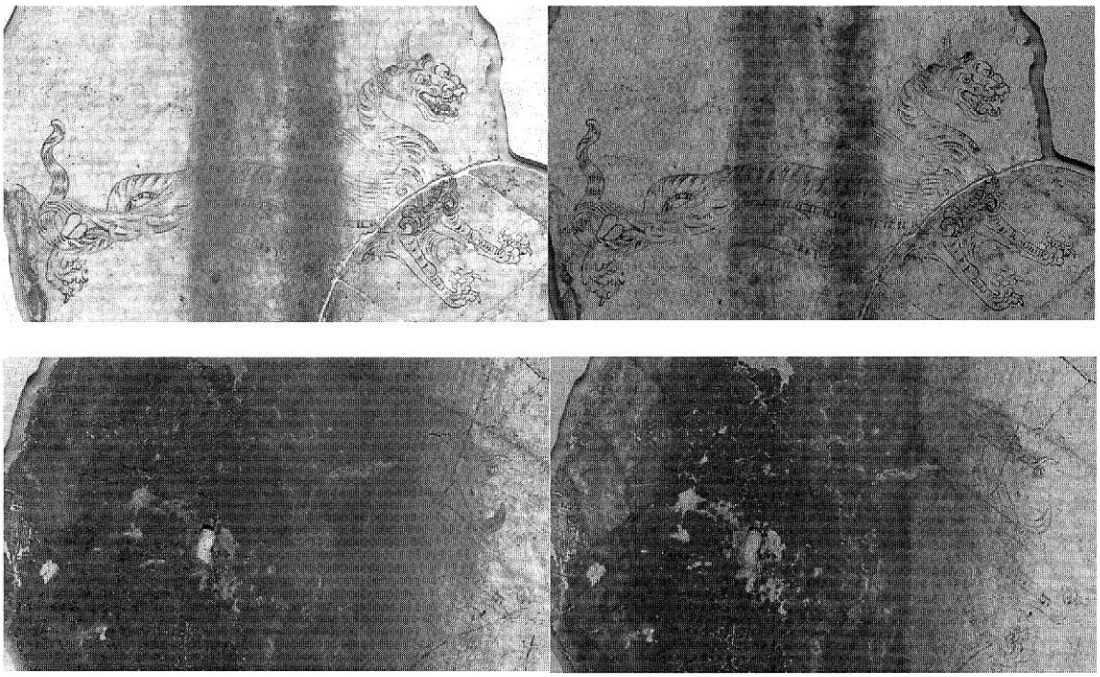


図1 スキャンニング画像(可視光による画像はモノクロに変換してある)
左上:白虎(可視光)、右上:白虎(赤外光)、左下:青龍(可視光)、右下:青龍(赤外光)

高松塚古墳壁画では、図像のある部分などにおいてきわめて高濃度の鉛が、また図像のない余白部分において微量の鉛が検出されているが、キトラ古墳壁画では、図像のある部分および余白部分において鉛は全く検出されなかった。白虎では、爪、口唇などの赤色部分において水銀を検出しており、この赤色顔料が辰砂であるものと推定することができる。また、青龍ではその胴体部分がほとんど泥に隠れており、特定の色調部分を測定することは不可能であったが、銅と水銀を検出していることから、緑色ないしは青色の顔料として銅を含む顔料、たとえば緑青や群青などが用いられていること、赤色顔料として辰砂が用いられていることが推定できる。

4. テラヘルツ分光イメージング

壁画漆喰の内部の状態を調査するため、テラヘルツイメージングをおこなった。調査にはテラヘルツイメージング装置(Picometrix 製 T-Ray 4000)を用いた。白虎および青龍の両者ともに多孔質化が進行していると思われる部分と硬く結晶化していると思われる部分が存在することが推定されたが、多孔質化は高松塚古墳壁画ほどではないことも明らかとなった。白虎の前足部分には捻紙のようなものをあてて上からヘラ様のもので下書きを写し取ったとされる線がわずかなギャップとして確認されているが、テラヘルツイメージングによりこのわずかなギャップを明瞭に描出することができた(図2右)。

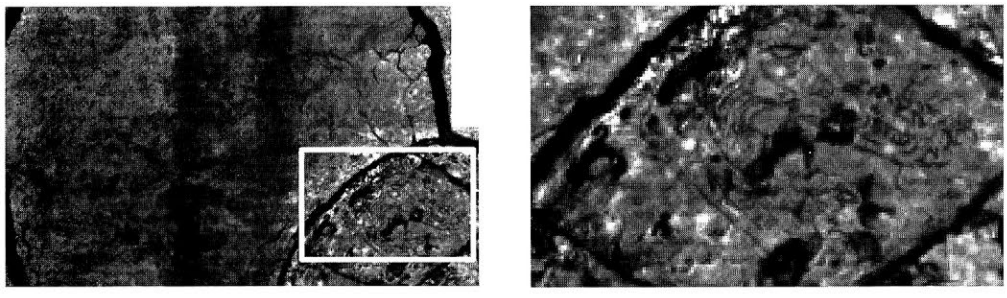


図2 白虎のテラヘルツ画像(右は左図の白枠部分の拡大)

アムール川流域および北海道における初期新石器時代の年代研究と食性分析

Dating and analyzing food habits in the Early Neolithic Period in Amur River and Hokkaido

國木田大, 大貫静夫(東京大学大学院人文社会系研究科),
Igor Shevkomud(N.I.グロジェコフ名称ハバロフスク地方郷土博物館), 山原敏朗(帯広百年記念館),
吉田邦夫(東京大学総合研究博物館), 松崎浩之(東京大学大学院工学系研究科)

Dai Kunikita, Shizuo Onuki(Graduate School of Humanities and Sociology, The University of Tokyo), Igor Shevkomud(The N.I. Grodekov Khabarovsk Regional Lore Museum), Toshiro Yamahara(Obihiro Centennial City Museum), Kunio Yoshida(The University Museum, The University of Tokyo), Hiroyuki Matsuzaki(School of Engineering, The University of Tokyo)

1. はじめに

本研究は、ロシア・アムール川流域および日本・北海道における初期新石器時代の年代解明と食性復元を目的としている。北東アジア地域では、土器出現の開始が世界的にも古いことが知られている(約 15,000calBP、例えば大平山元 1 遺跡、青森県)。土器出現の契機は、更新世末から完新世初期にかけての気候変動に伴う生態環境の変化と関係していると考えられている。北東アジア地域における初期新石器時代の土器の機能や用途は、土器の形態(容量や器種)や石器構成、自然環境の変化から、河川漁撈や堅果類利用の開始など、いくつかの案が提示されている。土器の出現は、先史時代の北東アジア地域において画期的な出来事であり、そのプロセスを解明することは、その後継続する新石器時代を理解する上で、重要な意義をもつ。筆者らは、第25・27回日本文化財科学会にて、アムール川流域における新石器時代遺跡の年代・食性研究を進めており、それらのデータとも比較検討を行いたい。

2. 分析資料および方法

分析資料は、ロシア・アムール川流域の遺跡(ノヴォトロイツコエ 10 遺跡、ゴンチャルカ 1 遺跡、コンドン 1 遺跡)、日本・北海道の遺跡(大正3遺跡、八千代A遺跡)の内面土器付着物である。^{14}C 年代測定、炭素・窒素同位体分析、C/N 分析を行い、食性復元を試みた。詳しい分析法や手順は國木田ほか(2010)をご参照頂きたい。試料の炭素・窒素同位体比、C/N 比は、東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室に設置されたIsoPrimeEA安定同位体比質量分析装置(Micromass,UK)及び、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。^{14}C 年代測定は、東京大学工学系研究科のタンデム加速器設備(MALT:Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator)を用いた。

3. 測定結果と考察

(1)^{14}C 年代測定

現在までにノヴォトロイツコエ 10 遺跡 2 点(10,250BP、11,620BP)、ゴンチャルカ 1 遺跡 2 点(同一個体、11,110BP、11,390BP)、コンドン1遺跡12点(9810～8820BP)の計16点の年代値が得られている。大正3遺跡と八千代A遺跡は分析中であるが、先行研究で前者が12,470～12,120BP(11点、土器付着物)、後者が8280～8040BP(3点、炭化物とクルミ殻)と報告されている。日本の時期区分にあわせると、ノヴォトロイツコエ 10 遺跡、ゴンチャルカ 1 遺跡が縄文時代草創期、コンドン 1 遺跡が縄文時代早期にあたる。

(2)炭素・窒素同位体、C/N 分析

図 1 に示した通り、測定試料の炭素・窒素同位体比は、草食動物・C_3植物から海生生物の領域を結んだ範囲より、やや窒素同位体が高い領域に分布している。図 2 では、1 点を除いて C/N 比が 15 以下の領域に分布する。なお、炭素含有率が 30%未満の試料は、胎土等の混入の影響が考えられるため除外している。窒素同位体比が10‰を超える試料が多い点、C/N 比が15以下と窒素含有率が高い点を考慮すると、多くの試料が淡水魚類を中心とした内容物である可能性が高い(図 1 で領域を設定していないが、草食動物・C_3植物の上方部分が淡水魚類の領域)。また、大正 3 遺跡の試料は、炭素同位体比が重く、窒素同位体比が高い傾向にあり、海生資源(遡上性のサケ・マス類)の影響があったと考えられる。これらの分布は、筆者らが取り組んできたアムール流域のクニャゼボルコンスコエ 1 遺跡やマラヤガバニ遺跡、北海道の縄文時代早期の遺跡と同様の傾向にある(國木田ほか 2011)。当該地域では、土器出現期から新石器時代を通じて煮炊きされた内容物は大きく変化していない可能性が高いと言える。現生資料を用いた煮炊き実験では、土器付着物の炭化前後の同位体変化が炭素では小さく、窒素では重い同位体の割合が最大 5‰程度増えることが報告されている(吉田 2006)。仮に今回の窒素同位体データが最大5‰過大評価されていたとすると、10‰未満の八千代A、コンドン1遺跡の試料は草食動物・C_3植物に入ってしまうが、大正 3 遺跡を中心とする 10‰以上の試料は草食動物・C_3植物とは判断し難い。

4. まとめ

今回の結果から、当該地域の土器出現の一つの要因は、淡水・海生魚類の利用と関係していた可能性が高く、堅果類利用との関連性は低いと考えられる。もちろん、本発表で議論する食性は、煮炊き物残滓を意味するので、生業全体での評価を述べているわけではない。今後は、基礎データの充実を図るとともに、他の文化や遺跡との比較検討、考古遺物との関連性について議論したい。

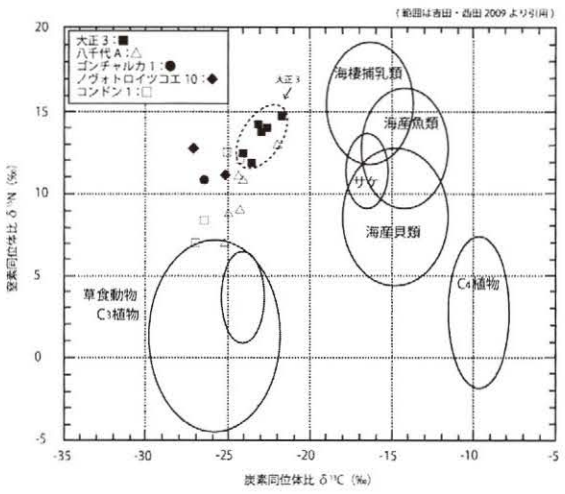


図1 測定試料の炭素・窒素同位体比

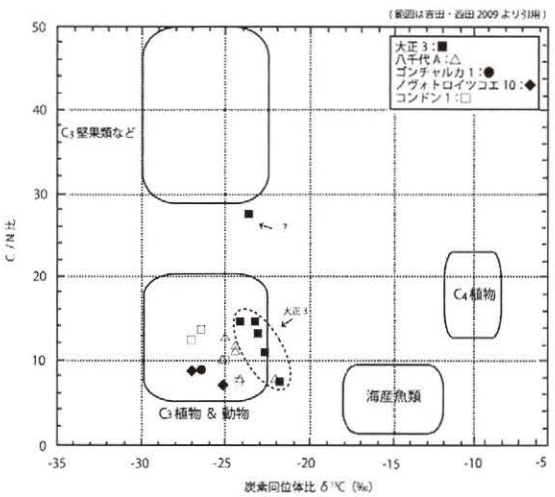


図2 測定試料の炭素同位体比とC/N 比

本研究は、平成 23 年度学術研究助成基金助成金(若手研究 B)「環日本海地域における文化集団の食性変遷に関する研究」(研究代表者:國木田大)の研究成果の一部である。

【参考文献】

國木田大ほか 2010「押出遺跡のクッキー状炭化物と大木式土器の年代」『東北芸術工科大学東北文化研究センター紀要』第 9 号

國木田大ほか 2011「アムール下流域における新石器文化変遷の年代研究と食性分析」『東北アジアにおける定着的食料採集社会の形成および変容過程の研究』東京大学常呂実習施設研究報告第 9 集

セルロース酸素同位体比を用いた日本における新しい木材年輪年代法の開発

Development of a new tree-ring chronology in Japan using cellulose oxygen isotope ratios

○中塚武（名古屋大学環境学研究科）、石田朗（同左）、岡部雅高（同左）、佐野雅規（同左）、坂本稔（歴博）、光谷拓実（奈文研）、赤塚次郎（愛知埋文）、樋上昇（同左），木村勝彦（福島大）
○Takeshi Nakatsuka, Akira Ishida, Masataka Okabe, Masaki Sano (Nagoya Univ.), Minoru Sakamoto (Nat. Museum Japan History), Takumi Mitsutani (Nara Nat. Res. Inst. Cultural Properties), Jiro Akatsuka, Noboru Higami (Aichi Center of Archeological Operations), Katsuhiko Kimura (Fukushima Univ.)

1. はじめに

木材資料の年輪幅を用いた年輪年代法は、考古学における最も精度の高い年代決定法の一つであるが、これまでは、針葉樹を中心とした一部の樹種にのみ適用可能であること、精度の高い年代決定のためには百を越える多数の年輪を含んでいる必要があることなどから、「樹齢が数10年以下の広葉樹材」などの多くの木材資料については、その適用の対象外であった。一方で、最近測定が可能になった樹木年輪セルロースの酸素同位体比は、日本のような湿潤地域では樹木の種類や生息環境に関わらず、広域の気象要素（夏季の「相対湿度」と「降水同位体比」）によって物理化学的に決定されることが知られている。そこで本研究では、セルロースの酸素同位体比を用いた高精度かつ普遍的な新しい木材年輪年代法を開発するために、第一に、本州中央部の各地において過去2500年間に亘る様々な時代から、針葉樹材を中心にした年輪数の多い木材資料を数多く確保して、その年輪セルロースの酸素同位体比を測定し、年単位での長期に亘る年輪セルロース酸素同位体比の変動曲線を暫定的に作成すると共に、第二に、得られた変動曲線を、弥生時代の樹齢が数10年以下の広葉樹材の年代決定に応用することを試みた。

2. 年輪からのセルロースの抽出と酸素同位体比の分析

セルロース酸素同位体比を用いた新しい年輪年代法の最大の弱点は、年輪幅と比べて、その測定に百倍～千倍の手間がかかることである。本研究では、その問題を克服するために、木材資料を木口面に沿って厚さ1mmの薄板にスライスして、板のままセルロースを抽出する新しい方法を開発した。長さ10cm程度に切り出した薄板は、資料を保護するためにテフロンのパンチチングシートに挟んで、有機溶媒、亜塩素酸ナトリウム溶液、水酸化ナトリウム溶液を用いて、それぞれ、脂質の除去、リグニンの分解、リグニン分解物とヘミセルロースの除去を行ったのち、十分に洗浄して乾燥させた。得られた「セルロースのみからなる板」から、顕微鏡下で年層毎に酸素同位体比分析用の試料を、約150μgずつ精密ナイフを用いて切り出し、銀箔の中に立体的に梱包して、熱分解元素分析計-同位体比質量分析計のオンライン装置（TCEA-Delta V）による酸素同位体比の分析に供した。この方法を使えば、一人でも、約1000年輪分の試料からの薄板作成、セルロースの抽出、年輪の切り出しと梱包、同位体分析の全てが、約2週間で実施できる。

3. 本州中部における年輪セルロース酸素同位体比の暫定変動曲線の作成

本州中部（関東～近畿）のさまざまな場所で採取されてきた年輪数の多い数多くの針葉樹材を用いて、現時点（2012年4月）までに、BC5世紀～AD3世紀、AD11～20世紀の約1800年間について、セルロース酸素同位体比の一年単位での測定（概ね、2個体以上の測定）が終わっている。尚その際には、年輪幅等による方法で、既に年代決定されている資料を基準とし、年代未知の資料に対しては、年代既知の資料との間で、新しく測定した酸素同位体比の変動パターンを対比することにより、総合的に年代決定を行った。最近の約300年間を除くと、現時点までに測定できている資料の数は必ずしも多くないが、本州中部の異なる地域・資料間での年輪セルロース酸素同位体比の経年変動の相関係数は、一般に0.6程度あり、広域の気候変動、特に夏季の水循環の変動が、当該地域に生えていた任意の樹木の年輪セルロース酸素同位体比の経年変動を支配していたことが理解できる。つまり、これらのデータを伸長・統合して年輪セルロ

ースの酸素同位体比の標準変動曲線を作成することで、本州中部で得られる任意の年代の任意の木材資料について、1年単位での年代決定が行える可能性が出てきた。

4. 弥生時代の埋没木材資料の年代決定への試験的応用

針葉樹材を用いて作成した年輪セルロースの酸素同位体比の変動曲線が、広葉樹材を中心にした年輪数の少ない木材資料の年代決定に応用可能かどうかを確認するために、2011年に愛知県安城市の寄島遺跡で採取されたAD2世紀頃のものと思われるコナラ節の資料一片から、上述の方法でセルロースを年層毎に取得し、その酸素同位体比を測定した。本資料は樹齢60年程度のものであったが、そのうち、年輪幅が広く分析が容易な中央よりの42年輪分を測定に供した(うち2年輪分はデータ欠損)。得られたデータを、長野県飯田市の埋没ヒノキの年輪セルロース酸素同位体比の変動曲線(2資料の平均値)と比較したのが、図1である。尚、このヒノキ資料の年代は、年輪幅による年輪年代法によって、既に一年単位で決められている。図1からは、測定された42年輪の一番内側の年代をAD65年とすると、特異的に相関係数が0.7を越えることから、危険率 1.8×10^{-7} で(ほぼ完璧に)、このコナラ節の年代が一年単位で決定できることが分かった。つまり、針葉樹材を使って作成した長期に亘るセルロース酸素同位体比の経年変動曲線は、樹齢が数10年程度の広葉樹材の年代決定にも、確実に利用可能であることが明らかになった。

5. 今後の課題

このように本方法は考古学における新しい年代決定法として、従来にない画期的な精度と普遍性を持つ。それ故、年輪セルロース酸素同位体比の標準変動曲線を、まず針葉樹材などを用いて、速やかに伸張、補強していくこと、そして広葉樹材などを含む多くの木材資料の年代決定に、それを次々に、適用して行くことが望まれる。その中では、より多くの地域や樹種の木材資料について、データを蓄積して行くことで、地域間や樹種間での変動パターンの微妙な違いの有無を明らかにし、年代決定の精度の向上と共に、木材の産地判定や、気候の詳細な時空間変動の復元なども、合わせて検討していくことが必要である。

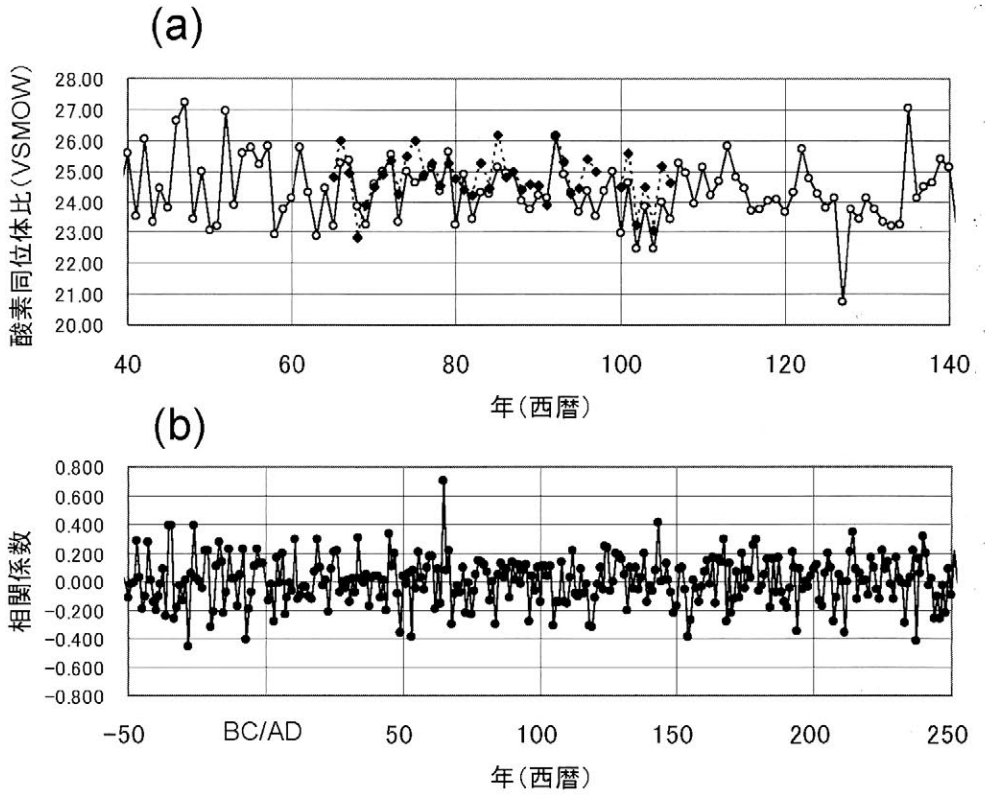


図1. 長野県のヒノキ(○)と愛知県のコナラ(◆)の年輪セルロース酸素同位体比の経年変動(コナラの最内測定層の年代をAD65年とした場合)(a)及び、両者の間の相関係数の変化(コナラの最内層の年代を変化させたとき)(b)

加速器質量分析計を用いた鉄製遺物 ^{14}C 年代測定に関する基礎研究

Studies on the basics for radiocarbon dating of iron artifacts
using accelerator mass spectrometry

○近藤宏樹 (高砂熱学工業株式会社)、中村俊夫 (名古屋大学年代測定総合研究センター)

1．はじめに

鉄製遺物の放射性炭素(^{14}C)年代測定は、破壊分析であることから、鉄試料の年代測定の適用限界を検証しておくことは重要である。これまでに様々な製鉄復元実験から、鉄に含まれる炭素は製鉄する時の木炭が残留し、また、製品加工の際に用いられた木炭起源の炭素に置き換わっていくことが明らかになってきた。しかし、木炭起源以外の炭素、例えば大気中の二酸化炭素やフラックスとして用いる石灰岩・貝殻を起源とする炭素、炉壁の侵食による炉壁由来の炭素が鉄中に混入している可能性は十分に考えられる。鉄製品が複数の炭素起源を持つ場合、^{14}C 年代測定を鉄器に適用した場合には、得られる ^{14}C 年代には疑問が残る。そこで、本研究では、鉄製品中の炭素が複数の炭素起源に由来する場合、それらが鉄の年代測定値にどの程度影響を及ぼすのかを鉄製品の製作工程において、付加される可能性のある炭素とそれぞれの工程で作られる製品鉄中の炭素組成の関係に注目して実験的研究を行い、鉄の年代測定の適用限界と可能性を検証することを目的とする。また、本研究では、鉄製品の製作工程における炭素安定同位体比の変化を解明し、製作技術の解明と検証も目的とする。

2．試料及び実験

本研究に用いた試料は、製鉄・鍛冶実験より得られた試料89点(製鉄関連試料65点、鍛冶関連試料24点)、製鉄関連遺物として橋野高炉跡出土遺物14点、鉄鍋関連遺物4点の107点である。まず鉄試料表面に存在する錆や不純物を除去し、蒸留水中で超音波洗浄を数回行った後に、AAA処理を行った後に、乾燥機内(80℃)にて乾燥の後、蒸留水中で超音波洗浄を数回行い、LECO 社製高周波炉(LECO HF-10)の反応管内にセットして発生した CO_2 を真空ライン中で精製した後、Fe を触媒として H_2 により還元することでグラファイトを調製した。調整したグラファイトについて、^{14}C 年代測定を HVEE 社製タンデトロン加速器質量分析計(Model 4130-AMS)で行った。標準試料にはシュウ酸(NTST-HOx II)を使用した。$\delta^{13}C$ 値は、気体用質量分析(MAT-252, Finnigan MAT 社製)で測定した。

3．測定結果・考察

製錬実験の結果をFig.1に、精錬鍛冶・鍛錬鍛冶実験の結果をFig.2に示した。フラックスの量を変えて行った製錬実験より得られた鉄塊の ^{14}C 濃度の分布範囲(1.188±0.004～1.265±0.003)は、使用した木炭の ^{14}C 濃度の分布範囲(1.110±0.003～1.280±0.003)とほぼ一致した。このことから、製造された鉄塊に含まれる炭素は、製錬の際に燃料として使われた木炭の炭素が含まれていること確認された。フラックスを用いない製錬実験(砂鉄:20kg, 木

炭:44.5kg, $CaCO_3$:0kg)においては、得られた鉄塊の^{14}C濃度は平均で1.213±0.017を示した。また、炭素安定同位体比は平均で-28.4±1.9‰を示した。2回目のフラックスを添加した実験(砂鉄:20kg, 木炭:46.0kg, $CaCO_3$:0.5kg)においては、鉄塊の^{14}C濃度は平均で1.244±0.011を示した。また、炭素安定同位体比は平均で-31.7±0.5‰を示した。3回目のフラックスを添加した実験(砂鉄:20kg, 木炭:48.0kg, $CaCO_3$:5.0kg)においては、鉄塊の^{14}C濃度は平均で 1.256±0.006を示した。また、炭素安定同位体比は平均で-32.5±1.2‰を示した。フラックスを用いた場合に^{14}C濃度は幾分高くなり、炭素安定同位体比が低くなる現象が検出された。すなわち、フラックスを用いない通常の製錬と比較して明らかな影響が見られる。しかし、フラックスを用いた場合の鉄塊の^{14}C濃度でも使用した木炭の^{14}C濃度範囲の 1.110±0.003～1.280±0.003 の区間を示す値であり、使用した木炭の年輪幅は 25～30 年であることから、^{14}C年代測定の測定誤差を考えると、^{14}C年代に与える影響はほとんどないと考えられる。また、鍛錬実験によって得られた鉄塊のδ^{13}C値は、原料鉄塊の値よりも高くなることが分かった(鍛錬4回:-19.2±0.4‰、鍛錬8回:-17.9±2.8‰、鍛錬12回:-19.1±1.4‰)。これまでの精錬・鍛冶実験を通して得られた成果とあわせて、鉄製品中の炭素は、各製作工程毎に用いた木炭の炭素の影響を受けて、鉄製品中の炭素が置換されるため、鉄製品に内在する炭素を抽出して^{14}C年代測定をおこなうことにより、鉄製品に直接的に年代を付与することが可能であり、その鉄製品の^{14}C年代測定をおこなうことでその有効性を確認することができた。また、鉄製品の製作工程(精練・精練鍛冶・鍛錬鍛冶・製品といった一連の工程)における炭素同位体比を調べた結果、用いる材料や製作工程によって特有の炭素安定同位体比(Fig.3)を示すことが明らかになった。

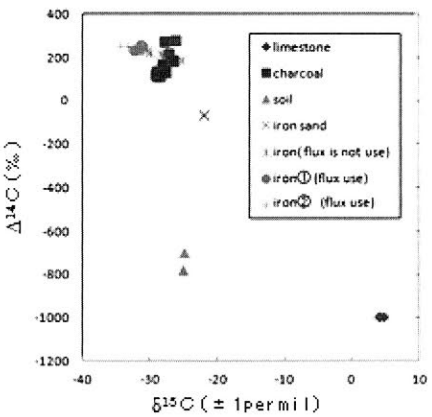


Fig.1 製鉄実験に用いた試料のΔ^{14}C, δ^{13}C値の比較

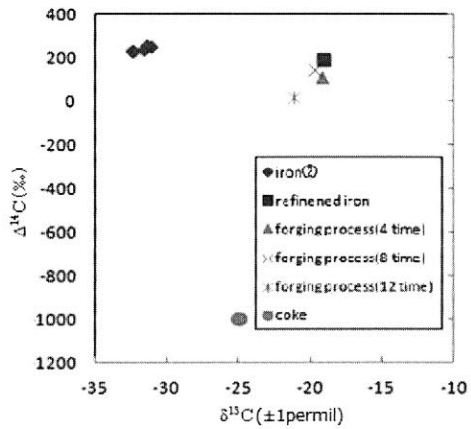


Fig.2 鍛冶実験に用いた試料のΔ^{14}C, δ^{13}C値の比較

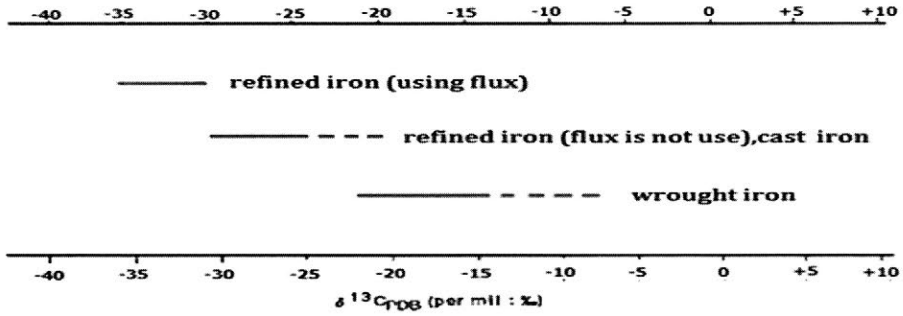


Fig.3 製鉄工程における炭素安定同位体比の変化

^{14}C年代測定における文化財建造物部材の汚染について

The contamination of the buildings material of cultural properties in the ^{14}C-dating

○中尾七重（武蔵大学総合研究所）、坂本稔、今村峯雄（国立歴史民俗博物館）
○ Nanae Nakao (Musashi Univ. Research Center),
Minoru Sakamoto、Mineo Imamura (National Museum of Japanese History)

1．はじめに

木材試料の放射性炭素（^{14}C）年代測定では、長期間地中に置かれてきた発掘部材と異なり、今日まで地中に埋もれることなく維持されてきた現存建造物を対象にする場合、部材の汚染は少ないと考えられてきた。歴史的建造物の修理工事では、虫害・経年劣化・腐朽などで傷んだ箇所を落とし、残った部分に防腐・防虫処理を施して再用、再利用あるいは保存材とする。近年は揮発性の溶剤を用いた薬剤が多く使用されていることから、経年により成分のほとんどが自然蒸発すると考えられた。ところが文化財建造物の^{14}C年代調査で、いくつかの部材の汚染が判明した。

文化財建造物部材の汚染は防腐剤によるものと日常環境によるものが判明している。今後の文化財建造物年代調査試料採取および前処理の参考として、これまでに得られた部材汚染の事例を紹介する。

2．防腐剤による汚染･･･コールタール

旧土肥家主屋住宅は、茨城県稲敷郡新利根村（現 稲敷市）に所在した17世紀に遡る古民家で、1974年の茨城県民家緊急調査でその建築史的文化財的な価値が発見された。改造が少なく当初の部材がよく残されていたが、1990年代に土肥家住宅の建て替えが行われ、旧土肥家主屋住宅と東隣の旧土肥家隠居住宅は解体部材として保管されてきた。1991年に開園した国営常陸海浜公園風景園「みはらしの里」の移築古民家として選定され、2007年より行われた移築復原のための復原調査に伴い、^{14}C年代測定を用いた部材年代調査を行った[1]。1次調査は2007年、2次調査は2009年に解体部材の試料採取を行った。1次調査の時点では建築部材の汚染は想定外だったため、試料は通常のAAA処理のみで測定を行った。その結果、主屋「へ通二-四」梁のウィグルマッチ試料の測定結果は暦年較正曲線に全く対応せず、さらに得られた測定値450～765 yrBP±20は13～15世紀に該当する^{14}C年代値であったが、土肥家住宅は建築様式から17世紀に建築されたと推定されており、測定値の較正年代とは全く合わない。すなわち得られた測定値は異常値と考えられた。「へ通二-四」梁のほか、「へ通四-五」梁と「に通三-四」差物も異常値が得られた。一方、測定した柱は2本とも正常値であった。

異常値は試料汚染によると推測されたので、原因を追究した。囲炉裏上部の梁・差物が汚染されていたため、囲炉裏で石炭を燃やした可能性も検討したが、それでは汚染されるはずの無い、梁の柱に接する面から採取した試料も汚染されていた。結局1990年代に解体し部材保存した際に「タールを塗った」という聞き取りが得られた。タールによる汚染が判明した時点で旧土肥家主屋住宅は組み立て工事に入っていたため、試料の再採取はできなかった。しかし「二通りへ-り」梁樹種試料は着色の少ない部分からの採取であることが写真記録から判明したため、有機溶媒でよく洗浄しタール成分を除去し、下処理ののち^{14}C測定を行ったところ、得られた^{14}C年代値は265±20 yrBP（推定20年目試料[2]）となった。これは当初材である「に四」柱（10年目試料が275±20 yrBP）、「へ二」柱（15年目試料が230±20 yrBP）ときわめて近い値で、較正年代は17世紀後半となり、当初柱の年代と合致した。

重要文化財吉村家住宅は1937年に国宝、1950年に国の重要文化財に指定された古民家で、その主屋は大坂夏の陣（1615年）で焼失後、間もなく再建されたと考えられている。1953年に浅野清博士により民家としてはじめて保存修理・復原整備が行われた。吉村家住宅の年代調査は、床下での試料採取により、2005年から2012年まで継続して行ってきた[3]。2005年の調査でナンド回りの当初柱3本は、吉村2柱（10年目試料が800±40 yrBP、39年目試料が870±40 yrBP）、吉村3柱（52年目試料が800±40 yrBP）、吉村4柱（30年目試料が770±40 yrBP）と、いずれも13世紀の較正年代を示したため、これらの柱は

元和再建の際に再利用された前身建物部材と解釈した[4]。2011年に吉村2柱を再採取し、有機溶媒でよく洗浄して測定したところ、3年目325±15 yrBP、13年目335±20 yrBP、23年目325±20、33年目375±20 yrBP　となった。同時に測定したナンド回りの柱の当初材2本と正面の当初柱も300～360±20 yrBP、較正年代は17世紀前半となり、吉村家が再建された元和年間に合致した。

2005年の測定試料は汚染の可能性を全く考慮しなかったため通常の前処理で測定を行ったが、旧土肥家年代調査以降は建築部材の^{14}C年代測定に有機溶媒洗浄を組み入れていたため、吉村家の追加測定で、以前の測定試料が汚染されていたことが判明した。これまで床下での試料採取のため、暗がりでの目視観察でタール塗布に気が付かなかったことを踏まえ、照明機材を持ち込み再調査したところ、柱下部が茶色に着色し、タールが塗布されていたことが判明した。これは1953年の復原修理工事での防腐処理と考えられる。近年の修理工事では防腐処理にタールを用いることは少ないが、防腐・防虫剤の種類は増加しており、^{14}C年代調査の際はそれらが用いられている可能性を意識する必要がある。

3．日常環境による汚染

栃木県足利市の重要文化財鑁阿寺本堂^{14}C年代調査では、内陣外陣境柱上部の頭貫・組物・台輪を調査対象とした。これらの部材は毎日焚かれる護摩の煙により燻煙され表面が黒く着色していた。台輪3点のウィグルマッチ試料の測定結果は較正曲線に対応しなかった。清掃などにより剥落した断片から試料採取を行ったため、良好な試料採取が困難であり、試料汚染が発生したと思われる。最小限の試料採取に限定したため、再測定はできなかった[5]。重要文化財旧高橋家住宅では床柱のウィグルマッチ試料のうちノタから採取した試料の測定結果が較正曲線に対応しなかった[6]。柱表面に煤か柿渋あるいは何らかの塗装がなされていた可能性がある。重要文化財滝沢本陣横山家住宅[7]では、スギ柱の板目面から採取したウィグルマッチ試料の一部の測定結果が較正曲線に対応しなかった。目痩せ部分に煤が溜まっており、試料が汚染されていた可能性がある。

4．まとめ

^{14}C年代測定にあたっては、汚染されていない試料の採取が望ましいことは言うまでもない。PEG含浸保存処理された木材の試料から薬剤を前処理で完全に除去することはできないことが報告されている[8]。しかし建造物部材の場合、薬剤の塗布や塗装など材表面の汚染の場合が多く、汚染箇所を避けた試料採取が有効である。またやむを得ない場合、これらの汚染は有機溶媒による洗浄を繰り返し行い、着色を除去することでかなり取り除くことができる。歴史的建造物部材など木材の^{14}C年代測定では、有機溶媒洗浄を前処理の必須項目とすることが望ましい。

---

1 国土交通省関東地方整備局国営常陸海浜公園事務所と国立歴史民俗博物館基盤研究「歴史資料研究における年代測定の活用法に関する総合的研究」（研究代表者　今村峯雄）が実施。

2 部材最外層を1年目としてカウント。2010年以前は単年輪試料、2011年以降は5年輪試料を測定試料とした。

3 福武学術文化振興財団平成16年度研究助成「AMS 分析による成立期近世民家の年代測定」（研究代表者　中尾七重）、国立歴史民俗博物館平成18～20年度基盤研究「歴史資料研究における年代測定の活用法に関する総合的研究（研究代表者　今村峯雄・坂本稔），国立歴史民俗博物館平成21年度～23年度基盤研究「歴史・考古資料研究における高精度年代論」（研究代表者　坂本稔）、平成18～20年度科学研究費補助金　基盤研究（B）「中近世建築遺構の放射性炭素を用いた年代判定」課題番号18300306（研究代表者　中尾七重）、平成23～26年度科学研究費補助金　基盤研究（B）「文化財建造物の高精度放射性炭素年代測定」課題番号23300325（研究代表者　中尾七重）

4 中尾「重要文化財吉村家住宅の放射性炭素年代測定中間報告」、日本建築学会学術講演梗概集9048、pp.95-96、2010.9

5 中尾七重、第四章放射性炭素年代測定調査、鑁阿寺本堂調査報告書、鑁阿寺、2011.3

6 中島千鶴・中尾「重要文化財旧高橋家住宅の放射性炭素年代測定について」、日本建築学会学術講演梗概集9063、pp.125-126、2008.9

7 中尾「重要文化財滝沢本陣横山家住宅の放射性炭素年代測定について」、日本建築学会学術講演梗概集9062、pp.123-124、2008.9

8 中村俊夫「名古屋大学における加速器質量分析（AMS）研究の25年間の歩み」、第5回　考古科学シンポジウム、2003.11

日本産樹木年輪の炭素14濃度測定およびIntCal09との比較検討

Radiocarbon concentrations of Japanese tree-rings and comparison with IntCal 09

○吉光貴裕(名古屋大学大学院環境学研究科)・中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)
○Takahiro YOSHIMITSU(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)
・Toshio NAKAMURA(Center for Chronological Research, Nagoya University)

1. はじめに

炭素14年代測定法にて使用されている、炭素14年代と実際の暦年代を対応させる暦年較正のための国際的データベースIntCal09には、地域によるズレ(地域効果)の存在が指摘されている[1]。また、日本も例外ではなく、現在では日本版較正曲線の作成に着手するまでに研究が進んでいる[2]。日本での地域効果は、全ての時期で起きているわけではなく、ある特定の時期にのみ発生していることが確認された。しかし、それが確認されたのは日本の数地点(本州)にて採取された樹木においてであり、日本全土で一様に起こるかどうかについては確認されていない[3]。また、その原因も特定されておらず、現在も様々な機関で研究が進行している。

そこで私は、約2000年輪を有するヤクスギを使用して、屋久島においても地域効果が観察できるのかどうか確認し、その原因について、現在世界で出されている見解を元に、その可能性について検討を行った。また、当時の大気情報を得るために$\delta^{18}O$の測定を行った。なお、ターゲットとした時期は[2]の研究結果から、IntCal09と日本のデータ間のズレが激しい紀元後1世紀から3世紀にかけてである。

2. 試料及び測定結果

本研究に用いた試料は、1956年2月に伐採されたヤクスギ(本学太陽地球環境研究所より試料提供、便宜的にYaku_Aと名付けられた)である。年代決定は福島大学の木村勝彦氏の協力により年輪年代法で行われた[4]。炭素14年代測定は、本学年代測定総合研究センターのタンデトロンAMSによる炭素14濃度測定の結果から炭素14年代が算出された。$\delta^{18}O$の測定は本学中塚武教授の協力、指導の元、板ごと抽出法によるセルロース抽出を行い、一回目の測定を総合地球環境学研究所の、二回目の測定を本学中塚研究室の、TCEA(熱分解元素分析計)-IRMSにて行った。

今回私は、時期を二つに分けて炭素14年代測定を行った。その二つの時期は、歴博のデータ[2]とIntCal09とのズレが最も激しい時期A(AD72-202)と、歴博のデータとIntCal09とのズレが収束する時期B(AD330-382)である。

まず時期AにおけるYaku_AとIntCal09との比較結果から、屋久島においても地域効果が存在することが確認され、その時期は3つに分かれることがわかった(時期1:AD90-112, 2:AD146-160, 3:AD180-200)。この3つの時期は、IntCal09とのズレが45~60[BP]程度あり、最も相違が激しい時期では+96±31[BP]も離れている。次に、時期Bにおける全体でのズレの平均は+7±23[BP]である。これは誤差範囲を含めるとIntCal09とほぼ一致しているため、この時期は地域効果が生じていなかったことが分かった。

それでは何故、地域効果が生じるのだろうか。現在その原因として、南半球の大気からの影響[5]と、屋久島周辺の海洋からの影響[6]という見解が既に出されているが、日本における原因の特定には到っていない。

まず南半球の大気からの影響である可能性については、時期Aにおける Yaku_A と二つの較正曲線(IntCal09とSHCal04[7])を比較した。SHCal04は南半球用の較正曲線であり、南半球の大気から影響を受けている場合、Yaku_Aの炭素14年代はそれに近い値を示すと考えられる。その結果、上記で示された三つの時期(時期1-3)は、SHCal04に近いことが分かったため、原因が南半球の大気である可能性が高まった。

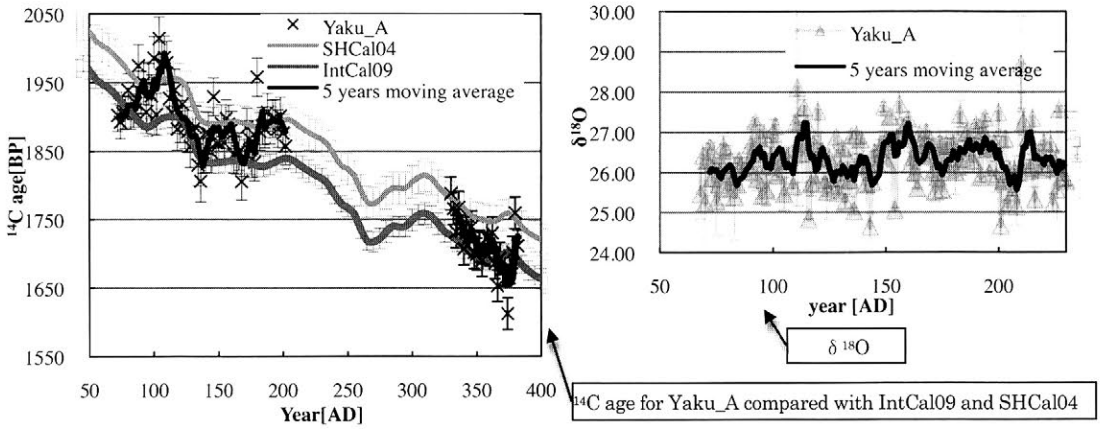
しかし、これには問題もある。第一に、本当に南半球から供給された大気であるという直接の証拠が無いこと、第二に、SHCal04はIntCal09とは違い、実測値から算出されたのではなく、IntCal09から概ね50[BP]古

いこと[7]から算出されたモデルであるため、定性的な判断しかできないことが挙げられる。以上の問題を解決しなければ、本当に南半球の大気からの影響を受けていることは分からない。

そこで今回は、南半球から大気が来ていたのか確かめるために、$\delta^{18}O$ の測定を行った。その結果、地域効果が現れている時期 1-3 に合わせて、$\delta^{18}O$ が高くなっていることが分かった。よって、時期 1-3 に異なる大気の寄与が考えられた。しかし、$\delta^{18}O$ が高くなるということは相対湿度が低下瓦考えられるため、南半球の湿潤な大気が来たという証拠にはならなかった。

次に、屋久島周辺の海洋からの影響である可能性については、屋久島は島であるため、確かに海洋の影響を受けやすいと考えられる。この島は、年間を通して湿度が高く、また「ひと月に 35 日雨が降る」[林芙美子『浮雲』より]と比喩されるように、年中雨が降り続いている。この湿気や降水の根源は海水であるため、それを取り込んだ大気の炭素 14 濃度は当然低くなると考えられる。よって、屋久島における地域効果が生じる理由は、海洋性気団によるものであると結論づけられたのである[6]。以上を元に図 3 を見てみると、問題点が浮上してくる。もし仮に、地域効果の原因が海洋性気団であるとするならば、その影響は常にあると考えられるが、そうなると地域効果が生じていない時期についての説明が難しくなるのである。また、もし直接海洋からの影響を受けているならば、^{14}C 年代はもっと古くなる時期があると考えられるが、実際には概ね 50~60 炭素年のズレしかない。このことから、海洋の影響のみによって地域効果が生じている、という可能性は低いと判断された。

また最後に、これまでの考察結果から、日本列島内での地域効果の可能性が浮上した。これは、歴博と Yaku_A のデータがほとんどの時期で一致しているにもかかわらず、AD162-178 においてのみ、異なっていることから考えられたことである。つまり日本列島内においても、時期や場所によって地域効果の原因が異なっている可能性が出てきたのである。よって今後は、地域効果が生じている時期一つ一つにおいて、どの要因が関係しているのか検証していく必要があると、私は考えた。



[1]Hogg et al., (2002) Radiocarbon 44 (3), 633-640、McCormac et al., (2004) Radiocarbon 46 (3), 1087-1092、Kromer et al., (2001) Science 294, 2529-2532、Hua et al., (2004) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 223-224, 489-494 など
[2]尾嵜大真, (2009) 新弥生時代のはじまり第 4 巻、弥生農耕のはじまりとその年代, pp.4-8
[3]坂本稔, (2011) 日本文化財科学会第 28 回大会発表要旨集, 96-97
[4]野口周久, (1999) 名大宇宙線研究室記事 第 40 巻 第 1 号, 371-390
[5]Hua et al., (2004) Radiocarbon 46 (3), 1273-1298
[6]木越邦彦, (1966) 日本化学雑誌 87 (3), 209-220
[7] F. G. McCormac et al., (2004) SHCal04 Southern Hemisphere calibration, 0-11.0 cal kyr BP. Radiocarbon 46 (3), 1087-1092

○炭素14年代法による前期難波宮出土試料の年代

○Dating research on remains of Naniwa Palace by radiocarbon

○坂本稔, 林部均(国立歴史民俗博物館), 尾嵜大真(東京大学総合研究博物館),
大庭重信(大阪市文化財研究所)

○Minoru Sakamoto, Hitoshi Hayashibe (National Museum of Japanes History), Hiromasa Ozaki (University of Tokyo), Shigenobu Ohba (Osaka City Cultural Properties Association)

1. はじめに

難波宮跡は大阪市中央区法円坂に所在する宮殿遺跡で, 1954年からの発掘調査で主軸をほぼ同じくする前後2時期の宮殿遺構が確認されている。下層の掘立柱建物は, その火災痕跡から天武朝に存続した前期難波宮であるとされ, 孝徳の難波長柄豊碕宮(651年～)まで遡ることがほぼ確定しつつある。

前期難波宮の東方官衙の東に位置する谷地形では, 難波宮が朱鳥元(686)年に焼失したあと, 建築部材などの片付けにともなって一括廃棄された壁土が出土している。壁土は火を受けて硬化し, 含まれた植物繊維(スサ)が炭化して残存していた。植物繊維は壁土を作る際に混入されたもので, 炭素14年代法によるスサの年代測定で, 壁土が使われた建物の造営年代, ひいては前期難波宮の造営年代を自然科学的に推定できると思われる。また, 壁土の出土層の下から出土した型式学的に年代の明確な須恵器に付着した炭化物・漆の炭素14年代測定も実施した。連続した土層から出土し, 考古学的に年代の判明した試料を測定することで, スサの年代がより確実になることが期待される。

2. 試料と測定

壁土は出土状況からほぼ一括して廃棄されたと考えられるが, 出土層からは年代のわかる土器などがほとんど出土していない。また炭化材や木材も含まれず, 焼失後の片付けにあたって壁土と木材を分別していた可能性がある。壁土出土層の下層から出土した須恵器は, 一部わずかに新しい要素をもつものも含まれるが, 基本的には飛鳥・藤原地域の土器編年で飛鳥II(640～660年)を大幅に逸脱しない。

試料の洗浄処理は国立歴史民俗博物館で実施した。数ミリ～数十ミリグラムの試料をアセトン, およびクロロホルム・メタノール混液中で超音波洗浄し, 混入の恐れのあった薬品類や油脂分を除去した。次いで酸・アルカリ・酸処理(AAA処理)により, 埋没時に混入の恐れのあった炭酸塩および有機酸を除去した。洗浄済試料の測定は, 加速器質量分析法(AMS)による炭素14年代測定を(株)パレオ・ラボに, 土器付着炭化物の炭素・窒素の濃度と安定同位体比の測定をSIサイエンス(株)に依頼した。

3. 結果と考察

試料の一覧と測定結果を表1に示す。スサの炭素14年代のうち, OSNMY-3は他よりも明らかに古く, 難波宮の造営年代とは別時期の植物が壁土中にあったものと考えられる。またOSNMY-5は炭素濃度が低く(19%), 砂などの混入に影響され実際よりもやや古い炭素14年代を示している恐れがある。土器付着炭化物の$\delta^{13}C$値は典型的な陸上植物の値である-25‰に近く, C/N比も比較的高いことから陸上植物に由来するものと考えられる。すなわちスサおよび漆と同じく, 海洋リザーバー効果の影響を考慮する必要はないと判断できる。

スサの炭素14年代は土器付着物よりも古く, 須恵器が造営後の試料とすれば整合的な関係にある。ところが較正曲線IntCal09[1]に対して各試料の較正年代を算出すると, スサの多くは5・6

表 1.測定試料と結果一覧

試料番号	種類	機関番号	炭素14年代 (^{14}C BP)
OSNMY-1	壁土スサ	PLD-18271	1495±20
OSNMY-2	壁土スサ	PLD-18272	1520±20
OSNMY-3	壁土スサ	PLD-18273	1800±20
OSNMY-4	壁土スサ	PLD-18274	1550±20
OSNMY-5	壁土スサ	PLD-18275	1575±20
OSNWM-11	土器付着漆	PLD-19460	1490±20
OSNWM-12	土器付着漆	PLD-19461	1425±20
OSNWM-13	土器付着漆	PLD-19462	1415±20
OSNWM-14	土器付着炭化物	PLD-19463	1460±20
OSNWM-15	土器付着炭化物	PLD-19464	1450±20

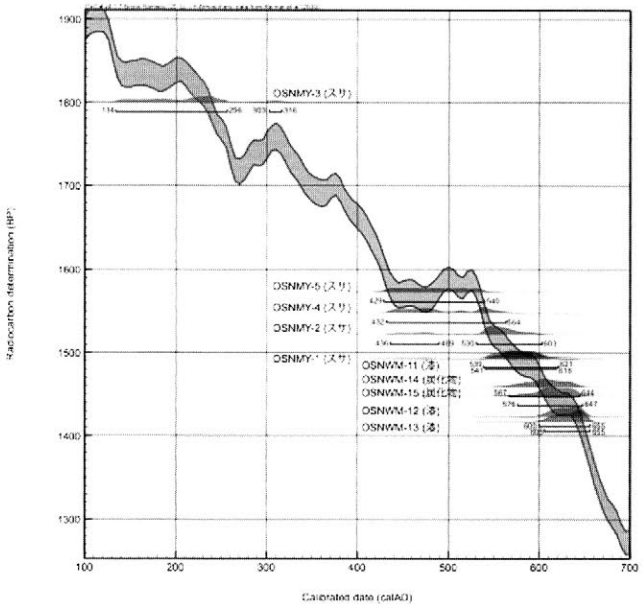


図 1. IntCal09 に対する炭素 14 年代の較正

世紀を示した(図 1)。これは前期難波宮の造営年代とされる年代よりも 1 世紀以上古い。また土器付着物の較正年代も 6 世紀後半～7 世紀前半と，やや古い結果を与えている。

尾嵜らは年輪年代の判明した 4 世紀～8 世紀の日本産樹木年輪の炭素 14 年代を測定し，7 世紀中頃の結果が IntCal09 で示される 1400 ^{14}C BP 台から 100 炭素年近く古い方向にずれていることを示した。この傾向は，同時期の試料である岡山県鬼城山の木材でも確認されている[2]。つまり，7 世紀の日本産試料が 1500 ^{14}C BP 台の炭素 14 年代を示す可能性を示唆する。

図 2 は，今回の測定結果を日本産樹木年輪の炭素 14 年代に重ねたものである。土器付着物の年代が日本産樹木における 7 世紀中頃の炭素 14 年代が急激に下降する時期に相当すれば，640～660 年という須恵器の土器編年と合致する。また測定誤差を勘案すれば，スサの年代にも造営年代に対して整合的である。すなわち，今回の試料を考古学的な年代と照合するには，IntCal09 よりも日本産樹木年輪による較正がより妥当ということになる。しかしながらスサの年代はなお 6 世紀後半の可能性もあり，これらが造営年代と別時期の植物なのかを判断することは難しい。

4. おわりに

前期難波宮出土試料の炭素 14 年代測定を実施し IntCal09 で較正したところ，造営年代(651 年)に対して壁土のスサは 1 世紀以上古く，土器付着物もやや古いという結果が得られた。これらは日本産樹木の炭素 14 年代と照合することで，考古学的な年代と整合することがわかった。

これまで，炭素 14 年代法による日本産試料の年代較正であっても北半球用の較正曲線である IntCal の適用が妥当とされてきた。ところが近年は AMS による炭素 14 年代測定の精度が格段に向上し，一方で IntCal は 10～20 年分の年輪層を 1 試料として測定した炭素 14 年代を統計的に平滑化しているため，微細な変動が失われている恐れがある。当該期の日本産樹木年輪の炭素 14 年代は未だ十分でなく，精度の高い測定値を集成した「日本版較正曲線」の整備が急がれる。

本研究は国立歴史民俗博物館基盤研究「歴史・考古資料研究における高精度年代論」による成果の一つである

[1] Reimer, P. J. et al. (2009) *Radiocarbon*, 51, pp.1111-1150.
[2] 尾嵜ほか (2009) *日本文化財科学会第 26 回大会研究発表要旨集*, pp.148-149.

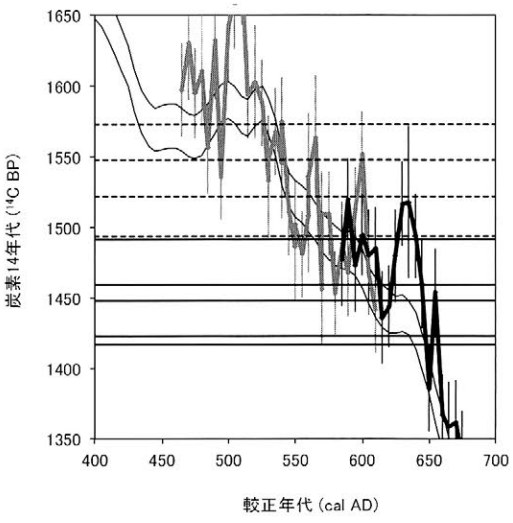


図 2. 日本産樹木(2 個体)の炭素 14 年代と測定結果の関係
(スサ：点線，土器付着物：実線) 背景は IntCal09

14C年代から暦年代への較正: 日本産試料の較正に向けて

Calibration of 14C age to calendar date for Japanese Samples

○中村俊夫（名大年代測定セ）・増田公明[2]・三宅芙沙[2]・永冶健太朗（名大太陽地球環境研）・
吉光貴裕（名大院環境学研究科）

○Toshio NAKAMURA(CCR, Nagoya Uinv.), Kimiaki MASUDA, Fusa MIYAKE,
Kentaro NAGAYA(STE, Nagoya Univ.) and Takahiro YOSHIMITSU(Env. Studies, Nagoya Univ.)

1．はじめに

最近では，さまざまな年代測定資料について得られた^{14}C年代について，^{14}C年代から暦年代への較正（換算）は不可欠なものとなっている。暦年代較正には，資料を産した炭素リザーバに応じていくつかの較正データが使い分けられる。北半球中緯度に位置する日本の資料の^{14}C年代は，一般に世界標準の暦年代較正データIntCal04/IntCal09（Reimer et al. 2004; 2009）を用いて較正される。また，南半球産の試料の14C年代は，南半球の暦年代較正データSHCal04（McCormac et al. 2004）を用いて較正される。IntCalは，主として北米や欧州産樹木の年輪を用いて作成されたものである。SHCal04は，ニュージーランドやタスマニア島産樹木の年輪を用いて作成されたものである。一方で，国立歴史民俗博物館，名古屋大学，山形大学では，さまざまな日本産の樹木について年輪年代と^{14}C年代の関係を調査し，IntCalとの一致度を比較検討してきた。これまでに日本の研究グループにより調べられた年輪試料の暦年代範囲は，現在から3000年前までのうち，飛び飛びで2000年間程度の範囲であるが，^{14}C測定の誤差範囲内でほとんどの暦年代範囲でIntCalデータとほぼ調和的である。しかし，一部の範囲（紀元1世紀から3世紀）では顕著なズレが生じていることが明らかになった（尾嵜2009）。特に，この顕著なズレの時期は弥生後期から古墳中期に含まれている。すなわち，弥生後期から古墳中期にかけては，IntCal04/IntCal09を較正に使うかぎり，^{14}C年代測定法では日本産資料の暦年代を正しく推定することができないことになり，日本の考古学研究，歴史学研究に大きく支障をきたすことになる。さらに名古屋大学では，年代測定総合研究センターと太陽地球環境研究所との共同で，奈良県産の杉巨木，屋久島産の屋久杉巨木を用いて，過去2000年間の暦年較正データの検討を進めているところであるが，この暦年代区間の屋久杉年輪について，IntCal04/IntCal09に比べて14C年代が顕著に古い方にずれる傾向を見いだしている。これらの測定結果の状況について，またその原因について議論を行う。

2．名古屋大学における取組

宮原ほか（2005），三宅ほか（2012）や吉光ほか（2012）は，奈良県室生寺から採取されたスギ材からAD1617～AD1739の年輪を，また鹿児島県屋久島で伐採された2本の屋久杉のうち，小型屋久杉からAD1413～AD1615及び大型屋久杉からAD72～AD1072の年輪を選別し，飛び飛びではあるが年輪を1年輪ごとに分割して^{14}C濃度を測定した。Miyahara et al. (2006) や三宅ほか（2012）はこれらの年輪データをもとに，過去の太陽活動の強弱変動の周期を解析している。一方，これらの日本産樹木年輪の^{14}C測定に着目すると，日本産樹木の^{14}C年代は，IntCal09が示す^{14}C年代に対して，AD72～AD1072の年輪で+24.7±30.4 ^{14}C年，AD1413～AD1615の年輪で+15.9±22.1 ^{14}C年，AD1617～AD1739の年輪で+5.3±24.0 ^{14}C年ほど古い年代側へのずれが見られた。すなわち，日本産樹木の^{14}C年代とIntCal09の^{14}C年代のずれは，^{14}C年代のばらつきの範囲内ではあるが，日本産の樹木の方がIntCal09に比べて古い^{14}C年代を示す傾向にあることが明らかである。さらに，同じ年輪年代について注意深く調査すると，日本産樹木の^{14}C年代は，IntCal09の^{14}C年代とSHCal04の^{14}C年代の間を揺れ動いており，SHCal04の^{14}C年代を超えて古い年代を示すことはない。これらのずれは，^{14}C年代較正の正確度にかかわる大問題であり，今後，高精度のデータを蓄積し詳細な検討が必要である。

３．IntCal と J-Cal

大気の循環により局所的な大気中二酸化炭素の経時的な ^{14}C 濃度変動が起こることが Hua and Barbetti (2007)により指摘されている。東アジア周辺は，夏季には太平洋高気圧が発達するため海洋気団の影響を受け，逆に冬季にはシベリア高気圧の発達で大陸気団の影響を受ける。南半球の低緯度からもたらされる海洋気団に影響を受けると，その影響を受けて育つ陸上植物の ^{14}C 濃度は相対的に低くなる（SHCal04 較正データにより近い）。こうして，夏季に太平洋高気圧が異常に発達する気候が数年～数十年間継続することがあれば，東アジア地域で生育した陸上植物に，^{14}C 濃度が相対的に低い（すなわち，これらの植物の ^{14}C 年代が通常の北半球陸産植物の ^{14}C 年代よりも古く得られる）期間が発生しうることになる。日本は北緯 30 度以北にあるが，夏季には熱帯収束帯(inter tropical convergence zone; ITCZ)の北端境界付近に位置することになり，上記のような影響を受ける可能性がある（中村 2010）。

南半球低緯度の海洋気団の影響を受けて育つ陸上植物の ^{14}C 濃度は低くなる。そうすると，北半球で育った陸上植物でも，気候変動に応じて，IntCal09 較正データが使えない期間が発生しうる。通常，北半球中緯度に位置する日本に産する ^{14}C 年代測定試料は，IntCal09 を用いて暦年代へ較正可能であるとしているが，国立歴史民俗博物館（Sakamoto et al. 2003，尾嵜ほか 2009）や名古屋大学（中村ほか 2004）の指摘にもあるように，日本の樹木が IntCal09 からずれる期間（例えば，紀元１世紀から３世紀）があることがわかってきた。^{14}C 年代の暦年較正を正確に行うためには，国立歴史民俗博物館を主として行われてきた日本版の較正データ(J-Cal)の作成を急ぐ必要がある。また，名古屋大学でも，屋久杉年輪を用いて日本の西南地域における ^{14}C 年代–歴年代換算データの作成が粛々と行われている。

「参考文献」

三宅芙沙ほか 2012「樹木年輪中放射性炭素濃度測定による 7－8 世紀の太陽活動周期の研究」名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXIII, pp.63-68.

宮原ひろ子ほか 2005「樹木年輪中 ^{14}C で探るマウンダー極小期の太陽活動変動」名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XVI, pp.57-64

中村俊夫ほか 2004「年輪年代と ^{14}C 年代の比較」名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XV, pp. 206-214

中村俊夫 2010「加速器質量分析法による放射性短資年代測定と暦年代への較正-弥生後期から古墳中期を中心に」考古学と自然科学，61，73-87

尾嵜大真　2009 「日本版較正曲線の作成と新たなる課題」『弥生農耕の始まりとその年代．新弥生時代の始まりシリーズ』第４巻，西本豊弘編，雄山閣，pp. 4-8.

吉光貴裕・中村俊夫 2012 「日本産樹木年輪の炭素 14 濃度測定および IntCal09 との比較検討」名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXIII, pp.57-62.

Hua, Q and Barbetti, M. 2007 Influence of atmospheric circulation on regional $^{14}CO_2$ differences. *J. Geophys. Res.*, 112, D19102

McCormac, F., et al. 2004 SHCal04 Southern Hemisphere Calibration 0-1000 cal BP. *Radiocarbon* 46, 1087.

Miyahara, H., et al. 2006 Variation of solar cyclicity during the Spoerer minimum. *J. Geophys. Res.*, 111, A03103.

Nakamura, T., et. al. 2007 High precision ^{14}C measurements and wiggle-match dating of tree rings at Nagoya University, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B259, 408-413.

Reimer, P.J., et al. 2004 IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46(3) pp.1029-1058

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

Sakamoto, M., et al. 2003 Radiocarbon calibration for Japanese wood samples. *Radiocarbon*, 45 (1) pp. 81-89.

山陰地方における縄文時代早期後半の年代学的研究

Analysis of radiocarbon dates at San'in region for the latter half of Early Jomon period

○遠　部　　慎（徳島大学埋蔵文化財調査室）
Shin　Onbe (The University of Tokushima Archaeological Heritage Management Office)

1. はじめに

縄文時代において、6300BP頃（水月湖年縞では5330calBC）とされるアカホヤ（福沢1995）を1つの画期とみなし、早期と前期を区分する考えの研究者は多い。実際、当該時期のいわゆる災害地の遺跡(Strucked Site)がほとんど存在せず、具体的な評価を与えることは困難である。しかし、被災の年代が絞り込めれば、前後の様相との比較が可能となり、大きく研究は進展すると考えられる。縄文時代以降の考古学の目盛りは「土器型式」(Pottery　Type)なのだが、その目盛りでみたときに、アカホヤに最も近い土器型式は、何か年代測定を用いて具体的に検討した例は少ない。考古学の型式学的方法は、時間的な目盛りを導き出すうえで、極めて有効であるが、同時性の問題になると、問題が少なくない。それを補う上で、年代的な保障を与えることは極めて有効である。

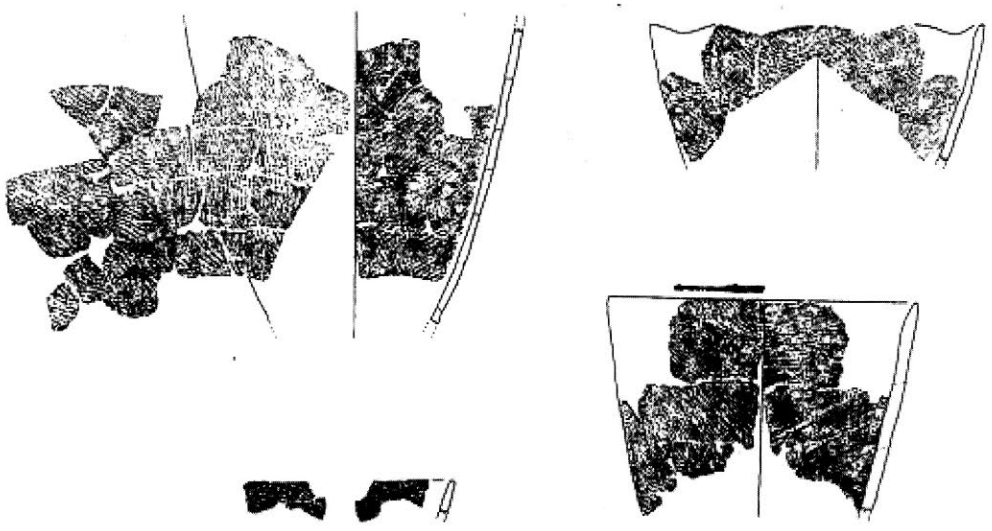
発表者は、滋賀県人江内湖遺跡の土器付着炭化物の測定事例を軸に、近畿地方東部におけるアカホヤ降灰直後、縄文前期初頭の各土器型式の大まかな年代的な流れ（楠狭間→塩屋→上の山Ⅰ→清水ノ上Ⅱ→上広覚式）を確認することができている（遠部ほか2008）。そこでは、天神山ないしは楠廻間式段階がアカホヤ降灰期であるとの見通しを得ている。本研究で、対象とするのは、これまでに年代測定の蓄積があり、九州地方とも関連する資料が多い、山陰地方としたい。山陰地域の前期初頭の土器型式については、井上智博が西川津式を設定し（井上1991）、矢野健一によって西川津式の細分案が示されている（矢野2002）。この西川津式は、山陰系土器としていわゆる轟式に併行するとされており、発表者もおおまかな年代推定をこれまでに実施している（遠部2009）。そこで本研究では、西川津式以前の山陰地方を中心とする早期後半の土器群土器群について、編年的な研究とあわせて年代測定を実施した、その結果について考察を加える。

2. 分析試料と方法

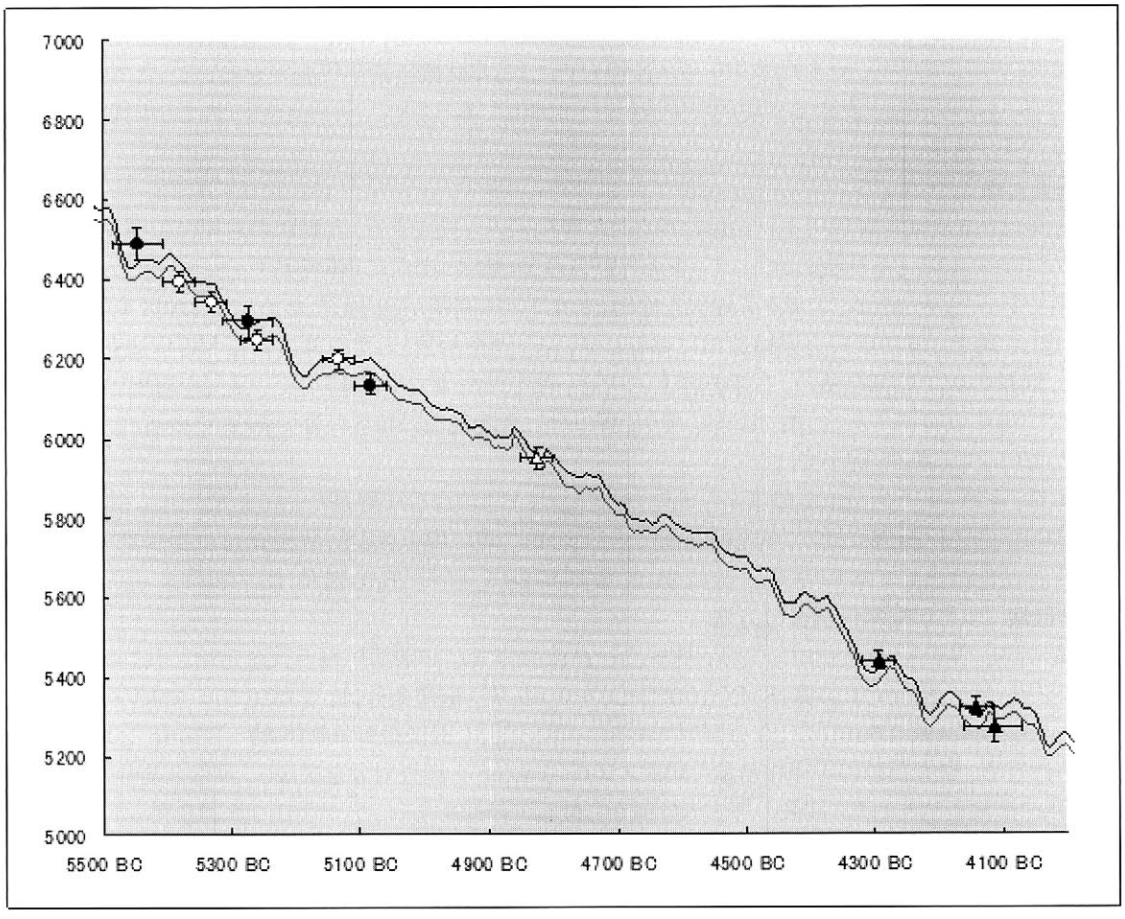
本研究で分析を行った資料は、島根大学構内遺跡を中心とした試料である（図1）。島根大学構内遺跡では、文化層単位で年代測定値が評価されているため、個別の土器型式と火山灰等の関係が明確でない。しかしながら、アカホヤが理化学的にも確認されており、考古学的所見とのクロス・チェックが可能であり（会下1995・1997）、炭化物の付着も多くの個体に認められ、研究を行ううえで条件が整備されている。測定試料の土器付着物については、アセトン洗浄、AAA処理、二酸化炭素化の精製、分離、グラファイト精製は、坂本の方法（2003）によった。これらの処理のうち、AAA処理までは国立歴史民俗博物館の年代測定資料実験室において行い、それ以降、加速器質量分析計（AMS）までの作業は、パレオ・ラボ社（機関番号PLD）で行った。

3. 測定結果とまとめ

これまで、山陰地方での縄文時代の年代測定例としては、アカホヤや三瓶火山灰（ハイカ）などについての測定は多いものの、土器付着炭化物の測定は少ない。管見では、松江市西川津遺跡（小林編2007）、出雲市夫手遺跡（今村ほか2000）、築山遺跡（炭素14年代測定グループ2005）などの測定例がある（遠部・宮田2008）が、それらと盾しない測定結果が得られた（図2）。また、これまで行ってきた西川津式や、近畿地方の年代測定値とも整合的と考える。西日本において、早期後半の年代測定値は少ない中で、今後の定点となる測定値と評価できよう。



年代測定を実施した土器試料実測図



島根大学構内における土器付着炭化物の年代測定（○●島根大学構内1次、△西川津式）

参考文献等省略

玉龍寺木造女神坐像の年輪年代調査
— 非破壊による年輪年代学および美術史学的視点から —

Research of a wooden statue of female deity, Gyokuryuu-ji Temple
— From the aspects of non-destructive dendrochronology and art history —

○大河内隆之（奈良文化財研究所） 児島大輔（同左） 山下 立（安土城考古博物館）
○Takayuki Okochi, Daisuke Kojima (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Ritsu Yamashita (Azuchi Castle Archaeological Museum)

1. はじめに

年輪年代法は、木造文化財の調査において一年単位で年代を決定できる自然科学的年代測定法として、重要な役割を果たしている。このたび、筆者らが調査した神像彫刻をはじめ仏像などは、それ自体に美術的な価値があり、かつ信仰の対象でもあるため、対象を損なわない非破壊調査であることが厳に求められる。ところが、実際に仏像や神像彫刻などの年輪年代調査をしようとすると、調査対象の年輪を観察して正確なデータを計測することが困難な場合も少なくない。とりわけ体躯の表面が劣化している場合には、調査対象の表面で正確に年輪を観察することはほぼ不可能に近い。そこで筆者らは、非破壊での年輪年代測定技術の開発と応用について、2004年から取り組んできた。本報では、玉龍寺に伝わる木造女神坐像（一躯）を奈良文化財研究所に輸送し、マイクロフォーカスX線CTによる非破壊年輪年代測定をおこなった成果について報告する。あわせて、本像の美術史的な位置付けと対照してみることで、神像彫刻における年代測定の意義について考えてみたい。

2. 調査対象

玉龍寺は、奈良県吉野郡川上村白屋に所在した曹洞宗の寺院である。吉野川の右岸に位置する当地は、良質な吉野杉を産する林業の地として、また吉野名産国栖紙の漂白に用いられた白土の産地として近世より著名であった。ところが、大滝ダム建設を原因とした地滑り問題が発生したため、白屋地区集落全戸移転が決定し、同寺も現在は奈良県橿原市に移転している。調査対象とした玉龍寺に伝わる木造女神坐像（図1）は、筒袖の衣で頭部を覆い、右手を膝上に伏せ、袖中の左手で口と鼻を隠し、足先を露出した左足を片膝立てて坐す女神像である。袖で面部を覆う仕種は他に例を見ない特異な姿である。その意味するところは明らかではなく、尊名も定かではない。

一木造、彫眼、彩色仕上げ。頭頂から足先までをヒノキと思われる針葉樹の一材より彫出し、樹心を背面後方に外す。彩色は面部に胡粉、衣と袖内部に朱彩が残り、瞳に墨を点じる。表面には虫損が見られるが、概して保存状態は良好である。法量は像高31.2、髪際高28.5、膝張26.0、膝奥18.7(cm)。

3. 非破壊による年輪年代調査の方法

調査に際しては、奈良文化財研究所と株式会社島津製作所が非破壊年輪年代測定用に共同開発したマイクロフォーカスX線CT装置(SMX-100CT-D)を使用した。撮像条件は、管電圧57～66kV・管電流80～90μA・スライス厚0.5mmの20分照射である。一回あたりの撮像視野を直径32～36mm(2048×2048画素)に定め、撮像視野の半径相当量を順次スライドさせながら調査対象を撮像し、画像を統合して年輪幅計測用の断層画像を得た。同像の最古の年輪から最新の年輪を含み、かつ明快な画像を得るために像中4箇所を要した。年輪幅の計測には、筆者らが開発した年輪画像計測ソフトウェアを用いた。年輪年代測定に際しては、対数変換・5年移動平均ハイパスフィルタ処理を施したのち、暦年代の確定しているヒノキの標準年輪パターンとの相関分析・t検定をおこなった。

4. 年輪年代調査結果

像中4箇所における計測データを相互に参照しながら平均して一連の時系列データを作成すると、349層に及ぶものになった。これをヒノキの暦年標準パターンと照合したところ、1176年においてt値6.5で照合成

立した。左足第一指の先端が最外年輪は、一連の年輪幅計測データが照合成立した1176年のさらに4層ぶん外側に位置するので、本像の年輪年代は、1176年に4層ぶんを加算した1180年になる(図2)。

本像左膝下から足先にかけての部分は、木表付近幅約15mmの部分が木理に沿って帯状にほんの僅かに色調差を呈していることから、像中に辺材が残存する可能性も考えられる。しかし、色調差が僅かであることから、辺材の残存を明言することは差し控えたい。仮に本像に15mmの辺材が残存していて、その外側約15mmの部分を彫像過程で切除されたとすると、伐採年代は1214年頃と試算される。一方、本像に辺材部が残存していなくとも、辺材部のみが切除されたと仮定した場合には、1248年頃の伐採年代が想定される。もちろん、彫像に際して心材部も切除されてしまった場合には、伐採年代はこの年代よりも必然的に新しくなる。以上より、本像制作のための原木伐採の時期は、年輪年代学的な視点からは、1180年を上限とする12世紀末から13世紀中頃までが、ひとつの可能性として示唆される。

5. 美術史学的視点による本像の解釈について

本像が世に知られるようになってからまだ日が浅く、文献では平成初年頃に刊行された地域の自治体史『川上村村史』、『白屋区誌』(紺野敏文を中心とする調査団)、初公開は平成19年秋、滋賀県立安土城考古博物館で開催された「戦国・安土桃山の造像II ― 神像彫刻編 ―」においてのことである。したがって、美術史学的研究も事例が少ないものの、上記両者ともに制作時期は、室町時代と推定している。

美術史研究における神像彫刻の研究は、仏像彫刻に比べて進展しているとは言いがたい面がある。その最大の理由は、披見が許されず永く秘された状況にあった点にある。したがって、神像の研究は、多くを仏像研究の成果に負っている。ここで、神像彫刻にみられる特徴のいくつかをあげると、仏像彫刻のような儀軌(造形的な決まりごと)がなく、その構造として一木彫像が多いことから姿形や構造的な年代把握が難しいこと、さらに、表面の細かな表現を彫刻であらわすことを避けているかのように、仏像研究で重要な編年指標となる衣文線ほとんど表現しないことなどを指摘できる。

本像の場合、基本的には古代・中世の俗人女性の服制・所作を投影されたと考えられるが、写実を追及する肖像とはまったく異質の造形である。さらに、全体のフォルムを頭・体が大掴みに形づくられているという点や、衣文表現、特に右膝に刻まれた襞の形式化が著しく、面部の彫法かなり平面的であるという特徴を考慮するならば平安や鎌倉彫刻の中には些か位置付けがたく、あるいは江戸期の作とも見放しがたい。すなわち、消去法的に室町時代(15～16世紀)に導かれた面がある。

6. まとめ

まず、現状では神像彫刻の年代間観は、まだ模索段階にあり、室町時代という推定根拠も絶対的なものではなく、本像が仏師の手によらない神像作品であること、安定感のある形姿も、さらに遡る可能性は否定できない。このように見るならば、今回提示された年輪年代法による12世紀末から13世紀中頃という年代観は、新たな基準になり得る可能性を秘めているとも考えられる。一方、年輪年代法による調査結果も、原木伐採と造像時期との隔たり、あるいは辺材の残存状況による誤差の問題など、なお考慮しなければならない点もある。年輪年代法による神像彫刻の調査はまだその途についたばかりであり、今後さらに、美術史研究の中で位置づけ難いものを含め、多様な作例を俎上に載せていく必要があろう。

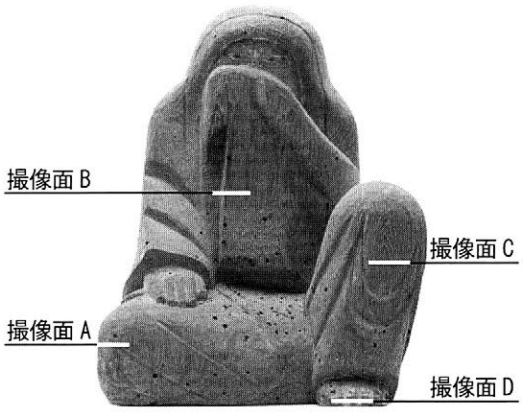


図1　玉龍寺木造女神坐像とその撮像箇所

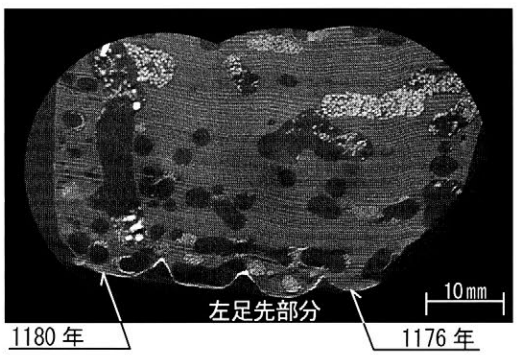


図2　撮像面Dにおける断層画像と最外年輪

新町支石墓群の地中レーダ探査

Ground penetrating radar survey at Shinmachi megalithic dolmens

○水永秀樹, 狩野心作, 田中俊昭(九州大学大学院), 平尾和久(糸島市)
○Hideki Mizunaga, Shinsaku Kano, Toshiaki Tanaka (Kyushu University)
and Kazuhisa Hirao (Itoshima City)

1. はじめに

福岡県糸島市の新町支石墓群は、糸島半島の中央部にそびえる可也山の西側、引津湾に面した海岸砂丘上に位置している。ここでは昭和57年度から、数次にわたり発掘調査が行われている。昭和61年に実施された発掘調査では、弥生時代早・前期の支石墓を含む墳墓群が57基も発見されている。さらに、当時では類を見ない弥生時代開始期の埋葬人骨が出土したことから、大きな注目を集めた。このように新町支石墓群は、弥生文化の成立状況とその時期の社会を知る上で極めて重要な遺跡であり、支石墓を含めた墳墓群は平成12年度に国史跡に指定された。しかしながら、新町支石墓群の範囲は広く、発掘調査のみで遺跡の全容を明らかにすることは時間的な制約や費用的な面で難しく、遺跡の保存・活用を早期に実現するためには、物理探査の導入が緊急で重要な課題となっている。

物理探査の一方法である地中レーダ探査は、非破壊で地下埋設物の探査が可能なため遺跡探査に広く利用されている。新町支石墓群の一部の区域については、発掘調査によって支石墓の存在や位置が明らかにされているが、その他の区域では小規模なトレンチ調査が行われただけで、その全容は明らかになっていない。本報では、平成23年度に実施された新町支石墓群の東側区域での地中レーダ探査の結果について報告する。

2. 調査地および測定方法

地中レーダによる遺跡探査は、平成24年2月29日に実施した。図1に遺跡探査の調査区域を示す。遺跡探査を実施した区域は、図1の北側の区域(A区域)と南側の区域(B区域)である。A区域については、さらに3つの区域(A-1～A-3)に分割して地中レーダ探査を実施した。図2にA区域の測量風景を示す。A-1区域は10m×17.5mの矩形領域、A-2区域は12m×13mの矩形領域、A-3区域は土地の形状に合わせて台形領域とした。B区域は15m×10mの矩形領域であるが、一部は隣接したアスファルト道路を含んでいる。各区域の始点は北西端とし、A地区では南北方向に、B地区では東西方向に沿って地中レーダ装置を移動して測定した。

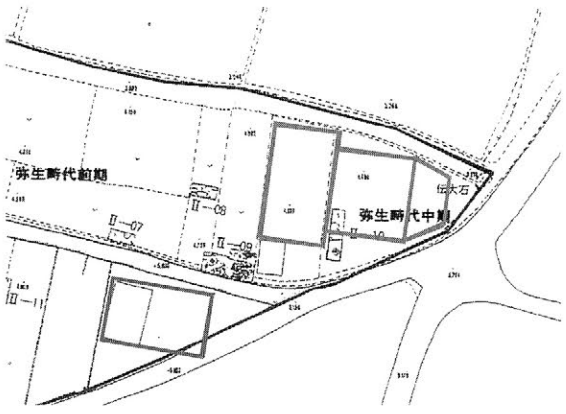


図1　新町支石墓群の調査区域



図2　A区域の測量風景(東側から西側を望む)

3. 測定結果と考察

地中レーダ探査の結果、反射断面図には小規模な物体からの反射と思われる放物線状の反射応答が多数観測された。反射断面図の一例を図3に示す。この断面図を見ると、1mまでの比較的浅部に3つの明瞭な反射応答が確認できる。また測線の終端部付近の深部にも、明瞭な反射応答が確認できる。次に、これらの反射断面を全て使って作成した反射応答の水平分布図(深度スライス)を示す。

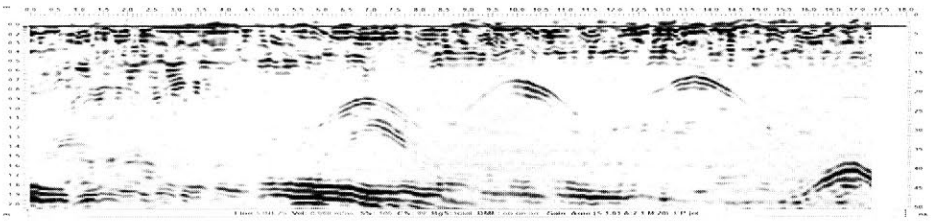


図3 A-1区域のLine-20測線の反射断面図

図4(左)は、深度0.7～0.8mの深度スライス図である。この図を見ると、A-1～A-3区域、B区域の全域にわたって複数の異常域が認められる。これらの異常域はその範囲が小さいことから、埋没している支石によるものと考えられる。また、A-2区域からA-3区域に架けた広範囲な領域にも異常域が認められる。この領域内の特に明瞭な異常域は支石とも考えられるが、この場所に相当する反射断面図から、表層と中間層の地層境界を反映した異常域(水分を多く含んだ領域)と解釈している。

図4(右)には、深部の1.5～1.6mの深度スライスを示す。この深度スライスでは、図4(左)で見られた小さな異常域とは異なり、比較的範囲の広い異常域が2箇所確認できる。一つはA-1区域の南東隅付近の異常域で、もう一つはB区域の西端中央にある異常域である。どちらの異常域も、一際明瞭な深部の反射応答として反射断面図で確認できる。これらの異常域は、浅部の深度スライスに見られた小規模な異常域とは異なり、その大きさが1.5m×0.5m程度あることから、支石墓の下の埋葬施設(甕棺)の可能性が考えられる。特にA-1区域の異常域については、地表面に支石らしい大きな石が露出しており、埋葬施設の可能性が高いと考えられる。

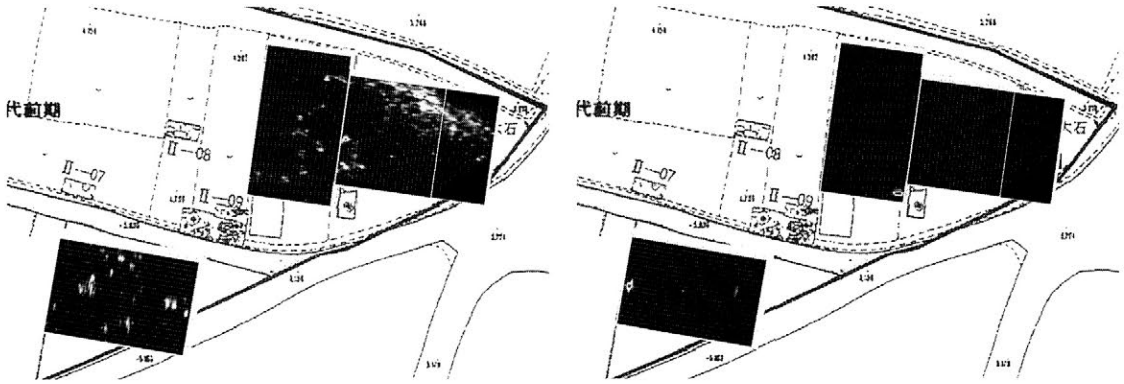


図4　深度0.7～0.8mの深度スライス(左)と深度1.5～1.6mの深度スライス(右)

4. まとめ

新町遺跡の東側における支石墓の発見を目的として、地中レーダによる遺跡探査を実施した。遺跡探査にはカート式の地中レーダ探査装置Noggin を用いたため、広範囲の調査領域を迅速に探査することができた。この調査の結果、支石と考えられる複数の小規模な反射応答や、甕棺と考えられる比較的深部の反射応答が観測された。今回の探査結果を検証するためには、更なる追加探査や発掘調査が必要となるであろう。新町遺跡での今後の発掘調査に期待したい。

電磁気的手法による白岩焼窯跡の調査

Investigation of the Shiraiwa kiln site using electromagnetic method

西谷忠師, 山口大輔, 間杉香織
(秋田大学大学院 工学資源学研究科)
Tadashi Nishitani, Daisuke Yamaguchi, and Kaori Masugi
(Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University)

1. はじめに

秋田県仙北市角館町白岩地区で焼かれた陶器は白岩焼とよばれ，秋田県近世最古の窯元とされている。白岩焼は松本運七が1771年（明和8年）に開窯したと言われている。運七の弟子となった儀三郎の尽力で窯業が定着し，新たに四つの窯元が操業をおこし，白岩地区は一大窯業地となった。しかし，瀬戸美濃など他の窯業地から多量の製品が秋田に移入されるようになったことや，1896年（明治29年）の陸羽地震が大きく影響して廃窯に追い込まれたと言われている。その後1974年（昭和49年）弟子の末裔によって白岩焼が復活し現在に至っている。1932年に渡邊為吉が白岩焼の調査と窯跡の発掘調査を行い，1933年に『白岩瀬戸山』としてまとめている。瀬戸山之図には松本運七が操業を始めた窯を「古窯跡」，弟子の山手儀三郎の窯を「イ窯跡」，吉五郎の窯を「ロ窯跡」，多一郎の窯を「多一郎窯跡」と記載している。特にイ窯の規模は大きく，燃焼と焼成の部屋を合わせて15室あったとされている。しかし，この調査報告から80年あまり経過しており，瀬戸山之図を用いて窯跡の位置や規模の特定を行うことは難しい。

本探査の目的は，電磁気的手法を用いて探査を行い，白岩焼窯跡の位置推定に有効かどうかを検証することにある。瀬戸山之図と調査範囲を図1に示した。

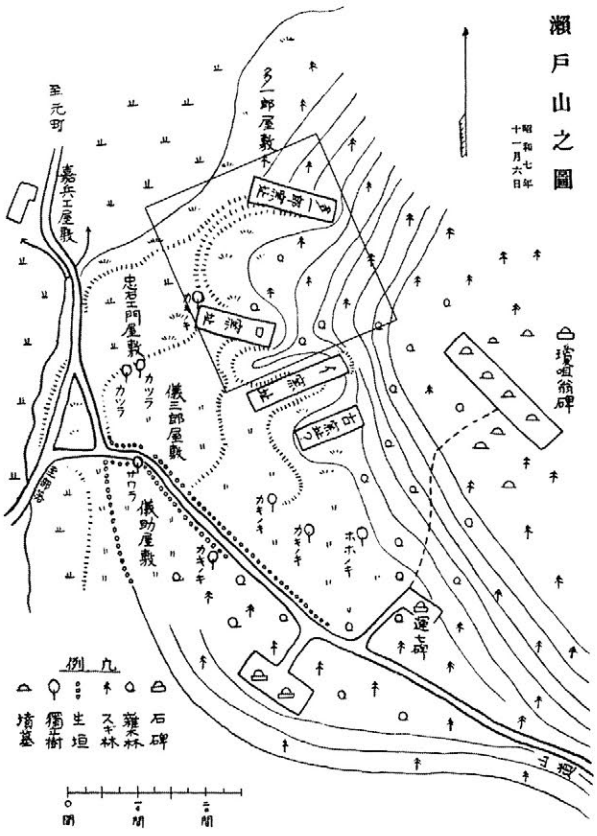


図1　瀬戸山之図と調査範囲

2. 電磁気探査(VLF－MT探査)

電磁気探査の手法としてまずＶＬＦ－ＭＴ探査法を用いた。この探査法はＶＬＦ帯の電磁波を用いて探査する方法である。発信局方向の電場とこれに垂直な磁場成分から地下比抵抗構造を得ることができる。用いた電磁波は宮崎県えびの通信所(JJI)から発信されている22.2kHzの電磁波である。ＶＬＦ－ＭＴ探査は断層，破砕帯の調査，鉱体調査，地下水調査，遺跡探査などに利用されている。現場で直ちに結果を得られる利点がある。この探査法を白岩焼窯跡に適用した。データ処理を行った結果が図２である。多一郎窯跡と口窯跡，そして陸羽地震による断層と思われる位置が明らかになった。

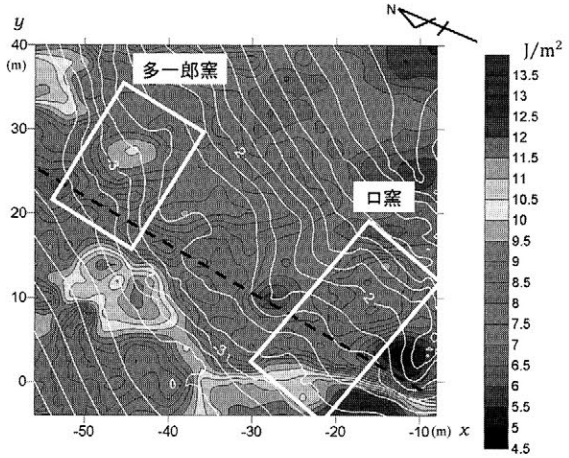


図２　ＶＬＦ－ＭＴ探査による多一郎窯跡と口窯跡および断層位置の推定

3. 電磁気探査(VLF－EM探査)

もう一つの電磁探査の手法としてＶＬＦ－ＥＭ探査法を用いて調査を行った。この方法は，直交する磁場成分を測定してその成分から地下構造を推定する方法である。フィルター処理を行って電流密度分布として表現した図が図３である。

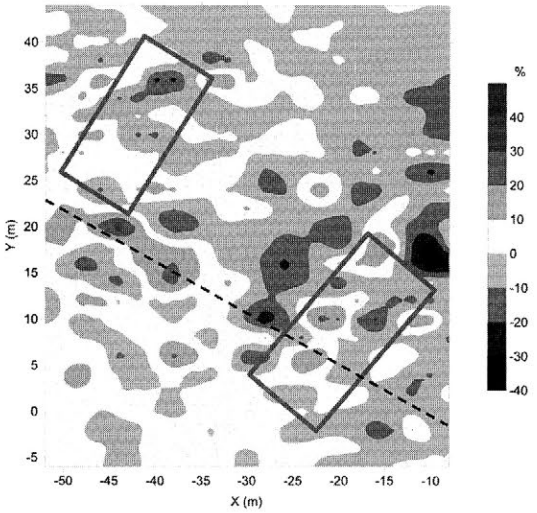


図３　ＶＬＦ－ＥＭ探査による多一郎窯跡と口窯跡および断層位置の推定

4. 電気探査との比較

電気探査は電流電極で電流を流し，電位電極で電圧を測定して地下構造を調べる方法である。ここでは多数の電極をあらかじめ設置して，電極位置を逐次変化させる多電極電気探査法を使用した。用いた電極配置は，ウェンナー配置，エルトラン配置，ポール・ポール配置である。電極間隔を1.5m，電極本数を32本，測線の長さを46.5m，測線毎の間隔を2mとして測定を行った。電極配置毎の解析，複数の配置を統合した処理を行い，地下比抵抗構造を得た（図４）。この結果は，上で示した２つの電磁気探査の結果とも整合性のある結果となっている。

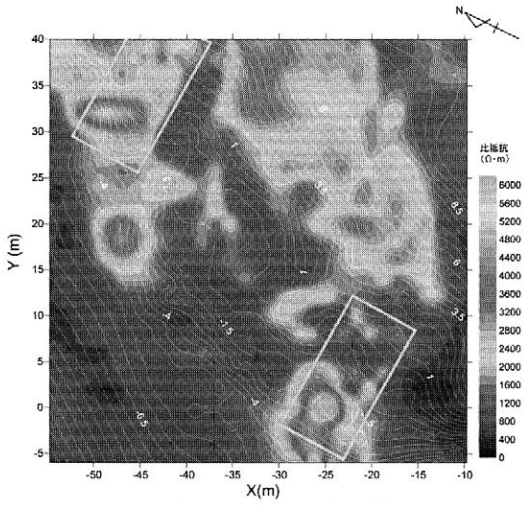


図４　電気探査による比抵抗構造

5. まとめ

白岩焼窯跡に対して２種類の電磁気探査法を適用して調査を行い，電気探査とも整合性のある結果を得ることができた。この結果から，電磁気探査の手法は窯跡調査に有効な手法であることがわかった。

埋蔵文化財探査におけるジャイロセンサーを用いた グラジオメーターの標準化と評価 —多軸グラジオメーター構築のための計測・評価実験—

Standardization and assessment of gradiometer with gyro sensor for buried cultural property investigation

福原啓介(同志社大学文化情報学研究科), 杉本祐二(同志社大学文化情報学部), 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(同志社大学文化情報学部)
Keisuke Fukuhara (Graduate School of culture and infomation science, Doshisha University), Yuji Sugimoto(Faculty of culture for Knowledge in Cultural Heritage, Doshisha University), Toru Kishida(Research Center of Information Science and Cultural Heritage, Doshisha University), Hiroomi Tsumura(Faculty of culture and information science, Doshisha University)

1. 目的

現在の遺跡調査の現場では、探査技術が活用され、多くの成果を挙げている。その探査技術の中で、磁気探査は鉄製遺物や被熱遺構の検出に有効である。現場作業で使用される磁気探査機材は、全磁力を測定する全磁力型と、鉛直方向の磁力を測定するフラックスゲート型の2つのタイプが一般的であるが、多軸(垂直成分、水平成分)を検出することにより、大まかな磁化方向の推測につながると考えられる。津村らが、津村ほか(2010)において、オマーンで1軸(鉛直方向)グラジオメーターを用いて磁気探査を実施した際、測定値は-25~25nTの間であり、異常値としては僅かな値であった。このような調査地においては、探査機の保持姿勢のばらつきによる誤差が探査結果に少なからず影響を与えると考えられた。しかも、多軸グラジオメーターを使用するには1軸よりもより高精度の姿勢補正が要求される。本研究は、より高精度の姿勢補正に関する方法の提案を行うことを目的とし、今回のジャイロセンサーを用いた姿勢保持の方法とその評価について述べる。

2. 方法

村田製作所製圧電振動ジャイロを用いて姿勢の検出を行う。圧電振動ジャイロは、コリオリ力を利用し、回転の方向や速度の検出を行う装置である。今回はこの装置を2つ使用し、計測時の水平方向(x軸, y軸方向)の姿勢のずれの検出を試みた(Fig.1)。回路図はFig.2に示す。それぞれのジャイロセンサーからの信号は微細な電圧として出力される。その電圧をプリアンプで増幅し、CN2の1と3から出力する。この回路では、周囲温度の変化による静止時出力の変動(温度ドリフト)の影響を除去するためのハイパスフィルタと、センサー内部の30~33kHz付近のノイズを除去するためのローパスフィルタを、それぞれのセンサーの出力に接続してある。その信号をA/Dコンバータでデジタル信号に変換し、数値化を行う。

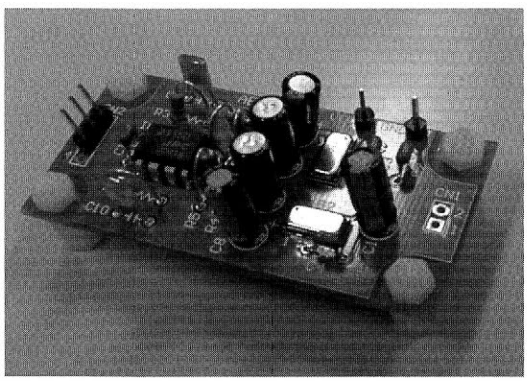
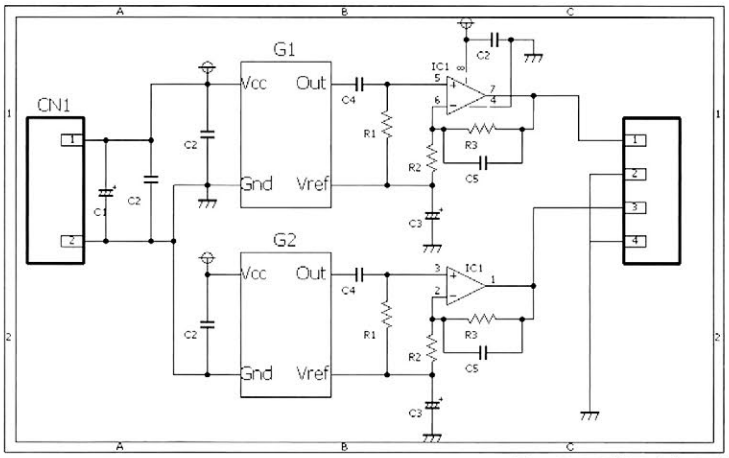


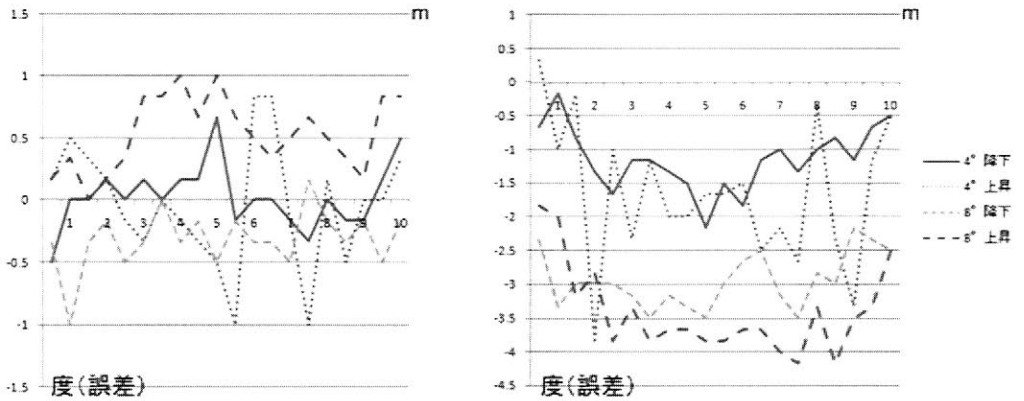
Fig.1 2軸ジャイロセンサー

本研究では、このジャイロセンサーを利用し、磁気測定開始時から、各測点での初期姿勢からのずれをジャイロセンサーによって検出する。使用する探査機材は天理大学考古学研究室から借用したBartington Instruments社製GRAD601である。実験は平坦な場所と傾斜のある場所で行った。



IC1 オペアンプ　NJM2115D
G1 圧電振動ジャイロ　ENC-03RC-R
G2 圧電振動ジャイロ　ENC-03RD-R
R1 抵抗 1/4W 100KΩ
R2 抵抗 1/4W 10KΩ
R3 抵抗 1/4W 91KΩ
C1 電解コンデンサ 100μF
C2 積層セラミックコンデンサ 0.1μF
C3 電解コンデンサ 4.7μF
C4 電界コンデンサ(無極性) 4.7μF(BP)
C5 フィルムコンデンサ 1800pF

Fig. 2 回路図と部品名



1. x軸方向の誤差　　2. y軸方向の誤差

Fig. 3 移動距離と誤差

計測場所は、ほぼ傾斜なし、傾斜4°、傾斜8°それぞれ10mを0.5m間隔で10回ずつ、計900点を計測し、平均値を計算したものである。傾斜のある場所では、上昇時、降下時の2通り行った。その結果をFig.3に示す。

3. 結果

Fig.3から、x軸方向の誤差は-1°~1°の範囲に収まっているのに対して、y軸方向は3°以上の誤差が見られる。また、y軸方向は、4°と8°では、8°のほうの誤差が大きく、上昇時と下降時では上昇時のほうの誤差が多くなっていることがわかる。

4. まとめ

今回行った実験により、姿勢保持の方法について言及できたと考える。実際、日本で発見される窯跡は斜面や段丘上で発見されることが多いため、姿勢の補正は重要である。このセンサーを使用し、多軸グラジオメーターに適用することによって、磁気センサーの傾きによる測定誤差の補正を行うことが可能となる。今後は、この実験をもとに、磁気対象物と、磁気センサーの角度による、計測誤差の測定を行い、より精度の高い補正が行えるようにする。

参考文献

西村　康（1993)『フラックスゲートを用いた新しい磁気探査装置三軸グラジオメーターの開発』文部省科学研究費補助金報告書

足立和成・中條利一郎・西村　康（1999)『文化財探査の手法とその実際』真陽社

津村ほか（2010)『オマーン・ラス・ジプス貝塚（第3地点）の磁気探査』「日本文化財科学会第27回大会　要旨集」214-215

1960年代に撮影された偵察衛星写真の遺跡探査・歴史的景観復原における有用性

Academic value of the declassified intelligence satellite photographs in archaeology and historical geography

小方　登（京都大学　地球環境学堂）
Noboru Ogata (Kyoto University)

空からの映像が，遺跡の存在を示すことがあることは，飛行機が実用化された1920年代から知られていた。イギリスなどでは空中写真に地中に埋もれた先史時代やローマ時代の遺構が見えることが知られている。これは地中の構造物や遺構が植物の生育を左右するために起きることで，「クロップマーク」などと呼ばれてきた。日本では，耕地における農道・用水路・畦畔のパターンが条坊制・条里制など古代のプランを反映し，空中写真で判読されることがあり，この面から研究が蓄積されてきた。

しかし，空中写真や詳細な地形図が利用できる国は限られており，中国や旧ソ連などの領域では空からの映像情報は限られてきた。この状況を大きく変えたのが，2000年以降に供用されるようになった高解像度衛星画像であり，またそれらを無料で閲覧可能としたGoogleEarthサービスの提供である。GoogleEarthを通した中国での未知の遺跡の発見も報告されている。

1990年代まで主流だったLANDSAT衛星に代表される地球観測衛星の画像に，解像度の面で革命をもたらしたのが，米国政府によるCORONA衛星写真の公開だった。1995年に米国政府は，それまで機密扱いとされてきた1960年代撮影の軍事偵察衛星写真を公開し，米国地質調査所を通して一般の利用に供した。暗号名からCORONA衛星写真と呼ばれる。解像度は条件のよいシーンで，地上2～3メートルとされ，LANDSAT衛星の30メートル，SPOT衛星の10メートルよりはるかに高解像度であった。CORONA衛星写真を利用することにより，個々の街路や城壁，そして遺跡の状況なども判別可能となり，考古学や歴史地理学への衛星画像の利用可能性を高めるものとなった。その当初の成果が，いくつかの研究として発表されている。

しかし2000年以降，IKONOSやQuickBirdなどの画像衛星が打ち上げられ，従来よりはるかに高解像度の画像を提供するようになった。QuickBirdで60cm，その後継であるWorldViewで50cmである。CORONA衛星写真は，パノラマカメラを使用していること，また立体視を可能とするために斜め前，斜め後ろの視野となっていることから，とくに画面周辺部では幾何的ひずみが大きい。この点でもQuickBird画像などはUTM投影法に補正して出荷されることから，幾何的制度の面で優っていると見られる。

本発表では，2000年にウズベキスタンで行われた遺跡調査の結果を再検討する。これはCORONA衛星写真上で遺跡ではないかと推定されたサマルカンド周辺の地物を，サマルカンド考古学研究所のムフタール博士の案内に従い現地で確認するという方法で行われた。サマルカンドはゼラフシャン川が潤す盆地（オアシス）に立地するが，遺跡と思われる地物は，盆地と周辺の乾燥地域の境界付近に多く見られた。形状は墳丘のように見えるものもあったが，ムフタール博士の説明によれば，それらは要塞として使われるものも含め，すべて集落跡であるとのことであった。この時の調査成果の詳細は，出田（2003）で報告されている。本発表では，最近撮影された高解像度衛星画像を利用して，CORONA衛星写真のひずみや解像度の低さを補完することを試みる。また撮影時期の古いCORONA衛星写真を利用することにより最近の衛星画像では判別できない遺跡の以前の状態と，最近数十年間における遺跡の状況の変化を明らかにする。

CORONA衛星写真は，解像度の高さや立体視可能であることなどのほか，撮影時期が古いと

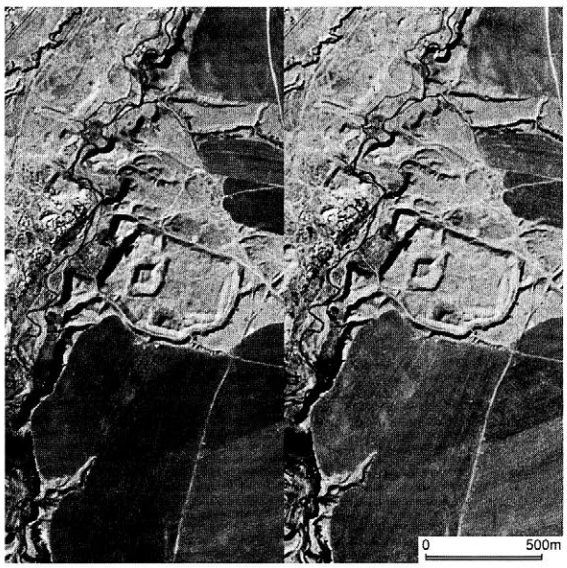
いう特長を備えている。運用期間は 1963 年から 1972 年にかけてであり，LANDSAT 衛星の供用開始時期以前である。これにより，高山の氷河の変化など，地球環境変化の研究に有用なデータを提供するとされている。同時に，今日では破壊されたり状態が変化してしまった遺跡の原状を復原するためにも有効であると期待されている。たとえば塩沢（2010）は，中国・洛陽の近郊で，今日では削平され失われた巨大墳丘の存在を CORONA 衛星写真上で確認している。ウズベキスタンで調査した遺跡の中では，「ロビンジョン・テパ」が 2000 年の時点で，すでに用水路建設のために破壊されていたが，CORONA 衛星写真上では正方形の城砦部分が判読できる。また「チムクルガン・テパ」は，川の河床から立ち上がる段丘崖を囲郭の一部として利用しているが，ここでは 2000 年の調査以後にダムの建設により河床部分は水没し，状況は大きく変わってしまった。このように 2000 年以降の高解像度衛星画像は，CORONA 衛星写真より高解像度であるが，CORONA 衛星写真のほうが撮影時期の古さゆえ価値ある情報をもたらすことができるのである。こうした事例を発表時に紹介したい。

ここで対象としている遺跡は，テパと呼ばれる丘の形状を呈したり，城壁に囲まれたりしており，異なる高さの段を形成したりするので，立体視して観察することが有効である。CORONA 衛星写真は，カメラを2台搭載し，ステレオペアとなる写真を用いて，対象地物を立体視できることが特長である。しかし，前述のように幾何的ひずみが大きいことから，未加工の状態では立体視が困難な場合もある。本発表では，より幾何的に正確な QuickBird 衛星画像をベースとして，CORONA 衛星写真のステレオペアを幾何補正し，立体視しやすくした。このことにより，調査対象の中で最も重要な「コク・テパ」遺跡が，異なる高さの段から形成されていることが，より鮮明に判読できる。

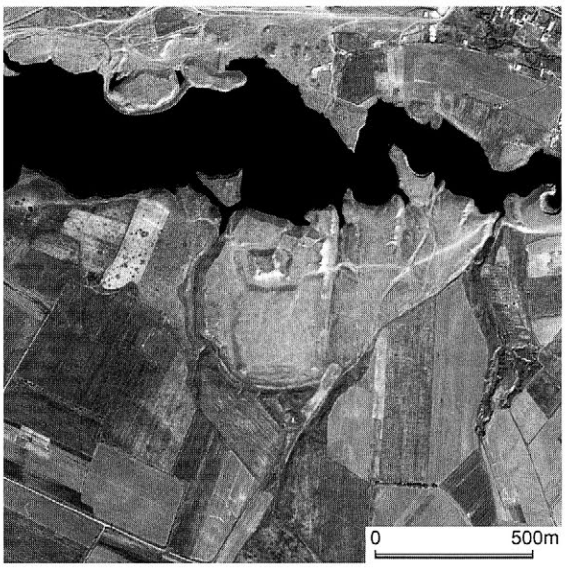
結論として，CORONA 衛星写真の撮影時期の古さと，QuickBird など新しい衛星画像の解像度の高さ，幾何的正確性の両者を補完的に活用することが，遺跡の立地と形状をよりよく知る上で有効であることが分かった。

【参考文献】

- 出田和久（2003）「ウズベキスタンの都城遺跡を探る － Corona 衛星利用の試み － 」，シルクロード学研究，17 巻，39 - 51 頁。
- 塩沢裕仁（2010）『千年帝都 洛陽』，雄山閣，135 - 143 頁。



チムクルガン・テパの CORONA 衛星写真（1964 年 10 月 20 日撮影：立体視できるよう調整） 提供：米国地質調査所



チムクルガン・テパの QuickBird 衛星画像（2010 年 6 月 28 日撮影：上が真北） © DigitalGlobe / Hitachi Solutions

大阪市域の考古遺跡における地震現象とその年代

Earthquake phenomena and their ages at archaeological sites in Osaka City

趙 哲済（大阪文化財研究所）
Cjuljae CHO（Osaka City Cultural Properties Association）

大阪平野のほぼ中央に位置する大阪市には、南の台地群から更新統段丘の上町台地と瓜破台地が派生し、その東～北側には河内・淀川沖積低地が拡がっている。また、上町台地西側には地下に上町断層が走る大阪海岸低地がある。河内沖積低地の泥質な地層が分布する地域では、Matsuda（2000）などにより、縄文時代後期以降の古地震跡とその現象が明らかにされていたが、近年、上町台地や淀川低地、大阪海岸低地でも、遺跡の調査を通じて、ようやく地震現象とみられる断層・褶曲・荷重痕などの変形構造、噴砂脈を伴う液状化現象、地すべり跡などが見つかってきた。そこで本発表では、大阪市域でこれまでに見つかった40余地点の古地震現象を分類し、先史時代の発生時期を推定するとともに、歴史時代の既知の地震と対比して、遺跡災害史研究の基礎資料として供することを目的とする。その概要は文部省震災豫防評議會（1941）、宇佐美（1996）、Matsuda（2000）、寒川（2007）ほかを参照して表1に示した。

先史時代　更新世では、約12万年前に上町海の海底にあった上町台地や瓜破台地の更新統には、台地形成中に生じた断層や著しい変形構造などの古地震の跡が多数記録されている。しかし、それらの発生年代の詳細を示す具体的な証拠は把握できていない。

完新世では、長原遺跡の瓜破台地側で縄文時代後期初頭の揺れが大きく、NW-SE方向の背斜軸をつくって更新統が褶曲し、多数の裂罅と脆性破壊を伴っている。縦揺れに横揺れが重なった直下型の内陸地震であった可能性がある。これ以降では、上部完新統中に横揺れによるごく底角の地すべり（現象的には衝上断層）が多く記録されている。縄文時代後期後半には長原遺跡の河内低地側で衝上断層や小規模正断層、流動変形を伴う横揺れがあった。弥生時代の前期には、河内湖の北岸にあった横堤遺跡で、衝上断層を伴うWNW-ESE方向の横揺れがあった。この揺れは淀川に近い森小路遺跡でも観察されている。弥生時代中期には、河内低地の加美遺跡でNE-SW方向の横揺れにより、幅22m以上、長さ26m、厚さ0.4m以上の地層塊が南西へ0.4m動いているのが記録された。古墳時代後期の横揺れは、長原遺跡の低地側の複数地点で確認されており、NNE-SSW方向に揺れている。これら上部完新統に記録された横揺れの原因は、規模の大きさと揺れの方向から、南海トラフで発生した南海地震であったと推定される。

歴史時代　河内・淀川沖積低地では、飛鳥時代後半～平安時代中頃の地層に、複数地点で横揺れ現象が確認されており、白鳳（684）や仁和3年（887）、康和元年（1099）の南海地震による可能性がある。一方、上町台地では地すべりが複数時期に発生している。地すべりがすべて地震に起因するとは限らないが、台地の東緩斜面で複数が同時期に発生した飛鳥時代前半の地すべりは、更新統台地に深い亀裂が入っており、内陸地震であった可能性がある。一方、室町時代前半の天王寺茶臼山の地すべりや瓜破台地の崩壊は、正平16年（1361）の南海地震の可能性がある。また、上町台地の瓦屋町遺跡や河内低地の天満本願寺跡、大阪海岸低地の大阪城下町跡で多数で記録されている豊臣期の地震現象は、河内低地に震央が推定されている慶長伏見地震（1596）の可能性がある。

文　献

宇佐美龍夫（1996）新編日本被害地震総覧（増補改訂版 416-1995）. 493ps.
寒川旭（2007）地震の日本史. 中公新書. 268ps.
Matsuda, J-i.（2000）Seismic deformation structures of the post-2300 a BP muddy sediments in Kawachi lowland plain, Osaka, Japan. *Sedimentary Geology*, 135, 99-116.
松田順一郎（1995）新家遺跡発掘調査（その6）における泥質堆積物の地震による変形構造. 新家遺跡第6次発掘調査報告書, 79-98.（財）大阪府文化財調査研究センター.
文部省震災豫防評議會（1941）武者金吉編 大日本地震史料第1～3巻.

表１　大阪市域の遺跡における地震現象とその年代

時代と時期			地震番号	西暦	地震名・和歴	南海トラフの地震と発生間隔		Matsuda (2000) Fig.11	大阪市域の遺跡（大阪市の調査次数：現象）
近現代		2012					66年		
			509	1946/12/21	南海地震	南海地震			
			506	1944/12/7	東南海地震	東南海地震	2年		
		1868～					90年		
徳川期			258	1854/12/24	安政南海地震	南海地震	32時間	1	
			257	1854/12/23	安政東海地震	東海地震			△長原（小規模の砂脈多数）
			254	1854/7/9	伊賀上野地震		147年		
			153	1707/10/28	宝永地震	南海・東海地震		2	
			115	1662/6/16	寛文地震		102年	3	
		1615～							
豊臣期			84	1605/2/3	慶長津波	南海・東海地震			
			82	1596/9/5	慶長伏見地震		107年	4	○大阪城下町（OJ05-9・06-3：変形構造・噴砂） ○天満本願寺（TN06-1・07-3：変形構造） △瓦屋町（WR08-1：地すべり：No.115かも） △難波宮（NW10-4：地すべり）
		1583～							
室町			68	1498/9/20	明応地震	東南海地震（15世紀末頃に南海地震☆）			？瓜破（UR07-1・UR07-4：変形構造） ？難波（NA05-1：変形構造）
							137年		
		1335～	56	1361/8/3	正平16	南海地震		5	△天王寺茶臼山（CU86-1：土石流・地すべり） △瓜破台地（NG00-29：斜面崩壊）
鎌倉			47	1245/8/27	寛元3			6	
		1192～				（1200年前後に南海地震☆）	262年		
平安			42	1185/8/13	文治1				
			39	1099/2/22	康和1	南海地震	3年	▲	△西天満（WT04-1：変形構造） △長原東部（NG00-30・07-1：低角地すべり、NG05-3：低角地すべり・噴砂・変形構造、NG96-40：噴砂） △西淡路（WA07-1：変形構造）
			38	1096/12/17	永長1	東南海地震			
							209年		
			26	887/8/26	仁和3	南海地震		7	
		794～						▲	？長原（NG07-3：変形構造）（NG95-57：噴砂） （NG96-32：低角地すべり）（NG02-8：畠の変形）
奈良		710～					203年		
飛鳥			3	684/11/29	白鳳大地震	南海地震			
		592～						▲	○難波宮（NW08-3・NW10-4：地すべり）
古墳	後期	6世紀初頃～						8	○長原（NG00-11：低角地すべり）（NG96-9：変形構造） △瓜破（UR07-1：変形構造）
	中期	5世紀初頃～							△長原（NG96-9：砂脈）
	前期	3世紀中頃～						▲	○恵美須（EB10-1：変形構造）
弥生	後期	約2000年前～							○加美（KM86-1：変形構造） △難波宮（NW10-4：地すべり）
	中期	約2400年前～						▲ ▲	○加美（KM95-14：低角地すべり）
	前期	約2800年前～						9	○西堤（YD11-1・2・3：変形構造） ○森小路（MS11-1：変形構造）
縄文	晩期	約3300年前～						▲	
	後期	約4300年前～						▲	○長原（NG02-9：低角地すべり）（NG99-19：噴砂・変形構造）（NG89-37：変形構造）、△（NG98-20：低角地すべり・小断層） ○長原（NG88-69：更新統の褶曲・脆性破壊・噴砂）
	中期	約5500年前～							
	前期	約7000年前～							
	早期	約1.1万年前～							
	草創期	約1.6万年前～							
旧石器	後期	約4万年前～							
	中期	約12万年前～							○難波宮・大阪城（NW93-5・10-1・OS07-4・SD02-1：断層・節理・裂罅）ほか多数 ○阿倍野筋北（AS08-1：断層）

（・・・・☆）寒川（2007）などによる。

▲ Matsuda（2000）のFig.9、松田（1995）などにより補足

○ 地震の時期対比の確かさが高い
△ 地震の時期対比の確かさが低い
？ 地震の時期対比の絞込みが難しい

縄文～奈良時代における古人骨の骨密度と骨塩量の時代変化

－同位体食性分析との比較から－

Temporal changes of bone density and mineral content in human skeletal remains from the Jomon to the Nara period : in comparison with isotopic dietary analysis

○瀧川渉(国際医療福祉大学)、進藤薫(エルクコーポレーション)、
米田穣(東京大学総合研究博物館)
○Wataru Takigawa (Int. Univ. of Health and Welfare), Kaori Shindo (Elk Corp.),
Minoru Yoneda (The Univ. Museum, The Univ. of Tokyo)

1. はじめに

本研究は、日本における先史～古代、とりわけ縄文時代から奈良時代にかけて、人間の解剖学的特徴や健康状態がいかなる変化を遂げていったのかを、遺跡から出土した古人骨の痕跡に着目し、該当期の社会変動や文化動態との比較を試みる課題の一環として取り組まれたものである。縄文時代のような定住性狩猟採集社会がやがて水稲農耕を導入し、国家の形成と律令制度による統治機構を展開させるに従い、労働形態や生活習慣、食性にも変化が生じる。このような生活様式上の変化が、人間の身体においても体格や健康状態、病変、生活痕といった変化に反映されることが、北米やヨーロッパの研究例でも示されている。今回は特に四肢骨における骨密度や骨塩(ハイドロキシアパタイトを主体とする無機質)量に焦点を当て、当時の食性との関連も踏まえ、両時代間の健康状態の変化について、定点観測的な検討を試みた。

2. 資料

対象となる古人骨資料は、宮城県東松島市に所在する里浜・川下響貝塚(いずれも旧鳴瀬町:縄文時代後～晩期)と矢本横穴墓群(旧矢本町:奈良時代～平安時代初頭)から出土した。両遺跡は、直線距離でも7-8km 程度しか離れていないため、縄文時代と奈良時代の相違を定点観測的に追うには好都合である。両遺跡とも成長が完了した成人(20 歳以上)の個体を多く出土しており、推定可能な限りの個体での年齢構成比としては、里浜縄文人で青～壮年(20-30 代)が 22 個体(66.7%)、熟年(40-50 代)が 10 個体(30.3%)に対し、矢本古代人で青～壮年が 27 個体(62.8%)、熟年が 16 個体(37.2%)である。Fisher の直接確率計算では、両集団間で年齢構成比に有意差は認められず、どちらも青～壮年個体の割合の方が多い。また、平均推定身長はどちらの時代とも男性 160cm 前後、女性 150cm 前後で、有意な時代差は確認されない。

3. 方法

上記の古人骨資料は、それぞれ年齢推定・性別判定を経た上で、以下のような検討が実施された。

①pQCT 法による四肢骨骨幹部の断面特性測定

両遺跡資料とも、上腕骨と大腿骨を選別し、末梢骨定量断層撮影法(peripheral Quantitative Computed Tomography: pQCT)により各骨の骨幹中央部をスライス領域に設定し、断面特性を測定した。対象となった骨は、いずれも骨幹中央部の保存状況が良好で、表面の風化や破損がなく、骨折等外傷やその治癒痕跡もないものである。使用したpQCT機種は、エルクコーポレーション所有の動物研究用骨密度測定装置 XCT Research SA+ (STRATEC Medizintechnik GmbH, Germany)で、対応ソフトウェアは Rev.6.20c である。スライス厚は 0.46mm、ボクセルサイズは 0.3mm である。各骨とも、測定面と骨軸が直交するように近位方向からガントリーに挿入し、ミニ水準器によって骨幹部の前面が測定台の上面と水平になるよう、合成ゴム製の粘着剤を用いて設置固定した。検討対象とした断面特性項目は、該当スライス領域における全骨断面積と皮質骨断面積(単位 mm^2)、全骨塩量と皮質骨塩量(単位 mg/mm)、全骨密度と皮質骨密度(単位 mg/cm^3)、である。どの項目も遺跡別・男女別にデータ集計し、集団間で有意差検定を行った。

②炭素・窒素安定同位体食性分析

できる限り肋骨や形態学的検討に活用できない骨片から試料を採取したが、各部位が分離散乱し個体識別が不能な人骨については、それぞれ頭蓋から計測点や形態小変異の観察に支障がない領域を選択した。抽出したコラーゲンから約 0.25mg を分取し、元素分析計(Carlo Erba NA1500)を用いて試料を燃焼し、二酸化炭素と窒素を分離・精製後にヘリウムキャリアガスとともに高精度安定同位体比質量分析器(Finnigan MAT252)で二酸化炭素と窒素を逐次的に導入し、炭素・窒素同位体比を測定した。測定に際しての標準誤差は炭素同位体比 ($\delta^{13}C$ 値)と窒素同位体比($\delta^{15}N$ 値)ともに 0.1‰程度である。この同位体比の δ 値とは、天然物質では同位体比の変動が非常に小さいため、標準物質からの偏差を千分率で表記したものである。炭素では標準物質に PeeDee 層出土ベレムナイト化石(PDB)を用い、次式で定義される。

$$\delta^{13}C = \left(\left({}^{13}C / {}^{12}C \right)_{sample} / \left({}^{13}C / {}^{12}C \right)_{PDB} - 1 \right) \times 1000$$

同様に窒素の場合は、大気窒素(AIR)を標準物質として、$^{15}N/^{14}N$ 比の変動を示す。

このような過程を経て得られた各サンプルの $\delta^{13}C$ 値と $\delta^{15}N$ 値は、それぞれ遺跡別・男女別にデータを集計し、集団間で有意差検定が実施された。

4. 結果

①pQCT 法による四肢骨骨幹部の断面特性測定

男女どちらにおいても、上腕骨・大腿骨の両方の部位とも、骨幹中央部の全体の断面積そのものには有意な時代差は認められなかった。しかし、髄腔の断面積が矢本古代人で拡大していることから、それに応じて皮質骨の厚さも薄くなり、断面積も有意に減少することが確認された。一方、骨塩量については、全体および皮質骨のいずれについても矢本古代人では有意に低下し、骨密度に関しても全体・皮質骨の両者で有意に減少することが明らかとなった。すなわち、この地域の縄文人と古代人は、外見上の体格としては推定身長や四肢骨の太さでほぼ同様であるが、骨格内部においては後者の方が骨密度・骨塩量ともに低く、強度の面でも脆い構造を呈していることが示された。

②炭素・窒素安定同位体食性分析

分析試料のうちコラーゲンの C/N 比が 2.9～3.6 の適正範囲に収まったもののみを採用したところ、里浜・川下響縄文人および矢本古代人とも、$\delta^{15}N$ 値は 11～14‰の間に位置付けられるが、その平均値は後者の方が有意に低い値を示した($P<0.05$)。また $\delta^{13}C$ 値については、里浜・川下響縄文人で-17～-15‰、矢本古代人はそれよりも低く-21～-19‰の範囲にそれぞれ収まり、その平均値に明らかに有意差が認められた($P<0.001$)。これらを食物値に補正して他の食物資源のデータ数値と比較してみると、里浜・川下響縄文人は海産魚類にタンパク源を大きく依存した食性であったことが推測される一方、矢本古代人では海産資源への依存度が大幅に薄れ、タンパク源としては主として淡水魚類を摂取していた可能性が示唆された。

5. 考察とまとめ

当地域では推定身長や骨の断面積そのものに関する限りでは縄文人と古代人の間で有意な差が認められないが、奈良時代の方が骨密度や骨塩量のいずれもが男女ともに減少することが確認された。骨密度や骨塩量の低下は加齢変化の一種として認識されることがあるが、両時代とも青～壮年の割合の方が多く、年齢層の構成比にも大きな違いがないことから、年齢構成の相違に由来するものとは考えにくい。この現象は、安定同位体による食性分析の観点から解釈可能である。里浜縄文人は貝塚出土の動物遺存体の内容からも明らかなように海産魚類を多く摂取していたが、矢本古代人ではその傾向が薄れた点が指摘される。海産魚類には骨材料となるカルシウムやリン等の無機質が多く含まれ、腸管でのカルシウム吸収や代謝に必須のヴィタミン D も豊富である。奈良時代には穀類や野菜などの植物性食料を中心に、わずかな淡水魚を摂取する食生活を日常送っていたことが想定されるため、カルシウムやヴィタミン D の慢性的な不足をもたらした結果、骨密度や骨塩量の低下を来し、さらには骨格の断面構造も脆弱になった可能性が考えられる。

＊本研究内容に関する問い合わせ・連絡先→ E-mail アドレス: takigaww@iuhw.ac.jp (瀧川 渉) まで。

古海洋環境利用評価のための多次元情報による海流モデリング
ー東京湾を対象としたヒトとモノの動きの理解ー

Ocean current simulation in the bay of Tokyo

○茂木　孝太郎(同志社大学文化情報学部)，津村　宏臣(同志社大学文化情報学部)，
宇佐美　智之(同志社大学文化遺産情報科学研究センター)
○Kotaro Mogi(Faculty of culture and information science,Doshisha University),
Hiro'omi Tsumura(Faculty of culture and information science,Doshisha University),
Tomoyuki Usami(Research Center for Knowledge in Cultural Heritage,Doshisha University)

1. 本研究の視点

『古東京湾』が幾度もの地殻変動を経て現在の形に至ったのは広く知られており，陸上環境と海中環境の接点から，東京湾においてこれまで地形，地質，気象，環境問題など，多くの研究が行われてきた。本研究では，過去の人類がいかに東京湾を利用していたかという視点から，多様な変動を成してきた湾内海中古環境の再構築および海流モデリングを目的とし、併せて海路利用や資源獲得・消費といった先史人類の行動の把握を期待するものである。ここでは，浦賀水道を含めない東京湾（内湾）を『古東京湾』と定義しつつ，情報の取得・データ化の手続きを踏まえ，縄文時代の海底地形 DEM（Digital Elevation Model）の構築手法を示す。この一連のプロセスに基づき，今後の海流モデリングの実践的アプローチについて展望する。なお，本研究で使用する基盤データは，貝塚ら（1993）の先行事例による。

2. 海底地形 DEM の作成

まず，東京湾の海底地形の等高線図，底質図，地殻変動の等高線図，埋没谷底図をデジタイズによってデータ化，幾何補正を実施し，GIS（Geographic Information System）に格納した（Fig.1）。これらのうち，海底地形および地殻変動を示す 2 種類の等高線に空間内挿を施し，連続量レイヤーとして描出した。この地殻変動量について，関東ローム層にはさまれる火山のフィッショントラック年代測定により，約 12 万年前の下末吉海進の影響で拡大された海域が明らかとなっているため，本研究では，ここから 1/12 万年分の地殻変動量を算出し，これを縄文時代までの地形変化として読み換えた。

これらの海底地形属性のレイヤー群を地図代数的に処理し，海底地形から 1 万年分の地殻変動量，および谷底の埋没量を減算して構築した縄文海底地形 DEM が Fig.2 である。これは，湾の構成を変動させる海底環境属性の複数の組み合わせから『古東京湾』の骨組みを再構築したことと位置づけられ，海流モデリングの基盤情報となる。

Fig.3 では，この DEM から傾斜角と傾斜方位をそれぞれ計量し，標高値の属性と併せて各ピクセル出現比率の推移を示した。これにより，湾内の地形的な特性を可視化することができる。重要なことは，こうした一連の手順による研究基盤の構築が，従来の質的

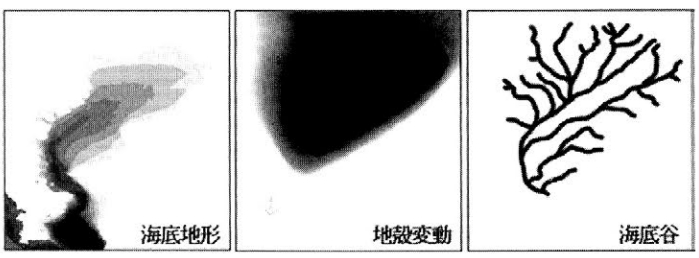


Fig.1 各レイヤーの作成

な理解を乗り越え，海流が受ける影響性を“量”として多重的に比較検討できる点にある。潮流や水温分布，堆積速度などを含め，他の関連属性情報との組み合わせから，今後より具体的に海流にアプローチすることが可能となるだろう。

3．展望と期待

古環境の復原に際し，単一の環境因子に依拠した歴史記述はこれまでにも数多く取り組まれてきたが，複数の因子が相互に影響を及ぼす状況と対峙する場合，いかに多次元的な情報を評価し，分析に反映させるかといった点がきわめて肝要となる。今後，こうした考え方が海流モデリングの理論化を推進することは明らかで，それがヒトとモノの動きの解釈をより“確からしい”ものとするだろう。

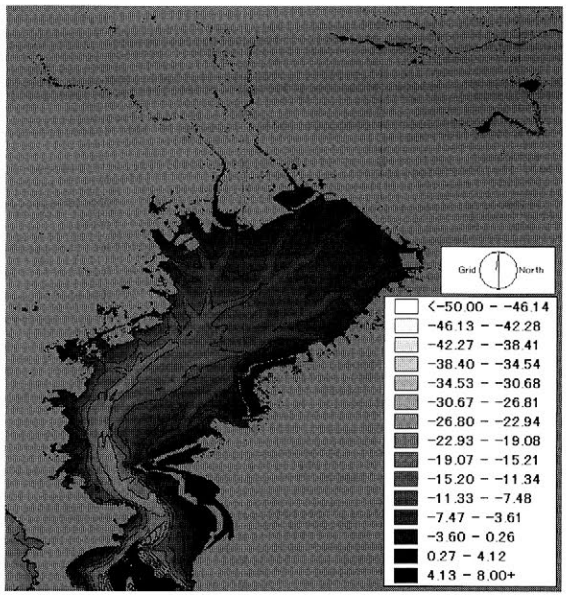


Fig.2 縄文海底地形 DEM

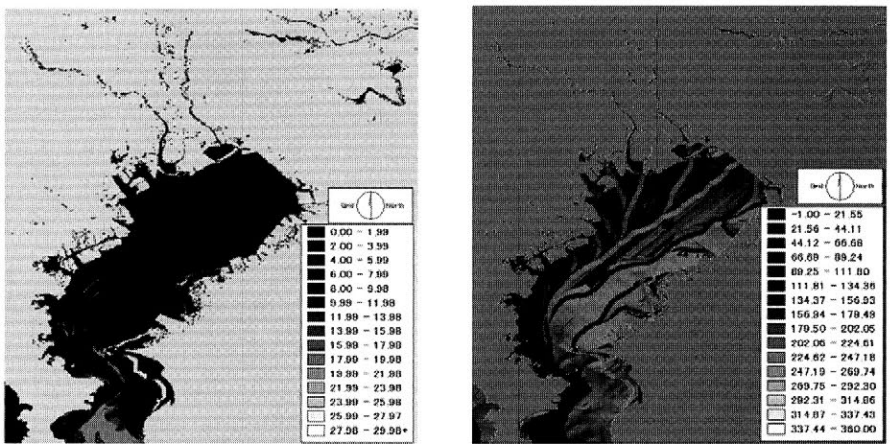


Fig.3 傾斜角度（左）と傾斜方位

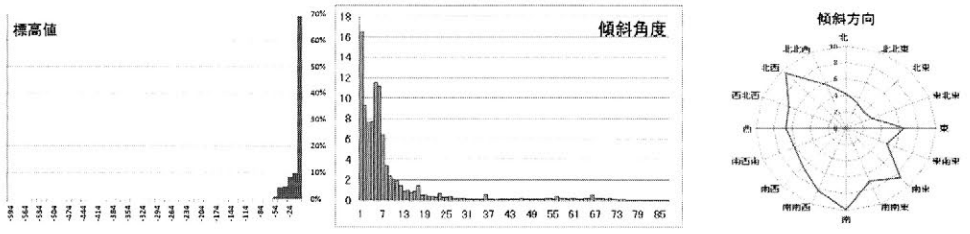


Fig.4 縄文海底地形量の抽出例

参考文献

貝塚爽平（編）1993『東京湾の地形・地質と水』

北海道伊達市有珠地区の遺跡群から復元されたアイヌ文化期の古環境

-調査速報-

Paleoenvironment of Ainu Era- Preliminary Survey Report at the Sites of Usu in Date City, Hokkaido.

○添田雄二（北海道開拓記念館）・青野友哉[*1]・菅野修広[*2]・松田宏介[*3]・中村賢太郎[*4]・上中央子[*5]・三谷智広[*6]・渡邊　剛[*7]・宮地　鼓[*7]・鈴木明彦[*8]・圓谷昂史[*8]・鈴木正章[*9]・伊達元成[*1]

○Yuji Soeda(Historical Museum of Hokkaido), Tomoya Aono[*1], Nobuhiro Kanno[*2], Kousuke Matsuda[*3], Kentarou Nakamura[*4], Hisako Uenaka[*5], Tomohiro Mitani[*6], Tsuyoshi Watanabe[*7], Tsuzumi Miyazi[*7], Akihiko Suzuki[*8], Takafumi Enya[*8], Masaaki Suzuki[*9] and Motoshige Date[*1]

15世紀から20世紀初頭までは、小氷期（Little Ice Age）と呼ばれる寒冷期であった。小氷期は、過去1万2000年間を通じて最大の寒冷期であったことが知られている。この時期の北海道ではアイヌ文化が展開されていたが、北海道の小氷期の実態を復元した研究や人々へ与えた影響についての研究はほとんど行われてきていないのが現状であった。そこで、北海道における小氷期最寒冷期の実態とアイヌ民族との関係を明らかにするため、小氷期の中でも特に寒冷であった17世紀と19世紀の環境に関する具体的なデータを学際的手法で蓄積し、異常な寒さがアイヌ民族へ与えた影響を検証することとした。本研究では、17（または19）世紀に限定できる遺構・遺物を含むアイヌ民族の遺跡を発掘し、自然環境と密接な関わりのある畑跡や貝塚を対象として各種分析を行うこととした。

有珠地区は、北海道南西部噴火湾沿岸の伊達市北端に位置し、本研究での発掘条件を有するアイヌ民族の遺跡が多数存在する。平成23（2011）年は、新たに発見した遺跡を対象として発掘調査を実施したが、本発表では、遺跡の基礎データと主に古環境に関する以下の研究成果を速報する。

（1）カムイタプコプ下遺跡の発掘調査の結果、有珠山火山灰（AD1663）の上位に墓を2基、同火山灰と駒ヶ岳火山灰・噴火津波堆積物（AD1640）の間に畑跡、同津波堆積物とB-Tm（10世紀）の間にチセ跡（住居址）と貝塚をそれぞれ確認した。チセは、噴火湾沿岸・北海道南部で初の発見となった。

（2）炉址から検出された炭化アワ・材のAMS年代測定の結果、カムイタプコプ下遺跡のチセは15世紀後半の住居址であることが判明し、16世紀前半まで使用されていた可能性がある。また、貝塚は15世紀末～1640年の間に形成されたことが判明した。

（3）貝塚出土貝類の群集解析の結果、当時、対馬暖流（=津軽暖流）の勢いが弱まっており、相対的に寒流の千島海流が優勢であった可能性がある。また、その他の動物遺存体の解析の結果、本貝塚が春を中心に形成された可能性が高いことが判明した。さらに、同地区のポンマ遺跡の貝塚出土アサリの酸素・炭素安定同位体比から、1640年～1663年は現在よりも夏の日数が少なく乾燥した厳しい環境であったことが判明した。また、アサリに代表される天然の海産生物は、成長する日数を環境に応じて減少させ、また、性的熟成までの年数および寿命を増やすなどにより当時の環境に適応していた。

＊1　伊達市噴火湾文化研究所（Date City Institute of Funkawan Culture）、＊2　登別市教育委員会（Noboribetsu City Board of Education）、＊3　室蘭市教育委員会（Muroran City Board of Education）、＊4　株式会社パレオ・ラボ（Paleo Labo Co.,Ltd）、＊5　東北大学・植物園（Botanical Gardens, Tohoku University）、＊6　洞爺湖町教育委員会（Toyako Town Board of Education）、＊7　北海道大学大学院理学研究院（Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University）、＊8　北海道教育大学札幌校（Hokkaido University of Education Sapporo）、＊9　道都大学（Dohto University）

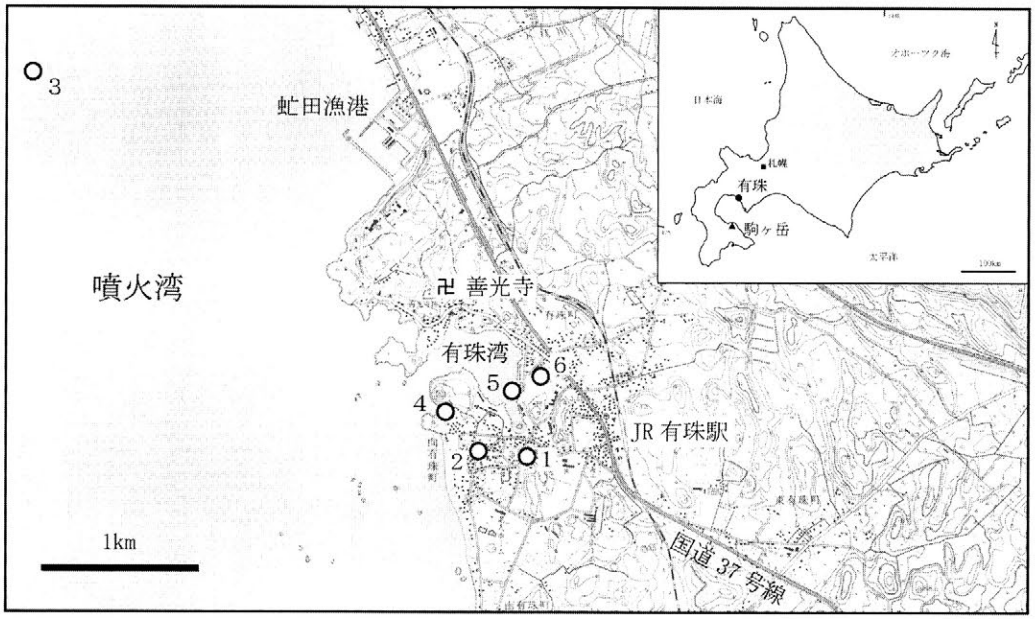


図１　調査地点（国土地理院発行 25000 分の１地形図「虻田」の一部を基図として使用）
１：カムイタプコプ下遺跡、２：ポンマ遺跡、３：水温・塩分観測地点、４：現生アサリ採取地点（ポン澗）、５：現生アサリ採取地点（有珠湾南東岸）、６：地蔵堂（旧善光寺如来堂）

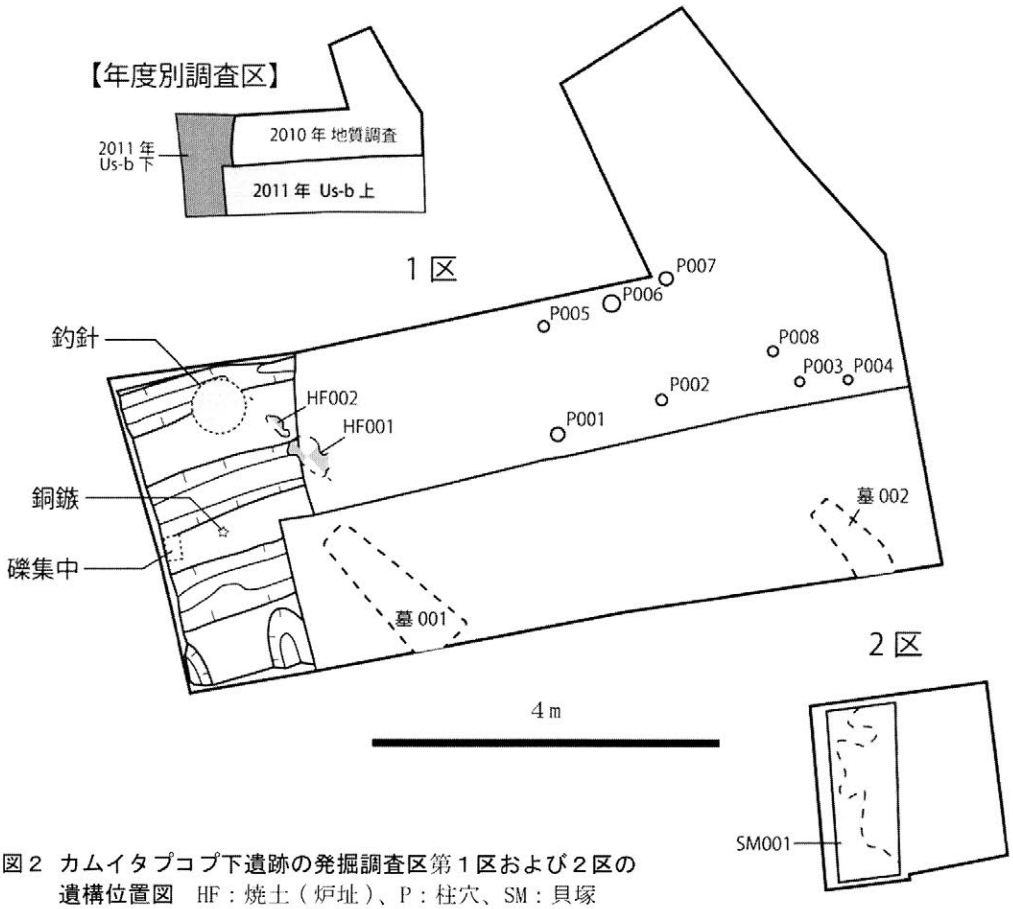


図２　カムイタプコプ下遺跡の発掘調査区第１区および２区の遺構位置図　HF：焼土（炉址）、P：柱穴、SM：貝塚

中国長江下流域の稲作文明の環境

Environment of the rice civilization in the lower Yangtze region, China

○金原正明（奈良教育大学）、中村慎一（金沢大学）
鄭雲飛 Zheng Yunfei、孫国平 Sun Guoping（浙江省文物考古研究所）
金原正子（古環境研究所）

1．はじめに

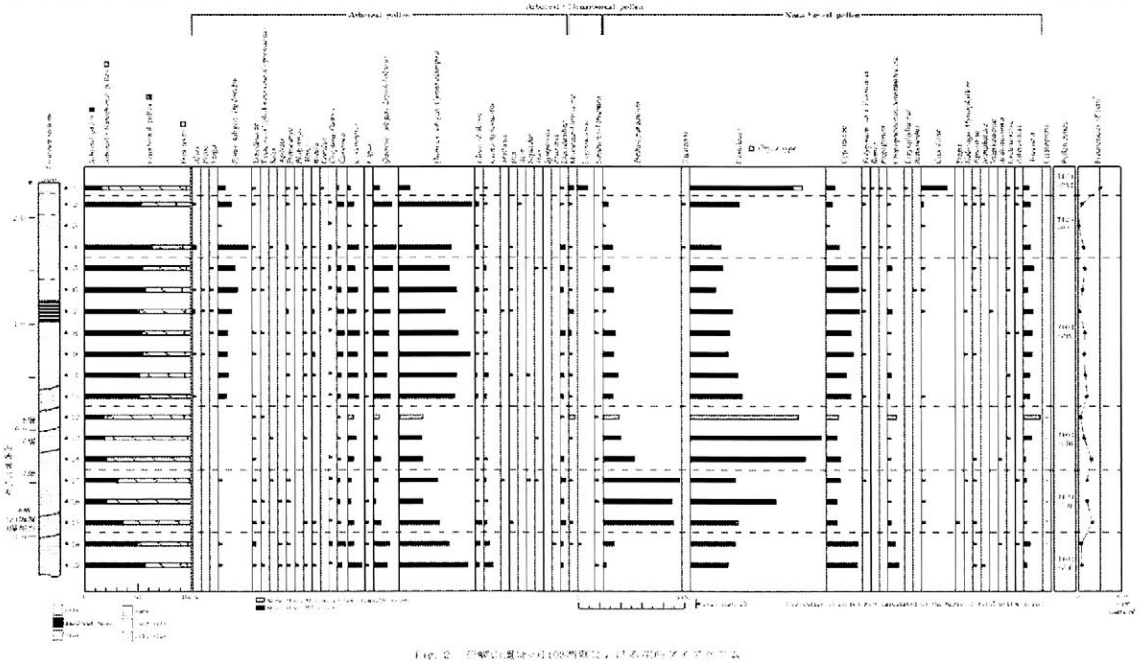
中国長江下流域には、河姆渡文化を代表とする初期稲作文化の遺跡が分布している。河姆渡文化期以前には跨湖橋文化期や黄山文化期などがあり、その後には良渚文化期などが続く。本発表では、科研費（中村代表）で近年調査された河姆渡文化期の田螺山遺跡の成果を中心に長江下流域の稲作文明の環境と栽培植物と栽培様相について、植物遺体の分析学見地から明らかにしていく。

2．田螺山遺跡における分析

T103 西壁で花粉分析、珪藻分析、寄生虫卵分析を行い、古環境と古植生の復原の推定を行った。表土面は標高2.3mであり、上位より現代の作土の灰色シルト、褐灰色シルト、灰褐色シルト、灰褐色砂泥細互層、黒灰色粘土、黒灰色砂が堆積し、その下部に河姆渡文化期の黒褐色砂質シルト（5層、標高0.2～0m）、褐灰色シルト粘土（6層、0～-0.2m）、灰褐色砂質シルト（7層、-0.2～-0.8m）、灰色シルト（8層、-0.8～-1.0m）が続き、最下部は黒色粘土（-1.0～-1.4m）が分布する。8層で河姆渡遺跡第4層に相当し、約6500年前の放射性炭素年代値を示す。

（1）田螺山遺跡と海水準の変動

珪藻分析から、最下部の黒色粘土は干潟の環境が示され、田螺山遺跡が形成される以前に、海進により海水準は標高－1.0mまで高くなってきていた。河姆渡文化期にあたる5層・6層・7層・8層の時期は、海水の影響のない河辺湿地となり、この時期の海水準は－2.0m以下まで低下したとみなされる。寄生虫卵（鞭虫卵）が検出され、本遺跡が形成され、定住と人口集中が行われる。上部の黒灰色砂（0.2～0.4m）から黒灰色粘土（1.0～0.4m）は内湾の環境が示唆され、大きく海進し、少なくとも標高2mまで海水準が上昇する。黒灰色砂は海進初期に浸食され潮汐など水流に淘汰され形成された砂と考えられる。以上から、田螺山遺跡は河辺の淡水域に形成された。黒灰色粘土最



田螺山遺跡における環境の変遷

標高m（深度）	層名	岩相	試料	寄生虫卵	珪藻分析による環境（優占する珪藻）	珪藻帯	花粉分析による植生、環境（優占する花粉）		花粉帯
		灰色シルト	1		不安定な水域 (*Navicula pupula*)	DVI	水田　畑 (イネ科、イネ属型、アブラナ科)	森林の減少	PVI
2.0		褐灰色シルト	2		乾　燥	DV	耕作地 (イネ科)	照葉樹林を主とするが、ニヨウマツ類とナラ類の二次林のが増加	PV
			3						
			4		(珪藻が出現しない)				
			5				草本湿地 -周辺に水田が分布- (イネ科、カヤツリグサ科)		PIV
1.0		灰褐色シルト	6		汀　線 -海面低下-	DIV		(アカガシ亜属を主に、マツ属複維管束亜属、コナラ属コナラ亜属)	
		灰褐色砂泥細互層	7						
		黒灰色粘土	8		(珪藻が少ない、真・好塩性種)				
			9		内　湾 -海面上昇-	DIII			
			10						
		黒灰色砂	11		(*Cyclotella striata-stylorum*)				
0.0	5層	黒褐色砂質シルト	12	鞭虫卵	河辺湿地 -海面小低下-	DII	草本湿地 (イネ科)	照葉樹林	PIII
	6層	褐灰色シルト粘土	13						
	7層	褐灰色シルト粘土	14						
			15				淡水草本湿地～浅水域 (ガマ属-ミクリ属、カヤツリグサ科)		PII
			16	(文化層)	(*Gomphonema parvulum*, *Amphora montana*)				
-1.0	8層	灰色シルト	17						
		黒色粘土	18		干　潟 -海面上昇-	DI	草本湿地 (イネ科、カヤツリグサ科)	(アカガシ亜属)	PI
			19		(*Amphora brevipes*, *Nitzschia granulata*)				

上部の灰褐色シルトは真塩性種（海水生種）から中塩性種（汽水生種）の珪藻がわずかに出現し、灰褐色砂泥細互層をはさみ、海退時の汀線付近の堆積とみなされる。この時期には現在の標高 0.0 m前後まで海退したと推定される。以上のように、田螺山遺跡は海進期の中の海進が停滞および小海退期の淡水域の河辺に形成された遺跡であった。田螺山遺跡をはじめ、河姆渡文化期の遺跡は、同様の立地、淡水域の縁辺に形成されたと考えられる。

（2）植生と栽培植物

下部の黒色粘土から河姆渡文化期にあたる５層・６層・７層・８層の時期は、周辺に*Cyclobalanopsis*(アカガシ亜属)を主とする照葉樹林が分布していた。最下部の黒色粘土の時期は、イネ科（Gramineae）とCyperaceae（カヤツリグサ科）の生育する塩性湿地および干潟であったが、５層・６層・７層・８層（試料12～17）の時期は、*Typha latifolia* L.（ガマ）とイネ科の繁茂する河辺の湿地から浅水域になる。イネ科は大型のヨシなどが考えられる。黒灰色砂より上部の内湾から陸化した時期では、アカガシ亜属を主とする照葉樹林に加え、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*（コナラ属コナラ亜属）、*Pinus* subgen. *Diploxylon*（マツ属複維管束亜属）、*Castanea*（クリ属）の二次林が増加し、周辺に広くはないが水田も分布していた。他に河姆渡文化期末期の水田跡の分析を行ない、多様な水田の環境が示唆される。また、田螺山遺跡では多くのドングリ貯蔵穴、ヒシなどの食用となる種実類や炭化米が出土し、確認できた栽培および食用種実はイネ、ウリ、ヒョウタン類、モモ、ウメ、スモモ、ヒシ属、オニバス、イチイガシ、クヌギ、チャンチンモドキがある。

３．長江下流域の環境

田螺山遺跡は海進期の中でピーク期以前の海進が停滞および小海退し淡水域となった河辺に形成された遺跡であった。遺跡の面する河辺には湿地が分布し、ガマとイネ科の大型の水生植物が繁茂していた。そして、周辺にはアカガシ亜属を主とする照葉樹林が分布していた。海進のピーク期には、内湾の海底に沈み、立地としては跨湖橋遺跡なども類似し、河姆渡文化期および跨湖橋文化期の集落の共通した立地条件であるとみなされる。田螺山遺跡では多くのドングリ貯蔵穴の検出や動物骨も出土しており、生業が水田稲作と堅果類などの採集と狩猟から成り立っていたと考えられる。遺跡の立地が淡水の水辺に形成される必要条件から、行っていた可能性が強く考えられる。今後、良渚遺跡群の分析を進め、以後の環境の変化と農耕の様相を追う予定である。

寛永寺出土徳川将軍親族遺体の環境考古学的分析

Environmental Archaeological Analysis on human remains
of Tokugawa Shogun family unearthed from Kan-eiji temple

○金原正子（古環境研究所）　松井 章（奈良文化財研究所）　金原正明（奈良教育大学）
○Masako Kanehara(Paleoenvironment Research Institute, Co. Ltd),
Akira Matsui(Nara National Research Institute for Cultural Properties)
Masaaki Kanehara(Nara University of Education)

1. はじめに

寛永寺谷中徳川霊園御裏方墓所の調査では、埋葬されたそれぞれの遺体の腹部付近の試料（堆積物）を採取し、被葬者の特定の寄生虫への感染や、亡くなる直前の食生活、健康状態、埋葬季節などに関する情報の抽出を試みた。海外では埋葬人骨の消化器官に由来すると考えられる試料を分析し、未消化の食物残渣や花粉、寄生虫卵の検出が行われてきたが、これまで日本の考古学では、発掘中に検出された埋葬遺体の腹腔付近から被葬者の消化器官に由来するとみなされる試料の採取を行ったことはほとんどなく、国内では本例が詳細に調査を行った初めての例となる。

2. 試料と方法

試料を表に一覧する。分析は実体顕微鏡による観察、有機質微遺体分析、無機質微遺体分析を行った。

3. 分析結果と考察

1）8号墓 浄観院-2-14、同-3-20 からは、それぞれキク亜科、フトモモ科の花粉が検出され、亡くなる直前に同科のチョウジなどを薬用として服用したと考えられる。6号墓 本壽院と 11 号墓 貞明院の試料からは、ベニバナ花粉が少量検出され、薬用か化粧品の原料であったと考えられる。

2）15 号墓 澄心院-30・31、16 号墓 被葬者不明墓-1-1、23 号墓 香琳院-38 の4試料からは、回虫卵および鞭虫卵が低密度に検出され、澄心院と 16 号墓 被葬者、香琳院が寄生虫症に感染していた。低密度であり、他の遺体

表　試料一覧・優占花粉・埋没年

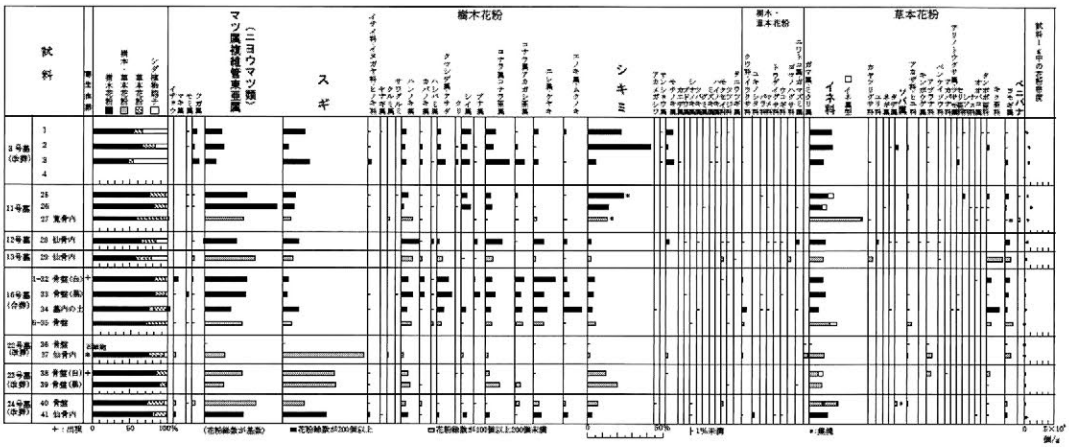
試料No.		優占する花粉	開花期	院号	没年・埋葬・改葬
墓号	採取部位および性状	（上から優占順）			
3号墓（改葬）	石灰の混ざる褐色有機質粒状物	シキミ	3-4月	蓮浄院	明和9(1772)年4月18日没 近代寛永寺谷中改葬
		スギ	3-4月		
		ニヨウマツ類	4-5月		
		イネ科	6-11月		
		コナラ亜属	4-5月		
4号墓（改葬）	石灰塊	—		安祥院	寛政元(1789)年4月6日没 近代寛永寺谷中改葬
6号墓	有機質粒状物	—		本壽院	明治18(1885)年2月3日没
7号墓	有機質粒状物	—		實成院	明治37(1904)年11月30日
8号墓	骨盤腔内・仙骨	キク亜科	—	淨観院	天保11(1840)年1月24日、2月6日出棺、埋葬
		フトモモ科	—		
9号墓（火葬）	石櫃内No.57小壺内	イネ植物珪酸体		高巖院	延宝4(1676)年8月5日、9日出棺、火葬、埋葬
11号墓	褐色有機物かたつむり（＋）	ニヨウマツ類	4-5月	貞明院	天保11(1840)年5月8日没、11日出棺、埋葬
		シキミ(集塊)	3-4月		
		イネ科・イネ属型	6-11月		
		スギ	3-4月		
	寛骨内	イネ科	6-11月		
12号墓	仙骨内	ニヨウマツ類	4-5月	心観院	明和8(1771)年8月20日、9月10日出棺、埋葬
13号墓	仙骨内	ニヨウマツ類	4-5月	證心院	享保18(1733)年10月3日、13日出棺、埋葬
15号墓	朱	—		澄心院	嘉永3(1850)年6月24日没、7月3日出棺、埋葬
16号墓（合葬）	骨盤・墓内の土	ニヨウマツ類	4-5月	壽光院	寛保元(1741)年10月10日没
		ニレ属-ケヤキ	3-5・9月		
		イネ科	6-11月		
	-6骨盤	ニヨウマツ類	4-5月		
		イネ科・イネ属型	6-11月		
22号墓（改葬）	骨盤・仙骨内	スギ	3-4月	至心院	延享5(1748)年2月26日没、3月12日出棺、埋葬 昭和5年寛永寺谷中改葬
		ニヨウマツ類	4-5月		
23号墓（改葬）	骨盤・黒色部分	スギ	3-4月	香琳院	文化7(1810)年5月20日没、31日出棺、埋葬 昭和5年寛永寺谷中改葬
		ニヨウマツ類	4-5月		
		シキミ	3-4月		
24号墓（改葬）	骨盤・仙骨内	ニヨウマツ類	4-5月	蓮光院	寛政3(1791)年3月8日没、19日出棺、埋葬 昭和5年寛永寺谷中改葬
		イネ科(集塊)	6-11月		
		スギ	3-4月		
25号墓（改葬）	骨盤および頭骨	—		淨圓院	享保11(1726)年6月9日没、16日出棺、埋葬 昭和5年寛永寺谷中改葬

の試料からは検出されず、よく駆虫されていたと考えられる。

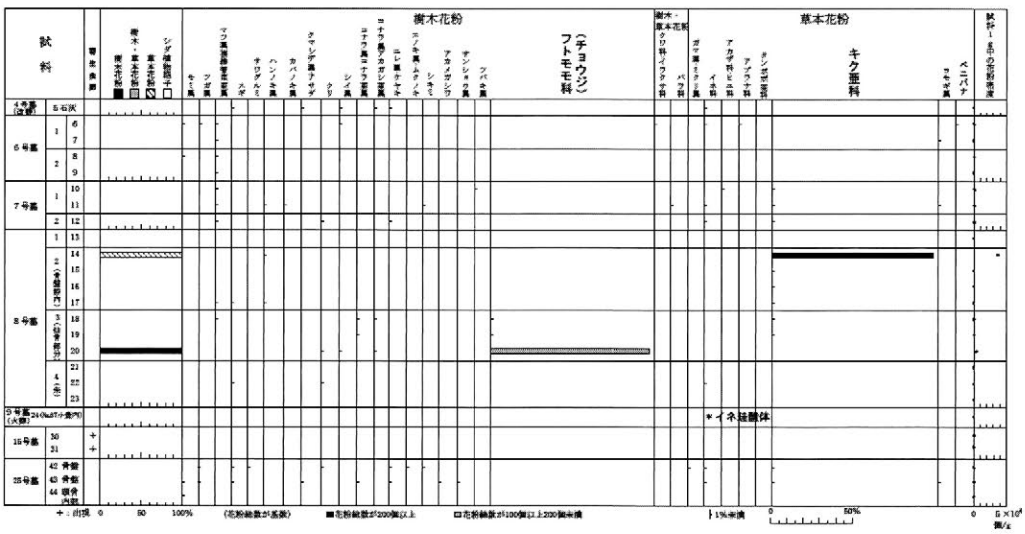
3）墓地の周囲には、シキミが多く植えられ、その他にニヨウマツ類やスギの樹木、イネ科の草本も多かった。他にハンノキ属、カバノキ属、クマシデ属－アサダ、コナラ属コナラ亜属（ナラ類）、ニレ属－ケヤキ、エノキ属－ムクノキ、コナラ属アカガシ亜属（カシ類）、モチノキ属やイチョウも植栽されていた。

4）花粉分類群から季節性を推定したところ、3号墓 蓮浄院（改葬）、11号墓 貞明院、22号墓 至心院は花粉種が優占する植物の示す開花期と埋葬時期が4月と一致した。優占する花粉が埋葬季節としても、複数の季節を示す花粉が含まれ、他の墓の試料では複数の季節を示す複数の花粉の出現率が高かった。遺体の腹腔内から試料採取を行った試料であっても、遺体の腐敗や木棺材などの腐朽により、外部の堆積物が混入していることが示唆される。

5）9号墓 高巌院（火葬）-24（No.57 小壺内）では、イネの葉柄の短細胞由来の植物珪酸体のみならず、葉柄自体も認められた。イネの葉柄やそれが灰化したものが存在していたみなされる。同時に検出された珪藻はイネに付着していたと考えられる。



寛永寺近世墓所調査における分析結果ダイアグラム（1）



寛永寺近世墓所調査における分析結果ダイアグラム（2）

勝負砂古墳におけるX線CTスキャナを活用した出土遺物の調査

The investigation using the X-rays CT scanner about objects discovered by Shobuzako tumulus.

○ 松木武彦（岡山大学大学院）・鳥越俊行・輪田 慧・今津節生（九州国立博物館）
○ Takehiko Mathugi(Okayama University), Toshiyuki Torigoe Kei Wada, Setuo Imazu (Kyusyu National Museum)

1. はじめに

勝負砂古墳は、岡山県倉敷市真備町下二万字勝負砂に所在する、墳丘の長さ約 42mの前方後円墳である。岡山大学考古学研究室は、この古墳の墳丘や周溝の形状、盛土の構築手法、埋葬施設の形態や内容などを明らかにするために、2001年以来8次にわたって発掘調査を実施してきた。2007年（第7次）および2008年（第8次）の発掘調査では、後円部のほぼ中央、墳頂平坦面下深さ約 4mを基底として築かれた竪穴式石室を精査し、多数の副葬品を初めとする多くの情報を得ることができた。

第7次発掘調査は、おもに文部科学省科学研究費と学長裁量経費により、倉敷市教育委員会・倉敷埋蔵文化財センターの協力を得て、考古学研究室の教員と大学院生・学生を中心に、2007 年2月下旬から7月末までの約5ケ月間をかけて行った。さらに、石室の基礎構造等を調べるために、第8次発掘調査を、同様の体制で2008年2月下旬から4月初旬までの約40日間実施した。

本古墳は、まず地山面を整形して竪穴式石室を構築し、木棺・遺骸・副葬品を容れて葬送儀礼を済ませた後にその上に盛土を施して墳丘を築くという、通常の日本列島の古墳にみられる伝統的な工程とは逆の手順で築造されていた。竪穴式石室は、長さ 3.59m、幅 1.1～1.2m、高さ約1mであるが、底面に 25～30cm の置土を施し、四周を低く中を高くしてその上面に小礫を敷き、棺床としている。壁体は角礫に粘土をはさみながら構築しており、上に述べた石室と墳丘の構築手順とともに、朝鮮半島南部の加耶地域からの影響を受けたものと考えられる。木棺の構造は、現在も検討中であるが、棺床上面が中軸線に沿って緩く凹むこと、および鎹の出土から、U 字形の底面をもった組み合わせ式のものであったと推測される。棺を収めた後、石室は8枚の蓋石を被せられ、さらに粘土で密封されている。その上に厚さ約3mの墳丘盛土が施されている。蓋石の上面および石室の壁面・床面は、主として非接触3Dデジタイザー（VIVID）により、誤差約2mm 以内の精度をもって記録された。

2. 遺物の取り上げと科学調査

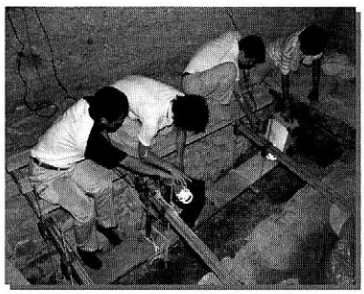
石室内には、人骨・歯のほか青銅製の鏡1面、青銅製の部品を含む馬具1式、横矧板鋲留短甲1領、鉄刀2本、鉄矛2本、矢3束 100 本以上（うち1束は胡簶入り）、鉄製農工具（鎌・斧・鍬・鑿・刀子など）約 20 点、滑石製臼玉約 100 点、砥石4点、土器2点など、武装具を中心とした質量ともに豊かな副葬品が出土した。型式や特徴から、5世紀後半の所産と考えられる。未盗掘であったため、約 1500 年前の埋葬当時の空間がそのままの形で残されており、金属製の副葬品に本来伴っていた有機質など、通常は朽ち果てて残らない品物や情報が良好な状態で保たれていた。

従来、副葬品の記録作業はすべて出土現場にて行われ、有機質も含めて複雑に絡み合った遺物を発掘現場で解体しながら取り上げることが行われてきた。しかし、いかに多くの写真や図面を用いても、結局は遺物が混乱・散逸して努力が水泡に帰する場合が多かったことは否めない。また、危険で環境の悪い発掘現場に長く置くことで遺物の劣化も激しく、調査員の疲労の蓄積、調査日数の延長による調査費用の濫費という弊害もみられた。

そこで、今回の勝負砂古墳の調査においては、きわめて脆くて失われやすいものを含む副葬品全般の精確な配置を、それが置かれた棺床や石室の詳細とともに、非接触3Dデジタイザー（VIVID）によって細大漏らさず3次元で記録したのち、個々に取り上げられるもの以外は、なるべく大きな単位ごとに医療用ギブスで固めてそのまま取り上げた。そして、細かい観察精度と時間を要する細部の記録と解析は、いわば「実験室内発掘」として研究室において実施する形をとった。

その過程で、副葬品は 2008 年8月、2010 年9月、2012 年1月の3次にわたって九州国立博物館に運搬し、文化財用の高精度 X 線 CT スキャナ(以下 CT)で内容や構造の分析を行った。この分析には、同一の副葬品から、①「ギプスに包まれた状態」、②「ギプスを外し、個々の部材に解体した状態」、③「保存処理を終えた状態」、④「保存処理から一定の時間が経過した状態」で、各々いかなる精度と性格の情報が得られるかを試すとともに、取り上げ後および保存処理後の遺物の継時的変化をチェックするという意味合いももっている。

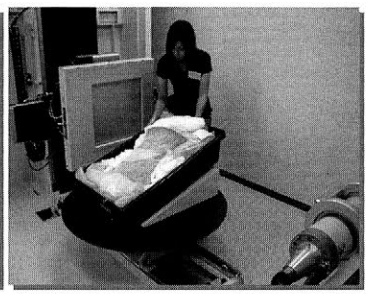
馬具は、青銅製の鈴付はみえだ轡と五鈴杏葉を中心とするセットで、前者には組紐状繊維製品が付属している。轡と杏葉の鈴には小石かとみられる不整球状の固形物が封入され内部に鋳着しており、その鋳着の位置から副葬当初の設置角度などを推測することも可能である。また、組紐状繊維製品は、3本の繊維を撚紐状に束ねた単位からなる構造が明らかになった。また、馬具にはイネ科植物とみられる藁束状の部分が付属する可能性がある。鏡と短甲は、吉松茂信氏(宮内庁正倉院事務所)によって付着繊維の分析が進行中で、表面は水銀朱(HgS)で着色した裂を含む何層もの布帛に覆われ金属面は見えず、さらに片面には木棺材が分厚く付着していたにもかかわらず、文様は CT 調査で把握することができ、おおよその鏡式が特定できた。そのほか、鉄鏃、鉄矛、土器などについても随時 X 線 CT 撮影とその解析を実施中で、多くの知見が得られつつある。



3Dﾃﾞｼﾞﾀｲｻﾞによる測量



医療用ｷﾞﾌﾞｽによる取り上げ



X線CTｽｷｬﾅによる調査

3. まとめ

このように、勝負砂古墳の調査では、岡山大学考古学研究室と九州国立博物館の共同作業により、3D 測量で位置関係を精細に記録した後に、医療用ギブス等を用いて一定範囲の遺物をそのままの位置関係で取り上げ、CT による撮影を行ってから環境の良い室内でその後の解体や個々の品目の分析を行うという手法をとった。従来、有機質も含めて複雑に絡み合った遺物を発掘現場で解体しながら取り上げることが行われてきたが、こうした作業においては、いかに多くの写真や図面を用いても、結局は遺物が混乱・散逸して努力が水泡に帰する場合が多かったことは否めない。さらに、危険で環境の悪い発掘現場に長く置くことで遺物の劣化も激しく、調査員の疲労の蓄積という弊害もみられた。今回、勝負砂古墳で行った手法は、こうした問題の多くを大幅に軽減するものである。

勝負砂古墳で実施した新しい調査方法

1. 3Dﾃﾞｼﾞﾀｲｻﾞによる、遺物の位置関係の三次元記録
2. 医療用ギブスによる、遺物と周辺有機物の取り上げ
3. X線CTｽｷｬﾅによる、遺物と周辺有機物の三次元記録
   金属と有機物の関連性調査(第1回CT調査)
4. 室内での解体作業 【実験室内発掘】
   個々の遺物の構造調査(第2回CT調査)
5. 保存処理の実施と遺物の状態記録
   保存処理前後の状態記録(第3・4回CT調査)

また、出土時から現在まで、同一の遺物を、さまざまな状態で定期的に X 線 CT 撮影を行うことにより、遺物の状況に応じた分析方法の策定や、取り上げ後や保存処理後の継時的変化を精細にチェックできる可能性についても一定の展望が得られた。

このように、「ポスト発掘現場」の遺物の分析や保存に CT がきわめて有効であることが認識されればされるほど、運搬にともなう遺物への負担やコストの問題を解決するべく、その装置や使用機会を広く行き渡らせる必要がある。この点をどのようにクリアするかが、今後に向けての課題であろう。

奈良・西安往復路における文化財移送時の振動測定

Vibration Measurement at the Transport of Artifacts between Nara and Xi'an

○西藤清秀（奈良県立橿原考古学研究所）、谷本親伯（(財) 国際高等研究所）、橋本裕行（奈良県立橿原考古学研究所）、菅谷文則（同左）、藤田行茂（地球観測㈱）、吉仲勉（日本通運㈱）

○Kiyohide Saito(Archaeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture), Chikaosa Tanimoto(International Institute for Advanced Studies), Hiroyuki Hashimoto, Fuminori Sugaya(Archaeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture), Yukishige Fujita(Earth Watch Coporation), Tsutomu Yoshinaka(Nippon Express Co.)

1．はじめに

文化財の適切な移送は多くの関係者の共通の課題である。今回、奈良県立橿原考古学研究所を起点として中国陝西歴史博物館（長距離）および奈良県立美術館（近距離）との間での文化財移送に当たり移送工程に起因する振動を調査した。この調査は、10個のセンサーを5点の梱包箱に装着し、全行程（往路・復路）の計測を実施し、得られた約20万点のデータを分析したものである。工程は、トラック輸送時の積み込み・積み降ろし、陸上輸送、空港での積み替え・施設内移送、航空輸送である。輸送経路は、遠距離については奈良－関空－(空輸)－上海虹東空港－(陸送)－西安、近距離は、橿原市–奈良市である。

この調査により、移送の各工程において発生する振動（加速度値）の範囲と発生頻度を把握するデータベースを構築でき、振動軽減対策を講ずる具体的な手がかりが得られた。

2．測定および分析方法

使用した振動加速度ロガーは、ST Microelectronic社のMEMS加速度センサー（静電容量型）をベースにしたスリック製G-MENであり、プラスマイナス2gおよび10gの範囲で使用出来る。また、応答周波数、最小サンプリング周期および記録容量がそれぞれ0-200 Hz, 10 msecおよび16,300データである。5点の梱包ケースに、それぞれ2Gおよび10G仕様のものを1組として同一ケースに内蔵し、2分間の連続振動のピーク値を記憶させ、1時間当たり30点の加速度ピーク値を取得した。

これにより得られた記録値をデータ表として出力し、その値を①1gを超えるものをA、②0.5-1.0 gをB、③0.1-0.5 gをC、④0.1 g以下をD、そして⑤静止状態をEと分類して、それぞれの発生頻度と着目すべき振動値を抽出した。2分毎にデータが得られる事から、データ表の出力と同時に、測定全期間および各日毎の変化量を図示した。前者により着眼すべき加速度のレベルを、後者により細かい工程との対比が迅速に確認出来る事が判明した。輸送に伴うモニタリング手段として容易であり、また時間の掛からないシステムとして採用する事ができる。

3．結果と考察

A. 全般の傾向

物体に発生する損傷や破壊等を考察する場合は変位速度（cm/sec）を取り上げる方が適切と考えられるが、慣習的に地震動の評価と同様に変位加速度（gまたはガル）を取り上げた方が理解し易い。特に、許容限界値の設定に当たって他との比較に配慮すれば、当面は加速度成分で考察を進めた方がよいと考えられる。

当初、2Gと10Gを併用するに当たり、2G（読み取り精度0.01 g）を重視していた。一般的には、2 gを超える加速度は非常に高いレベルと考えられ、貴重な文化財の運搬に当たりこれ以上の加速度はあり得ないだろうと想定していた。2Gの結果をベースに解析を進めた所、不整合が認められ、10G（読み取り精度0.1 g）に着目した結果、2Gの測定値に多数の飽和状態が認められ、

今回の調査ではピーク値を確認するため、10G をベースにする事に切り替えた。

奈良・西安往復時の結果から次の事が判明した。なお、V および H は、上下、水平を指す。

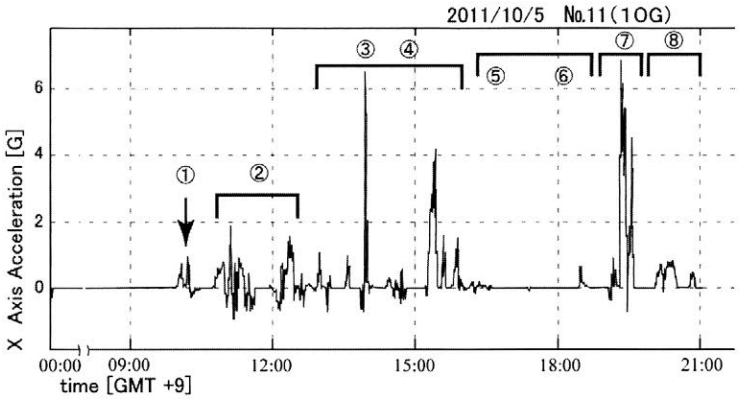
積込・積降工程： 奈良：0.4–1.7g(V): 0.2–1.0g(H), 関空：0.8–10.1 g (V)：0.4–2.8g(H), 上海空港：2.4–8.4g(V): 0.9–4.0g(H), 上海保税倉庫：1.0–1.9g(V)：0.5–0.8g(H)。

陸上輸送： 奈良・関空間：0.5–1.9g (平均 0.65g)：上海・西安間：0.6–3.9g、(平均 0.83g)： 概ね V はプラスマイナス 1.0g、H は 0.8g の範囲に収まる。

空輸：V および H 共に、0.1–0.7g (平均 0.28g)：特筆すべき事は、空輸中および離着陸時の振動が意外に低いレベルであるのに空港内での取扱いでは 10g という非常に高い値が得られていることである。神庭他［2010］も同様の値を示している。これについては善処が求められる。

B. 空港での取扱いと陸送時との比較

神庭ら（前出）は空港で発生する高いレベルの振動はドーリーの使用に起因すると指摘している。われわれはこれを確認し得なかったが、いずれにせよ看過できない異常値が発生している。偶然ではない事を陸送との比較で確認出来る。すなわち、全行程において 2g を超えるデータを抽出した所、上海虹東空港では、V (19 件)：最大値 9.8g、平均 4.7g ; H (14 件)：最大値 6.4g、平均 3.1g、そして関空では、V (11 件)：最大値 10.1g、平均値 4.3g、H (1 件)：2.3g であった。それぞれの発生件数は異なるものの合計 45 件は頻度が高く、また最大値が 10g レベルであった事は両空港に共通している。したがって、確認すべき発生原因があるものと判断する。これに比べて、中国内での陸送時の振動は、V (14 件)：最大値 3.9g、平均 2.9g ; H (4 件)：最大値 3.2g、平均 2.5g であり、日本国内では V が 2 件のみで最大値 2.8g、平均値 2.5g であった。走行距離・時間の影響は含まない。空港内の 1/3 程度である。



C. トラック輸送時の振動

長距離輸送時と短距離のそれとは同じ傾向が認められ、振動レベル分類 A,B,C の頻度 (%) から適切な輸送状態が評価出来る。上下振動が卓越し、高速走行時に 30–50%増大する事、そして、水平振動では走行方向が横方向より 30–40%高い値を示す事が判った。全体としてある一定 の振幅幅を示すが、時折 3g を超えるものも認められ、近距離においても 5g を超すものがあった。その原因を特定し、頻度は少なくともすべて±1g 以内に収める事が望まれる。

4. 総括

確認される振動レベルは非常に高く、梱包方法を再検討し、以下の改善を図る必要がある。1) 陸送時の高速運転を減少、2) 空港内での取扱の早急な改善 (最優先課題)、3) 移動・輸送時の振動モニタリングの必要性、4) 工程に合わせた振動要因の追求、5) 科学的根拠に基づくデータの集積、6) 運搬時の手引き等基準の作成。

謝辞：今回の調査研究は (財) 由良大和古代文化研究協会、㈱地球観測、日本通運㈱の支援・協力により実施しました。記して深甚の謝意を表します。

参考文献：神庭信幸他 2010「文化財の海外輸送時に計測された各行程別の振動・加速度特性」『文化財修復学会第 29 回大会研究発表要旨集』76-77。

アンコール遺跡に使用されている砂岩材の石切り場と運搬経路

Quarries and transportation route of sandstone blocks used for the Angkor monuments

○内田悦生・下田一太(早稲田大学理工学術院)
○Etsuo Uchida, Ichita Shimoda (Waseda University)

1．はじめに

アンコール遺跡では主要建築材として、砂岩、ラテライトおよびレンガが使用されている。砂岩材には3種類のものが存在するが、その内、灰色～黄褐色砂岩(長石質アレナイト)が多用されている。本研究では、この灰色～黄褐色砂岩の石切り場に関する調査を行った。調査の結果、クレン山の南東裾野において多くの石切り場を発見することができた。また、衛星写真より、クレン山からアンコール遺跡に繋がる石材運搬路(土手＋運河＋河川)と思われる形跡が見つかり、その現地調査を行ったので、ここでは、この調査結果も合わせて報告する。

2．砂岩材石切り場

クレン山の南東裾野において砂岩材石切り場の調査を行った。クレン山の南東麓には、長さ約2.3 kmの東西方向の直線構造がみられ、これが石材の運搬路(土手)であるとの仮定の下、この周辺における石切り場の調査を行った。その結果、大小50ほどの石切り場を発見することができた。調査した地域の石切り場は、平均帯磁率および厚さに基づき4つの地域(A、B、C、D)に分けられ、A地域(帯磁率:1.6～2.5×10^{-3} SI unit、厚さ:50～65 cm)の石切り場はクレアン期～バプーオン期(プレ・ループを含む)、B地域(2.6～4.5×10^{-3} SI unit、45～60 cm)の石切り場はアンコール・ワット期～バイヨン期前期、C地域(0.3～1.4×10^{-3} SI unit、30～50 cm)の石切り場はバイヨン期主要期、D地域(1.6～2.1×10^{-3} SI unit、30～40 cm)の石切り場はバイヨン期末期のものであることが推測された。これらの地域の石切り場は、Uchida et al. (2007)によって推測されていた石切り場D、E、F、Gにそれぞれ対応すると思われる。このことから、砂岩材の石切り場は、時代とともに、土手の東端近くから反時計回りに土手西部の北側へと移動したことが考えられる。





写真の説明:(左)B地域のアンコール・ワット期～バイヨン期前期に採石されたと推測される砂岩石切り場、(右)C地域のバイヨン期主要期に採石されたと推測される砂岩石切り場。今までに発見された石切り場の中で最大規模を有する。

3．石材運搬経路

上述したクレン山南東裾野の土手の西端の南1.3 kmのところを始点として、西30 kmに位置するアンコール遺跡に繋がる線状構造が認められ、これがクレン山から切り出された砂岩材をアンコール遺跡へ運搬するための運搬路であることが推測されたため、現地調査を行った。調査の結果、その多くは人工的に造られた運河であり、一部に自然河川が利用されていることが明らかになった。運河の幅は約

20 m であり、その両側は 1.5～2 m 程度の高さの土手となり、運河は深いところで 5 m 程度掘削されている。この運河は、クレン山からアンコール遺跡へ向かう最短経路に近いとともに、この運河を使用することにより、途中に位置するプノン・ボックやチャウ・スレイ・ヴィボールに、また、ロリュオス川を南下することによりロリュオス遺跡群に、さらに、シェム・リアップ川を下ることによりプノン・クロムへと石材を容易に運搬することができる。また、川や運河を遡ることもない。それに対し、従来言われていたクレン山から、途中、運河を使用して南下し、トンレ・サップ湖を経由した後、シェム・リアップ川を遡ってアンコール遺跡に石材を運ぶ経路は全長 90 km にもおよび、現実的ではないと思われる。



写真の説明: (左上) 上流部の運河の様子、(右上) 下流部の運河の様子、(左下) 中流部の運河の様子と土手の断面、(右下) 中流部の運河の土手の断面 。現在は養殖場となっている。

4．まとめ

クレン山南東麓に見られる東西 2.4 km の直線構造は土手であり、その周囲に多くの砂岩の石切り場が分布していることが明らかになった。帯磁率および切り出された石材の厚さに基づき、石切り場は時代とともに土手の東端近くから北西部に移動したことが明らかになった。これらのことから、この土手が石材の運搬と密接に関わっていたことが推測される。この土手の西端の南 1.3 km からアンコール遺跡へと続く運河(一部河川)は、その位置から判断して、クレン山から採掘された石材を運搬するために使用された可能性が極めて高い。この運河は、クレン山からアンコール遺跡に向かう最短経路に近く、また、川や運河を遡ることもなく、効率的に石材を運搬できることから、従来言われていたクレン山から、途中、運河を使用して南下し、トンレ・サップ湖を経由して、シェム・リアップ川を遡る運搬経路よりも現実的な運搬経路であると考えられる。

臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討（4）

—覆屋閉鎖時における隙間風対策—

Environmental Control for the Usuki Stone Buddha (iv) - Controlling Draught for Anti-freezing -

○森井順之（東京文化財研究所）
○Masayuki Morii (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

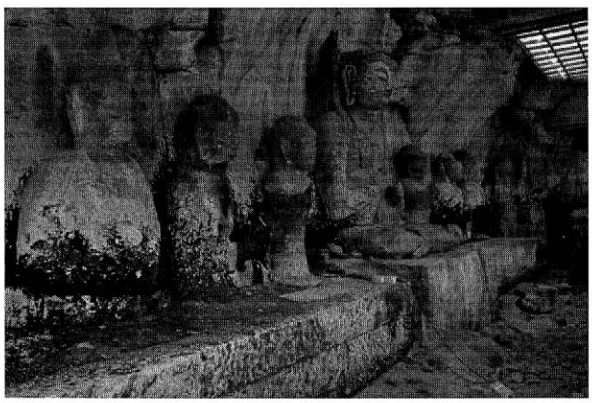
1．はじめに

屋外石造文化財は冬期の凍結破砕が主な劣化要因となる。臼杵磨崖仏でも年に数日程度凍結危険日があり、特に大寒波到来時には覆屋に守られている状態であっても凍結被害は甚大である。今までの研究により臼杵磨崖仏では、①覆屋の屋根が深いことにより放射冷却の影響を防止していること、②大寒波到来時、北からの冷風が磨崖仏覆屋内に浸入していること、③凍結防止のためには冷風浸入の制御が有効であること、が明らかとなった。しかしながら、実験としてホキ石仏第二群にテント生地でカーテンを取り付けたところ、ある程度の浸入風制御および気温低下の抑制が確認されたが、閉鎖時に出来る隙間からの冷風浸入が課題であった。

そこで今回は、磨崖仏と覆屋カーテンの隙間を作らないように仮設側壁を取り付けて、その後の気流変化について測定を行った。本要旨では、凍結防止における覆屋閉鎖効果に関して新たに確認された現象および、仮設側壁の効果について報告する。

2．臼杵磨崖仏における凍結現象

臼杵磨崖仏では過去二度の保存整備工事により、雨水・地下水対策、磨崖仏表面の強化処理、覆屋設置が行われた。なかでも第二期工事において建設された深屋根の覆屋は、確実に雨水を遮断するとともに、放射冷却による磨崖仏周辺の気温低下を防止する効果もあり、磨崖仏の保存に大きく役立っている。しかしながら、毎年数日程度は覆屋内気温も零下を記録し、2000年冬期にホキ石仏第二群、古園石仏群で生じた大規模な被害も確認されるなど、国宝として磨崖仏を保存してゆく上で更なる対策が求められている。



臼杵磨崖仏における凍結現象は、おもに磨崖仏下部にみられる弱溶結凝灰岩層にて生じる。その理由は、溶結凝灰岩層の下には粘土層がありそれが不透水層になっているため、その上にある弱溶結凝灰岩層は恒常的に含水率が高く、凍結の要因となる水分が常に存在するからである。また、高肉彫の磨崖仏では凸部で凍結被害を受けることが多く、表面温度の観測結果より凹部に比べて凸部のほうが著しく気温低下することが明らかとなっている。

3．覆屋カーテンによる凍結防止効果

背後に山を抱える磨崖仏の場合、凍結被害の原因となる地下水を遮断することはほぼ不可能である。そこで、凍結が生じないよう気温を制御することが有効な凍結防止策となりうる。とくに臼杵磨崖仏

いるため、一時的な制御で対応が可能である。

気温制御を行う手法として今までに、①磨崖仏表面を赤外線灯により直接あたためる方法、②覆屋開口部をテント生地カーテンにより封鎖する方法、について、ホキ石仏第二群における現地試験を行った。これらの手法はともに「磨崖仏表面の凍結が予想される」ときに「拝観時間外である夜間から早朝にかけて」一時的に実施するものであり、現在磨崖仏が置かれている環境を大きく変化させるものではない。その結果、どちらの方法も覆屋内気温を凍結の心配がないところまで上昇させる効果が確認された。特に、テント生地カーテンによる覆屋封鎖については、カーテンが接地する覆屋軒下まで放射冷却を抑制する効果が確認された。

4．仮設側壁の効果

凍結防止手法として一時的にテント生地カーテンで覆屋を封鎖する手法の効果が確認された。しかし、覆屋内の風環境を詳細に観測した結果、磨崖仏近傍に沿って流れる風が同時に観測された。以前の観測より磨崖仏の凸部でより凍結被害が顕著であることが分かっているため、冷たい風が直接当たらないように更なる改良が必要であることが分かった。磨崖仏近傍に沿って風が流れる原因としては、カーテンの振動により磨崖仏表面の損傷を危惧して、崖面との間に隙間を作らざるを得なかったことが考えられる。

そこで、磨崖仏に沿って流れる風を制限するために、ベニヤ板及び単管足場を用いて仮設側壁を設置した。この冬に施工し、期間中に温湿度および覆屋内の風環境計測を実施したところ、以前は最大風速約 0.5 [m/s]の風が磨崖仏に沿って流れていたが、側壁により風速 0.1 [m/s]以下に抑えられていることが確認された。これより、側壁を設置することが覆屋の凍結防止効果としてより有効であることが確認された。

5．おわりに

臼杵磨崖仏の凍結防止策として、一時的に覆屋開口部を閉鎖して冷風浸入を制御することを提案し、現地実験でも効果を確かめてきた。今回は、より高い効果を得るため、磨崖仏と覆屋カーテンの隙間を作らないように仮設側壁を取り付けて、その後の気流変化について測定を行った。

その結果、仮設側壁の無い時に比べて磨崖仏近傍の風速は著しく低下しており、側壁の有効性について確認できた。また、同時にサーモビジョンを用いて覆屋閉鎖後の温度分布を調べたところ、床面で顕著な温度差が見られたことから、カーテンは風制御だけではなく放射冷却防止にも有効であることが明らかとなった。

参考文献

1) 朽津信明、森井順之(2002)　国宝・臼杵磨崖仏の保存に関する応用地質学的調査（3）—凍結劣化に関する考察とその対策—　日本応用地質学会平成 14 年度研究発表会

2) 森井順之、川野辺渉(2006)　臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討　日本文化財科学会第 23 回大会

3) 森井順之(2007)　臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討（2）—冷風浸入制御のための実験—　日本文化財科学会第 24 回大会

4) 森井順之(2008)　臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討（3）—覆屋内温熱環境の予測と凍結防止策の提案—　日本文化財科学会第 25 回大会

5) 森井順之(2009)　臼杵磨崖仏における覆屋内風環境と表面劣化に関する考察および対策　日本文化財科学会第 26 回大会

iGPSシステムによる遺構の計測

Metrological Utilization of iGPS for Excavating Archaeological Sites

○岡本裕昭(株式会社ニコン)、金田明大(奈良文化財研究所)
○Hiroaki Okamoto (Nikon Corporation),
Akihiro Kaneda (Nara National Research for Cultural Properties)

1. iGPSシステムの概要

iGPSとは、トランスミッターと呼ぶ基点から発光されるレーザー光により、ローカル測定空間を構成するシステムである。この測定空間内では、位置座標を取得するプローブにより、三次元位置情報(X,Y,Z)を直接デジタルデータとして取得することができる。得られた位置情報は、無線LAN経由でPCに送信される。

なお、iGPSとは、トランスミッターを衛星、プローブをGPSセンサに見立てた呼称である。

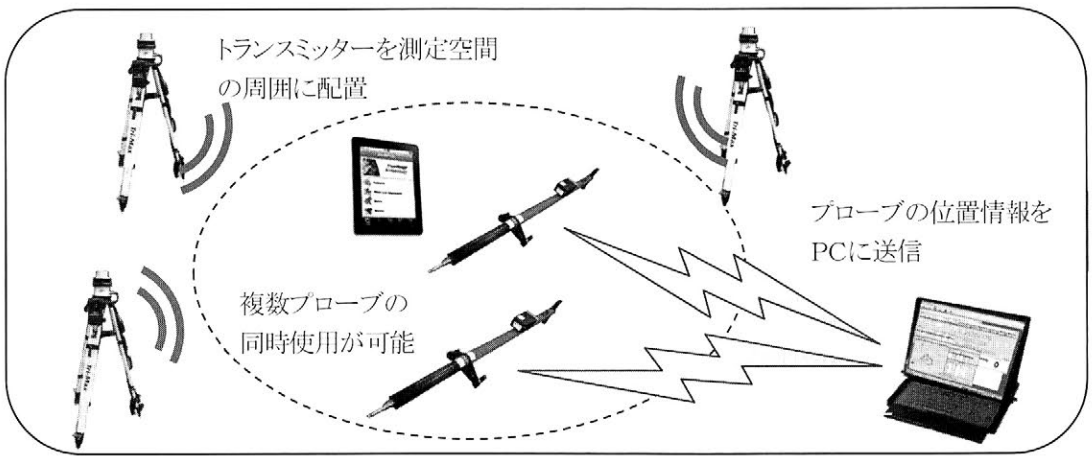


図1. iGPSシステムの模式図

2. 遺構計測への適用

元来、モノ作りの現場で計測に使用されてきたiGPSシステムだが、遺構計測への適用を考えた場合に、有効と考えられる特徴を次にあげてみる。

1) 三次元位置座標が、リアルタイムでデジタルデータとして取得可能であり、その場で、確認が可能である。dxfフォーマットにより出力が可能であり、CADやGISなどに利用が可能。
2) 平面および高さ情報が同時に計測可能であり、断面の計測も測量もそのまま可能
3) プローブ1本に対して、作業者一人で計測が行える
4) 1システムで複数のプローブを並行して運用が可能であり、複数の記録者が計測作業を進められる。

三次元座標を取得する機器はすでに発掘調査現場で利用が進められている。トータルステーションやGPSにおいても同様の計測は可能であるが、機材を単独で使用するため、多人数の作業においては限られた機器を占有してしまう。このような場合、提案する本システムの優位性があげられる。

反対に、これらの機器がiGPSに対して優れている点をあげてみる。

1) レーザースキャナー :広いエリアにおいて、高密度な表面情報のデータ取得が可能
2) トータルステーション :信号の到達距離が長く、基線の設定に威力を発揮
3) GPSシステム :仮想基準点方式などの採用により、国内においては基準点測量を実施しなくても座標値が精度よく得られる

iGPSでは測定空間内に基準点座標が3点以上必要である。一方、iGPSのレーザー光の有効距離は50m程度と短いため、通常、測量基準点が測定空間内に存在しない。この場合、トータルステーションやGPSを使用して、これらの基準点座標の計測を行う必要がある。

3. 発掘現場でのテスト

今回、平城京の発掘現場で試験的な計測を実施した。その結果、本システムの発掘調査における記録に対する課題が明らかになった。その結果に基づき、現在、以下のような機能面の改良を検討している。

- 点データの取得方法(図 2):
  遺構をなぞるようにデータを取得とすると、プローブ先端がぶれることがあり、滑らかにならない。
  ➔ 任意の点間隔でデータを取得し、点間を補間するモードを追加(点間 10cm 程度を目安)。
  形状変化が大きい箇所は、点間隔を細かく、緩やかな部分は広く取得する。
- 使用するプローブのタイプ(図 3):
  遺構計測用途では、測定精度を重視した長尺プローブは重く扱いにくい。
  ➔ ハンディな小型プローブを選択し、地表面データ取得が容易になるよう先端を延長する。

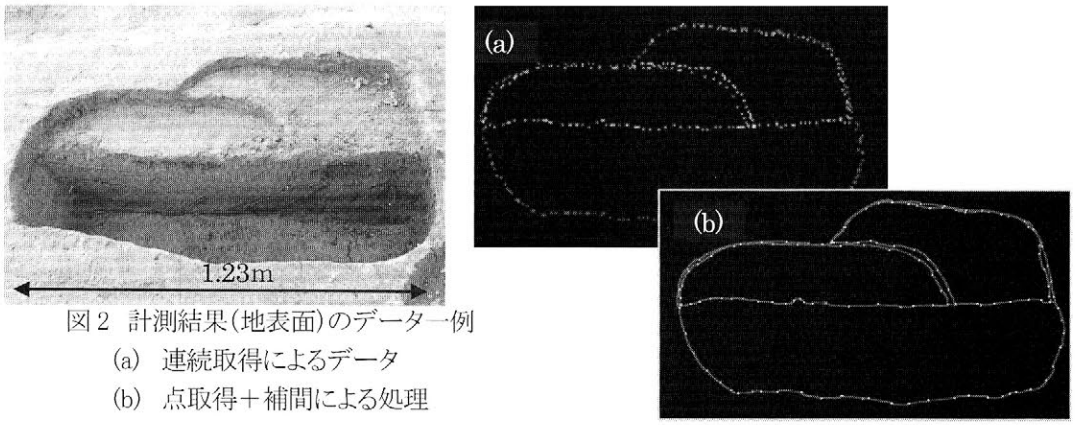


図 2 計測結果(地表面)のデータ一例
(a) 連続取得によるデータ
(b) 点取得＋補間による処理

運用に関しても検討が必要である。

- 作業手順:
  データ取得時、プローブからトランスミッターが 2 個以上見える必要があり、操作の慣れと、他の作業との調整が必要。
- 測定エリアの制限:
  大規模な遺跡では測定エリアを区切って、トランスミッターを順に移動させていく必要がある。

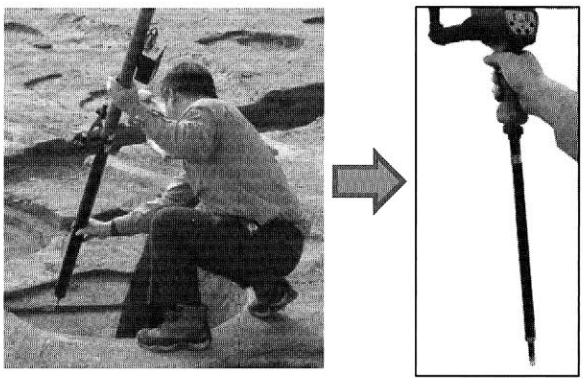


図 3 長尺プローブ(左)およびハンディプローブ(右)

4. まとめ

iGPS システムは、既に海外においては考古学調査向けに開発された実践例が紹介されている。しかし、記録に求められている水準が高い国内の調査においては、更なる改良が必要と考える。

文化財の記録には情報の抽出とそれを可視化する作業が重要であり、機器が熟練した計測者の作業をすべて代替できるものではない。一方で、遺構や現地の状況に応じた選択により、iGPS システムが全体の作業の効率化に寄与できると考えている。今後、発掘調査や文化財の計測に対する検討を進めていく所存である。諸賢の御意見、御指導を賜りたい。

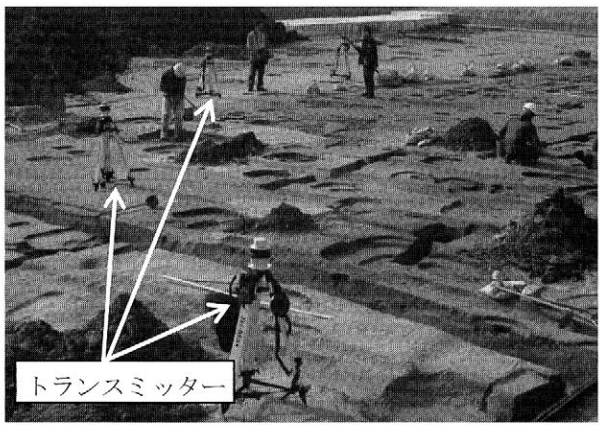


図 4 トランスミッター配置(平城京三条一坊一坪にて)

新潟県上越市釜蓋遺跡出土米のCTスキャンおよび形体分析

CT scanning and morphological analysis for rice remains excavated at the Kamabuta archeological site in Joetsu, Niigata.

○田淵宏朗（農研機構中央農研北陸研究センター）・田中克典（弘前大学人文学部）・佐藤洋一郎（総合地球環境学研究所）・泉拓良（京都大学文学研究科）・石川隆二（弘前大学農学生命科学部）・松元美由紀（パリノ・サーヴェイ株式会社）・矢頭治（農研機構中央農研北陸研究センター）

○Hiroaki Tabuchi (NARC), Katsunori Tanaka (Hirosaki Univ.), Yo-Ichiro Sato (RIHN), Takura Izumi (Kyoto Univ.), Ryuji Ishikawa (Hirosaki Univ.), Miyuki Matsumoto (Palynosurvey Co., LTD.), Osamu Yato (NARC)

[緒言]

釜蓋遺跡は新潟県上越市にあり、弥生時代終末期から古墳時代初頭の低地の環濠集落である。史跡南西部に位置するSI83は、東西9.92m、南北10.08mの隅丸方形で、周溝をもつ焼失した竪穴建物跡と思われた。多量の種実遺体が出土したが、その99%以上が炭化したイネであった。我々は、複数地点からサンプリングしたイネ種子の形体を分析し、また、一部のサンプルのCTスキャンを行ったので、その結果について報告する。

[材料・方法]

出土米については、土壌試料から水洗選別したイネ種子から完形玄米をランダムに選び、デジタルノギスを用いて形体を測定した（表1）。人工炭化米については、現在の品種(コシヒカリ)および在来種(愛国、宝満神社神田米)から各16粒の籾をランダムに選び、ドライオーブンで200度48時間加熱し自然冷却後籾殻を慎重に取り去り、完形玄米の形体をデジタルノギスを用いて測定した（表1）。

CTスキャンは、土壌試料No.30から縦5cm、横6.5cm、高さ2cmを切り出して、島津テクノリサーチにて行った。得られた画像の処理および画像ファイルからのイネ種子サイズ測定にはImageJ (NIH)を用いた。また、CTスキャンを行わなかった残りの土壌試料No.30のうち一部を水洗選別しイネ種子を得た。

[結果・考察]

イネ種子遺体の暦年較正年代は、56～217calAD(水準:2σ)と測定された。出土米の粒長の平均値は4.56mm、標準偏差0.28、粒幅の平均値は2.69mm、標準偏差0.21であった（表1）。粒形(粒長/粒幅)は98.3%が短粒に分類され円粒はほとんど観察されなかった（表2）。出土米全体を人工炭化米全体と比較すると、粒形に有意差はなかったが粒長・粒幅・粒大(粒長x粒幅)は小さかった。また、出土米全体の方が粒長・粒幅・粒形・粒大全てで分散(標準偏差の二乗)が大きかった。これらのことから、釜蓋遺跡出土米は、コシヒカリおよび在来種グループと粒形に差は無いが全体に小ぶりであり、栽培条件の均一性が低く遺伝的多様性が高かったのではないかと思われる。

CTスキャンでは、複数列並んだ、同一方向にそろったイネ種子が観察された（図1、図2）。一本、または複数の穂に着粒したままのイネ種子である可能性もあるが、籾に特徴的な芒・護穎など、また、穂であることを示す穂軸・枝梗などは確認できなかった。これは、水分を多く含む試料をスキャンしたため十分な解像度が得られなかったためであるのか、今回のイネ種子は穂では無かったためであるのかは不明である。イネ種子の形体をより詳しく分析するために、直径1.9cmの円形部分を拡大して再スキャンしたところ、ほぼ完全な形のイネ種子が14粒認められた。画像を3D処理し（図2）、5粒についてサイズを測定し、No.30の別の部分から得られたイネ種子18粒のサイズと比較すると、平均値および分散とも有意差はなかった(表1)。これらのことから、CTスキャンは、土壌中のイネ遺体の保存形状および種子の形体の非破壊的推定に利用可能であると思われる。ただし、主にノイズ除去過程の画像処理時に生じる誤差には注意を払う必要がある。

表 1　出土米と人工炭化米の形体

試料	粒長 (mm)				粒幅 (mm)				粒数
	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	
出土米									
No.30 CTスキャン画像計測値	4.8	4.0	4.33	± 0.32	2.9	2.3	2.64	± 0.26	5
No.30 実際の種子測定値	5.1	3.8	4.35	± 0.31	3.1	2.3	2.70	± 0.19	18
2B60-12 北東	5.2	3.5	4.61	± 0.25	3.2	2.2	2.69	± 0.22	96
出土米全体	5.2	3.5	4.56	± 0.28	3.2	2.2	2.69	± 0.21	119
人工炭化米									
コシヒカリ (人工炭化米)	4.9	4.5	4.70	± 0.16	2.9	2.6	2.71	± 0.08	15
愛国 (人工炭化米)	5.0	4.4	4.71	± 0.18	3.0	2.7	2.89	± 0.07	16
宝満神社神田米 (人工炭化米)	5.2	4.5	4.80	± 0.19	3.1	2.7	2.90	± 0.09	15
人工炭化米全体	5.2	4.4	4.75	± 0.18	3.1	2.6	2.83	± 0.12	46

表 2　出土米と人工炭化米の粒形・粒大

試料	粒形	円粒 (1.0-1.4)			短粒 (1.4-2.0)			長粒 (2.0-)		
	粒大	極小	小	中	極小	小	中	極小	小	中
		(8-12)	(12-16)	(16-20)	(8-12)	(12-16)	(16-20)	(8-12)	(12-16)	(16-20)
出土米										
No.30 CTスキャン計測値		0	0	0	3	2	0	0	0	0
No.30 CTスキャン外		1	0	0	10	7	0	0	0	0
2B60-12 北東		0	1	0	39	56	0	0	0	0
出土米合計		1	1	0	52	65	0	0	0	0
頻度 (%)		0.8%	0.8%	0.0%	43.7%	54.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
人工炭化米										
コシヒカリ (人工炭化米)		0	0	0	1	14	0	0	0	0
愛国 (人工炭化米)		0	0	0	1	15	0	0	0	0
宝満神社神田米 (人工炭化米)		0	0	0	0	15	0	0	0	0
人工炭化米合計		0	0	0	2	44	0	0	0	0
頻度 (%)		0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	95.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

粒形 = 粒長 / 粒幅. 粒大 = 粒長 x 粒幅.

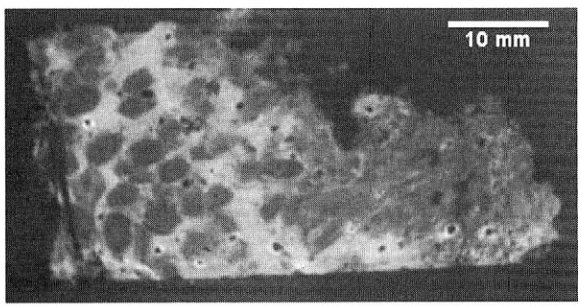


図 1　No.30 の CT スキャン画像の一部
濃い灰色はイネ種子、浅い灰色は土

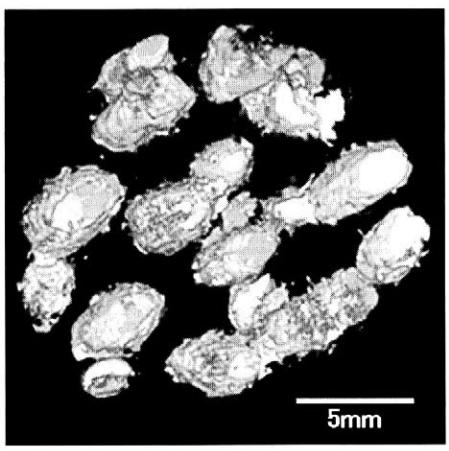


図 2　3D 処理した拡大 CT スキャン画像

岡山県鹿田遺跡から出土したメロン仲間の種子遺存体における形態学的分析とDNA分析

Morphological analysis and DNA analysis for seed remains in *Cucumis melo* excavated at the Shikata archeological site in Okayama

○田中 克典 (弘前大学人文学部)、山本 悦世 (岡山大学埋蔵文化財調査研究センター)、
加藤 鎌司 (岡山大学大学院環境生命科学研究科)

○Katsunori Tanaka (Faculty of Humanities, Hirosaki Universtiy), Etsuyo Yamamoto (Archaeoiogical research center, Okayama University), Kenji Kato (Okayama University Graduate School of Environmental and Life Science)

1．緒言

東アジアに固有のマクワウリ及びシロウリは弥生時代に日本へ伝播したメロンの仲間 (*Cucumis melo* L., 以下、「メロン仲間」とする)であり、種子の長さに基づいて分類すると小粒系メロン (種子長 9.0mm 未満)である (藤下, 1983)。マクワウリ・シロウリはインド東部の小粒系メロンに起源し、強度の選抜を受けて東アジアにて成立したとされている (Akashi et al., 2002 他)。一方、日本の遺跡から出土した種子遺存体には現代のマクワウリやシロウリと同程度の大きさの種子だけでなく雑草メロンやモモルディカメロンの種子が含まれており、多様なメロン仲間が利用されていた可能性がある。そこで、岡山県岡山市の鹿田遺跡より出土したメロン仲間の種子遺存体を長さ及び葉緑体ゲノムのDNAマーカーで分類し、同遺跡におけるメロン仲間の導入と多様性を検討した。

2．材料及び方法

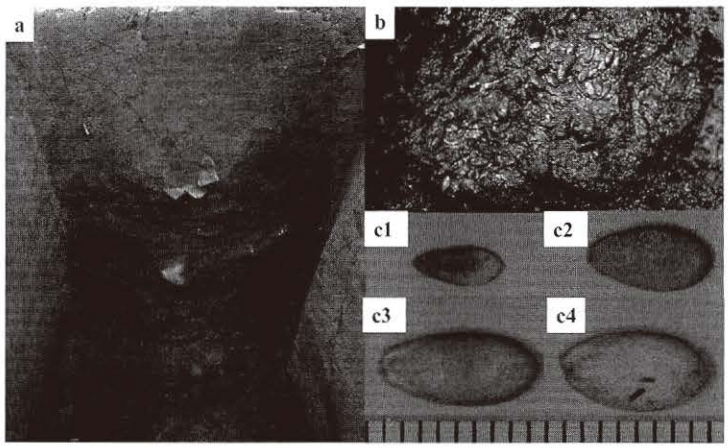
材料は鹿田遺跡において井戸1 (鹿田1次; 弥生中期後半; 番号9)、土坑1 (鹿田6次; 古墳時代初頭; 同12)、土坑15 (鹿田5次; 11世紀; 同14, 16)より発掘されたメロン仲間の種子遺存体で、各番20粒 (計80粒)を分析に用いた (第1図, 第1表)。これらの種子は水洗選別後に乾燥条件で保存されていた。各種子は長さを計測してから、青木ら (1999)の改変アルカリ法でDNAを抽出した。多様性解析に利用したDNAマーカーは、葉緑体ゲノムにおける遺伝子間領域及び遺伝子内イントロンにある6つの一塩基多型 (SNP 2, 8, 9, 11, 19, 25)であり (第2表)、SNP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を行い、アガロースゲル電気泳動によって標的領域の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。そして、現生メロン103系統のSNPデータと比較して、現生のメロンとの対応を検討した。

3．結果及び考察

種子遺存体は長さが3.25～9.72mmと多様であった (第1表)。現生メロンの種子長に基づいて種子遺存体を分類したところ、弥生中期後半の種子遺存体は全て雑草メロン型 (<6.10mm)であった。一方、古墳時代初頭や11世紀の種子遺存体ではマクワウリ・シロウリに相当する種子 (6.10-8.09mm)が計43粒 (71.7%)と高い頻度で認められた。また、同時代にはマクワウリ・シロウリ型よりさらに大型のモモルディカメロンに相当する種子 (8.10mm≤)が含まれていた。このため、種子サイズの平均は古墳時代初頭や11世紀において大きかった。

DNA分析の結果、38粒 (番号9: 9粒, 同12: 8粒, 同14: 14粒, 同16: 7粒)において、6つのSNPのうち少なくとも1つについて塩基配列を決定することができた (第2表)。塩基配列に基づくと、種子遺存体は4つの葉緑体型 (Ia, Ia-1, Ib, Ia-Ib)により構成されていた。このうち、Ia型とIb型の種子遺存体は4地点のすべてにおいて認められた。特に、後者は南アジアの現生メロンと同じ細胞質型であった。また、IaとIbとの中間型であるIa-Ib型は、弥生中期と11世紀の種子遺存体において認められており、現生のメロンでは確認されていない細胞質型であった。

以上の結果は、弥生時代から11世紀にかけて鹿田遺跡にはメロン仲間がたびたび導入されてきたこと、それらのメロン仲間が多様であり南アジアに起源することを示唆している。



第1図　鹿田遺跡における井戸遺構と分析に用いたメロン仲間の種子遺存体
a) 鹿田1次井戸1の状況; b) 種子遺存体の出土状況; c1～c4) 種子遺存体, c1: 弥生中期 [番号9], c2: 古墳時代初頭 [同12], c3: 11世紀[同14], c4: 11世紀 [同16], スケールの目盛間隔は1mm。

第1表　岡山県・鹿田遺跡のメロン仲間における種子遺存体の長さと長さ別構成

番号	調査次	出土遺構名	遺存体の年代		粒数	種子長[1]				長さ別頻度 (粒)[2]		
			土器編年	^{14}C (2σ)		最大値	最小値	平均	標準偏差	< 6.10mm	6.10-8.09mm	8.10mm ≤
9	鹿田1次	井戸1	弥生中期後半	BC 50～AD 70	20	5.72 2.76	3.25 1.57	4.20 1.94	0.80 0.33	20	-	-
12	鹿田6次	土坑1	古墳時代初頭	AD 90～100, AD 120～250	20	8.17 3.60	4.96 2.28	6.57 3.01	0.92 0.39	7	12	1
14	鹿田5次	土坑15	11世紀	AD 1030～1190, AD 1200～1210	20	9.72 4.28	5.28 2.76	7.19 3.46	1.01 0.43	3	15	2
16	鹿田5次	土坑15	11世紀	AD 990～1040, AD 1100～1120, AD 1140～1150	20	8.23 4.29	5.72 2.92	7.20 3.60	0.73 0.39	2	16	2

[1]上下の数値は、それぞれ縦及び横の長さを示す。平均、最大値、最小値の単位はmmである。
[2]種子の縦の長さに基づいて分類した (藤下, 2008)。

第2表　岡山県・鹿田遺跡の種子遺存体と現生メロンにおける葉緑体ゲノムの配列変異に基づいた葉緑体型の構成

葉緑体型	葉緑体配列						系統数 (種子遺存体)				系統数 (現生)	
	TrnK-MatK	*PsbK-PsbI*	*AtpH-AtpI*		*NdhF-Rpl32*	*NdhA* intron1	弥生中期	古墳時代初頭	11世紀		マクワウリ・シロウリ	南アジア
	SNP2	SNP8	SNP9	SNP11	SNP19	SNP25	9	12	14	16		
Ia	C	G	C	G	A	G	-	-	-	-	27	52
	C	-	-	-	A	-	-	1	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	-	G	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	-	-	C	-	-	-	1	2	1	1	-	-
	-	-	-	-	A	-	1	3	1	1	-	-
	-	-	-	-	-	G	-	-	2	-	-	-
Ib	A	A	A	A	G	C	-	-	-	-	1	23
	A	-	-	-	-	-	1	1	3	-	-	-
	-	A	-	-	G	-	1	-	-	1	-	-
	-	A	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-
	-	-	-	G	-	-	-	-	-	1	-	-
	-	-	-	-	G	-	2	-	1	3	-	-
Ia-Ib	-	A	C	G	G	-	1	-	-	-	-	-
	-	A	C	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	C	A	C	-	G	-	-	-	1	-	-	-
	-	-	C	-	G	-	-	-	1	-	-	-
不明	-	-	-	-	-	-	11	12	6	13	-	-
計							20	20	20	20	28	75

[1]各マーカーにおいて記号は一塩基多型の配列を示す。また、「-」はPCR増幅で標的領域が増幅しなかったことを示す。

銅鐸の色と音に関する考察

…長野県柳沢遺跡出土青銅器の材質分析が教えてくれること…

Consideration on Color and Sound of Bronze Bells

…Analysis of bronzes excavated from Yanagisawa archaeological site in Nagano Prefecture…

○村上 隆(京都国立博物館) 廣田和穂・上田典男(長野県埋蔵文化財センター)

Ryu Murakami (Kyoto National Museum)

Kazuho Hirota, Norio Ueda (Archaeological Research Center of Nagano Prefecture)

1.はじめに

長野県中野市の柳沢遺跡では、千曲川の堤防工事に伴う発掘調査により、銅鐸5個、銅戈8本が出土した[1]。柳沢遺跡出土の銅鐸・銅戈は、埋蔵環境の点からも詳しく調査してきたが[2,3]、保存修理[4]の過程で、これら青銅器に対して実施されたICPとICP-MS分析は、表面が腐食層に覆われて現在では同じように見える青銅器の材質を考える上でたいへん興味深い情報をもたらしてくれた。本研究では、銅鐸に焦点を絞り、銅鐸のオリジナルな成分から推定できる色について考察する。また、柳沢遺跡から出土した銅鐸は、その内面突帯には舌の接触によって生じた擦痕も認められ、音を出す、いわゆる「聞く銅鐸」であったと考えられる。銅鐸の材料である青銅は成分によって、色と共に音も変化する。本研究では、これまでほとんど触れられてこなかった色と音という観点から銅鐸に迫ることを試みた。

2. 銅鐸の分析

柳沢遺跡出土の銅鐸と銅戈はたいへんよい遺存状態であったが、その精確な成分値を知るために、保存修理の過程で、オリジナルの金属質が残る部分だけを採取して分析資料とし、ICPとICP-MSによる分析を行った[4]。銅鐸については、これまでにも今回と同様ICPを用いた方法で分析された先行事例がある。例えば、島根県加茂岩倉遺跡出土の銅鐸39個の分析[5]や、奈良県田原本町唐古・鍵遺跡出土の銅鐸片の分析[6]などが代表的な分析例である。実際の分析は、主成分である銅、スズ、鉛の他、ヒ素、ビスマス、ニッケル、亜鉛、鉄、マンガン、銀、アンチモン、コバルト、金についても実施した。しかし、本研究の主題が「色と音」であるため、ここでは主成分の銅(Cu)、スズ(Sn)、鉛(Pb)に限って論じることにする(表1．表2)。

表1.柳沢遺跡出土銅鐸の主成分(wt%)

銅 鐸	1号	2号	3号	4号	5号
銅 (Cu)	77.87	78.67	84.4	84.1	83.4
スズ (Sn)	11.07	12.30	3.56	4.54	2.06
鉛 (Pb)	8.98	6.85	8.43	8.21	11.3

表2.柳沢遺跡出土戈の主成分(wt%)

銅 戈	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号
銅 (Cu)	84.77	77.34	76.28	76.96	75.14	75.32	72.70	77.74
スズ (Sn)	3.72	14.96	13.25	11.99	14.13	13.37	15.17	11.59
鉛 (Pb)	9.99	5.28	9.35	8.84	8.06	8.82	9.45	8.78

3. 分析値と考古学的形態分類との相関

表.1中、特にSnに注目すると、明らかにSn5%以下とSn11～15%という2つのタイプが存在することがわかる。ここで、前者をタイプⅠ、後者をタイプⅡとすると、この2つのタイプを考古学的見地からみた銅鐸、銅戈の形態分類と照合すると、たいへんよい対応をとることがわかった(表3)。

なお、考古学的形態分類は、難波、吉田の論考[7,8]に基づいている。

表3 銅鐸と銅戈の分析と考古学的形態分類との相関

	銅　鐸	銅　戈
タイプⅠ（Sn5%以下）	3、4号　（外縁付鈕２式） 5号　（外縁付鈕２式か扁平鈕式古段階）	1号　（九州型）
タイプⅡ（Sn11～15%）	1、2号　（外縁付鈕１式）	2～8号　（近畿型）

表 3.に示すように、銅鐸では、「外縁付鈕１式」と「外縁付鈕２式」という考古学的な形態分類と青銅の主要成分である銅、スズの配合比の違いが極めてよい相関を示すことが分かった。同じく銅戈も、「九州型」と「近畿型」という考古学的分類とスズの配合比の違いが極めてよい相関を示すことが分かった。銅鐸に関する形態分類と分析値の相関は、加茂岩倉遺跡、唐古・鍵遺跡でも今回のタイプ分けとほぼ同様の結果を得ている。また、唐古・鍵遺跡の銅鐸片のデータは、微量元素に至るまで今回のタイプⅠの外縁付鈕２式のデータとほぼ同じで、驚くほど高い近似性を示す。

4. 考察

銅合金は、二次的添加元素によって大きく性質が変化する。特に青銅は、人類がもっとも早くから実用化した銅合金であり、古代人はこの合金の性質や物性的特性を試行錯誤の繰り返しの中で経験的に知り尽くしていたといってよい。機械的特性は、スズが３%程度含まれるだけで少し硬くなる。そして、スズ 13%程度がもっとも強くなる。逆に 15%を超えると硬いが脆く割れやすくなる。この見地からみると、武器としての銅戈は、スズ 11～15%含む方が当然優秀である。

また、スズの配合比は青銅の色に顕著に反映される。スズの少ない銅鐸は赤桃色で、スズの多い銅鐸は金色に近い色を示す。さらに、スズの多少は叩いたときの音にも反映される。スズが少ないと音は鈍く低く、スズが多いと硬質に響いたに違いない。以上述べたように、材料科学的見地からみると、材質の違うタイプⅠとタイプⅡの銅鐸は、オリジナルな状態では見かけの色や音色などの機能特性も大きく異なっていたことが想定できる。これは精確な成分分析を行ったことで初めて窺い知ることができた事実であり、このような考察がようやく可能になったのである。銅鐸という同様の形態をとりながらここまで極端な成分の違いが何を反映していたのか、また従来の考古学的形態分類と成分の違いが良い相関を示すことも、たいへん興味のあるところである。

5. まとめ[9)]

今ではサビてしまっているため、青銅器が本来持つ材質の違いがすっかり埋没して見えなくなってしまっている。本研究で論じたように、精確な材質分析を実施することで、青銅器のオリジナルな姿に迫ることができたことは、これからの研究の方向性を考える上でもたいへん有意義であった。例えば、色や音というこれまでほとんど再現不可能であった古代人の五感に少しでも迫る手掛かりを材質分析が提供できることを提示できたことは画期的であったと考える。これまで見てきたモノクロの無声映画を音響付きのカラー版に変換できる可能性を秘めているとでもいえようか。また、材質を知ることで、さらに青銅器の持つ機能性を論じることができることも改めて示すことができた。古代人が持った色空間や音空間など、少しでも彼らの五感に迫ることができてこそ我々現代人が考古遺物を真に理解することができると日頃から考えているが、今回の科学的調査が期せずしてその実践の場となったと考える。

【参考文献】

1) 長野県埋蔵文化財センター編：『中野市柳沢遺跡』（2012）
2) 村上　隆・三ツ井誠一郎・上田：典男・平林　彰：「銅鐸と銅戈が出土した長野県柳沢遺跡の埋蔵環境」『日本文化財科学会第 26 回大会要旨集』（2009）
3) 三ツ井誠一郎・村上　隆・廣田和穂・上田典男：「銅鐸と銅戈が出土した長野県柳沢遺跡の埋蔵環境（続報）」『日本文化財科学会第 29 回大会要旨集』（2012）
4) 白沢勝彦・上田典男・高妻洋成・村上　隆：「長野県柳沢遺跡出土青銅器の保存修復」『日本文化財科学会第 29 回大会要旨集』（2012）
5) 肥塚隆保・高妻洋成・降幡順子・山崎修・松本岩雄：「重要文化財島根県加茂岩倉遺跡出土銅鐸の保存処理―保存科学調査から―」日本文化財科学会第 24 回大会要旨集』（2007）
6) 村上　隆；「唐古・鍵遺跡から出土した金属生産に関わる遺物の科学分析」『唐古・鍵遺跡』（田原本町教育委員会）（2008）
7) 難波洋三：「柳沢遺跡出土銅鐸の位置づけ」『中野市柳沢遺跡』長野県埋蔵文化財センター（2012）
8) 吉田　広：「柳沢遺跡出土銅戈の位置づけ」『中野市柳沢遺跡』長野県埋蔵文化財センター（2012）
9) 村上　隆：「柳沢遺跡出土青銅器の科学的調査に対する見解」『中野市柳沢遺跡』長野県埋蔵文化財センター（2012）

経年劣化した黄檗染織品に含まれるプロトベルベリンアルカロイドの微量分析の試み

Preliminary Study for microanalyses of protoberberine alkaloids included in aged textiles dyed by Amur cork tree

○佐々木　良子（京都工芸繊維大学　美術工芸資料館），
藤井健三（京都工芸繊維大学　美術工芸資料館染織関連資料調査委員会），
深江亮平（兵庫県立大学 大学院環境人間学研究科）
佐々木　健（京都工芸繊維大学　工芸科学研究科生体分子工学部門）
○Yoshiko SASAKI (Museum and Archives, Kyoto Institute of Technology),
Kenzo FUJII (Museum and Archives, Kyoto Institute of Technology),
Ryohei FUKAE (Graduate School of Human Science and Environment, University of Hyogo)
Ken SASAKI (Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

著者らはこれまでに，プロトベルベリンアルカロイドを含有する染料植物を用いた染色布の抽出液に含まれる主要なプロトベルベリン類（Fig. 1）に対して，特徴のある成分組成を有する代表的な染料植物の分光特性とHPLC分析による定量分析を行ない，4成分の検出と組成比の特定によりこれらの染料植物の相互鑑別が可能であり，ESI-イオン化による質量分析により，HPLC分析より微量の資料採取で同様に染料植物を特定することができることを示した[1]。更に黄檗について現代標品だけでなく，文化財資料についても日本と中国の産地が同定できることを示した[2]。

今回，ESI質量分析に重水素化メタノールを用いることにより，プロトベルベリンの組成比がより正確に求められ，産地の同定に使用可能となった。さらに，文化財資料についてのみ特徴的に現れるピークが認められ，HPLC分析の結果と合わせて，染織品の経年指標の可能性について，検討した。

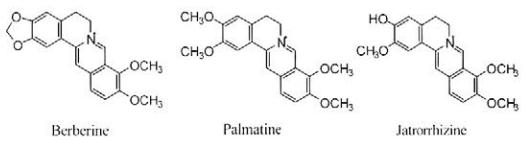


Fig. 1　主なプロトベルベリンの構造式

2.実験

染色用染材：黄檗(ミカン科 *Phellodendron amurense* 及び *Phellodendron chinense*)(高砂薬業)を用いた。

文化財資料:京都工芸繊維大学美術工芸資料館収蔵品(KIT Collection　中国製 AN. 324, AN. 374 , AN. 460, AN. 466, 日本製 AN. 406, AN. 416, AN. 513, AN. 529-5, AN. 529-12)の脱落糸及び，知泉聖通尼所用九条袈裟（曇華院蔵14C）の修理時の脱落糸より得られた抽出液を測定に供した。

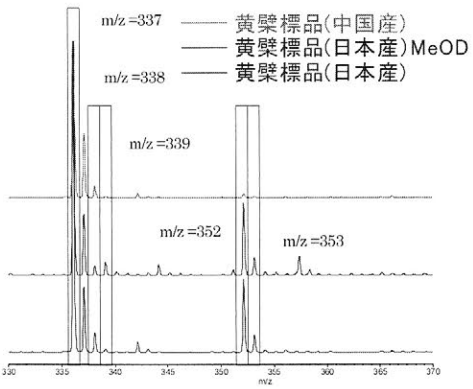


Fig. 2　黄檗染色布抽出液のESI-MS分析

3. 結果と考察

現代の黄檗で染めた絹布の抽出液のESI-MS分析結果をFig. 2に示す。ベルベリン（B）（m/z = 336）はその安定同位体の存在により，理論上337（M+1）に22.5%の，338（M+2）に3.02%の強度でピークを示す。そのためヤトロリジン（J）（m/z =338）の強度はBのM+2とピークが重なり，Jの正確な量を反映しない。重メタノールを用いて交

換性水素を重水素化することで，m/z = 338 のピークは，B の M+2 と，D 化した J の m/z = 339 に分割できた。この結果，質量分析によるプロトベルベリンの組成比が HPLC から求めた組成比にほぼ一致する結果が得られた。

文化財染色品についても同様に質量分析を行い，重メタノールを用いて m/z = 338 のピークの分割を行った。その結果の一例を Fig. 3 に示す。江戸初期の資料 AN. 406 の場合，重メタノールを用いたところ，B の M+2 と D 化 J が分離して観測され，J の定量に利用可能であった。しかしながらパルマチン（P）に対応する m/z = 352 のピークに，P に加えて m/z = 353 の新しいピークが認められた。P は交換性水素を持たない為，メタノール中の m/z = 352 のピークには，P と同じ分子量を持つ別の物質が含まれていることが分かる。更に現代品の黄檗資料（Fig. 2）において，この様な現象が見られないことから，これが経年劣化による生成物であると考えられる。

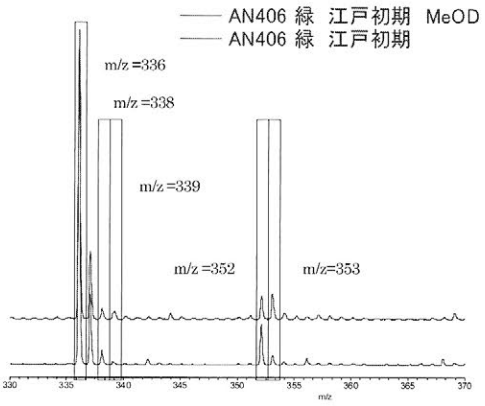


Fig. 3 AN. 406（緑）抽出液の ESI-MS 分析

Fig. 4 に，文化財染織品の HPLC による結果を示す。ここで，B，P，J の他に J のピークの直前に，文化財資料にのみ存在するピークが観察された。このピークはプロトベルベリンに特有の吸収スペクトルを示すことから，経年劣化によって生成するプロトベルベリン誘導体の可能性が高い。また，ほとんどパルマチンを含まない資料 AN. 466 においても観測されることから，B 由来の劣化生成物ではないかと考えられる。下表にこの劣化生成物の B に対する比を纏めた。年代を経るに従って，X が増加する傾向にあり，黄檗単独の場合と緑色の黄色成分として用いられた場合に比べて，紅下に用いられた黄檗の場合には，経年に寄る生成物 X の生成が多くなる傾向が認められるものの，この X の生成量を同色で比較する場合においては，経年劣化の指標となる可能性が示された。

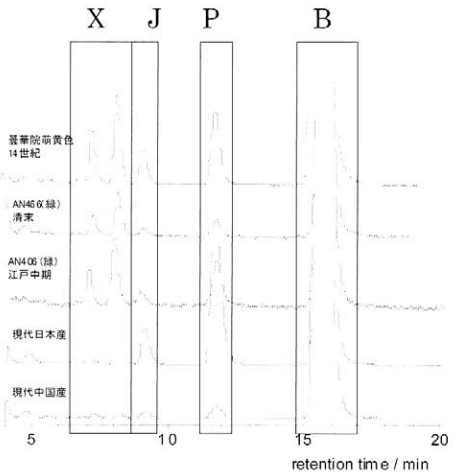


Fig. 4 文化財染織品抽出液の HPLC クロマトグラム

Table Relative amount of Protoberberines (Relative area monitored at 350nm by HPLC)

Sample	Color	Era	X1	X2	X1+X2	J	P	B
Don-ge-in	Green	Kamakura (14C)	3.4	6.3	9.7	2.8	7.3	100
324_tate_ki	Yellow	Qing (17.5C)	2.1	4.4	6.5	0.45	1.8	100
529-12_m	Yellow	MOMOYAMA (16.5C)	2.3	8.4	10.7	3	9.6	100
529-12_ki	Yellow	MOMOYAMA (16.5C)	1.7	6.7	8.4	2.1	5.2	100
529-5_dg	Dark Green	Edo middle (17.5C)	1.7	5.3	7	1.3	5.8	100
406_kimi	Yellow Green	Edo early (17C)	1.9	4.9	6.8	2.6	6.9	100
374_red	Red	Ming late (16.5C)	2.9	12.7	15.6	0.36	0.86	100
406_gr	Green	Edo early (17C)	1.4	6.3	7.8	1.7	6.1	100
460_red	Red	Quing middle (18C)	2.1	10.1	12.2	0.38	1.3	100
466_Gr	Green	Quing late (19C)	1.8	4.4	6.2	0.78	2.2	100
466_red_ji	Red	Quing late (19C)	2	7.2	9.2	0.81	1.6	100
466_red_HANA	Red	Quing late (19C)	2.4	7.6	10	0.89	1.6	100
513_red	Red	Edo middle (17.5C)	1.8	6.9	8.7	1.67	4.1	100

参考文献

1) 佐々木良子，佐々木健 日本文化財科学会第 28 回大会（つくば）2011 年 研究発表要旨集 pp182-183
2) 佐々木良子，藤井健三，佐々木健 日本文化財科学会第 28 回大会（つくば）2011 年 研究発表要旨集 pp.218-219

縄文時代におけるコナラ節の利用とその技術
—北白川追分町遺跡出土大木の検討から—

Usage of Oak Timber in the Jomon Period
-The case study of a large log excavated at the Kitashirakawa-Oiwakecho Site, Kyoto -

○村上由美子（京大総合博）メヒティル・メルツ（京大生存研）藤井裕之（奈良文化財研究所）
坂本 稔（国立歴史民俗博物館）遠藤利恵（東洋羽毛工業（株）・京大生存研）
中川正人（(財）滋賀県文化財保護協会）冨井 眞（京大文化財総合研究センター）
○ Yumiko MURAKAMI, Mechtild MERTZ, Hiroyuki FUJII,
Minoru SAKAMOTO, Rie ENDO, Masato NAKAGAWA, Makoto TOMII

1. はじめに

京都大学北部構内にある北白川追分町遺跡では、2009年の調査で縄文時代晩期後半（滋賀里Ⅴ）の層位から加工痕を留める大木が出土した。本発表では、大木に関する総合調査と保存処理について経緯と成果をまとめ、縄文時代の木材加工技術や資源利用の状況を踏まえた資料の位置づけを行う。

2. 大木調査と保存の経緯

大木は最大径75cm、残存長620cm を測る。検出時、表面に平坦面が認められたため、板を採取した痕跡の有無を検討する目的で噴霧器を用いて大木表面を精査した。その結果、幅約20cm、長さ約2mの平坦面と、平坦面の縁に幅3.2cm、長さ4.5cmの窪みを検出した（写真左）。板を採取した痕跡と、製材時に打ち込んだ楔の痕跡の可能性があることから、他にも加工痕がないか精査を続け、多数の斧の刃跡と、根元が尖り気味の形状であることを確認し、伐採痕の残存を認めた（写真右）。

伐採痕は出土時の裏面により顕著に残るため、大木を取り上げて裏面の精査を行うこととなった。取り上げの際に大木は4分割し、それとは別に厚さ約15cmの円盤を2枚採取した。年輪測定の後、円盤は分割して各種の保存処理（PEG含浸法、真空凍結乾燥法、糖アルコール法、高級アルコール法、シリコン法）を行い、処理法による仕上がりの差や経年変化をみる資料とした。そして4分割した大木本体は安土城考古博物館において反転し、裏面の検出と実測（図1左）をして伐採痕の確認と記録を行った後、PEG含浸法による保存処理を実施して、資料の再検討と展示の機会に備えた〔文献1〕。

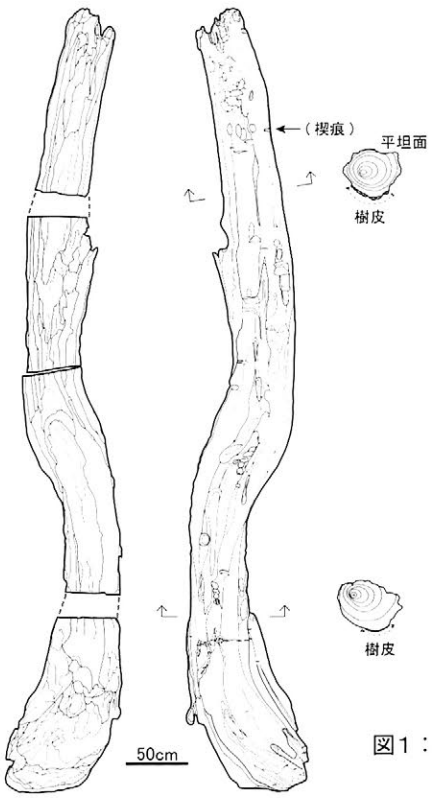


図1：伐採痕の残る大木 実測図（左：出土時裏面、中：出土時上面）
〔文献2〕より一部改変

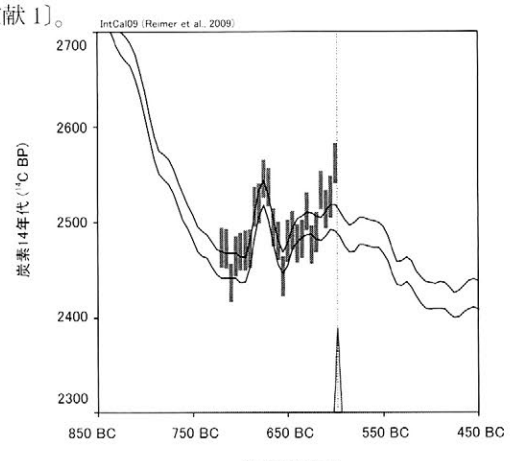


図2：炭素14-ウィグルマッチ法による伐採年の推定。グラフ中の縦線は樹皮直下の層を示し，横軸上のピークは較正年代の確率密度分布を表す。




写真左：平坦面の側縁に残る楔痕

写真右：大木の根元に残る伐採痕

3. 大木に関する分析と成果

樹種同定の結果、大木はコナラ節と判明した〔文献2〕。また年輪測定の結果、伐採季節は春～夏頃と推定され、樹齢は139年を大きくは上回らないものと推察された〔同〕。さらに木材の伐採年を得るために、保存処理前の試料に対して炭素14-ウィグルマッチ法による年代測定を実施した。樹皮直下の層から計測された年輪を5層ずつ、計25試料を採取した。試料はクロロホルム・メタノール混液中での超音波洗浄の後、酸・アルカリ・酸処理で埋没時の汚染を除いた。測定試料の調製と加速器質量分析法（AMS）による炭素14年代測定は、（株）パレオ・ラボに依頼した。得られた炭素14年代を較正曲線IntCal09［文献3］に対してマッチングさせたところ［文献4］、樹皮直下層の較正年代は603－595 BC（2σ）にあり、最も適合する年代が599 BCと推定された（図2）。

4. 考 察

大木は最大直径75cmを測り、元来は10数メートルの樹高であったとみられる。先端には切断痕が確認できなかったが、伐採後に直径30cm以下の細い部分は切断して利用し、幹の一部も製材して厚さ5cm程度の板目材を得た後、大部分は使わずに現地に放棄した状態と考えられる。大木周辺では広葉樹の樹皮が多く出土しており、伐採後に解体を行った場との見解に符合する。

縄文時代においてコナラ節はクリほど多用された樹種ではないが、建築材や住居址炭化材、掘り棒などの道具用材として多く出土している。木取りは芯持材やみかん割材が多い傾向にあるなかで、板目材の事例もあることから、大木の平坦面で得られた材が板目であることと矛盾しない。ただし直径60cmを超えるような大径木の利用は稀であり、縄文時代晩期における石斧の変化や直柄の普及など、伐採用具の動向とあわせた解釈が必要となる。

おわりに

本事例は、600BC頃における伐採・製材技術と資源利用の状況を示す資料と位置づけられる。これまでにも各地の発掘現場で大木が出土することはあったが、「自然木」「倒木」として出土状況と樹種のみ報告される事例が多かった。表面の精査により加工痕を確認し、周辺出土材も含めた検討を行うとともに、木そのもののもつ情報を十分に引き出すことにより、木に関わる人間活動がいつ、どのように展開したかを明らかにすることができる。

［文献1］縄文巨木プロジェクト（2011）縄文巨木シンポジウム，p.42.
日本文化財科学会（2012）文化遺産と科学―縄文の木こり達―，p.40.
［文献2］冨井 眞ほか（2012）第3章 京都大学北部構内BH31区の発掘調査，京都大学構内遺跡調査研究年報 2009年度，京都大学文化財総合研究センター，pp.111-285.
［文献3］Reimer P. J. et al.（2009）Radiocarbon 51, pp.1111-1150.
［文献4］坂本 稔（2012）国立歴史民俗博物館研究報告（印刷中）

謝辞：本研究の遂行にあたり、下記の諸機関よりご協力を得た。京都大学文化財総合研究センター、京都大学総合博物館、（財）滋賀県文化財保護協会、（株）シーハウス、総合地球環境学研究所。
なお本研究は、平成23年度京都大学生存圏研究所共同利用研究の成果による。
また、炭素14年代測定は科学研究費補助金（No.21240072）により実施された。

墳墓における二種類の朱の使い分け–福岡県北九州市城野遺跡出土の赤色顔料–

Two kinds of "Shu"(Cinnabar) excavated from Japanese ancient tombs —Excavation at Jyono site, Kitakyushu city,Fukuoka Prefecture—

○志賀智史(九州国立博物館)・谷口俊治((財)北九州市芸術文化振興財団 埋蔵文化財調査室)
○SHIGA Satoshi(Kyushu National Museum)・TANIGUCHI,Shunji(Archaeological Research Center,Kitakyushu city Foundation for Promoting Arts and Culture)

1. はじめに

弥生時代後期～古墳時代の墳墓出土赤色顔料は、埋葬施設にベンガラ、遺骸頭胸部に朱というように朱とベンガラが使い分けられることが一般的である(本田 1988,1995)。一方で埋蔵施設に朱を使用する墳墓も認められるが、このことについてはこれまで十分論じられることは無かった。今回報告する城野遺跡の箱式石棺墓では、埋葬施設と遺骸頭部で色調の異なる朱が使い分けられていた。今後、その考古学的な意味が注目されると共に発掘現場でのサンプリング方法を十分検討しなければならない。

2. 遺跡概要

遺跡は福岡県北九州市小倉南区城野一丁目にある。一帯には東西220m×南北120mの丘陵が広がり、弥生中期～終末期にかけての大規模な集落が営まれている。今回対象とする墳墓は方形周溝墓(1号墓)で、南北23m×東西16.5mの規模である。このほぼ中央に1基の土坑があり、中から同時埋葬の箱式石棺2基が検出された(北棺、南棺)。両石棺の内法は長110cm弱×幅29～39cm×深さ30～40cm。両床面には粘土枕があり、頭位は北西。南棺からは幼児人骨が検出された。副葬品は、北棺が鉄鉇1(棺外)、南棺が小壺1(棺外)、管玉6・棗玉1、刀子1。墳墓の時期は共伴した小壺から弥生時代終末期(庄内式期)と考えられている。

3. 調査方法

発掘現場に複数回赴き、目視と携帯型の顕微鏡(20倍)＋LED白色ライトで赤色顔料の分布や遺存状態を確認した。これまでの出土赤色顔料のあり方(本田 1988,1995,1999他)を念頭に置きながら観察し、サンプリング位置と方法を検討した。この段階で既に2種類の朱の使い分けの可能性が考えられたため、頭部、胴部、脚部からの通常の粉状資料に加え、朱層の堆積状況観察用のボーリング資料を得た。ボーリング資料は、直径約1cmの硬質のビニールチューブを床面に差込んで得た。この調査で得られた資料を九州国立博物館に持ち帰り調査をおこなった。

粉状資料については、最初に目視と実体顕微鏡による観察を行い、赤色顔料の有無や遺存状況を確認した。赤色顔料の認められた資料については、顕微鏡観察と蛍光X線分析を行い、これらの結果を総合的に判断して赤色顔料の種類を判別した。ボーリング資料についてはエポキシ樹脂に包埋後、切断、研磨して微細な土層断面観察用の資料を作成し、同様に観察と分析を行った。

4. 結果と考察

両石棺の赤色顔料は全て朱であった。朱は床面、壁体、天井石内側などの埋葬施設内面全面に認められた。朱は色調から大きく二つに分類できた。一つは埋葬施設に塗布・撒布されたピンク色の朱で、もう一つは床面遺骸頭部に円形(馬蹄形に濃く残る)に撒布された紫色の朱である。

これら床面の朱は発掘現場での所見から、南棺の頭骨がピンク色の朱層の上面にあり、頭骨の額には面的に紫色の朱が認められることから、石棺にピンク色の朱を塗布・撒布→遺骸安置→頭部に紫色の朱を撒布したものと思われる。両棺のボーリング資料からも同様の結果が得られた。

墳墓出土の朱は通常オレンジ色～ピンク色であり、この違いは粒度の差にある。紫色の朱はあまり見かけない。城野遺跡でのピンク色と紫色の差は、朱の中に含まれている黒い朱粒の量にあるようである。朱の粒子径は、ピンク色の朱が30μm、紫色の朱が50μm以下を中心としているようである。念のため紫色の朱を乳鉢ですり潰したが、若干明るい色調になっただけで、ピンク色の朱にはならなかった。この二種類の朱に

ついては、詳しい調査を行っているところである。

日本列島の墳墓における朱の使用は、弥生時代早期に始まる。中期後半の北部九州の甕棺墓での使用は特に顕著な例の一つとして知られている。ほぼ同じ頃の北九州市周辺においては、箱式石棺墓で埋葬施設にベンガラ、遺骸頭胸部に朱というように一つの主体部で朱とベンガラを使い分けている。この使い分けは、後期に入ると箱式石棺墓の普及と共に北部九州に広まり、終末期～古墳時代初頭に盛行する。前方後円墳の出現と共に西日本に広まる。頭部の朱は神仙思想との関わりが指摘されている(本田 1988,1995)。

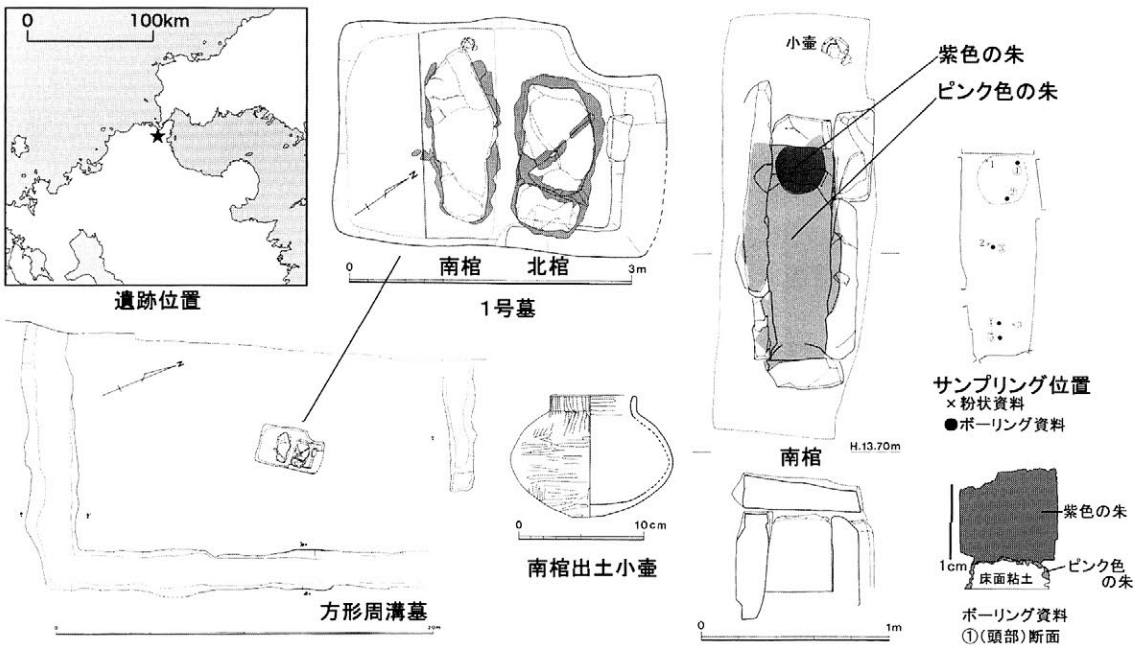
九州においては、埋葬施設に朱を用いることは殆ど行われていないが、弥生時代終末～古墳時代初頭の福岡県小郡市津古生掛古墳(本田 1988)、福岡県志免町亀山古墳(本田・成瀬 1993)、大分県宇佐市川部南西墳墓群1号主体(本田 1999)など少数の遺跡で確認されている。また古墳時代前期後半の福岡県嘉麻市沖出古墳では竪穴式石室内面にベンガラを、舟形石棺内面に朱を塗布している(志賀 2008)。これらの墳墓は九州北部にあるものや、遺構・遺物に畿内からの強い影響が認められるものもあり、赤色顔料の使用方法についても九州以外に系譜が辿れる可能性が高い。

九州以外では、遺骸頭胸部への朱の使用は弥生時代中期後半の大阪府加美遺跡 Y−1号墓(田中他 1987)や兵庫県田能遺跡第 16・17 号墓(福井 1982)以降から認められるようである。埋葬施設での朱の撒布、塗布は弥生時代後期の岡山県楯築墳丘墓(近藤 1992)や島根県西谷3号墓(田中 1992)、古墳時代前期の兵庫県西求女塚古墳(安田他 2004)や奈良県桜井茶臼山古墳(寺沢 2011)・大和天神山古墳(伊達他 1965)等で認められる。一つの主体部で朱が使い分けられた事例は知られていないが、床面に塗布、撒布されたとされる朱の一部に、遺骸頭胸部に撒布されていた朱が含まれている可能性は考えられないであろうか。

城野遺跡では色調の差もあって二種類の朱が明確に分離できたが、色調の差が少ない若しくは差が無い朱が使い分けられていた場合には、まず発掘現場で平面垂直分布から朱の一括性をよく検討する必要があろう。ただし、朱は粉体であり形を持たないため現場だけでの調査では十分とは言えない。屋内での詳しい調査を行うためには位置を記録した上でブロックで取り上げたり、今回おこなったようなボーリング資料の採取が有効と考える。

また、埋葬施設のうち木棺に塗布、撒布された朱は、木棺の腐朽によって発掘時には原位置を動いて検出されることになる。この移動が朱の遺存状況にどの程度影響を与えるか不明な部分も多い。今後その方面からの検討も必要であろう。

※紙数の関係から引用・参考文献を省略しましたことをお詫び申し上げます。詳細は志賀 2011「城野遺跡出土の赤色顔料について」『城野遺跡1』(財)北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室を参照ください。



胡籙の復元製作 -今城塚古墳出土品をモデルとして-

Restoring production of a quiver -As an example of the relics at the tomb Imashirozuka-

○塚本敏夫、小村眞理 (財団法人 元興寺文化財研究所)、福山博章(立命館大学)
内田真雄(今城塚古代歴史館)、中村栄順、小林正夫(金工作家)
○Toshio Tsukamoto, Mari Omura(Gangoji Institute for Research of Cultural Property),Hiroaki HukuyamaKeita (Ritsumeikan University),Masao Uchida, Masaaki Sawada,(Museum of Ancient Imashirozuka) ,Eijun Nakamura,Nasao KobayashiIshi (Metalwork artist Agency)

1. はじめに

古墳時代の矢を入れる道具には矢の鏃身を上に向けて矢を収納する「靫」と鏃身を下に向けて収納する「胡籙」の二者が存在する。「胡籙」は騎馬文化とともに5世紀に日本列島に入ってきた新式の武具である。しかし、金属製の金具のみが残り、全体を構成する有機質は朽ち果て残りにくいためその全体構造に至るまで正確に復元された事例は少ない。

今回、大阪府高槻市今城塚古代歴史館の開館にあたって、今城塚古墳出土遺物から復元模造品の製作を㈱乃村工藝社を通じて財団法人元興寺文化財研究所に委託された。その中で今城塚古墳出土の胡籙についても復元する機会を得た。ここでは、その復元製作に至る資料調査や復元過程で得られた若干の知見と復元品について紹介する。

2. 大阪府高槻市今城塚古墳出土胡籙金具の概要

今城塚古墳出土遺物の検討から、表面に鏨で文様を施し、裏面に布と皮革の痕跡が確認される鉄地金銅製の金具が多数発見された。

破片はいずれも小片であるが、金具の形態、文様、有機質の痕跡から胡籙金具であると判断し、中央に円形部分を作り出す吊手金具、吊手金具に鋲留めされ胡籙口縁部を構成する金具、矢を入れる胡籙の方立部に装着される三葉形の立飾を用いる金具であると判断した。

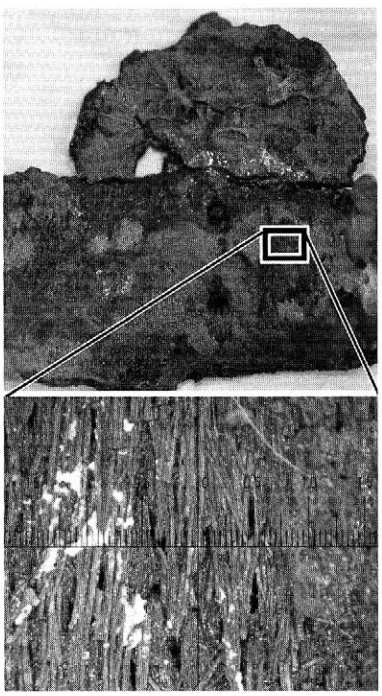


写真-1 三葉形金具裏面の有機質の遺存状況(上段)
獣毛部の拡大写真(下段)
寺口千塚3号墳出土例

3. 古墳時代胡籙の類例と比較検討

(1)復元のための検討方法

今城塚古墳出土胡籙金具は細片であり、胡籙金具の全体像と構成を復元することは困難である。さらに、胡籙本体は主に皮革を用いた有機質で製作されており、胡籙金具からの情報のみでは全体像を復元することは不可能である。そこで、今城塚古墳と年代の近似する古墳より出土した胡籙を参考にし、比較検討を経た上で胡籙の復元を行った。

(2)類例調査とモデル遺跡

今城塚古墳の年代と胡籙金具の構成が最も類似するのは奈良県市尾墓山古墳出土胡籙であるが、破片となっているため不明な点が多い。そこで、時期は新しくなるが、胡籙の出土状況が明確で金具の組み合わせが類似する奈良県寺口千塚3号墳出土胡籙を参考にした。その他、金具の形態は異なるが、出土状況が明確で、有機質の遺存状況が良好な京都府坊主山1号墳出土胡籙を参考にして今城塚古墳出土胡籙の復元を行なった。

4. 大阪府高槻市今城塚古墳出土胡籙の復元製作

胡籙には佩用に用いる吊手金具と吊手金具に鋲留めされ胡籙口縁部を構成する金具、方立部の二箇所に金具が装着されることが明らかとなった。そして、胡籙口縁部を構成する金具の湾曲形態と方立金具の湾曲形態の違いから胡籙本体の外形は逆台形になると想定した。逆台形の形態によって矢の出し入れを容易にするとともに、容積が狭い底部において矢を束ねる機能が想定された。

(1) 胡籙金具

胡籙金具はアマルガム鍍金を行った金銅板を鉄の地板に被せて製作し、鏨で文様を施した後に本体に鋲留した。

(a) **吊手金具**：中央部に円形を作り出す吊手金具を左右の長さを変えて製作した。鋲具には革を巻きつけて吊手金具最上段の二鋲で装着した。さらに、吊手金具上部から二段目の一鋲で湾曲する帯状の金具を装着し、胡籙本体の口縁部分を構成した。

(b) **方立金具**　方立部に装着する金具は上部に突起付金具、底部に三葉形金具を製作して装着した。また、勾玉形金具を製作して突起付金具と三葉形金具の中間に装着した。

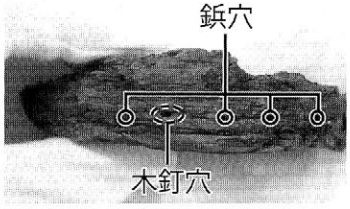


写真-2　底板側面の釘・鋲穴

(2) 胡籙本体

胡籙本体の復元は金具裏側の有機質の痕跡から推定した。

(a) **皮革**　皮革は金具裏面全体に遺存しており、胡籙本体は皮革製であると想定された。吊手金具端部において折り返された痕跡が明瞭に確認できた。また、方立金具には方向性のある有機質が遺存しており、獣毛であると判定した（写真-1）。獣毛は吊手金具には見られないことから、方立部前面には毛皮を使用していたと考えられ、復元には鹿の革と毛皮（夏毛）を用いた（写真-3）。

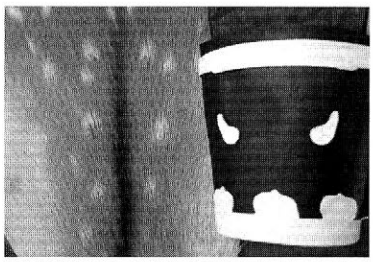


写真-3　鹿毛皮の使用部位

(b) **布**　布は2種類の布が確認された。布1は全ての金具の直下に裏面全体に確認できた。布1は「蕨目の平絹」を用いており、端部は折返した後に篶が施されており、使用範囲は金具の幅と近似していた。篶を施すことによる金具の装飾と金具と本体の摩滅防止も兼ねていたと考えられる。復元では茜で染色した蕨目の平絹に篶を施した布を作成し、全ての金具の裏面に装着した。

布2は吊手金具裏面と底板側面の革の上に確認され、「錦」を用いていた。また、吊手金具の端部で皮革とともに折り返されていることから、本体の内面背側に張られ、錦を視覚的に見せることが想定された。復元には茜で染色した錦を使用した。

(c) **木材**　寺口千塚3号墳例では木製の胡籙底板の存在が確認され、底板底部は平坦であるが、底板上部は胡籙背面に向かって下がってゆく傾斜を有する。この形態から、矢を背側に持たれ掛けさせる機能が想定される。側面には金具の鋲穴の他に木釘穴が確認され（写真-2）、木釘は毛皮、布2を留めるためと推測された。復元では杉製の底板を製作した。

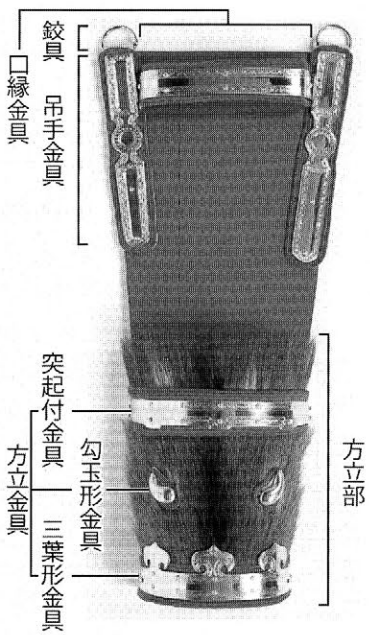


写真-4　胡籙の復元模造品

5. おわりに

今回、少ない破片からではあるが類例調査により今城塚古墳出土胡籙の推定復元が行えた。今までこの時期の胡籙の具体的な復元例は少なく、一般の人には解り難かった資料を解り易く展示できたことの意義は大きい。また、復元の結果、機能的にも長頸鏃で30本収納できることや馬上でも矢が扱いやすい構造であることが確認できた。この成果が今後の胡籙研究の一助にもなると期待している。

2日目
(6月24日)

A会場

B会場

C会場

縄文・弥生土器の紐積み成形における外傾／内傾の選択理由

Coiling Techniques of Jomon and Yayoi Pottery : Exploring Reasons for the Selecion of the Gaikei/Naikei Joining Methods.

○小林正史（北陸学院大学）・河西 学（帝京大学山梨文化財研究所）、田畑直彦（山口大学埋蔵文化財資料館）、鐘ヶ江賢二（鹿児島国際大学）、庄田慎矢（独立行政法人奈良文化財研究所）、山崎頼人（小郡市埋蔵文化財調査センター）、永嶋 豊（青森県教育庁文化財保護課）、高木 晃（岩手県文化振興事業団埋蔵文化財センター）、岡本 洋（青森県埋蔵文化財調査センター）

○Kobayashi Masashi, Kasai Manabu, Tabata Naohiko, Kanegae Kenji, Shoda Shin-ya, Yamazaki Yorito, Nagashima Yutaka, Takagi Ko, Okamoto Yo

1. 目的と方法

本稿の目的は、①外傾/内傾接合の地域差と時間的変化を明らかにする、②紐積み方法（粘土紐の幅、連続積み上げと休止のタイミング、など）を復元する、③外傾/内傾接合が選択された理由を明らかにする、の３点である。これらの目的を達成するために、断面薄片の粘土粒子配向の顕微鏡観察、破断面の粒子配向と接合剥離面の肉眼観察、水平に巡る割口の間隔の観察、の３方法を組み合わせた。

断面薄片の粘土粒子配向の顕微鏡観察では、①配向の不連続性、②直行ポーラでの色調の違い、③配向のズレ、の３基準により、配向が異なる境界に線構造を認定する。継目の断面形状を最も正確に観察できるが、紐積み時の圧着が入念なほど観察できる頻度が低くなる。また、縦断面の長さに制約があるが、長い縦断面が得られた場合には「蒲鉾形継目と傾斜の強い継目の組み合せ」を観察できる。

破断面の凹凸から読み取れる粒子の配向は、断面薄片に比べて、「内傾か外傾か」をより高い頻度で認定できる。また、土器破片の上端または下端にみられる接合剥離痕は、出現頻度は低いものの、①継目上の調整痕なども立体的に観察できる、②水平割口との関連を検討できる、という長所がある。

最後に、復元土器の器壁を水平に巡る割口は、縄文深鍋では高い頻度で認定でき、広範囲に巡る割口とその間の断片的な割口の組み合わせから、「幅２cm 未満の細めの粘土紐を２～３段積んでは（5～6cm 間隔で）休止」という手順が復元されている（可児 2005）。本稿では、「全周の 2/3 以上（ほぼ全周）」「全周の 1/3 以上（長め）」「全周の 1/3 未満（断片的）」に区分した。

2. 分析資料

断面薄片の顕微鏡観察は、①青森県三内丸山遺跡（北盛土）の円筒下層（７個）・上層式（３個）深鍋、②宮城県原遺跡の遠賀川系深鍋、③垂柳遺跡の弥生中期中葉深鍋、④福岡県小郡市の遠賀川式深鍋（昨年度報告）、⑤小郡の弥生中期深鍋、の５資料群（各 10 点）を対象とした。次に、水平割口の観察（小型ほど壊れにくいことを考慮して、2㍉以上に限定）は、復元可能深鍋が豊富に得られる①～③では当該遺跡の復元可能深鍋を対象としたが、十分な数を得られなかった④では他遺跡（今川遺跡と大井三倉遺跡の環濠出土の板付Ⅰｂ～Ⅱａ式深鍋）を対象とした。北部九州の弥生中期では復元深鍋が十分な個数得られる遺跡がないため、水平割口分析を行わなかった。最後に、破断面の粒子配向と接合剥離痕の観察は、円筒下層式深鍋と円筒上層式深鍋のみ行った（小林ほか 2012）。

3.「外傾か内傾か」

縄文深鍋は、東北では加曾利Ｂ３式を境に、関東・中部・北陸では中期後葉～後期前葉を境に、外傾から内傾に変化する（小林ほか 2012）。各地域における外傾から内傾への変化は、円筒形主体から膨らみが強まる形への変化と対応することから、「へたり対策」と解釈できる。さらに、「内傾が基本の時期において、器壁が上向きの肩部のみ外傾に積む例」も、へたり対策を重視していることを示す。このように考えると、縄文前・中期では、開きの少ない器形のため「へたり易い」という外傾接合の短所が顕在化しにくいとはいえ、「あえて外傾接合が選択された理由」を明らかにする必要がある。

西日本の弥生深鍋については、遠賀川式深鍋は帯状粘土を外傾接合することが広く認識されていたが、今回の断面薄片観察において中期中葉まで外傾接合が継続することが明らかにされた。一方、最

上段の継目の位置は城ノ越式（８個中６個では口縁の４～５cm 下。２個は継ぎ目不明）から須玖１式（３個とも口縁の 15～18mm 下）へと幅が狭まる傾向がみられた。ただし、前者では幅４～５cm の内部に認定できなかった継目が存在する可能性もあるので、粘土帯かどうかは今後の検討が必要である。

東北の遠賀川系深鍋は、縄文晩期と同様に「幅２cm 程度の粘土紐を内傾接合」であるが、頸部の括れを折り曲げ技法で作り出すようになる点で、西日本の遠賀川式深鍋と共通している。炊飯の蒸らしのために熱くて重い鍋を頸を掴んで移動する操作を念頭において、堅牢な頸部を作りだしたといえる。一方、垂柳遺跡の弥生中期３期深鍋は、細めの粘土紐の内傾接合である点は東北の遠賀川系深鍋と共通するが、①断面薄片において頸部の括れ部に継目がある例が１個のみ（no. 5）だが存在する、②水平割口が頸部全周の 1/3 以上巡る例が過半数（21/41 個）を占める（原遺跡は 19 個中１個のみ）、などの点で頸部を堅牢に作る意識が弱い。なお、垂柳遺跡では、膨らみの強い深鍋の肩部（器壁が上向き）のみ外傾の継ぎ目がみられることから（no. 4・5）、紐積み時の「へたりにくさ」を意識している。

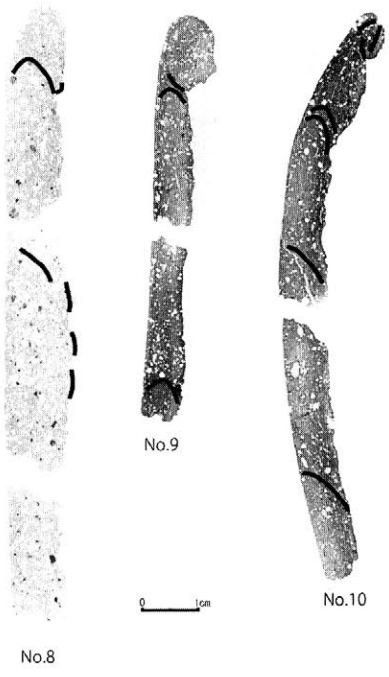
４．連続積み上げと休止のタイミング

縄文深鍋の多く（本稿で分析した円筒上層式を含む）と東北の弥生深鍋（原遺跡と垂柳遺跡）では、「２cm 程度の粘土紐を２～３本積んでは（５～６cm 間隔で）休止」というパターンが観察された（可児 2005）。一方、円筒下層式深鍋では、１段の幅が２cm 程度である点は共通するが、水平に巡る割口の間隔が 10cm 以上と幅広い例が目立つことから、より多数の粘土紐を一気に積み上げたと推定される（小林ほか 2012）。繊維を多量に混和するのは、一気に積み上るための「骨材」としての工夫だろう。

円筒上層式深鍋（特に前半のａ～ｃ式）では、破断面に蒲鉾形の（＝傾斜が緩い）接合剥離痕が前後に時期に比べて高い頻度で観察される（小林ほか 2012）。断面薄片においても３個すべて（no. 8～10）に蒲鉾状の継目が認定された。さらに、①no. 8 では蒲鉾形継目の約 2cm 下位（１段下）に外傾に傾斜する継ぎ目がある（写真左）、②no. 9 では 3. 5cm 間隔で認定された２本の蒲鉾形継ぎ目の中間点に水平割口が巡る（写真中央）、③no. 10 では、口縁から２cm 下に蒲鉾形継ぎ目、その３cm 下位に傾きの緩い外傾継ぎ目、その 3. 5cm 下に外傾継ぎ目の３本がみられる（写真右）、などの事実から、「蒲鉾形継ぎ目と外傾継ぎ目の併存」が確認できた。この組み合わせは「1/3 以上を巡る水平割口と、その間の断片的水平割口の違い」にほぼ対応すると思われる。以上より、「幅 1. 5～２cm の粘土紐を２～３本（多くは外傾継ぎ目）積んだ後、休止（多くは蒲鉾形継ぎ目）」という積み方が復元された。

５．縄文前・中期において外傾接合が選択された理由

縄文深鍋と東日本の弥生深鍋では「幅２cm 程度の粘土紐を２～３本積んだ後、休止」というパターンが広く観察された。このような紐積み過程の斉一性を考慮すると、「蒲鉾形の接合剥離痕や長めの水平割口として現れる紐積みの休止」は、単に乾燥のためという以上に、「２～３本の粘土紐をあまり圧着せずに連続して積んだ後、まとめて伸ばし圧着した」結果と推定される。この想定は、民族誌の比較分析において、「あえて外傾に積む理由」として「圧着せずに数段積んだ後、伸ばしにより一気に圧着する（内面では下から上へ掻き上げるので、内傾接合では端部がめくれてしまう）」ことが導き出されたことと調和する（小林ほか 2012）。５段以上の粘土紐を（外面調整せずに）一気に積み上げた（たまたま乾燥しすぎたためであり、外面は縄文を施文するために化粧粘土を施した）真脇遺跡の縄文前期土器（小島 2008『総覧縄文土器』p. 302）は、この証拠となろう。



引用文献　可児通宏　2005『縄文土器の技法』同成社

小林正史・高木晃・岡本洋・永嶋豊　2012「縄文土器の紐積み成形における「外傾接合か内傾接合か」の選択理由」『三内丸山遺跡年報』15:26-51。

卵殻性状が卵殻蒔絵外観特性に及ぼす影響に関する基礎研究

Effect of Eggshell Powder Characteristics on Appearance of Eggshell Maki-e

成田智恵子(京都工芸繊維大学)、遠藤淳司(同左)、濱田泰以(同左)、
菅浪善造(下出蒔絵司所)、鈴木理穂(同左)、吉岡尚美(同左)、村田淑恵(同左)、高橋瑤子(同左)、
上野亮子、下出祐太郎(京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター)
Chieko Narita, Atsushi Endo, Hiroyuki Hamada(Kyoto Institute of Technology),
Zenzo Suganami, Riho Susuki, Naomi Yoshioka, Yoshie Murata, Yoko Takahashi
(Shimode Maki-e Studio), Ryoko Ueno , Yutaro Shimode
(Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology)

1. 緒論

漆は使用する漆の種類や顔料との組み合わせによって様々な色を表現することが可能であり、一般的には朱合漆などの透漆と天然鉱物顔料やレーキ顔料を混ぜ合わせて加色を行う。このように顔料を混ぜて調合し、色を変化させた漆は彩漆(色漆)と呼ばれる。しかし、漆は本来あめ色がかった色をしているため、鮮明な色を表現することは難しく、特に白色顔料と漆の組み合わせで鮮明な白色を表現することは困難である。そのため、漆工芸の白色表現にはウズラとニワトリの卵殻が用いられることが多い。

本研究の目的は、卵殻粉の番手の違いが卵殻蒔絵の外観特性に及ぼす影響についての基礎データを収集し、形式知化することである。そのため、漆工芸で用いられるウズラの卵殻粉性状に着目し、加工前・加工後の番手の異なる卵殻粉の粉形状を測定・比較した。また、加工後の粉の番手ごとの一定面積における粒子数と占有率の違いについての比較検討をおこなった。

2. 試験片および実験方法

本研究では漆工芸で一般的に用いられている市販のウズラの卵を材料とした。卵殻粉は卵殻の殻内の薄皮を全て取り除いた状態で薬研にかけて粉砕し、専用の篩(金網つじ)を使って篩い分けた。試験片は番手ごとの単番手の試験片(6種類)と番手の異なる2種類の粉を蒔いた複合番手の試験片(3種類)である。表1に試験片の詳細を示す。試験片は漆工芸の職人(職歴38年)が作製した。なお、粉は試験片作製時に研磨されるため、本研究では研磨前の粉のデータも計測した。

表1　試験片

	番手						計
単粉	80-100	100-120	120-150	150-180	180-200	200-250	6試験片
複合粉	80-100, 100-120	100-120, 120-150	120-150, 150-180				3試験片

粉固め用の漆には本呂色漆(鹿田喜造漆店)を使用し、道具は1.5寸幅の漆刷毛を用いた。粉と漆の高さが均一になるまで固めと研磨を繰り返し、鏡面仕上げである蝋色仕上げをおこなった。図1は本実験で用いた試験片の外観写真である。

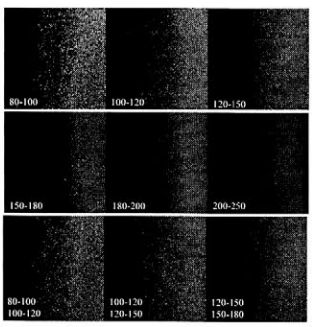


図1　試験片外観写真

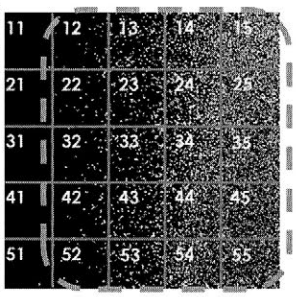


図2　解析測定箇所

解析手順としては、試験片の写真をデジタルマイクロスコープ(VHX-900, KEYENCE Japan)で撮影し、Photoshop(CS5, Adobe Systems. Incorporated)にて1000×1000pixelのデータに変換した後、Igor Pro(6.22A,WaveMetrics. Inc.)を用いて解析をおこなった。試験片は縦5×横5の25分割し、1～5行目の2～5列目を測定対象とした。各測定範囲から無作為に2点ずつ抽出し、1列当たり10点の平均粒子数と占有率(占有率=卵殻粉の占有面積/全体の面積)を求めた。図2に解析対象箇所を示す。

3. 結果および考察

図 3 と図 4 に加工前と加工後の粒子 1 粒あたりの面積の平均を示す。また、図 5 に加工前と加工後の粒子の真円度の平均を示す。粒子 1 粒あたりの面積は番手が細かくなるにつれて減少し、バラつきも粉の細かさに伴い減少した。また、どの番手においても加工後の面積は加工前の半分以下となった。加工前の真円度は 80-100 番手の粉の真円度のみが低く、他の番手はほぼ同じ値を示した。また、加工後の真円度には番手の違いによる変化が少なかった。加工前・加工後ともに全体的に真円度は高くなかったが、研磨によって真円度が若干低下する傾向が見られた。

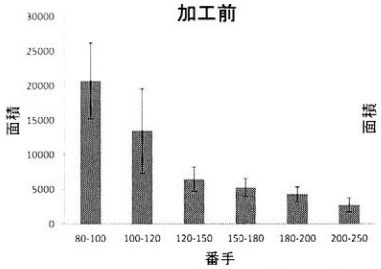


図 3　平均面積(加工前)

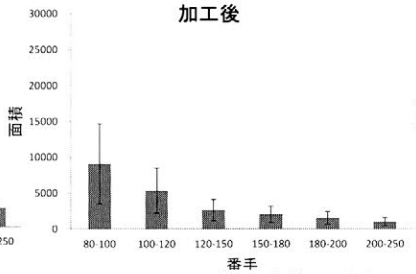


図 4　平均面積(加工後)

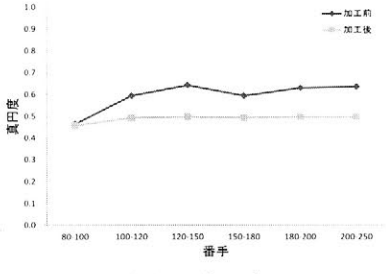


図 5　真円度

図 6 と図 7 に単番手と複合番手の加工後の単位面積当たりの粒子数および占有率を示す。単番手の場合、番手が上がるにつれて粒子数は増加し、占有率は低下した。また、複合番手の粒子数・占有率もともに単番手と同じ傾向を示した。単番手よりも複合番手の占有率にわずかな上昇が見られたが、これは粒子径の大きな粒子の粒子間に小さな粒子が充填されるためと考えられる。

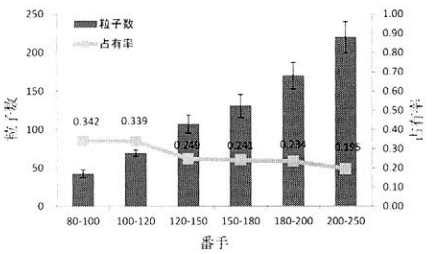


図 6　粒子数および占有率(単番手)

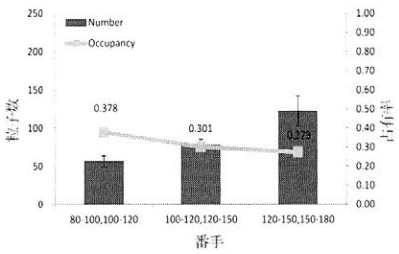


図 7　粒子数および占有率(複合番手)

粒子数が増加するにつれて占有率が下がる理由を検討するために、試験片の断面観察をおこなった。図 8 に 80-100 番手、120-150 番手、200-250 番手の試験片の断面写真を示す(図中 A: 卵殻粉, B: 漆塗膜)。80-100 番手の写真から明らかなように、粒子径が大きい場合の粒子は塗膜厚と同じかそれ以上の大きさをしており、この点から研磨による粉の喪失の可能性が低く、また粉が塗膜の下に沈むことも少ないと考えられる。一方で、120-150、200-250 番手の粉の断面写真より、粉の粒子径が小さくなることで、塗膜厚よりも小さい粉が増え、表面に現れない沈んだ粉が増える傾向があった。ここから、占有率は粒子 1 粒あたりの大きさに依存しており、粒子数の増加が必ずしも占有率の増加につながるわけではないということが示唆された。

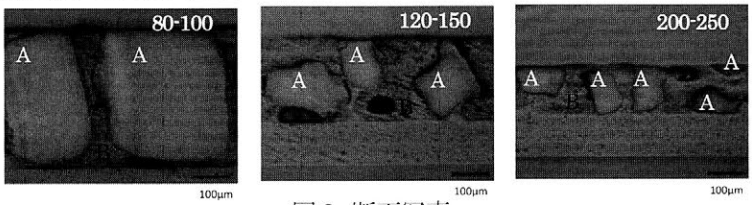


図 8　断面写真

4. 結論

加工前・加工後ともに番手の変化による粉形状の変化は少なかったが、加工後の粒子 1 粒あたりの面積は加工前の面積の半分以下となった。また、わずかではあるが複合番手の方が、単番手よりも高い占有率を示した。占有率は粒子数ではなく、粒子 1 粒あたりの大きさに依存していた。

5. 参考文献

光芸出版編. 新装合本　漆芸事典. 光芸出版, 2004, p.313, 316-317.

小磯稔. 色彩的見地からみた色漆の適切な乾燥条件. 新潟大学教育人間科学部紀要 自然科学編, 1999, 1(2), p103-111.

漆工芸・蒔絵技術に用いられる梨子地粉についての一考察

Effect of the shape of gold powder, "*Nashiji-fun*" on *Urushi* products

○遠藤 淳司(京都工芸繊維大学), 下出 祐太郎(京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター),
成田 智恵子(京都工芸繊維大学), 菅波 善造, 鈴木 里穂, 近藤 香菜, 矢代 大樹,
髙橋 瑶子(以上, 下出蒔絵司所), 濱田 泰以(京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター)
○Atsushi ENDO (Kyoto Institute of Technology), Yutaro SHIMODE
(Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology),
Chieko NARITA (Kyoto Institute of Technology), Zenzo SUGANAMI, Riho SUZUKI,
Kana KONDO, Daiki YASHIRO, Yoko TAKAHASHI (Shimode Maki-e Studio),
Hiroyuki HAMADA (Future-Applied Conventional Technology Center,
Kyoto Institute of Technology)

1. 緒言

日本には, 各地に多くの伝統工芸技術が現在まで伝えられて来ている. かつて英語では"japan"という単語が"漆器"を表す時代があったことからも, 漆工芸は日本を代表する伝統工芸技術であると言える. 日本における漆の利用は約 9000 年前の縄文時代から認められており, なかでも長らく政治・文化の中心地であった京都では, 約 1200 年の長きにわたり多くの職人らによって漆工芸技術が伝承・洗練され, また日本人の美意識や精神性までも反映した"漆文化"が醸成されてきた.

漆工芸は木地成形から始まり, 下地, 塗り, 磨き等, 数多くの工程に分かれ, それぞれに木地師や塗師, 蠟色師と呼ばれる専門の職人により分業体制が確立している. このような多岐にわたる漆工芸技術のうち, 加飾工程において"蒔絵"と呼ばれる漆と金属粉で描画する技術が伝承されている.

現代までに伝世している漆文化財の多くに, この蒔絵が施されている. 金粉や銀粉といった様々な金属粉が使われているが, 使用される金属粉の形状や粗さによって, 蒔絵はその加工法が決まってくる. そこで本研究では, 現在使用されている金属粉を用いて試験片を作製し, その表面の観察を行うとともに, 漆工芸作品における蒔絵の修理, 修復の際の, 金属粉の種類や形状, またその加工法の提案への検討に寄与することを目的とした.

2. 実験方法

2. 1 試験片作製条件

試験片の作製は, 蒔絵の熟練職人(男性, 57 歳, 経験年数 38 年)が行った. 器胎には 70×70×5mm の透明アクリル板を用い, あらかじめ表面を研磨した後に, 生漆(鹿田喜造漆店)を摺り込む"木地固め"を行った. その後, 女性の頭髪を用いた刷毛を使用して黒蠟色漆(鹿田喜造漆店)を 3 回塗り重ねた. 1 回塗るごとに炭で研磨し, 最後には磨き上げることで"蠟色仕上げ"と呼ばれる鏡面仕上げとした. そこに漆で下絵を描き, その漆が乾く前に金の梨子地粉(なしじふん)を蒔き付けた. 下絵の漆が乾いた後に, 上から梨子地漆で数回塗り固めることにより粉を固定させた. 梨子地漆が乾いたら, 木炭や合成砥石を用いて研ぎ出し, さらに磨くことで, 粉と漆に艶が出るようにした. なお梨子地粉による蒔絵部分は, 直径 40mm の円形とした.

本研究では梨子地粉(株式会社 吉井商店製 本金鈐・焼梨子地)を用いた. 梨子地粉は薄く平たい形状をしており, 仕上がりが梨の肌のように見えることからこのように呼ばれている. Fig.1 に梨子地粉による蒔絵試験片を示す. 号数は 1～8 号を用い, 号数が大きくなるほど粉粒は粗く大きくなっていく.

現在, 蒔絵用の金属粉の製造は日本国内において 2 社のみであり, 本研究にて用いた梨子地粉は石川県金沢市に所在する株式会社 吉井商店製のものである. 所在地より, "金沢粉"と呼ばれることもある. 号数に応じた独特の呼称があり, 味甚, 先細, 先荒, 小々三, 小三小, 小三, 中金, 大三と呼ばれ, それぞれ 1～8 号粉に相当する.

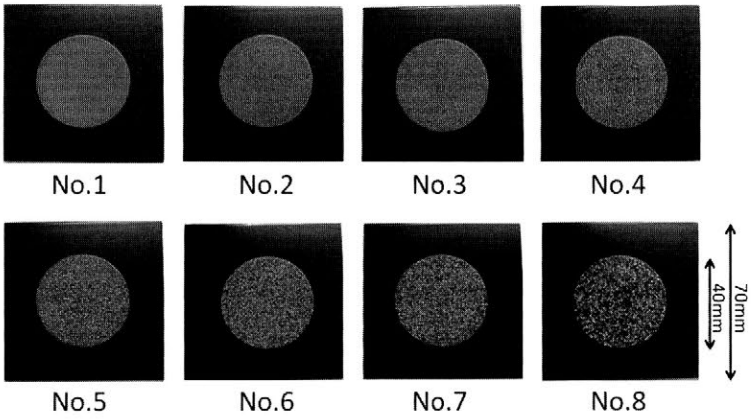


Fig.1 Specimens of *Nashiji-fun*.

2. 2 使用機器

梨子地粉試験片表面及び梨子地粉を観察するために，デジタルマイクロスコープ VHX-900（株式会社キーエンス社製）及び超小型高性能レンズ VH-Z20R（株式会社キーエンス社製）を用い，30 倍での画像撮影を試みた．

3. 結果

Fig.2 に，デジタルマイクロスコープによる蒔絵試験片表面の撮影画像を示す．マイクロスコープ画像より，それぞれの号数における任意の 10 粒の長径の長さを計測した．Fig.3 にその平均値を示すが，その長さは号数が大きくなるとともに長くなる傾向を示した．同様に蒔絵加工前の金粉を計測したが，号数が大きくなるとともに長くなる傾向は変わらなかった．蒔絵加工前後の長さの違いを比較したところ，大きな違いは見られなかったが，大きな粉ほど蒔絵加工後に大きさが小さくなっていた．

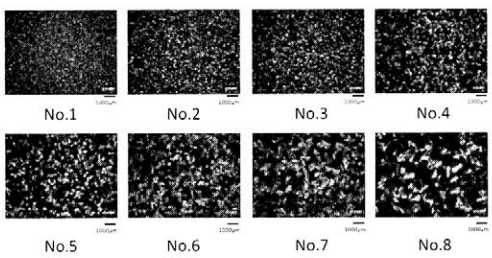


Fig.2 Microscope images of specimens.

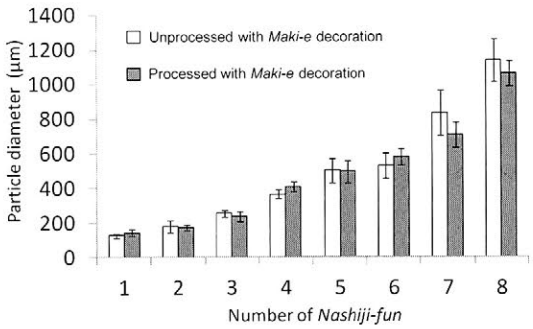


Fig.3 Particle diameter of *Nashiji-fun*.

4. 考察

蒔絵加工の際に梨子地粉が傾いた状態で固定されることもあるため，蒔絵加工前よりは粉の長さが若干短くなる傾向が見受けられた．これは大きい粉ほど顕著に認められた．このことより，梨子地粉を用いた蒔絵の修理，修復の際に，蒔絵表面に観察できる粉の大きさよりも若干大きいものを使用する必要があるものと考えられる．

5. まとめ

蒔絵の種類や号数の見極めは熟練の蒔絵職人でなければ難しい．しかし本研究のようにデジタルマイクロスコープ等を用いて，種類や粉の大きさを検討できれば，職人でなくても修理，修復の際に適切な金属粉の選択や加工法の提案ができるものと考えられる．

○3 次元レーザースキャナの精度・確度検証

－イラン国立博物館所蔵粘土板資料を対象として－

○Precision and accuracy verification of the measurement and drawing with a three-dimensional laser scanner

○渡邊俊祐(同志社大学大学院文化情報学研究科)、寺村裕史(国際日本文化研究センター)、
津村宏臣(同志社大学文化情報学部准教授)
○Shunsuke Watanabe, Hirofumi Teramura, Hiroomi Tsumura

1. はじめに

近年、3 次元レーザースキャナの技術開発と価格廉価化を背景に、文化財（遺物）の 3 次元形状の記録手法としてこれを採用することが一般的になりつつある。従来の展開図や断面図、などといった次元縮約された情報よりも、より多くの形状に関する情報を持つことが期待されつつある。だが、現実には計測された情報そのものの精度と、計測対象の形状の再現能力という確度の検証、さらにはそのデータを用いた解析事例はきわめて少なく、一般的には視覚的な 3 次元表示に終始している感が否めない。

本研究では、一般的な 3 次元レーザースキャナの精度・確度検証を行う事を目的とし、具体的な①計測形状指標モデルの作成、②取得原データである点群座標値の評価、③形状再現力に関わる検証、④再現される 3 次元モデルの確度比較を実施した。結果として、対象物の角度形状によって取得精度にばらつきが大きいこと、確度検証のためのアルゴリズムが必要なこと、などを明らかにした。さらに、具体的な資料としてイラン国立博物館粘土板（楔形文字）資料を対象に取得実験と検証を実施した。

2. 計測形状モデル作成

実物の考古資料を複数の機械で計測することは現実的には難しい事と、同条件下での計測を行うために、計測形状モデルを作成した。0 度から 90 度の 5 度ごとの角度の面を持った型枠をシリコーン[1]で作成し、石膏（CaSO4・2H2O）のモデルを作成した（Fig 1）。なお、計測形状モデルの色は、白であるが計測器により測定したところ、L3910.9、a－4987.6、b1963.7[2]であった（Fig2）。

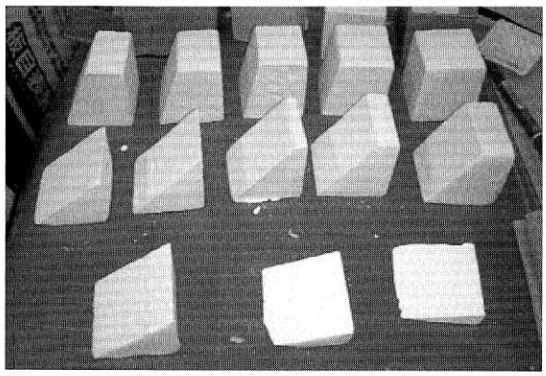


Fig 1　石膏指標モデル

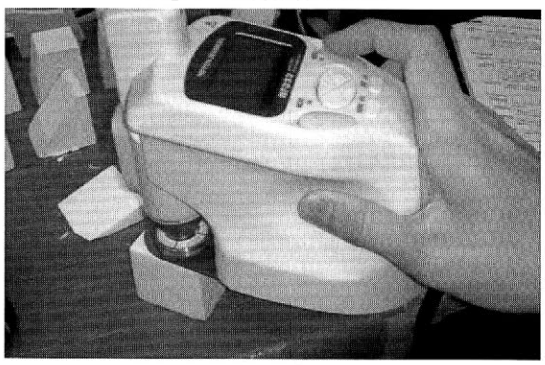


Fig 2　色調計測風景

3. 点群座標値評価

レーザスキャンの方法は、タイムオブライ

[1] 信越シリコーン HP　シリコーンについて
http://www.silicone.jp/j/info/begin1.shtml

[2]均等色空間（Uniform Color Space）の代表格で、ＣＩＥ１９７６（L*a*b*）表色系と呼ばれ、日本の JIS にも規定されている。L,a,b とは、L（明度）とクロマネティクス指数 a とｂであり、均等色空間上の座標である。

ト法、位相差法など様々な種類が存在しており[3]、機械によって取得方法が異なることも考えられる。本研究では、複数の3次元スキャナ（接触式、非接触式を含む）を用いて、上記で作成した計測形状モデルをスキャンした。そのデータを、余分なデータを取り除く、向きを統一するなどの成形をした上で、Asciiファイル(X,Y,Z)にて出力をした(Fig3～4)。

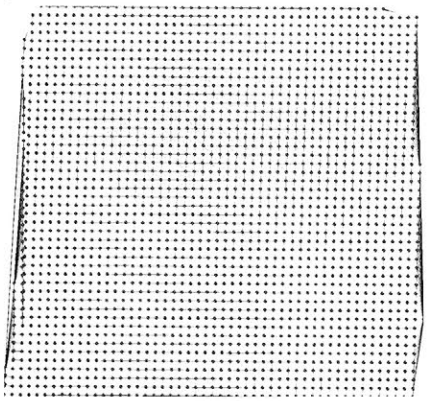


Fig 3　平面スキャン45度

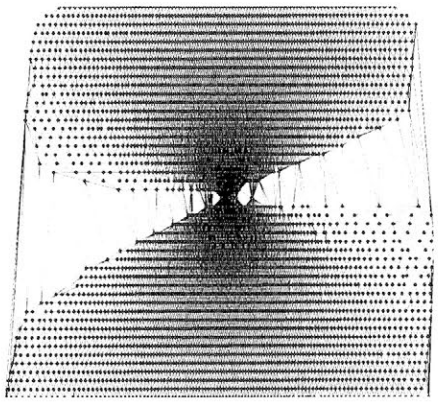


Fig 4　回転スキャン45度

この様に、同じ3次元形状のアーカイブという同じ目的をもった機械でも、点群の取得の仕方に差異があることがわかる。

特に、同じ構造（ターンテーブルを使用）の機械でも、レーザスキャン方式の違いにより、点群の取得に差が出ている。3次元モデルを見ているだけでは、差がほとんど確認されなくても、単に点群をプロットしただけで、機械による差異が視覚的に認められる。しかし、この実験からでは、均等な傾きを持った面に対する結果しかわからず、形状の再現性に関する検討は不十分であり、曲面も含めた実験と解析手法の確立が必要であると考える。

[3] 測量工学ハンドブック

4. イラン国立博物館所蔵粘土板による検証

イラン国立博物館所蔵粘土板資料のデジタルデータ化とその活用を目的に、3次元レーザスキャナを用いてアーカイブを行った。

未加工のスキャンデータでは、確度が低く、いわゆるなまくらな表現となっている（Fig5）[4]。しかし、誤差の少ないデータを選択することによって、なまくらな表現を緩和することが可能となっている（Fig6）[5]。将来的な目的である博物館での活用の為に引き続き確度の高いデータ処理を行う予定である。

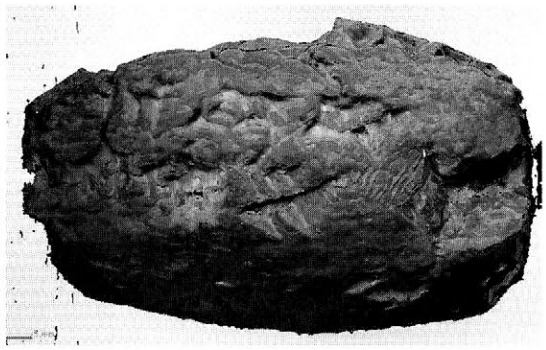


Fig 5　未加工データ



Fig 6　加工済みデータ

参考文献・URL

村井俊治 総編集　測量工学ハンドブック　朝倉書店　2005

http://www.istone.org/gypsum.html

http://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/part5/01.html（2012/3/9閲覧）

http://www.colordream.net/lab.htm（2012/3/9閲覧）

[4] [5] 2011年度文部科学省科学研究費補助金・基盤研究（A）「イラン国立博物館所蔵粘土板文書の調査・研究」（代表・国士舘大学　前川和也、課題番号：11000682）の成果の一部である。

庚寅銘大刀の発見と事前調査

－福岡市元岡 G6号墳出土象嵌大刀の取上げからX線CT調査まで－

Discovery and research of Inlay sword

上角智希・田上勇一郎・西澤千絵里（福岡市埋蔵文化財センター）、 今津節生・鳥越俊行・
和田慧（九州国立博物館）、 加藤和歳・村田忠繁（九州歴史資料館）
Kamikado Tomoki, Tagami Yuuichirou, Nishizawa Chieri, Imazu Setsuo,
Torigoe Toshiyuki, Wada Kei, Katou Kazutoshi, Murata Tadashige

1．はじめに

平成23年（2011年）9月7日に福岡市西区の元岡Ｇ６号墳から出土した大刀の取上げを行った。そして同日夕方にX線撮影を行い、大刀の背に19字の銘文が刻まれていることを発見した。その後、X線ＣＴ調査などの保存科学的な事前調査を行った。今回は庚寅銘大刀の現在までの事前調査の進捗状況について簡単に報告する。

2．元岡Ｇ６号墳について

庚寅銘大刀が出土した元岡Ｇ６号墳は、福岡市西区元岡の九州大学移転地内に所在する。古墳の遺存状態はよくなく、発見当時、墳丘は大きく削られ天井石のごく一部が露出していた。石室は両袖式単室の横穴式石室で、玄室は幅1.6～2.1m、全長2.0m、天井高1.8mを測る。築造年代は出土した須恵器から７世紀前半から中頃と推定される。

3．透過エックス線撮影

庚寅銘大刀は長さ約75cmで、大きく４つの破片に折れている。現状は土が付着しており、土の塊という様相を呈する。銘文は柄のすぐ上の部位の刀身の背に刻まれており、運よく破片の１つにすべてが収まっている。銘文の「庚寅正月六日庚寅」は西暦570年にあたる。

銘文をもつ刀剣類の出土は、国内８例目（古墳時代のもので伝世品をのぞく）となる。これまでの事例における銘文発見の経緯は、出土品の保存処理を業務委託するなどした際に発見されたものが多く、発掘現場での取上げから銘文の発見までには数年から数十年かかっている。

福岡市は自前で保存処理施設をもち、担当職員を配置している。そのため、発掘現場と保存処理部門との連繋が緊密であるという長所を備えている。今回、発掘現場で大刀を取上げた後、埋蔵文化財センターに持ち帰り、すぐに透過X線撮影を行った。取上げからじつに２時間後には象嵌文字の存在を確認した。いち早く象嵌文字の存在に気づくことにより、発掘現場で更なる精密な調査を実施できるなど、得られるメリットは非常に大きい。

4．X線ＣＴスキャナ

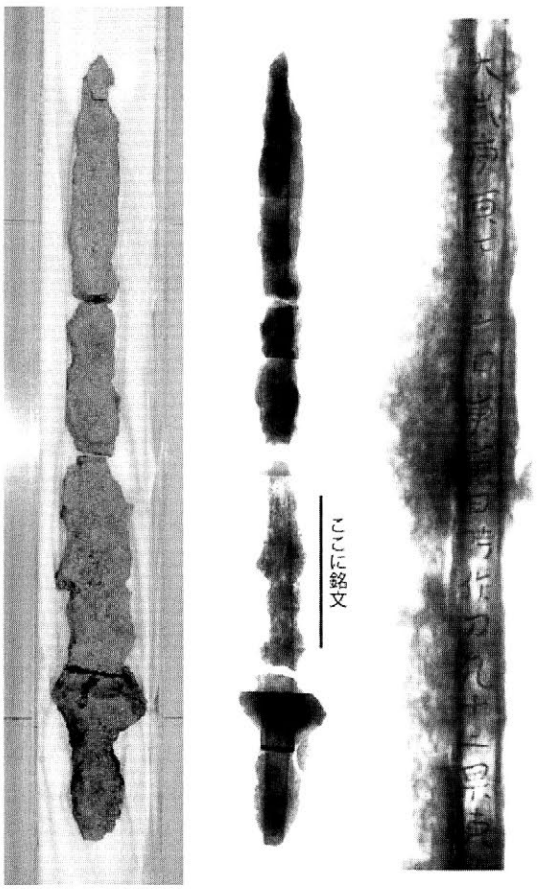
銘文の発見後、県内の保存科学担当者に連絡を取り、協力を要請した。九州国立博物館と九州歴史資料館に、それぞれ３次元X線ＣＴスキャナが導入されている。両機関に依頼し、庚寅銘大刀のＣＴ撮影およびその分析、ＣＴデータをもとにした石膏模型の作成を行った。近隣の関係機関と相互連携することにより、より充実した事前調査を行うことができた。

X線ＣＴを撮るにしても、何を見たいのか、目的意識が明確かどうかによって、得られる成果は大きく異なるという。今回は、象嵌文字のさらに詳細な情報、周囲の土のなかの情報（象嵌金属線の剥落片や木質がないか）、刀身の劣化状況の把握を目的として、撮影・分析をしてもらった。その結果、象嵌文字の立体的で詳細な情報や柄の金具や目釘の存在がわかるとともに、刀身の状態は予想以上に悪いことも判明した。また、その３次元データをもとに、保存処理を行っていく上での検討資料とし

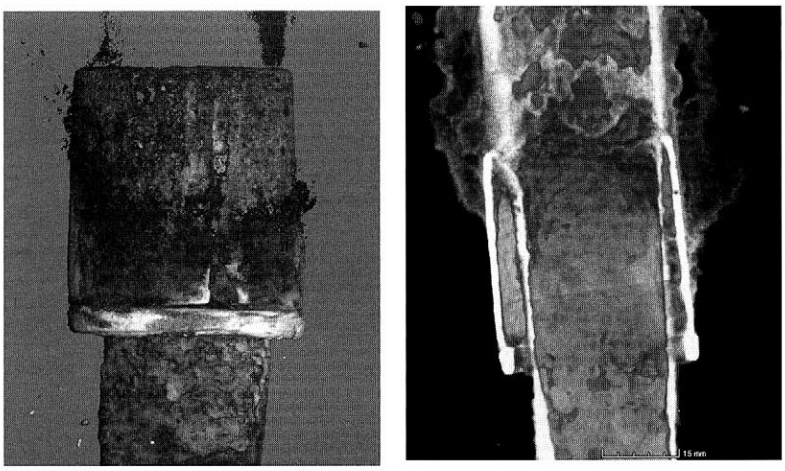
て石膏模型を製作した。

保存処理計画を立てる作業において、Ｘ線ＣＴの利用は非常に強力な武器となる。実物はまだ土の中に隠れて目視できない段階であるにも関わらず、遺物の詳細な形状や壊れやすいかどうかの判断材料、さらには表面から何cm下で遺物が出るかまで、驚くほど豊富な情報が得られた。

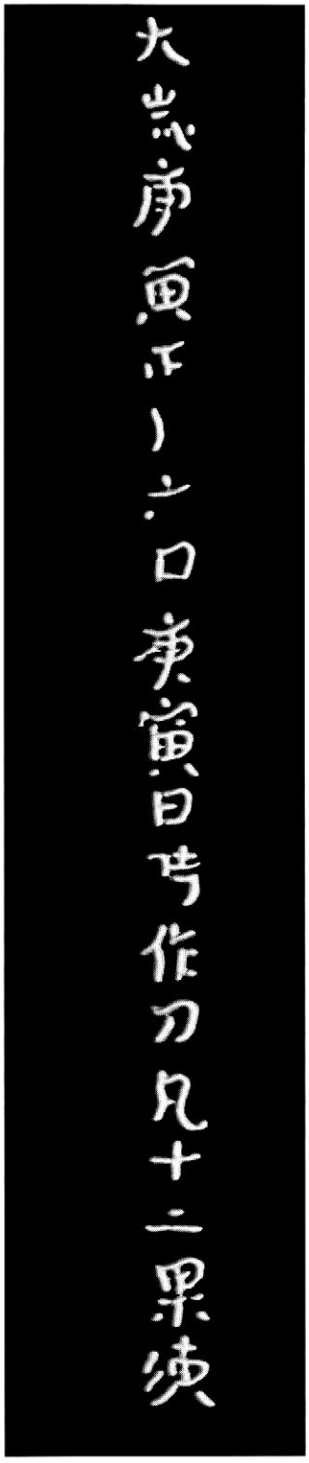
庚寅銘大刀は、今後２年かけてクリーニング・保存処理・保存処理の報告書作成を行う計画である。



▲大刀の現状とエックス線写真



▲柄の金具（左）とその内部（右）のＸ線ＣＴ画像



銘文のＸ線ＣＴ画像▲

東名遺跡から出土した魚類耳石

Marine fish otolith recovered from the Higashimyo shell middne

○丸山真史（奈良文化財研究所・客員研究員）・大江文雄（奈良文化財研究所・客員研究員）、
西田巖（佐賀市教育委員会）・松井章（奈良文化財研究所）

○Masashi Maruyama(Nara National Research Institute for Cultural Properties), Fumio Ohe(Nara National Research Institute for Cultural Properties), Iwao Nishida(Saga Municipal Borad of Education) and Akira Matsui(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

東名遺跡群は、佐賀県佐賀市金立に位置する西日本最大級の縄文時代早期(約7,000年前)の湿地性貝塚である。その立地は、広大な干潟を有する有明海北岸からやや内陸部にあたり、縄文時代早期には有明海に注ぎ込む河口域と考えられる。東名遺跡群では6箇所の貝塚が見つかっており、そのうちの第1貝塚、第2貝塚の発掘調査では、動物遺存体を肉眼で確認して採集する以外に、貝塚およびその周辺の土壌を1mm目のフルイを用いて水洗選別し、フルイの面上に残った動物遺存体を回収した。出土した動物遺存体のうち種類が判明したものは10,000点以上を数え、哺乳類が6,341点と最も多く、魚類2,814点、爬虫類738点などが続く。フルイを使用することによって、微細な魚類の骨、歯、耳石、鱗を回収することができた。すでに魚骨による同定結果を報告しており(丸山・永井・松井2009)、今回は新たに耳石の種同定を行ったので、その概要を示すとともに、考古学における魚類耳石の種同定の意義を論じる。

2. 東名遺跡出土の魚骨

魚骨では19種類を同定し、科、属、種名を特定できたものは16種類にのぼる。これらのうち最も多く出土したのはスズキ属であり、破片数にして738点を数え、最小個体数(重複する部位の最大数)は77個体にのぼる。スズキ属に続いてボラ科が567点、クロダイ属が287点を数え、それぞれの最小個体数は179個体、88個体である。破片数ではスズキ属が卓越するが、最小個体数ではボラ科が圧倒的である。ボラ科の出土部位をみると、比較的大きく堅固な主鰓蓋骨などの鰓蓋部に集中しており、薄くて小さな前上顎骨や歯骨などの吻部が極端に少なく、遺跡における保存の問題と関連していると考えられる。これらのほかに破片数の多い順に、タイ科、ハゼ科、ハモ属、ニベ科などの海水魚を同定した。淡水魚ではナマズ、アユ、コイ科、フナ属、コイを同定したが、ナマズとアユをのぞいて10点以下に留まる。また、有明海、八代海の固有種で、干潟に生息するムツゴロウを同定した。

3. 東名遺跡出土の耳石

耳石は炭酸カルシウムを主成分としており、平衡感覚や聴覚に関連した機関である。魚類の孵化前後から神経頭蓋の内部で形成されはじめ、成長の初期段階には日輪が形成される。耳石の大きさ、形、内面の複雑な文様は、魚種ごとの生態と密接にかかわっており、それぞれ特徴が異なることから、耳石によって魚種を特定することが可能である。東名遺跡から出土した耳石は種不明のものを含めて80点以上を数え、そのうち種と特定できたものが78点にのぼる。7種を同定し、その内訳は現在の有明海に生息するスズキ、メナダ、ボラ、クロダイ、コイチの５種と、現在は生息しないニベ、ホンニベの２種を含む魚種構成である。スズキが最多の49点で約60%を占める。スズキに続くのは、メナダ13点、クロダイ8点、コイチ4点、ボラ2点、ニベとホンニベが1点ずつを数える。

4. 遺跡出土の魚類耳石の意義

魚骨、耳石のいずれの同定結果でも海水魚が大部分を占めており、眼前にひろがる有明海を漁場としていたと考えられる。魚骨の同定からはスズキ属、ボラ科、クロダイ属の3種類が魚類の約60%を占め、耳石の

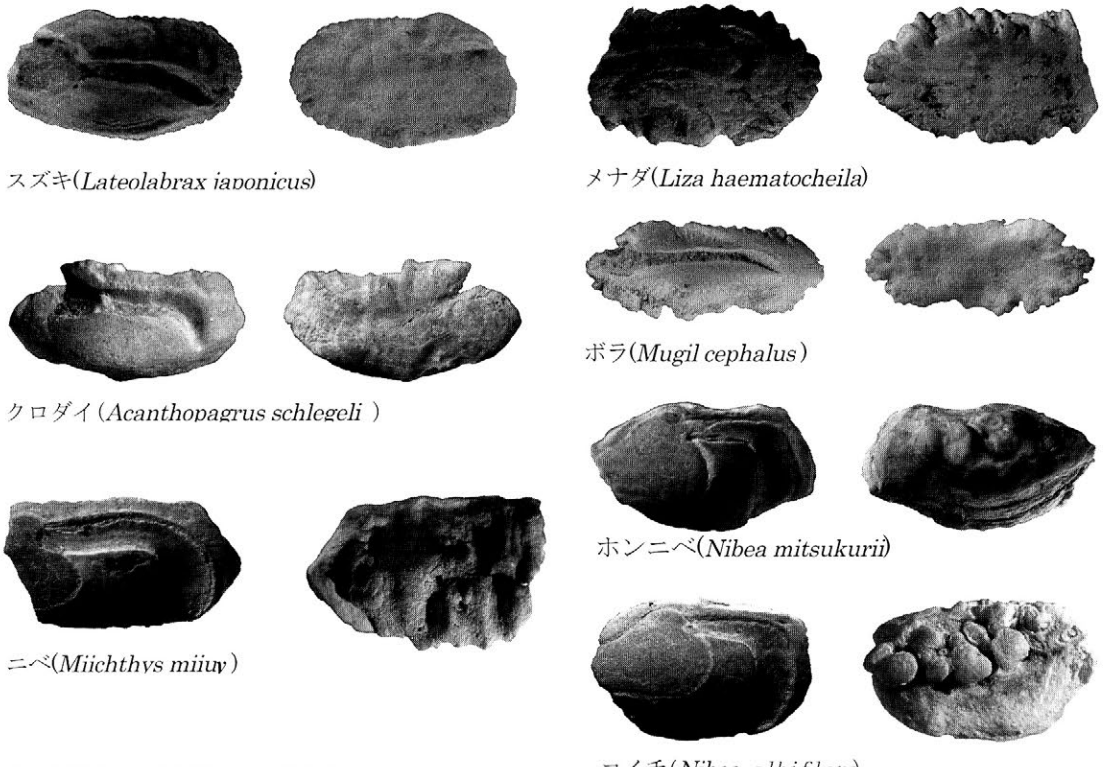
同定からはスズキ、メナダ、クロダイの3種が約70%を占めるという結果が得られた。魚骨と耳石の両方で特定できた魚種組成は矛盾しない。耳石によってスズキ属ではスズキ、ボラ科ではメナダ、クロダイ属ではクロダイが主要な漁獲対象となっていたことが明らかにすることができた。いずれの種も、汽水域や河口域まで進入するという生態的特徴から、内湾性の漁撈が主体であったと考えられる。魚骨では、科、属までの分類群の同定にとどまっていたが、耳石もあせて同定することで種が判明することは、漁労活動の復元を行う上で意義深い。また、ニベ科ではホンニベ以外に、コイチやニベが出土しているが、イシモチは出土していない。コイチ、ニベ、イシモチは現在の有明海に生息するが、ホンニベは生息せず、東シナ海、黄海、朝鮮半島南岸に生息する。このことは縄文時代早期の有明海では、共存するニベ科グループが現在と異なっていたとことを示唆しており、耳石からの種同定は魚類相の復元に大きな役割を果たす。

5. おわりに

東名遺跡群で出土した魚類遺存体のうち、種類を最も多く同定することができたのは魚骨である。それに比べて出土量が少ないが、魚骨では科ないし属までを特定するに留まっていた分類群について、耳石の分析から種と特定することができた。耳石は、魚骨とあわせて分析することで、より詳細な魚類相および海洋環境、それに対する人間の漁労活動の復元に大きな役割を果たす重要な部位の一つとなるであろう。ただし、考古遺跡からの出土量が少ないという問題点はあるが、動物遺存体が良好な状態で保存されている可能性が高い貝塚や低湿地遺跡などの発掘調査において、フルイを用いて注意深く水洗選別することで資料の増加が期待される。

参考文献

丸山真史・永井理恵・松井章 2009「動物遺存体」『東名遺跡群Ⅱ』第6分冊（東名遺跡2次総括編）佐賀市教育委員会 pp. 146-178



東名遺跡第1・2貝塚出土の耳石

土器残存有機物を用いた縄文時代後晩期，渥美半島地域の食性復元

Reconstruction of paleodiets in potteries using lipid analysis from Late to Final Jomon Periods, Japan

○宮田佳樹(名大年測センター)，堀内晶子(国際基督教大学教養学部)，中村賢太郎((株)パレオ・ラボ)，黒沼保子((株)パレオ・ラボ)，増山禎之(愛知県田原市教育委員会)，南雅代(名大年測センター)，中村俊夫(名大年測センター)，Richard Evershed(Bristol University)

○Yoshiki Miyata (CCR, Nagoya University), Akiko Horiuchi (The College of Liberal Arts, International Christian University), Kentarou Nakamura (Paleo Labo Co., Ltd.), Yasuko Kuronuma (Paleo Labo Co., Ltd.), Tadayuki Masuyama (The Board of Education, Tahara City), Minami Masayo (CCR, Nagoya University), Toshio Nakamura(CCR, Nagoya University), Richard Evershed (Organic Geochemistry Unit, University of Bristol, UK)

1. はじめに

本研究では、愛知県田原市にある保美貝塚，伊川津貝塚から出土した土器に含まれる有機物を，ガスクロマトグラフ質量分析法(GC-MS)によって脂質分析し、炭素年代測定結果と安定同位体分析と組み合わせることにより，縄文時代後晩期の渥美半島に暮らしていた人々の食生活を復元することを目的とした。渥美半島からは縄文人骨が多数出土しており，日本人の成り立ちを研究する上で重要な地域である。また，動物遺体や狩猟具の出土状況から，特に保美貝塚で暮らした縄文人は，伊川津，吉胡貝塚の人々に比べて，外洋漁業や陸獣の狩猟を盛んに行っていたと考えられている。

2. 方法

土器付着炭化物と炭化材はAAA処理を行い，土壌起源の有機物や炭酸塩などの汚染を取り除いた。このAAA処理済試料を石英管に封入し，加熱ガス化，真空ラインで炭素精製し，グラファイトに還元をした後，パレオ・ラボ(株)NEC 製コンパクト AMS で炭素年代測定を行った。炭化材については，3断面(横断面・接線断面・放射断面)を割り出し，銀ペーストを塗布後，金蒸着して走査型電子顕微鏡(日本電子㈱製 JSM-5900LV 型)を用いて樹種の同定と写真撮影を行った。さらに，土器付着物の安定同位体，炭素窒素含有量は昭光通商で依頼分析した。

土器の脂質分析はブリストル大学生物有機地球化学グループで行った(堀内・宮田，2011)。以下，その概要を記す。デンタルドリルで表面の二次的な汚染物質を極力排除した土器片2gを乳鉢で粉末状に粉砕した。この土器粉末に，アルカンC34(内部標準)を添加して，クロロホルム:メタノール溶液(2:1)で溶媒抽出する操作を2度繰り返した。分取した溶媒を遠心分離して，上澄みを窒素雰囲気下で乾固し全脂質を回収し，クロメタ溶液(2:1)でシリカゲルカラムに通し，不純物を濾過除去した。それから，回収した全脂質を TMS 化して，ガスクロマトグラフ(GC)を用いて，脂質組成を確認した。次に，この全脂質をメチル化し，脂質組成を GC，GC-MS で同定した。GC-MSの分析条件は以下の通りである。Perkin Elmer AutoSystem XL Gas Chromatograph with Perkin Elmer TurboMass Gold Mass Spectrometer, column: DB-1ht 15 m×320 μm×1.0 μm, oven program:50℃ for 2 min, then 10℃/min to 350 ℃ for 10min., pressure/flow: 1.0 mL/min.

3. 結果と考察

表より，脂質分析対象土器の内面に付着した炭化物(食材起源)は，伊川津貝塚では炭化材の炭素年代に比べて，200-300 ^{14}C yr 古い炭素年代を示した。また，保美貝塚から出土した五貫森式土器は大洞A1併行と考えられため，780-750 cal BC 前後であると推定される。しかし，この

表　渥美半島の遺跡出土内面土器付着炭化物(コゲ)，炭化材の炭素年代と安定同位体組成

試料番号	Lab. No. PLD-	遺跡名	遺物	土器型式	部位/樹種	炭素年代 BP (±1σ)	δ ^{13}C (‰)	δ ^{15}N (‰)	C/N ratio
AIIK 1	12776	伊川津	土器付着炭化物	伊川津II式(？)	胴上部内	3320 ± 25	−20.2	11.5	8.6
AIIK 2	17968	伊川津	土器付着炭化物	伊川津II式(？)	胴上部内	3405 ± 20	−23.6	16.3	7.5
AIHB 1	17970	保美	土器付着炭化物	五貫森式	口縁内	2795 ± 20	−22.5	11.0	10.5
AIIK C1	20482	伊川津	炭化材		アスナロ	3130 ± 25	−	−	−
AIIK C2	20483	伊川津	炭化材		マツ属	3055 ± 25	−	−	−
AIIK C3	20484	伊川津	炭化材		マツ属	3075 ± 25	−	−	−

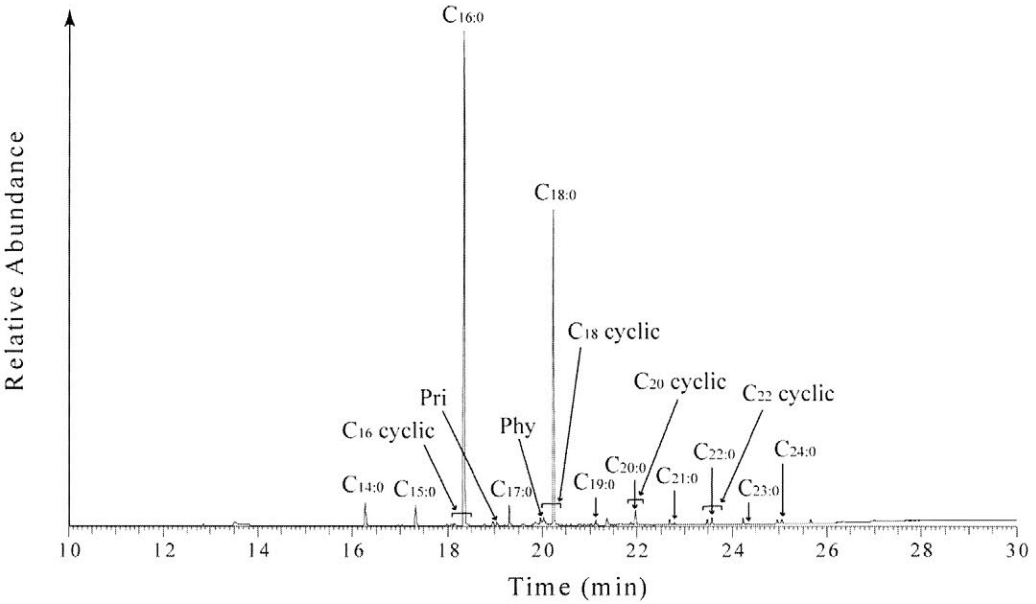


図　保美貝塚遺跡出土土器から抽出した脂質成分の部分クロマトグラム（メチル化後）。
脂肪酸 Cx:y は炭素数 x，二重結合の数 y とする直鎖脂肪酸のメチルエステルである。Pri は Pristanic acid（プリスタン酸）のメチルエステル，Phy は Phytanic acid（フィタン酸）のメチルエステルである。
Cx cyclic は，炭素数 x の環状化合物群（Alkylphenyl alkanoic acids）を意味する。

付着炭化物の較正年代は，1006-901 cal BC（2σ）であるから，実際の年代よりも 100-200 年程度古い実年代を示している。つまり，付着物の年代からは海洋リザーバー効果の影響が伺われる。また，これらの付着炭化物の安定同位体組成や～10 以下というC/N 比を考慮すると，この内面付着物の起源には海産物が含まれている可能性が高い。

上図は保美貝塚遺跡から出土した土器片から抽出した脂質成分の GC-MS による部分クロマトグラムに主要成分の同定結果を図示したものである。炭素数 14 から 24 までの直鎖状飽和脂肪酸が検出された。また、海洋性動物に多い不飽和脂肪酸($C_{16:3}$, $C_{18:3}$, $C_{20:3}$, $C_{22:3}$)の加熱生成物である環状化合物群(Alkylphenyl alkanoic acids)が，同じく海洋性動物に含まれるプリスタン酸、フィタン酸などとともに検出された。このことは土器で海産物を加熱調理した際に海産物に多く含まれる一連の不飽和脂肪酸(二重結合を3つ持つため，千年単位以上土器に残存し続けるとは考えにくい)から Alkylphenyl alkanoic acids が生成し，他の動物性脂質とともに土器に吸着し，その分解生成物も含めて GC-MS で検出されたと考えられる。その際，海産物起源のタンパク質は焦げて土器内面に付着したと推定される。

4. まとめ

脂質分析の結果は，土器で海産物を含む食材を煮炊きしていた可能性を強く支持した。また，このことは土器付着炭化物の安定同位体，C/N 比分析，炭素年代測定結果とも調和的であり，縄文人が海産資源を利用していた可能性を土器を用いて実証的に提示することができた。

文化遺産情報資源共有化に向けた大規模データベースの開発

Development of large database for sharing cultural heritage information resources

○高田祐一（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、
田代亜紀子（奈良文化財研究所 企画調整部国際遺跡研究室）、
津村宏臣（同志社大学・文化情報学部/文化遺産情報科学研究センター）

○TAKATA YUICHI（Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage ,Doshisha University）, TASHIRO AKIKO（Nara National Research Institute for Cultural Properties）,TSUMURA HIROOMI（Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage ,Doshisha University）

1. 目的

多様な文化遺産情報の統合基盤を確立し、研究者や一般の関心のある人々が情報を共有し利活用できる情報資源を構築することを目指す。昨今、人文系学問の学術分野においても情報化が進み、文化遺産もしくはそれらに関連するデータベースが急速に整備されつつある。しかし、学術分野が異なることによる壁や人文系学問特有の定性的なデータを扱うため、それぞれのデータを共有資源として、利活用が難しい状況にある。共有資源として利活用するために、技術的な問題や解題の検討、具体的なシステムの実装実験を実施することによって、情報資源構築の有用性を検討し、包括的なデータベース構築に向けた概念・プロセスやプロトコルを提示する。なお本報告では特にアンコール遺跡群とクメール王朝期文化遺産データベース（2010～11年度、同志社大学－文化遺産国際コンソーシアム共同研究）にて扱う文化遺産情報を対象とする。

2. 現状の問題点

人文系学問が扱う情報は主に定性データであり、画一的な情報管理は困難である。それは人文系学問では「モノ」「コト」のデータの処理が特定の主題に応じた「解釈」によって処理されるからである。そのため、従来の文化遺産に関するデータベースは、特定の研究者や集団が特定の主題に応じて構築する研究支援型と、不特定多数の利用を目的とし「解釈」が不要な情報管理型とに大別される。そのトレードオフ関係のなかで、結果的に「中道的な」データベースとなり共有資源としても利活用が進んでいないことがほとんどである。

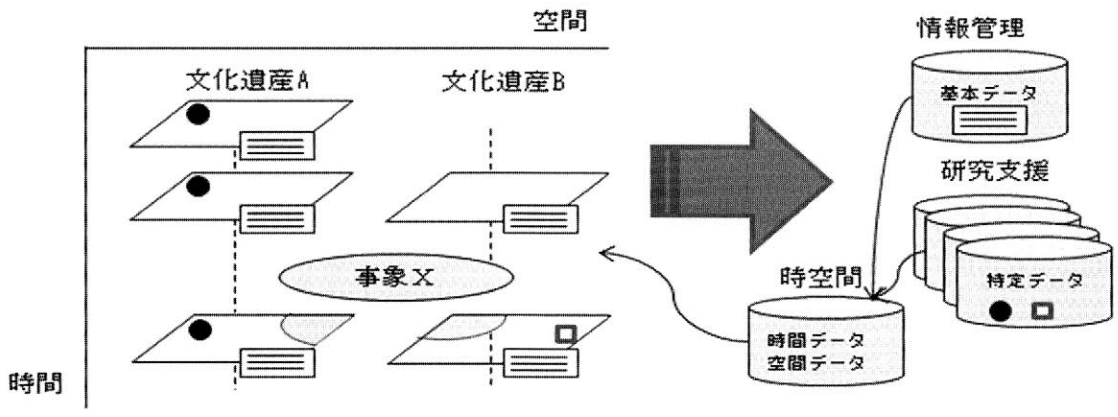


図1　時空間情報によるデータの統合

3. データベースの開発

3. 1 時空間情報によるデータの統合

人文系学問の情報は、分野が異なると相互互換性を確保することが困難な場合がある。そして文化遺産に関するメタデータは、文化遺産それぞれの性質や目的に応じて付与するため、メタデータの統一化には限界がある。そのためすべての文化遺産に共通して保持している時空間情報(時間、空間)をキーにすることで、情報の統合を図ることができる。例えば様々な情報を地図に展開することにより、情報の関係性などを分析することが可能となる。この結果、情報単独の精査だけでは分からなかった「コンテキスト」の発見につながる(図1)。

3. 2 システムの方式

本システムは、Webベースで構築し、3層クライアントサーバ構造としたWebGISである。利用者は、クライアントPCのWebブラウザからインターネット経由でサーバへ接続する。サーバでは、オープンソースGISサーバであるMapServerがPostGISと連携することによって時空間情報を処理する。そして時空間情報をキーに情報管理を目的とした基本情報データベースと研究支援を目的とした目的別データベースが結合する。結合した結果をGoogleMapに展開することによって利用者は各種の情報を地図上で確認することが可能となる。この方式によって既存の資産を活用しつつ、目的に応じた拡張性を確保することができる。例えば新たな観点を切り口に目的別データベースを作成し、分析結果を蓄積し他のデータベースと連携すれば、また別の知見を得ることができ、成長するデータベースとして機能する(図2)。

4. まとめ

本研究では、文化遺産に関するデータを時空間情報によって結合することで、情報資源構築の有用性を検証できた。構築の手段としては、MapServerとPostGISを使用することにより実現可能であることを立証した。今後は、データを蓄積するだけのデータベースではなく、新たな知見を得ることができ成長するデータベースとしての機能を深化させる必要がある。

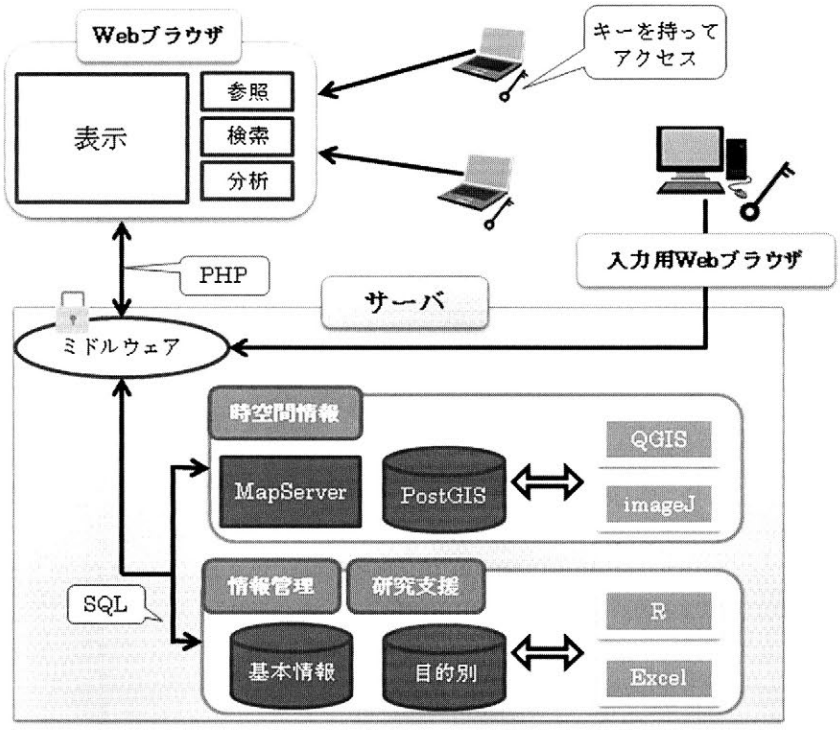


図2 MapServerを使用したシステム方式

日本の戦国時代における鉛の流通

Transportation of Lead During the Warring State Period in Japan

平尾良光 (別府大学 文学部)、魯禔玹(同・文化財研究所)、西田京平 (同・大学院文学研究科)
Yoshsimitsu Hirao (Beppu University), No Jihyun (Beppu University Institute of Cultural Properties), Nishida Kyohei (Graduate School of Beppu University)

1. はじめに

日本の戦国時代、1533年に灰吹き法という鉛を使用する銀の製錬法が朝鮮半島から日本へ導入された。また、1543 年 には火縄銃というあたらしい武器が伝来した。この新しい武器には鉛と火薬が必要であった。銀製錬のための鉛と、鉄砲の弾丸となる鉛をいかにして手に入れるかは戦国大名の手腕であった。日本における鉛の生産は急激に増加した必要量に追いついて行けたのだろうか。一般論として鉛は日本の国内生産で十分であったと認識され、高等学校の教科書にも記されている。

最近までに戦国時代における遺跡の発掘が進み、火縄銃の弾、生活物資、キリスト教や仏教用具が検出され、遺物相互の関係が考古学的にも体系的にまとめられつつある。そこで、これら戦国時代資料の鉛同位体比から材料産地を推定し、物資の流通という面を明らかにしようとした。鉛には4つの同位体があり、産地によって鉛同位体比が異なることが判っており、東アジア地域における産地は大まかに判ってきた。

2. 資 料

戦国時代の鉛を含む資料として、幾つかの教育委員会のご協力を得て、長崎県の原城遺跡、熊本県の和水町田中城遺跡、大分県の大友宗麟の遺跡、愛知県の長篠の戦跡、などから出土した火縄銃の弾、生活物資、キリスト教や仏教の関連資料などを測定した。また、長崎県万才町・大分県大友遺跡・高知県の岡豊城・フィリピン国立博物館の円錐形をした鉛インゴットに関して同位体比を測定した。加えて、新潟県佐渡奉行所跡から出土した鉛のインゴット、石見銀山の製錬滓などを測定した。

3. 結 果

和水町の田中城跡（1587年、秀吉軍と一揆軍との戦）から出土した鉛玉56個の鉛同位体比から、日本産48%、中国産15%、そして37%が東アジア(中国、朝鮮半島、日本)ではない産地（N領域と仮称する）ということが判った。大分市の大友遺跡(1587年、大友氏と島津軍との戦:図1)では出土したキリスト教関連資料すべてが外国産材料(中国とN領域産材料)で作られており、一般資料でもその70%以上が外国産材料であった。長崎県原城跡(1637年、幕府軍と一揆軍との戦：図2)から出土した鉄砲玉では40～50%におよぶ外国産材料（15%はN領域）が見つかった。よく調べてみると、東大寺南大門の仁王像にも同じ鉛同位体比を示す鉛玉が打ち込まれていた。このことは東大寺で対峙した三好・松永の戦い(1567年)で使用された鉛玉である可能性を示唆する。

戦国時代になって、鉄砲玉その他の材料として利用された鉛はN領域や中国産材料という外国産鉛が全体の50%に及んだ。このN領域の鉛とはタイ・ソントー鉱山産の鉛であることが最近確認された（図3)。これらの鉛は日本で鉛が足りなかったから導入されたのか、外国船が日本で火薬(硝石)を売るときに火薬と鉛をセットとして日本へ売りつけたためであろうか。代価は銀である。銀の製錬にどこ産の鉛が利用されたのかは次の問題である。

中国やN領域などという外国産材料が鉄砲玉などに利用されている事実は、いわゆる南蛮貿易、あるいは大航海時代の流通とどのように関連づけられるかは今後の問題点である。

石見銀山の鉱滓、佐渡金銀山で利用された鉛の一部は日本産材料であることが最近確認された。今後時代の検証と共に、これら銀の採掘に利用された鉛の産地が変化する可能性もある。

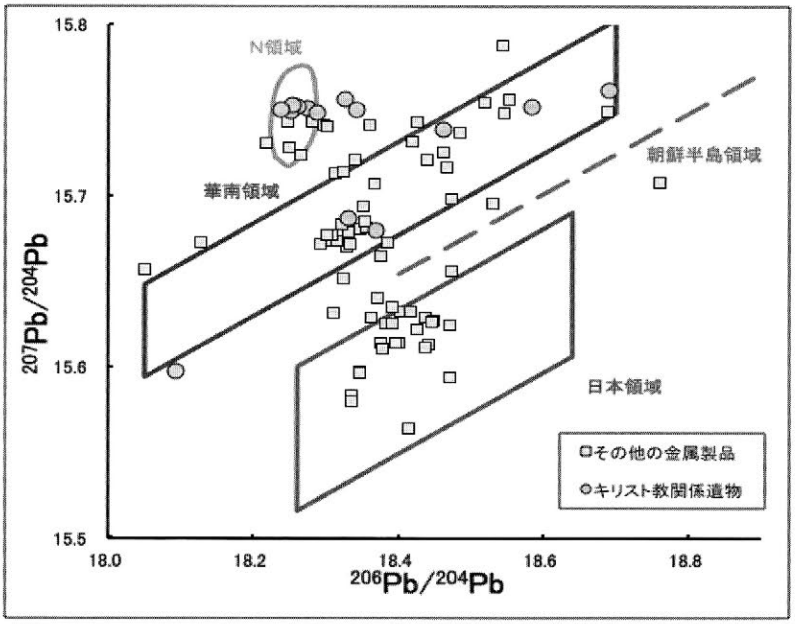


図１．大分県大友府内町遺跡から出土した資料が示す鉛同位体比

キリスト教関連資料(メダイ・ロザリオなど)は全て外国産材料であった。

分銅、小柄、簪、刀装具などの関連製品は70%以上が外国産であり、日本産材料が少なかった。

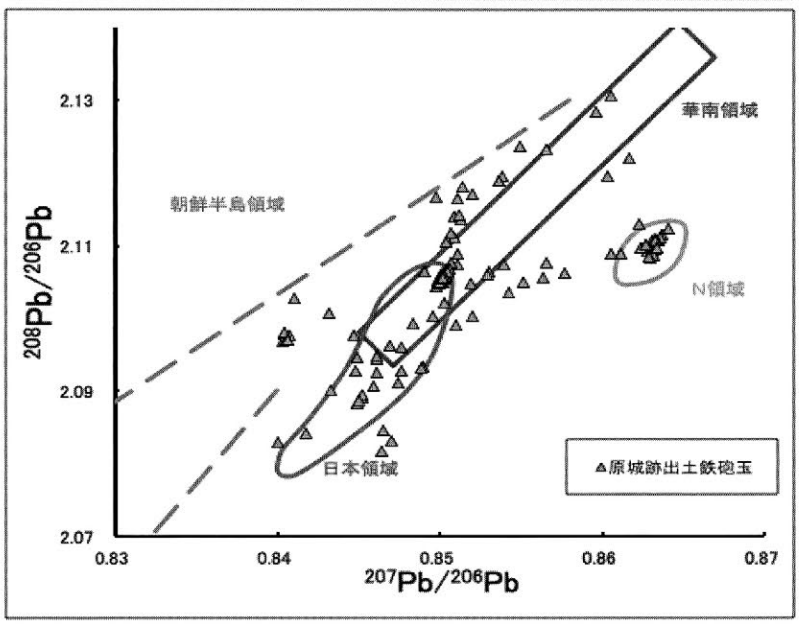
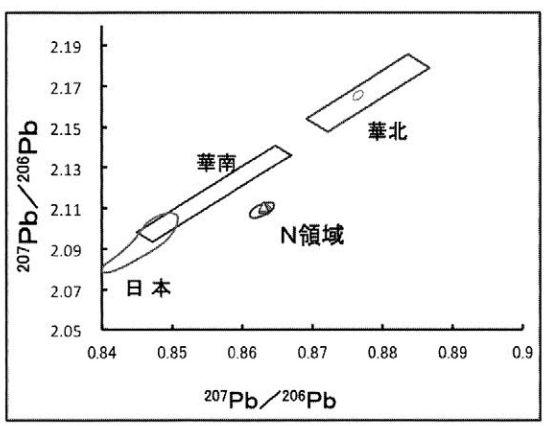


図２．長崎県原城遺跡から出土した鉛玉の鉛同位体比

日本産材料だけでなく、中国、N領域、朝鮮半島産材料などが認められる



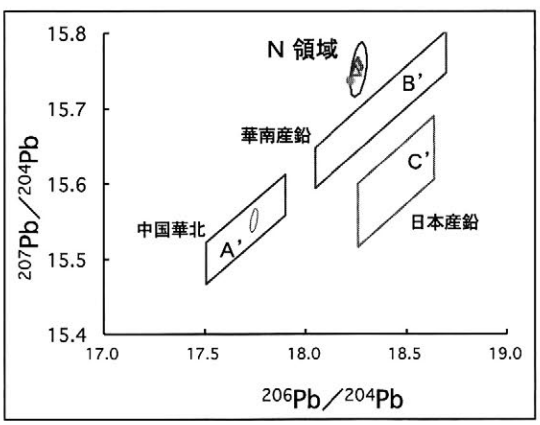


図３．タイ・ソントー鉱山と円錐形鉛インゴットが示す鉛同位体比

三角縁神獣鏡の原料産地と製作地に関する考察

On the material provenance and the place of fabrication of triangular-rimmed mirrors with divinity and animal design

馬淵久夫（東京文化財研究所名誉研究員）
Hisao Mabuchi (Researcher Emeritus, Tokyo Research Institute of Cultural Properties)

演者は，過去に東京国立文化財研究所（当時）で鉛同位体比を測定した漢式鏡520面について，5年前から新たな解析を試み，わかった内容を4編の論文に発表してきた。目的は，漢式鏡の材料面からの変遷を探り，大正年間から始まり，いまだ決着のつかない三角縁神獣鏡の製作地問題などに寄与しようということである。今回，その重要な要素である，原料産地と製作地について，具体的な推定ができたので，要点を報告する（紙数のため，正確さと厳密さに欠ける部分がある）。

1. 原料（銅，鉛）産地は長江中流域（銅緑山とその近辺）と推定される

a) 銅素材に含まれる鉛の同位体比（馬淵2010 考古学と自然科学61）

「舶載」三角縁神獣鏡は，図1の領域Esに密集する。その中で，鉛の含有量が少ない鏡4面は図2の黒点のように完全な一直線に並ぶ。これらは原材料の「骨格」となる鉛で，出所は一鉱山と考えられる。

b) 桃林鉱山の鉛がEsに入る（馬淵2011 考古学と自然科学62）

図2に見られるように，中国湖南省岳陽市臨湘市・桃林鉱山（鉛・亜鉛鉱山）の鉛が完全に三角縁神獣鏡の「骨格」鉛と一致する。鉛同位体比進化モデル(馬淵2012 考古学と自然科学63) からすると，桃林鉱山は揚子地塊の中部・北端（長江中流域の南岸）に位置し，このような鉛同位体比は中国ではこの地域にしかないと考えられる。同じ地区の160km東北東に大冶銅緑山（湖北省黄石市）がある。銅緑山インゴットの鉛同位体比（金正耀 測定）により，図1の分布が完全に説明されることがわかった。銅緑山の銅に近辺（たとえば桃林鉱山）の鉛を加えたものが三角縁神獣鏡の原材料であることは確実である。

c) 銅緑山・鄂城・建安廿一年銘対置式神獣鏡

銅緑山の銅は呉の時代，北40kmにある鄂城の鋳鏡工房で使われていたことはよく知られている。建安廿一年銘対置式神獣鏡（東博蔵，領域Es）の同型鏡が鄂城で出土している。領域Esが，このようにして銅緑山と結びついた。この産地を前提にすると，後漢・三国・晋鏡の鉛同位体比が考古学の所見とよく一致することが確かめられた。この地から出た原料（Es）を武昌（鄂城の古称）系原料と呼ぼう。

2.「舶載」三角縁神獣鏡6面に朝鮮半島南部の鉛の混入が認められる

a) 鉛同位体比が集団から外れる6面の三角縁神獣鏡

『日本考古学』第29号（2010）のなかで，演者は図1を示し，枠（領域E）内の左下・上半部に外れる6面は、主流派材料とは異種であることを示唆した。その後、三角縁神獣鏡の製作動向を探るためにさまざまな考察を行い、論文「漢式鏡の化学的研究①②③」を作成する段階で、後漢・三国・晋鏡のデータおよび鉛鉱石のモデル年代の視点でこの「異種」を徹底的に検討した。その結果、この種の鉛同位体比は、朝鮮半島南部に産するものが混入したとする以外には解釈できない、という結論に達した。その特徴は，横軸0.840～0.860の間で縦軸の数値が漢式鏡一般より高い（地域が違う）ことである。

b) 異種鉛添加の状況の推定

武昌系原料に，表1のNo.5、No.6のような鉛（初期の銅鐸片の可能性もある）を添加したために起こった混合ラインと考えられる。これら6面は，福永伸也の4段階編年（2005）ではB・C段階，澤田秀実の5段階編年ではIII・IV段階に属し，遅くとも三角縁神獣鏡製作の中間段階で，日本列島（帯方郡の可能性もある）に移住した中国の鏡師（工人）集団によって製作されたと考えられる。

3. 三角縁神獣鏡の製作過程（試論）

原料産地が長江中流域，製品の一部が日本列島内で製作された，となると，製作者と製作地が従来の議論よりも限定されてくる。日中両国の考古学者からの意見を待ちたいが，演者の私見を記しておく。

a) 鄂城の鏡師たちが洛陽の官営工房へ移動した

三国時代，鄂城は呉の領域内であった。そこから銅が枯渇していた（徐苹芳 1984）魏の領域に原料が安定的に流れるのには，鄂城の鏡師（工人群）の関与，すなわち呉から魏への「帰化」，があったのではないだろうか。その鏡師たちのなかには，孫権が，鄂城を都に定めた黄初二年（221）に，山陰（浙江省紹興）から連れてきた鏡師が多く含まれていたに違いない。時期としては，黄龍元年（229），孫権が都を鄂城から建業（南京）に移した後で，つぎの二つの契機が考えられる。

①青龍三年（235）に始まる魏明帝による洛陽宮大工事（福山敏雄 1974）

②卑弥呼へ銅鏡百枚を送るときめた景初三年（239）

王仲殊（1987）は，鄂城出土の呉の紀年鏡が黄龍二年（230）で終わっているので，会稽郡から移り住んでいた鏡づくりの「大師」たちが，やがて相次いで鄂城を離れたと推測している。

b) 魏王朝の命により海東向けの鏡を作り東渡した

「帰化」した鏡師たちは魏の右尚方の鏡師たちに合流し，200 年前の北方の型式であった方格規矩鏡や連弧文鏡の模作をはじめ（倣古鏡、すべて武昌系原料），そのなかの一部（またはすべて）の鏡師が景初三年（239），王朝の命により耶馬台国向けに，呉と魏の要素をもった新デザインの三角縁神獣鏡を製作した。ニーズが高いため，その早い段階で，倭国での現地生産に踏み切った。

以上の試論は，「呉の鏡師が東渡して三角縁神獣鏡を製作した」という点では，有名な王仲殊説（1981）と同じだが，①江南から海を渡った，②魏と無関係の亡命者，③原料は現地にあったもの，の 3 点は，①魏から耶馬台国へのルート，②魏の命を受けた，③武昌系原料を持って行った，という点で違う。王は三角縁神獣鏡の呉の要素を強調したが，演者は魏の要素と鄂城の要素もあることを強調したい。

[魏の要素]：

銘文「銅出徐州 師出洛陽」，「魏の年号」

「甚独奇」，長方形鈕孔（福永伸也 1992）

[鄂城の要素]：

銘文「陳氏」（張氏も？），「仏獣鏡」の存在

30 年前ご指導いただいた西田守夫氏，分析でお世話になった平尾良光氏，中国関連の情報を提供していただいた金正耀氏に厚くお礼申し上げます。

表 1「異種」と類似の鉛を含む資料

No	資料名	出土地	時代	測定者
1	多鈕細文鏡	奈良・長柄	弥生	馬淵・平尾
2	銅鐸舌(小)	鳥取・泊	〃〃	〃〃
3	鉛矛	佐賀・唐津	〃〃	平尾・鈴木
4	鉛矛	福岡・八女	〃〃	平尾・鈴木
5	方鉛鉱２個	韓国金海	1-2 C	斎藤努ほか
6	方鉛鉱	対州鉱山	現代	馬淵・平尾

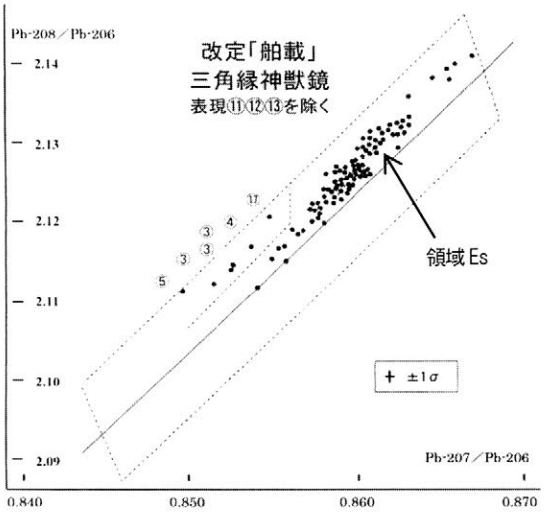


図 1 「舶載」三角縁神獣鏡の鉛同位体比分布
表現⑤③③③④⑤の 6 面が異質の鉛を含む。
これらは縦軸が高い。

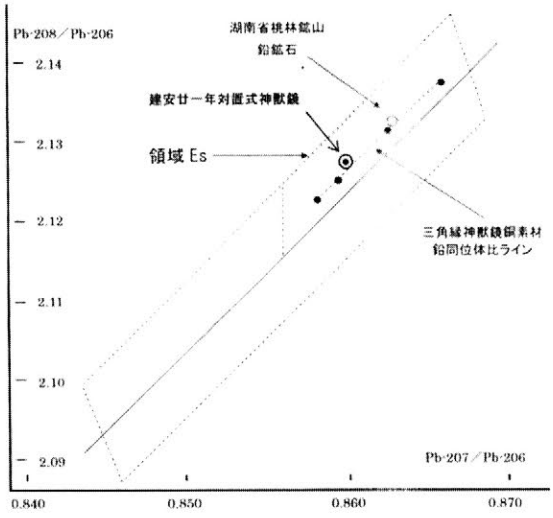


図 2 三角縁神獣鏡・桃林鉱石・建安廿一年鏡
●三角縁神獣鏡の銅素材が含む鉛の同位体比

トルコ・ボアズキョイ遺跡、ビュクリュカレ遺跡出土の重鉱物分析における産地推定

～ヒッタイト帝国期の土器交易の有無、製作モデルの解明を目指して～

Heavy mineral study of ceramics from Boğazköy and Büklükale, Turkey: Identification of trade activity and modeling ceramics production in Hittite empire period

○橋本　一茉(東理大・理)、黄　嵩凱(同左)、中井　泉(同左)
○K. Hashimoto, W.S.K. Bong, I. Nakai. (Tokyo University of Science)

1. 序

土器は、主に粘土で構成されており、粘土は様々な鉱物を含んでいる。これらの鉱物、特に重鉱物は、地質的特徴が反映されやすく、その採取地に関する情報が含まれる。したがって、重鉱物組成を分析することで土器の産地の手掛かりを得ることが出来る。遺物の産地に関する情報は、当時の産業や交易活動を理解するためには非常に重要なものである。当研究室では、これまでトルコ・カマン-カレホユック遺跡から出土した前期・中期青銅器時代の土器の産地を明らかにしてきた[1]。

ヒッタイトは、紀元前 16～12 世紀にトルコ・アナトリア地域に栄えた民族であるが、これまでの考古学的研究から、ヒッタイトはボアズキョイ遺跡を首都とした中央集権国家を築いたことが分かっている。ヒッタイト期の土器制作モデルや土器交易について科学的に研究がされた例はまだ少ない。そのため、我々はこれらの疑問点を解明すべく、ヒッタイト帝国期の生活層を含む首都ボアズキョイ遺跡と要塞都市ビュクリュカレ遺跡から出土した土器に対して、精度の高いSEM-EDSによる重鉱物分析を行い、土器の重鉱物組成を求め、分類した。また、土器を採取した遺跡周辺から堆積物をサンプリングし、この重鉱物組成を求めることで、遺跡周辺の重鉱物データベースを構築した。そして、このデータベースと土器の重鉱物組成を比較することで、土器の産地を推定し、これら2つの遺跡間の交易関係の有無を検証した。

2. 試料と実験方法

分析に用いた土器試料は、ボアズキョイ遺跡が37点、ビュクリュカレ遺跡が29点である。堆積物試料は、ボアズキョイ遺跡の20 km圏内から16点、ビュクリュカレ遺跡20 km圏内から14点を採取した。ビュクリュカレの採取地点を1例として、地質図の上に、▼マークで示す。分析方法として、まず約30 gほど土器を粉砕し、篩で255 μm以下に選別した。その後、流水で洗浄し、乾燥させた。その後、比重2.82に調整されたヨウ化メチレンよって重液分離し、重鉱物のみを取り出した。得られた重鉱物を、エポキシ樹脂によって包埋後、薄片に研磨した。この薄片資料を、SEM-EDS(JEOL JSM-6610)によって鉱物の化学組成を分析し、鉱物種を同定した。1試料につき鉱物150～200粒を同定し、割合を算出した。

3. 結果と考察

ビュクリュカレ遺跡についての解析結果を以下に示す。土器、周辺堆積物の重鉱物組成は図2のようになった。重鉱物組成は地質に依存するため、これを用いて土器、堆積物の供給源を調べたところ、大型河川、花崗岩、接触変成岩(スカルン)の3つに分類することができた。最も多いGroup 1(n＝20)とArea 1は、類似した大型河川の組成を示していたため、クズルウルマック川の堆積物が産地の在地品である可能性が示された。Group 2(n＝4)は、Area 2と類似し花崗岩の組成を示しているため、クズルウルマック川東岸に広がる花崗岩由来であることが考えられる。Group 3(n＝2)とArea 3は、スカルンの組成で類似しており、遺跡から北東、もしくは南のスカルン地域由来であることが推定された。これらの地域は、遺跡から10 km以上離れているため、在地品とは考えにくく、近隣集落からの搬入品である可能性が考えられる。土器に関してはGroup 1-3に属さないものが5点確認できた。圏外からの搬入品の可能性が考えられるが、堆積物試料の点数が十分でないため、現時点では判断できなかった。ボアズキョイ遺跡出土の土器試料も同様に分析を行い、ビュ

クリュカレ遺跡の土器と比較したが、両遺跡間で土器の交易は確認できなかった。

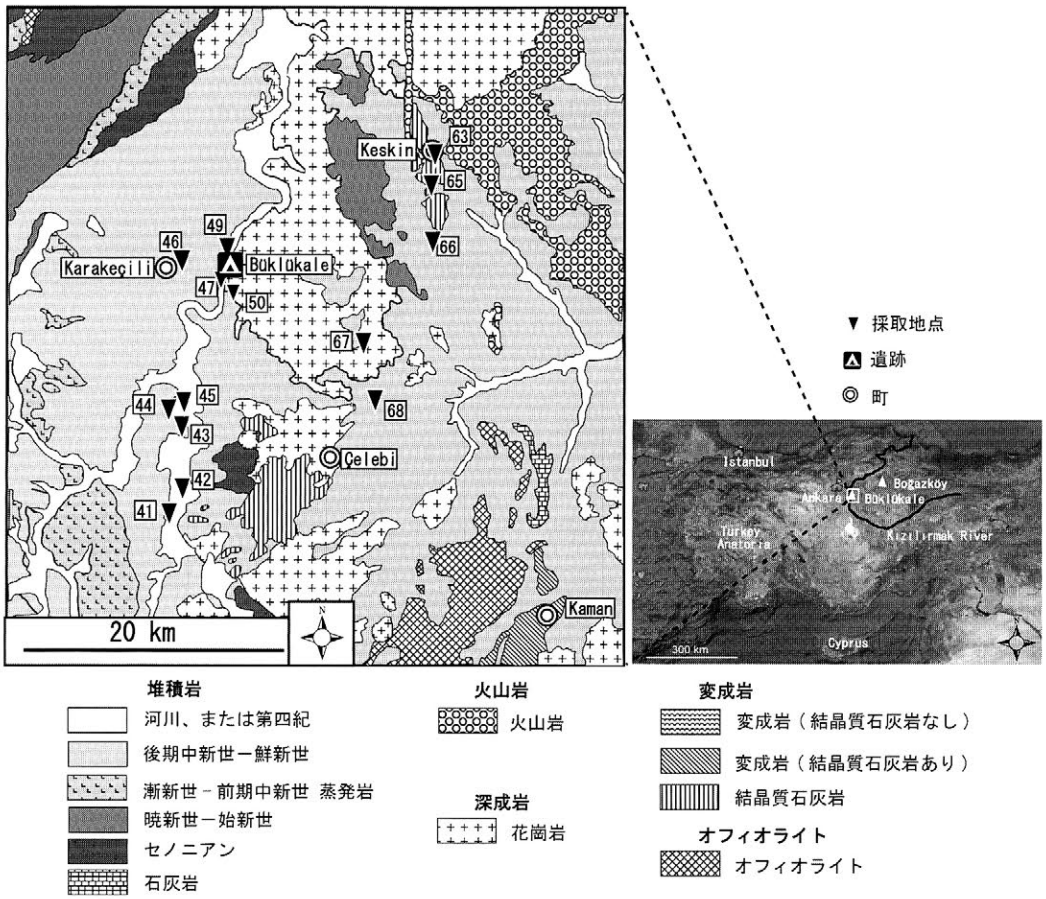


図 1. ビュクリュカレ遺跡周辺の地質図と試料採取地点

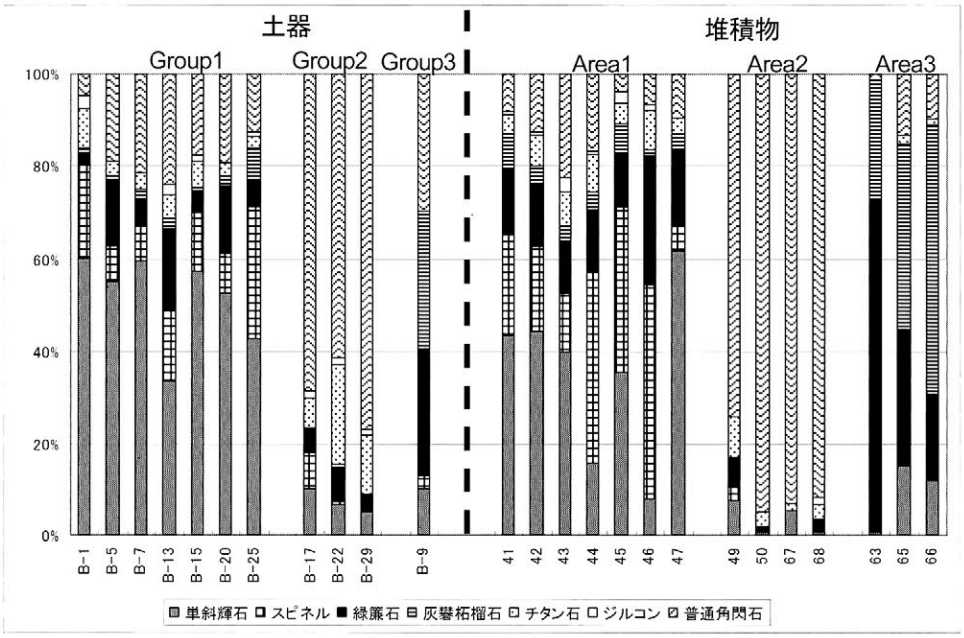


図 2. ビュクリュカレ遺跡出土土器と周辺堆積物の重鉱物組成

【文献】1. Bong, W.S.K. et al., Journal of Archaeological Science **37**, 2165-2178 (2010).

XRF,ESR 法による福島県宮崎遺跡再葬墓出土
管玉・勾玉・平玉の石材産地分析

Sourcing of the stone ornaments in Yayoi period excavated at Miyazaki site in Fukushima prefecture by means of ESR and XRF.

○藁科哲男(遺物材料研究所)、設楽博己(東京大学) 、渡部明美(金山町教育委員会)
○Testuo Warashina (Artifacts and Materials Laboratory)、Hiromi Shitara (Tokyo university)、
Akemi Watanabe (Kaneyama town board of education)

1. はじめに

福島県金山町宮崎遺跡の弥生中期の再葬墓出土管玉・勾玉・平玉を非破壊で蛍光X線分析法、ESR法を用いてこれら玉類の石材産地を求めると同時に玉類の岩石名も同定される。

2．ヒスイ製勾玉の分析結果

蛍光X線分析法のみでは、分析した勾玉の原石の岩石名を決めるには、表1に示した各ヒスイ産地の分析値と比較し勾玉と一致する原石産地を求め、糸魚川産ヒスイと一致し、勾玉の比重は3.315で糸魚川産硬玉と一致した。

表1 宮崎遺跡再葬墓出土ヒスイ製勾玉の原材産地分析結果

遺物品名	分析番号	各分類基準による判定				総合判定
		Zr/Sr対Sr/Fe図の判定	Ca/Sir対Sr/Fe図の判定	Na/Sir対Mg/Si図の判定	比重&Baなど基準(2)	
勾玉	112624	IT	IT	IT	IT,IN	糸魚川産(ミャンマー産否定)

IT:糸魚川 WK:若桜 OS:大佐 NG:長崎 HK:日高 IN:引佐 OY:大屋 KM:神居コタン HD:飛騨 MY:ミャンマー
注:Ni/Fe比は日高産地および飛騨産地に同時に帰属された遺物の分類指標
(飛騨産原石、42個の平均値±標準偏差)Ni/Fe=0.091±0.030
(日高産原石、14個の平均値±標準偏差)Ni/Fe=0.065±0.028

3．結晶片岩様緑色岩(クロム雲母岩)製平玉の分析結果

今回分析した平玉は結晶片岩様緑色岩と仮称して上加世田遺跡の玉類の組成を基準に使用圏をもとめた玉で、厳密な同定なしの一般名を付けるなら地学事典のクロム雲母岩製で、正式には雲母結晶を確認する必要があるが、蛍光X線分析法のみでは、雲母の結晶構造は求められないが、主成分組成のK_2Oの含有量が多い、また、Crの濃度が大きいなど間接的な理由と比重が2.789でクロム雲母岩と一致している。弥生時代出土のこのクロム雲母岩製平玉が分析した中で最も新しい時代の遺物で、分析場所を変えながら統計処理が可能な40回以上分析して、宮崎21遺物群を作り、

表2 宮崎遺跡出土結晶片岩様緑色(クロム雲母)岩製平玉の非破壊分析化合物元素濃度

遺物品名	分析番号	化合物元素組成(%/wt)						
		Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2
クロム雲母勾玉	112623	2.4195	4.4868	37.0488	46.5052	7.0478	0.0194	0.1108

分析番号	化合物元素組成(%/wt)						
	Cr	MnO	Fe_2O3	Ni	Rb	Sr	Y
112623	1.2808	0.0154	0.8955	0.0081	0.0207	0.0024	0.0004

分析番号	化合物元素組成(%/wt)					重量gr	比重
	Zr	Nb	Ba	La	Ce		
112623	0.0004	0.0000	0.1330	0.0019	0.0031	1.88767	2.789

将来、他の遺跡で同じ組成の遺物が使用されていたか、また、新たに見つかった原石産地の原石に一致するか判定出来るようにした。

4．管玉の産地分析結果

表3　宮崎遺跡再葬墓出土管玉の産地分析結果

番号	分析番号	ホテリングT²検定(%)	ESR信号形	総合判定
1	112603	女代南B遺物群(8%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
2	112604	菩提-1(12%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
3	112605	女代南B遺物群(24%),菩提-1(6%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
4	112606	女代南B遺物群(5%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
5	112607	菩提-1(2%),新穂村B遺物群(2%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
6	112608	女代南B遺物群(53%),菩提-1(16%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
7	112609	菩提-1(43%),女代南B遺物(10%),那谷-菩提(4%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
8	112610	菩提-1(64%),女代南B遺物群(22%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
9	112611	女代南B遺物群(2%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
10	112612	女代南B遺物群(6%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
11	112613	女代南B遺物群(38%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
12	112614	女代南B遺物群(31%),菩提-1(8%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
13	112615	女代南B遺物群(61%),菩提-1(3%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
14	112616	女代南B遺物群(7%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
15	112617	女代南B遺物群(52%),菩提-1(1%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
16	112618	女代南B遺物群(20%),菩提-1(2%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
17	112619	宮崎17遺物群(62%)	崩れ女代南B形	宮崎17遺物群
18	112620	菩提-1(62%),女代南B遺物群(23%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
19	112621	菩提-1(13%)	崩れ女代南B形	菩提・女代南B遺物群
20	112622	女代南B遺物群(8%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
23	112625	宮崎23遺物群(32%)	女代南B形	宮崎23遺物群
24	112626	菩提-1(21%),女代南B遺物群(1%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
25	112627	菩提-1(40%),女代南B遺物群(8%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
26	112628	菩提-1(37%),女代南B遺物群(5%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
27	112629	女代南B遺物群(13%)	女代南B形	女代南B遺物群
28	112630	女代南B遺物群(39%),菩提-1(22%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
29	112631	新穂村A遺物群(50%),猿八-1(13%)	猿八A形	佐渡・猿八
30	112632	女代南B遺物群(31%),菩提-1(3%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
31	112633	女代南B遺物群(56%),菩提-1(29%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
32	112634	女代南B遺物群(22%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
33	112635	新穂村B遺物群(24%)	女代南B形	新穂村B遺物群
34	112636	女代南B遺物群(51%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
35	112637	女代南B遺物群(26%),新穂村A遺物群(8%),那谷-菩提(8%),猿八-1(5%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
36	112638	女代南B遺物群(31%),菩提-1(6%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
37	112639	菩提-1(8%)	女代南B形	菩提
38	112640	猿八-1(67%),新穂村A遺物群(38%)	猿八A形	佐渡・猿八
39	112641	菩提-1(13%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
40	112642	女代南B遺物群(26%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
41	112643	新穂村B遺物群(45%),新穂村A遺物群(5%)猿八-1(1%)	猿八A形	佐渡・猿八
42	112644	女代南B遺物群(19%),菩提-1(2%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
43	112645	菩提-1(73%),女代南B遺物群(38%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
44	112646	猿八-1(46%),新穂村A遺物群(32%),新穂村B遺物群(1%)	猿八A形	佐渡・猿八
45	112647	女代南B遺物群(47%),菩提-1(20%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
46	112648	菩提-1(43%),女代南B遺物群(20%)	遺物過大	菩提・女代南B遺物群
47	112649	新穂村A遺物群(10%),新穂村B遺物群(8%),猿八-1(6%),会津坂下G遺物群(3%)	遺物過大	佐渡・猿八
48	112650	女代南B遺物群(56%),菩提-1(57%)	女代南B形	菩提・女代南B遺物群
49	112651	新穂村B遺物群(9%),新穂村A遺物群(5%),会津坂下G遺物群(2%),猿八-1(1%)	遺物過大	佐渡・猿八

分析した管玉４７個の原石産地は小松市菩提産原石（菩提・女代南Ｂ遺物群）使用が 38 個、佐渡猿八産原石が６個で、新穂村遺物群が１個で、産地不明の管玉で宮崎 17、23 遺物群を作り将来、他の遺跡で同じ組成の遺物が使用されていたか、新たに見つかった原石産地の原石に一致するか判定出来るようにした。

原産地推定のための北海道産黒曜石の地質及び岩石資料

Geological and petrological data of obsidian sources in Hokkaido: for the obsidian source identification

○和田恵治・佐野恭平・長部伸城・鹿野貴広（北海道教育大学旭川）
向井正幸（旭川市博物館）
○Keiji Wada, Kyohei Sano, Nobuki Osabe, Takahiro Kano (Hokkaido Univ.Educ.Asahikawa)
and Masayuki Mukai (Asahikawa City Museum)

1. はじめに

黒曜石は先史時代集団に有用な石材であり，遺跡に残された黒曜石石器は先史社会の基礎的情報を提供する。これまで黒曜石石器類の原産地同定が黒曜石の化学組成による同定から多数行われてきたが，黒曜石原産地の地質情報，化学組成以外の黒曜石の岩石特性については資料に乏しかった。

本研究では，地質学的・岩石学的手法によって，北海道産黒曜石の原産地地質，形成過程，化学組成，微細組織を明らかにして，黒曜石石器の原産地推定のための北海道産黒曜石の地質及び岩石学的基礎資料をまとめることを目的としている。今回の発表ではその概要を報告する。

2. 北海道における黒曜石産地とその分布

北海道における黒曜石産地の名称は，原産地そのものを表す地名がふさわしいが，これまで使われてきた名称をできるだけ踏襲するようにして，以下のように15産地（奥尻・赤井川・豊浦・滝川（仮）・旭川（仮）・十勝三股・十勝然別・置戸・留辺蘂・生田原・白滝・遠軽・名寄・紋別・雄武）が確認できる（表1）。このうち滝川（仮）と旭川（仮）は河川により原産地から遠く運ばれた二次的な場所の地名であり，現時点で原産地を特定できていないので名称は「仮」を付している。ただし，石狩川水系でこれらの黒曜石礫が見いだされているので，原産地は石狩川上流地域にあると思われる（図1）。

北海道産黒曜石のどの原産地のものが石器に使われているのかを，大まかに記号で示した（表1，◎：地理的に広範囲に流通されているもの，○：原産地周辺の近場で使用されている，△：原産地周辺の近場で使用されている可能性があるもの，×：近場でも使われないことが予想されるもの）。

北海道では，北東部に黒曜石原産地が集中して存在する（白滝・置戸・十勝三股・留辺蘂など8原産地；北海道北東部黒曜石産地群，和田ほか 2011）。これらは紋別-上士幌地溝帯の中に概ね分布している（図1）。地溝帯は地殻の引っ張り応力場のもとで形成されたので，黒曜石は引っ張り応力場におけ

表1 北海道産黒曜石原産地の名称，地質・岩石資料及び石器利用

黒曜石産地及び組成名称	旧名称(和田・向井, 2009)	黒曜石組成細分	石器利用	原産地地質資料	岩石学資料	K-Ar放射年代(Ma:100万年)
十勝三股	十勝I		◎	△	◎	2.1Ma
白滝・赤石山系	白滝II	赤石山系A,B	◎	◎	◎	2.2Ma
白滝・十勝石沢系	白滝I	十勝石沢系A,B	◎	◎	◎	
赤井川	赤井川		◎	○	○	3.1Ma
置戸・所山系	置戸II	所山系A,B	◎	◎	◎	3.8Ma
置戸・置戸山系	置戸I		◎	◎	◎	4.5Ma
留辺蘂・岩山ノ沢系	留辺蘂I		○	○	○	3.9Ma
留辺蘂・通子沢系	留辺蘂II		○	○	○	
生田原	生田原I, II	生田原A,B	△	○	○	
十勝然別	十勝II		△	△	○	
名寄	名寄		○	△	○	
(仮)滝川	滝川		△	×	○	
(仮)旭川I	旭川I	旭川A	○	×	○	3.9Ma (向井・和田2002)
(仮)旭川II	旭川II	旭川B	△	×	○	
豊浦	豊浦		○	△	○	
奥尻	奥尻		×	◎	○	
遠軽	遠軽		×	○	○	
雄武	雄武		×	○	○	
紋別	紋別		×	○	○	

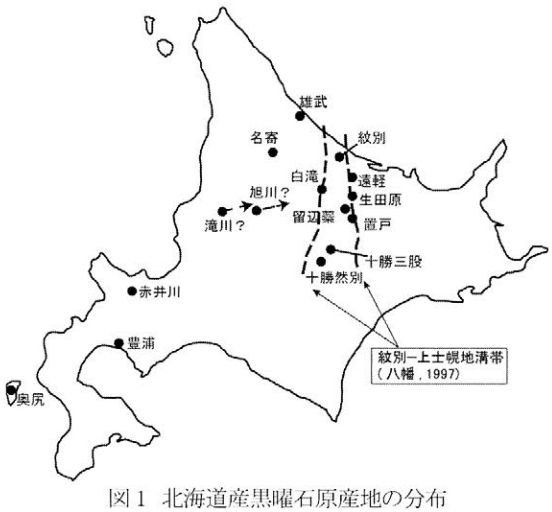


図1 北海道産黒曜石原産地の分布

る火山活動と関連して形成されたと考えられている(和田, 2011)。

この中で, 白滝産黒曜石は日本で最大級の黒曜石原産地である。白滝地域では約 220 万年前に無斑晶質の流紋岩マグマが多数噴出し, 10 個の溶岩ユニットからなる白滝黒曜石流紋岩溶岩群(単成火山群)ができた(和田ほか 2009)。置戸(3.8Ma, 4.5Ma)・十勝三股(2.1Ma), 留辺蘂(3.9Ma)の黒曜石を形成した噴出年代と合わせると, 北東部黒曜石産地群は約 450 万年前から 200 万年前までの活動年代を示し, これは北海道で引張応力場が卓越していた約 500 万年前から 200 万年前の時代 (廣瀬・中川 1999) と一致している。

3. 北海道産黒曜石の化学組成と黒曜石の微細組織

北海道産黒曜石の全岩化学組成は蛍光 X 線分析装置(PANalytical 社製 Magix PRO, 北大理学院)を, 黒曜石ガラスの化学組成は電子プローブマイクロアナライザー(EPMA:日本電子社製 JEOL-JXA8600)を, 黒曜石の H_2O 量はカールフィッシャー電量滴定装置(平沼産業製 AQ-2000ST &EV-5A)を使って分析された。黒曜石の H_2O 量の測定結果を表2に, 白滝産黒曜石を除く主な北海道産黒曜石の全岩化学組成を表3に示す。

表2 北海道産黒曜石の水分量

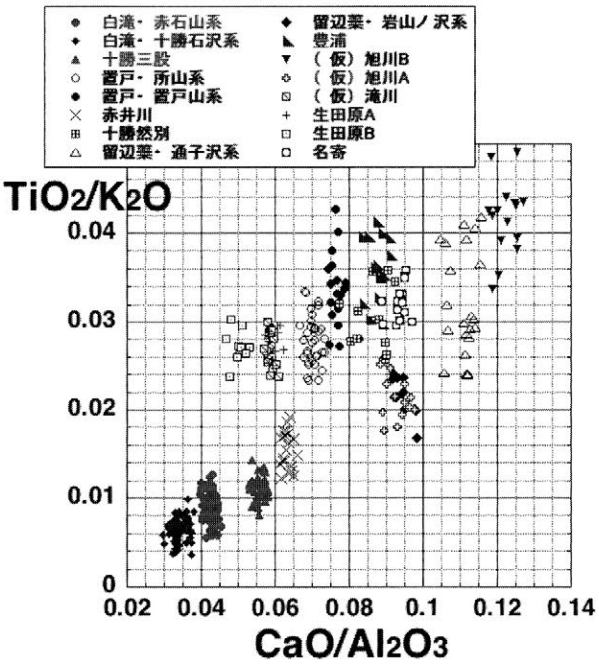
黒曜石産地及び組成名称	測定数	H_2O (wt.%)	標準偏差
十勝三股	6	0.37	0.08
白滝・赤石山系A	5	0.42	0.04
白滝・赤石山系B	5	0.64	0.04
白滝・十勝石沢系A	5	0.75	0.07
白滝・十勝石沢系B	5	1.03	0.08
赤井川	5	1.07	0.02
置戸・所山系	4	0.54	0.10
置戸・置戸山系	6	0.60	0.05
留辺蘂・岩山ノ沢系	5	0.45	0.03
留辺蘂・通子沢系	6	0.65	0.06
生田原	5	0.53	0.12
十勝然別	5	0.23	0.11
名寄	5	0.32	0.09
(仮)滝川	7	0.63	0.07
(仮)旭川I	5	0.56	0.04
(仮)旭川II	6	0.39	0.04
豊浦	4	0.79	0.13
奥尻	5	0.97	0.05
遠軽	5	0.66	0.04

表3 主な北海道産黒曜石の全岩化学組成(主成分及び微量成分)(白滝産黒曜石の全岩化学分析値は和田・佐野(2011)に公表した)

	(仮)旭川II	赤井川	十勝三股	十勝然別	置戸・所山系	置戸・置戸山系	留辺蘂・岩山ノ沢系	留辺蘂・通子沢系	(仮)滝川	豊浦	紋別	生田原	名寄	奥尻
wt.%														
SiO_2	74.52	77.55	77.58	77.30	78.02	78.13	76.39	75.90	78.90	78.07	77.39	75.88	77.82	78.13
TiO_2	0.15	0.06	0.04	0.11	0.11	0.10	0.08	0.10	0.11	0.13	0.05	0.12	0.11	0.08
Al_2O_3	14.41	12.62	13.02	13.00	12.95	12.71	13.61	13.84	12.53	12.48	12.93	13.72	12.97	13.21
$Fe_2O_3^*$	1.93	1.04	1.05	1.43	1.32	1.06	1.69	1.87	0.85	1.20	1.18	1.62	1.33	0.65
MnO	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	0.10
MgO	0.37	0.08	0.06	0.18	0.13	0.13	0.15	0.17	0.13	0.19	0.07	0.08	0.15	0.12
CaO	1.86	0.78	0.70	1.23	1.01	0.87	1.35	1.53	0.71	1.14	1.03	0.82	1.17	0.80
Na_2O	3.97	3.74	4.11	3.79	4.32	3.82	3.88	3.97	3.71	3.86	3.99	4.31	3.89	3.70
K_2O	3.32	4.56	4.21	3.66	3.35	4.06	3.73	3.54	4.37	3.56	3.69	4.74	3.68	4.69
P_2O_5	0.07	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
Sum	100.67	100.51	100.83	100.79	101.27	100.94	100.97	101.02	101.39	100.71	100.37	101.34	101.18	101.50
ppm														
Sc	5.4	5.1	6.0	5.8	3.9	5.7	5.7	5.3	3.1	2.3	5.7	8.9	4.1	4.4
V	18.6	7.6	5.3	10.5	7.5	9.7	7.3	8.5	9.2	8.2	6.6	9.3	9.1	7.8
Cr	3.0	2.1	4.3	2.2	2.2	1.9	3.1	2.4	1.4	2.6	1.2	1.2	1.4	2.4
Co	3.9	0.4	1.3	2.2	1.9	0.7	1.6	3.6	1.4	1.6	0.8	1.6	1.8	0.2
Ni	0.9	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.2	1.0	0.9	0.3	1.1	0.9	0.7	0.8
Cu	2.7	5.3	1.6	2.5	2.8	3.0	2.3	3.4	4.8	3.3	1.8	7.5	3.5	3.7
Rb	120	137	154	135	107	145	129	124	155	93	194	168	128	209
Zn	49.2	26.1	35.6	37.1	37.3	27.1	46.6	50.1	25.6	28.1	37.6	55.7	34.5	20.5
Sr	150	46	52	94	81	67	114	129	58	97	56	49	95	118
Y	22.6	25.1	33.6	24.6	24.4	24.9	27.7	26.4	27.0	25.4	42.3	40.7	18.8	18.4
Zr	104	85	80	92	127	97	110	125	89	110	91	215	111	58
Nb	5.8	5.2	6.7	5.6	6.0	5.6	6.2	5.9	6.0	4.9	5.8	7.3	4.1	6.4
Ba	718	764	967	829	791	1078	837	827	1090	851	1046	927	674	926
Pb	22.7	27.1	24.8	20.1	15.8	17.8	20.7	22.0	23.8	31.2	20.8	22.0	21.2	6.5
Th	9.2	20.5	13.8	10.8	10.4	13.1	9.7	11.1	19.2	11.4	11.7	14.2	13.1	19.4
Ga	16.7	11.5	16.2	15.5	15.1	15.4	16.6	17.3	13.9	10.9	16.8	19.2	15.6	12.0
La	17.1	27.3	19.5	20.0	20.5	19.6	26.9	17.1	24.7	17.0	19.0	27.5	20.2	22.3
Ce	33.9	53.4	44.9	43.4	44.7	41.2	51.1	48.4	52.3	43.5	40.0	64.8	45.9	40.8

北海道産黒曜石のガラスの主成分化学組成はそれぞれ固有の値を示すので, 原産地推定の判定に使うことができる(和田・向井, 2009)。主成分の中で CaO 量は固有値を最も敏感に反映している。そのため石器の原産地推定では, 10 個の組成関係図(CaO/Al_2O_3-TiO_2/K_2O 図(右図), CaO/Al_2O_3-TiO_2/CaO 図, CaO/Al_2O_3-Na_2O/K_2O 図, CaO/Al_2O_3-TiO_2/FeO 図, CaO-SiO_2 図, CaO-TiO_2 図, CaO-FeO 図, CaO-MgO 図, CaO-K_2O 図, CaO/Al_2O_3-Cl 図)を基にして, それぞれの原産地組成範囲にプロットされるかどうかで点数化し, 基準を決めて判定している。

さらに, 黒曜石に含まれる磁鉄鉱マイクロライトの種類・形態は産地ごとに異なる。そのため, これら微細組織を詳細に解析することで黒曜石石器の産地同定に適用できる。



東叡山寛永寺徳川将軍家御裏方霊廟の石材に使用されていた鉛部材の鉛同位体比

Lead isotope ratios of joint parts in the gravestones of Tokugawa shogunal family at the Kan'ei-ji Temple

○齋藤　努(国立歴史民俗博物館)
○SAITO, Tsutomu (National Museum of Japanese History)

1. はじめに

東京都台東区にある東叡山寛永寺は、3代将軍徳川家光が治世する寛永2年(1625)に、慈眼大師天海大僧正を開山として創建された寺である。寺号は、当時の元号から「寛永寺」とされた。

ここでは、徳川家御裏方霊廟の石材をつなぐのに使用されていた、鉛製のチギリとダボを対象として実施した鉛同位体比分析の結果を報告する。

2. 分析資料と分析方法

調査した25基の墓所のうち、15基にチギリが、2基にダボが使われていた。チギリとダボを使用していた未改葬墓のうち8基と、比較のため改葬墓4基から、考古学的な視点で資料を選択し、マイクロナイフで採取した微少量の錆または金属粉末から高周波加熱分離法で鉛を分離して分析を行った。

3. 分析結果

江戸時代の前期・中期・後期の未改葬墓の鉛同位体比(a式図)を図1～3に示した。

【前期未改葬墓】

1、14号墓の資料がこれに該当する。図1に結果を示した。

1号墓の資料は日本産原料である。T1-No.12、No.13は鉛製チギリで、同一産地の原料とみてよい。No.4は銅製品だが、鉛製チギリと数値が近く、産地は近接した地域であろう。これらにいくらか近い同位体比を示すものには、青森県の大鰐鉱山・尾太鉱山、秋田県の尾去沢鉱山がある。尾太鉱山・尾去沢鉱山は寛文年間(1661～73)に産銅を開始したと伝えられ、秋田藩・南部藩の多くの鉱山もこの前後に採掘が始まったと推測されている。1号墓の被葬者の没年は寛文4年(1664)であるので、もしこれらが原料の産地であるとすれば、生産開始直後のものということになる。

14号墓の資料は、肉眼観察で層状であることから、原料を何度かにわけて継ぎ足しながら鋳込んだとみられるチギリとダボ各1点である。いずれも各層の数値は類似しているが、同一試料を繰り返し分析した時よりも変動の幅が大きいことから、肉眼観察による推定が裏付けられたとみてよいだろう。得られた数値はa式図でB、C領域の右に外れたところに位置している。熊本県田中城跡出土の鉛の鉄炮玉がこれと近い数値を示す。多くの西国大名が参加した天正15年(1587)の肥後国人一揆の攻防で使用されたものであり、南蛮貿易との関係も想定されている。時期や量からみて直接の関連は考え難いが、中国や朝鮮半島以外の海外から交易品として輸入された原料である可能性は高い。

【中期未改葬墓】

12、13号墓の資料がこれに該当する。図2に結果を示した。

12号墓の資料の原料はB領域内にあり、馬淵・平尾(1987)による中国華中～華南産原料、または日本の鉱山で例外的にC領域から外れている神岡鉱山産原料のいずれかである。齋藤ほか(2000)による近世銭貨の分析結果によれば、海外産の原料が使われていたのは、貿易の窓口である長崎

で鋳造された長崎銭の母銭のみであり、基本的には国内産原料が大多数を占めていた。被葬者の没年は明和8年(1771)であるが、原料は神岡鉱山産の可能性が高い。

13号墓の資料は、肉眼観察で層状になっているチギリ2点で、これも前述の14号墓と同様に、原料を継ぎ足しながら鋳込んだとみられる。T13-No.8の上層・下層とNo.58の上層の3点、No. 58の中層と下層の2点がそれぞれ近似した数値にまとまり、異なる産地の原料が使用されていたことがわかる。いずれも日本産原料である。

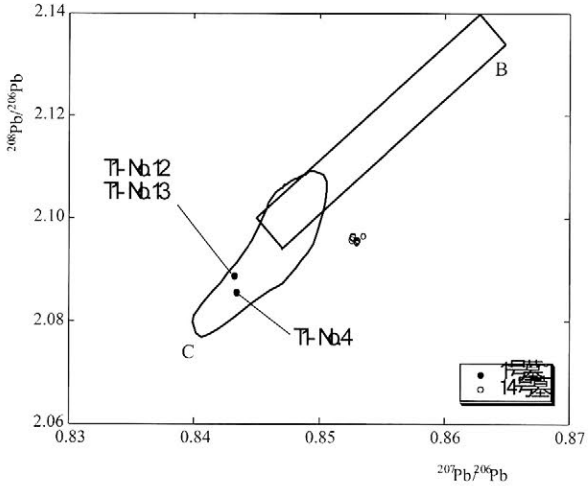


図1　徳川家前期未改葬墓の鉛部材の鉛同位体比

【後期未改葬墓】

8、11、15号墓の資料がこれに該当する。図3に結果を示した。

いずれも日本産原料である。11号墓のT11-No.137を除き、近接した測定値を示す。ただし、8号墓と11号墓の大部分の数値はほとんど重なりあっているのに対し、15号墓のみはこれらとはわずかに全体としての分布範囲が異なっている。これらの墓は、8号墓と11号墓の被葬者の没年がいずれも天保11年(1840)であり、また15号墓の被葬者の没年が嘉永3年(1850)と、それらとは時間的差異がある。これらとほぼ重なる数値を示す鉱山としては山梨県の三富鉱山があり、その周辺地域は産地の候補の一つとなるであろう。ただし、その地域には金・銀・鉛・ヒ素などを産する鉱山がいくつか確認されてはいるものの、黒川金山以外はいずれも規模が小さく、近世の採掘状況はよくわかっていない。また、一致はしていないが比較的近い数値を示すものとして秋田県の小坂鉱山があり、こちらは文化13年(1816)から採掘が始まっているので、ここも産地の候補としてあげることができる。

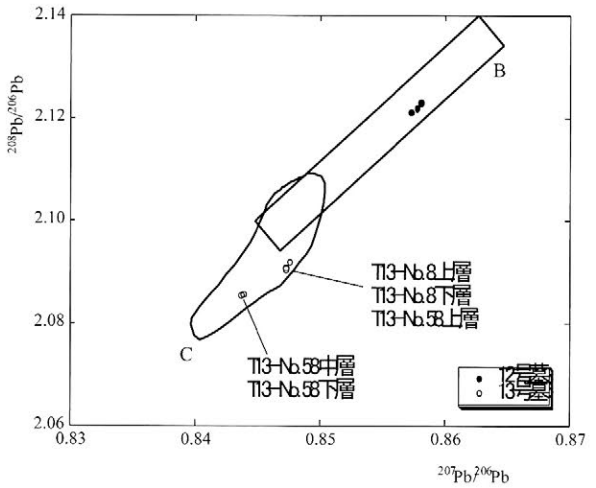


図2　徳川家中期未改葬墓の鉛部材の鉛同位体比

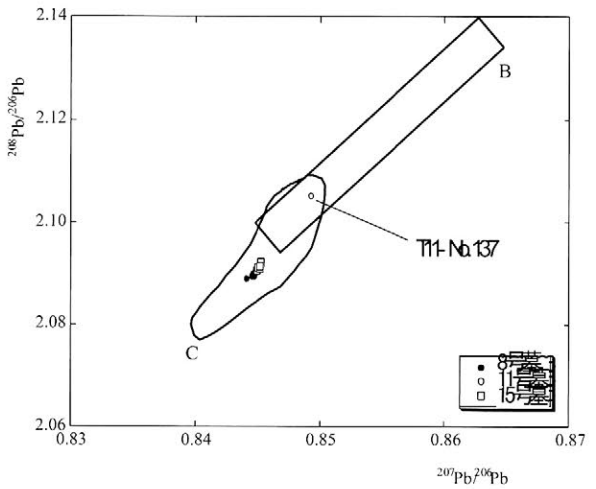


図3　徳川家後期未改葬墓の鉛部材の鉛同位体比

謝辞

本研究は、寛永寺谷中徳川家近世墓所調査団のご協力のもとに実施されました。ここに記して感謝の意を表します。

8 世紀における都城・寺院跡出土鉛釉陶器の化学分析からみた特徴

The characteristic from the chemical analysis of lead-glaze ceramics excavated from the Nara capital and the temple sites in the 8th century

○降幡順子(奈良文化財研究所)、神野恵(同左)、玉田芳英(同左)、齋藤努(国立歴史民俗博物館)
○Junko Furihata, Megumi Jinno, Yoshihide Tamada(Nara National Research Institute for Cultural Properties), Tsutomu Saito(National Museum of Japanese History)

1. はじめに

都城と寺院跡から出土した8世紀前半と考えられる鉛釉陶器に着目し、釉薬の化学組成と鉛同位体比分析、胎土の化学組成とX線回折による焼成温度の推定をおこなった。これらの分析結果を総合し、文様や形式分類などの考古学的な所見とあわせて考えることによって、この時期の鉛釉陶器の化学的特徴を示す。中国国内においては文様などの類例がない資料については、今回の測定結果により中国中原地域で製作された唐三彩であることがわかった。

2. 分析資料

分析に供した資料は、坂田寺跡(奈良県明日香村)と大安寺旧境内(奈良市)出土の三彩陶枕、平城京内出土三彩蓋・鉢(不明片含む)、平城宮と坂田寺跡から出土した三足壺または火舎の獣脚と考えられる資料であり、それぞれ緑釉、褐釉、三彩、二彩の鉛釉陶器である。所属時期は8世紀であり、さらに平城京出土資料は8世紀前半と考えられている。

3. 分析方法

各資料の釉薬部から1mm×1mm範囲の釉を採取し、蛍光X線分析による化学組成と鉛同位体比分析を実施した。また胎土部から約4～10mg程度を採取し、胎土の化学組成とX線回折測定による焼成温度の推定をおこなった。測定条件などは以下のとおりである。

(1)釉薬の蛍光X線分析

分析装置は蛍光X線分析装置EAGLEIIIを使用した。測定条件は管電圧20kV、管電流200μA、X線照射径50μm、測定時間300秒、真空雰囲気中である。定量分析の標準試料には、NIST(アメリカ国立標準技術研究所)発行の1412、620、BAS(Bureau of Analyzed Samples Ltd.)発行のSGT

表1　分析資料詳細

資料No	出土遺跡	器種・部位	詳細
1	大安寺跡	陶枕	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、花弁紋の輪郭部は沈線に赤褐色粘土が確認できる。凹状である。胎土は硬質で白色を呈する。(素弁三裂四弁紋小型a類)
2	大安寺跡	陶枕	白釉、緑釉、褐釉、藍釉が塗り分けられ、花弁紋の輪郭部は凹状である。胎土は硬質で白色を呈する。(素弁三裂四弁紋中型a類)
3	大安寺跡	陶枕	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、表面は荒れている。胎土は厚手で淡赤色を呈す。
4	坂田寺跡	陶枕	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、花紋の輪郭部では沈線に赤褐色粘土が確認できる。胎土は硬質で白色を呈する。
5	坂田寺跡	獣脚部	三足壺または火舎の脚部と考えられる。濃褐色釉で、胎土はやや硬質で黄白色を呈す
6	平城宮跡	獣脚部	三足壺または火舎の脚部と考えられる。風化により黒化しているが一部に緑色釉が残存している。胎土はやや硬質で白色を呈す。
7	平城京左京一条二坊	不明	白釉、緑釉が塗り分けられている。胎土はやや軟質で淡黄白色を呈する。
8	平城京左京一条三坊	鉢	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、内面は白色釉が塗布されている。胎土はやや軟質で淡黄白色を呈する。
9	平城京左京一条三坊	蓋	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、内面は白色釉が塗布されている。胎土は軟質で淡黄白色を呈する。

－5、6、7および産業技術総合研究所地質調査総合センター岩石標準試料JB-1aを用い、検出元素の各酸化物の合計が100wt%になるよう規格化しＦＰ法により定量値を求めた。分析箇所は顕微鏡下にて、できるだけ風化の程度が少ない箇所を選択し、3箇所を測定して平均値をとった。多彩釉の場合は異なる釉色ごとに測定している。表面風化層を含むため、風化の影響による組成の変動はあるものと考える。

(2)釉薬の鉛同位体比分析

分析装置は表面電離型質量分析装置Finningan MAT-262を使用した。測定条件はフィラメント温度1200度とし、同一条件で測定した標準試料（NISTSRM-981）のデータを用いて質量分別効果の補正をおこなった。

(3)胎土のＸ線回折分析

Ｘ線回折測定は、胎土中に生成している鉱物を同定することにより、おおよその焼成温度を推定するためにおこなった。測定装置はＸ線回折装置MiniFlexⅡを使用した。測定条件は管電圧30kV、管電流15mA、測定幅0.01度、ターゲット銅、走査速度毎分0.6度である。

4. 結果と考察

鉛同位体比分析から資料は3つのグループに分けられた。グループ①は華北産原料、グループ②は華中～華南産原料で、窯跡出土資料との比較によれば、それぞれ陝西省黄堡窯および河南省黄冶窯出土資料に近似する値のものがあり対応関係がみられる。グループ③はいわゆる「長登銅山タイプ」の日本産原料である。坂田寺出土の陶枕は、文様や形態が中国国内においても類例がないものであったが、この測定結果により、中国中原地域で製作された唐三彩であることがわかった。従来、大安寺の陶枕はさまざまな製作地の産品を収集して持ち帰った可能性が指摘されていたが、本分析結果はそれと整合するものである。

表2：釉薬の鉛同位体比分析結果

資料No.	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$
1	0.8839	2.169	17.534	15.498	38.030
2	0.8643	2.129	18.050	15.601	38.436
3	0.8473	2.092	18.410	15.599	38.507
4	0.8651	2.130	18.021	15.590	38.389
5	0.8474	2.096	18.420	15.609	38.601
6	0.8480	2.093	18.416	15.609	38.539
7	0.8472	2.089	18.398	15.586	38.439
8	0.8471	2.089	18.395	15.583	38.428
9	0.8472	2.090	18.398	15.586	38.443

表3：胎土のX線回折分析結果

資料No.	ムライト	長石類	推定される焼成温度
1	+	+	1100℃
2	+	+	1100℃
3	－	+	1000℃以下
4	+	+	1100℃
5	－	+	1000℃以下
6	－	+	1000℃以下
7	－	+	1000℃以下
8	－	+	1000℃以下
9	－	+	1000℃以下

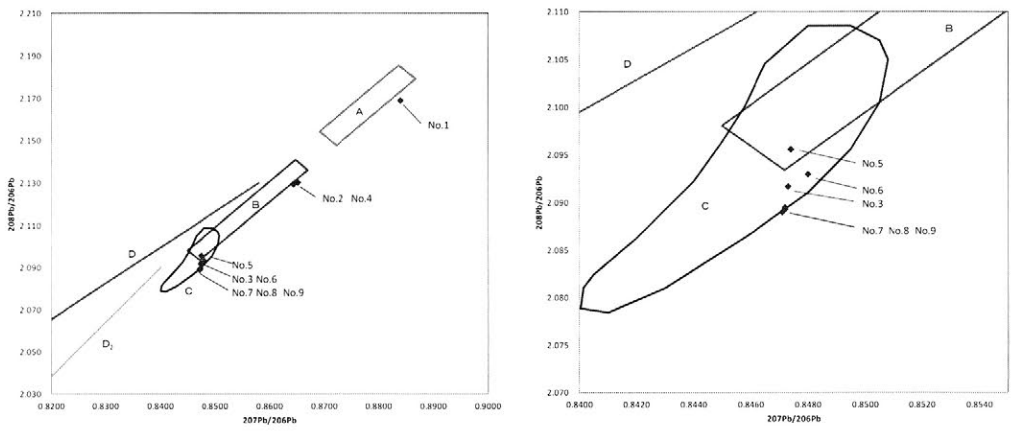


図１：鉛同位体比分析結果（a式図とＣ領域付近の拡大）

可搬型蛍光X線分析装置によるサーサーン朝銀製品の組成の特性化と産地推定

Compositional Characterization and Estimation of Provenance of Sasanian Silver objects by Using Portable XRF Spectrometer

○ 堀内 慧・中井 泉(東理大理)・四角隆二(岡山オリエント)
○ Kei Horiuchi (Tokyo Univ. of Science), Izumi Nakai (Tokyo Univ. of Science), Ryuji Shikaku (Okayama Orient Museum)

1. はじめに

サーサーン朝(後 3～7 世紀)において、銀資源は身近な貨幣から装飾品まで幅広い用途に使用されていた。一般的なサーサーン銀貨は重量約4 gで表裏にはそれぞれ王の胸像、ゾロアスター教の拝火壇、銘文が刻まれており、サーサーン銀貨には当時の宗教、美術表現、文字、王銘、発行年、そして発行地など様々な情報が秘められている[1](図1)。また、平皿、容器などの銀器にも各時代の王や地方の行政官が表され特定の王や時代を判断するひとつの指標となる。本研究では銀貨に施された年代、王が明確な資料を中心とする銀製品の組成分析を行うことにより、各時代における精錬法、産地等の変遷や相違があるかを考察した。また、年代が不特定なサーサーン朝銀製品の結果を銀貨のものと比較して考察した。

2. 実験

分析は当研究室がアワーズテック(株)と共同開発したポータブル蛍光X線分析装置 OURSTEX 100FAを美術館内に持ち込み、所蔵された資料を分析した。本装置は白色X線と単色X線の2種類の励起モードの選択が可能である。測定条件は管電圧40 kV、管電流0.1 mAで、測定時間は各モードで200秒とした。資料の錆など表面に汚れがあるものは酢酸、エタノールで除去したが、基本的には非破壊での分析を行った。定量は検量線法を用いて Ag を主成分とし、Au、Pb、Cu、Zn、Bi、Sn などの副成分を数百ppmから数%オーダーで配合して合成した化学組成既知の合金標準試料を準備した。そしてこの合金標準試料により検量線を作成し、銀貨・装飾品などの金属製品に含まれる成分元素を定量した。測定資料は岡山県の岡山市立オリエント美術館、大原美術館、三鷹市の中近東文化センター、池袋の古代オリエント博物館、滋賀県のMIHO MUESEUMの協力を得て、サーサーン朝の銀貨158点、銀器36点、また、異なる時代の金属製品236点、総合計430点分析した。

3. 結果と考察

分析結果より、サーサーン朝銀貨に含まれるFeの含有量に各時代に伴う変遷が認められた。図2、3に横軸をFeの含有量、縦軸をAgの含有量としたプロット図を示す。図3は図2のFeの濃度範囲(0～0.15 wt.%)を拡大した図である。図2よりAgの濃度に大きな変動は認められなかったがFeの濃度は後4世紀の銀貨は例外もあるが比較的高く、0.2～0.4 wt.%という高濃度を示すものが多かった。一方、後5～7世紀の銀貨のFeの濃度は全体的に低く、図2の左側の2つのグループに分かれる傾向が示された。

Agは Cu、Au などと固溶して合金になるので、これらの元素を添加することにより硬度、色に変化を持たすことができる。しかしFeはAgと固溶せず合金にはなりえないので、製造過程で意図的に添加したとは考えにくい[2]。したがって上記のようなFeの含有量の違いは、銀の原料の不純物に由来するもので、おそらく何らかの鉄化合物が銀貨の中に不純物として分在していたと考えられる。結果的にこのようなFeの含有量の違いから、後5世紀以降は起源の異なる銀の原料鉱石を用いて、銀貨が製造されていた可能性が考えられる。また後5～7世紀の間でも鉄の含有量にひろがりがあることから複数の鉱山、もしくは同じ鉱山であっても時代によって鉱石の組成に変化が生じた可能性も考えられる。

図3では銀器としてMIHO MUSEUM所蔵の帝王狩猟文皿（後5～6 世紀）、池袋の古代オリエント博物館所蔵の銀製舟形杯（後5～7 世紀）をプロットした。結果、後5～7 世紀の銀貨に特徴的な2つのグループ内に収まったことから、両者の関連が示唆される。また殆どの銀貨は96～99 wt.%の濃度範囲に収まり、平均で97.1 wt.%であった。一方、両資料のAgの濃度は平均して96.3 wt.%であり、銀貨と比較すると銀の純度が低いことがわかった。銀器は精錬する過程で銀の強度、展性を高めるため、数%の銅を添加し銀と合金化させることがある[3]。分析の結果、帝王狩猟文皿、銀製舟形杯はそれぞれCuを2.7 wt.%、2.3 wt.%含んでいた。Cuの濃度がこのように高いのは、製造過程で意図的に銅が添加されたためであると考えられる。以上より、本研究で蓄積したサーサーン銀貨の分析データを基盤として、サーサーン銀製品の組成的特性化法を行うことができた。

定量した微量～副成分であるNi、Zn、Hg、Bi等の濃度は数十 ppm～数 wt.%オーダーであり、Cu、Au、Pbに比べ比較的微量に含まれていることがわかった。各元素の濃度にはFeに見られたような時代による変遷は確認されなかった。しかしNi、Biの濃度はそれぞれ100 ppm程度と数十 ppm程度であったがZnの含有量は数100 ppm～1 wt.%の濃度範囲で顕著に含まれる資料があり、濃度の変動が比較的大きいことがわかった。今後これらの定量結果について統計的な解析等を交えていくことで、より精確な特性化が可能になると考えられる。



図1フスラウ2世(590-628年)の銀貨(左:表、右:裏)

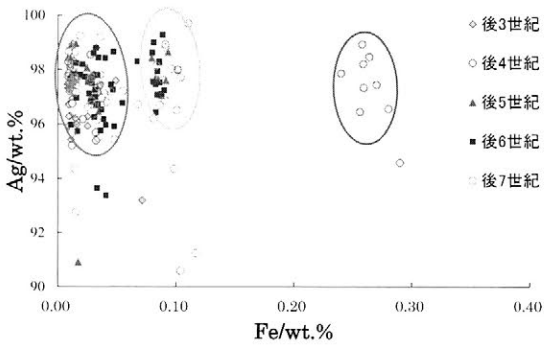


図2 Fe vs. Ag プロット

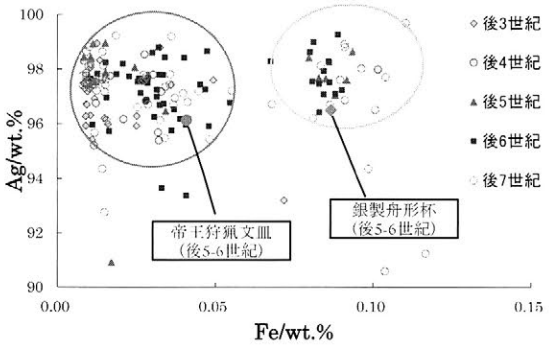


図3 銀器の分析結果(図2の拡大図へプロット)

【謝辞】貴重な分析資料を分析させていただいた三鷹市の中近東文化センター、池袋の古代オリエント博物館、岡山県の大原美術館、滋賀県のMIHO MUSEUMの館長ならび関係者の皆様に深く深謝申し上げます。

1)津村眞輝子「サーサーン朝のコイン」『ペルシアの宝物－至高のガラスと銀の世界』岡山オリエント30-31 (2010)

2)堀内慧、阿部喜也、中井泉「蛍光X線分析によるサーサーン朝銀貨についての一考察」『ペルシアの宝物 - 至高のガラスと銀の世界—』岡山オリエント美術館 32(2010)

3)M.J.Hughes and J.A.Hall "X-ray Fluorescence Analysis of Late Roman and Sassanian Plate" *Journal of Archaeological Science* **6**,321-344 (1979)

石材原産地資源の距離逓減と交易距離との合成モデルの構築

Synthetic modeling of supply successive diminution model and trade distance model of obsidian with Spatio-temporal metrics

津村宏臣(同志社大学文化情報学部)
Hiroomi TSUMURA (Faculty of culture and information science, Doshisha Univ.)

1. 原産地研究のもう1つの視座と視点

文化財科学の産地に関わる研究の諸相は、その主眼に"原産地の特定(推定)"の問題があるのが現状である。そのため、どの産地の石材か、どの供給地の産品か、を明らかにする研究の方法、視座や視点の豊富さ、関連する研究技術などはきわめて高度に発展している。しかし、一方でそれが消費地に「どのように運ばれたか」という問題は考古学や人類学の主題とされ、文化財科学における議論が深化していない現状は否めない。石材や産品が"自ら移動する"ことはあり得ず、その背景には人間の行動という振る舞い(behavior)があるのであり、これを解明することも産地研究の視座とすることが必要であろう。五十嵐(1993)が指摘したように、理化学的な"原産地"だけでなく、人間の行動を介した"原産地"の推定を考慮する視点を持つことは、結果として文化財科学における人類史上の「原産地」の分析に不可欠である。

2. 石材原産地から消費地への行動パターンの分類モデルと距離逓減モデル

黒曜石も含め、原材や産品の消費地への移動については、思弁的なモデルとして、レンフリューらがまとめてモデルを提示している(例えばFig.1、Fig.2)。Fig.1では原材や産品が移動距離によって出土数が距離逓減する様相を示しており、Fig.2のcのような仲介者(中心地)が再分配する行動モデルだと、Fig.1の右のようなファンクションになると予測している。これらは、民族例でみられるような事例を前提とした機能主義的な想定モデルだが、現実の埋蔵文化財の出土傾向においては、これらの行動モデルと逓減関数とが複雑な様相で合成された実態を示すことが考えられる。特に、これらのモデルは、文字通り原産地と消費地を"直線"で結んだ場合の説明であり、地域的、時代的、技術的多様性を考慮した時空間モデルにはなっていない。そこで本研究では、時空間的な多様性を考慮した合成モデルを構築することで、現実の出土資料との対応を検討することを目的とする。

3. 黒曜石原産地と出土傾向の関連

信州を中心とした黒曜石原産地群については、すでに建石ら(建石・津村2009)によって、縄文時代時期別の出土傾向の傾向面分析が行われており、津村(2010)でも時間逓減モデルとして時期別の傾向を評価されている(Fig.3)。本研究では、そうした研究の基礎的な部分について、空間モデルを作成し、空間相関による逓減モデルの現れ方について検討する。

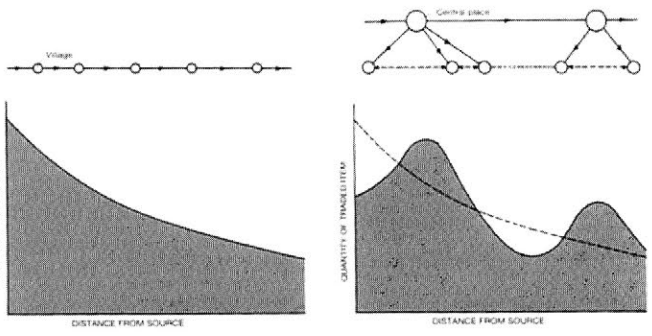


Fig.1 原産地からの資源距離逓減モデル(左:漸減 右:再分配中心)

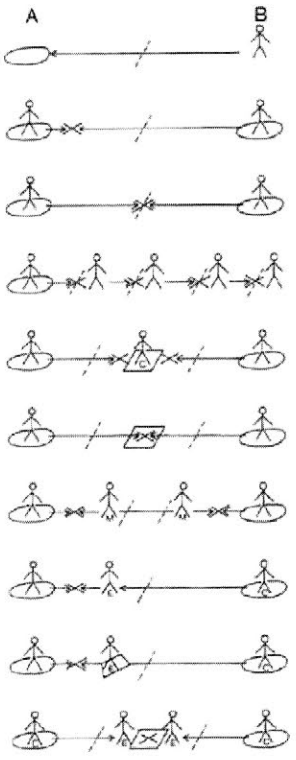


Fig.2 レンフリュー(1969)による交換(接触)構造モデル

4. 時空間モデルの構築

時空間モデルの構築については、仮想空間をGISを用いて構築した。仮想の原産地(供給原点)を設定し、これから移動時間の増加(距離の漸増モデル)を作成し、これを中心に消費地が存在することを仮定する。原産地を中心に空間的に二次元的に原材や産品が逓減するレイヤーを構築した。これに対し、Fig.2のcのような仲介者(再分配中心)を仮定するが、手法として空間的に均質的なヘキサゴナルグリッドを最初に設定した。

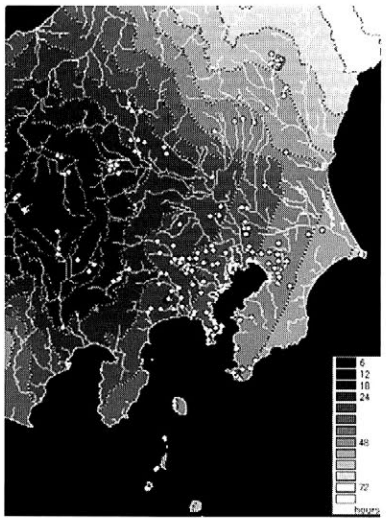


Fig.3 信州原産地からの移動時間

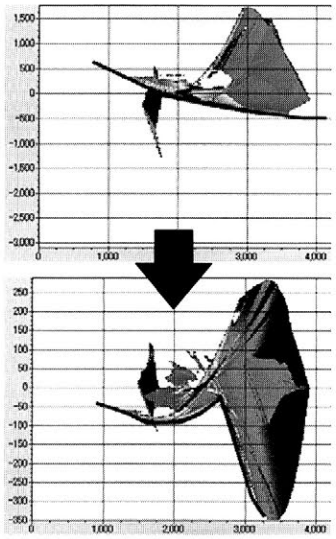


Fig.4 信州産黒曜石の資源距離逓減

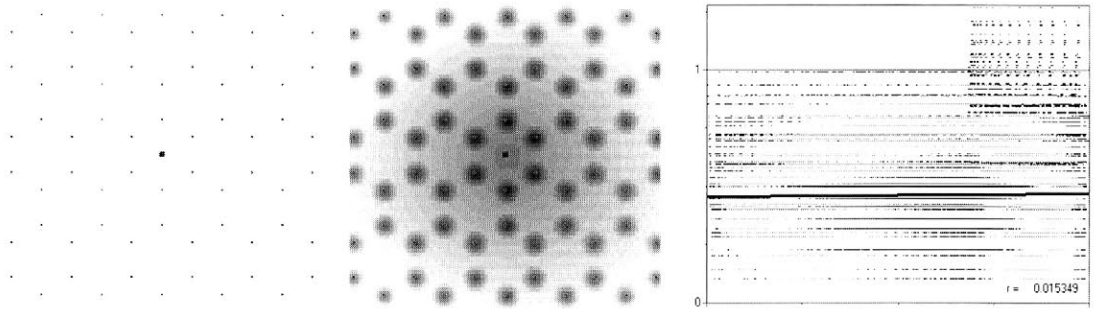


Fig.5 再分配重心が空間的に均質的に存在する場合の時間逓減モデル

Fig.5では、中心の原産地に対して、再分配中心を空間的に均質的に配置した場合のシミュレーション結果である。空間相関はなく、距離逓減のモデルと整合性をもたない。Fig.1の右のモデル、またFig.4の下のような実際の"再分配中心"の可能性を示唆するシミュレーション結果としては、空間的に1次元的な(つまり、線的な)原材の移動を想定する必要が指摘される。そこで、シミュレーションについて、再分配重心の配置を空間的に不均質にする作業をおこなった。Fig.6では、再分配重心を原産地から一元的に配置したモデルを示している。空間相関も認められると同時に、標本分布に2つのピークが認められることがわかる。3次元グラフの重心ラインだけでなく、標本分布パターンが、再分配中心の存在を間接的に示唆する結果となった。

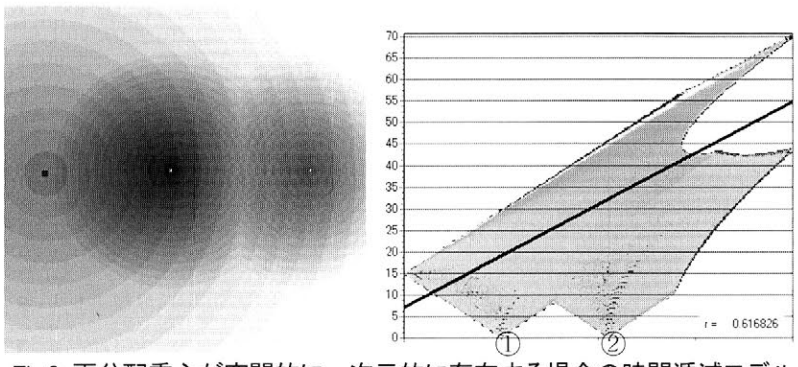


Fig.6 再分配重心が空間的に一次元的に存在する場合の時間逓減モデル

5. 結果

本研究により、シミュレーションを繰り返し実施することで、Fig.4のような現実の資源距離逓減モデルに対して、具体的な原産地(＋供給地)を想定、探索する手法を開発する可能性を示すことができた。

復元竪穴住居の保存環境に関する研究(第3報)

(富山市北代遺跡　その3)

Studies on preservation of restored a pit dwelling. Part 3
(The KITADAI Ruins. 3)

○宮野秋彦(名古屋工大)、古川知明(富山市埋蔵文化財センター)
Akihiko MIYANO (Nagoya Institute.Technology)
Tomoaki FURUKAWA (Center for Archaeological Operations of TOYAMA-city)

1．研究の目的:

この一連の研究では、復元竪穴住居の耐久性向上のための基礎資料を得ることを主目的とし、併せて、復元にあたって採用した用材並びにその工法と屋内温湿度との関係、特に湿潤環境改善効果について、実験的に検証解明することを目的としている。

2．実験住宅および実験条件:

今回の実験では、前報[1]までの第1号住居複製(復元建物No.6)と同構造の第1号住居(縄文中期土屋根住居、復元建物No.1として、発掘位置に復元したもの)を対象とした。

この復元住居は、1999 年 3 月に伝統的工法で復元し約4年半経過したが、雨漏や土間の湿潤などによる腐食が進行したため、2003 年に解体修理を行ったものである。

その際、屋根内部に反射断熱性を持った防水シート[2]及び板状調湿建材[3]を施工した。

修理後、屋根面からの漏水による瑕疵は解決を見た[4]が、床面の湿潤によると考えられる屋内の高湿現象はなお続いていた。

そこで、2007 年の 8 月から 12 月の間に、3回に分けて床面を叩き仕上げとした。

施工には、洪積層火山灰に由来する赤土(富山市内産)をベースに、消石灰・砂・木炭を配合[5]した材料によって、厚さ約 5cm の叩き土間とした。

実験では、対象住居の近傍にあって第1号住居と同様にほぼ南に入口を持ち、土間を叩いていない第13号住居との比較によることとした。なお、第 13 号住居の屋根は、第 1 号住居より屋根の換気孔口面積がやや大きくなっている。

3．実験結果の解析と検討:

図1～4に、土間叩き前後の両住居内外の温湿度日変動例を示す。なお、図1は土間施工前、図2は土間施工後1年目の夏、図3～4は土間施工後2年目の夏の測定結果である。

施工前の両住居の相対湿度は略同じだが、第1号住居の気温が第 13 号住居よりやや高いため絶対湿度が僅かに高い。

図2の土間施工後、最初の夏の両住居の相対湿度は略同じで、土間叩き施工による効果はまだ見られず、第1号住居の絶対湿度も測定前と同様に第 13 号より僅かに高くなっている。

図3～4より、2年後の第1号住居では、第 13 号住居に比

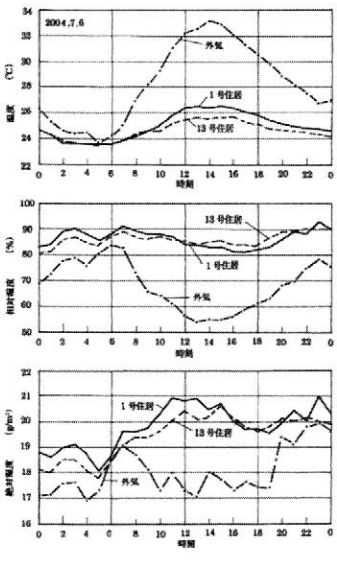


図1　土間叩く前. 快晴

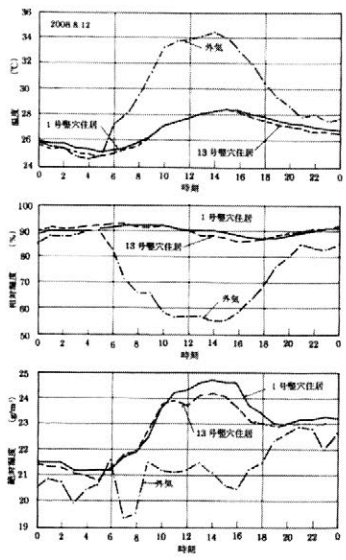


図 2. 1年後. 快晴

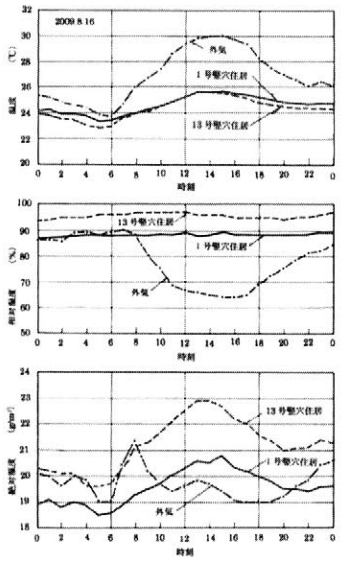


図 3. 2年後. 晴

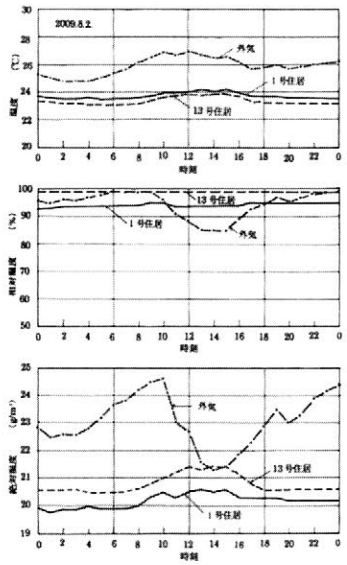


図 4. 2年後. 雨

べて、晴天日の相対湿度が約 10%、絶対湿度で1～2g/m³程度低く、雨天日でも、相対湿度で約5%、絶対湿度が 0.5～1g/m³程度低くなっている。

図5に、土間叩き前後の第1号住居と外気の相対湿度の相関を示す。

以上の結果より、2年目の夏になって漸く叩き土間の調湿効果が現れることが実証された。

4. むすび:

復元竪穴住居に叩き土間を施工することによる内部湿度の低下が実証されたが、今後も観察を続けて、更に復元建物の一層の耐久性向上に寄与したいと考えている。

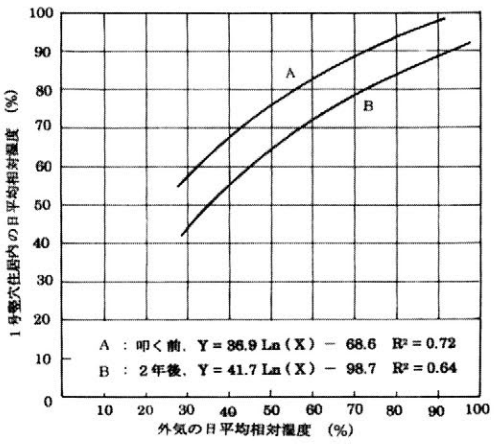


図5 土間叩き前後の第1号住居と外気の相対湿度の相関

謝辞: 土間の材料・配合等について御指導を賜ったカナツ技建工業㈱村田豊顧問、材料提供等により格別の御協力を頂戴した日本インシュレーション㈱並びに㈲チャンピオン化成の御関係各位に篤く御礼申し上げます。

REFERENCE

[1] 古川知明、宮野秋彦:復元竪穴住居の保存環境に関する研究(第1報)、日本文化財科学会第20回大会研究要旨集、2003.5. 同上、(第2報)、同第21回大会研究要旨集、2004.5.

[2] (有)チャンピオン化成製、アルミシート積層防水シート。

[3] 日本インシュレーション製,ゾノトライト結晶系ケイ酸カルシュウムを主材とした調湿建材

[4] 宮野秋彦、西尾信廣、堀沢祐一:北代縄文広場竪穴住居の修繕について、富山市考古資料館報、No.4

[5] 重量比で、赤土:消石灰:砂:木炭＝63:27:9.8:0.1 の配合に、水を 25%添加。

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)

Study on the Conservation Materials for Bas Relief of Bayon temple in Angkor Site.(1)

○松井敏也(筑波大学)・沢田正昭(国士舘大学)・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(筑波大学大学院)・跡見洋介(同左)、千葉麻由子(早稲田大学)、朴東熙(同左)
○Toshiya Matsui(University of Tsukuba), Masaaki Sawada(Kokushikan University), Saihachi Inoue(I.N Technical Lab.), Takao Ebisawa(The Ethos), Emi Kawasaki, Yosuke Atomi(University of Tsukuba), Mayuko Chiba, Donghee Park(Waseda University)

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年より行なっている。各種の強化材料、撥水剤を耐候試験材料として、試供体砂岩へ塗布し、その後4年間現地で暴露を経た評価を行なった。

2. 試験方法と試供体

試供体砂岩はアンコール遺跡が所在するシエムリアップ周辺から採取し、円柱状（直径45㎜、長さ100㎜）に整形した。成型時には砂岩の節理を考慮し、砂岩の特徴的な縞模様の方向を円柱の長さ方向に対して水平と垂直になるように加工した。試供体は必要に応じて追加し、最終的には157点を用いた耐候試験を実施した。試供体（円柱）の密度は2.33 ～ 2.34g/cm³程度、吸水率はおおよそ4.2%である。実験に使用した強化材料には、珪酸エステルを主体にし、そのモノマー成分とポリマー成分の混合比を調製した3種を使用した。ポリマー成分を多くした材料をBayonP、モノマー成分を多くした材料をBayonM、その中間的な組成比を持つ材料をBayonSとした。撥水剤は現地で簡易な処理であること、そして取り扱いについても使い勝手が良いことを考え主にシラン系の材料を選定し、一部の強化剤にて処置を行った（BayonS-b`d)。アンコール遺跡・バイヨン寺院境内に暴露試験台を据え付け、1年ごとにこれらの保存材料の耐候性に関する評価をおこなった。各種の保存材料を投与した試供体の物性調査をおこなった。現地では非破壊的な方法を主とし、一部の試料に関しては日本に持ち帰り、破壊試験になる一軸圧縮強度試験を実施した。

3. 吸水率の変化

図1は処理前(2007年)から2011年の4カ年曝露した試供体の吸水率を示している。強化剤のみを投与した試供体では、未処理の試供体(original)より1%程度吸水率が小さくなっている。強化剤に加えてさらに撥水剤処理を施した試供体の含水率は0.5%～ 1.2%を示しており、なお撥水効果を持続していることをうかがい知ることができる。3年間曝露した試供体による吸水挙動試験の結果、強化剤で処理した試供体はオリジナルと同様のカーブを描き、吸水のプロセスが同じであることが判断できた。

4. 表面硬度

現地では硬さ試験器を用いた表面硬度の測定を行なった。図2に強化剤処理した試供体の経年変化を示したグラフを示す。未処理の試供体では強化後1年で20ほど下がり、その後も減少傾向にある。それに対し強化剤を含浸させた試供体は20から50ほど硬くなった。その後の減少の勾配はオリジナルと似ることがわかった。一部の試供体を日本に持ち帰り詳細な測定を行った。その結果、含水状態にある試供体では表面硬度L値が乾燥状態と比較して100近く小さくなるサンプルもあった。曝露面と非曝露面の差異についても、非曝露面のほうが表面硬度の値が大きくなる傾向を示した。各保存材料がもつ特性が周辺の環境に合わせて変動していることがわかった。

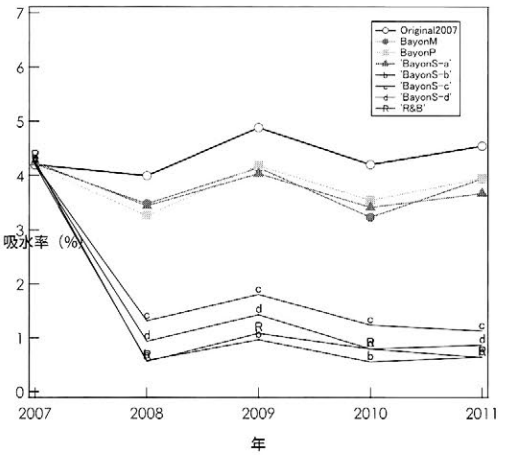


図1　吸水率の変化

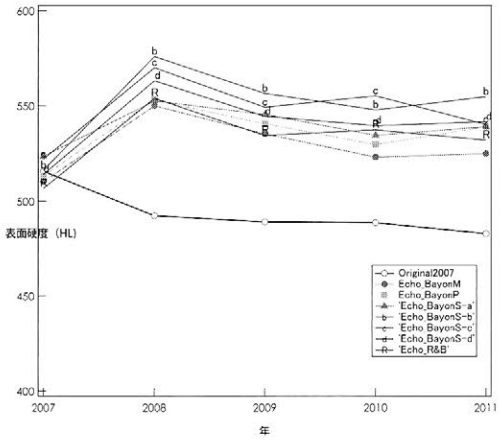


図2　表面硬度の変化

5. 微気象環境調査

試供体の評価測定に加えて、周辺環境の調査も行っている。温湿度の計測は、外回廊、内回廊、曝露台下で行っている。これらの雨季、乾季により温度分布の傾向が違う結果を受けて、年間のクライモグラフによる評価を行なった。傾向として乾季にあたる1月から3月にかけては相対湿度の変化が小さく、温度が上昇する傾向にあり、その後雨季に入り始める4月から9月については温度が下がりながら、相対湿度が上昇、そして再び乾季に入り始める10月から12月にかけては温度変化が小さく、相対湿度が下降することがわかった。また、各回廊の分布範囲の変化は何らかの環境変化や部材の劣化などにより生じることから、今後注視する必要がある。

他方、地衣類や藻類などの着生生物は浮き彫りを覆っているため強化剤処理や撥水剤処理の効果が弱まることが懸念される。着生生物の生育環境を調査するために光量子センサー(図3)、葉面濡れセンサー(図4)、高分解能温度湿度センサーを回廊の岩石近傍に設置してモニタリングを行った。

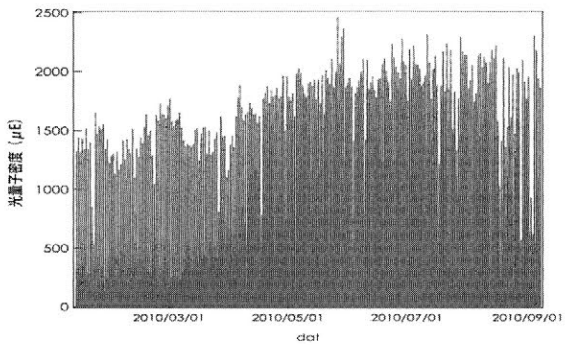


図3　光量子束密度

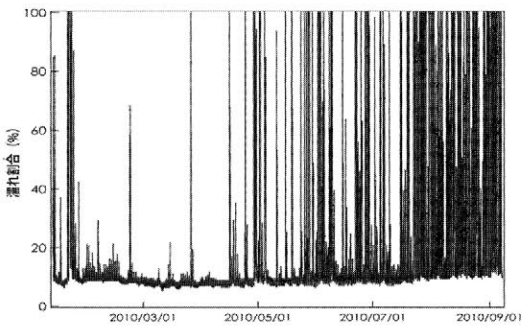


図4　濡れ割合

6. おわりに

浮き彫りと同質の砂岩を現地で調達し、柱状の試験体を作成した。これに各種の保存材料を投与し、4年間の曝露試験をおこなった。試験は継続中であるが、4年間の結果をもとにバイヨン寺院浮き彫りの保存に特化した有効な保存材料、すなわち強化材料と撥水剤について検討し、その耐候性をほぼ明らかにできた。今後、さらに調査を継続しデータを蓄積すると同時に、浮き彫りのある回廊の年間の気候変動の特徴を考慮した保存修復材料の選定を行いたい。なお一軸圧縮強度試験は(株)鴻池組の高松誠氏の協力を得ました。

本研究は科学研究費補助金(基盤A)「アンコール遺跡・バイヨン寺院浮き彫りの保存方法の研究」(19251001)と、(基盤B)「生物が着生した炭酸カルシウム系材料の劣化特性とその診断手法の開発」(22300305)の一部により行われたものである。

装飾古墳におけるCGシミュレーションを用いた季節間色変化の研究

Research of Color-change during the season, which is used CG-simulation in decorated tumulus

○池田朋生、坂口圭太郎(熊本県立装飾古墳館)、大庭敏男(鳥栖市教育委員会)、朽津信明(東京文化財研究所)、森本哲郎(凸版印刷株式会社)、小林由江(東京大学大学院情報理工学系研究科)、池内克史(東京大学大学院情報学環)

Tomoo Ikeda, Keitaro Sakaguchi (Kumamoto Prefectural Decorated Tumulus Museum) ,Toshio Oba,(Tosu Municipal Board of Education), Nobuaki Kuchitsu (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Tetsuro Morimoto (Toppan Printing Co., Ltd.), Yoshie Kobayashi (The University of Tokyo Graduate school of Information Science Technology), Katsushi Ikeuchi(The University of Tokyo Interfaculty Initiative in Information Studies)

1. はじめに

装飾古墳のなかでも、壁画系と分類される彩色壁画中心のものには、季節によって見えやすいときと、見えにくいときがあると言われる。ところが、そのような変化は「壁画が劣化している」、「以前より色あせた」という風評が起きることがある。国指定史跡である佐賀県鳥栖市田代太田古墳を管理する鳥栖市教育委員会は、そのような風評を過去に経験している。一方、熊本県熊本市釜尾古墳では、装飾の見え方が季節的に変化することを我々の先行研究から判明している1)。見え方が異なる主な要因は、熊本県山鹿市弁慶ヶ穴古墳の場合、壁画を覆う泥や埃の乱反射、かつ壁画表面の水分量が左右すると指摘されている2)。この研究を元に、田代太田古墳において見学室である前室内部の非装飾石材を対象にモニタリングを実施し、壁画の季節的な見え方の変化を見ることとした。但し、田代太田古墳の装飾が描かれた玄室は、扉一枚のみで外部と仕切られた釜尾古墳とは異なり、3室構造の密閉性の高い保護施設内にある。こうした場所への頻繁な入室は、貴重な壁画を痛める危険性を孕んでいる。そこで、石室の三次元情報とともに短時間での高精度の色情報の記録を試みた。次いで、冬季と夏季における壁画のCGシミュレーションを行い、密閉性の高い保存施設内での見え方の変化を検証した。

2. 調査の対象

(1) 田代太田古墳

1926年(大正15年)に国史跡として指定された佐賀を代表する壁画系の装飾古墳である。花崗岩の巨石を用いた横穴式石室であり、玄室奥壁を中心に、赤、緑、黒の三色によって、連続三角文のほか、盾、船などの具象画を描く。墳丘は直径約42mの大型の円墳、6世紀後半。保護施設は、1978年(昭和53年)に建設されており、断熱材で覆われた風防室の奥は、見学室を兼ねた前室、壁画の描かれた中室及び玄室の三つの空間を扉で仕切る。中室入り口はガラス戸が用いられており、観察用窓を兼ねる。



図1 田代太田古墳外観

(2) 釜尾古墳

1921年(大正10年)に国史跡に指定された熊本を代表する装飾古墳のひとつである。正方形プランに持ち送りの天井を持つ所謂肥後型石室内には、石屋形内、前室天井、玄門等に、赤、白、灰色の三色を用いた双脚輪状文、連続三角文のほか線刻を持つ。6世紀後半。墳丘径約18mの円墳、保護施設は1968年(昭和43年)に墳頂を復元した墳丘と羨道入り口の鉄扉1枚からなる。石室内に直接入室して装飾を見学する施設である。

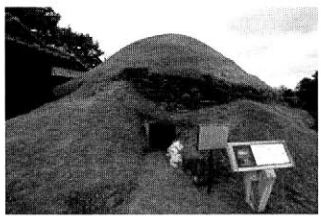


図2 釜尾古墳外観

3. 調査の方法

田代太田古墳では、2010年12月より温湿度の計測と、色差計を用いた測色記録を行った。測色箇所は、入室の影響が反映されやすい見学室兼前室内の積石と腰石を対象に実施、同じく温湿度計測と色差計での測色記録を継続している釜尾古墳のデータと比較した。

更に、冬季の環境であり入室の影響が少ない2011年2月に、墳丘、石室内の三次元形状の計測調査、玄室内でのスペクトロメータ計測による測色調査を実施した。次いで、石室内が高温となり夏季の環境である2011年10月に、再度玄室奥壁で同じ方法による測色調査を実施、夏季と冬季の壁画の見えの違いについて、釜尾古墳における明度(L*値)に着目した明度時間変化データを元に、シミュレーションを実施した。

4. 調査の結果

田代太田古墳、釜尾古墳のモニタリングの結果を図３に示す。玄室内の相対湿度は、何れの古墳も 95%RH 以上である。釜尾古墳は、9 月の 24.5℃から 2 月の 13℃までと、10℃±の温度差がある施設である。明度(L*値)が下がり、石室全体が塗れ色になる期間は、6 月～10 月までの夏季である。一方、田代太田古墳の玄室及び中室は、年間の温度差が 5 月の 16.5℃から 11 月の 18.5℃までと、年間の温度差が極めて小さい施設である。前室石材の明度が高い 2011 年 2 月は全体が白っぽく乾いていた。明度の低い 2011 年 10 月は、全体が暗く塗れ色であり、赤色の発色が良く見えた。顔料のスペクトルグラフをみると、2 月にくらべ 10 月は全ての顔料において吸収の増加が見られた。

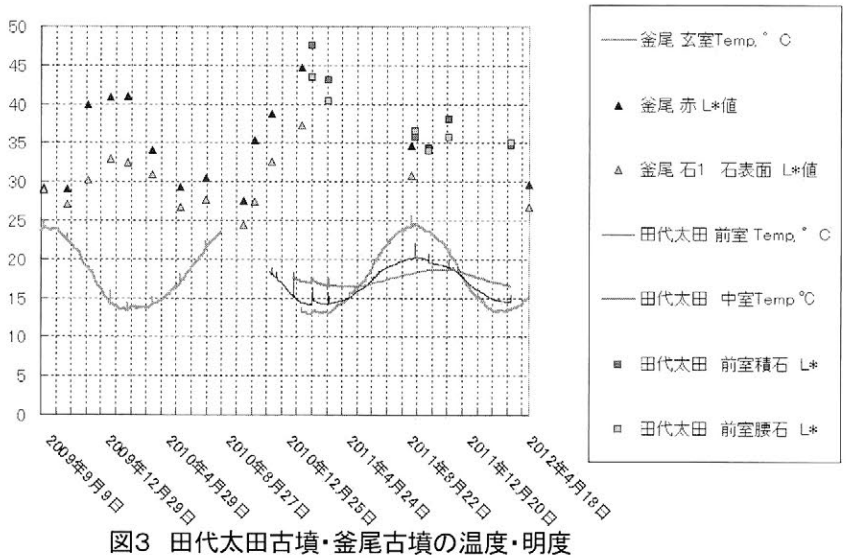


図3 田代太田古墳・釜尾古墳の温度・明度

5. 考察

まず、田代太田古墳は釜尾古墳と同様な見え方に変化があることが認められた。前者は花崗岩、後者は安山岩が使用されるため、明度の数値差には意味を持たないが、L*値の変化は玄室内の温度差がより大きな釜尾古墳で顕著である。

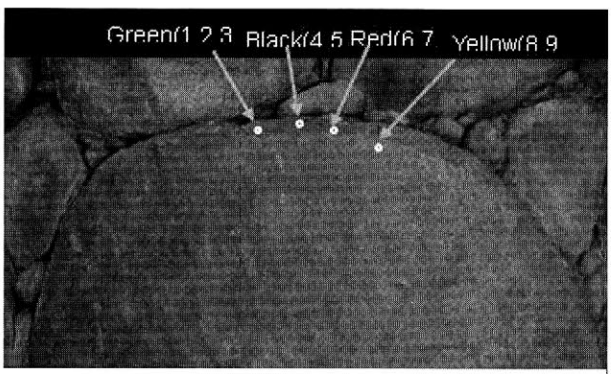


図4 田代太田古墳のスペクトロメータ計測箇所

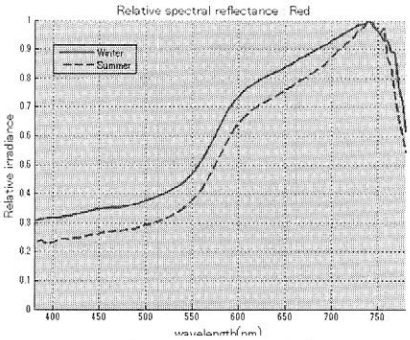


図5 赤色顔料の季節変化

このことから、玄室内の温度差が見え方の変化の幅を左右することが予想される。温度差によって引き起こされる結露の程度により、見え方が変わると捉えられるだろう。

次に、風評がおきた経緯を考察する。田代大田古墳は、1989 年ころまで 5 月と 11 月の 2 回公開していたが、現在は 12 月第 1 週の一日を一般公開日としている。中室内の温度を見ると、最も温度の高い時は 11 月であり、最も低いのは 5 月である。壁画の鮮やかさは見る時々で異なる。また、長期に亘って公開を行ってきた保護施設であれば、平年と異なる温度差を経験した年の公開時には、見え方も例年に比べ変わっていたことが予想される。それが風評の一因となることが予想されるだろう。

6. まとめ

田代太田古墳のような密閉性の高い保護施設でも、季節間の見え方に変化があり、見学室兼前室での明度の変化と連動することが判明した。複数年に亘りどのような変化を見せるか、推移を見守りたい。

引用・参考文献

1)池田朋生、菊川知美、最上敏、朽津信明(2010)熊本県内における装飾古墳保存施設を対象としたモニタリング 文化財保存修復学会第 32 回大会 O-07

2)朽津信明(2006)弁慶ヶ穴古墳における表面水分量の変化と壁画の見え 日本文化財科学会第 23 大会 P-075

ハギア・ソフィア大聖堂の屋内外環境が壁画劣化に及ぼす影響
—レンガ造壁体の水分移動解析—

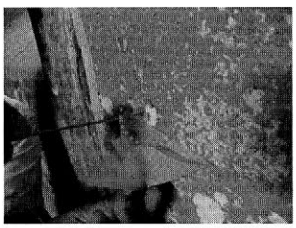
Influence of indoor and outdoor environment on deterioration of the wall painting in Hagia Sophia
- Numerical analysis of moisture transfer on the wall-

○小椋大輔、河田慧(京都大学)、 石崎武志(東京文化財研究所)、小泉圭吾(大阪大学)、
佐々木淑美(日本学術振興会特別研究員 PD、東京文化財研究所)、日高健一郎(筑波大学)
○Daisuke Ogura, Kei Kawata (Kyoto University),
Takeshi Ishizaki (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Keigo Koizumi (Osaka University), Juni Sasaki (Research Fellow of JSPS),
Kenichiro Hidaka (University of Tsukuba)

1．研究の背景と目的 ﾄﾙｺのｲｽﾀﾝﾌﾞｰﾙにあるﾊｷﾞｱ・ｿﾌｨｱ大聖堂では、屋内の壁画が塩の析出などにより部分的に劣化しており、これは室内外環境が影響を与えていると考えられる。ﾊｷﾞｱ・ｿﾌｨｱ大聖堂(写真 1.1)のｷﾞｬﾗﾘｰ階や第2ｺｰﾆｽ部分では、特に西側部分のほぼ全面に見られる表面塗装の剥落に加え、一部では下地材の剥離も確認され、そのﾒｶﾆｽﾞﾑの解明が急務である(写真 1.2)。本研究では、壁画保存の具体的な対策を講じるために、劣化原因を明らかにすることを目的としている。これまで現地調査から大聖堂内の温湿度性状や[1]、採取された析出塩の分析を進めている[2]。本報告では、第2ｺｰﾆｽの外壁・内壁の劣化状態と壁体の含水率分布の現地調査を行い劣化部位と含水率の関係を分析し、2010年9月より測定を行っている屋内外の温湿度データを元に壁体内の熱水分移動解析を行い壁体内の水分性状を検討する。



写真 1.1 大聖堂内観


写真 1.2 壁画劣化と塩の析出の様子

2．研究対象について

2－1 ﾊｷﾞｱ・ｿﾌｨｱ大聖堂と周辺気候の概要 ﾊｷﾞｱ・ｿﾌｨｱ大聖堂の規模は東西約97m、南北約67m、高さ約56mである。ﾄﾞｰﾑの直径は約31mである。聖堂が位置するｲｽﾀﾝﾌﾞｰﾙは地中海性気候に属し、10月から3月に雨季を迎え年平均気温約15℃、年間降雨量は約770mmである。

2－2 壁体と壁画劣化の概要 第2ｺｰﾆｽの壁画劣化について扱う。図2.1に壁体構成の概要を示す。壁体はレンガ造であり、室内外の仕上げが漆喰であり室内はその上に表面塗装(ﾍﾟｲﾝﾄ層)がある。なお第2ｺｰﾆｽ西側外壁では2008年にビザンチン時代の建設当時の外壁面の再現を目的として漆喰面を剥がしレンガが露出している[2]。表面塗装の剥落や下地材の剥離等の劣化の主な原因は、塩類析出であり、その他には表面塗装の乾湿繰り返しによる膨張収縮などが考えられる。これらは外壁面に当たる降水が内壁面に移動し蒸発する事や、内壁面で結露が発生し、その水が蒸発する事等が大きく影響を与える。

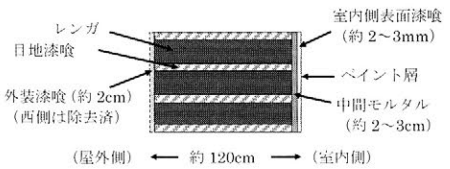


図 2.1 壁体材料の模式図

3．壁体についての現地調査

3－1 調査概要 2011年9月に第2ｺｰﾆｽの内壁面の含水率測定と、内壁および外壁の劣化状態の目視調査を測定が可能な北西、南西、南東の壁面に対して行った。**3－2 内壁の含水率分布** 2011年9月16日に壁面下部の絵が描かれていない漆喰面でTDR水分計(TRIME-FM:IMKO)を用いて測定を行った。表3.1に各壁面の平均含水率を示す。表より南西、南東、北西のうち北西壁面が最も含水率が高く、最大で20(vol%)(図省略)を超え、南西壁面が最も低いことがわかる。

３－３　内壁の劣化状態　内壁の劣化状態は、目視観察から劣化状態の程度を以下の様に定義する。なお評価値が大きいほど劣化が激しいものとする。0：表面で劣化が確認できない、1：表面塗装の剥落がある（部分剥落含む）、2：表面漆喰の剥落がある（部分剥落含む）、3：表面漆喰が補修されている、4：補修漆喰が剥落している（部分剥落含む）。表 3.2 に南西、南東、北西壁面の劣化状態の数値の平均値を示す。表より北西壁面が最も劣化が激しく、南西が劣化の程度が最も小さいことがわかる。

表 3.1 平均含水率

位置	平均含水率(vol%)
南西	11.9
南東	14.7
北西	15.6

表 3.2 劣化程度の平均値

位置	劣化程度の平均
南西	1.1
南東	1.8
北西	2.3

３－４　含水率分布と壁体の劣化状態の相関　表 3.1, 3.2 より場所ごとの含水率分布と内壁の劣化状態は、概ね正の相関があることが分かる。

４．レンガ壁体における熱・水分移動解析　４－１　解析概要　ﾊｷﾞｱ・ｿﾌｨｱ大聖堂の壁体をﾓﾃﾞﾙ化し、熱・水分移動解析を行う。用いる基礎方程式は、熱水分同時移動方程式[3]である。

４－２　解析対象および計算条件　壁体は厚さ 120cm のレンガのみで構成される 1 次元壁体とし、前進型有限差分法により数値解析を行った。室内外表面は第 3 種境界条件とし、2010 年 9 月 26 日から 1 年間の室内外温湿度測定値を与える。外壁面に降雨があたる場合は、屋根面の降水の壁面への流下を考慮し降水量計測値の 3 倍に設定する。レンガの熱水分物性値は、水分伝導率は外壁面から剥落したレンガを用いた水分浸透実験から得た同定値を、その他は文献値[4]を用いる。

４－３　解析結果と考察　まず降雨の有無による違いについて検討する。図 4.1 に降雨が有る場合の壁体の室外表面、中央、室内側表面（以下内壁面）の含水率の結果を示す。降雨が無い場合、内壁面の含水率は最大でも 0.4(vol%)であった（図省略）。図 4.1 より降雨が有る場合、内壁面では 5～6 月に最大 5.2 (vol%)と上昇するが、9 月には 0.2(vol%)に低下する。ただし、内壁面での結露は、降雨の有無に関わらず発生しなかった。次にﾚﾝｶﾞの透水性が大きい場合を想定し、降雨が有り水分伝導率が 5 倍の場合について検討する。図 4.2 にその結果を示す。水分伝導率が上がることで内壁面の最大の含水率は 20(vol%)近く達し、高含水となる期間が長くなるが 9 月には約 0.2(vol%)に低下する。この場合も結露は発生しなかった。現地の含水率測定は 9 月で最大となる場所で 20(vol%)程度であり、レンガのみを浸透する水分のみでは十分説明できない。

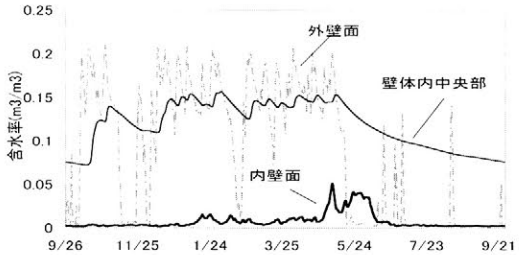


図 4.1 降雨が有る場合の含水率変動

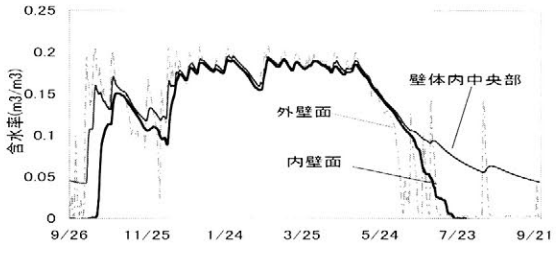


図 4.2 降雨有り、水分伝導率 5 倍の場合の含水率変動

５．結論　ﾊｷﾞｱ・ｿﾌｨｱ大聖堂の第２ｺｰﾆｽに対して内外壁の劣化状態と内壁表面含水率分布の現地調査を 2011 年 9 月に行い以下の結果を得た。1) 内壁表面の平均含水率は、北西、南西、南東の順に高い。2) 内壁表面含水率と内壁の劣化程度は正の相関がある。次にレンガのみとする壁体の 1 次元熱水分移動の数値解析により以下の結果を得た。3) 降雨の外壁からの浸透により内壁表面の含水率が上昇する。4) 夏期は内壁表面の含水率は低下し乾燥する。従って夏期に内壁面含水率が高くなる原因はレンガを浸透する水分のみでは十分説明できない。

謝辞：本研究は、平成 22 年度科学研究費補助金 基盤(S)(課題番号：21226014 研究代表者：日高健一郎)の助成を受けたものである。記して感謝申し上げます。 **参考文献**：1) 小椋大輔・石崎武志・小泉圭吾・佐々木淑美・日高健一郎・河田慧：ﾊｷﾞｱ･ｿﾌｨｱ大聖堂の屋内外環境と劣化状態、保存科学，51，(2012)、2) 佐々木淑美・吉田直人・小椋大輔・石崎武志・日高健一郎：ﾊｷﾞｱ･ｿﾌｨｱ大聖堂内壁の析出塩類の調査，保存科学，51，(2012)、3) 松本衛、新建築学大系 10 環境物理　第 3 章湿気、彰国社,(1984), 4) 伊庭千恵美：多孔質建築壁体における水分の凍結・融解過程に関する研究、京都大学大学院工学研究科修士論文(2002)

ハギア・ソフィア大聖堂における内壁面の構造と析出塩類の調査

Composition of Inner Wall and Salt Crystallization in Hagia Sophia, Istanbul, Turkey.

○佐々木 淑美(日本学術振興会特別研究員PD、東京文化財研究所),
吉田 直人, 石崎 武志(東京文化財研究所),
小椋 大輔(京都大学), 小泉 圭吾(大阪大学), 日高 健一郎(筑波大学)
○Juni Sasaki(JSPS Research Fellow),
Naoto Yoshida, Takeshi Ishizaki(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Daisuke Ogura(Kyoto University), Keigo Koizumi(Osaka University),
Kenichiro Hidaka(University of Tsukuba)

1. はじめに

２０１１年６月にハギア・ソフィア大聖堂(トルコ共和国、イスタンブール)の北西内壁面で、表層モルタルの剥落が発生した。建築上部の内壁面では、塩類の析出やそれに伴う表層ペイントの剥離、下地モルタルの剥離が著しく、特に第二コーニス壁面は広範囲にわたる剥落が進行しているため早急に対策を講じる必要がある。発表者らは、現地からの要請により、塩類の析出状況とその種類を把握するとともに、建築内外の温湿度変化の評価と建築内部への水分流入経路の特定をおこない、外壁補修作業の必要性と作業に際して注意すべき点を提言した[1]。本稿では、提言にあたり基礎的情報となった析出塩類と壁材(モルタル)の分析結果[2]を報告し、内壁面の劣化とその要因について考察を加える。

2. 析出塩類の分析

まず、採取した析出塩の種類を、蛍光X線分析法(XRF)およびX線回折分析法(XRD)から、硫酸ナトリウムと硫酸マグネシウム、硝酸ナトリウム、塩化ナトリウムと同定した(表1)。

析出する塩の種類は場所によって異なる。北西部からは主として硫酸ナトリウムが析出しているが、過去６年間で急激に析出が進行した場所からは硫酸マグネシウムや硝酸マグネシウムが析出している。これに対して、南西部からは硫酸ナトリウムは析出しておらず、硫酸マグネシウムと硝酸ナトリウムが析出しているが、北西部のような著しい析出の進行はみとめられない。

北西部の塩類析出の進行が２００８年に西外壁の漆喰を除去した影響である可能性については、すでに報告した[3]。外壁を再度漆喰で被覆する計画が２０１２年５月現在進められているが、壁内部での水分の移動とすでに析出している塩類への処置を慎重に検討しなければ、塩類析出、ひいては壁面の剥離・剥落の進行を助長しかねない。

採取場所	蛍光X線分析結果*	X線回折分析結果**
外壁 北西(上部)		Thenardite
		Thenardite
第2コーニス 北西①	Mg, (Si), S, (Ca)	Epsomite
	Na, (Si), S, Ca	Thenardite
		Epsomite
		Thenardite Calcite
		Thenardite
第2コーニス 北西②	Mg, S, (Ca)	Epsomite, Calcite
第2コーニス 北西③		Nitratine, Gypsum
第2コーニス 北西④	Na, (Si), S, Ca, (Fe)	Thenardite
第2コーニス 北西⑤	Na, (Si), S, Ca, (Fe)	Thenardite
	Na, Si, S, (K), Ca, (Fe)	Thenardite Calcite
	(Na), (Si), S, K, Ca, (Fe)	Gypsum
	Na, (Si), S, Ca, (Fe)	Thenardite Gypsum
	Na, (Si), S, Ca, (Fe)	Thenardite
		Thenardite
第2コーニス 北西⑥	Na, (Si), S, Ca	Nitratine
	Na, (Si), S, Ca	Thenardite Calcite
		Thenardite
		Nitratine
第2コーニス 北西⑦	Na, (Si), S, Ca, (Fe)	Thenardite
第2コーニス 南東	(Na), Si, S, Ca	Thenardite Calcite, Gypsum
	Na, (Si), S, Ca, (Fe)	Thenardite Calcium chloride
		Gypsum
		Thenardite Calcite
第2コーニス 南西	Mg, S, Ca, (Si)	Epsomite, Gypsum
	Mg, S, (Ca)	Epsomite
	(Si), S, Ca, (Fe)	Gypsum
	(Mg), (Si), S, Ca, (Fe)	Epsomite, Gypsum
		Nitratine
		Gypsum
		Nitratine, Natrium chloride

* ( )内は少量成分
** Thenardite : Na_2SO_4, Epsomite : $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, Nitratine : $NaNO_3$
Natrium chloride : NaCl, Calcium chloride : $CaCl_2$
Calcite : $CaCO_3$, Gypsum : $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

表1) 析出塩類の分析結果一覧

3. 内壁面の構造とモルタルの特徴

内壁から剥落していたモルタルならびにレンガについても、X線回折分析法による結晶相の同定と水銀圧入式ポロシメーターによる細孔径分布の計測、走査型電子顕微鏡（SEM）による観察とエネルギー分散型X線分析装置（EDX）による元素分析を行った。

まず、ハギア・ソフィアでは、図１の通り、レンガと接合モルタルから成る構造体の表面に２層構造の内壁面が形成されている。構造体の接合モルタルはおおむね間隙率 8～12%で、粒径平均約 4mm(最大 10mm、最小 0.1mm)の砂とレンガ片を細骨材として含む。これに対して、中間層は間隙率 4%で、石灰にレンガの粉末を混合したモルタル地に粒径平均約 0.3mm(最大 2mm、最小 0.04mm)の砂とレンガ片を細骨材として含む。表層は場所によって組成が異なることが目視観察からも明らかで、①石灰のみの場合と②石灰に石膏を混合した場合とがあり、いずれも細骨材は含まない。組成の違いは、オリジナルと過去の修復で使用された補修用モルタルとの違いであると先行研究の中で指摘されているが[4]、修復記録が残っていないため状態マッピングを作成し検討する必要がある。

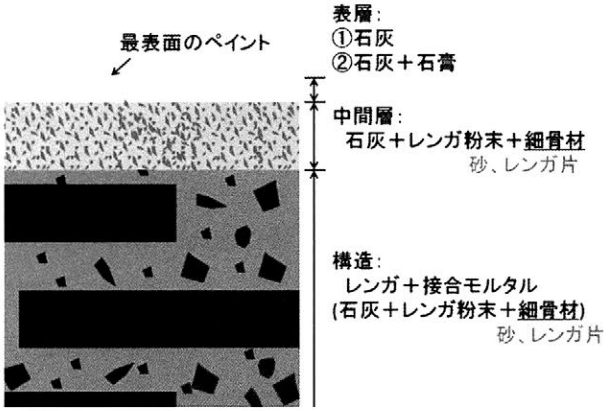


図 1) 内壁面の構造　模式図

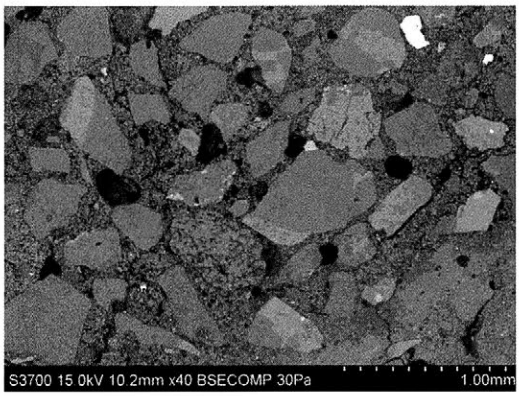


図 2) 中間層モルタルの SEM 像(40 倍)

4. 結論

壁体に使われているモルタルは、構造ならびに内壁面ともに石灰にレンガの粉末を混合し、そこに砂とレンガ片を細骨材として加えたモルタルであることは、分析結果からも明らかで、先行研究[5]の指摘とも相違ない。また、外壁から内壁、下地から表層へと、組成ならびに細骨材の粒度を意図的に変えていることが推察できる。析出塩の種類は、進行度合いや方位との相関がみられず、また北西部だけでも数種類の塩類が析出していることから、壁材の違いによって決定されている可能性が高いと言える。ただし、空気環境の影響も含めさらに検討を重ねる必要がある。今後は、モルタルの時代別特性と析出塩への空気環境の影響を明らかにしていく。

註 1) 本研究は、平成２２年度科学研究費補助金基盤(S)(課題番号：21226014 研究代表者：日高健一郎)の成果の一部である。

註 2) 第二コーニス壁面からサンプリングした塩類３０点、モルタル１４点について分析をおこなった（XRF：セイコーインスツルメンツ製 SEA5230E、XRD：PANalytical 製 X'pert PRO、SEM：HITACHI 製 S-3700N、EDX：OXFORD INSTRUMENTS 製 X-Max)。

註 3) 佐々木淑美、吉田直人、小椋大輔、石崎武志、日高健一郎、「ハギア・ソフィア大聖堂内壁の析出塩類の調査」、『保存科学』、第５１号、pp.303-312 (2012).

註 4) Hagia Sophia Dome Mosaics Conservation Project：Report on the conservation work carried out during the period from May-November (2002).

註 5) A.Moropoulou, A.S.Cakmak, A.Bakolas, K.Labropoulos, K.Bisbikou, "Properties and technology of the crushed brick mortars of Hagia Sophia", Seventh International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Greece, pp.651-661 (1995).

ベントナイトに埋設した炭素鋼の微生物腐食を用いた
鉄製文化財の微生物腐食研究

Study of Microbially Influenced Corrosion of archaeological iron objects using Microbially Influenced Corrosion of the Carbon Steel in Buried Bentonite

李素妍（鳥取大学）、松井敏也（筑波大学）、吉川英樹（日本原子力研究開発機構）
Soyeon Lee（University of Tottori）, Toshiya Matsui（University of Tsukuba）,
Hideki Yoshikawa（Japan Atomic Energy Agency）

1. はじめに

鉄製文化財の腐食促進因子のうち、土壌中の鉄還元細菌は鉄製文化財の腐食を促進すると考えられるが、鉄製文化財の腐食挙動にどのような影響を与えるかは未解明である。既存の微生物腐食の研究は液体培地への浸漬実験により得られたデータがほとんどであり、土壌中の微生物腐食に関する知見を得るには十分ではない。また、土中の腐食促進因子が相互に関与し腐食は進行するために、鉄製文化財の腐食と鉄還元細菌の関係を調べることは難しい。

本研究では鉄製文化財における微生物腐食の挙動を調査するために、ベントナイトを用いて制作した模擬土壌に鉄片を埋設して実験を行なった。その結果、鉄製文化財の腐食と鉄還元細菌に関する知見を得た。

2. 実験および観察方法

中和したベントナイト、砂、鉄還元培地を用いて模擬土壌を制作した（以下、模擬土壌と称する）。その土壌をオートクレーブ（121℃、20分）により滅菌した。鉄片（SS400）を研磨、脱脂を行なった後、170℃、30分間滅菌をした。鉄片を埋設する容器は洗浄し、エチルアルコール（99.5%）を用いて殺菌した。容器の下から高さ4cmほどに模擬土壌を埋めてその上に鉄片を静置し、模擬土壌により表面を覆った。Fig1に実験の模式図を示す。

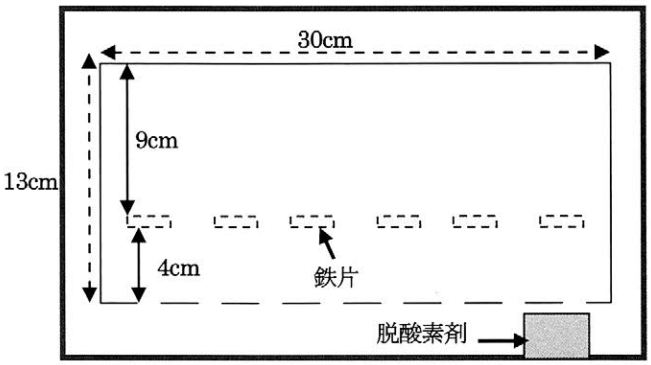


Fig.1　実験の模式図

鉄還元細菌以外の菌の繁殖を抑制するために、模擬土壌の表面にエチルアルコール（99.5%）を用いて殺菌を行なった。実験中の模擬土壌のpH、Eh、水分率を測定した。測定は①鉄還元細菌の接種前、②実験終了後の2回実施した。鉄片を埋設した容器はガスバリア袋（商品名：エスカルフィルム）に脱酸素剤を入れて静置した。模擬土壌が還元雰囲気になっている事を確認し、鉄片の上に鉄還元細菌を接種した。比較資料として鉄還元細菌なしの条件下で鉄片を埋設し実験を行なった。

鉄還元細菌の接種127日後、模擬土壌のpH、Eh、水分率を測定し鉄片を取り出した。この表面は蒸留水により洗浄し乾燥（60℃）を行なった。鉄片表面は肉眼観察、顕微鏡観察（KEYENCE、VHX－900）、走査型電子顕微鏡（SEM；KEYENCE、VE－9800）により観察を行なった。走査型顕微鏡の観察条件はWD：5.5mm、電圧3kVである。

3. 結果と考察

実験前後の模擬土壌の性質は、pH がアルカリ側に変化し、鉄還元細菌ありの条件下では pH 値の変化が著しかった。Eh 値は大きく下がっていた。一方、鉄還元細菌なしの条件下で pH や Eh 値の変化は大きく見られなかった。また、鉄還元細菌の有無によらず水分率は上がっている傾向を示しているが、腐食環境への影響はみられなかった。測定結果を Table 1 に示す。

Table1 模擬土壌性質の測定結果

	実験前			実験後		
鉄還元細菌の有無	pH	Eh (mV)	水分率 (%)	pH	Eh (mV)	水分率 (%)
細菌あり	6.9	-8.0	59.7	7.7	-25.4	60.1
細菌なし	7.0	-15.7	58.9	7.4	-13.7	60.1

鉄の腐食反応では、鉄から鉄(Ⅱ)イオンが溶出しアノード反応が起こる。この反応で生じた電子により酸素の還元(カソード反応)が起こり、水酸化物イオンが生成する。実験後の pH や Eh 値の変化に見られるように鉄還元細菌の活動が腐食環境に影響を及ぼし、土壌性質に変化を生じていたことがわかった。埋蔵環境において鉄還元細菌が存在すると、腐食反応が促進されて鉄製文化財の腐食は進行すると考えられる。

鉄片の肉眼観察によると、鉄片の色相に違いは見られなかった。しかし、鉄還元細菌なしでは鉄片表面で腐食が進んでいない部分が観察された。鉄片の実体顕微鏡観では、鉄還元細菌の有無によらず生成物の色相は白色、褐色、橙色を呈していた。鉄片を走査型電子顕微鏡により観察すると、鉄還元細菌ありの条件でみられた白色の生成物は長方形であり、その大きさは約 3～8 μm であった。褐色の生成物は針状であり、大きさは約 3～8 μm であった(Fig.2)。生成物の観察結果を Table2 に示す。同菌なしの条件下では長方形や針状の腐食生成物はみられなかった。鉄還元細菌が存在する環境では種々の結晶形の生成物が生じていたことが分かった。

Table2 生成物の色相、形状、大きさ

鉄還元細菌の有無	色相	形状	大きさ
細菌あり	白色、褐色、橙色	板状	13 μm
		長方形	3～8 μm
		針状	3～8 μm
		線状	20 μm
細菌なし	白色、褐色、橙色	板状	13 μm
		線状	23 μm

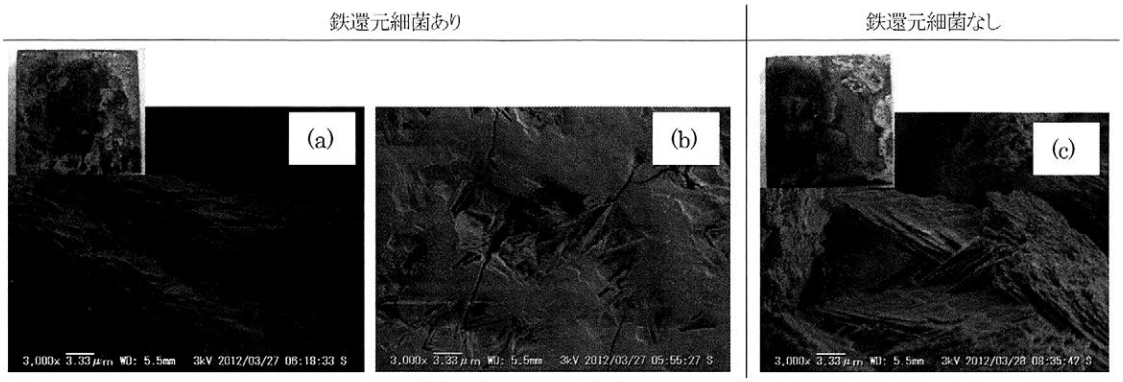


Fig.2 模擬土壌に埋設した鉄片に生じた生成物
(a)長方形の生成物 (b)針状の生成物 (c)板状の生成物

この研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科と日本原子力研究開発研究所の共同研究として『先行基礎工学研究』「考古学的鉄遺物に関する微生物腐食評価研究」の研究成果である。

大韓民国行政博物の保存研究

Study on preservation of archival objects in Korea.
- Especially concerning plastic artifacts -

鄭容在, 柳知雅, 鄭先慧 (韓国伝統文化大学 保存科学科)
Yong Jae Chung, Ji A Yu, Seon Hye Jeong (Korea National University of Cultural Heritage)

Ⅰ. Introduction

Archival objects is consist of documents, books, register, card, plan which are related to business performance of government office. And beside this, there is officer's gifts from internal and external of nation. When compare excavated artifacts or cultural properties, material and characteristic of archival objects is very variety due to production period. There are many sort of archival objects, which consist of organic materials such as wood・textile・paper, inorganic materials such as metal・stone, and besides composite material in National Archives of Korea. Especially, most of collections except for transmitted folk objects are made up taxidermied animal・watch・liquor・leather・ivory・plastic, and produced in modern times. From among these, a plastic archival objects is considered durable to degradation owing to outstanding early property. But plastics are degraded clearly by physical and chemical factors, and if it start depolymerization, it wouldn't restore. Artistic and commercial value of plastic products rise as increasing attention to modern art. Among of various aspect of plastic, aspect for material itself is considered important, but aspect as a work of art is insufficient. Moreover, studies on plastic conservation and restoration are insufficient too. Therefore, a purpose of this study is identification method establishment and estimation to degradation degree of plastic works.

Ⅱ. Materials and methods

1. Materials

The materials of plastics for study are Polyethylene, Polystylene, Polypropylene, Polyurethane, Polyvinylchloride.

2. Methods

1) Identification of plastics

To identify plastics, the five samples were analyzed using FT-IR, SPME-GC/MS and Pyrolyzer-GC/MS.

2) Artificial degradation experiment of plastics

① Conditions and period of degradation

The conditions of degradation are four types (A, B, C, D). A is ultra violet lamp(280nm~360nm), B is temperature(50±0.5℃), C is ultra violet lamp in temperature chamber(A + B), D is room temperature(23±2℃, RH 50±5%). The period of degradation is 90days.

② Analysis methods

For analysis of plastics, the morphological analysis (visual observation and microscopic observation), optical analysis (color-meter), and physical analysis (water surface contact angle, tensile strength) were performed.

Ⅲ. Results

1) Identification of plastics

① FT-IR

The spetrum patterns were different to each other. That was proved identification possibility of plastics using FT-IR. And for the further study on degradation of plastics, detailed study have to perform about changed spectrum according to plastic degradation degree.

② SPME-GC/MS

The emitted compounds (PVC, PP, PE) can be classified three groups to oxidized compound, aliphatic alkane and aromatic compound. According to difference of emissions, these plastics can be identified.

③ Py-GC/MS

The analyzed compounds were respectively confirmed to seven compounds for PVC, nine compounds for PP, three compounds for PS, eighteen compounds for PE, one compound for PU. As these results, The py-GC/MS method confirmed identification method of plastics.

2) Artificial degradation experiment of plastics

The maximum degradation condition of plastics was confirmed ultra violet. PP, PS had weak light stability and PVC, PU had great light stability.

Ⅳ. Conclusion and consideration

Checking identification possibility through chemical component analysis to 5 sort of plastic materials. Moreover, conducting study to plastic's degradation factor for conservation treatment in the future through checking shapes of plastic as degradation conditions. It is necessary that additional, integrated research because degradation is relatively decided via material, additive, environmental condition.

Studies on state estimation and analysis · identification of material · conservation treatment are needed as value of modern cultural properties including archival objects and importance of conservation are rising.

着生地衣類の二次代謝産物とその生成物を利用した文化遺産の強化方法の研究Ⅲ—地衣類と石材の境界部における元素分布

Research on the consolidation method for cultural heritage using the reaction products between secondary metabolites from lichens and the substrate III - Elemental distribution in the interface between lichens and the substrate stoneworks

○河崎 衣美（筑波大学・日本学術振興会特別研究員 DC），
松井敏也（筑波大学），山本好和（秋田県立大学）
○Emi Kawasaki（University of Tsukuba ・ Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science），Toshiya Matsui (University of Tsukuba), Yoshikazu Yamamoto (Akita Prefectural University)

1 はじめに

文化遺産を構成する材料として、石材やレンガは碑などの造形物から橋、寺院などの建築材料まで多用途に使用されている。屋外に曝される石造文化遺産の劣化対策としては、環境をコントロールして劣化要因を取り除くまたは和らげる方法と、劣化現象に対応し、基質の強化などの修復処置を行う方法がある。本研究では文化遺産の基質強化の一つの手法として地衣類によるバイオミネラリゼーションの利用について調査研究を行っている[1]。


図1 地衣類が着生した石造物

地衣類の二次代謝産物とその生成物を利用して文化遺産の強化を行うためには着生メカニズムを把握し、二次代謝産物とその生成物を同定し、生成メカニズムを調査して条件を抽出する必要がある。

本報では岩上生地衣類がバイオミネラルを生成するためのカチオンの由来を調査するために、走査型電子顕微鏡付帯のX線分析装置を用いて地衣類と石材および漆喰の境界部におけるラインプロファイル分析を行なったので報告する。

2 方法

試料は地衣類が着生した岩石および漆喰で、ヘリトリゴケ（Lecidea albocaerulescens）が着生した花崗岩および流紋岩（採取地:群馬県）、レプラゴケ属地衣（Lepraria sp.）が着生した漆喰（採取地:ベトナム・フエ）である。このうち地衣体内にバイオミネラルを含有する種はヘリトリゴケおよびレプラゴケ属地衣で、X線回折装置（Bruker AXS 社，D8 ADVANCE / TSM　線源 CuKα）を用いて分析した結果、バイオミネラルとしてシュウ酸カルシウム一水和物または二水和物を検出した。

試料は地衣類の着生面と垂直に切断した。これには低速精密切断機を用い、純水を切削液とした。このとき岩石試料は特別な前処理は施さず、漆喰試料に関してはエポキシ樹脂で包埋の後切断した。

X線分析装置付帯走査型電子顕微鏡（日立社，S-3400NX、以下 SEM-EDX とする）を用いて地衣-基物境界面付近（約 90 μmから 800 μmまで）のライン分析を行った。加速電圧は 15 kV、分析時間は最大 5000 秒とした。

3 結果と考察

シュウ酸カルシウムを含有するレプラゴケ属地衣（Lepraria sp.）－漆喰境界面から垂直方向に前後約 40 μmにかけてライン分析を行った（①地衣着生部分、②未着生部分）。分析部分の SEM 画像およびカルシウムのスペクトルを図2、3に示す。SEM 画像中の白線はライン分析部分を、白枠はスペクトルを示した部分を、スペクトル図中の矢印は境界部を示す。図3より①地衣着生部分では境界部から漆喰内部に向かって約5 μmまでのピークはそれ以降に比べて強度が四割程度小さい。②未着生部分でも同様に境界部から約5 μmまでのピークはそれ以降に比べて若干強度が小さいが①地衣着生部分

ほどではない。この理由として、レプラゴケ属地衣の着生によって基物である漆喰のカルシウム分が溶解したことが考えられる。①と②は同じ漆喰上で約5㎜の距離しか離れていないため、漆喰に地衣が着生する以前に①と②が異なる環境にあったとは考えにくい。また地衣類の二次代謝産物は共生菌が生成し、その菌糸径は1㎛から3㎛であることから、約5㎛のスケールでのカルシウム分の溶解の可能性は考えられるが、分析試料数が少ないため検討が必要である。

同様にヘリトリゴケ（Lecidea albocaerulescens）が着生した花崗岩および流紋岩の試料も分析したが、カルシウム含量が少ないためかはっきりとしたカルシウムのピーク強度の差は見られなかった。またいずれの試料も表面から約800㎛までの分析では地衣類のバイオミネラルにかかわる元素（Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Si）[2]の地衣着生部と未着生部におけるピーク強度差は確認できなかった。

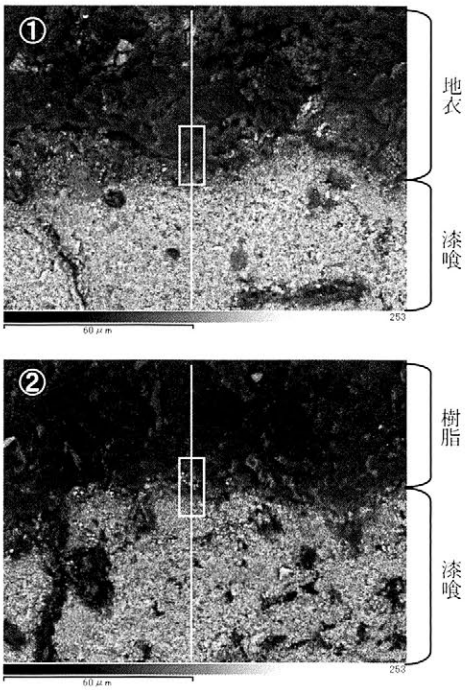


図2 レプラゴケ属地衣－漆喰境界付近SEM画像

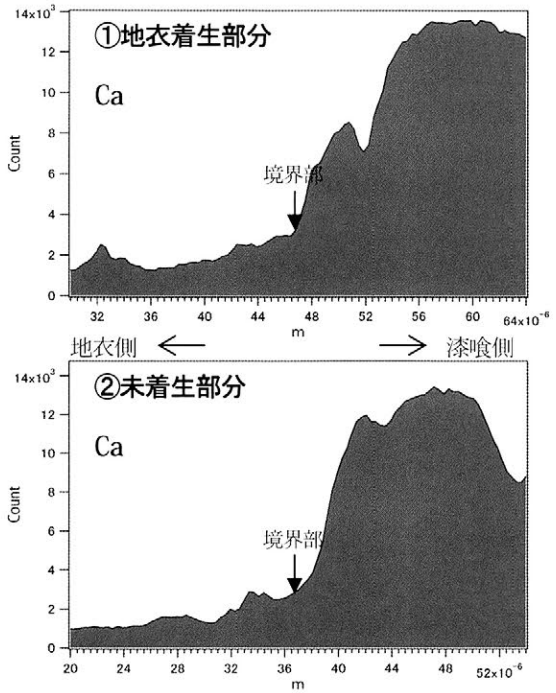


図3 レプラゴケ属地衣－漆喰境界部カルシウムスペクトル

4 まとめと課題

岩上生地衣類がバイオミネラルを生成するためのカチオンの由来を調査するために、SEM-EDXを用いて地衣類と石材および漆喰の境界部における元素分布を明らかにし、シュウ酸カルシウムを生成する地衣類の漆喰の着生部分では約5㎛の深さまでカルシウムの強度が小さいことがわかった。地衣類の着生が石材や漆喰の化学的劣化に影響する可能性が示唆された。分析する試料数を増やし、影響を与える範囲や量を明らかにすることが課題である。

【謝辞】

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金[生物が着生した炭酸カルシウム系材料の劣化特性とその診断手法の開発:課題番号 22300305]により行われたものである。SEM-EDX を用いた分析では日本無機株式会社の新沼仁氏、増田竜司氏、中島文男氏に御協力を戴きました。ベトナムにおける現地調査においては早稲田大学の中川武先生、木谷建太氏に御協力を戴きました。深く感謝申し上げます。

［文献］

1) 河崎衣美 他，着生地衣類の二次代謝産物とその生成物を利用した文化遺産の強化方法の研究Ⅱ—石造文化遺産における着生地衣類相調査と着生部の微細構造解析，日本文化財科学会第28回大会要旨集，pp.270-271，2011

2) Jones D. and Wilson M.J., Biomineralization in crustose lichens, B.S.C. Leadbeater and R. Riding, Editors, Biomineralization in lower plants and animals, pp91-106, 1986

乾燥出土木材の改質に関する基礎的検討

Basic Studies on Swelling of Completely-dry Waterlogged Wood

○遠藤利恵　(東洋羽毛工業株式会社・京都大学生存圏研究所)
杉山淳司　(京都大学生存圏研究所)
○Rie Endo (Toyo Feather Industry Co., Ltd., Kyoto University)
Junji Sugiyama (Kyoto University)

1. はじめに

発掘調査によって遺跡から水浸状態で発見される木材は、埋没中の微生物による分解作用を受けて脆弱化しており、多量の水分を含むことで発掘当時の形状を保持している。そのため、保存処理を経ずに乾燥させると大きく収縮変形する。乾燥した出土木材は、見かけの密度が増していることから安定していると見なされ、補強加工なく放置されることが多い。しかし、乾燥出土木材は、もともとの脆弱さに加え、乾燥による急激な密度変化や経年劣化を受けて強度低下している。日常的な振動による細胞壁の損傷が積み重なれば、移送や展示の際のわずかな衝撃によって崩壊する可能性もある。そこで本研究では、こうした乾燥出土木材の強化を最終的な目標として、細胞壁改質の前処理法のための液体浸透に関する基礎的検討を行った。収縮した乾燥出土木材を数種類の有機溶媒に浸漬してその膨潤能を比較し、顕微鏡標本を作製して乾燥出土木材の樹種同定の可能性を検証した。

2. 実験

縄文時代の遺跡から出土したムクロジ材(*Sapindus Mukurossi*)を実験に供試した。最大含水率(U_{max})は、以下の式により求めた。

$$U_{\max} = \frac{W_g - W_o}{W_o} \times 100(\%)$$

ここで、W_gは飽水重量、W_oは全乾重量である。最大含水率は約580%であった。

出土木材試料から15(T)×15(T)×20(L) mmのブロックを切り出し、蒸留水に浸漬して40分脱気して飽水材を調製した。重量測定後、試料を25 ℃で24時間、ついで105 ℃で24時間送風乾燥機中にて加温して全乾させた。蒸留水、0.1M 水酸化ナトリウム水溶液、ジメチルスルホキシド(DMSO)、エチレンジアミン(EDA)、ピリジン(Pyr)、N, N-ジメチルホルムアミド(DMF)溶液に浸漬して25 ℃で8日間処理を行い、溶媒処理前後の重量及び寸法を測定した。溶媒による膨潤挙動の比較のため、乾燥前の飽水状態を100とした比膨潤率を求めた。

出土木材の劣化の指標として、酒井ら[1]による実質率(S_w)を用いた。

$$S_w = \frac{100/1.50}{U_{\max} - 28 + 100/1.50} \times 100(\%) = \frac{66.7}{U_{\max} + 38.7} \times 100(\%)$$

ここで、U_{max}は最大含水率、出土木材も健全材と同じく繊維飽和点の含水率は28%、真比重は1.50であると仮定した。

浸漬後の試料から安全カミソリを用いて顕微鏡用プレパラートを作製し、光学顕微鏡(オリンパスBX51)を用いて観察した。

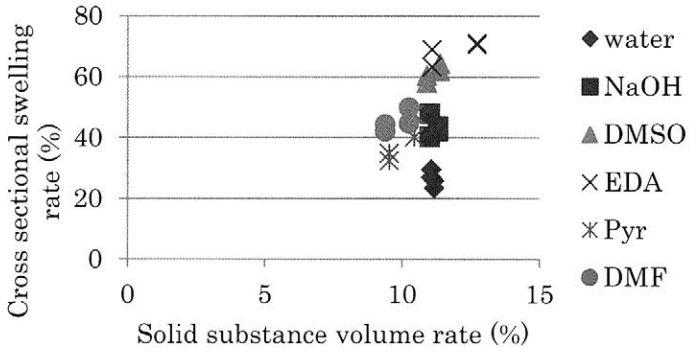
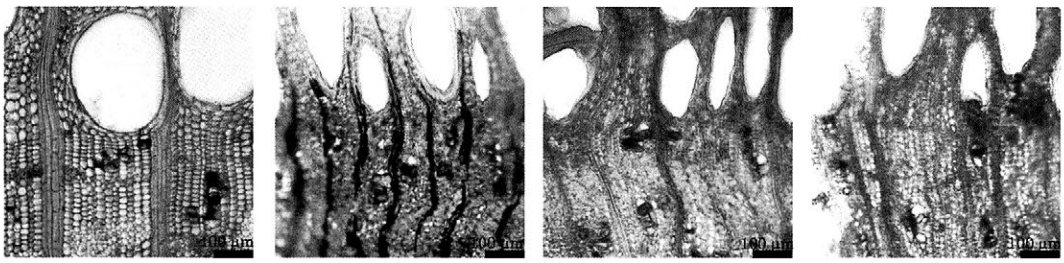


図 1 乾燥出土ムクロジ材の実質率と比膨潤率との関係



乾燥前　　蒸留水浸漬後　　DMSO 浸漬後　　EDA 浸漬後

図 2 乾燥前および溶媒浸漬後の出土ムクロジ木口面

3. 結果

有機溶媒を注入した乾燥出土ムクロジ材の実質率(乾燥状態の体積換算)と比膨潤率との関係を図 1 に示す。DMSO, EDA 浸漬材は高い比膨潤率を示した。また、蒸留水および NaOH 浸漬材を除くいずれの処理でも、実質率が高いほど比膨潤率は高かった。図 2 に乾燥前および溶媒浸漬後の出土ムクロジ木口面の顕微鏡写真を示す。蒸留水浸漬材と比べて、DMSO, EDA 浸漬材では、膨潤により繊維細胞の変形が大幅に改善しており、年輪外境の帯状の軸方向柔組織が明瞭に観察された。

4. まとめ

乾燥出土木材を膨潤させるには、DMSO および EDA 浸漬が有効であった。実質率が高いほど膨潤率が高いことから、劣化の軽微な試料における大幅な寸法回復の可能性が示唆された。また、膨潤処理によって、樹種識別の根拠となる組織構造の観察が可能となることも明らかとなった。以上の結果は、乾燥出土木材のみならず保存処理後に変形した試料についても適用可能である。本知見を踏まえ、今後は、細胞壁の強化処理について検討を進めたいと考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、出土木材試料の入手にご協力くださいました京都市埋蔵文化財研究所に心より御礼申し上げます。

文献

1) 酒井温子, 今津節生, 横山操　考古学と自然科学, 42, 15-33, 2001.

国宝神庭荒神谷遺跡出土青銅製品の再修理(1)

-再修理の方針と問題点を中心に一

Conservation of bronze remains excavated Koujindani

○石川恵美　田中由里　塚本敏夫　植田直美　(財団法人　元興寺文化財研究所)
和田一之輔(文化庁)　澤田正明　増田啓太　森岡利栄　足立克己(島根県立古代出雲歴史博物館)
○Emi Ishikawa,　Yuri Tanaka ,Toshio Tsukamoto, Naomi Ueda (Gangoji Institute for Research of Cultural Property)　Ichinosuke wada (Agency for Cultural Affairs)　Keita Masuda, Masaaki Sawada, Rie Morioka,Katsumi Adathi (Shimane Museum of Ancient Izumo)

1. はじめに

2010年10月より国宝神庭荒神谷遺跡出土青銅製品の第1期の再修理が始まり、最初の2年間が終わった。現在、埋蔵文化財関連の指定品の修理も再処理のサイクルに入ってきており、今回のような大規模で大量な再修理は当研究所でも初めてのケースである。この修理事業は当研究所のみならず埋蔵文化財の修理に携わる関係機関にとっても今後のモデルケースとなりうる。

そこで、今回は本格的な再修理に至るまでの現況調査の内容やそれに基づく修理方針の策定。さらに、試行錯誤の状態で始まった最初の2年間の修理の中で浮かび上がってきた問題点等について報告する。

2. 本格的定期現況調査の開始

応急修理後に状態の変化を早急に発見し対応する目的で2000年に最初の現況調査を行った。次に2007年3月に開館した島根県立古代出雲歴史博物館への移動に際して、目視による現況調査とその調査結果に基づき、現地での応急処置を島根県の依頼で行った。その際の現況調査を契機に、博物館での常設展示化による状態の変化をチェックする目的で本格的な定期的な状態調査を5か年計画で行うこととなった。

定期的な現況調査の内容

定期的な現況調査は島根県が主導で文化庁の指導監督の下、元興寺文化財研究所が委託を受けて行っている。現況調査は毎年計画的に50～70本前後を3～4週間常設展示から外して行っている。現在4回の調査を完了している。内容はX線撮影(島根県実施)、写真撮影(元興寺実施)を行った後、そのデータと前回のカルテを見較べながらの目視調査(元興寺実施)を行い、最終日に文化庁監督のもと島根県と元興寺の3者で指導会を行い、その評価を行い、緊急性を要する遺物に関しては、現地で応急処置を行ってきた。

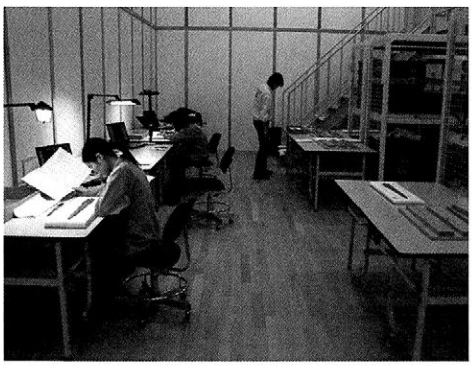


写真-1　現況調査風景(特別収蔵庫内)

3. 再修理事業

(1)再修理の経緯と計画

荒神谷遺跡出土の青銅器は1986年～1994年の9年間かけて応急的な修理を行った。前回の修理では必要最小限の修理に留めるとともに、考古学的な観察が可能なように樹脂含浸後に樹脂コーティングを行わず、表面樹脂の拭き取りを行った。このため、さまざまな不具合が生じつつあることが現況調査で判明した。そこで、文化庁が事業主体で本格修理を2期で計画し、第1期(2010年～2016年)の修理を企画競争入札を経て財団法人元興寺文化財研究所が受託事業として行っている。

(2)再修理の方針

修理検討委員会：再修理に先立ち、修理検討委員会が組織され、修理方針等について議論された。

検討委員メンバーは和田一之輔(文化庁)、難波洋三、高妻洋成(奈良文化財研究所)、渡辺智恵美(別府大学)、吉田広(愛媛大学)、足立克己(島根県立古代出雲歴史博物館)、増沢文武(オブザーバー)である。

再修理方針：①保存を考慮した本格的な修理と位置付け、考古学的調査は修理前に行い防錆のための含浸後に樹脂塗布を1回行う。②和紙の裏打ちは可能な限り除去を行うが、安全性を考慮して前回の樹脂の除去は状態に応じて個別に検討する。このため、既往のアクリル樹脂の劣化状態を調査する。③修理材料は可逆性があり、既往の修理材料と抵触しない材料(パラロイドNAD10、パラロイドB72)を使用する。

(3)再修理の概要と修理の流れ

再修理の概要と2年間の修理経験から確立した現在の修理の流れを示す。

搬入前の考古学的調査:初年度は搬入後に考古学的調査を行ったが修理工程的に問題を生じたため、2年目以降、搬入前に考古学的調査と同時に既往の復元状況の現況調査も行っている(写真-2)。

遺物の輸送:輸送に先駆けて引渡し時に現況調査を行い、輸送強化用に和紙を裏打ちをした後に、遺物毎にウレタンを切り抜き、3本/組で段ボールに詰替えて梱包。除振パレットを装備した美術品輸送車でモニタリングしながら輸送を行っている(写真-3)。

処理前調査:搬入後に輸送強化用裏打ち和紙を除去後、写真、X線撮影を行い、既往含浸樹脂の劣化調査(FT-IR)を行っている。

修理検討会:考古学的調査、処理前調査の結果を基に修理検討委員会にて修理仕様を個別に策定する。

修理内容:修理仕様に従いながら、裏打ち和紙の除去⇒前回樹脂の除去(任意)⇒クリーニング⇒錆の安定化処理(任意)⇒樹脂含浸(NAD10)⇒接合(B72)・和紙裏打ち補強⇒樹脂塗布(NAD-10)⇒3次元計測⇒桐保管台の製作⇒修理後の記録(写真-4)

遺物の輸送:搬入時と同様。但し、輸送用の裏打ちは行わない



写真-2　搬入前の考古学的調査

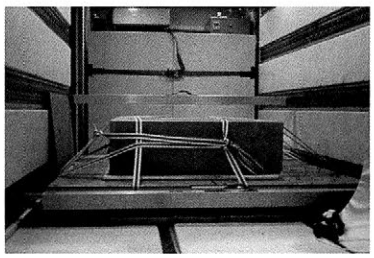


写真-3　遺物の輸送風景

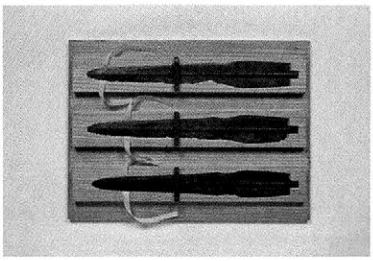


写真-4　修復後(銅剣)

(4)再修理の問題点

再修理の問題点は①既往含浸樹脂の劣化判定の確立である。1年目は銅鐸5をサンプルとしてGC/MS分析を行い、劣化がないことから樹脂の除去を行わずに樹脂含浸を行った。しかし、2年目の銅剣では、一部で樹脂の劣化傾向を疑わせる分析結果が出た。現在、全点の分析調査を行って傾向を調査中であり、FT-IR分析による簡易劣化調査法の確立も検討課題である。②加工痕(研摩)研究の進展に伴い、加工痕を残して綺麗にクリーニングする方法や樹脂塗布方法の開発が修復技術の課題である。③不可逆性修復材料による既往修理の除去方法の開発と劣化判定の確立である。

4. おわりに

国宝神庭荒神谷遺跡出土青銅製品の再修理事業は試行錯誤の状態で始まったばかりである。保存修理は完全に劣化を防止出来ない以上、繰り返し実施しなければならない。したがって、今後も改良を重ねながら、安全で文化財の価値をできるだけ残していける修理を心がけなければならない。

参考文献

和田一之輔他2011「国宝島根県荒神谷遺跡出土品の再修理」『近年の美術工芸品の修理』月刊文化財　五七八号