日本文化財科学会第32回大会
研究発表要旨集

The 32nd Annual Meeting of the Japan Society for Scientific Studies on Cultural Property Abstracts

2015年
日本文化財科学会

Japan Society for Scientific Studies on Cultural Properties

日本文化財科学会第32回大会
研究発表要旨集

The 32nd Annual Meeting of the Japan Society for Scientific Studies on Cultural Property Abstracts

2015年
日本文化財科学会

Japan Society for Scientific Studies on Cultural Properties

日本文化財科学会第32回大会・2015年度総会 プログラム

口頭発表　第1日（7月11日）

A会場［南講義棟（S棟）4階 S410教室］　9:30 ～ 16:40

分野	時間	頁数	発表題目・発表者
材質・技法	9:30 ～ 9:50	A-01	煮炊き用土器の素地の砂粒度組成の時間的変化：ポイント・カウンティング法による分析 Temporal Changes in the Size Composition of Sand particles of Cooking Pots by Using Point-Counting Method ○矢作健二、小林正史、篠宮　正 ○Kenji Yahagi, Masashi Kobayashi, Masashi Shinomiya
	9:50 ～ 10:10	A-02	断面薄片の粒子配向と復元土器の水平割口頻度からみた東北地方の縄文・弥生深鍋の紐積み方法の変化 Temporal Changes in the Coiling method of Jomon and Yayoi Cooking Pots in Tohoku District Based on Thin-Section Analysis and Sherd Breakage Patterns ○小林正史、鐘ヶ江賢二、河西　学 ○Masashi Kobayashi, Kenji Kanegae, Manabu Kasai
	10:10 ～ 10:30	A-03	須恵器窯跡の総合的な自然科学分析による構造の理解 ―鹿児島県南さつま市中岳山麓窯跡群の発掘と分析の報告― Understanding the structure of Sueki kilns from comprehensive scientific analyses: Report on the excavation and analyses at the Nakadake Sanroku Sue Kiln Site Cluster in Minami-Satsuma, Kagoshima ○篠藤マリア、大西智和、ホッフバウアー・ラデグント、ライト・ミハエル、シュテルバ・ヨハネス、クニップラート・ウーテ、中村直子、鐘ヶ江賢二 ○Maria Shinoto, Tomokazu Onishi, Radegund Hoffbauer, Michael Raith, Johannes Sterba, Ute Knipprath, Naoko Nakamura, Kenji Kanegae
	10:30 ～ 10:50	A-04	八丈小島イシバ出土近世柄鏡の考古科学的研究 Archaeological and scientific study on the bronze mirrors with handles unearthed from *Ishiba* of the Edo period in Hachijo Kojima ○奥山　香、谷口陽子、内川隆志、深澤太郎 ○Kaori Okuyama, Yoko Taniguchi, Takashi Uchikawa, Taro Fukasawa
	10:50 ～ 11:00	休憩	
材質・技法	11:00 ～ 11:20	A-05	画像認識を用いた木質文化財の樹種判定システムの構築 Wood identification system for culturally important artifacts by image recognition ○小林加代子、赤田昌倫、今津節生、鳥越俊行、杉山淳司 ○Kayoko Kobayashi, Masanori Akada, Setsuo Imazu, Toshiyuki Torigoe, Junji Sugiyama
	11:20 ～ 11:40	A-06	文化財用X線CTの輝度情報を用いた木材樹種調査への応用 Application to wood identification using the luminance of X-ray CT ○赤田昌倫、今津節生、杉山淳司、小林加代子 ○Masanori Akada, Setsuo Imazu, Jyunji Sugiyama, Kayoko Kobayashi
	11:40 ～ 12:00	A-07	X線CTを用いた鋳型の構造調査 Study of structure for internal mold using X-ray CT ○今津節生、赤田昌倫、森井千賀子、遠藤喜代志、加藤和歳、武末純一、柳田康雄 ○Setsuo Imazu, Masanori Akada, Chikako Morii, Kiyoshi Endo, Kazutoshi Kato, Junichi Takesue, Yasuo Yanagida
	12:00 ～ 12:20	A-08	X線CT分析による秋田県南秋田郡五城目町中山遺跡出土竪櫛の製作技術 Investigation of the fabrication technique of decoration combs excavated from the site of NAKAYAMA in AKITA prefecture by use of X-ray CT analysis ○片岡太郎、鹿納晴尚、佐々木　理、上條信彦 ○Taro Kataoka, Harumasa Kano, Osamu Sasaki, Nobuhiko Kamijyo

	12:20 ～ 13:30	昼休憩	
	13:30 ～ 14:30	ポスターセッション	
文化財防災	14:40 ～ 15:00	A-09	無形文化遺産としての食文化遺産の社会調査と教育 Social research and community education of food culture heritage as intangible cultural heritage ○津村宏臣、山口雄治、森本達平 ○Hiroomi Tsumura, Yuji Yamaguchi, Tappei Morimoto
文化財防災	15:00 ～ 15:20	A-10	陸前高田市立博物館津波被災剥製資料データベース構築の方法論的検討 Methodological Investigation of Constructing a Database from the Tsunami Affected Stuffed Speciments in the Rikuzentakata City Museum, Iwate Prefecture ○富岡直人、熊谷　賢、江川達也、岩尾真二 ○Naoto Tomioka, Masaru Kumagai, Tatsuya Egawa, Shinji Iwao
	15:20 ～ 15:40	休憩	
材質・技法	15:40 ～ 16:00	A-11	青森県を中心とする東北地方北部の古代ガラスの起源・流通に関する研究 Archaeometrical investigation of distribution and provenance of ancient glass artifacts excavated from the northern Tohoku region centered on Aomori Prefecture ○村串まどか、澤村大地、柳瀬和也、馬場慎介、小笠原善範、中井　泉 ○Madoka Murakushi, Daichi Sawamura, Kazuya Yanase, Shinsuke Baba, Yoshinori Ogasawara, Izumi Nakai
材質・技法	16:00 ～ 16:20	A-12	弥生時代後期におけるガラス玉の地域性に関する考古科学的研究 Scientific and archaeological research about regional characteristics of glass beads in late Yayoi period ○大賀克彦、田村朋美 ○Katsuhiko Oga, Tomomi Tamura
材質・技法	16:20 ～ 16:40	A-14	シルクロードを旅したガラス器① ―京都市上賀茂神社で採集された二重円形切子ガラス容器片の化学組成分析― Glass vessel travelled the Silk Road Part I: Chemical compositional analysis of a facet-cut glass vessel fragment collected at Kamigamo-shrine, Kyoto ○阿部善也、四角隆二、山本雅和、八木直人、中井　泉 ○Yoshinari Abe, Ryuji Shikaku, Masakazu Yamamoto, Naoto Yagi, Izumi Nakai

B会場［北講義棟（N棟）4階 N410教室］ 9:50 ～ 16:40

分野	時間	頁数	発表題目・発表者
年代測定	9:50 ～ 10:10	B-01	平城京造営期遺構からの出土切株材の年輪酸素同位体比による伐採年代測定 Dating of excavated stumps from Heijyo-Kyo construction remain using tree ring oxygen isotope ratios ○中塚　武、村上由美子、浦　蓉子、神野　恵、金田明大 ○Takeshi Nakatsuka, Yumiko Murakami, Yoko Ura, Megumi Jinno, Akihiro Kaneda
年代測定	10:10 ～ 10:30	B-02	虫糞や虫粉を用いた放射性炭素年代測定に関する新たな試み A New Approach to Radiocarbon Dating Using Insect Frass and Particulate Remnants ○大河内隆之 ○Takayuki Okouchi
年代測定	10:30 ～ 10:50	B-03	青銅器の炭素14年代測定の可能性と考古学資料への適用 Possibility of radiocarbon dating to bronze implement and application to archaeological samples ○小田寛貴、塚本敏夫、山田哲也、加藤丈典 ○Hirotaka Oda, Toshio Tsukamoto, Tetuya Yamada, Takenori Kato
	10:50 ～ 11:00	休憩	

年代測定	11:00 ～ 11:20	B-04	液体クロマトグラフィを用いた遺跡出土骨試料の単離アミノ酸の放射性炭素年代測定 Radiocarbon dating of individual amino acids isolated from archaeological bones by HPLC ○板橋　悠、高野淑識、力石嘉人、小川奈々子、大河内直彦、山根雅子、横山祐典、米田　穣 ○Yu Itahashi, Yoshinori Takano, Yoshito Chikaraishi, Nanako Ogawa, Naohiko Ohkouchi, MasakoYamane, Yusuke Yokoyama, Minoru Yoneda
	11:20 ～ 11:40	B-05	ワシントン条約と稀少動物製品の輸出入：象牙製品形成年の^{14}C年代測定 CITES and legal trade of restricted animal products: ^{14}C dating of ivory products ○中村俊夫、小池裕子、鮎沢　潤、奥野　充 ○Toshio Nakamura, Hiroko Koike, Jun Aizawa, Mitsuru Okuno
	11:40 ～ 12:00	B-06	近世日本産樹木年輪の炭素14年代－較正曲線からの特徴的な乖離 Radiocarbon ages of early-modern Japanese tree rings – significant difference from calibration curves ○坂本　稔、中尾七重、中塚　武 ○Minoru Sakamoto, Nanae Nakao, Takeshi Nakatsuka
	12:00 ～ 12:20	B-07	土器胎土脂質分析による海獣資源利用の評価－礼文島浜中２遺跡、真脇遺跡出土土器など－ Evaluation of sea mammals as marine resource by lipid analysis in pottery excavated from Mawaki archaeological site, Ishikawa, Japan ○宮田佳樹、堀内晶子、高田秀樹、中村俊夫 ○Yoshiki Miyata, Akiko Horiuchi, Hideki Takada, Toshio Nakamura
	12:20 ～ 13:30		昼休憩
	13:30 ～ 14:30		ポスターセッション
保存科学	15:40 ～ 16:00	B-09	石造文化財の冬季養生による保存対策に関する研究 Study of Protective Measures by Winter Cover on Stone Cultural Heritage ○石崎武志 ○Takeshi Ishizaki
	16:00 ～ 16:20	B-10	X線CTスキャナの活用による遺跡で発見される豊富な遺物情報を得る調査（Ⅱ） -福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土遺物の有機質情報および埋納方法の復元に向けて- Research to obtain a wealth of information artifacts that discovered from the sites using X-ray CT scanner（Ⅱ） ○加藤和歳、小林　啓、今津節生、輪田　慧、村上浩明、森下靖士、甲斐孝司、横田義章 ○Kazutoshi Kato, Akira Kobayashi, Setsuo Imazu, Kei Wada, Hiroaki Murakami, Yasushi Morishita, Koji Kai, Yoshiaki Yokota
	16:20 ～ 16:40	B-11	地域おこし協力隊と文化遺産活用の可能性 Possibility to cultural heritage application by Community revitalization supporters ○板垣泰之 ○Yasuyuki Itagaki

C会場［北講義棟（N棟）4階 N411教室］ 9:50 ～ 17:00

分野	時間	頁数	発表題目・発表者
文化財科学一般	9:50 ～ 10:10	C-01	エルミタージュ美術館レンブラント銅版画コレクション用紙に用いられた和紙の顕微鏡分析 Microscopic Analysis of Japanese Paper used for the Rembrandt Copper prints of the State Hermitage Collection ○江南和幸、岡田至弘、Elena SHISHKOVA、Roman GRIGORYEV ○Kazuyuki Enami, Yoshihiro Okada, Elena Shishkova, Roman Grigoryev
	10:10 ～ 10:30	C-02	江戸時代初期の奈良絵本に使用された赤色顔料の新しい科学分析 Novel chemical analyses of the red pigments used in "NARA-EHON" of the early period of Edo era ○高橋瑞紀、藤原　学 ○Mizuki Takahashi, Manabu Fujiwara

文化財科学一般	10:30 ～ 10:50	C-03	大洪水後のアユタヤ遺跡の保存と今後の対策 Conservation of Ayutthaya Historical Site against Big Flooding ○西浦忠輝 ○Tadateru Nishiura
	10:50 ～ 11:00	休憩	
文化財科学一般	11:00 ～ 11:20	C-05	2カ年にわたる『インカ帝国展』における展示品移送時の振動および温湿度環境 Vibration, Temperature, and Humidity Measurement in the Transportation of Inca Objects over two years ○西藤清秀、谷本親伯 ○Kiyohide Saito, Chikaosa Tanimoto
	11:20 ～ 11:40	C-06	トルコの歴史的建築物の内壁における塩類析出に関する調査 Salt Crystallization in historical buildings, Istanbul, Turkey ○佐々木淑美、吉田直人、小椋大輔、安福　勝、水谷悦子、石崎武志 ○Juni Sasaki, Naoto Yoshida, Daisuke Ogura, Masaru Abuku, Etsuko Mizutani, Takeshi Ishizaki
	11:40 ～ 12:00	C-07	江戸時代の墨に用いられた膠の動物種の同定とその歴史的背景 Identification of Animal species of animal glue used Chinese ink sticks in Edo period with Special Reference to historical background ○六車美保、深草俊輔、松尾良樹、宮路淳子 ○Miho Muguruma, Syunsuke Fukakusa, Yoshiki Matsuo, Atsuko Miyaji
	12:00 ～ 12:20	C-08	壁画の陶板複製における色彩と凹凸の精度 Accuracy of Color and Surface Roughness in the Mural of Ceramic Replication ○安藤明珠、宮下孝晴、大塚オーミ陶業株式会社、株式会社サワテツ ○Mitsumi Ando, Takaharu Miyashita, OTSUKA OHMI CERAMICS CO., LTD, Incorporated Company SAWATETSU
	12:20 ～ 13:30	昼休憩	
	13:30 ～ 14:30	ポスターセッション	
文化財科学一般	15:40 ～ 16:00	C-09	三次元計測からみた上牧久渡3号墳出土の画文帯神獣鏡 Study of gamontai shinjukyo excavated from kanmakikudo No.3 tomb by means of 3Dmeasurment ○水野敏典、奥山誠義、北井利幸、柳田明進、古谷　毅 ○Toshinori Mizuno, Masayoshi Okuyama, Toshiyuki Kitai, Akinobu Yanagida, Takeshi Furuya
	16:00 ～ 16:20	C-10	器種・サイズによる縄文土器付着炭化物の炭素・窒素同位体比の差異 Differences in carbon and nitrogen isotope ratios of charred residues in shape categories and sizes of the Jomon pottery ○國木田　大、松崎浩之、阿部昭典 ○Dai Kunikita, Hiroyuki Matsuzaki, Akinori Abe
	16:20 ～ 16:40	C-11	インダス文明期の遺跡における地球電磁気学的研究 Geo-electromagnetic study of the ruins of Indus Civilization ○菅頭明日香、岸田　徹、酒井英男、宇野隆夫 ○Asuka Kanto, Toru Kishida, Hideo Sakai, Takao Uno
	16:40 ～ 17:00	C-12	史跡高岡城跡・本丸虎口の探査と土壌の磁化研究 GPR and magnetic research at the 'koguchi' of the Takaoka Castle ○酒井英男、泉　吉紀、川崎一雄、田上和彦 ○Hideo Sakai, Yoshinori Izumi, Kazuo Kawasaki, Kazuhiko Tagami

口頭発表　第2日（7月12日）

A会場［南講義棟（S棟）4階 S410教室］　9:30 ～ 15:50

分野	時間	頁数	発表題目・発表者
材質技法	9:30 ～ 9:50	A-15	蛍光X線分析による瀧山寺本堂木造十二神将立像の彩色研究 X-ray fluorescence analysis of the painting materials used in wooden standing statues of the twelve protective deities in Takisan-ji Temple ○青木智史、山岸公基 ○Satoshi Aoki, Koki Yamagishi
	9:50 ～ 10:10	A-16	敦煌莫高窟第285窟の壁画制作における構図を決める当たり線の役割に関する研究 The Role of Underdrawings in Process of the Painting Murals in Mogao Cave 285 ○中田愛乃、高林弘実、岡田　健、蘇　伯民、崔　強 ○Akino Nakada, Hiromi Takabayashi, Ken Okada, Bomin SU, Qiang Cui
	10:10 ～ 10:30	A-17	パルス中性子を用いた非破壊分析による日本刀の製造工程における結晶組織構造の解析 Nondestructive study on crystallographic change of steel through traditional Japanese sword making process by pulsed neutron imaging ○田中眞奈子、塩田佳徳、鬼柳善明 ○Manako Tanaka, Yoshinori Shiota, Yoshiaki Kiyanagi
	10:30 ～ 10:50	A-18	緑青の発生した古銭の表面分析からの内部組成の推定 Estimation of internal composition from surface analysis of verdigrised old coin ○小林淳哉、中村和之 ○Junya Kobayashi, Kazuyuki Nakamura
	11:00 ～ 12:00		総会（芸術館）
	12:00 ～ 13:00		昼休憩
	13:00 ～ 14:00		ポスターセッション
産地	14:10 ～ 14:30	A-19	三元素同位体分析法から見えてきた遺跡出土朱の産地推定 Estimation of original mines of vermilion collected from burial mounds using combined isotope analytical method of three elements ○南　武志、河野摩耶、高橋和也、武内章記、奥山誠義、菅谷文則、今津節生 ○Takeshi Minami, Maya Kawano, Kazuya Takahashi, Akinori Takeuchi, Masayoshi Okuyama, Fuminori Sugaya, Setsuo Imazu
	14:30 ～ 14:50	A-20	長野県の遺跡出土玉類の岩石学的分析と原石対比 Petrographic analysis of Tamas (usu-tama, kuda-tama) which were dug from Kofun period sites in Nagano prefecture, and identification of their mother rock ○井上　巌 ○Iwao Inoue
	14:50 ～ 15:10	A-21	八日市地方遺跡出土玉未製品と元素接合法による玉穿孔用ドリル石材の産地分析 Identification of the source for unfinished jasper tubular-beads and drills by connection method of elements ○藁科哲男、中村大介、宮田　明 ○Tetsuo Warashina, Daisuke Nakamura, Akira Miyata
	15:10 ～ 15:30	A-22	古代鉛釉陶器・施釉磚の化学分析からみた特徴 Characteristic of the ancient lead glazed earthenware・tile - a view from chemical analysis ○降幡順子、石橋茂登、玉田芳英、西光慎治、齋藤　努 ○Junko Furihata, Shigeto Ishibashi, Yoshihide Tamada, Shinji Saiko, Tsutomu Saito

B会場［北講義棟（N棟）4階 N410教室］ 9:30 ～ 15:10

分野	時間	頁数	発表題目・発表者
保存科学	9:30 ～ 9:50	B-12	模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その3） 模擬古墳を用いた土中空間の環境計測とその性状の把握 Study on preservation of buried cultural properties in the stone chamber by means of the simulated tumulus Part3: The effect of the activity of microorganisms on oxygen and carbon dioxide concentration in the stone chamber 安井洋之、○小椋大輔、鉾井修一、脇谷草一郎、柳田明進、高妻洋成 Hiroyuki Yasui, ○Daisuke Ogura, Shuichi Hokoi, Soichiro Wakiya, Akinobu Yanagida, Yohsei Kohdzuma
	9:50 ～ 10:10	B-13	模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その4） 金属製遺物の腐食に及ぼす石室内環境の影響 Study on preservation of buried cultural properties in the stone chamber by means of the simulated tumulus Part4: Effect of environment inside the stone chamber on the corrosion of metal artifacts ○柳田明進、脇谷草一郎、安井洋之、小椋大輔、高妻洋成、鉾井修一 ○Akinobu Yanagida, Soichiro Wakiya, Hiroyuki Yasui, Daisuke Ogura, Yohsei Kohdzuma, Shuichi Hokoi
	10:10 ～ 10:30	B-14	出土木製遺物の水中保管環境における溶存酸素を低減する方策の検討 Consideration of ways to reduce dissolved oxygen in the storage for waterlogged wooden objects ○松田和貴、脇谷草一郎、高妻洋成 ○Kazutaka Matsuda, Soichiro Wakiya, Yohsei Kohdzuma
	10:30 ～ 10:50	B-15	平城宮跡遺構展示館における土遺構露出展示保存に関する研究 ―遺構周辺地盤の酸化還元環境に関する検討― Study on Environmental Control inside the Shelter for Preservation of Openly Exhibited Remains - An Examination of Redox State inside the Soil Remains - ○脇谷草一郎、桑原範好、鉾井修一、小椋大輔、高妻洋成 ○Soichiro Wakiya, Noriyoshi Kuwabara, Shuichi Hokoi, Daisuke Ogura, Yohsei Kohdzuma
	11:00 ～ 12:00		総会（芸術館）
	12:00 ～ 13:00		昼休憩
	13:00 ～ 14:00		ポスターセッション
保存科学	14:10 ～ 14:30	B-16	キトラ古墳の微生物調査結果：発掘直後から埋戻しに至る期間（2004年～ 2013年）の微生物相と考察 Microbial surveys of the Kitora Tumulus from 2004 to 2013: Results and discussion on the microbiota ○木川りか、喜友名朝彦、立里 臨、佐藤嘉則、佐野千絵、杉山純多、宇田川滋正、建石 徹 ○Rika Kigawa, Tomohiko Kiyuna, Nozomi Tazato, Yoshinori Sato, Chie Sano, Junta Sugiyama, Shigemasa Udagawa, Toru Tateishi
	14:30 ～ 14:50	B-17	観光客に起因する振動の調査（第2報） －旧富岡製糸場 東置繭所における事例－ Investigation on the vibration generated by tourist activities Ⅱ -A case study of the Tomioka Silk Mill East Cocoon Warehouse- ○跡見洋祐、松井敏也、川村洋平 ○Yosuke Atomi, Toshiya Matsui, Yohei Kawamura
	14:50 ～ 15:10	B-18	アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究（3） Study on the Conservation Materials for Bas Relief of Bayon temple in Angkor Site (3) ○松井敏也、沢田正昭、井上才八、海老沢孝雄、河崎衣美、跡見洋祐 ○Toshiya Matsui, Masaaki Sawada, Saihachi Inoue, Takao Ebisawa, Emi Kawasaki, Yosuke Atomi

C会場［北講義棟（N棟）4階 N411教室］ 9:30～15:30

分野	時間	頁数	発表題目・発表者
探査	9:30～9:50	C-13	岩手県二戸市の天台寺本堂の木柱の超音波探査 Ultrasonic Inspection of Wooden Pillars of the Main Building of Tendai-ji Temple in Ninohe City of Iwate Prefecture ○足立和成、藤井尋也、柳田裕隆、高田一樹、吉川遼太郎、今田大夢、大越智之 ○Kazunari Adachi, Hiroya Fujii, Hirotaka Yanagida, Kazuki Takada, Ryoutaro Yoshikawa, Hiromu Konta, Tomoyuki Ohkoshi
	9:50～10:10	C-14	船原古墳の地中レーダ探査 Ground Penetrating Radar Survey at Funabaru Tumulus ○水永秀樹、池田啓介、田中俊昭 ○Hideki Mizunaga, Keisuke Ikeda, Toshiaki Tanaka
	10:10～10:30	C-15	城郭と赤色立体地図―奈良県高取城を例として The Citadel and "Red relief image map" - In Takatori Castle, Nara ○西藤清秀、藤井紀綱、佐田一徹、本村充保 ○Kiyohide Saito, Noritsuna Fujii, Ittetsu Sata, Mitsuyasu Motomura
	10:30～10:50	C-16	レーダー探査を用いた千葉県山武市・大堤権現塚古墳、旭ノ岡古墳の調査・研究 The survey and research of tumulus in Sanmu-City, Chiba Prefecture (Ohtsutsumigongenduka, Asahinooka) using Ground Penetrating Radar ○ナワビアハマッド矢麻、今城未知、金田明大 ○Yama Nawabi Ahmad, Michi Imajo, Akihiro Kaneda
	11:00～12:00		**総会（芸術館）**
	12:00～13:00		昼休憩
	13:00～14:00		**ポスターセッション**
古環境	14:10～14:30	C-17	南関東の遺跡テフラ試料から見つかった富士－河村城スコリアFj-Kw候補 －1590年直後に富士山から噴出した新発見のテフラを検出－ Fuji-Kawamura Castle scoria, found from southern Kanto area ruins tephra samples Candidate - 1590 Detect the tephras erupted from Mt. Fuji in the years immediately after the new discovery- ○上本進二、上杉　陽、卜部厚志 ○Shinji Uemoto, Yo Uesugi, Atsushi Urabe
	14:30～14:50	C-18	岐阜県垣内遺跡の土器種実圧痕と炭化種実からみた縄文時代中～後期の植物資源利用 The edible seeds recovered from the Kaito Site, Takayama city, Gifu Prefecture between the middle and the late Jomon period presented by pottery impressions and carbonized remains ○佐々木由香、松井　章、米田恭子、バンダリ スダルシャン、田中　彰 ○Yuka Sasaki, Akira Matsui, Kyoko Yoneda, Sudarshan Bhandari, Akira Tanaka
	14:50～15:10	C-19	堆積物の分析による植生と農耕の復元研究 A study on the Reconstruction by Analysis in Vesetation and Caltivation ○金原正明、田崎博之、岡田憲一、金原正子、柳原麻子、金原美奈子 ○Masaaki Kanehara, Hiroyuki Tazaki, Kenichi Okada, Masako Kanehara, Asako Yanagihara, Minako Kanehara
	15:10～15:30	C-20	長江下流域の初期稲作文明における植物遺体群集の基礎的研究 A Basic Study of Plant fossil assemblage from the rice civilization in the lower Yagtze region, China ○金原正明、中村慎一、鄭　雲飛、金原正子 ○Masaaki Kanehara, Shinichi Nakamura, Zheng Yunfei, Masako Kanehara

ポスターセッション

会場［南講義棟（S棟）1階 S101・S102・S103・S105・S106教室］
7月11日 13:30 ～ 14:30 ／ 7月12日 13:00 ～ 14:00

分野	No.	発表題目・発表者
文化財防災	P-001	陸前高田市立博物館所蔵被災写真資料の安定化処理 Stabilization Treatment on Tsunami-damaged Photographs belonging to the Rikuzentakata City Museum ○武田昭子、赤沼英男、熊谷　賢 ○Akiko Takeda, Hideo Akanuma, Masaru Kumagai
	P-002	海水被害を受けた被災紙資料の保存処理～フィリピン共和国タクロバン市の台風被害の事例から～ Conservation Treatment of the Paper Documents Damaged by Seawater - Focus on Typhoon Haiyan case in Tacloban city, Philippines- ○大江克己、江前敏晴、スティフェン・アラヨン、タンチラ・ブンヤピパット、津田　守、津田ヨランダ ○Katsuki Ohe, Toshiharu Enomae, Stephen B. Alayon, Tunchira Bunyaphiphat, Mamoru Tsuda, Yolanda Tsuda
	P-003	モノとつながるエピソードデータベース　東北学院大学「牡鹿半島のくらし展」を通じて Narrative database led to cultural properties damaged by a tsunami "Exhibition - Everyday life of the Oshika Peninsula of before the disaster" by the Tohoku Gakuin University ○阿児雄之、奥本素子、加藤幸治 ○Takayuki Ako, Motoko Okumoto, Koji Kato
年代測定	P-004	年輪年代学の視点から見た鈴木政吉工場製ヴァイオリンの年代測定と産地推定 Tree-Ring Dating and Provenance Study of the Violins Manufactured by Masakichi Suzuki from the Perspective of Dendrochronology ○大河内隆之、安江　恒 ○Takayuki Okochi, Koh Yasue
	P-005	年代測定のためのルミネッセンス測定装置の設計製作： 日本の古文化財科学研究史におけるルミネッセンス測定装置開発の歩み Development of luminescence measurement system for dating at archaeological science in Japan ○下岡順直 ○Yorinao Shitaoka
	P-006	TL法による新薬師寺旧境内遺跡出土被火瓦の年代測定 TL dating of the fired roof tile shards from Shinyakushiji temple precincts site ○青木智史、金原正明 ○Satoshi Aoki, Masaaki Kanehara
	P-007	焼骨の放射性炭素年代測定の確度―縄文時代の焜焼した獣骨・人骨の分析― Accuracy of Radiocarbon Dating of Burnt and Calcined Bone: Human and Animal Bones in the Jomon Period ○山田しょう、早瀬亮介、小原圭一、鈴木　雅、百瀬忠幸 ○Shoh Yamada, Ryosuke Hayase, Keiichi Ohara, Masashi Suzuki, Tadayuki Momose
	P-008	日本産ツガ属の年輪年代測定（その8）－新たなヒノキデータにより再現されたツガ古材の年代－ Dendrochronology of Japanese Hemlocks 8: Replication of historical hemlock chronology by new data of Hinoki cypress ○藤井裕之、光谷拓実 ○Hiroyuki Fujii, Takumi Mitsutani
	P-009	近世日本産樹木年輪の炭素14年代－建築部材とのマッチング Radiocarbon ages of early-modern Japanese tree rings – matching with the wood material of the cultural assets building ○中尾七重、坂本　稔、中塚　武 ○Nanae Nakao, Minoru Sakamoto, Takeshi Nakatsuka

年代測定	P-010	北海道東部における縄文時代早期の年代測定と食性分析 Dating and analyzing food habits in the Initial Jomon Period in Eastern Hokkaido ○國木田大、松崎浩之、山原敏朗、石川　朗 ○Dai Kunikita, Hiroyuki Matsuzaki, Toshiro Yamahara, Akira Ishikawa
古環境	P-011	東アジアにおける基盤整備型水田の成立期に関する実証的研究（第２報） Study for the establishment period of the paddy field development technology with land leveling in East Asia（Ⅱ） ○宇田津徹朗、田崎博之、中村慎一、金原正明、小柳美樹、藤原宏志、浦谷綾香、李　小寧、劉　斌、王　寧遠、鄭　雲飛 ○Tetsuro Udatsu, Hiroyuki Tasaki, Shinichi Nakamura, Masaaki Kanehara, Yoshiki Koyanagi, Hiroshi Fujiwara, Ayaka Uratani, Xiaoning Li, Bin Liu, Ningyuan Wang, Yunfei Zheng
	P-012	土器圧痕と炭化種実からみた東京都下野谷遺跡の植物資源 Plant resources reconstructed from pottery impressions and carbonized seed remains recovered at the Shitanoya Site, Tokyo ○山本　華、佐々木由香、大網信良、亀田直美 ○Hana Yamamoto, Yuka Sasaki, Shinryo Oami, Naomi Kameda
	P-013	山梨県諏訪原遺跡における土器圧痕にみる縄文時代中期の植物利用　―昭和女子大学調査区について― Plant resources of the middle Jomon period reconstructed from pottery impressions recovered at the Suwahara Site, Yamanashi 鈴木英里香、○佐々木由香、山本暉久 Erika Suzuki, ○Yuka Sasaki, Teruhisa Yamamoto
	P-014	八郎潟沿岸域における縄文後半期の植物利用 The plant utilization in the Hachirogata tideland coastal area of the latter harf of Jomon ○上條信彦 ○Nobuhiko Kamijo
	P-015	堆積物と植物遺体の総合的研究 A Integrated Study of Sediment Analysis and Plant Fossils ○金原正明、金原正子 ○Masaaki Kanehara, Masako Kanehara
材質・技法	P-016	中国青銅器の製作技法解明のための実験考古学的研究（３） An experimental archaeological studay for reconstructing the manufacturing technology of Chinese bronze vessels (3) ○丹羽崇史、新郷英弘、廣川　守、樋口陽介、八木孝弘 ○Takafumi Niwa, Hidehiro Shingo, Mamoru Hirokawa, Yosuke Higuchi, Takahiro Yatsuki
	P-017	永青文庫所蔵　洋人奏楽図屏風の彩色材料調査 Analysis of Colorants Used in *Westerners Playing Music Screen* collected in Eisei-Bunko Museum ○早川泰弘、城野誠治、三宅秀和 ○Yasuhiro Hayakawa, Seiji Shirono, Hidekazu Miyake
	P-018	可搬型分析装置によるエジプト古王国時代の壁画顔料の非破壊オンサイト複合分析 Nondestructive onsite multiple analysis of wall paintings in the tomb of Old Kingdom of Egypt using portable analytical instruments ○扇谷依李、阿部善也、和泉亜理沙、中井　泉、Miroslav Balta、Mohamed Megahed ○Eri Ogidani, Yoshinari Abe, Arisa Izumi, Izumi Nakai, Miroslav Barta, Mohamed Megahed
	P-019	一宮市博物館所蔵の陣羽織に使用されている金属糸の材質調査 Material Analysis of metal thread used for Woolen *Jinbaori* (Military Campaign Coat) of the Collection in Ichinomiya City Museum ○吉田澪代、早川泰弘、伊藤和彦、成河端子 ○Miyo Yoshida, Yasuhiro Hayakawa, Kazuhiko Ito, Naoko Narukawa
	P-020	キジル千仏洞69窟壁画の技法材料：様式の差との関係 Painting materials and techniques of the wall paintings at Cave 69, Kizil grottoes in Xinjiang: differences between two painting styles ○谷口陽子、室伏麻衣、李　博、木島隆康、佐藤一郎 ○Yoko Taniguchi, Mai Murofushi, Bo Li, Takayasu Kijima, Ichiro Sato

材質・技法

P-021
繊維遺物鑑別のための基礎研究—人工的に劣化させた国内各産地の大麻繊維の比較—
Microscopic Study for Identification of Excavated Fibers
－Comparison between Artificially Degraded Hemp fibers from Different Districts in Japan－
○伊藤美香、小原奈津子
○Mika Ito, Natsuko Kohara

P-022
北斗遺跡出土の織物・繊維遺物に関する一考察
A Study of textiles and fiber relics excavated in Hokuto Site
○日髙真吾、吉本　忍、佐々木史郎、石代啓視、石川　朗、和高智美
○Shingo Hidaka, Shinobu Yoshimoto, Shirou Sasaki, Hiroshi Ushiro, Akira Ishikawa, Tomomi Wadaka

P-023
出雲平野の弥生時代後期から古墳時代前期初頭の集落における朱の利用
A study of the vermilion use in settlements from the Late Yayoi period to the Early Kofun period, in Izumo Plains
○上山晶子
○Shoko Ueyama

P-024
千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品の材質分析　－国産ガラス・輸入ガラスの識別を目的として－
Analysis of modern glasses from Sendagaya 5-chome site
○新免歳靖、向井 亙、井上曉子、齊藤晴子、粕谷　崇、二宮修治
○Toshiyasu Shinmen, Ko Mukai, Akiko Inoue, Haruko Saito, Takashi Kasuya, Syuji Ninomiya

P-025
常陸日下ヶ塚古墳（鏡塚古墳）出土ガラス小玉の製作技法と化学的組成
Chemical compositions and manufacturing techniques of the glass beads from Hitachi Hishagetsuka Kofun (Kagamidzuka Kofun)
○加藤千里、村串まどか、中井　泉、久永雅弘、谷口 陽子
○Chisato Kato, Madoka Murakushi, Izumi Nakai, Masahiro Hisanaga, Yoko Taniguchi

P-026
オラーン・ヘレム壁画墓出土織物の特色
Characteristics of textiles from the painting tomb of Ulaan-Kherem
○村上智見
○Tomomi Murakami

P-027
自然送風を用いた金属加工技術の研究 －煙突形土製品の使用に関わる私案－
Study of metal processing technology using stack effect
○伊藤幸司、田中清美
○Kouji Ito, Kiyomi Tanaka

P-028
中国東北部土器における焼成温度と材質に関する検討—遼寧省普蘭店市貔子窩出土土器の分析を中心に—
Examination of pottery technology focusing on the characterization and the firing temperature, found from the Hishika site, north- eastern part in China
○鐘ヶ江賢二、長友朋子、石川岳彦、深澤太郎、大日方一郎、棟上俊二
○Kenji Kanegae, Tomoko Nagatomo, Takehiko Ishikawa, Taro Fukazawa, Ichiro Obikata, Shunji Tojo

P-029
X線CTスキャナを用いた国宝「初音の調度」帯箱・櫛箱の構造調査
Study of structure for Hatsune Furnishings using X-ray CT
○赤田昌倫、吉川美穂、川畑憲子、鳥越俊行、今津節生
○Masanori Akada, Miho Yoshikawa, Noriko Kawabata, Toshiyuki Torigoe, Setsuo Imazu

P-030
相国寺旧境内より出土した櫛の質量分析による材質の特定
Identification of proteinaceous materials remaining in an ancient comb excavated from the ground of Shokoku-ji Temple
○深草俊輔、河原一樹、今井友也、丸山真史、浜中邦弘、中澤　隆、宮路淳子
○Shunsuke Fukakusa, Kazuki Kawahara, Tomoya Imai, Masashi Maruyama, Kunihiro Hamanaka, Takashi Nakazawa, Atsuko Miyaji

P-031
鼓胴の用材調査（Ⅱ）国立歴史民俗博物館　生田コレクション
Wood identification of Japanese hand drum's wooden body
○横山　操、坂本　稔
○Misao Yokoyama, Minoru Sakamoto

材質・技法

P-032
縄文早期後半の滑石含有繊維土器
The Earthenware in the Later Part of the Earlist Jomon Period Including with Talc and Fiber in its Body
○矢野健一、藤根　久
○Kenichi Yano, Hisashi Fujine

P-033
瑞浪市釜戸層から産出した琥珀と似た分子構造を持つ出土琥珀について
Study on the excavated amber with a similar molecular structure to the geological standard amber from the Kamado layer in Mizunami City
○植田直見、渡邊緩子
○Naomi Ueda, Hiroko Watanabe

P-034
エジプト，アブ・シール南丘陵遺跡出土のローマ・ビザンツガラスの化学組成分析による分類および起源推定
Classification and provenance estimation of Roman and Byzantine glass artifacts excavated from North West Saqqara, Egypt by chemical compositional analysis
○内沼美弥、阿部善也、中井　泉、河合　望、吉村作治
○Miya Uchinuma, Yoshinari Abe, Izumi Nakai, Nozomu Kawai, Sakuji Yoshimura

P-035
香川県安造田東３号墳出土モザイク玉の自然科学的研究
Scientific Study of a Mozaic Glass Bead from the Asoda-higashi No.3 Kofun in Kagawa
○田村朋美、大河内隆之
○Tomomi Tamura, Takayuki Okochi

P-036
シルクロードを旅したガラス器②
―新沢千塚古墳群126号墳出土の紺色ガラス皿由来とされる破片の化学組成分析―
Glass vessel travelled the Silk Road Part II: Chemical compositional analysis of fragments identified as a deeply blue-colored glass dish excavated from a tumulus No. 126 at the Niizawa Senzuka Tumulus Cluster, Nara.
○阿部善也、四角隆二、八木直人、中井　泉
○Yoshinari Abe, Ryuji Shikaku, Naoto Yagi, Izumi Nakai

P-037
中世梵音具の製作技法解明における三次元データの活用方法
Utilizing Method of 3D Data to Analyze Manufacturing Techniques of Medieval Buddhist instruments
○田中麻美、望月規史、赤田昌倫
○Asami Tanaka, Norifumi Mochizuki, Masanori Akada

P-038
Comparative Study on Physical Characteristics of the Lacquer Wares Materials: The Clay Ash and Gok-su
張　銀靜、朴　庭蕙、○金　洙喆
Eun Jeong Jang, Jung Hae Park, ○Soo Chul Kim

P-039
DNA解析を応用した美術工芸文化財の素材同定に関する研究
An Applied Study using DNA Analysis for the Material of the Art Objects
○関根理恵、辻　賢三、逢澤峰昭、安藤孝一
○Yoshie Sekine, Kenzo Tsuji, Mineaki Aizawa, Koichi Ando

P-040
江戸時代に製作された柄鏡の蛍光X線分析
Fluorescent X-ray Analysis of Handheld Mirror Manufactured in Edo period
○大江克己、栗田美由紀
○Katsuki Ohe, Miyuki Kurita

P-041
ベンガラ粒子の形態からみた北関東の前期古墳出土の丹塗土器について
Research on the pottery colored by Bengala from the Viewpoint of particle morphology of red iron oxide in early Kofun tombs at North-Kanto
○志賀智史
○Satoshi Shiga

P-042
中国天水・麦積山石窟壁画片の彩色材料に関する非破壊分析調査
Non-destructive analysis of the mural fragments of Maijishan Cave-temple in Tianshui, China
○末森　薫、八木春生、松井敏也、馬　千、董　広強、岳　永強
○Kaoru Suemori, Haruo Yagi, Toshiya Matsui, Ma Qian, Dong Guangqiang, Yue Yongqiang

材質・技法

P-043 前橋市・宝塔山古墳における漆喰の施工過程に関する研究
Study on the manufacturing process of lime plaster of Houtouzan tumulus, Maebashi City
前川佳文、○朽津信明、久住有生
Yoshifumi Maekawa, ○Nobuaki Kuchitsu, Naoki Kusumi

P-044 帯磁率計を用いた古墳使用石材の簡易判定
Simple judgment of tumulus stone using susceptometer
○池田朋生、朽津信明
○Tomoo Ikeda, Nobuaki Kuchitsu

P-084 福岡県八女市釘崎3号墳出土単龍環頭大刀の構造調査
Scientific researches on ornamented sword from the Kugisaki3 tomb of Yame City, Fukuoka Prefecture
○小林　啓、大塚恵治、赤田昌倫
○Akira Kobayashi, Kenji Otsuka, Masanori Akada

産地

P-045 陶磁器の上絵層における有機物分析の試み－焼成に伴う膠成分の変化を中心に－
Attempt to analyze organic matters in overglaze color layers of pottery and porcelain
-About the glue ingredients in after calcination-
○樋口智寛、二宮修治
○Tomohiro Higuchi, Shuji Ninomiya

P-046 PXRFによるアゼルバイジャン，ギョイテペ遺跡及び周辺遺跡出土黒曜石製遺物の原産地推定
Sourcing obsidian artifacts from Goytepe and the surrounding sites, western Azerbaijan using PXRF
○金成太郎、西秋良宏、ファルハド・キリエフ
○Tarou Kannari, Yoshihiro Nishiaki, Farhad Guliyev

P-047 阿玉台式土器胎土の地域性と混和に関する研究 (3)—三鷹市坂上遺跡の事例から—
A study on locality and mixing of Atamadai type Jomon pottery material (3)
－ Case of Sakaue site in Mitaka city, Tokyo －
○河西　学、松本建速、市川慎太郎、中村利廣、小林謙一、塚本師也
○Manabu Kasai, Takehaya Matsumoto, Shintaro Ichikawa, Toshihiro Nakamura,
Ken'ichi Kobayashi, Moroya Tsukamoto

P-048 SEM-EDSを用いた重鉱物組成分析によるトルコ共和国、カマン・カレホユック遺跡出土ろくろ製土器の産地推定と変遷に関する研究
Provenance and transition studies of wheel-made pottery from Kaman-Kalehöyük in Turkey by heavy mineral analysis using SEM-EDS
○高橋友里恵、関本敦久、松村公仁、大村幸弘、中井　泉
○Yurie Takahashi, Atsuhisa Sekimoto, Kimiyoshi Matsumura, Sachihiro Omura, Izumi Nakai

P-049 江差町旧中村家住宅の年輪調査－明治期に北海道へ渡ったツガの産地－
Dendrochronological study of Old Nakamura residence in Esashi, Hokkaido, Japan: Provenancing of hemlock (*Tsuga sieboldii*) introduced into Hokkaido in Meiji Era
○藤井裕之、大山幹成
○Hiroyuki Fujii, Motonari Ohyama

P-050 肉眼観察と理化学分析手法の併用による神津島産黒曜石の産出地細分類
Subclassification of the production place of obsidian in Kozu Island by combination use of observation with the naked eye and chemical analysis
○林　悠平、市川慎太郎、中村利廣、松本建速
○Yuhei Hayashi, Shintaro Ichikawa, Toshihiro Nakamura, Takehaya Matsumoto

P-051 X線CTを用いた東北地方民家所蔵漆器の非破壊年輪計測と産地推定
Nondestructive tree-ring measurements and dendroprovenancings for Urushi lacquer wares in Tohoku region
○鈴木伸哉、大山幹成、星野安治
○Shinya Suzuki, Motonari Ohyama, Yasuharu Hoshino

P-052 トルコ、ビュクリュカレ遺跡の巨石建築物から多量に出土した土器片の産地推定
Provenance analysis of pottery sherds excavated from the basement rooms at Büklükale, Turkey
○関本敦久、松村公仁、中井　泉
○Atsuhisa Sekimoto, Kimiyoshi Matsumura, Izumi Nakai

産地	P-053	ブルガリア南部のテル型集落から出土した前期青銅器時代土器の産地： 考古学、記載岩石学および分析化学からの検討 Provenance of Early Bronze Age Pottery from Tell Settlements in South Bulgaria: Examining in Archaeology, Petrography and Analytical Chemical Analysis ○千本真生、金成太郎、柴田　徹、禿　仁志 ○Masao Semmoto, Tarou Kannari, Toru Shibata, Hitoshi Kamuro
	P-054	Sr同位体比測定法および熱分解GC/MS分析による漆製品の産地推定に関する研究 Application of Sr isotopes ratio and pyrolysis-GC/MS to provenance study of Lacquer wares ○安藤大輔、中井俊一、本多貴之、宮腰哲雄 ○Daisuke Ando, Shunichi Nakai, Takayuki Honda, Tetsuo Miyakoshi
	P-055	原の辻遺跡出土黒曜石の産地推定 Source identification of obsidian from Harunotsuji site ○片多雅樹、川道　寛 ○Masaki Katata, Hiroshi Kawamichi
	P-056	超・遠隔地交渉における同笵関係の検討—中国と日本出土の中世中国系瓦— Research on the same mold of medieval Chinese roof tiles in ultra-long-distance interaction between China and Japan ○中園　聡、下小牧　潤、平川ひろみ、太郎良真妃、楊　帆 ○Satoru Nakazono, Jun Shimokomaki, Hiromi Hirakawa, Maki Tarora, Fan Yang
	P-058	日本出土の中世中国系瓦・中国陶器の蛍光X線分析—鹿児島県三島村と博多— X-ray fluoresce analysis of medieval Chinese roof tiles and ceramics in Japan ○平川ひろみ、中園　聡、太郎良真妃、白井菜実、下小牧　潤、若松花帆 ○Hiromi Hirakawa, Satoru Nakazono, Maki Tarora, Nami Shirai, Jun Shimokomaki, Kaho Wakamatsu
	P-059	弥生土器の長距離移動—岡山市南方遺跡出土九州系弥生土器の蛍光X線分析 Long-distance transport of Kyushu-style Yayoipottery: X-ray fluorescence analysis of Yayoi pottery excavated from Minamikata site, Okayama City, Japan ○中園　聡、平川ひろみ、太郎良真妃、扇崎　由、黒木梨絵、新屋敷久美子、若松花帆 ○Satoru Nakazono, Hiromi Hirakawa, Maki Tarora, Yoshi Ogisaki, Rie Kuroki, Kumiko Shinyashiki, Kaho Wakamatsu
	P-060	地球科学的精密分析に基づく今山系石斧石材に関する新たな展開 New findings on Imayama stone axe based on petrological analyses ○足立達朗、田尻義了、中野伸彦、小山内康人 ○Tatsuro Adachi, Yoshinori Tajiri, Nobuhiko Nakano, Yasuhito Osanai
	P-132	東南アジア漆器の科学分析 Scientific analysis of the Cambodian lacquerwar ○赤前夏未、宮腰哲雄 ○Natsumi Akamae, Tetsuo Miyakoshi
保存科学	P-061	麦漆の接着強度評価と銅触媒添加によるミャンマー産漆への応用 Evaluation of adhesive strength on mugiurushi and adding effect with copper catalyst on mugiurushi for applying myanmer lacquer ○小川　歩、山下好彦、早川典子 ○Ayumu Ogawa, Yoshihiko Yamashita, Noriko Hayakawa
	P-062	屋外石造文化財における金箔の保存条件に関する研究 A study on the conservation condition of gold foil on outdoor stone monuments ○朽津信明、渡邊尚恵、森井順之 ○Nobuaki Kuchitu, Hisae Watanabe, Masayuki Morii
	P-063	煉瓦の吸水放湿特性にみる塩の影響及び保存修復材料の検討 An Analytical Study of the Salt Influence on Bricks and of Their Conservation Materials Considering Water Absorption and Desorption Properties ○相川　悠、松井敏也 ○Yu Aikawa, Toshiya Matsui

保存科学

P-064
パイプ状ベンガラの微生物劣化に関する研究
Study on the Microbial Degradation of Pipe-Shaped Red Iron Oxides
○李　素妍、松井敏也、吉川英樹、奥山誠義、伊勢太郎、富山祐貴
○Soyeon Lee, Toshiya Matsui, Hideki Yoshikawa, Masayoshi Okuyama, Taro Ise, Yuki Tomiyama

P-065
伊勢河崎商人館の文化財保存環境の研究
Study of the Cultural Properties for Environment at Isekawasakisyouninkan（伊勢河崎商人館）
○宮崎真由
○Mayu Miyazaki

P-066
埋蔵文化財仮保管施設における生物生息調査
Pest monitoring for temporary storage facility of buried cultural properties
○沖松信隆
○Nobutaka Okimatsu

P-067
ハギア・ソフィア大聖堂の南北ティンパヌム壁画材料に関する調査
Painting material of South and North tympanum in Hagia Sophia, Istanbul, Turkey
○佐々木淑美、吉田直人、小椋大輔、安福　勝、水谷悦子、石崎武志
○Juni Sasaki, Naoto Yoshida, Daisuke Ogura, Masaru Abuku, Etsuko Mizutani, Takeshi Ishizaki

P-068
京都・寺町旧域における一括出土銭の調査と保存処理
Investigation and Conservation of a Large Number of Unearthed Cions at Teramachi ruins in Kyoto
○須山貴史、持田　透、小林克也
○Takafumi Suyama, Toru Mochida, Katsuya Kobayashi

P-069
モンゴル国出土木製品の保存研究　－モンゴル国所在７世紀オラーンヘレム壁画墓出土遺物を中心に－
Conservation of wooden heritages found in Mongolia
○豊島佳澄、メンドバザル オユントルガ
○Kasumi Toyoshima, Oyuntulga Mendbazar

P-070
出土木製品保存処理の省コスト化・省エネルギー化に向けた研究（その１）
－自然エネルギーを用いたトレハロース含浸処理法の研究－
Study of saving cost and energy of the waterlogged wood conservation treatment (1)
- Study of Trehalose method using the natural energy -
○伊藤幸司、藤田浩明、今津節生
○Kouji Ito, Hiroaki Fujita, Setsuo Imazu

P-071
出土木製品保存処理の省コスト化・省エネルギー化に向けた研究（その２）
－トレハロース含浸処理液の再生と再利用について－
Study of saving cost and energy of the waterlogged wood conservation treatment (2)
- About regeneration and reuse of Trehalose impregnation liquid -
○伊藤幸司、藤田浩明、三宅章子
○Kouji Ito, Hiroaki Fujita, Akiko Miyake

P-072
カッパドキア岩窟教会外壁での表面処理が壁体内部の含氷率分布に与える影響の検討
Effects of surface-finishing material on ice content distribution in outer walls of Rock-hewn churches in Cappadocia
○伊庭千恵美、吉岡瑞穂、鉾井修一、谷口陽子、小泉圭吾、渡辺晋生、朴　春澤、佐野勝彦
○Chiemi Iba, Mizuho Yoshioka, Shuichi Hokoi, Yoko Taniguchi, Keigo Koizumi, Kunio Watanabe, Chunze Piao, Katsuhiko Sano

P-073
名越切通における擬岩材料の比較検討
Comparison of pseudo-rocks in Nagoe Kiridoshi
○小林　恵、橋本直樹、高松　誠、海老澤孝雄
○Megumi Kobayashi, Naoki Hashimoto, Makoto Takamatsu, Takao Ebisawa

P-074
Evaluating the stability and durability of the lime mortar and brick type in Namhansanseong parapet
○鄭　光龍、趙　炳英、李　王基、李　相沃
○Jeong Gwang Yong, Jo Byeong Yung, Lee Wang Gi, Lee Sang Ok

P-075
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４
Study on conservation of waterlogged wood using freeze-drying method with microwave heating 4
○川本耕三、植田直見、山田哲也、中村秀美
○Kozo Kawamoto, Naomi Ueda, Tetsuya Yamada, Hidemi Nakamura

保存科学

P-076
入館者からの熱水分発生がハギア・ソフィア大聖堂の壁画の劣化に与える影響
Influence of heat and moisture generation from visitors on degradation of the wall painting in Hagia Sophia, Istanbul
水谷悦子、○小椋大輔、石崎武志、安福　勝、佐々木淑美
Etsuko Mizutani, ○Daisuke Ogura, Takeshi Ishizaki, Masaru Abuku, Juni Sasaki

P-077
釜尾古墳の装飾の保存に関する研究－古墳の熱水分解析による結露抑制対策の検討－
Study on conservation of decorated chamber walls in Kamao tumulus - Investigation of the measures for preventing dew condensation by analyzing heat and moisture behavior of the tumulus -
芥子円香、○小椋大輔、鉾井修一、坂口圭太郎、三好栄太郎
Madoka Keshi, ○Daisuke Ogura, Shuichi Hokoi, Keitaro Sakaguchi, Eitaro Miyoshi

P-078
元町石仏における磨崖仏の保存に関する研究 —覆屋内環境が塩類風化に与える影響の検討—
Study on Preservation of a Buddha Statue Carved into a Cliff at Motomachi
— Influence of the environment in the shelter on salt damage —
高取伸光、○小椋大輔、脇谷草一郎、安福　勝、桐山京子、高妻洋成
Nobumitsu Takatori, ○Daisuke Ogura, Soichiro Wakiya, Masaru Abuku, Kyoko Kiriyama, Yohsei Kohdzuma

P-079
酸化チタンを用いた光触媒の文化財保存科学への応用研究
On the application of TiO_2 photocatalyst in Conservation Sciences
○玉岡義隆、松井敏也
○Yoshitaka Tamaoka, Toshiya Matsui

P-080
金属製品の保存処理に用いる新規樹脂について
The new protective coating material for conservation treatment of metal objects
○山口繁生、山田卓司、川本耕三、植田直見
○Shigeo Yamaguchi, Takashi Yamada, Kozo Kawamoto, Naomi Ueda

P-081
大分市元町石仏における塩類風化の現状と要因の検討
The Current State and the Factors of Salt Deterioration at Buddha Statue Carved into a Cliff at Motomachi
○桐山京子、脇谷草一郎、高取伸光、小椋大輔、安福　勝、髙妻洋成
○Kyoko Kiriyama, Soichiro Wakiya, Nobumitsu Takatori, Daisuke Ogura, Masaru Abuku, Yohsei Kohdzuma

P-082
海洋環境における鉄製遺物の腐食過程の研究　—埋蔵深度が鉄の腐食状態に及ぼす影響
Corrosion of iron artifacts in marine environment —Effect of burial depth on corrosion of iron
○柳田明進、池田榮史、脇谷草一郎、髙妻洋成
○Akinobu Yanagida, Yoshifumi Ikeda, Soichiro Wakiya, Yohsei Kohdzuma

P-083
福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土資料の保存科学的調査
Scientific researches into archaeology objects by Funabaru tomb in Koga City,Fukuoka Prefecture
○小林　啓、加藤和歳、今津節生、輪田　慧、森下靖士、甲斐孝司、横田義章
○Akira Kobayashi, Kazutoshi Kato, Setsuo Imazu, Kei Wada, Yasushi Morishita, Koji Kai, Yoshiaki Yokota

P-085
大分県旧万寿寺跡より出土した銭塊の保存処理について
Conservation of Cluster of Coins Excavated from Old Manjyuji Site In Oita Prefecture
○稗田優生、吉田　寛
○Yuki Hieda, Yutaka Yoshida

P-086
東京学芸大学所蔵盤双六修理のための事前材質調査研究
The study of the materials for repair of the SUGOROKU owned by Tokyo Gakugei University
齋藤由華、○服部哲則、太田朋宏
Yuka Saito, ○Akinori Hattori, Tomohiro Oota

P-133
漆喰表面の劣化形態に関する実験的考察
An experimental consideration on the degradation form of plaster surfaces
○朽津信明、久住有生、前川佳文、早川典子
○Nobuaki Kuchitsu, Naoki Kusumi, Yoshifumi Maekawa, Noriko Hayakawa

探査

P-087 磁気探査と地中レーダ探査によるエジプト・アラブ共和国コマルディバー遺跡の調査研究
Magnetic mapping and ground penetrating radar surveys for the study of the archaeological site of Kom al-Diba' (Arab Republic of Egypt)
○岸田　徹、長谷川奏、津村宏臣、竹内俊貴、茂木孝太郎
○Toru Kishida, So Hasegawa, Hiroomi Tsumura, Toshiki Takeuchi、Kotaro Mogi

P-088 地中レーダ探査による史跡高岡城跡の研究
GPR study at the Takaoka Castle in Toyama Prefecture
○泉　吉紀、酒井英男、菅頭明日香、田上和彦
○Yoshinori Izumi, Hideo Sakai, Asuka Kanto, Kazuhiko Tagami

P-089 複数探査手法を用いた可児市大萱古窯跡弥七田窯の検討
Non-destructive prospection of the Yashichida kiln site with a plurality of methods
○金田明大、ナワビ矢麻、西口和彦、石松智子、長江真和
○Akihiro Kaneda, Yama Nawabi, Kazuhiko Nishiguchi, Tomoko Ishimatu, Masakazu Nagae

文化財科学一般

P-090 極微量（1 mg）考古試料を想定したマイクロガラスビード/蛍光X線法の開発
X-ray fluorescence determination with micro-glass-bead for one milligram of archaeological ceramics
○市川慎太郎 、中村利廣
○Shintaro Ichikawa, Toshihiro Nakamura

P-091 赤外線撮影法による彩色材料調査の有効性に関する研究３
The investigation of the effectiveness of infrared photography method for the analysis of painting materials: The Third Study
○秋山純子、森實久美子
○Junko Akiyama, Kumiko Morizane

P-092 土器に残ったデンプンのバイオマーカーの検出―調理実験土器の残留有機物分析を通して―
Detection of Starch Biomarker from Pottery Matrix
-Analysis of Organic Residues in Cooking Experimental Potteries -
○篠原香奈子、松尾彩花、堀内晶子、宮田佳樹
○Kanako Shinohara, Ayaka Matsuo, Akiko Horiuchi, Yoshiki Miyata

P-093 プラントオパールからのDNA復元
Recovery of ancient DNA from phytoliths
○田中克典、宇田津徹朗
○Katsunori Tanaka, Tetsuro Udatsu

P-094 出土米の形状分析からみた日本におけるイネ品種の展開
Morphological analysis of rice remain explains development of rice cultivation in Japan
○田中克典、上條信彦
○Katsunori Tanaka, Nobuhiko Kamijo

P-095 カンボジア・クメール遺跡の石材表面におけるマンガン酸化物の沈着
Precipitation of manganese oxides on the surface of building stones of the Khmer monuments, Cambodia
○内田悦生、渡辺亮太、大澤里美
○Etsuo Uchida, Ryota Watanabe, Satomi Osawa

P-096 蛍光寿命測定の文化財材料への応用に関する基礎研究　2
Preliminary research about the application to the fluorescence lifetime measurement for cultural properties 2
○佐々木良子、吉田直人、佐々木健
○Yoshiko Sasaki, Naoto Yoshida, Ken Sasaki

P-097 川辺に住んでいた縄文人の食生活を垣間見る－東京都三鷹市丸山A遺跡出土土器の残存有機物分析－
Taking a glance at the diet of Jomon people dwelled along a river: the organic residue analysis of pottery from Maruyama A site, Mitaka-shi, Tokyo, Japan
松尾彩花、篠原香奈子、○堀内晶子、宮田佳樹
Ayaka Matsuo, Kanako Shinohara, ○ Akiko Horiuchi, Yoshiki Miyata

P-098
土坑内のリン、炭素、窒素の濃度分布について－用途（墓、トイレ、ゴミ穴）推定の可能性について-
Distribution of phosphorus, carbon and nitrogen concentrations in the pit
-The estimate of the use (Grave, Excreta tank, Garbage disposal pit and etc.) -
○渡辺正巳、瀬戸浩二、林　健介、是田　敦、合田幸美、山手貴生、伊藤悟郎
○Masami Watanabe, Koji Seto, Kensuke Hayashi, Atsushi Koreda, Yukimi Goda, Takao Yamate, Gorou Itou

P-099
矢穴の三次元計測による石割技術標準モデルの検討
Study of quarrying technology standard by the three-dimensional measurement
○高田祐一、福家　恭、広瀬侑紀、藤田　精
○Yuichi Takata,Takashi Fuke, Yuki Hirose, Tsutomu Fujita

P-100
発掘調査報告書の全文データベース「全国遺跡報告総覧」の構築
Construction of the Comprehensive database of archaeological site reports in japan
○高田祐一、森本　晋、田中俊二、昌子喜信、福山栄作、矢田貴史、永島幹大
○Yuichi Takata, Susumu Morimoto, Shunji Tanaka, Yoshinobu Shoji, Eisaku Fukuyama, Takafumi Yada, Yorihiro Nagashima

P-101
戊辰戦争戦没者の墓石の劣化調査 2
Degradation research of *Boshin* war gravestone 2
○渡辺ゆきの
○Yukino Watanabe

P-102
蛍光X線分析による楽浪土城址および楽浪古墳出土古代ガラスの起源推定
Provenance study of ancient glass artifacts excavated from Lelang Earthern Castle and Lelang tombs in Korea by XRF analysis
○柳瀬和也、小寺智津子、澤村大地、村串まどか、馬場慎介、中井　泉
○Kazuya Yanase, Chizuko Kotera, Daichi Sawamura, Madoka Murakushi, Shinsuke Baba, Izumi Nakai

P-103
長福寺本堂内小壁彩色の自然科学的研究
Scientific research of the painted wall (Kokabe) in Chofuku-ji Temple
○青木智史、池田藍子、田中希和子、山田　宏
○Satoshi Aoki, Aiko Ikeda, Kiwako Tanaka, Hiroshi Yamada

P-104
マイクロX線CTを用いた絵画の層構造調査 －層構造調査へのテラヘルツ波イメージング技法の基礎調査－
Application of micro X-ray CT to Structural Survey of a Historical Painting
○金　旻貞、高妻洋成
○Minjung Kim, Yohsei Kohdzuma

P-105
琉球の籐蔓漆器盆の科学分析
Investigation of Ryukyu lacquer ware "Toh-tsuru bon"
山府木碧、宮里正子、岡本亜紀、○宮腰哲雄
Midori Yamabuki, Masako Miyazato, Aki Okamoto, ○Tetsuo Miyakoshi

P-106
歯エナメル質の炭素安定同位体比に基づく山梨県古代・中世遺跡出土馬の食性復元
Reconstruction of horse diets in classical and medieval sites in Yamanashi using carbon isotope analysis of enamels
○覚張隆史、植月　学
○Takashi Gakuhari, Manabu Uetsuki

P-107
京都盆地中西部低地、向日市寺戸川河床堆積層の文化財科学的研究 (2)
Archaeo-Scientific Study on the Fluvial Deposits of Terado- gawa Test Pit Project in Mukou City, Mid-western Lowland of Kyoto Basin (2)
○矢野健一、中塚　良、辻本裕也
○Kenichi Yano, Ryo Nakatsuka, Yuya Tsujimoto

P-108
伝統的修復部材の研究　～国重要文化財「通潤橋」における目地漆喰について～
Study on the traditional restoration material
—On the joint plaster of "Tsujunkyo," a national important cultural properties
○坂口圭太郎、西　慶喜、大津山恭子、朽津信明
○Keitaro Sakaguchi, Yoshinobu Nishi, Kyoko Ohtsuyama, Nobuaki Kuchitsu

P-109	非破壊蛍光X線分析による福井・京都出土の中世ガラスの地域的特性化 Chemical Characterization of Medieval Glass Artifacts Excavated from Fukui and Kyoto Prefectures by nondestructive X-ray Fluorescence Analysis ○馬場慎介、川越光洋、山本雅和、竜子正彦、井上暁子、澤村大地、村串まどか、柳瀬和也、中井　泉 ○Shinsuke Baba, Mitsuhiro Kawagoshi, Masakazu Yamamoto, Masahiko Ryoko, Akiko Inoue, Daichi Sawamura, Madoka Murakushi, Kazuya Yanase, Izumi Nakai
P-110	平安期緑釉陶器の色彩学的検討2 Chromatic research of the green glazed ware of the Heian Period 2 ○田中由理 ○Yuri Tanaka
P-111	大明通行宝鈔・至元通行宝鈔の真贋判定に向けての基礎研究 The basic study on authenticity determination of Ming and Yuan dynasty banknotes ○坂本昭二、小田寛貴 ○Shouji Sakamoto, Hirotaka Oda
P-112	敦煌文書における紙繊維配向性について Paper fibre orientation of Dunhuang documents ○坂本昭二、岡田至弘 ○Shouji Sakamoto, Yoshihiro Okada
P-113	3Dプリンタの博物館への応用 Application of the 3D printer to Museums ○田中麻美、今津節生 ○Asami Tanaka, Setsuo Imazu
P-114	A study of metal smelting technologies through the analysis of the slags in Seosan, Korea ○Namchul Cho、Junwon Kim、Hyunkyung Cho
P-115	付け木着火部位の科学的検討 Scientific study for ignition part of old match stick called "Tsukegi" ○宮田佳樹、藤田慎一、勝田長貴、千葉博俊、高橋　敦 ○Yoshiki Miyata, Shinichi Fujita, Nagayoshi Katsuta, Hirotoshi Chiba, Tsutomu Takahashi
P-116	エミール・ガレのガラス作品の着色に関する化学的研究 Chemical Studies on coloration of glass works of Emile Gallé ○和泉亜理沙、阿部善也、中井　泉、小林宏子、池田まゆみ ○Arisa Izumi, Yoshinari Abe, Izumi Nakai, Hiroko Kobayashi, Mayumi Ikeda
P-117	国宝 桜ヶ丘銅鐸・銅戈の科学調査 Science Investigation into Sakuragaoka Dotaku and Doka ○鳥越俊行、今津節生、進村真之、橋詰清孝、菅本宏明、輪田　慧、池内一誠、北井利幸 ○Toshiyuki Torigoe, Setsuo Imazu, Masayuki Shinmura, Kiyotaka Hashizume, Hiroaki Sugamoto, Kei Wada, Issei Ikeuchi, Toshiyuki Kitai
P-118	土器に残った塩化物イオンはどこから来たのか？ Where did chloride ion remaining in earthenware come from? 阿部周平、○堀内晶子 Shuhei Abe, ○Akiko Horiuchi
P-119	白山信仰関連文化遺産の文化資源化と活用 Cultural Resourcization and sustainable use of cultural heritage ○山口欧志、阿部　来、宇野隆夫 ○Hiroshi Yamaguchi, Rai Abe, Takao Uno
P-120	形態およびDNA分析による出土魚類骨の分類 Identification of fish bones using morphology and DNA analysis ○花森功仁子、武藤文人、植月　学、武藤望生、石川智士 ○Kuniko Hanamori, Fumito Muto, Manabu Uetsuki, Nozomu Muto, Satoshi Ishikawa

P-121 遺構および遺物の簡易色彩計測に関する初歩的検討
A preliminary study of color measuring method for archaeological records
○金田明大、八尾純子、石松智子
○Akihiro Kaneda, Junko Yao, Tomoko Ishimatu

P-122 新設展示ケースにおけるアルデヒド類の放散挙動およびそのコントロール
Quantitative analysis and control of aldehydes generated from newly built museum display cases
○杉山智昭、小林幸雄、山崎正彦、大隈裕明
○Tomoaki Sugiyama, Yukio Kobayashi, Masahiko Yamazaki, Hiroaki Okuma

P-123 土器・石器・その他の遺物—ごく一般的な遺物についての三次元記録とその意義—
Three-dimensional recording and its significance of "general" artifacts in archaeological sites
○太郎良真妃、平川ひろみ、中園　聡
○Maki Tarora, Hiromi Hirakawa, Satoru Nakazono

P-124 SfMによる土器の三次元化—中国新石器時代の土器を対象として—
SfM measurements of China Neolithic pottery
○楊　帆、太郎良真妃
○Yang Fan, Maki Tarora

P-125 遺跡・調査区・遺構・土層—SfMによる三次元記録—
SfM measurements in archaeological sites
○太郎良真妃、平川ひろみ、白井菜実、下小牧潤、若松花帆、中園　聡
○Maki Tarora, Hiromi Hirakawa, Nami Shirai, Jun Shimokomaki, Kaho Wakamatsu, Satoru Nakazono

P-126 自然地理学・考古学的教育・普及におけるオンライン動画の展開、活用 － YouTubeを例に －
Practical process of Online Movie for Educational Physical geography and Archaeology - Example as YouTube's Channel Composer, 2014-2015 -
○中塚　良
○Ryo Nakatsuka

P-127 土器表面の風化の検討—現代北タイの伝統的土器を中心に—
Research on weathering of pottery surfaces with a focus on traditional pottery in modern Northern Thailand
○平川ひろみ、中園　聡
○Hiromi Hirakawa, Satoru Nakazono

P-128 水中遺構評価のための沿岸域測量と海浜流系シミュレーションデータの統合
Data integration of measurement and simulation for understanding of the underwater heritages
○津村宏臣、茂木孝太郎
○Hiroomi Tsumura, Kotaro Mogi

P-129 赤外線サーモグラフィを用いた表面温度変動の記録 －臼杵市下藤地区キリシタン墓における調査事例－
Record of surface temperature variations using infrared thermography -The case study in the shimofuji district Christian cemetery,Usuki City -
○伊藤広宣、山路しのぶ、山村健生、神田高士、山路康弘
○Hironobu Ito, Shinobu Yamaji, Kensei Yamamura, Takashi Kanda, Yasuhiro Yamaji

P-130 ハミ塚古墳から見つかった白色物質の分析調査
Analysis of the white substance found in Hamitsuka kofun
○鶴　真美、廣岡孝信、山田隆文
○Mami Tsuru, Takanobu Hirooka, Takafumi Yamada

P-131 宮城県利府町硯沢遺跡SP126出土火葬人骨の形成過程研究
Formation Process Analysis of a Cremated Human Skeleton, Excavated from the SP126, in the Suzurizawa Site, Rifu-Cho, Miyagi Prefecture
○富岡直人、足立　望、高橋義行
○Naoto Tomioka, Nozomi Adachi, Yoshiyuki Takahashi

＊発表プログラムの修正につきまして

セカンドサーキュラーとして発送したプログラムに一部変更が生じております。ご確認下さります様宜しくお願いいたします。

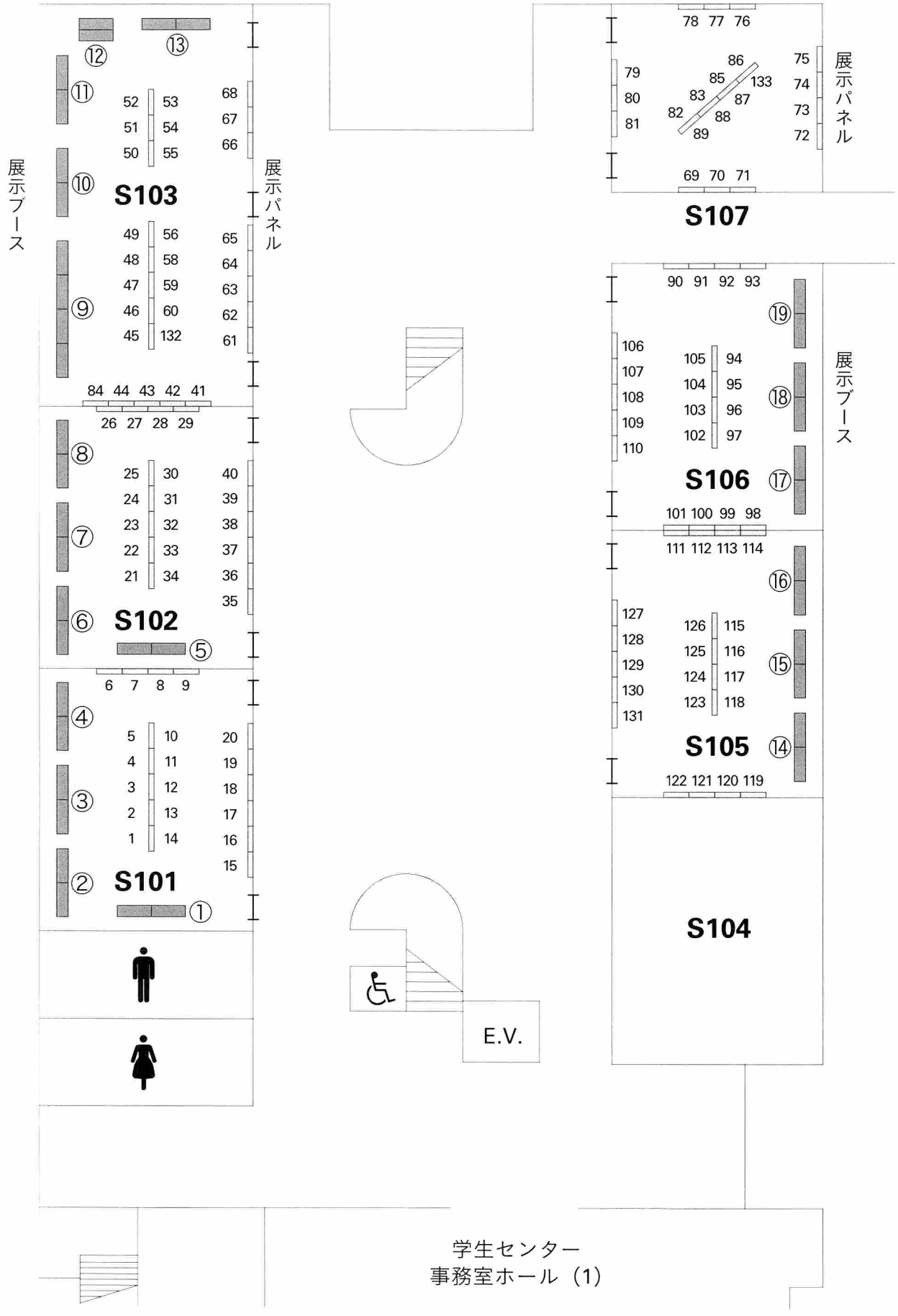
・口頭発表A-13、C-04、ポスター発表P-057につきましては発表辞退となりました。

・口頭発表B-08につきましては、事務局の登録ミスにより誤って口頭発表に登録しておりました。そのため、ポスター発表（P-133）に変更させていただきました。

・口頭発表A-23は発表者からの要請でポスター発表（P-132）への変更になりました。

・ポスター発表P-084は発表者からの要請で「保存科学」から「材質・技法」に変更になりました。

ポスター展示および機器展示・図書頒布番号一覧



機器展示（15社）・図書頒布（4社）企業番号一覧

（敬称略）

① 大塚オーミ陶業株式会社

② オプトシリウス株式会社

③ エクスロン・インターナショナル株式会社

④ 高輝度光科学研究センター

⑤ 光明理化学工業 株式会社

⑥ コーンズテクノロジー株式会社

⑦ 株式会社東陽テクニカ

⑧ トーリ・ハン株式会社

⑨ 株式会社ニコン・トリンブル

⑩ アメテック株式会社

⑪ ピーエス株式会社

⑫ 株式会社クバプロ

⑬ 新泉社

⑭ 有限会社原製作所

⑮ 株式会社　パレオ・ラボ

⑯ ブルカー・オプティクス株式会社

⑰ 丸紅情報システムズ株式会社

⑱ 株式会社三ツワフロンテック

⑲ 理研計器株式会社

企業広告・機器展示・図書頒布　企業一覧

（五十音順、敬称略）

広告掲載企業（12社）

株式会社アクト
エクスロン・インターナショナル株式会社
大塚オーミ陶業株式会社
株式会社クバプロ
コーンズテクノロジー株式会社
株式会社古環境研究所
トーリ・ハン株式会社
株式会社　パレオ・ラボ
ピーエス株式会社
富士シリシア化学株式会社
Beta Analytic Inc.
株式会社三ツワフロンテック

機器展示企業（15社）

大塚オーミ陶業株式会社
オプトシリウス株式会社
エクスロン・インターナショナル株式会社
高輝度光科学研究センター
光明理化学工業 株式会社
コーンズテクノロジー株式会社
株式会社東陽テクニカ
トーリ・ハン株式会社
株式会社ニコン・トリンブル
有限会社原製作所
株式会社　パレオ・ラボ
ブルカー・オプティクス株式会社
丸紅情報システムズ株式会社
株式会社三ツワフロンテック
理研計器株式会社

図書頒布企業（4社）

アメテック株式会社
株式会社クバプロ
新泉社
ピーエス株式会社

口頭発表
Oral Presentations

第1日（7月11日）

A会場　南講義棟（S棟）4階 S410教室　9：30～16：40
B会場　北講義棟（N棟）4階 N410教室　9：50～16：40
C会場　北講義棟（N棟）4階 N411教室　9：50～17：00

第2日（7月12日）

A会場　南講義棟（S棟）4階 S410教室　9：30～15：50
B会場　北講義棟（N棟）4階 N410教室　9：30～15：10
C会場　北講義棟（N棟）4階 N411教室　9：30～15：30

A-01

煮炊き用土器の素地の砂粒度組成の時間的変化：
ポイント・カウンティング法による分析

Temporal Changes in the Size Composition of Sand particles of Cooking Pots by Using Point-Counting Method.

○矢作健二（パリノ・サーヴェイ）、小林正史（北陸学院大学）、篠宮正（岩手県教育委員会）

1．目的と先行研究

本研究の目的は、ポイント・カウンティング法を用いて、煮炊き用土器の素地の砂の多さ（粒度組成）の時間的変化（縄文時代から中世まで）を明らかにすることである。これまでの土器胎土の砂粒組成分析は、産地同定を目的としたものが大多数を占めており、「容器（鍋）としての使い勝手や製作コスト」との関連から分析した例は平賀1978、西田1984、清水1992・2002、小林1999など少数しかなかった。

平賀1978、西田1984では、1つの遺跡の中での器種間・系統間の比較を行った。これを踏まえて清水1992では、東日本における煮炊き用と非煮炊き用の砂含有量の違いの時間的変化を検討し、縄文（飯合作遺跡）、弥生初頭（是川中居）、古墳前期（番後台）の順に非煮炊き用器種の砂含有量が減り、鍋類との違い拡大することを明らかにした。さらに、小林1992（計測は西田泰民氏が担当）では、東北と加賀の縄文晩期と弥生中・後期を比較し、深鍋の中でも新しい時期ほど大粒砂が減ることを示した。ただし、分析遺跡数が少ないことが課題だった。本研究は、これらの先行研究を踏まえて、より多数の遺跡を対象として煮炊き用土器の素地の砂含有量の時間的変化を明らかにし、その変化理由を検討する。

2．分析資料と分析方法

分析資料：　ポイント・カウンティング法は、分析装置を用いた土器胎土分析（蛍光X線分析など）に比べて、薄片制作とカウントに多くの手間がかかるため、分析例が少ないことが課題である。例えば、平賀章三1978、西田泰民1984、清水芳裕1992・2002では、各遺跡の試料数を確保する（40-80点）ことを重視したため、分析した遺跡数は1～3遺跡と少なかった（分析点数を示した下表を参照）。そこで、本研究では、上述の先行研究論文（西田、平賀、清水など）や遺跡発掘調査報告書（矢作が分析）に掲載されたポイント・カウンティングデータに、今回新たに分析した約70点を加えることにより、分析遺跡数を増やすことを重視した。この資料群を用いて、器種ごと（煮炊き用器種、食器、壺類）に砂含有量（粒度組成）の時間的変化を提示した。器種単位で4個以上の試料数がある遺跡を対象とした。

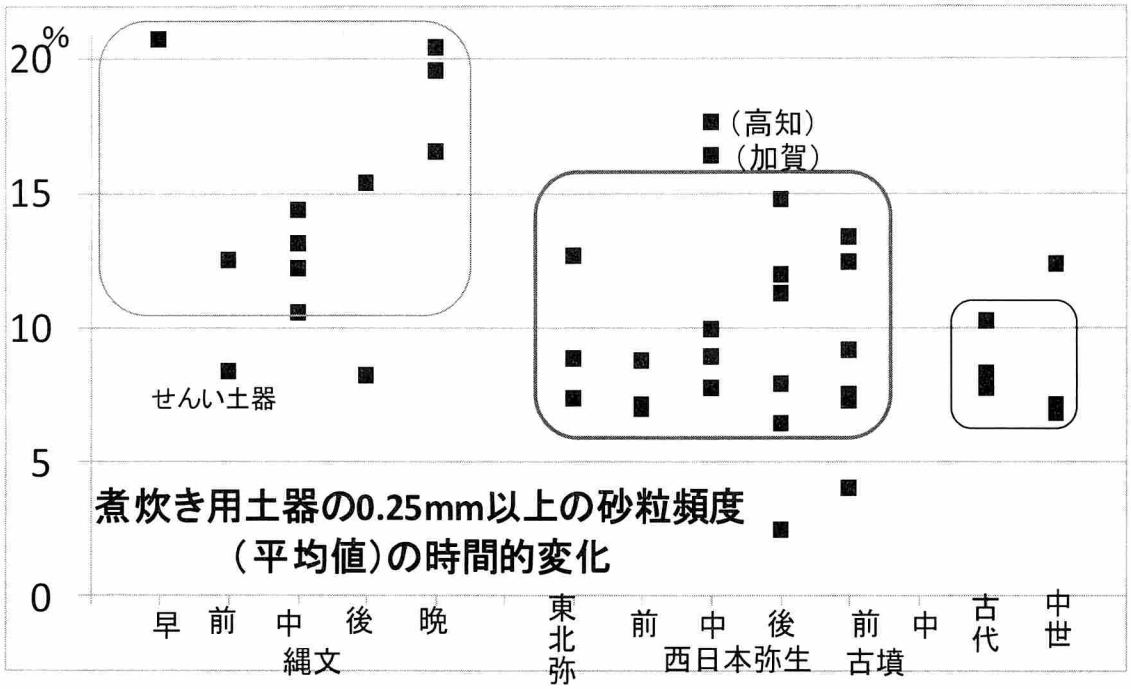
器種	西田1984	平賀1978	小林1999	矢作	計（4個以上の器種）	清水1992＊
煮炊き用	81	24	21	246	372	71
食器	4	9	20	89	122	30
壺	0	11	4	55	70	25
計	85	44	45	390	564	126
遺跡数	祇園原	纏向	5遺跡	43遺跡	50遺跡	3遺跡

砂含有量（粒度組成）のカウント方法：　ポイント・カウンティング法により砂・シルトの粒数と粘土マトリクスのポイント数をカウントし、その合計に占める粒径0.25mm（中粒砂）以上の砂の粒数の比率を集計した。0.25mm以上の組成比率を用いた理由として、①比較的大粒の砂の比率を比較したいが、0.5mm（粗粒砂）以上では比率が1割以下と低いため、時期間の違いが明瞭に表れにくい、②従来の報告（西田・平賀）でも「粗・中粒砂（0.25mm以上）、細粒砂、シルト、粘土マトリクス」に区分していることから比較が可能である、の2点があげられる。

なお、清水1992で報告されている3遺跡のデータは、「0.3mm以上の砂の面積比率」を計測している点で他の報告例とカウント方法が若干異なるため、参考資料として用いた。

3．分析結果

煮炊き用土器の0.25mm以上の砂の比率（試料数4個以上の遺跡における平均値）を時期ごとに示した図1から、縄文（10～21%が大半を占める）、弥生～古墳（5～15%が大半を占める）、古代・中世（7～



10%が主体)、の順に粗・中粒砂が減る傾向が観察された。ただし、縄文深鍋の中でも前期の繊維土器は砂含有量が少なめである。また、弥生前期～古墳前期の深鍋（近畿と北部九州が主体）では5～15%が大半を占めるが、加賀と高知の2遺跡では15%以上だった。さらに、各時期とも遺跡内のばらつき（標準偏差）が大きい遺跡が目立つことから、鍋の大きさや生粘土の性質などを考慮して比較的柔軟に砂含有量を調整したと推定される。それにも関わらず、縄文、弥生～古墳前期、古代・中世の順に砂含有量が減る傾向がみられる理由を検討する。

4．煮炊き用土器の砂含有量が新しい時期ほど少なくなる要因

素地の緻密さ（砂の粒度組成）の選択要因として以下の4つが指摘されている。第一に、煮炊き用土器の耐熱性を高め、また、焼成時の破損を抑えるには熱伝導率を高める必要があるため、砂を多く入れる（Schiffer・Skibo1995）。土器が調理中に破損するのは、内外面間や上下間の熱膨張率の格差が原因なので、砂を多く入れて熱伝導率を高めることにより、部位間の熱膨張格差を小さくする。

なお、大粒砂が多いと、粘土マトリクスとの膨張率の違いから熱ストレスが生じやすい。ただし、大粒砂は、一旦できてしまったヒビを止める働きもある。ヒビの生じやすさとヒビの拡大防止のバランスを考慮して大粒砂（小礫）の量を調整したと思われる。

第二に、緻密な素地ほど焼結が強い（清水芳裕1992・2010）。硬度が重視される盛り付け用・貯蔵用土器では砂が少ない方が適する。

第三に、紐積み原型の変形度が大きいほど（頸部折り曲げ、叩き成形、ロクロ水挽き、の順に）、高い可塑性が必要ため、大粒砂が少ない、均質な素地が適する（小林2014）。

最後に、大型の土器ほど乾燥時のひび割れ、崩壊のリスクが大きいため、多くの砂を入れる必要性が高い（Matson1963）。

上述4要因のうち、熱伝導率の高さの確保と熱ストレス破損の対策は、全ての時期の鍋に必要なことから、どの時期でも鍋の方が非煮炊き用器種よりも多くの砂を含んでいる。一方、第三の「成形時の紐積み原型の変形度（頸部折り曲げ、叩き成形、ケズリ薄手化、ロクロ水挽き、など）」は、縄文深鍋（紐積みのみで成形し、その後の変形が殆どない）、弥生・古墳深鍋（頸部折り曲げ技法、削り薄手化、叩きによる胴部の膨らませ、などによる紐積み原型の変形が普及）、古代・中世（一部でロクロ成形が採用）の順に高まることから、「変形度の高まりに対応して、成形しやすさ（素地の可塑性）を高めた」ことが煮炊き用土器の砂の減少の主要因だったと考えられる。

A-02

断面薄片の粒子配向と復元土器の水平割口頻度からみた東北地方の縄文・弥生深鍋の紐積み方法の変化

Temporal Changes in the Coiling method of Jomon and Yayoi Cooking Pots in Tohoku District Based on Thin-Section Analysis and Sherd Breakage Patterns.

○小林正史（北陸学院大学）　鐘ヶ江賢二（鹿児島国際大学）　河西学（帝京大学）

研究の背景：　筆者らは、これまで断面薄片の粒子配向の観察から縄文・弥生深鍋の紐積み方法を復元する作業を行ってきた。その分析結果は、日本文化財科学会において、「遠賀川式深鍋の成形方法」(2011年)、「縄文・弥生深鍋の外傾接合の選択理由」(2012年)、「北部九州と東北地方の紐積み方法の比較」(2013年)、「長い断面薄片の観察に基づいた円筒下層式から上層式への変化」(2014) として発表してきた。

上述の分析では、本州東日本の紐積み方法について、①縄文後期半ばを境に外傾接合から内傾接合に転換する、②縄文・弥生深鍋では「細め（長さ２cm 弱）の粘土紐を３本積んだ後、休止」のサイクルがあり、「あまり圧着せずに３段積んだ後、まとめて伸ばし圧着」した結果である、③休止部での継ぎ目形状は蒲鉾形（円筒上層式、加曾利 B 式など）と傾斜タイプ（円筒下層式、後期前葉など）とがあり、前者はより入念な圧着を示す、④西日本の弥生深鍋は「折り曲げ技法」により堅牢な頸部を作り出すのに対し、東北地方の弥生深鍋は頸部の堅牢さが弱い傾向がある、などの点が明らかにされた。

本発表では、上述の成果を踏まえ、(1)頸部折り曲げ技法の有無や入念さ（頸部の堅牢さ）と(2)紐積み休止部（3 本間隔の長めの水平割口から判定）の継ぎ目形状（蒲鉾形か傾斜タイプか、および傾斜角度）の２点について東北地方の縄文深鍋から弥生深鍋への変化を検討する。

分析方法：　継ぎ目形状は、「断面薄片における粘土粒子配向のズレ」を偏光顕微鏡で観察する作業により認定した。頸部折り曲げ技法の有無は、①頸部の屈折部に継ぎ目があるか、②屈折部の粒子配向が連続的か、の２点から判定した。また、頸部の堅牢さの指標として、容量を計測できた復元深鍋を対象として、頸部の水平割口の長さ（全周の何割を巡るか）を４面の写真実測図面から算定した。

分析資料は、円筒下層式・上層式（三内丸山遺跡）、縄文晩期末～弥生初（金附遺跡）、弥生中期２期の遠賀川系深鍋（仙台平野の原遺跡）、中期３期の非遠賀川系深鍋（津軽平野の垂柳遺跡）、の５資料群である。東北地方を対象とするのは、水平割口の分析に必要な復元深鍋が縄文・弥生時代共に豊富に得られるためである。断面薄片試料は、2011～2014 年の発表で用いたものを中心とした。

金附遺跡の深鍋は、「弥生前期末～中期前半（如意状口縁ではないが、土製鍋蓋を伴うことから炊飯にも使われた可能性が高い）か縄文晩期末か」を個々の土器単位で判別することが難しいが、頸部が長めのタイプは縄文晩期に多い傾向がある。また、スス・コゲ観察の結果、８ﾘｯﾄﾙ以上の大型深鍋は、胴下部の帯状コゲが縄文時代に特有の「空焚き乾燥コゲ」である例が目立つことから、大型は縄文・弥生に関わらず、炊飯には用いられなかった可能性が高い。弥生中期前半（２～３期）では、仙台平野では「如意状口縁と土製鍋蓋を特徴とする遠賀川系深鍋」が普及したのに対し（2 期主体の原遺跡・高田遺跡や３期主体の中在家南遺跡など）、仙台平野より北の地域では如意状口縁深鍋は普及せず、縄文晩期深鍋の頸部の括れが徐々に強まった在地系深鍋が普及した（津軽平野では垂柳遺跡に代表される田舎館式深鍋）。

頸部の作出方法：　円筒下層式（縄文前期）・上層式（縄文中期）の深鍋は、頸部の括れが弱いものの、括れ部に継ぎ目があることから、粘土紐の角度を変えることにより緩やかな括れを作り出している。この部分に突帯が巡る例が多いが、装飾と共に括れ部を補強する役割もあったと推定される。

金附遺跡の深鍋は、①断面薄片では頸部に接合痕があるものが５個以上ある（No. １・２・４・８・９）、②頸部の内表面に明瞭な段として継目が残る例が目立つ（no. ２・４・６）、などの点で、粘土紐の角度を変えることにより括れを作りだしている（図２）。岩手地域の縄文晩期後半（大洞 C2～A式）の深鍋は

頸部が長めの「九年橋タイプ」が主体を占めるが、これらは頸部の屈折部に接合剥離痕（内傾で傾斜が強い）が比較的高い頻度で観察される。金附遺跡でも、縄文晩期後半と同様の方法で頸部を作り出した可能性が高い。復元深鍋の頸部に水平割口がある例が 4 割を占めるのは、折り曲げ技法を用いていない結果と考えられる。特に、縄文晩期末に多い長頸タイプでは８割が頸部に水平割口がある（図１）。

原遺跡の遠賀川系深鍋は、①頚部に連続した粒子配向がみられる例が多い、②胴部では高い頻度で継目が認定されたにも関わらず、括れ部付近に継目は見いだされたのは10個中３個（①・⑥・⑩）のみである、などの点で、折り曲げ技法（＋口頚部横ナデ）により頸部を作り出している（図３）。折り曲げ技法により頸部を堅牢に作ることは、頸部に水平割口がある比率が低い（1.5割）点にも示されている。

垂柳遺跡の非遠賀川系深鍋は、括れ部に継ぎ目がなく、粒子配向が連続することから、折り曲げ技法の可能性高い。括れ部の直上に２本１組の線構造が認定された例が 10 個中３個（no. ３・５・７）あるが、どのような紐積み時の指の動きを示すかは不明である。一方、頸部を折り曲げ技法で作出しているにも関わらず、屈折部で割口が巡る頻度が極めて高い（頸部全周の半分以上を巡る例が６割を占める。また、台付き鍋と平底深鍋の間に違いがみられない）ことから（図１）、頸部を堅牢に作る意識が仙台平野の遠賀川系深鍋よりも低いといえる。頸部の堅牢さを重視していない点は、①頸部の屈折部に水平沈線が巡る（器壁が薄くなるため、頸部で割れやすい）、②原遺跡の遠賀川系深鍋にみられるような頸部下端がやや肥厚する特徴がみられない、などの事実からも補強される。

胴部の紐積み方法：　円筒下層式深鍋は接合休止部、連続部ともに外傾傾斜なのに対し、円筒上層式深鍋は接合休止部では蒲鉾形、連続積み上げ部では外傾傾斜である。縄文深鍋では、厚手・大型の器壁を支える必要がある場合（円筒上層式）や薄手で開きの強い形が普及する時期（後期中葉）では接合休止部を蒲鉾形に入念に調整してから次の 3 本積みサイクルに移るのに対し、円筒下層式（繊維を大量に混入）や青森の後期前葉のように比較的短時間で積み上げる時期では、接合休止部の接合線の形状が連続積み上げ部と大差ない（ただし、休止部では水平割口頻度が高い）、という傾向がみられる（小林正史 2015「縄文土器の紐積み方法」『三内丸山遺跡年報』18：57-95）。

金附遺跡の縄文晩期末～弥生初の深鍋は、接合休止部・連続積み上げ部ともに傾斜（ただし、縄文後期半ば以降は内傾接合に転換）する点で後者のタイプに属するが、円筒下層式深鍋に比べて傾斜が急である点が異なる（図２）。金附遺跡の方がより伸ばし圧着がより入念だったと解釈される。

原遺跡の遠賀川系深鍋は、「２ｃｍ前後の細めの粘土紐を２～３段積んだ後、休止」というサイクルが断面薄片の粒子配向と復元深鍋の水平割口の構成（長い水平割口が 5cm 程度の間隔で巡り、間に断片的割口が２段ある）から示されている（図３）。このように、東北の遠賀川系深鍋は、縄文施文や開放型野焼きなどの点で西日本の遠賀川式深鍋と異なるものの、①土製鍋蓋を伴う、②頸部を堅牢に作る、などの点で炊飯を強く意識した作りといえる。

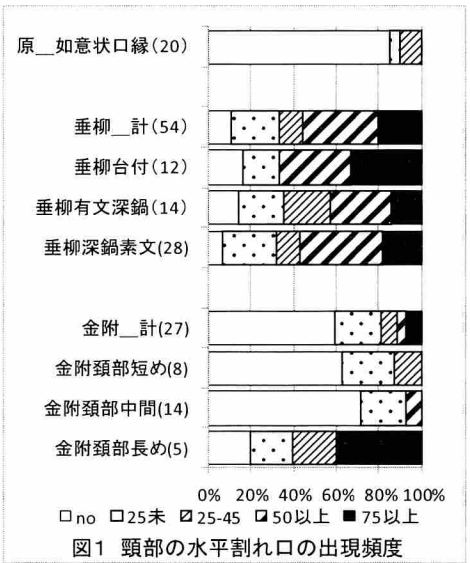


図1 頸部の水平割れ口の出現頻度

図２　金附遺跡

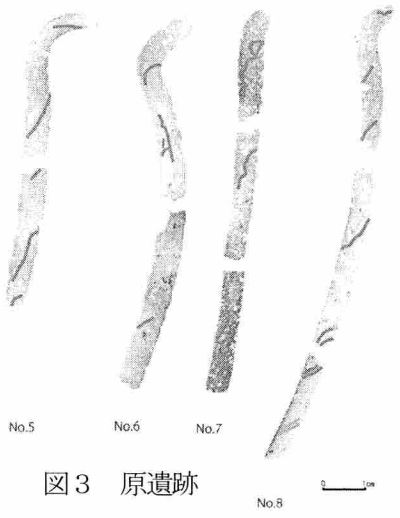


図３　原遺跡

A-03

須恵器窯跡の総合的な自然科学分析による構造の理解
—鹿児島県南さつま市中岳山麓窯跡群の発掘と分析の報告—

Understanding the structure of Sueki kilns from comprehensive scientific analyses:
Report on the excavation and analyses at the Nakadake Sanroku Sue Kiln Site Cluster in Minami-Satsuma, Kagoshima

○篠藤マリア M. Shinoto（ドイツ・ハイデルベルク大学）、大西智和 T. Onishi（鹿児島国際大学）、ホッフバウアー・ラデグント R. Hoffbauer（ドイツ・ボン大学）、ライト・ミハエル M. Raith（同）、シュテルバ・ヨハネス J. Sterba（オーストーリア・ウィーン工科大学）、クニップラート・ウーテ U. Knipprath（ドイツ・LVR 州立博物館）、中村直子 N. Nakamura（鹿児島大学）、鐘ヶ江賢二 K. Kanegae（鹿児島国際大学）

研究の背景　中岳山麓窯跡群は南さつま市に所在する、日本最南端の古代須恵器窯跡である。2014 年の発掘調査で、窯体の一部を確認し、層位の検討によって半地下式の窯と推定した。2014 年度末までの踏査・発掘で集めたサンプルの自然科学分析結果によって、窯構造と焼成の技術についての仮説を立て、これから予定する 5 年間にわたる本格的発掘調査に向けて、サンプル抽出・分析方法を計画する。

研究課題・サンプル・方法　窯体の塊や周囲の土壌・岩盤、須恵器破片のサンプル（合計 85 個、表採の物を含む）を採取し、考古学、鉱物学、物理学、保存科学の専門家や陶芸家との継続的な検討を行いながら、分析を実施している。以下の表に要約する。

方法	主な分析対象・サンプル	主な課題
焼成実験（陶芸家）	窯の基盤層から抽出	窯の基盤の耐火性、材料としての質
レントゲン	窯体（発掘したもの）	窯構造の把握（層状に重ねられる構築・修復など）
中性子放射化分析	微量元素多数の化学構成（土・窯体・須恵器破片、以下同じ）	遺跡内のいくつかの「化学的指紋」の構築に基づいて、材料の処理系譜の把握。（産地同定も）
蛍光 X 線分析	主成分・微量元素の量的構成	窯・土器材料の性質とその関係、材料の仕上げ？
X 線回折	鉱物学的構成、構造	窯・土器材料の性質とその関係、材料の仕上げ？
リートフェルト法粉末構造解析	鉱物の量的構成	鉱物の構成や結晶構造の変化に基づく焼成技術水準の把握（最高温度・温度を保つ期間など）
走査型電子顕微鏡分析	微細な結晶構造（以下は須恵器のみ）	焼成による粘土鉱物の結晶構造の変化
薄片顕微鏡分析	鉱物と元素の観察・同定	焼成による鉱物・粘土鉱物の変化による焼成温度や最高温度を保つ期間の把握；不純物や混和材の有無と性質の把握。これまでは須恵器片を対象にしたが、窯壁の計画的分析を予定している。
電子線アナライザー	元素分布（点的な変異）	
後方散乱電子顕微鏡分析	元素分布（固溶体の連続的変異）	
X 線元素分布マップ分析	元素分布（表面の広範囲）	

考察と仮説　考察の一部を図で紹介するが、分析結果はまだ確定した研究成果として認められない段階にあるため、仮説として述べたい。

窯跡周辺にある、風化段階の異なる礫と土の塊による遍在する黄色の土層は窯構築に、また須恵器の原料として重要である。耐火性の高い窯の基盤層を成す一方、窯体と須恵器の主な材料になる。須恵器用の素地は可塑性を増すように仕上げられた（液出、寝かしなど）が、窯用の土は植物と混ぜて、厚い層状に重ねられ、構築・修復に用いられたと考える。本遺跡の須恵器に既に現れている素地仕上げによる胎土グループが、窯にも現れているかどうかは、検討すべきである。焼成については、窯壁が最も低温焼成された須恵器よりも高い温度に達していたと推定されるが、これからの発掘での計画的なサンプル抽出は、最高温度・高温の保温期間と窯の壁形成・修復について詳細な検討が可能になると期待できる。

窯の立地は、消費地、薪、素地用の材料という条件だけではなく、窯の耐火性のある基盤層によっても選ばれたと推定される。

文献　中村直子、篠藤マリア　編（2015）『中岳山麓窯跡群の研究—Studies on the Nakadake Kiln Site Cluster—』鹿児島大学埋蔵文化財調査センター（http://hdl.handle.net/10232/23138）

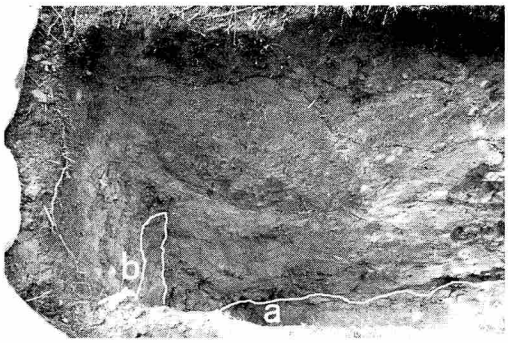


図1 窯体(a)と焼成実験用(b)サンプル抽出の地点。白線以下は窯体の赤い層である。

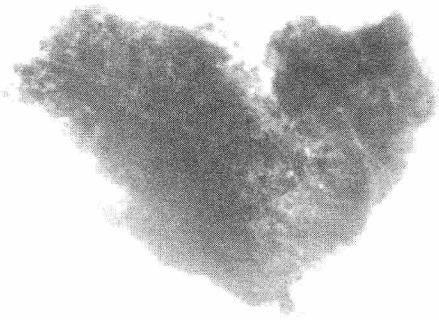


図2 窯体のレントゲン写真。アーチ型の層が現れているが、窯体片乾燥後、細かく分割し内部観察を肉眼で行った際には、このような層は確認できなかった。

図3 焼成実験の例。素焼き(下)と高温焼成(上)。いずれも低い収縮率で、窯の基盤層の耐火性を示しており、窯に適した地層であることを証明する。

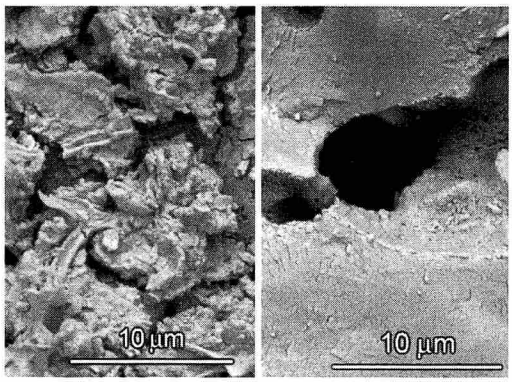


図4 走査型電子顕微鏡分析の例。低温焼成(左)と高温焼成(右)。これらの途中段階も、他の鉱物学的方法で具体的に追求できた。

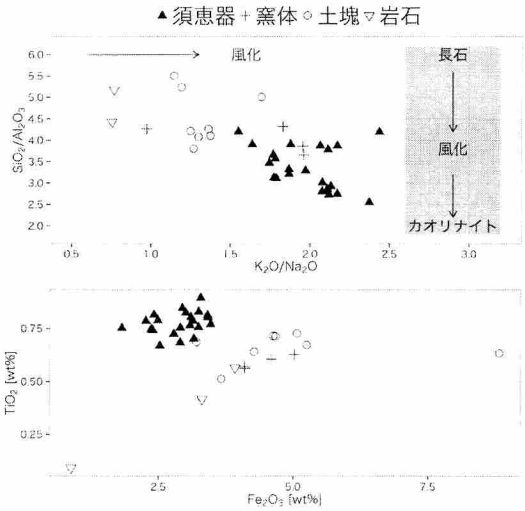


図5 蛍光X線分析の例。岩石・土・窯体・須恵器の関係性が分かりやすい(上)が、須恵器の素地の(過程不明の)仕上げの結果としてTiO_2とFe_2O_3が入れ替えられた可能性がある(下)。陶工の意識的素地仕上げの仮説を裏つける元素分析図もある。

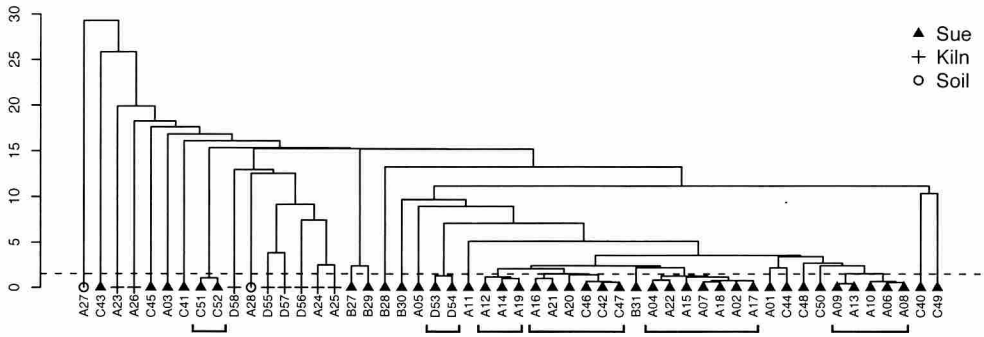


図6 中性子放射化分析によって得られたグループ(点線以下)。素地の違いによる様々なグループに分けられるが、今の段階では不安定で結論は出せない。サンプルが増えれば、窯と須恵器の素地仕上げの共通性と違いが現れると予想している。

本研究は JSPS 科研費 挑戦的萌芽研究課題番号 25508170「南九州の古代須恵器に関する学際的研究ーその生産技術の導入と発展ー」と JSPS 科研費基盤研究 (A) 課題番号 15H01902「南限の古代窯須恵器の生産と流通ー考古学的手法と自然科学分析の補完的研究ー」(代表者：中村直子) の助成を受けた。

A-04

八丈小島イシバ出土近世柄鏡の考古科学的研究

Archaeological and scientific study on the bronze mirrors with handles unearthed from *Ishiba* of the Edo period in Hachijo Kojima

○奥山　香（筑波大学大学院），谷口陽子（筑波大学），
内川隆志（國學院大學学術資料センター），深澤太郎（同）

1. はじめに

柄鏡は，室町時代末頃から江戸時代を通じて使用された日常用の青銅製品であるが，御神体をはじめ，副葬や儀礼にも利用されることがある。今日，柄鏡に関する研究は十分とは言い難く，特に製作年代・使用年代の点を追究するためには，出土資料に関する議論が急務である。さらに，柄鏡の金属材料について実証的に明らかにしようとした事例はほとんど知られていない。これを踏まえ，本研究では柄鏡出土資料の金属材料に関する基礎データを得ることを目的として，八丈小島所在の鳥打遺跡・宇津木遺跡より出土した柄鏡を対象に，蛍光 X 線分析法による金属成分分析を試みた。

2. 八丈小島イシバ出土の近世柄鏡について

八丈小島の北西部に鳥打遺跡が，南東部に宇津木遺跡が所在する。両遺跡には「イシバ（石場）」と呼ばれる，石祠や立石，石囲などの石製構造物によって構成される遺構が存在する。イシバは，集落からやや離れた海浜部に立地し，大漁祈願や雨乞いなど，生活に関わる万事に対し島民が祈願する場であった。このイシバにおける祭祀を特徴付ける遺物が柄鏡である。柄鏡の多くは石祠内で発見され，御神体か神への奉献品として用いられたと推察されている。柄鏡は，形態的特徴から，古くは 16 世紀末～17 世紀初頭に位置付けられるが，多くは 18 世紀以降の製品とされる。ほかに種々の陶磁器やガラス鏡なども出土していることから，イシバにおける信仰は江戸時代前期から現代に至るまで連綿と続いたものと考えられている（青木ほか編 1994）。

3. 分析方法

蛍光 X 線分析には，Niton 社製の可搬型エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 XL3t-950S を用いた。測定条件は，対陰極 Ag ターゲット，管電圧 50kV，管電流自動可変，測定視野 φ8.0mm，測定時間 40 秒，大気中である。定量値は，分析装置のソフトウェアが，FP 法により各元素のピーク強度をもとに算出したものである。本分析は表層に近い箇所の測定となるため，緑青等の腐食生成物や付着物の影響による測定結果の変動を考慮する必要がある。さらに測定位置による金属成分の差や，鏡面研磨等の表面加工の有無などを事前に確認した上で，柄部（柄欠損の場合には鏡背部）の測定データを用いることとした。

4. 結果と考察

分析を試みた 13 面の柄鏡には，主成分の Cu のほかに，合金材料として As，Pb，Sn，Sb が含まれていた（表 1）。また，Mg，Al，Si，P，S，Cl，Fe などの微量元素も検出され，特に Cl は約 3～10wt%と比較的多量であった。これは海浜部において長年風雨に晒された影響によるものと判断でき，柄鏡が露出した状態で使用されたことを如実に示す結果と言える。含有量上位 3 元素に着目すると，Cu-As-Pb 系，Cu-Pb-As 系，Cu-Pb-Sn 系，Cu-Sn-Pb 系の 4 グループに分類できる。また Sn の数値から，高錫青銅鏡は含まれないことが明らかとなった。一般に，Sn を 25～30wt%含むと白色化し，そのまま鏡として使用できると言われているが，本資料の場合には，仕上げに鏡面を研磨する必要があったと推察される。さらに，Sn と同様に As，Pb，Sb を添加した場合にも銅合金の硬度が増すことが知られているため（林ほか 2005），As，Pb，Sb は Sn のより安価な代用材料として用いられたと考えられる。しかし，As，Sb は，Cu，Pb の鉱石や，精錬を終えた Cu などに不純物として含まれることもあるため，本資料に含まれたものすべてが意図的に用いられたと断定することはできない。

柄鏡を金属成分に基づいて分類するために，As，Pb，Sn に着目し三角ダイアグラムを作成した（図 1）。これは 3 成分の和が 1 となるよう規格化したものである。さらに 3 成分の比と鏡背

に陽鋳された鏡師銘の関連性を検証した（図 2）。図 2 より，「重次」や「金吉」，「光永」，「光長」などの共通する銘をもつ鏡の金属成分に明確な類似性を見出すのは難しいことが明らかとなった。また，柄鏡初現期では「天下一」銘が主体で，Sn 含有量の比較的高い製品が多いとされるが，「天下一」銘をもつ 2 面には金属成分に類似性がない上，Sn の含有量も決して高いとは言えないことが判明した。本研究では，柄鏡の金属材料は一様でなく，また製作工人・製作時期と金属成分に明確な関連性がないことが確認された。この要因として，近世においては，「踏み返し」によって，鋳出銘とは異なる工人による鋳鏡や，製作時期の遡る鏡を原鏡とする同型鏡の製作が可能であったこと，さらにはスクラップを鋳直して金属材料として再利用した可能性が高いことなどが想定される。このような問題を踏まえた上で，本資料とほかの出土・伝世資料や青銅製品などを比較し，柄鏡の金属成分的特徴を明らかにするための検証を重ねる必要がある。

表1　本研究で扱う資料に用いられた主要金属材料　　単位：wt%。<LOD：検出限界以下。

No.	資料名	Cu	As	Pb	Sn	Sb	含有量上位3元素に基づく分類
1	宇津木2号鏡	62.0	7.4	5.9	1.4	0.93	Cu-As-Pb
2	宇津木3号鏡①	66.7	3.7	3.3	0.71	0.78	
3	宇津木採集鏡	65.9	3.6	2.4	0.03	0.15	
4	鳥打4号鏡	34.5	4.3	15.0	3.1	0.93	Cu-Pb-As
5	鳥打8号鏡	64.5	1.2	3.8	0.63	0.22	
6	鳥打9号鏡	57.5	4.7	10.7	0.04	1.0	
7	宇津木1号鏡①	45.0	5.8	11.5	3.2	0.28	
8	宇津木1号鏡②	36.8	7.8	21.6	0.79	0.40	
9	宇津木3号鏡②	48.7	4.6	9.5	2.8	4.3	
10	宇津木6号鏡	54.2	7.5	8.3	3.6	0.19	
11	宇津木17号鏡	40.1	7.9	15.7	0.20	4.9	
12	宇津木3号鏡③	49.4	3.1	8.2	6.3	0.48	Cu-Pb-Sn
13	鳥打7号鏡	62.2	0.31	2.8	5.6	< LOD	Cu-Sn-Pb

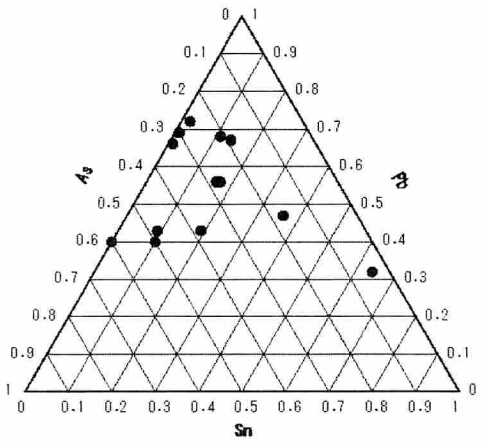


図1　本研究で扱う資料のAs-Pb-Snの比

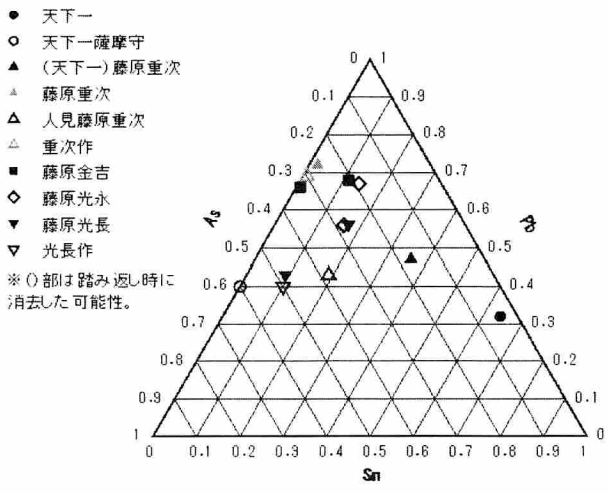


図2　As-Pb-Snの比と鏡師銘

謝辞

本研究を行うにあたり，柄鏡の出土資料を調査する貴重な機会を与えてくださった八丈町教育委員会に，記して感謝申し上げます。

参考文献

青木　豊ほか編　1994　『東京都八丈町鳥打遺跡・宇津木遺跡調査報告書』　八丈町教育委員会.

石井　匠・内川隆志　2013　『島々の聖地　八丈島・八丈小島・青ヶ島（伊豆諸島）・南大東島（南西諸島）編』　國學院大學研究開発推進機構学術資料館（考古学資料館部門）.

林　聖振ほか　2005　「江戸後期銅鏡の組成および金属組織」『文化財保存修復学会誌』第 49 号　75-85 頁.

A-05

画像認識を用いた木質文化財の樹種判定システムの構築

Wood identification system for culturally important artifacts by image recognition

○小林加代子（京都大学）　赤田昌倫　今津節生（九州国立博物館）
鳥越俊行（奈良国立博物館）　杉山淳司（京都大学）

1．緒言

木質文化財に用いられている木材の樹種を特定することは、文化財の保存や継承の観点のみでなく、歴史的な背景を理解する上でも非常に重要である。しかしながら、木材の樹種識別で通常用いられる手法は木材の断面を切り出して顕微鏡による組織観察を行うというものであるために貴重な文化財に対しては適用できない場合が多く、非破壊的な新手法の開発が望まれている。

現在、九州国立博物館では大型X線CT装置を導入し、多数の木質文化財について非破壊的な調査を行っている。ここで得られたデータは、その内部構造や製作技法など、これまでに数多くの有用な情報がもたらしているが、用いられている木材の解析には及んでいなかった。得られるデータの解像度は最大でも0.05mm程度であり、数μm～数十μmの組織構造に関する情報は得られないためである。しかしながらCTデータから得られる木材の二次元断面画像（以下、CT画像）を見てみると、年輪等の木目が明瞭に観測される。CT画像の濃淡は密度の差異に対応するものであるため、組織構造を直接観察することはできなくとも、樹種間の組織構造の違いがCT画像には反映されているはずである。

画像認識は顔認識や文字認識をはじめとして現在では我々の身近に広く用いられている技術であり、未知の物体の画像から特徴を抽出し、これを予め学習させたデータベースと照合させて物体を特定するというものである（図1）。本研究ではこのような技術をCT画像に適用し、木材の識別が可能であるのかを検討することにした。また実際の文化財においては、木部が占める部分が小さい、像が大きい、全体の密度差が大きい等の理由から得られるCT画像の質（観測領域のサイズ、解像度、グレーレベルの階調数）が十分に確保できない場合が想定される。従ってこれらの条件を変化させた複数の画像データセットを用意し、各条件の画像を用いた場合のシステムの識別精度を推定することにした。

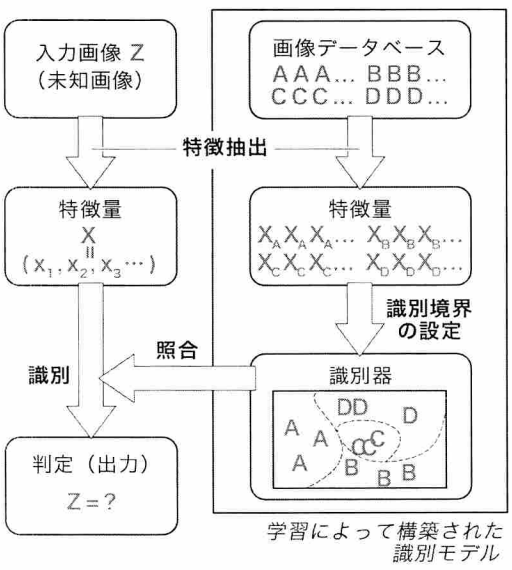


図1：画像認識システムの概略図

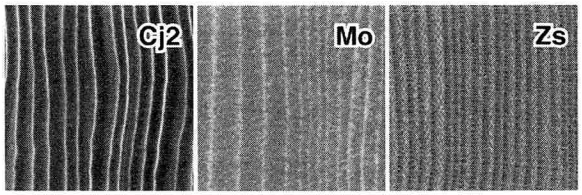


図2：使用した木口面のCT画像の例
（Cj2: 天然スギ、Mo: ホオノキ、Zs: ケヤキ）

2．実験方法

木材試料として *Cinnamomum camphora*（クスノキ）, *Cercidiphyllum japonicum*（カツラ）, *Cryptomeria japonica*（スギ）, *Chamaecyparis obtusa*（ヒノキ）, *Magnolia obovata*（ホオノキ）, *Pawlounia tomentosa*（キリ）, *Torreya nucifera*（カヤ）, *Zelkova serrata*（ケヤキ）の 8 種類の樹種に加え、スギとヒノキについては植林および天然林由来のものを用いた。この計 10 種類の木材試料について九州博物館において X 線 CT 測定を行い、得られたデータから木口面の CT 画像を 40 枚ずつ切り出した。画像は 1.5 cm x 1.5 cm、解像度 0.05 mm、256 階調とした（図２）。

これら 400 枚（10 種類×40 枚）の元画像セットから、画像の観測領域、解像度、階調の 3 種類の画質を低下させた新たな画像セットを作成した。作成した画像セットは、3 種類の観測領域(1.5 cm x 1.5 cm , 1 cm x 1 cm, 0.5 cm x 0.5 cm)、5 種類の解像度(0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 mm)、6 種類の階調（256, 128, 64, 32, 16, 8）を持つ計 90 通り（元画像セットを含む）となった。各画像セットについて、以下の解析を行った。

各画像から GLCM を構築し、続いて GLCM から 15 種類の特徴量を算出した [1,2]。識別法としては *k* 最近傍法を用い、交差検証法によって判定精度を推定した。

3．結果と考察

図３に示したのは全 90 通りの様々な画質条件を用いた場合に得られた正答率である。画質を低下させる前の元画像セット（図３(a) 1.5 cm x 1.5 cm、解像度 0.05 mm、256 階調）から得られた正答率は 0.99 を超える非常に高い値であり、ほぼ 100%の確率で樹種判定が可能であるということを示していた。ただし画質を低下させていくと、正答率も徐々に低下した。特に観測領域のサイズの低下に伴う予測精度の悪化は顕著であり、0.5 cm x 0.5 cm まで小さくなると解像度が 0.1 mm 以下では 95%の精度にも達しなかった。解像度の低下によっても予測精度の明確な低下が見られたが、観測領域が 1.5 cm x 1.5 cm 確保できる場合においてはそれほど大きな低下は示さなかった。一方、グレーレベルの階調の低下は予測精度にそれほど影響を与えておらず、少なくとも 32 階調程度があれば高い精度の識別が可能であることがわかった。

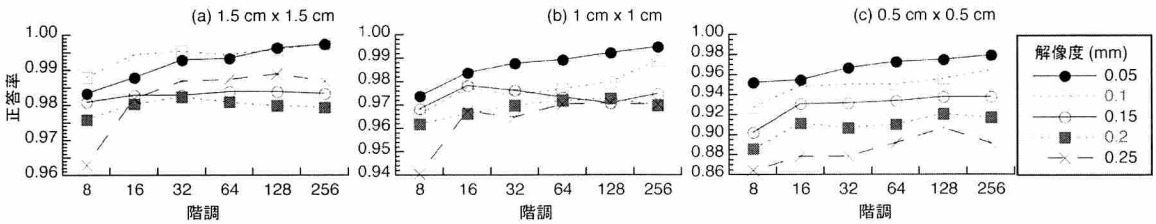


図３：各条件の画像を用いた際に予測される樹種判定の精度

文献

1) Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I., Textural Features for Image Classification, *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, **3**, 610—621, 1973.
2) Albregsten, F., Statistical Texture Measures Computed from Gray Level Coocurrence Matrices.

A-06

文化財用 X 線 CT の輝度情報を用いた木材樹種調査への応用

Application to wood identification using the luminance of X-ray CT

○赤田昌倫*、今津節生*、杉山淳司**、小林加代子**
*九州国立博物館、 **京都大学

1. はじめに

九州国立博物館では文化財用 X 線 CT を用いて、数多くの文化財の「文化財の健康診断」と「構造調査」に関わる観察を行ってきた。一方で医療用または工業用 CT の活用をみると、物質の密度や X 線吸収係数などからコントラスト（輝度値）を数値化し、目に見えない部位に存在する物質の同定や状態変化などに応用されている。これは文化財の材料調査を中心に様々な調査においても非常に有効である。本研究グループにおいても木彫仏などの木質文化財について CT で得られたデータを検証し、樹種同定等に役立てるべく研究を進めている。今回の発表では、文化財用 X 線 CT から算出した輝度値と物質の比重との関係性や、輝度値を算出する際の木材の部位のデータサンプリング方法について検証を行ったので報告する。

2. 調査条件と調査対象

木材のヒストグラム（輝度値）は CT 像全体のコントラストを示すヒストグラムから対象となる木材のヒストグラムを抽出し、それを数値化したものを用いた。木材のヒストグラム抽出には、直径約 7 mm 長さ約 7 mm の円柱形の範囲を指定し、このデータは空気を含まず木質のみの 3 次元データとなるよう留意した。この作業には VolumeGrafics2.2 を使用した。

樹種による比重の違いを検証するため、樹種とその比重が既知である標準資料を使用した。標準資料は京都大学生存圏研究所から提供された約 10mm 四方の資料で、樹種はアカガシ、イロハモミジ、ウリハダカエデ、エゾマツ、キリ、サワグルミ、サワラ、ドロノキ、ホオノキ、モミ、ミズメ、ヤマグルマであった。

次に心材と辺材における輝度値の変化について検証を行った。この調査にはスギ材を使用し、肉眼観察において心材と辺材で大きな色調差が確認できる資料である。図 1 に心材と辺材のデータサンプリング位置を示す。心材からは木材の中心部から 15 点を、辺材は最外周から 24 点とした。どちらの調査においても X 線 CT 撮影は九州国立博物館の YXLON International 社製 Y.CT Modular 320FPD を使用した。スキャンパラメータは管電圧 320kV、管電流 2.0mA、ピクセル分解能は約 0.25mm であった。X 線管と木材の距離は 471mm とした。

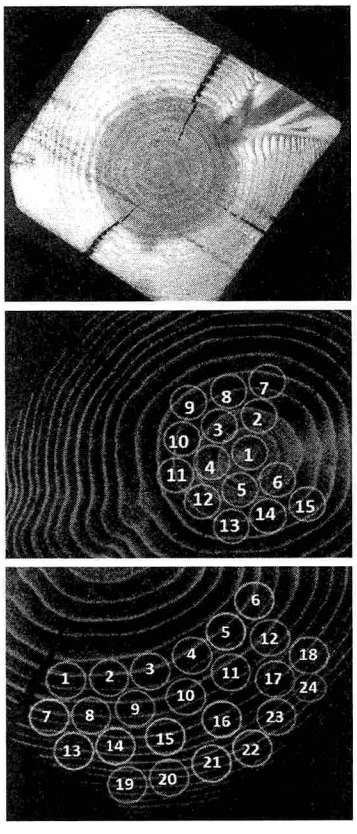


図 1 心材と辺材のデータサンプリング位置

3.　結果と考察

図２に標準資料の輝度値と比重の相関図を示す。各資料の比重を、CT 像のヒストグラムから輝度値を算出し XY でプットした結果、相関係数が R^2=0.996 と非常に高い数値を示した。各樹種について相関図のプロット位置をみると、キリ、アカガシは特徴的な数値を示し、相関図から樹種について同定できる可能性があることがわかった。一方で、エゾマツ、サワグルミ、サワラ、ドロノキ、モミジなどは近い数値を示し、これらの同定は困難であることがわかった。

CT 像から算出した輝度値は比重と相関性があることを確認したので、次に木材の部位による輝度値の変化について検証を行った。その結果、心材の輝度値はサンプリングする部位によって輝度値が大きく変化する結果が得られた。特に木材の中心とそれに隣接するように年輪に沿ってサンプリングした６点（No. 1 ～ 6 ）の輝度値の平均は 206.3 であったが、その外周の７点（No. 7 ～15）の輝度値の平均は 179.3 と大きな数値差が発生しており、サンプリング位置によって輝度値は大きく変化することがわかった。次に辺材の輝度値については、No. 1 ～ 6 の平均が 159.9、No. 7 ～12 が 159.2、No.13～18 が 155.8、No.19～24 が 161.5 と、１点１点のばらつきはあるが、年輪に沿った列ごとの平均値は近い数値を示した。

4.　結論

今回の検証結果から、九州国立博物館の文化財用 CT において比重と高い相関性を持つ輝度値を算出することができることがわかった。また、心材と辺材によるサンプリング位置の違いによる、輝度値のばらつきについて検証した。その結果、心材では輝度値のばらつきが大きく、辺材の輝度値はばらつきが小さいことがわかった。この輝度値の情報は木質文化財に使用された樹種同定などに適応できることが考えられた。同一樹種においても水分率の違いなど考慮すべき点は多々あるが、検証を続けたいと考えている。

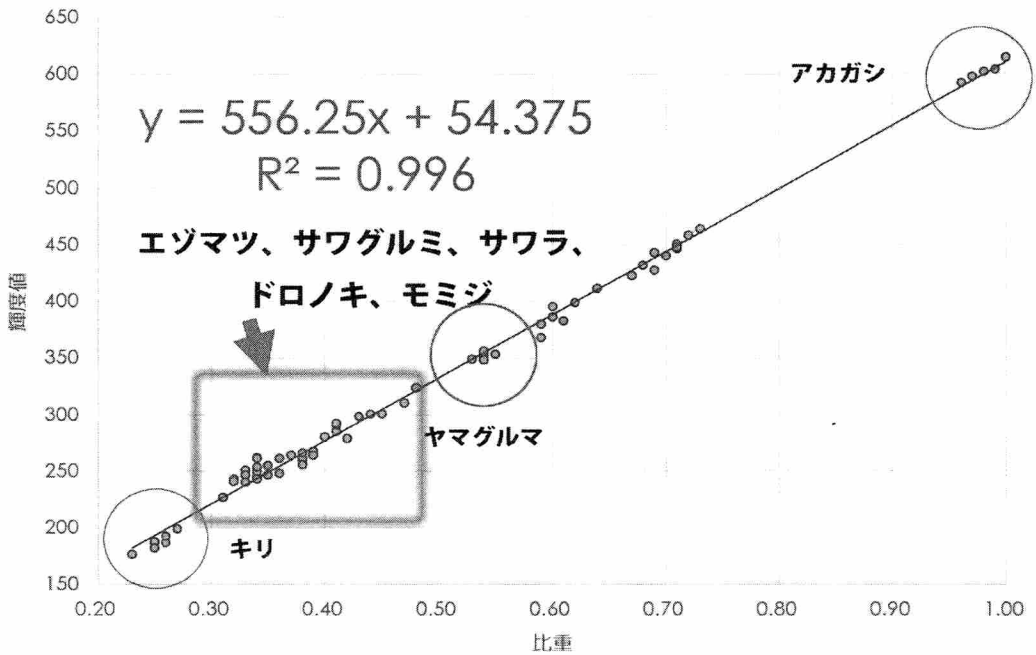


図２ 木材輝度値-比重相関図

A-07

X線CTを用いた鋳型の構造調査

Study of structure for internal mold using X-ray CT

○ 今津節生・赤田昌倫（九州国立博物館）・森井千賀子（春日市教育委員会）・遠藤喜代志（遠藤鋳金工房）・加藤和歳（九州歴史資料館）・武末純一（福岡大学）・柳田康雄（國學院大學）

○ Setsuo Imazu, Masanori Akada (Kyusyu National Museum), Chikako Morii (Koga City Boaed of Education), Kiyoshi Endo(Endo Tiyukinn Studio), Kazunori Kato(Kyushu Historical museum), Junichi Takesue (Hukuoka University), Yasuo Yanagida (Kokugakuin University)

1. はじめに

古代金属器の製作技法は、文化の広がりや技術の拡散など、技術史を研究する上で特に重要なテーマである。中でも鋳造品の製作技法は、金属器などの製品を対象に微細な変化の観察や三次元計測による比較、X線透過撮影による観察をおこなっており、製品から見た鋳造技法に関わる多数の報告がなされている。

鋳造品の型となる鋳型は石製・土製の鋳型共に調査研究例が少ない。特に土製鋳型は極端に出土例が少ない上に、土製鋳型の製作技法やガス抜き構造などを知るためには鋳型そのものを切断あるいは破壊して調査する必要がある。著者らの研究グループは、我が国において青銅器の鋳造が開始された弥生時代中期前半（紀元前2世紀）の青銅器鋳造遺跡として注目される春日市須玖タカウタ第5次遺跡出土の土製および石製鋳型片の非破壊調査を契機として、2種類のX線CTスキャナ（大型X線CT、マイクロX線CT）を使用して鋳型の製作技法に関する非破壊調査を行ったので報告する。

2. 調査の目的と試料

本調査は、出土直後の土製鋳型を非接触・非破壊でCT調査することによって、表面洗浄等によって攪乱を受けていない土製鋳型の表面情報を記録すると共に、鋳型の内部構造を詳細に把握することによって、鋳型の製作技法やガス抜き構造を検討することを目的としている。調査に用いた資料は春日市須玖タカウタ第５次遺跡出土の土製鋳型片および筑前町東小田峰遺跡出土鋳型片である。さらに土製鋳型の製作技法を比較検討するために再現実験品（遠藤喜代志氏作製）についても同条件で調査した。

3. 調査の方法（２種類のCTと空間解析）

X線CTは試料全体の撮影のために九州国立博物館に設置した大型CT装置（YXLON社製 Modular FPD320kV）および高分解能のマイクロフォーカスX線CT（Bruker社製 SkyScan1272）を使用した。撮影条件は、YXLON社製X線CTが電圧225kV，電流1.3mA，XYZピクセルサイズ 130um、Bruker社製マイクロフォーカスX線CTが電圧75kV，電流1.25mA，XYZピクセルサイズ 5umであった。双方から取得したCTデータをCTデータ解析ソフト（VOLUME GRAPHICS社製 VG Studio Max）を用いて3次元表示すると共に鋳型の詳細な断面構造を観察した。さらに、CTデータ解析ソフトを使って空間の体積データ（VOXELデータ）から閉鎖空間の表面形状（STLデータ）を摘出して、鋳型の中に散在する空間を可視化した。この操作によって、鋳型のガス抜きを目的として真土に添加した有機物が焼結してできた空間の形状と分布を認識することができる。さらに、欠陥・介在物解析モジュールを用いて鋳型の中に散在する閉鎖空間の体積を計測した。鋳型毎に空間の体積ヒストグラムを比較することによって土製鋳型のガス抜き構造の違い検討することができる。

4. 結果と考察

須玖タカウタ遺跡から発見された土製鋳型から内部に存在する空間を摘出して可視化した（図1.2)。空間解析によって土製鋳型の製作時に混合した有機物が焼けて空洞化した空間の形状を認識することができた。この空間は鋳造時のガス抜きに効果を発揮すると考えられる。さらにこの空間の形状を詳細に観察すると、多くは断片化しているが、一部にストロー状の形態(直径2.2㎜、長さ9.6㎜）を確認した（図3.4)。これは粉砕されずに残った植物の茎の可能性がある。

真土に籾殻を混入して制作した再現実験の土製鋳型と須玖タカウタ遺跡の土製鋳型について、閉鎖空間の体積ヒストグラムを算出した。その結果、須玖タカウタ遺跡出土土製鋳型の閉鎖空間の体積分布は 0.1～0.2㎜^{3}の間に強く現れ(図5(a))、一方で籾殻混入再現実験鋳型では、0.5～0.6㎜^{3}に籾殻に由来する閉鎖空間の体積分布を確認することができた(図5(b))。

今回の調査結果から、須玖タカウタ遺跡出土土製鋳型の閉鎖空間は籾殻を混入した再現実験品よりも体積が小さく高密度に存在すると考えられた。また土製鋳型は籾殻のように定型化した粒状の有機物を真土に混入するのではなく炭化した有機物を粉砕して混入した可能性がある。

このように、文化財の調査にX線CTを用いることによって、非接触・非破壊で構造調査を行うと共に、空間を可視化して定量化することによって制作技術の解明にも寄与することもできる。

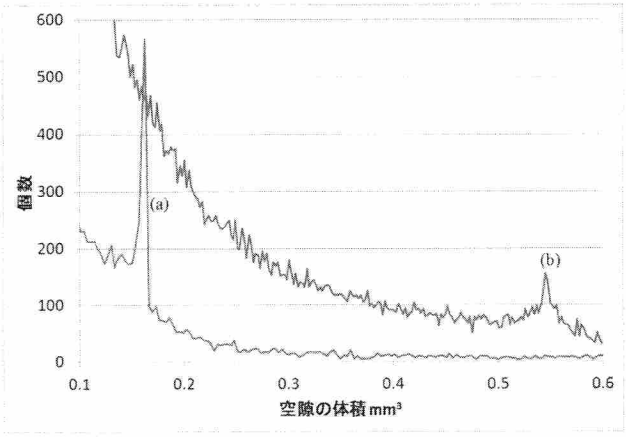


図5 閉鎖空間の体積ヒストグラム (a) 須玖タカウタ遺跡出土鋳型 (b)籾殻混入再現実験鋳型

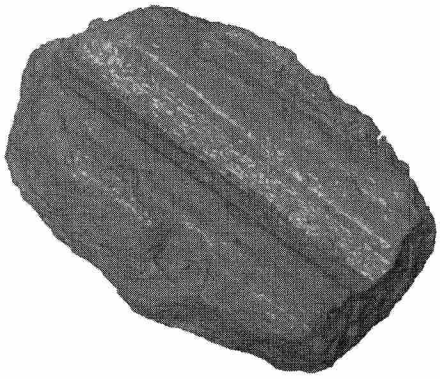


図1 須玖タカウタ遺跡 土製鋳型の3次元像

図2 空間を可視化した3次元像

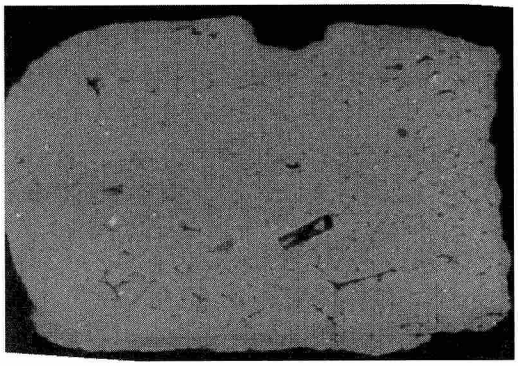


図3 土製鋳型の断面像

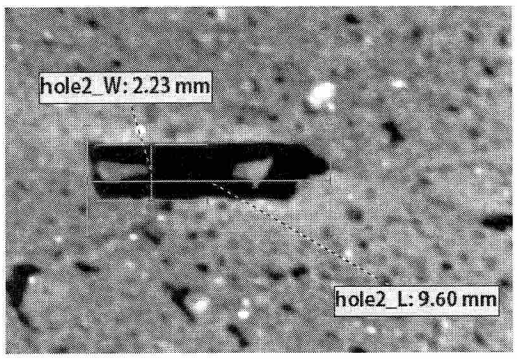


図4 茎状の空隙の拡大

A-08

X線CT分析による秋田県南秋田郡五城目町中山遺跡出土竪櫛の製作技術

Investigation of the fabrication technique of decoration combs excavated from the site of NAKAYAMA in AKITA prefecture by use of X-ray CT analysis

○片岡太郎（弘前大学）、鹿納晴尚・佐々木理（東北大学総合学術博物館）、上條信彦（弘前大学）

1. 研究の背景および目的

筆者らは縄文時代の漆工品の製作技術を解明するために、従来の塗膜分析やレントゲン調査等に加えて、X線CT（X-ray computed tomography）による非破壊内部構造解析が有効であること示した（片岡ら2015a、2015b）。X線CT撮影によって、断層像から物体の3次元コンピュータグラフィックス（3DCG）として精細な画質が得られ、従来の2次元画像では判断の難しかった箇所の詳細な観察が可能となった。

中山遺跡は縄文時代後期・晩期を主体とする遺跡で、八郎潟の東、馬場目川左岸の独立丘陵状の台地と隣接する谷底の低湿地に立地する。これまで、明治33年（佐藤初太郎1900）、昭和57・58年・平成2年（秋田県五城目町教育委員会1983・1984・1991）、平成23～25年（弘前大学）に調査が行われている。その結果、縄文時代後期後葉～晩期の土坑墓と竪穴住居址のほか、谷部の低湿地より捨て場が検出され、漆塗弓や竪櫛、籃胎漆器、漆濾布等の多くの漆関連資料が検出された。そこで本研究では櫛歯の固定方法など従来指摘されている以上の漆製品の製作技術を解明することを目的とし、X線CTを使った非破壊・非接触による内部構造解析を行った。

2. 調査資料と分析方法

2.1 調査資料

竪櫛は昭和59年の発掘調査において検出された竪櫛（秋田県指定有形文化財・考古資料、五城目町教育委員会蔵）1点である。時期は縄文時代晩期前葉（大洞B～BC式）と推定される（図1-A～C）。結歯式で、台形の頭部だけが残存する。また正面からみて右側面が欠損する。櫛歯の本数は、その欠損孔の数から現状15本確認できる。頭頂部付近の両端と基部の中央付近（正面・背面）に突起が付く。また、櫛歯軸に対して垂直に歯を固定する2本の桁がある（正面と背面）。なお、蛍光X線分析により、赤色顔料はベンガラと判明している。

2.2 X線CT装置による分析

X線CT装置は、東北大学総合学術博物館の高出力大型標本用CT装置（コムスキャンテクノ株式会社ScanXmate-D180RSS270）を使用した。撮影条件は、X線管電圧：100kV、X線管電流：100μA、解像度：61.5μmである。断層像の再構成には、conCTexpress（有限会社ホライトラビット社製）を使用した。撮影データの表示と3DCGの解析は、Molcer（有限会社ホワイトラビット社製）とCTAn / CTvox（Bruker Corporation Skyscan1174）またはMeshlab（Itarian National Research Council Visual Computing lab）で行った。

3. 結果と考察

断層像は全1220スライス（画素ピッチ0.127pixel）であるが、例として、1スライスの断層像セットを示した（図1-D）。断層像は、白黒の8bit（256色）のグラデュエーションで表現し、白色へ近づくほど密度が高い部分となり、逆に、黒色へ近づくほど密度が低いことを示す。ベンガラ層と塑形層は相対的に密度が高い状態で遺存している一方で、櫛歯は内部においてもほぼ完全に消失している。この空洞化した部分は櫛歯の形状を反映していることが明らかである。

特に、塑形層に着目すると、塑形材よりも相対的に密度が低い状態で、櫛歯を固定する紐の痕跡が明瞭に確認された。紐は各櫛歯を編み込みながら横方向に進んでおり、桁の有る場所と推定された位置と合致した。従来、櫛歯を固定するために木の桁の存在や彫刻による整形が指摘されているが、今回の観察の結果、櫛の製作の際、桁で固定しないうえ、整形を編組技術の応用によって行われたことが明らかとなった。

詳細を検討するために、相対密度が低い紐部分と空洞化した櫛歯部分について3DCG化した（図1-E～K）。その結果、紐は径0.6mmで左撚り1段であることがわかった。また、紐による櫛歯の固定方法は、V字状に連続して組み込み、断層像と合わせて考えれば、櫛歯4本に対して一回巻付けて内側に固定し、これを連続して端まで続く技法であることが判明した。櫛歯の形状は、頭頂部ほど扁平な形状であり、幅が約5mm、厚み

が3㎜である。櫛歯は基部へむかうほど徐々に丸みを帯びて、直径が4㎜の円柱状と変化を付けて製作されていた。また、紐による櫛歯の固定方法が、櫛歯4本1単位で規則正しく組み込まれているならば、櫛歯の合計は4の倍数となるはずであり、一側面を欠損する本資料の場合、頭部の基本形状が台形であることを合わせて考えると本来16本の櫛歯であることが推測できる。

次に、表面の6箇所（正面と背面それぞれ3箇所ずつ）に見られた突起部分を見てみると、ちょうど紐を結び玉にしていることから、この突起自体も従来いわれていた粘土や木屑漆等で成形したものではなく、紐組みを利用してデザインしていることが判明した。

以上、X線CT撮影から得られた断層像と3次元画像解析から、中山遺跡出土の竪櫛について、櫛歯の形状と紐を使った固定方法について解明できた。縄文時代晩期には頭部が複雑な竪櫛が多数見られるが、その技術的背景のひとつとして編組技術の応用が挙げられる。

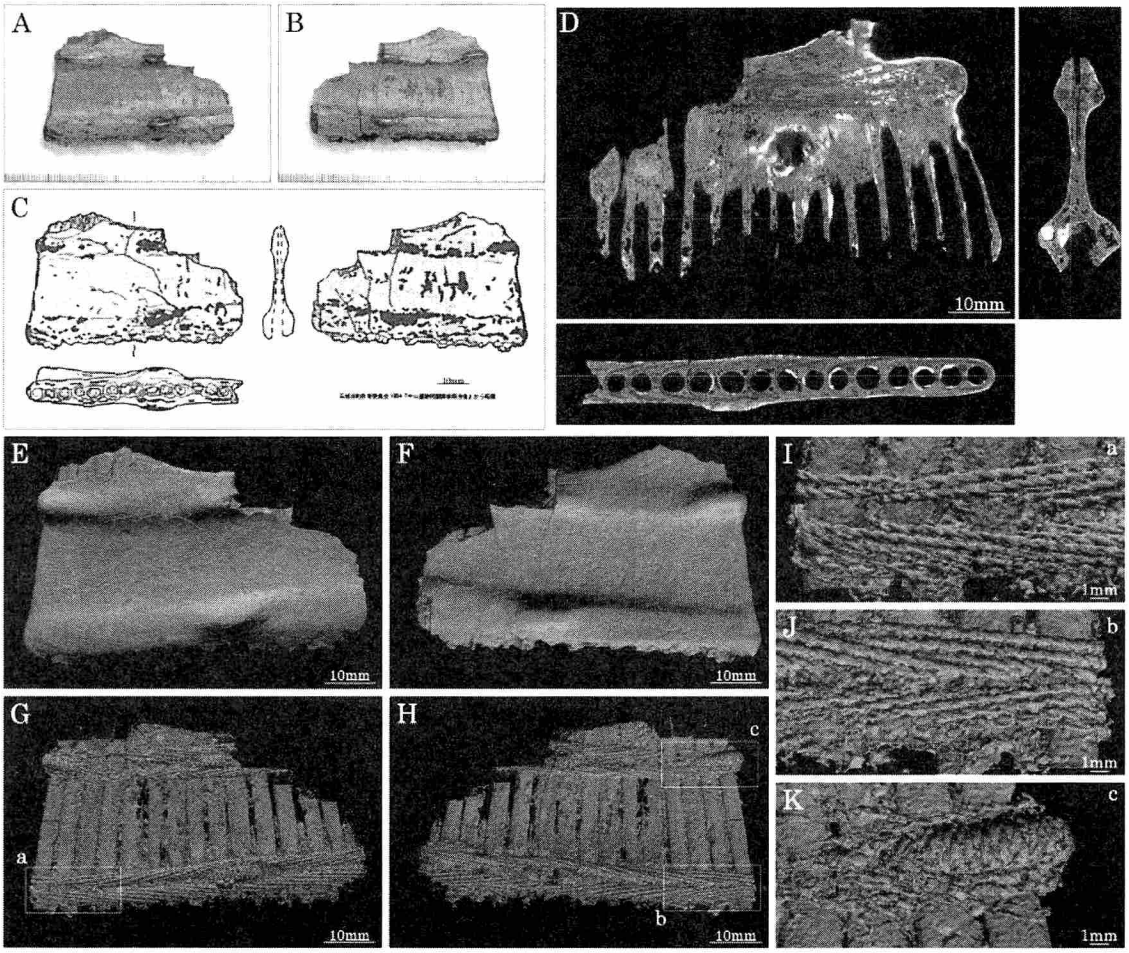


図1　中山遺跡出土竪櫛の構造

A：現状写真（正面）、B：現状写真（背面）、C：実測図、D：断層像、E～H：3DCG、I～K：3DCG各部分の拡大

【引用・参考文献】

佐藤初太郎1900「石器 中山」

五城目町教育委員会1983・1984・1991『中山遺跡中山遺跡発掘調査報告書』

片岡太郎ら2015「宮城県大崎市根岸遺跡出土籃胎漆器の製作技法-X線CT分析を使った構造調査-」『東北歴史博物館研究紀要』16東北歴史博物館pp. 53-58

片岡太郎ら2015「青森県板柳町土井(1)遺跡出土漆器類の材質同定と製作技術の解明」『考古学と自然科学』67日本文化財科学会pp. 2-23

A-09

無形文化遺産としての食文化遺産の社会調査と教育
Social research and community education of food culture heritage as intangible cultural heritage

○津村宏臣(同志社大学文化情報学部)、 山口雄治(岡山大学埋蔵文化財調査研究センター)
森本達平(NPO 法人人文社会調査研究支援機構)

はじめに

本研究では、東瀬戸内海沿岸地域における無形文化遺産を対象とした定量社会調査を実施した。具体的には、世代や性別に関わらず地域教育との関連がある「食文化遺産」を対象とし、大規模アンケート調査を実施した。岡山・兵庫・香川・徳島の瀬戸内海に面する市町村の全小・中学校を対象とし、876 校にアンケート用紙を送付、2015 年 3 月段階で約 50%の高回答率であった。食文化と地域教育と無形遺産の相互に各小中学校教育が高い関心を示していることが分かった。回答内容は概報では①給食実施の教育施設では一定の地域文化教育の中で食を扱っていること、②①の効果が社会活動と関連しないため地域知としてではなくイベントとして扱われていること、③地産地消のキーワードが現在の流通経済と拮抗し食文化遺産が消えつつあることが認知されているが行動ができていないこと、などが明らかとなった。

1. アンケート内容と調査方法

無形遺産としての地域食文化のあり方をかんがえる上で重要なことは、文化の担い手である食を産み出す背景である社会に着目することである。特に、伝統食や地域食と呼ばれる遺産としての地域知 (Local Knowledge) は、構造的であり、技術や環境の保全や保護だけでは知の劣化を止めることは出来ない。そこで、包括的かつ構造的に、現状の地域知のあり方を評価するため、本研究では、知の未来の担い手である児童への食育に着目して社会調査アンケートを実施することとした。

アンケートは、大きく 3 項目に設定した。第 1 項目では、各小中学校の回答いただく教職員、担当者の個別的属性を明らかにすることを目的に、性別や担当学年、専門教科、役職、地域知の前提となる回答者の出身 (在職地と同一か否か)、課外活動との関連を知るための担当や役割などを質問した。第 2 項目では、地域と食、地域と教育、地域と産業などに関して質問した。特に、所在する学校の地域に関する正しい知識をどの程度教育に反映できているか、あるいは、その意図があるかどうかを明らかにすることが目的であった。また、給食あるいは地域の地産食材などに関して、SD 法や自由選択法によってその正答や背景評価画行えるデータとした。第 3 項目は、地域振興や地域の活性化と食文化遺産との関連について、回答者が自由に感じることを記載する方式での質問とした。アンケート用紙は骨子作成を 2014 年 12 月に、整版を 1 月に送付し、3 月末日までの回収をおこなった。アンケート回収率は 47.0%であった。

2. アンケートの基礎集計

アンケートのうち、幾つかの特徴的な結果をまとめる。

地域知を教育との連携で可能とする学校と地域ののつながりや、生徒と地域との連携活動については、Fig. 1 のような結果になった。地域との関連をもつ活動を行っているとする学校は 93%にのぼり、具体的に課外活動として児童・生徒と地域が連携して何らかの活動を行っていると回答した学校は 75%であった。具体的には、清掃活動やボランティア活動などが多い。

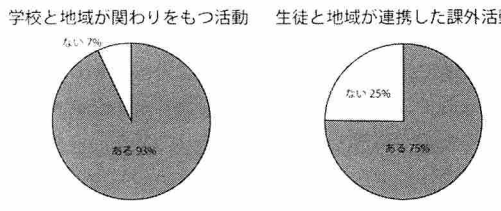


Fig. 1　地域との関連を持つ活動について

ただこうした実践型の地域知教育に関して言

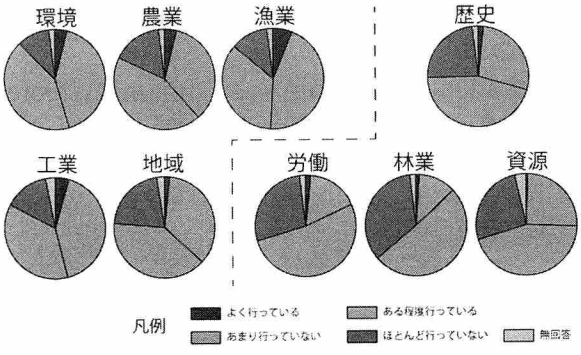


Fig. 2　瀬戸内海に関する地域教育の実践傾向

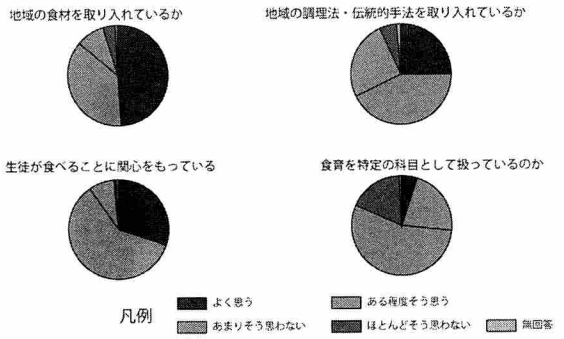


Fig. 3　学校給食・食育に関する献立の傾向

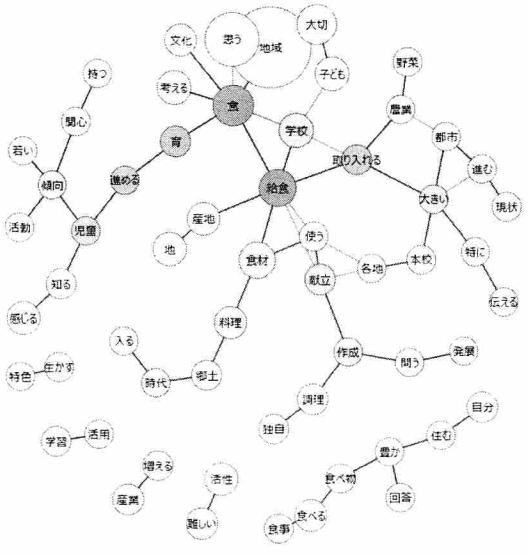


Fig. 4　自由記述項目の共起分析結果

えば、具体的には、より広域の地域に関しての実践がなされているわけではない。この地域教育に関して、「瀬戸内海」の地域教育に関して集計すると、瀬戸内海に関する教育の実践は、必ずしも多くない。「よく行っている」「ある程度行っている」と回答した学校は、50%を下回る。特に実践度が低かったのは瀬戸内海と歴史、林業、労働に関する教育においてであり、25%にも満たない分野もある。反対に多かったのは漁業、農業、環境、工業であった。

これらからは、学校教育では地域と結びついた具体的な活動はおこなっていても、瀬戸内海という地域キーワードとは結びついていないことがわかる。地域力を高める活動として、または人間力を育成する活動として、必ずしも瀬戸内海との関わりに積極的である必要はないのかもしれない。しかし、自らの生きる地域が、歴史的に瀬戸内海という環境特性によってはぐくまれてきたことを考えれば、少し残念ともいえるだろう。これは、学校教育において瀬戸内海と歴史教育に関する実践が低いことからもうかがえることである。

一方で、具体的な食文化遺産に関する教育についてかんがえると、学校給食に関するアンケート項目では、地域の食材、伝統的な調理方法を積極的に取り入れており、また食育が特定の科目とかかわることなく実践されていることがわかる（Fig. 3）。

3. 自由記述回答で見える傾向

上の社会科としての地域教育と、食文化・歴史研究としての地域教育との間にギャップがあることは、事実どのように認識されているか。地域振興や地域の活性化と食文化遺産との関連について、回答者が自由に感じることを記載する方式では、多くの回答が得られた。Fig. 4 はその自由記述回答の内容を形態素に分割し、多くの回答者がどのように考えているかを共起構造分析で明らかにした結果である。学校教育では、食文化遺産は食育の一環であり、地域を思う、地域をかんがえるキーワードであることととらえられてはいる。一方給食が食材や新たな献立、各地の産物、郷土料理を取り入れることによって成立することも理解されているが、それが、社会科で学ぶ地域や歴史・文化の地域実践と結びつかず、食という位相で実践されているという結果である。

A-10

陸前高田市立博物館津波被災剥製資料データベース構築の方法論的検討

Methodological Investigation of Constructing a Database from the Tsunami Affected Stuffed Specimens in the Rikuzentakata City Museum, Iwate Prefecture.

○富岡直人(岡山理科大学)、熊谷賢(陸前高田市立博物館)、江川達也(岡山理科大学大学院)、岩尾真二(友野印刷)

はじめに

文化財防災では如何に日常的にデータベースを構築し、緊急時の資料サルベージ(文化財レスキュー)に活用するかが問われている。この議論に資するものとして、東北地方太平洋沖地震による巨大津波で破壊・汚損された陸前高田市立博物館の剥製資料データベースの再構築を論じる。

1. 被災剥製データの収集

ほとんどの資料台帳が流失してしまったため、当初の資料救援活動では、何点中何点がサルベージで回収されたかさえ把握が難しい状況であった[熊谷他 2012]。その後、一部のコピーされていたコンピュータデータ、過去の出版物類から資料情報の一部が復元された[熊谷他 2013]。

当初、岡山理科大学が行なった資料サルベージは、津波で破損した貴重な剥製資料が果たして修復可能か状況を把握することを第一目的に実施した(図 1)。プラスチックテンバコや段ボール箱に被災した剥製標本を詰め持ち帰って、写真撮影し、残ったラベルを活用しながら、一次洗浄後被災剥製リストを作成した。

その後、4 ヶ月間は B4 版の厚紙で出来た記録カードに写真を貼り、メモと写真への書き込みで剥製の現況を記録した(図 2)。剥製の修復後、図 3 のオオハクチョウのように、PC 上で Power Point を用いて以前・以後の写真をあわせた記録シートを作成した。さらに、資料の所見を Excel でデータを記録した。それをもとに陸前高田市立博物館と協議をおこない、2012 年には FileMaker Pro 13 により、画像データベースによる管理を開始した。データベースには、被災剥製資料の整理番号(Reference No.)、抽出時の番号、元の資料番号類、標準和名、学名、性別、採集地・採集コレクション名、安定化処理前・中・後、各期の画像、剥製の軟質部・硬質部の構造や保存・破損状態、修復方法等を記したカルテのコピーを掲載した(図 4,5)。剥製の安定化処理と修復は、それぞれの動物学的な位置付けの違いや破損状況により作業が異なる。作業の各段階を画像データベースに記録し、経時的変化も記録しつつ各機関と協議しながら対処方法を検討している(図 6)。中でも 2013 年からは、洗浄水に含まれる塩化物イオン濃度を測定し、残留する塩分の指標として記録している(図 7)。

図 1. 被災剥製の第 1 次集積状況(2011 年 5 月旧陸前高田市立博物館)

図 2. 記録カードに記載したカルテ

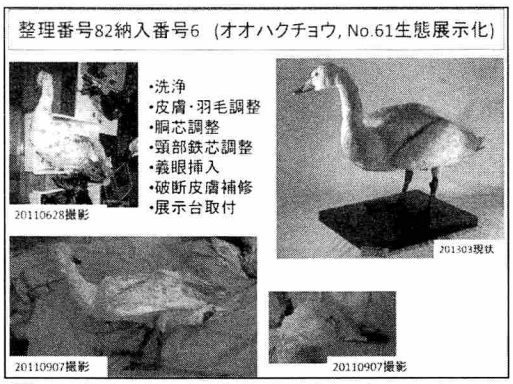


図 3. オオハクチョウ修復状況 (2013 年 3 月 報告データ)

2. 画像データベースの多様性

本画像データベースには、①通常の学術・教育への利用. ②非常時での照合の為の利用. ③資料保存の為の経時変化の記録. という 3 つの側面がある。以下①～③に沿って内容について触れる。

① 資料の基本情報とともに、その特徴が端的に示される画像が望ましい。

② 資料が傷んだ場合に、最も有効な情報は資料自体の画像で、剥製資料の学術的価値の回復には、採集地、採集者(コレクション名)、採集時期が重要である。

③ 被災資料は施された安定化処理の内容によっても経時的変化が予想される場合がある。記録画像を経時的に増加できるタイプの画像データベースは安定化処理の有効性を検証する経過観察において有効である。我々の利用したシステムの場合、1000 点近くを登録した時点で、重い画像類を多く含むファイルは操作性が下がりやすく、登録作業においても熟練が要求された。全ての資料を一元的に登録するよりも大分類ごとに分割し、複数のデータベース作成すること、その後それらを統合的に扱うシステムが望ましい事が指摘される。

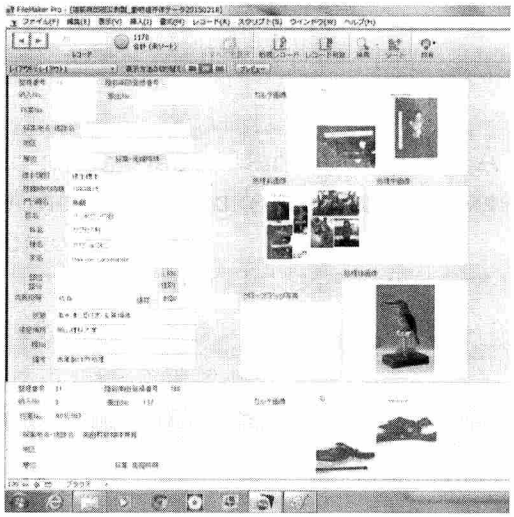


図 4. 画像データベースの入力画面

図 5. データベースの入力作業風景

図 6. 剥製安定化・修復作業風景
(2013 年 12 月岡山理科大学)

図 7. 塩素濃度の測定風景
(2014 年 12 月岡山理科大学)

3. まとめ

被災博物館の電子的な台帳は、一カ所で保管しているだけでは東日本大震災のような、大規模な災害において失われるリスクが高く、さらに被災文化財サルベージの際に参照することが困難となりかねない。その意味で文化財防災上、博物館等で論じられるべきは、①標本データベースの共有化. ②紙ベースでの出版. ③バックアップの外部保管. の 3 点であろう。本来、リスク軽減のためには遠隔地が望ましいといえる。より多くのデータが組織的に外部に保管されていれば、容易に被災資料の実態の把握が可能になっていただろう。

被災地では、地域の貴重な文化財を一つでも多く、劣悪な環境にある被災現場から救出しなければならない。そのためには、発災後できるだけ早くに安全な地域・施設へ移送する作業が必要となる。その実現には、協力者との間で非常時の連携協力体制を整備し、資料データベースを共有し、サルベージのマニュアルを策定しておくというソフト面の戦略が必要である。さらに、甚大な被害が発生しにくい地域を選択し、一時的に被災資料とそのデータを集積する施設を各地域に確保するという、ハード面＋ソフトの戦略を構築することが望ましい。

引用文献

熊谷賢・砂田比左男 2012「報告 2 陸前高田市の被害状況 —博物館施設を中心に—」『被災地の博物館に聞く 東日本大震災と歴史・文化資料』(吉川弘文館): pp.60-109

熊谷賢・岩見恭子・山崎剛史・富岡直人 2013「陸前高田市立博物館における剥製・動物遺存体資料の救出・安定化作業と課題」『半田山地理考古』(岡山理科大学 地理考古学研究会) 第 1 号: pp.91-100

A-11

青森県を中心とする東北地方北部の古代ガラスの起源・流通に関する研究

Archaeometrical investigation of distribution and provenance of ancient glass artifacts excavated from the northern Tohoku region centered on Aomori Prefecture.

○ 村串まどか(東理大・理), 澤村大地(同), 柳瀬和也(同), 馬場慎介(同),
小笠原善範(八戸市博物館), 中井 泉(東理大・理)

1．はじめに

日本にガラスが伝わったのは弥生時代前期末頃からとされており、弥生時代後半から古墳時代にかけて様々な化学組成のガラスが大量に流通した[1]。日本で出土するガラスは型式学的特徴に乏しいビーズの形状を成すものがほとんどであるため、外見的に特徴づけることが難しい。その一方で、ガラスの化学組成はガラス製造に用いられた原料の種類や産地などを反映するため、ガラスの起源や流通を議論するために有用な情報となる。化学組成や同位体比に着目した研究によって、日本で出土する古代ガラスの材質的な変遷や起源・流通の議論が多くなされているが、これらは西日本から関東で出土したガラスを対象としたものが多く、それに比べ東北地方の古代ガラスの化学的な議論は少ない。本研究では、可搬型蛍光 X 線分析装置を用いて、青森県内で出土した古代ガラスの化学組成的特徴を明らかにし、日本各地（九州、関東、北海道）、東南アジア、中央アジアなどのガラスと比較することで、その起源および流通について考察した。

2．分析資料および分析装置

本研究で対象とした分析資料は、青森県内の縄文時代晩期から平安時代に年代づけられる8ヶ所の遺跡（亀ヶ岡遺跡、ふくべ遺跡、市子林遺跡、田面木平遺跡、森ヶ沢遺跡）や末期古墳（阿光坊古墳群、天神山古墳群、丹後平古墳群）から出土した224点である。色調は青色や紺色を呈するものがほとんどであり、管切り法や鋳型法で作られたビーズである。

化学組成分析に用いた装置は、当研究室が OURSTEX（株）と共同で開発した可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-II/IV である。得られた蛍光 X 線スペクトルから、検量線法を用いて計 18 元素の酸化物換算濃度を算出した。測定はすべて非破壊で行った。

3．分析結果および考察

化学組成に基づき分析資料を分類した結果、アルカリケイ酸塩ガラスの３つのタイプ（ソーダ石灰ガラス Na_2O-CaO-SiO_2、アルミナソーダ石灰ガラス Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2、カリガラス K_2O-SiO_2）に分類された。これら 3 種類のガラスは異なる起源を持つことが指摘されており、様々な地域で作られたガラスが東北地方に流通していたことが明らかとなった。微量重元素に着目して国内外のガラスと比較した結果を Fig. 1 に示す。Fig. 1 より東北地方で出土したアルカリケイ酸塩ガラスは他地域で出土したガラスとよく似た化学組成的特徴を有することがわかった。

亀ヶ岡遺跡（縄文時代晩期）で出土したガラス玉は一点のみであるが、今回の分析資料の中で最も古く、東北地方北部における縄文時代晩期の年代的位置づけと弥生文化と縄文文化の重層的関係から、当地域への弥生文化の到来の前兆であるという考古学的な見解 [2]が示されているが、化学組成分析はなされていなかった。化学組成分析の結果、本資料は弥生時代前期末から日本国内で見られるカリガラスに分類された。カリガラスは酸化アルミニウム Al_2O_3 と酸化カルシウム CaO の含有量によって 2 タイプに細分化できることが指摘されており [3]、本資料は高 Al_2O_3-低 CaO タイプであった。このタイプは中国南部からベトナム中部でよく見られるタイプとされており [1]、これらの地域に分布していたものと同様な組成を持つガラスが比較的早い段階で東北地方北部に到達していたことを示している。

ソーダ石灰ガラスに関しては、融剤としてソーダ鉱物（ナトロン）を用いた地中海沿岸地域に特徴的なガラスであるナトロンガラスに分類されるものが 18 点存在した。さらにナトロンガラスは消色剤としてアンチモン Sb またはマンガン Mn が用いられており、本研究においてもマンガン Mn 消色のものが 17 点、アンチモン Sb 消色のものが 1 点検出された。これら 2 種類の消色剤は利用時期や地域に差があることが指摘されており [4]、東北地方には起源が異なる 2 種類のナトロンガラスが流通していた可能性が考えられる。

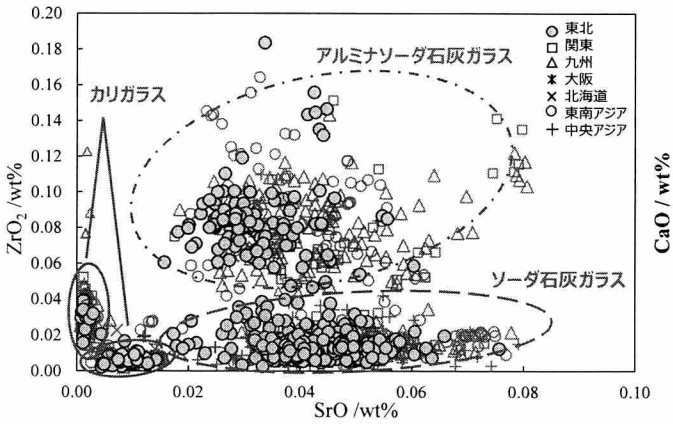


Fig.1 微量重元素によるアルカリケイ酸塩ガラスの特性化

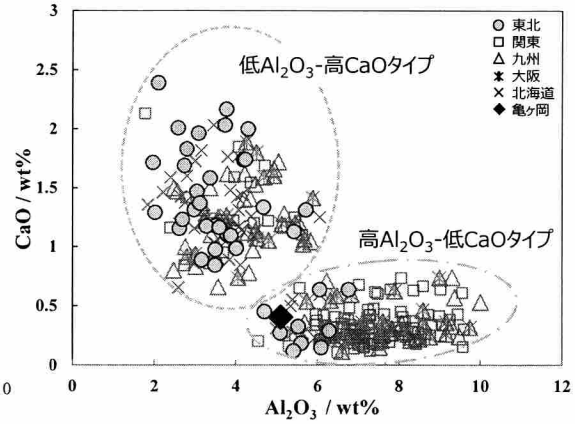


Fig.2 Al_2O_3とCaOによるカリガラスの特性化

以上より、青森県出土古代ガラスの化学組成分析から、東北地方北部で出土した古代ガラスの流通状況について明らかにすることができた。当地域には早くて弥生時代頃から地中海沿岸地域や中国・東南アジアで流通していたガラスと同様の化学組成的特徴を持つガラスが伝わり、また多様な種類のガラスが流通していた可能性が考えられる。

【謝辞】本研究を進めるにあたり、青森県埋蔵文化財調査センターの田中珠美氏、青森県おいらせ町教育委員会（阿光坊てづくり古墳館）の小谷地肇氏、八戸市博物館の渡則子氏、七戸町教育委員会の小山彦一氏、国立歴史民俗博物館の林部均氏、工藤雄一郎氏、島津美子氏に大変お世話になりました。貴重な資料を分析する機会をいただき厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

1) 肥塚隆保，田村朋美，大賀克彦：月刊文化財，**566**，13-25 (2010)
2) 藤田 等：弥生時代のガラスの研究－考古学的方法－.37-41 (1994)
3) J. W.Lankton , Laure Dussubieux : *Jaurnal of Glass Stadies* , **48** , 121-144 (2006)
4) C. M. Jackson : *Archaeometry* **47**,4 (2005)

A-12

弥生時代後期におけるガラス玉の地域性に関する考古科学的研究
Scientific and archaeological research about regional characteristics of glass beads in late Yayoi period

○大賀克彦（奈良女子大学）・田村朋美（奈良文化財研究所）
○Oga Katsuhiko（Nara Women's University）・
Tamura Tomomi（Nara National Research Institute for Cultural Properties）

1．目的と方法

本研究の目的は、弥生時代後期の日本列島で流通したガラス玉の地域性という、膨大な個数の考古資料が示す統計的傾向の解明である。そのため、個別資料についての材質調査の方法が適切であるとともに、調査対象の選択や、限定された時間の中で効率的に材質調査を行う方法に特に注意した。

これまでの研究によって、ガラスの材質と着色技法には明確な対応関係が存在することや、着色技法の異同は目視観察によってもかなり正確に判別できることを確認している[1)]。そこで、可能な限り網羅的に該当資料の観察を行い、地域性の概要の把握に努めた。しかし、共時的に流通する材質間に、同種の着色技法が適用される場合には、目視による判別が困難な場合がある。そこで、本研究では、資料自体から放射される放射線の蓄積線量を記録する方法である Auto Radiography Method（ＡＲ法）を利用して、カリガラスを他の材質から効率的に区分した上で、必要に応じて、蛍光Ｘ線分析を実施した。

2．調査の対象

本研究では、流通するガラスの材質が最も多様化し、地域性も明確となる弥生時代後期後半～終末期の資料を主な対象とした。ＡＲ法および蛍光Ｘ線分析法による調査を行ったのは、既発表のデータを含めて、22 遺跡の 61 遺構から出土した 1738 点のガラス玉である。材質が最も多様な北部九州と、北部九州と対照的な様相を示す南関東を中心に、資料を選択した。他の事例に関しても、可能な限り網羅的に目視による観察を行っている。また、材質データについて、上記の事例から充分な点数が得られなかった種類に関しては、参考までに、弥生後期中葉もしくは古墳前期前半の資料を加えて提示する。

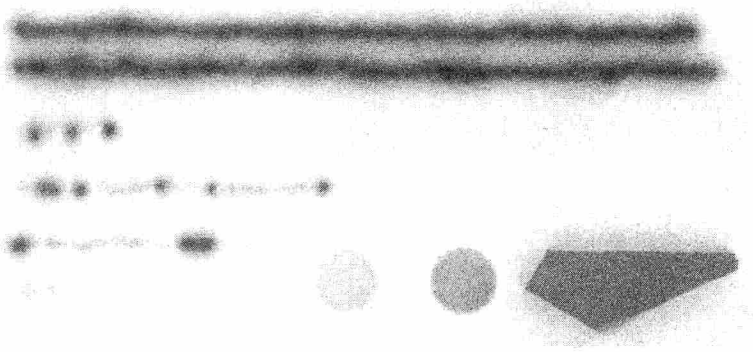


図１　ＡＲ法によるガラス材質の調査

3．材質の分類

弥生時代～古墳時代の日本列島で流通したガラス玉の材質には、鉛ガラスグループ（Group L）、カリガラスグループ（Group P）、ソーダガラスグループ（Group S）が存在し、それぞれは材質的な大別と製作技法や流通時期を加味した細別が可能である。これまでの調査によって、鉛ガラスグループは大別２細別５種類、カリガラスグループは大別２種類、ソーダガラスグループは大別５細別 11 種類に分類しているが[1)]、いくつかの種類に関してはさらに細分が必要である。本研究でも、材質の分類は上記の枠組みに依拠することが可能であった。ただし、鉛ガラスグループの細別１種類とソーダガラスグループの細別５種類は、本研究の対象時期にはまだ出現していない。一方、カリガラスグループのうちの中アルミナタイプ（Group PI）は、ほとんどが引き伸ばし法で製作されたコバルト着色のガラス小玉で、材質的な分離は困難であるが、色調や法量によって出現状況が大きく異なる[2)]。そこで、ここでは Group PI を青紺色で直径２～４㎜前後の小型品：Group PI（紺小）、やや紫色を帯びた紺色を呈することが多く直径５㎜以上の

大型品：Group PI（紺大）、紫紺色で直径2㎜前後の小型品：Group PI（紫粟）と、製作技法もしくは着色剤が異なるGroup PI（その他）に区分して集計した。

4．結果と考察

代表的な事例の材質調査の状況を図1～2に示す。遺跡ごとの集計結果を図3にまとめた。

北部九州は、出土するガラス玉の材質的多様性が最も大きく、プロト高アルミナタイプのソーダガラス（Group SVA）のように北部九州周辺にしか出土が確認できない種類もある。一方で、ナトロンタイプのソーダガラス（Group SIA）や鉛バリウムガラス（Group LI）のように、ほとんどもしくは全く確認できない種類も存在する。遺跡ごとの組成が大きく異なることや、北部九州の周縁部での分散的な出土傾向は、北部九州における流通の核となる地域の存在を疑わせる。

一方、南関東では遺跡ごとの組成差が乏しく、中アルミナタイプのカリガラスの大型品（Group PI（紺大））が圧倒的に卓越し、同じく小型品（Group PI（紺小））や高アルミナタイプのカリガラス（Group PII）の伝世品が加わる。ナトロンタイプのソーダガラス（Group SIA）が散見される。また、房総半島の東京湾岸や荒川下流域を分布の核とし、周辺へと流通していくという分布傾向が明確である。

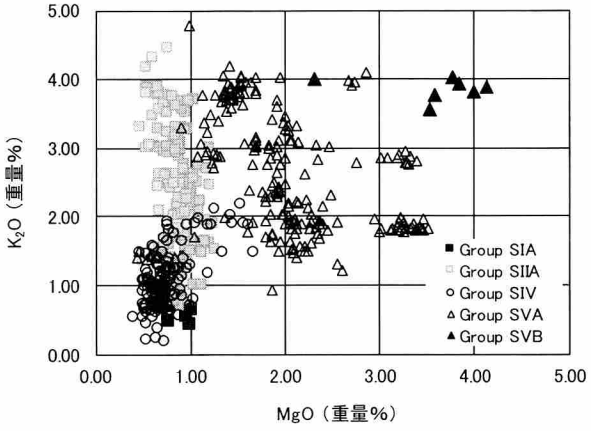


図2　ソーダガラスグループの材質分類

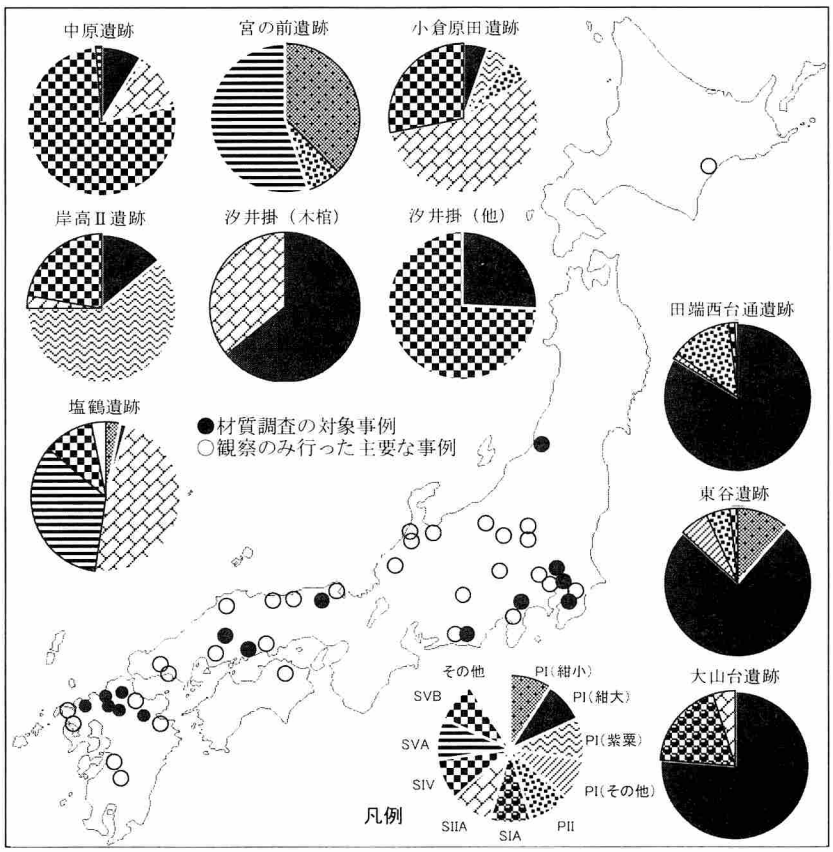


図3　弥生時代後期におけるガラス流通の地域性

以上のような著しい材質的多様性と明確な地域性は、当該期における活発な遠距離交易と交易主体の複数存在の結果であると考えられる。また、当該期の様相がほぼ一新される形で古墳時代的なガラスの流通状況へと移行することも、日本列島の顕著な特徴として特記される。

1）Oga,K. ・Tamura,T. 2013. Ancient Japan and the Indian Ocean Interaction Sphere: Chemical Compositions, Chronologies, Provenances and Trade Routes of Imported Glass Beads in the Yayoi-Kofun Periods (3th Century BCE – 7th Century CE). *Journal of Indian Ocean Archaeology*, 9.
2）大賀克彦 2003「紀元三世紀のシナリオ」『風巻神山古墳群』（『清水町埋蔵文化財発掘調査報告書』Ⅶ）

A-14

シルクロードを旅したガラス器① —京都市上賀茂神社で採集された二重円形切子ガラス容器片の化学組成分析—

Glass vessel travelled the Silk Road Part I : Chemical compositional analysis of a facet-cut glass vessel fragment collected at Kamigamo-shrine, Kyoto.

○阿部 善也（東理大・理），四角 隆二（岡山市立オリエント美術館），
山本 雅和（京都市考古資料館），八木 直人（SPring-8/JASRI），中井 泉（東理大・理）

1. はじめに

1964 年，京都市上賀茂神社境内北側で，1 点の透明ガラス製の容器片（**Fig. 1a**）が採集された。1967 年，深井晋司[1]は同容器片に施された特徴的な切子装飾を根拠にサーサーン・ガラスであるとし，以後，正倉院蔵白瑠璃碗や沖ノ島出土ガラス片と共に，古代シルクロード交易の存在を実物で示す資料の一つに数えられてきた。

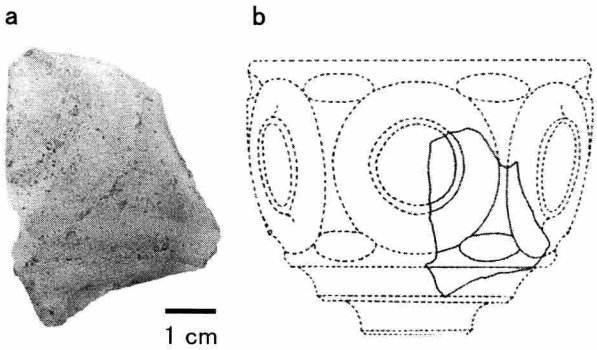


Fig. 1 上賀茂神社採集ガラス製容器片（京都市考古資料館 蔵）
(a) 全体写真，(b) 予想復元図[1]

本研究では同容器片に対し 2 種類の蛍光 X 線分析法（軽元素対応型可搬型蛍光 X 線分析装置，高エネルギー放射光蛍光 X 線分析）を適用し，主成分から微量重元素までの詳細な化学組成を非破壊で分析した。さらに得られた化学組成について，サーサーン朝の遺跡で発掘されたガラス製品・原料および国内外の博物館に収蔵されたサーサーン・ガラス容器と比較し，その起源について考察を行った。

2. 実験内容

分析資料は，上賀茂神社境内で採集されたガラス製容器片 1 点（**Fig. 1a**）である。現状縦 6.0，横 4.2，厚さ 1.0 cm で，深井[1]による復元（**Fig. 1b**）によれば，高さ 9.3 cm，口縁部径 11.4 cm 程度，二重円形切子装飾が施された厚手碗型容器であったと推定される。類例は，イラク・メソポタミアの都市 Kish の 6 世紀の層より 4 個体分が出土しているほか，伝イランの博物館資料中にも散見される。

京都市考古資料館内に軽元素対応型可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-II を持ち込み，主成分から微量元素まで全 22 元素を定量した。資料内の 5 箇所を分析し，風化影響が少ないと判断された 3 点について組成の平均値および標準偏差 σ を算出した。本分析の詳細は既報[2]に記した。さらに，本資料を大型放射光施設 SPring-8 の BL08W へと持ち込み，116 keV に単色化した高エネルギーX 線を励起源とする蛍光 X 線分析[3]により，希土類元素を中心とする微量重元素を感度係数法により定量した。測定は全て非破壊で行われた。

3. 結果と考察

サーサーン・ガラスは，融剤に植物灰を用いたソーダ石灰ガラスである「植物灰ガラス」に分類される化学組成を有する。本資料はこの植物灰ガラスに典型的な化学組成を有し，型式的特徴からの指摘どおり，サーサーン・ガラスである可能性が示された。そこでサーサーン朝の都市 Veh Ardašīr（以下 VA）より出土したガラス[4]と化学組成の比較を行った。VA はメソポタミアに置かれたサーサーン朝の首都 Ctesiphon からチグリス川を挟んだ対岸に位置する。VA 出土ガラスは化学組成に基づき，原料の種類または採取地が異なる 3 タイプに分類できることが明らかになっている。植物灰由来の不純物元素である Mg および K と，シリカ源由来の不純物または焼成中に粘土製坩堝から混入したと思われる Al および Zr に着目し，本資料と VA 出土のガラス製品およびカレット（製品化される前のガラス塊）の酸化物濃度をプロットし，それぞれ **Fig. 2a**，**2b** とした。本資料の化学組成は，VA 出土ガラスのうち「Sasanian 2（S2）」タイプのものと一致した。S2 タイプのガラスは Mg に富む植物灰と，不純物が少なく精製されたシリカ源を用いていることが特徴である。この Mg に富む植物灰はメソポタミア地域の地質的特徴を反映しているとされ，さらにサーサーン朝のガラス工房の存在が指摘されるメソポタミア南部 Jezaziyat[5]からも S2 タイプと思われるカレットが出土していることから（**Fig. 2a**，**2b** 参照），本資料は他の S2 タイプのガラス製品と共に，メソポタミアのサーサーン朝都市で生産されたものである可能性が高い。

当日は，奈良県新沢千塚由来とされる破片[6]，および正倉院「白瑠璃碗」の類例となる博物館資料[2,5]と化学組成を比較し，我が国におけるサーサーン・ガラス器の流通を考察する。

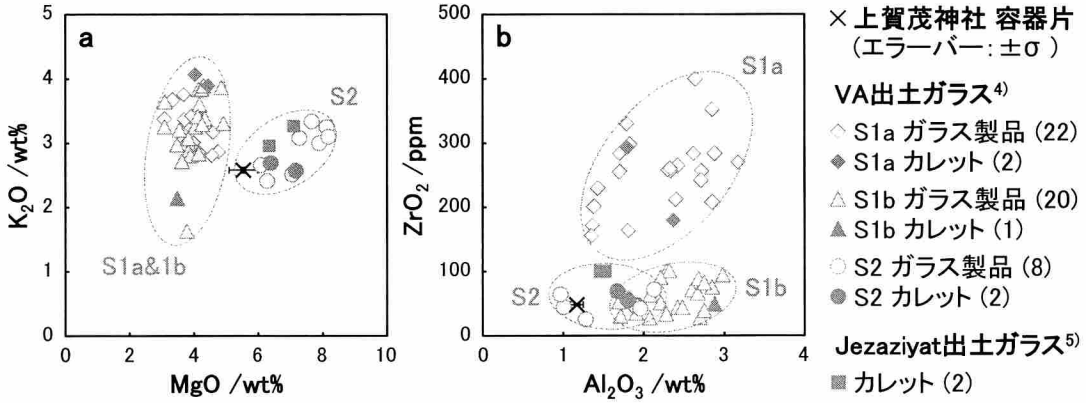


Fig. 2　上賀茂神社採集ガラス製容器片とサーサーン・ガラスの化学組成比較
(a) MgO *vs.* K_2O プロット，(b) Al_2O_3 *vs.* ZrO_2 プロット

参考文献

1) 深井　晋司:『東洋文化研究所紀要』**45**, 309-327 (1968).
2) 阿部　善也:『児島虎次郎は見た！−オリエント文化　東西の架け橋−』pp. 16-24, 岡山市立オリエント美術館 (2014).
3) 阿部　善也ら:『X 線分析の進歩』**45**, 251-268 (2014).
4) P. Mirti *et al.*: *Journal of Archaeological Science* **36**, 1061–1069 (2009).
5) R.H. Brill: In *Sasanian and Post-Sasanian Glass in The Corning Museum of Glass* (D. Whitehouse Ed.). pp. 65-88, Corning (2005).
6) 阿部　善也ら: 日本文化財科学会第 31 回大会において発表 (2014).

B-01

平城京造営期遺構からの出土切株材の年輪酸素同位体比による伐採年代測定

Dating of excavated stumps from Heijyo-Kyo construction remain using tree ring oxygen isotope ratios

○中塚　武（総合地球環境学研究所）、村上由美子（京都大学総合博物館）、浦　蓉子、神野　恵、金田明大（奈良文化財研究所）

○Takeshi NAKATSUKA (Research Institute for Humanity and Nature), Yumiko MURAKAMI (Kyoto University Museum), Yoko URA, Megumi JINNO, Akihiro KANEDA (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

奈良文化財研究所が行った平城京右京一条二坊四坪・二条二坊一坪の学術調査（図1）において、平城京造営時に人工的に開削され、遷都前後に埋め立てられたと考えられる、斜行大溝が発掘された。斜行大溝の中には、針葉樹や広葉樹のさまざまな樹種からなる多数の切り株材が土砂と共に埋められていた。その多くが樹皮を伴い、数十年の年輪数を持っていたため、新しい酸素同位体比年輪年代法を応用することにより、その伐採年代を年単位で決定できる可能性があった。古代の宮都造営過程については、いまだ明らかでない部分も多く、遷都後も造営が及んでいない部分があることなどが、近年の発掘調査で明らかにされつつある。本研究は、そうした遺構から出土した木材に、年単位の年代を与えることで、造営工事に関するより詳細なデータを提供できる可能性がある。現在、多くの切り株材の年代測定の途上にあるが、最初に年輪酸素同位体比の測定が終わったモミ属4個体から、暦年代が推定できたので、本発表では今後の課題を含めて、その年代の報告と考古学的意義に関する考察を行う。

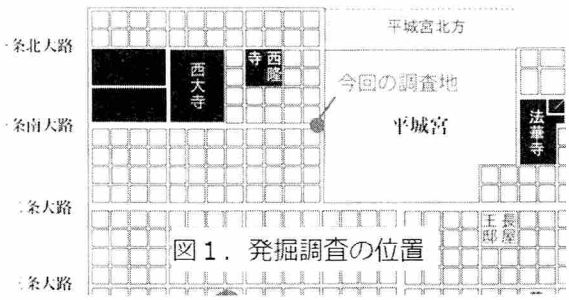


図1．発掘調査の位置

2. 分析に供する木材資料の選定と酸素同位体比の測定

年輪に含まれるセルロースの酸素同位体比（$\delta^{18}O$）を用いた年輪年代法は、従来の年輪年代法の多くの利点を受け継ぎ、さまざまな新しい特長（広葉樹を含む多くの樹種に応用できる、個体間相関が高く比較的少ない年輪数でも年代決定可能など）を持つ年輪年代法であるが、大きな欠点として、セルロースが分解・消失した化学的劣化の進んだ資料には適用できないという問題がある。それゆえ、今回は、2014年11月までに採取した22個体の中から、まず①樹皮が付いていること、②資料の劣化が少ないこと、③年輪数が多いことの3基準に従って、モミ属4個体、ケヤキ3個体、コナラ節1個体の8個体を選定し、年輪セルロースの抽出に供した。各木材資料から、中心から樹皮までの全体を含むブロックを切り出した後、繊維方向に直角な厚さ1mmの薄板にスライスし、板のまま亜塩素酸ナトリウム溶液によるリグニンの分解、水酸化ナトリウム溶液によるリグニン分解物とヘミセルロースの除去、有機溶媒による脂質と色素の除去を行って、セルロース繊維だけからなる薄板を作成した。結果的にモミ属の4個体が最も化学的劣化が小さく、セルロース板の年輪変形が少なかったので、まずモミ属4個体の各年層から、双眼実体顕微鏡下で分析に必要な量（100-300μg）のセルロースを精密カッターナイフで切り出し銀箔に包み、熱分解元素分析計（TCEA）と同位体比質量分析計（DELTA V）のオンライン装置で、その酸素同位体比を測定した。

3. 年輪酸素同位体比の標準変動パターンとの対比による年代決定

モミ属4個体（資料名：タ、ワ、ヲ、D）の年輪セルロース酸素同位体比の変動パターンを、年輪年代の確定している長野県のヒノキなどを使って既に求められている年輪酸素同位体比の標準変動パターンと比較したところ、それらの最外年輪の年代について高い統計的な精度で、以下の年代が得られた（タ：709年, n=31, r=0.73；ワ：701年, n=42, r=0.75；ヲ：697年, n=46, r=0.55；D：709年, n=47, r=0.54；それぞれにおいて、nは年輪数、rは当該年における標準変動パターンとの相関係数）。参考までに、図2にタとワの合致年代における酸素同位体比の変動を、標準変動パターンと対比して示した。

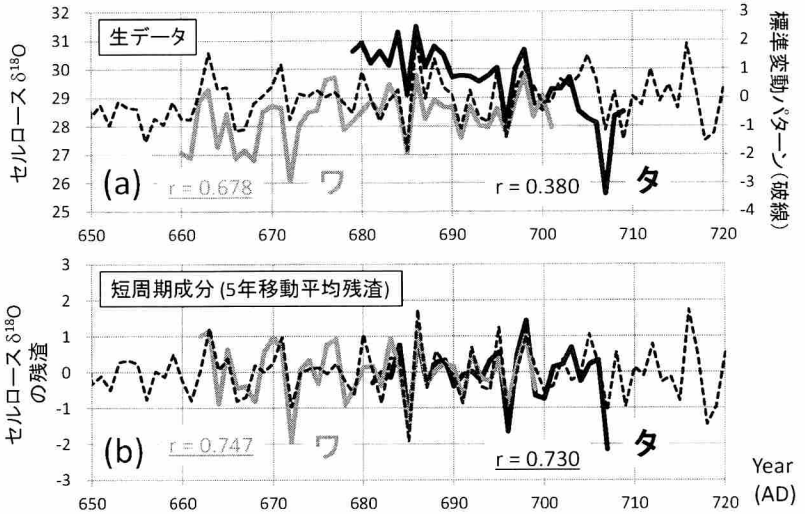


図2. モミ属2個体（タ、ワ）と標準変動パターンの間での年輪セルロース酸素同位体比の生データ(a)及び短周期成分(b)での比較。図中の下線は、t値5以上の相関に対応。

4. 得られた年代の考古学的意味と今度の課題

平城京は和銅元年(708)に遷都の詔が出され、和銅3年(710)年に遷都がおこなわれた。しかし、『続日本紀』の和銅4年(711)の条に「宮垣未だ成らず云々」と記載があるように、遷都の時には造営が完了しておらず、それを裏付ける発掘調査の成果も報告されており、これまでも造営の過程に関する活発な議論がおこなわれてきた。今回の分析で、4個体中の2個体について得られた709年という年代は、正に遷都の詔から実際の遷都までの時期に当たり、これらの材は709年の夏から710年の春までの間に伐採されたものであることが分る。709年の伐採年代を示すモミ材には根株が付いていない丸太材が含まれる（図3）ことも考慮すると、709年という年代と斜行大溝の関係について現時点で以下の仮説が考えられる。①709年に斜行大溝が開削された（モミ材が大溝自身の構築材であった場合）、②709年に斜行大溝が埋立てられた（モミが周囲の自然木であり、平城京の整地の一環として大溝の埋立てと同時に伐採・廃棄された場合）。今後、他の材についても分析をおこなって行くことで、これまでの知見（斜行大溝の埋土から出土した土器は8世紀初頭のものであること、この大溝を埋立てて一条南大路が施工されていること等）と合わせて、平城宮西面中門である佐伯門前の一連の整備がどの段階でおこなわれたのか、より高い精度の議論が期待できる。

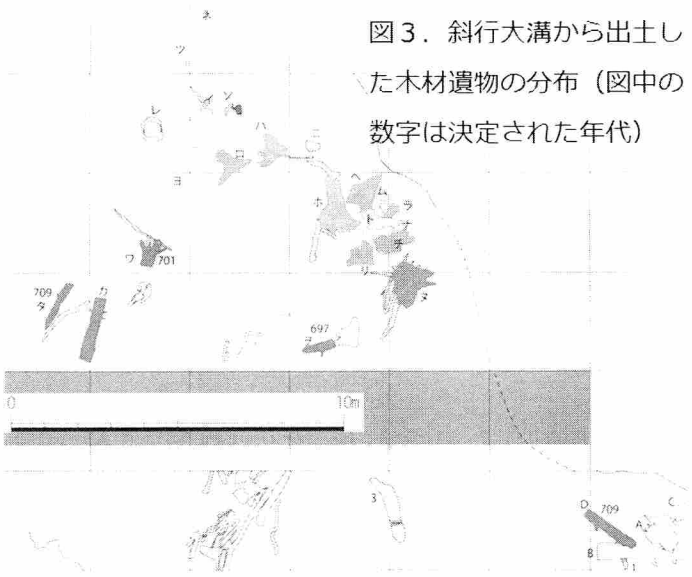


図3．斜行大溝から出土した木材遺物の分布（図中の数字は決定された年代）

B-02

虫糞や虫粉を用いた放射性炭素年代測定に関する新たな試み

A New Approach to Radiocarbon Dating Using Insect Frass and Particulate Remnants

大河内隆之（奈良文化財研究所）

はじめに

木造文化財の年代測定において、年輪年代法と放射性炭素年代測定法は、重要な役割を果たしている。しかし、両方法ともに実施上の問題点も抱えている。前者においては、調査対象の樹種が限定されてしまうこと、年輪年代の確定した標準パターンと比較対照するためには、少なくとも 100 年輪以上を有することが望ましいこと、また後者においては、加速質分析法が主流になったとはいえ、木材試料採取のために微量ながらも資料破壊を伴うことなどが挙げられる。

筆者は、非破壊年輪年代測定の実施経験から多数の木造彫刻のマイクロフォーカス X 線 CT 画像を観察してきたが、そこには年輪とともに夥しい虫孔や中糞などが描出されている場合が多い。これらの虫糞（幼虫の消化凝集遺物）や虫粉（幼虫の食べ粕）が木材に代わる放射性炭素年代測定法の試料になるのではないかという視点に立ち、実験をおこなった。

理論的な背景

木造文化財の中で幼虫が成長する過程において炭素原子の由来となるのは、誕生時を起源とするごく微量の炭素を除き、大多数の炭素原子は木材を蝕む際に木材から供給される。したがって、中糞は蝕んだ木材の年代を凝集したものであり、虫粉も蝕まれた際の残渣物として捉えることができる。ゆえに、採取位置を明確に特定できる中糞や虫粉は、年輪位置を特定した木材試料と同等の放射性炭素年代を示すことが期待できる。

実験対象

実験対象としたのは、ヒノキの一木造の男神坐像彫刻である。像高 12.2cm、裾張 11.1cm、裾奥 9.0cm。一木造、彫眼、彩色仕上げとする。冠を含む頭頂から地付までを一材より掘出し、木心を体部正面右前方に外す。内刳は施さない。正面、像底を摩損・朽損・虫損。両手先および脚部を欠く。冠および背面衣部に墨彩が残るほかは、彩色はすべて剥落し、素地を露出する。個人蔵のため伝来不明。尊名不詳。銘記等なし。一具として伝わる一躯の男神坐像を伴う。

実験方法

1）年輪年代法

マイクロフォーカス X 線 CT で像底付近を画像化したところ、像中には 143 層の年輪が含まれていた。各年輪幅を測定し、対数変換と 5 年移動平均ハイパスフィルタで処理した後、暦年の確定しているヒノキの標準年輪パターンと照合したところ、t 値 8.4 で各年輪に 884 年～1026

年の年代付けがなされた。

2）放射性炭素年代測定法

年輪年代法によって年代付けされた年輪の 909 年から 912 年の部分、938 年から 943 年の部分、996 年から 1000 年の部分、1011 年から 1013 年の部分の木片をそれぞれ数十 mg 採取し、実験試料とした。試料をパレオ・ラボへ送付し、超音波洗浄、酸・アルカリ・酸洗浄の前処理ののち、加速質量分析計を用いて ^{14}C 年代および較正暦年代を測定した。一方、908 年から 911 年にかけての部分、942 年から 950 年にかけての部分、994 年から 999 年にかけての部分、1013 年から 1014 年にかけての部分の虫糞・虫粉混合物をそれぞれ十数ないし数十 mg 採取し、実験試料とした。木材試料と同様の方法で、パレオ・ラボにて ^{14}C 年代および較正暦年代を測定した。

結果

IntCal09 を用いて、木片試料 4 点でウィグルマッチングした結果を図 1 に、虫糞・虫粉混合物試料 4 点でウィグルマッチングした結果を図 2 に示す。いずれの場合とも、最新の試料サンプル位置である年輪年代 1013 年付近は、2 σ の範囲においての放射性炭素年代法で測定された較正暦年代の範疇に含まれる。

考察

木材試料から得られた放射性炭素年代が年輪年代とよく一致することは、周知の事実であるとして、虫糞・虫粉混合物から得られた放射性炭素年代が年輪年代と一致した事実は注目に値する。すなわち、採取位置を正確に特定して採取した虫糞や虫粉は、採取位置を特定して採取した木片試料と同等の年代情報価値をもつことが、強く示唆されたわけである。

従来、木造彫刻などの美術工芸品の分野における放射性炭素年代測定については、木片を採取するという資料破壊を伴うことが実施普及する際の妨げとなってきた感があるが、虫糞や虫粉であれば、試料採取に対する抵抗感ははるかに少ないものとなる。今回の一事例のみにおいて、虫糞や虫粉を用いた放射性炭素年代測定法を無批判に受け入れることは難しいかもしれないものの、今後、同じような比較実験を繰り返していくことで、虫糞や虫粉を用いた放射性炭素年代測定法の確立に努めたい。これまでは廃棄されてきた虫糞や虫粉であるが、今後は年代情報の宝庫になる可能性が非常に高いことを強く指摘しておきたい。

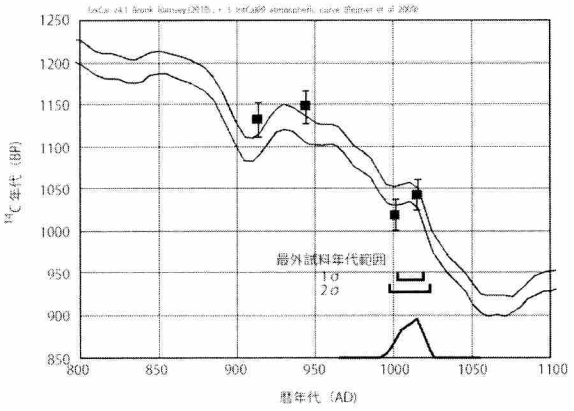


図 1　木片試料 4 点によるウィグルマッチング

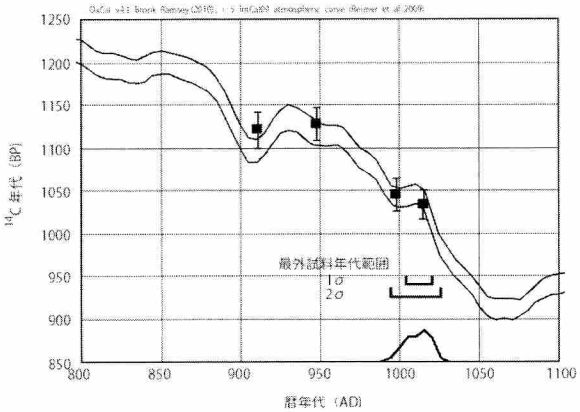


図 2　虫糞・虫粉試料 4 点によるウィグルマッチング

B-03

青銅器の炭素14年代測定の可能性と考古学資料への適用

Possibility of radiocarbon dating to bronze implement and application to archaeological samples

○小田寛貴（名古屋大学年代測定総合研究センター），塚本敏夫（元興寺文化財研究所），
山田哲也（元興寺文化財研究所），加藤丈典（名古屋大学年代測定総合研究センター）

1．はじめに

^{14}C年代測定法は，木・炭・紙など，大気中CO_2から形成された資料を対象とする手法である．青銅はCuとSnの合金であり，これ自体は^{14}C年代測定法の対象とはなりえない．しかし，青銅器に含まれるCuは大気中のCO_2と反応し，緑青（塩基性炭酸銅，$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）を生じる．しかも，保存科学の分野では，緑青は一旦形成されるとそれ以降の新たな緑青の形成を阻止する性質をもつ「良いさび」といわれている[1]．したがって，緑青に含まれる炭素の抽出と，その^{14}C年代測定が可能となれば，そのさびの形成年代が得られ，さらに青銅器の使用年代を求めることが実現するはずである．そこで本研究では，まず^{14}C年代測定のための緑青の調製法を開発することを第一の目的とした．その上で，考古学的な視点から年代の判明している青銅器の緑青について^{14}C年代測定をすることで，緑青が形成当時の大気中CO_2を保持していることを実証する点を第二の目的とした．

2．緑青からの炭素抽出法

緑青は，大気中において加熱により，$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 \rightarrow 2CuO + CO_2 + H_2O$のように分解して，$CO_2$を生成する．^{14}C年代測定法では真空中で$CO_2$を発生させる必要があるため，その生成条件を求めるべく，以下のような実験を行った．

約50mgの緑青をPyrex管に真空封入し，温度を100，150，200，250，300，400℃と変え2時間加熱し，生成したCO_2の定量およびδ^{13}C値の測定を行った．その結果，250℃以上の加熱によって，収率93％でCO_2が放出され，δ^{13}C値も-10‰で安定した値を示すことが判明した．次に，加熱温度は250℃と一定にし，加熱時間を1，2，4時間と変化させて，生成したCO_2の定量とδ^{13}C値の測定を行った．結果は，1時間以上の加熱で収率93％のCO_2が発生し，δ^{13}C値も-10‰で安定した値を示した．

以上の結果から，1h以上，250℃以上の加熱で，CO_2が収率90%以上で抽出されること，δ^{13}Cも約-10‰で安定した値が得られることが判明した．

3．考古学資料の^{14}C年代測定Ⅰ

次に，制作年代既知の青銅器資料から採取した緑青について^{14}C年代測定を行った．まずは，出雲大社の垂木先の金具である．これは平成の大遷宮（2013年）に伴い，本殿より取り外されたものであり，昭和の遷宮（1953年）に際し制作されたものである．

４点の金具から緑青を採取し，CO_2を抽出し，㈱パレオ・ラボCompact AMSによって^{14}C年代測定を行った（４点の内，２資料は，量が不足したため併せて１試料とした）．

表１のように，いずれの資料も，1956～1958年の較正暦年代を示している．約50年後の年代も候補として挙がるが，制作後半世紀近く緑青が発生しなかったとは考え難く，緑青

の較正暦年代は，青銅器の制作年代の約４年後を示していることになる．この結果は，緑青が一旦形成されるとそれ以降の新たな緑青の形成を阻止することを実証しており，緑青の^{14}Ｃ年代測定が青銅器の制作年代を決定する上で有効な手法となることを示している．

４．考古学資料の^{14}Ｃ年代測定Ⅱ

和歌山県日高郡天音山道成寺には，鐘巻銅鐸とよばれる弥生後期の銅鐸が伝えられている．この銅鐸は，宝暦12(1762)年に道成寺南方の水田から出土したものであり，現在は和歌山県の県指定文化財になっている． 2010年度に，元興寺文化財研究所において，この鐘巻銅鐸の調査・修理が実施された．本研究では，この修復の際に採取された緑青４点について^{14}Ｃ年代測定を行った．

鐘巻銅鐸の較正暦年代は，３世紀中頃もしくは４世紀初頭に相当する値を示している．鐘巻銅鐸の考古学的な年代は弥生後期のものとされている．弥生後期・弥生終末期(古墳出現期)・古墳前期の絶対年代については諸説あるが，古墳前期が３世紀中頃をさかのぼることはないであろう．そう考えると鐘巻銅鐸の緑青について得られた年代は，考古学的な年代とほぼ一致しているといえよう．

表３．出雲大社垂木先金具の^{14}Ｃ年代測定

資料 No.	^{14}Ｃ年代 [BP]	較正暦年代 [cal AD]
1	-442±18	1956～1957，2005～2014
2	-507±20	1957～1957，2004～2014
3	-843±20	1957～1958，1995～1998

表４．道成寺鐘巻銅鐸の^{14}Ｃ年代測定

資料 No.	^{14}Ｃ年代 [BP]	較正暦年代 [cal AD]
1	1799±64	130～261，280～325
2	1701±22	263～278，329～391
3	1771±22	236～258，298～320
4	1765±26	237～260，282～324
平均	1759±19	241～260，282～324

５．おわりに

本研究では，緑青からCO_2を生成する反応の条件を明らかにした上で，考古資料に適用し，^{14}Ｃ年代測定を行った．その結果，緑青に含まれる炭素は，後世のCO_2と置換することなく，最初に形成された緑青が保存されていることが示された．これは，青銅器に対する^{14}Ｃ年代測定法の有効性を実証した初例である．今後，考古学的年代の判明した青銅器についての測定例を増やし，更なる実証を重ねたいと考えている．

謝辞

本研究の一部には，文部科学省科学研究費挑戦萌芽的研究(課題番号:24650586，研究代表者;小田寛貴)を使用しました．記して感謝いたします．本研究の趣旨をご理解いただき，緑青資料を快くご提供いただきました島根県出雲市出雲大社様ならびに和歌山県日高郡天音山道成寺様のご好意に感謝いたします．株式会社パレオ・ラボAMS年代測定グループの皆様には，^{14}Ｃ年代測定を行うにあたり大変お世話になりました．心より感謝申し上げます．

参考文献

1) 沢田正昭(1997)金属製遺物の保存処理．『文化財保存科学ノート』，近未来社，105-140.

B-04

液体クロマトグラフィを用いた遺跡出土骨試料の単離アミノ酸の放射性炭素年代測定

Radiocarbon dating of individual amino acids isolated from archaeological bones by HPLC.

○板橋 悠(東京大・新領域) 高野 淑識(海洋研究開発機構)
力石 嘉人(海洋研究開発機構) 小川 奈々子(海洋研究開発機構)
大河内 直彦(海洋研究開発機構) 山根 雅子(東京大・大気海洋研)
横山 祐典(東京大・大気海洋研) 米田 穣(東京大・総合博物館)

1. はじめに

化石骨試料の年代決定には, 放射性炭素 (^{14}C) 年代測定が用いられてきた. 骨試料の年代測定は, 化学的風化作用に対し比較的安定なタンパク質成分であるコラーゲンを用いることが一般的である. 堆積物中に埋没していた化石骨は続成作用を受け, 植物由来の有機酸や微生物由来のペプチドなどの土壌由来の有機物によって汚染されることがある. このため, これらの外来有機物を取り除く目的で, コラーゲン抽出処理 (Longin, 1971)に加えて, XAD-2 樹脂 (e.g. Minami and Nakamura, 2002) や限外濾過法 (e.g. Brown et al., 1988) を行い, コラーゲンの ^{14}C 年代を改善する試みが行われてきた.

近年ではコラーゲンに特異的に含有されているアミノ酸のヒドロキシプロリン(Hyp)が注目され, 様々な方法で生物試料から純粋な Hyp を単離し, ^{14}C 年代を測定する方法が検討されている. その 1 つとして高速液体クロマトグラフィ (HPLC) を使い, アミノ酸の化学修飾を行わずに各アミノ酸を単離し, ^{14}C 年代を測定する方法が報告されている (McCullagh et al., 2010; Marom et al., 2012). しかし, これらの報告で行われた手法では, HPLC によって回収された成分に, HPLC ブリード由来の炭素が混入してくる恐れは完全には払拭されていない.

そのため本研究では HPLC を用いてコラーゲン中の各アミノ酸を単離した後に, 回収されたアミノ酸に精製処理を行うことにより, 単離過程で混入する炭素の除去を行った. HPLC 後の精製処理により, 有機溶媒や炭素を含むカラムを用いた分離条件でも, 純度の高いアミノ酸が獲得可能となった. また本手法の応用例として, シリア共和国の新石器時代遺跡, テル・アイン・エル・ケルク出土人骨から得られた Hyp の ^{14}C 年代測定結果を報告する.

2. 対象試料

本研究では, アミノ酸標準試料とゼラチンコラーゲン抽出法 (Longin, 1971; Yoneda et al., 2002) によって遺跡出土骨より抽出した骨コラーゲン試料を用いた.

本研究では,骨コラーゲンのアミノ酸組成 (Eastoe, 1955) に基づいて, アミノ酸試薬 17 種 (Sigma-Aldrich Co.から購入) を混合した 0.1M HCl 溶液を調整し, 標準試料とした.

また本研究ではシリア・アラブ共和国の土器新石器時代遺跡 テル・アイン・エル・ケルク (Tsuneki, 2010) より発掘された人骨試料 2 個体から抽出した骨コラーゲンで分析を行った. この人骨 2 個体の抽出コラーゲンは, コラーゲン回収率, 含有炭素・窒素のモル数比, 炭素安定同位体比を指標 (van Klinken, 1999) としてコラーゲンの純粋性を評価し, ^{14}C 年代測定が可能な状態であると評価された.

3. 実験方法

遺跡出土骨試料は, 0.2M NaOH によるアルカリ洗浄した後に, セルロースチューブ内で 1M HCl による脱灰を行った. その後, セルロースチューブの内容物を遠心分離して得られた沈殿物を加熱し, コラーゲンを主成分とするゼラチン質を回収した. そして抽出されたゼラチン質に 12M HCl を加えて 110°C で 12 時間加熱し, 加水分解されたアミノ酸混合物を得た.

0.1% トリフルオロ酢酸水溶液と 0.1% トリフルオロ酢酸-アセトニトリルを溶離液としたグラジエント分析を, CAPCELL PAK C_{18} MG (粒子径 5 μm, 20.0 mm i.d.× 250 mm; Shiseido Co, Ltd.) と Primesep A (粒子径 5 μm, 10.0 mm i.d.× 250 mm; SIELC Technologies Inc.) の 2 段階の逆相カラムで行い, 導入したアミノ酸混合物から各アミノ酸を単離した.

HPLC で回収された溶液を凍結乾燥後, 乾固した成分を有機溶媒 (ジクロロメタン：ヘキサン) と 0.1M HCl 水溶液に溶解した後に有機層を除去 し, アミノ酸の溶存する塩酸相を回収した. 塩酸相から凍結乾燥で溶媒を取り除いた後, 0.1% アンモニア水を加えて中和し, 再度の凍結乾燥を行った. そして乾固した成分を蒸留水 10μl, メタノール 100μl, プロパノール 10μl の混合溶媒に溶解させた後に窒素吹き付けで濃縮し, 析出したアミノ酸を回収した.

本手法で得られたアミノ酸試料は, 海洋研究開発機構において高感度化された元素分析/同位体質量分析装置 (EA/IRMS) により炭素安定同位体比を測定した (Ogawa et al., 2010). また東京大学 大気海洋研究所おいて試料のグラファイト化と加速器質量分析 (AMS) 法による ^{14}C 年代測定を実施した.

4. 結果と考察

処理を行なっていないアミノ酸標準試料と本手法を用いて混合溶液から単離・精製したアミノ酸標準試料を AMS 測定した. その結果, 単離・精製処理の前後で, 現代の ^{14}C 濃度の炭素を持つ試料では平均 1.4%, ^{14}C のほとんどが放射壊変した古い炭素を持つアミノ酸では平均 1.2%の pMC (パーセントモダンカーボン) の変化が見られた (Fig. 1). 本手法で導入した単離・精製処理による, アミノ酸の ^{14}C 年代結果への影響は小さいと判断した.

次に, 遺跡出土人骨 2 個体から抽出したコラーゲンと, そのコラーゲンから単離・精製した Hyp を AMS 測定した結果 (Fig. 1), コラーゲンと Hyp の pMC に違いは示されなかった. 本手法によって単離・精製された Hyp は, 信頼度の高い ^{14}C 年代が得られると評価されたコラーゲンによる年代測定と一致する結果が得られることが示された.

5. 今後の展望

今後はさらなる試料で確認するとともに, 死亡年代が明らかな生物試料を用いて, 本手法によって精度の高い ^{14}C 年代値が得られているかを検証する. また従来の骨コラーゲンによる ^{14}C 年代測定では正確な年代値を得ることができなかった保存状態の悪い遺跡出土骨においても, 本手法により信頼度の高い年代測定が可能となるかを検証し, 単離アミノ酸の分析を遺跡出土骨試料の年代推定に広く応用していく.

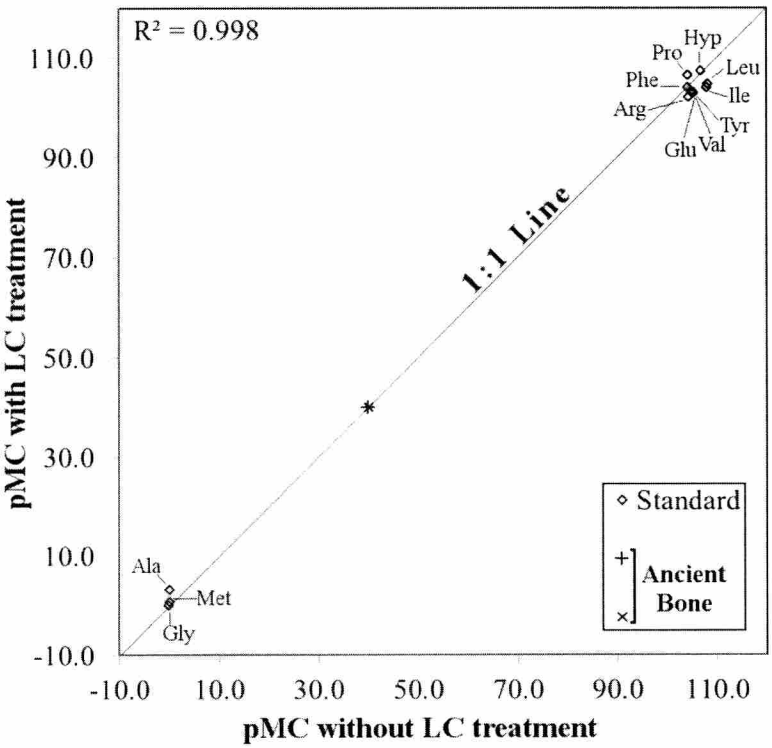


Fig. 1 アミノ酸標準試料と出土骨コラーゲンの pMC (横軸) と本手法による単離・精製後アミノ酸の pMC (縦軸) の比較.

B-05

ワシントン条約と稀少動物製品の輸出入：象牙製品形成年の ^{14}C 年代測定

CITES and legal trade of restricted animal products: ^{14}C dating of ivory products

中村俊夫（名古屋大学）・小池裕子（九州大学）・鮎沢　潤（福岡大学）・奥野　充（福岡大学）
Toshio Nakamura, Hiroko Koike, Jun Aizawa and Mitsuru Okuno

1．はじめに　　我が国は，絶滅の恐れのある野生動植物の種の国際取引に関する条約（ワシントン条約：CITES: Convention on International Trading in Endangered Species for Wild Fauna and Flora）を 1980 年に締約しており，ワシントン条約の規制を受けるものは輸出入が許可されない．象牙製品の輸出に関しては，それが，1980 年以前に輸入されていたことが証明されれば，輸出の許可が得られる．象牙製品の輸出に関して相談を受けたことがあるが，象牙が 1980 年以前に生長を止めていれば，1980 年以前に輸入されていた可能性が高くなる．このようなことから，象牙の成長に興味を持った．ヒト歯牙と同様に，象牙の成長では，象が食するものに含まれる炭素物質が，象牙の形成に使われるはずである．従って，木の年輪と同様にして，象牙の各部分の炭素物質の ^{14}C 濃度から，その部分の形成年が推定できる．九州大学総合博物館から象牙試料提供を受けることができ，少量の象牙試料を分取して，その ^{14}C 濃度から，象牙の成長過程を解析した．

2．試料の調製と ^{14}C 測定　　全長 175cm の一本の象牙につき，象牙の先端から根元まで，また，象牙の表面から芯の部分まで，様々な部位から 30 点の象牙試料を，デンタルドリルを用いて採取した．採取した試料は 50mg 程度の小さなブロックである．この象牙の細片について，^{14}C 測定を行った．試料を，アセトンを用いて超音波洗浄器で 3 時間断続的に洗浄した．次ぎに室温で，0.6 規定の塩酸を用いて 2 時間，0.6 規定の水酸化ナトリウム水溶液を用いて 3 時間，更に 0.6 規定の塩酸を用いて 4 時間処理した．蒸留水でよくすすいで，50°C で乾燥した．化学薬品による処理を終えた象牙の小片から約 6～9mg を分取し，助燃剤である酸化銅約 1,000mg と共に石英ガラス試験管に詰め，真空装置で排気して石英ガラス試験管内の空気を完全に除去した．次に石英ガラス管をバーナーで溶かして封じきり，試料および酸化銅の入った石英ガラス管を電気炉で 900°C に加熱して，試料を燃焼して試料に含まれる炭素を全て二酸化炭素に変えた．真空装置を用いて，生成された二酸化炭素を分離・精製し，鉄粉末触媒による水素還元法で二酸化炭素をグラファイトに変えた．グラファイトから直接の分析試料であるグラファイトターゲットを作成して，その炭素同位体組成（$^{14}C/^{12}C$, $^{13}C/^{12}C$ 比）を名古屋大学年代測定総合センターに設置してあるタンデトロン加速器質量分析装置を用いて測定した．試料についての $^{14}C/^{12}C$ と，年代が確定している標準物質についての $^{14}C/^{12}C$ の比から，試料の ^{14}C 濃度（$F^{14}C$）を算出した．$F^{14}C$ 値は，西暦 1950 年の ^{14}C 標準濃度に対する試料の ^{14}C 濃度を表し，炭素安定同位体比（$\delta^{13}C$）は-25.0‰に規格化するが，^{14}C の放射性崩壊による減衰効果は補正しないと，定義されている．測定された $F^{14}C$ 値は，1.0 よりも大きく，大気圏内核実験の影響を受けている．そこで，Web 上に提供されている暦年較正プログラム（CALIBomb）を用いて，暦年較正を行った．較正データは，象牙がアフリカのコンゴ産であることから SHZ3 を用いた．

3　測定結果

(1) 象牙を輪切りししたときの半径方向の $F^{14}C$ 値の変化（図 1）

$F^{14}C$ 値は，外側から内側へ向かって減少した．大気中二酸化炭素の $F^{14}C$ 値の経年変動は年が経るに従って減少することから，象牙は，外側から内側に向かって形成されることが判明した．

(2) 象牙の根元から先端へ向けての $F^{14}C$ 値の変化（図 2，3）

象牙の表面の $F^{14}C$ 値は，先端から根元に向けて減少した．象牙は，当然のことながら，先端から根元に向けて形成されることが実証された．

(3) 象牙の縦軸中心は，空洞になっており，象が成長するに従って，この空洞が象牙の先端部から次第に埋められていく．現在の空洞部表面の $F^{14}C$ は，位置によらず一定（$F^{14}C$：1.13，その較正年代は AD1994：図 4）であり，この象牙試料で最も低い値を示した．すなわち，この象が死ぬ直前（1994 年頃）まで形成されていた部分に相当する．

4．まとめ

長さ 175cm の一本の象牙について，^{14}C 濃度測定により，象牙の成長過程を解析した．その結果，以下の 4 点が明らかとなった．(1) 象牙の先端から根元に向かって形成されていく．(2) 象牙の中心軸は，初めは空洞になっており，徐々に表面に象牙物質が沈着して埋められていく．(3) 空洞は，先端部から徐々に埋められていく．この象牙では，最先端より，約 90cm の処まで空洞が埋まっており，それより根元側に，緩く湾曲した円錐形で空洞が残っている．(4) 象牙の最根元，また空洞表面部がこの象が死ぬ直前まで形成されていた部分に相当する．

以上のことから，象の死亡年（あるいは，それに近い年）は，その象が残した象牙の最根元，また空洞表面部の $F^{14}C$ 値から推定できる．本象牙は，分析結果によると，AD1994 年頃に死亡した象のものであり，CITES に基づき日本への輸入は許されない．税関で摘発されたことと調和的である．

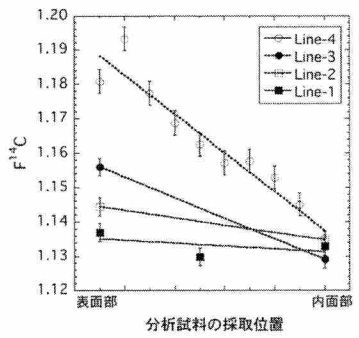


図1　$F^{14}C$値の位置依存性

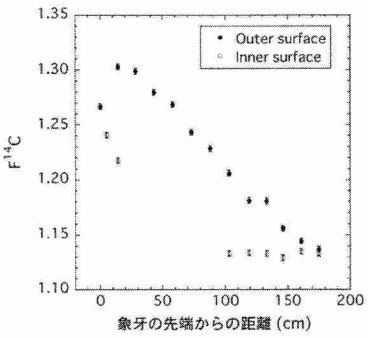


図2　$F^{14}C$値の位置依存性

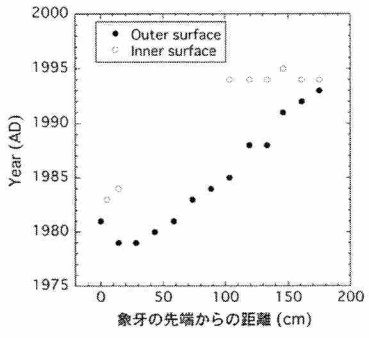


図3　象牙先端からの距離と形成年

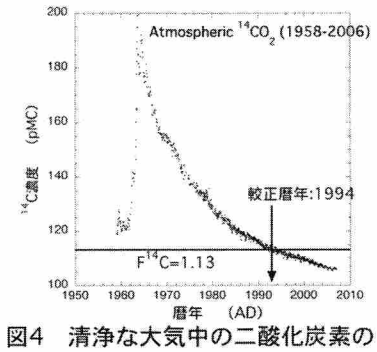


図4　清浄な大気中の二酸化炭素の^{14}C濃度の経年変化

B-06

近世日本産樹木年輪の炭素 14 年代－較正曲線からの特徴的な乖離

Radiocarbon ages of early-modern Japanese tree rings – significant difference from calibration curves.

○坂本稔（国立歴史民俗博物館・総合研究大学院大学）・中尾七重（武蔵大学）・中塚武（総合地球環境学研究所）

1. はじめに

国際学会が中心となって整備される較正曲線は，IntCal09 で 5 万年前に達し，IntCal13 で福井県水月湖の年縞堆積物に基づく修正が加えられるなど，主に古い時期の充実が図られてきた。

一方，近年の AMS（加速器質量分析法）による測定精度の向上にともない，日本産樹木年輪の炭素 14 年代が IntCal から外れる例が報告されるようになった。演者らを含む研究グループは炭素 14-ウィグルマッチ法による近世の文化財建造物の年代研究をすすめ，その有効性を確認している[1]が，高い精度・確度での検討を行うためにも新しい時期の日本産樹木年輪の炭素 14 年代測定が必要である。そこで 2009 年の台風で倒壊した，500 年近い年輪数を持つ三重県伊勢神宮スギの炭素 14 年代測定を実施した。

2. 処理と測定

伊勢神宮内宮の正宮前の石段下にあったスギは，2009 年 10 月上旬の台風で倒壊した際に参道を塞ぐほどの巨木であった。解体・撤去後された倒木から円盤を切り出し，製材所で整形した後，国立歴史民俗博物館で幅 2cm，長さ 10cm 程度のブロックをそれぞれ一部の年輪が重なるよう計 8 点採取した。ダイヤモンドホイールソーを用いて各ブロックから木口面を厚さ 1mm に切断し，クロロホルム・メタノール混液中で超音波洗浄を施した。光学フラッドヘッドスキャナで年輪を撮影し，テフロン製パンチシートに挟んで木綿糸で縫い合わせた。純水で超音波洗浄を施し，70℃の温浴中で亜塩素酸溶液に濃塩酸を加えて発生させた塩素で漂白した。次いで，80℃の温浴中で 17.5 重量%の水酸化ナトリウムによるヘミセルロース分解を行った。一旦酸性に傾けたのちに純水で洗浄し，パンチシートごと凍結乾燥させた。取り出した年輪セルロースを透明な写真袋に入れてスキャナで撮影し，実体顕微鏡下で 5 年ずつに切り分けた。年輪年代は，最外層 AD2009 から年輪数を計数して決定した。

測定試料となるグラファイトの調製，および AMS-^{14}C 測定は(株)加速器分析研究所に依頼して実施された。

3. 結果と考察

5 年輪試料の中央を代表値として，図 1 に AD1540 から AD1955 の炭素 14 年代を較正曲線 IntCal13，SHCal13 と重ねて示す。年輪の炭素 14 年代は生育年の大気中 ^{14}C 濃度を反映するが，各年輪の採取量はまちまちで，厳密な意味での 5 年間の平均ではなく「平均的な値」として扱われるべきである。測定結果は IntCal13 に対し，パルス状に上方のみならず下方にも振れていることがわかる。また 17 世紀後半のように，SHCal13 より上方にあるデータも見られる。

尾嵜らは紀元前後の日本産樹木年輪の炭素 14 年代が南半球産樹木年輪に近い挙動をしていることを示し，南北半球間の大気交換の可能性を指摘した[2]。また近世の日本産樹木年輪として

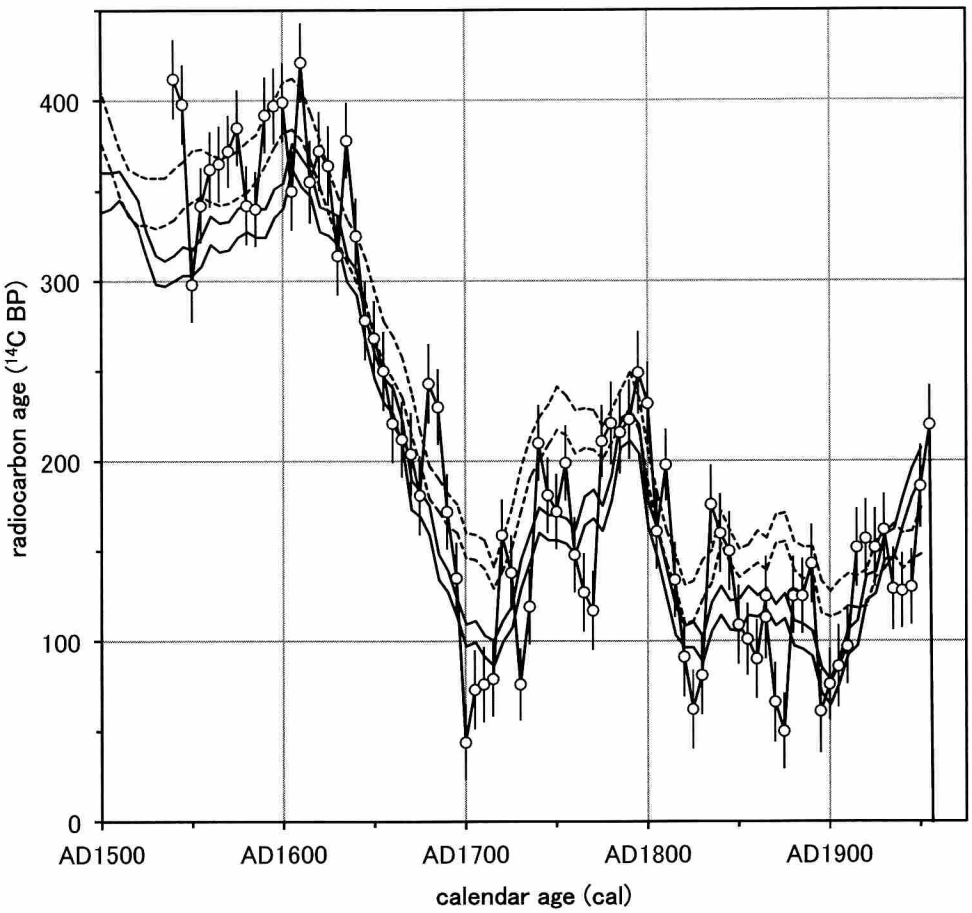


図 1: 伊勢神宮スギの炭素 14 年代（白丸）を IntCal13（実線），SHCal13（点線）と共に示す。誤差棒は 1σ の測定誤差。

は Nakamura et al. が奈良県室生寺スギの単年輪の炭素 14 年代測定を行い，測定値が IntCal と SHCal の間にあることから両大気の混合を指摘した[3]。今回の測定結果は，このような先行研究と必ずしも合致していない。

しかしながら，現時点で年輪年代は確定していないものの，近世の日本産樹木年輪として新潟県 S 建物梁，および宮城県 T 寺山門の連続的な炭素 14 年代測定を実施し，測定結果が今回のように振れていることが判明している。また中尾らは近世の文化財建造物部材の中に，伊勢神宮スギの描くウィグルと合致する例を見出している[4]。試料汚染などの副次的な影響を検討する余地は残り，別試料による検証も必要であるが，今回の結果は統計処理で均された較正曲線に対し，日本列島周辺におけるより詳細なウィグルを反映している可能性を指摘しうる。

神宮司庁営林部さまのご厚意で、スギ年輪をご提供頂けたことを深謝します。本研究は総合地球環境学研究所研究プロジェクト「高分解能古気候学と歴史・考古学の連携による気候変動に強い社会システムの探索」による成果の一部である。

[1] N. Nakao et al., *Radiocarbon* **56**, pp.691-697 (2014)
[2] 尾嵜大真ほか，2011 年度日本地球化学会第 58 回年会
[3] T. Nakamura et al., *Radiocarbon* **55**, pp.763-770 (2013)
[4] 中尾七重ほか，日本文化財科学会第 32 回大会（2015）

B-07

土器胎土脂質分析による海獣資源利用の評価

－礼文島浜中２遺跡、真脇遺跡出土土器など－

Evaluation of sea mammals as marine resource by lipid analysis in pottery excavated from Mawaki archaeological site, Ishikawa, Japan

○宮田佳樹(金沢大学)，堀内晶子(国際基督教大学)，高田秀樹(真脇遺跡縄文館)，
中村俊夫(名古屋大学)

○Yoshiki Miyata (LLRL, Kanazawa Univ.), Horiuchi Akiko (International Christian University), Hideki Takada (The Noto-Machi Board of Education), Toshio Nakamura (Nagoya Univ.)

1．はじめに

縄文時代のゴミ捨て場である貝塚などの遺跡から出土した魚や陸獣，海獣の骨，貝殻などの動物遺体，クルミやドングリなどの堅果類，炭化種実などの植物遺体の出土状況を詳細に検討することによって，これまで縄文時代の人々が，季節に応じて様々な食料を自然の中から計画的に調達して，暮らしていたことがわかってきた(cf: 縄文カレンダー)。しかし，このように遺跡から直接食材推定につながるような動植物遺体が出土するよりも，日本のような酸性土壌の地盤では，遺物として土器片が出土する場合の方が一般的である。昔の人々が土器で調理を行うと，土器内面には調理された食材を起源とするコゲが，土器外面には燃料材を起源とするススが付着する。そして，土器胎土には食材を起源とする有機残渣が吸着するはずである。したがって，土器残存有機物を用いて古食性復元を行うことができれば，動植物遺物があまり出土していない場合や，さらに，遺物の残りやすさや残りにくさも考慮することにより，過去の食生活の時代変遷や地域依存性などに関して，詳細に復元できることが期待される。

外面に付着する燃料材を起源とする“ススから土器使用時の年代が得られ(年代情報)，内面に付着する食材を起源とする”コゲ“から炭素・窒素安定同位体組成，C/N 比を測定し，現生生物の値と比較することにより炭化物の起源を推定できる。さらに，“ススより“コゲ“の方が古い炭素年代を与える場合には，海洋リザーバー効果の影響を受けた海産魚介類を調理した可能性が高い(手法①)。バイオマーカーとなる土器残存有機物組成や分解生成物をガスクロマトグラフ(GC)，ガスクロマトグラフ質量分析装置(GCMS)を用いて同定し，それらの有機物組成から起源物質を推定し(手法②)，またガスクロマトグラフ質量分析・同位体比測定装置(GC-IRMS)を駆使して，抽出した脂肪酸の分子レベル炭素同位体比(Compound-specific Stable Isotope Analysis: CSIA)を測定し，現生生物の値と比較することで直接食材を推定する試みが行われてきた(手法③)。本研究の第一目標は，上述した三つの手法(①，②，③)を相補的に組み合わせることにより，新しい縄文土器を用いた古食性研究手法を確立することである。今回は，礼文島浜中2遺跡，石川県真脇遺跡，愛知県渥美半島にある保美貝塚，伊川津貝塚などの出土土器を用いて，土器型式や部位，器種を考慮して，脂質組成と調理食材との関係，海獣資源利用の評価に関して，考えていくつもりである。

2．方法

年代測定試料は土器付着炭化物を用いた。土壌起源の有機物や炭酸塩などの汚染を取り除くため AAA 処理を行った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，炭素年代測定を行った。さらに，AAA処理済みの土器付着物の安定同位体，炭素窒素含有量を分析した。

土器の脂質分析は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，抽出した脂質を 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。抽出した脂質は水酸化ナトリウムメタノール溶液で加水分解(鹸化)し、中性脂質と酸性脂質を分けて分析する。ヘキサンを加えて中性脂質を抽出した後、溶液を酸性にしてからクロロホルムで酸性脂質を抽出し、メチル化またはトリメチルシリル化した後、ガスクロマトグラフ質量分析(GC–MS)を用いて分析した。さらに，ガスクロマトグラフ質量分析・同位体比測定装置(GC-IRMS)を駆使して，抽出した脂肪酸と現生日本産生物の分子レベル炭素同位体比(Compound-specific Stable Isotope Analysis: CSIA)を測定した。

3. 結果と考察

例として，油脂を採取するために，海獣(ニホンアシカ)を煮炊きしていたと考古学的に推定され，海洋リザーバー効果，土器付着炭化物の安定同位体組成(手法①)や脂質組成からも支持されてきた(手法②)浜中2遺跡縄文後期(V 層)から出土した土器胎土から抽出した炭素数 16, 18 の直鎖状飽和脂肪酸の分子レベル炭素同位体組成($\delta^{13}C_{16:0}$, $\delta^{13}C_{18:0}$,)を右図のように，現生日本産生物データの上にプロットしてみた(手法③;堀内・宮田・Evershed(未発表))。

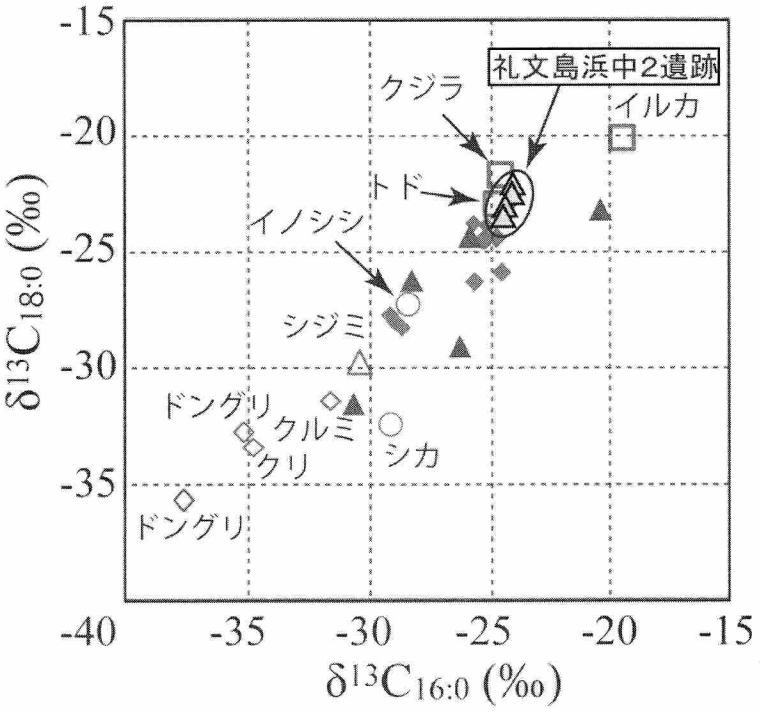


図 現生日本産生物と土器胎土抽出脂肪酸の炭素同位体比
＊白抜きは現生生物試料。浜中 2 遺跡とその他の遺跡出土土器試料は塗りつぶしてあり，化石燃料燃焼の影響として，$\delta^{13}C$ 値を 1.2‰補正した。

その結果，浜中2遺跡出土土器片から抽出された脂質の分子レベル炭素同位体組成($\delta^{13}C_{16:0}$, $\delta^{13}C_{18:0}$,)は，クジラ・トドなど現生海獣類の領域によく一致した。つまり，本結果は，試料選択を適切に行えば，一つの土器片からでも調理された食材の起源を科学的に推定できることを示す大変貴重な例であり，かつ，海獣資源利用をきちんと評価できる例でもある。本報告では，他遺跡の例も含めて海獣利用の評価について考えていくつもりである。

資料提供組織，提供者の方々と分析に協力頂いたブリストル大学の Prof. Richard Evershed に感謝致します。本研究はH25-28年度科研費基盤B(代表者宮田佳樹;25282072)の研究成果の一部である。

B-09

石造文化財の冬季養生による保存対策に関する研究

Study of Protective Measures by Winter Cover on Stone Cultural Heritage

○石崎武志（東北芸術工科大学、文化財保存修復研究センター）

○Takeshi Ishizaki (Tohoku University of Art & Design)

1．はじめに

寒冷地において、屋外にある石造文化財は、冬期間の凍結・融解により劣化する場合がある。劣化する条件として、石材中の水分量が多いこと、また、石材の温度が石材中に含まれる水分が凍結するまで温度が低下することがあげられる。石材中の凍結温度は、水分量が低下すると低くなることから、凍結劣化の防止策の一つは、石材中の水分量をなるべく低下させること、もう一つは、石材の温度をなるべく低下させないことである。

これらの目的で、ドイツでは冬季に大理石の彫像に、木造の覆い屋をかける対策がとられている。日本では、石造文化財をむしろなどで覆うかたちの冬季養生がなされている。図１に山形市元町にある重要文化財の石鳥居の冬季養生の様子を示している。この石鳥居は平安時代に作られたもので、日本最古の石鳥居といわれている。この養生は、まず鳥居上部の石材をビニールシートで覆い、その上にむしろを置き、さらにその上をビニールシートで覆うという構造である。この養生の効果を見るために、養生内部の石材表面の温度、養生表面の温度および周囲の温湿度を測定した。また、ここでは、タイムラプスカメラを用い２時間ごとに、石鳥居の写真を撮影して、積雪の変化の様子を観測した。

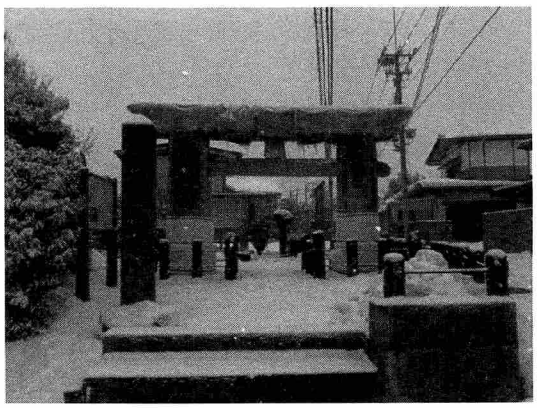


図１．山形市元町の石鳥居

2．温度の測定結果

測定は 2015 年１月 26 日から３月 27 日までの約２ヶ月間行った。石鳥居周辺の気温変化を図２に示す。また、石鳥居の養生内部の石材表面の温度を図３に示す。気温の測定結果を見ると、１月 29 日 5：30 に 5.3℃を記録しているが、石材表面では１月 29 日 3：30 に-0.8℃で最低になっている。また２月５日 3:30 に気温が-4.3℃まで低下しているのに対し、石材表面温度は-0.2℃となっていた。

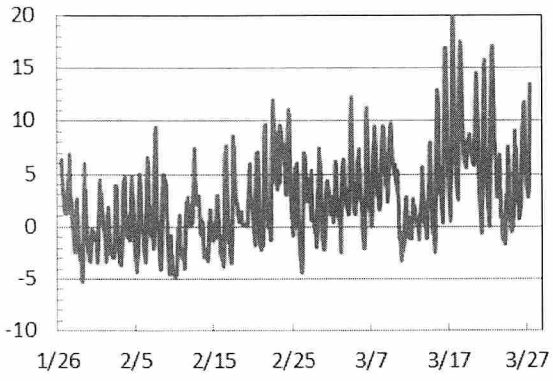


図２.石鳥居周囲の気温変化

図４には、日最低気温と石材表面の日最

低温度のうち、零度以下になった点を示している。この期間では、日最低気温は、-5.3℃、石材表面の日最低温度は、-0.8℃であった。

一般に、土や石など多孔質体中の水は、過冷却現象があるため、－１℃程度の温度では凍結しないと考えられるので、この間冬季養生をした部分の石材は、凍結しなかったと考えられる。

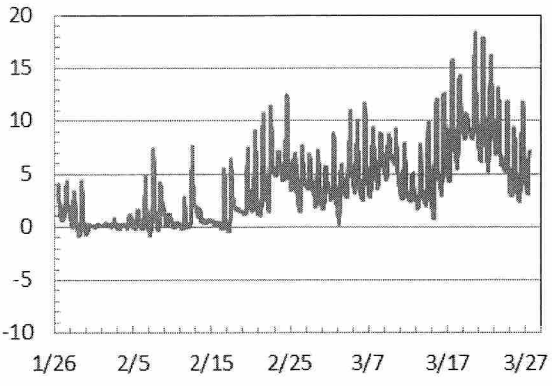


図３.冬季養生内部石材表面の温度

この様に石材表面の最低温度が、気温の最低温度より、４℃程度高くなった理由としては、冬季養生のむしろを、ビニールシートではさむ様な形にすることによって、温度の低い空気が、石材表面に直接当たらなかったためと考えられる。石造文化財の冬季の凍結リスクを低減する方法としては、簡便で有効な方法であると考えられる。

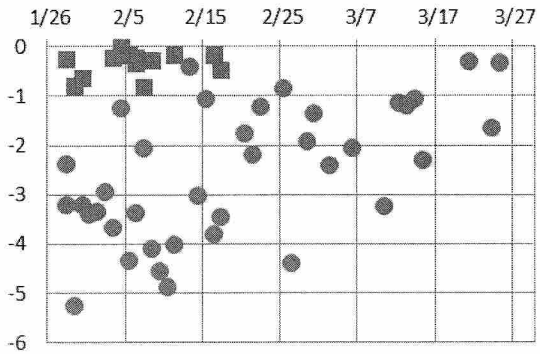


図４.日最低気温（●）と日養生内石材表面最低温度（■）

山形の気象台の記録では、2014 年～2015 年の冬での、最低温度は、-7.5℃ (2014/12/28) であった。この形の養生方法は、山形のように冬季温度の低下が極端に大きくない地域において有効であると考えられるが、北海道地域の様に、最低気温が-20℃以下になるような地域においては、石材が凍結すると考えられるため、この方法で石材の凍結劣化のリスクを低減することは難しいと考えられる。さらに、詳細な検討を行うためには、石材および冬季養生のための材料の熱物性を求め、熱解析を行うことにより、周囲温度により、石材表面の温度がどの程度低下するか見積もる必要がある。

現在、岩手県の盛岡市にある史跡志波城跡、復元築地塀の冬季の凍結劣化に関して調査を行っている。ここでは、土壁の体積含水率が 30%程度（TDR 含水率測定装置の測定値）の高い所では、凍結劣化が顕著であるが、含水率の低い所では、凍結劣化がほとんど見られない。そのため、石材の含水率を低下させることも、石材の凍結劣化のリスクを低減させる上で有効な方法である。今後とも、さらに定量的にこれらの関係を調査していく予定である。

５．謝辞

本調査を進めるに当たって、山形市教育委員会の植松薫氏をはじめ関係者の皆様に協力を頂いた、厚くお礼を申し上げます。

６．参考文献

気象庁、過去の気象データ（http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php）

B-10

X線CTスキャナの活用による遺跡で発見される豊富な遺物情報を得る調査(Ⅱ)

―福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土遺物の有機質情報および埋納方法の復元に向けて―

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

○加藤和歳(九州歴史資料館)・小林啓(同左)・今津節生(九州国立博物館)・輪田慧(合同会社2bit)
村上浩明(株式会社とっぺん)・森下靖士(古賀市教育委員会)・甲斐孝司(同左)・横田義章(同左)
○Kazutoshi Kato・Akira Kobayashi(Kyushu Historical Museum) Setsuo Imazu(Kyushu National Museum)
Kei Wada (2bit)・Hiroaki Murakami(toppen)・Yasushi Morishita・Koji Kai・Yoshiaki Yokota(Koga City Board of Education)

1. はじめに

平成25年3月、福岡県古賀市に所在する船原古墳(ふなばるこふん)で総数 500 点を超える馬具等が埋納されている大型土坑(遺物埋納坑)が未盗掘の状態で発見された。これまで発表者らは、埋納坑発掘調査と連動したX線CTスキャナの活用を核とする調査手法を構築し、馬具等のCTデータから、通常の発掘調査の流れでは発見が難しい遺物の存在や、馬具に使用されていた有機質の痕跡を土壌内から発見してきた。

本調査は、そのCTデータと、現場において取得した遺物出土状況の三次元計測データを統合することにより、出土状況を平面、断面から自在に立体視することが可能となるデータ作成し、馬具等副葬品の出土状況を三次元的に把握、検討した成果について述べていく。

2. 調査の目的と方法

豊富に遺る有機質遺物や重層している遺物の位置情報、土壌に埋蔵されている各種痕跡を記録し、可視化を目指すものである。これには、平面的な遺物の出土状況(遺構データ)を三次元計測により記録し、その後、X 線CTスキャナを利用して立体的な情報(遺物データ)を得る過程を経る。そして、三次元計測データとCTデータを統合し、出土位置と土壌に埋蔵される情報、遺物の内部構造が一体化されたデジタルデータによって、遺構と遺物の内部、外部の情報、両方とも立体的に把握する試みである。

作業は、まず、それぞれのデータ構造をサーフェスデータに合わせて、それを同一ソフト上に読み込み、遺構データに遺物データをはめ込む。はめ込む際は、写真測量データ等参照しつつ、手動で形状を合わせていく。これにより遺物の位置情報を立体的に記録するのだが、最終的には、古墳時代研究にとってのニーズに適合し、かつローコストといった条件を満たす、表示データの回転や拡大縮小、移動等が、マウス等の操作で可能となるソフトを製作する予定である。

3. 土壌中に遺る遺物の位置情報、各種痕跡情報可視化の成果と意義

手測りの実測による数百点の測点から、数百万点の測点をもって解析した記録となり、その精密度は飛躍的に向上した。そして画像上で、埋土を除去し、遺物を検出することで、複雑に絡み、重層している馬具等の出土位置を立体的に把握できた。特筆すべき点は、平、断面の観察箇所が限りなく広がったことで、遺構、遺物、周辺の土壌を網羅的に全体を観察できるようになる点である。本来、馬具は、使用されていた際、布、革、木材等有機質と金属という複合的材質を持つ遺物であるはずであり、双方に視点を置いた研究が望まれる。ただ、土壌内で消失しかけたわずかな有機質の痕跡を、発掘調査現場で記録し、保存することは、遺構、遺物の条件が厳しく、かつ技術的、時間的に困難が伴う。

これに対し、本調査手法では、出土した状態の遺物本体と、その周囲の土壌に残る有機質情報をあわせて、立体的に把握することにより、本来、馬具に用いられていたはずの繊維類や、副葬品の梱包に用いられていた織物や木材等の全体像を推定し、復元することができよう。有機質情報を遺物個々という「点」から、遺物相互間、遺構全体という「面」に視座を広げるものである。

これにより、古墳時代の馬具や副葬品埋納方法について、客観的かつ豊富な情報をもって実像に迫ることができ、当該研究の進展に寄与できるものと考えている。

【引用・参考文献】

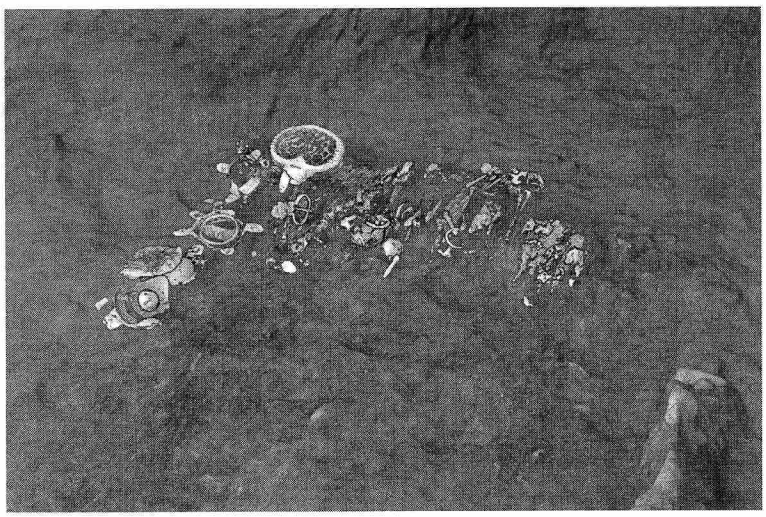
森下靖士 2014『船原古墳遺物埋納坑発掘調査速報』古賀市文化財調査報告書第64集 古賀市教育委員会

加藤和歳・小林啓・今津節生ほか 2014「X線CTスキャナの活用による遺跡で発見される豊富な遺物情報を得る調査―福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土遺物の有機質情報および埋納方法の復元に向けて―」『日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会

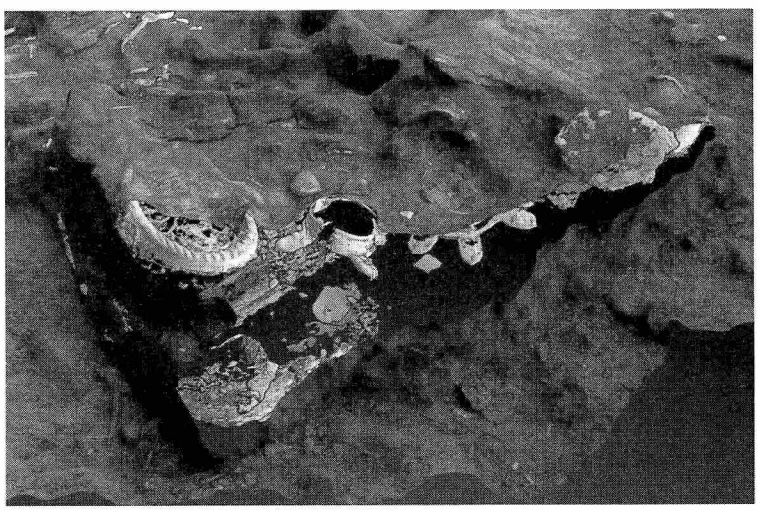
小林啓・加藤和歳・今津節生ほか 2014「福岡県船原古墳遺物埋納坑出土資料のX線CTスキャナによる調査」日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会

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

遺物埋納坑南東周辺部　出土状況



同上　俯瞰3D データ（画像上で表面一部の埋土を除去し、遺物を検出）



同上　断面3D データ（画像上で側面一部の埋土を除去し、遺物を検出）

B-11

地域おこし協力隊と文化遺産活用の可能性

Possibility to cultural heritage application by Community revitalization supporters

金ケ崎町地域おこし協力隊
板垣　泰之
Itagaki Yasuyuki

1. 地域おこし協力隊について

地域おこし協力隊とは総務省の事業の一つで都市部から農村、漁村などの地方に移り住み都市部で培った協力隊のスキルや人脈等を利用して地方を盛り上げ、若者の定住・定着を進める事を目的としている。期間はおよそ3年で地域おこし協力隊には年間200万円の事業予算があり、その200万円を利用して地域おこしを行い、最終的には定住を目指す取り組みである。通常、地域おこし協力隊の活動としてイメージされるのは山深い集落や離島に入り、農業を中心とした6次産業(農作物を加工販売流通まですることで、新しい産業とする近年生まれた考え方)を促進するといった目的で採用されたり、民泊やグリーンツーリズムなどを中心とした観光業を中心とした地域おこしをしたりすることが多い。文化財等の分野に関しては活動を行っていくうちに結果的に古民家を改修するといった例はあるものの、採用時から文化遺産活用を活動条件にしているところは少なく、現在筆者が採用してされている文化遺産活用隊員は地域おこし協力隊の中でも珍しい職種といえる。

2. 現在の活動状況について

現在、金ケ崎町で文化遺産活用を担当しているのは2名で、文化財の普及啓発を中心として活動を行っている。特に金ケ崎町での代表的な遺跡に国史跡「鳥海柵」、国選定重要伝統的建造物群保存地区「金ケ崎町城内諏訪小路」の普及、啓発活動がある。その他にも町内各地には縄文から近代までの遺跡や建築物などが点在しており、それらの文化財の活用も今後地域住民と共に活用を検討し事業をおこなっていく予定である。しかしながら現時点では町内の遺跡に関して県内はもとより、町内ですら認知されているとは言い難い状態にある。そのため、まずは様々な人に知ってもらうことを目的とした活動が主になっている。

金ケ崎町では歴史・ひと交流拠点整備、住民ガイドツアー検討、人・食・景観事業、写真等アーカイブ事業を軸に活動し、その他に地域の歴史についてのラジオへの出演、地元子どもたちへのツアー、町が地区住民へ管理委託している展示公開施設への助言、活動補助など歴史や文化財が身近な存在になるよう様々な取り組みをおこなっている。事業をおこなう際にはあくまで自分たちの住んでいる地域に誇りを持てるように地域住民の自主的な活動を促すため基本的に地域住民と共に計画し、そして地域住民が継続しておこなっていけるような事業を設定していくことを心がけている。

着任から約半年経過し、協力隊が実際に遺跡を利用して実施したガイドツアー事業の一例として鳥海柵での花見を挙げる。今回の花見の参加者は町内町外問わず約30人集まり、第一回目の取り組みとしては成果を上げることができたと感じている。また、この時の様子は地方新聞に取り上げられ遺跡の広報としても効果がみられた。内容は参加者と共に史跡散策や土器の解説を行った後に花見をおこな

う単純なものである。しかし、本事業は歴史に触れ合うツールとして花見という誰もが楽しめる部分を利用して遺跡散策に参加しやすい環境をつくり、さらに鳥海柵が現存していた当時のような雰囲気で酒盛りを楽しむために岩手県奥州市衣川で再現製作されたかわらけを利用して酒を飲むという試みをおこなった事が、多数の参加につながり良い結果につながったのではないかと考えている。

3. 今後の展望

現在、地方創生の政府の方針もあり地方が注目を浴びている。地方を盛り上げるためには各地域の特色を生かすことが重要であるといわれている。筆者の現在の業務である地域おこし協力隊も地域の魅力を生かして地域おこしを進めていく事が求められている。では、地域の特色、魅力はどこから生まれるのだろうか。それはその土地の記憶すなわち歴史が一番わかりやすい特色、魅力になると考えている。たとえ周辺の自治体で成果を上げている事例をおこなっても、すでに実施されている取り組みをおこなうだけなので、その自治体ならではの特色にはならず、効果的な地域おこしができているとは言えない。しかし、歴史はその地域で積み上げられてきたものの結果であるため、周辺と似ていても長い年月の間に変化してその土地独自のものになっている場合が多くそれが良い特徴になっている。

地方はこれから少子高齢化が進み、都市部への人口流出やより自分らしい生き方ができる地方へと人が流れていく時代になっていく。そこで今の子どもたちが自分たちの足元の歴史を見つめなおすことで地域の魅力を再発見し、自分たちの地域を誇りとすることで郷土への愛着が生まれ、より魅力ある地域を作っていこうという意識が人口流出を止める最大の力となる。そのための地域づくり、人づくりに歴史や文化財が有効であるという認識を文化財担当者とその他行政機関が共有することが必要であり、歴史を守る土壌を作ることがこれからの文化財の保存に一番必要な事ではないだろうか。今一度、文化財と地域、地域住民との関係を見直す必要があると考えている。

本事業は筆者が着任した2014年9月からの事業になるので、まだ今後の展開に予想がつかない部分が多いため、検討を要する課題であるが、今後の文化財のあり方を見なおすきっかけになれればと考えている。

図1　鳥海柵での散策及び花見

図2　オリジナルキャラクターによる校外学習補助

C-01

エルミタージュ美術館レンブラント銅版画コレクション用紙に用いられた和紙の顕微鏡分析

Microscopic Analysis of Japanese Paper used for the Rembrandt Copper Prints of the State Hermitage Collection

○江南和幸，岡田至弘：龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター
Elena SHISHKOVA, Roman GRIGORYEV：The State Hermitage, St. Petersburg, Russia

1.はじめに

17 世紀，イエズス会宣教師たちによりヨーロッパに紹介された和紙は，やがてオランダにもたらされレンブラントがいち早くその銅版画に使ったことは，新村出，壽岳文章らの調査によりよく知られている．しかし、レンブラントの版画に用いられた用紙の顕微鏡による科学的分析は、日本でのレンブラント展開催の際に特別の許可のもとに採取され僅かの繊維の観察の他，これまで行われていない．今回，エルミタージュ美術館との共同研究により，同美術館により和紙を用いたと評価されている 10 点の銅版画用紙のデブリ（3mm 角程度）の提供を受け,キーエンスデジタル顕微鏡によりそれらの用紙の繊維分析、紙組織の観察を行った。

2. 実験方法

キーエンス VHX-500 デジタル顕微鏡により，10 点の作品の用紙のモルフォロジー（表情），繊維の微細組織および，紙面上，内部に残存する澱粉粒などを観察した．同時に，ランダムに選んだ繊維 10~15 本の幅を 10 点について測定し平均値を求め，それらを雁皮繊維，楮繊維の既存のデータと比較し，雁皮繊維，楮繊維の存在の有無を確認した．

3.結果と考察

表1に Rembrandt 銅版画用紙の分析結果を示す．繊維微細組織分析と繊維幅計測とから，用紙は 10 点とも雁皮繊維を主体とし，米粉と考えられる澱粉粒子もともに見つかっているので，米粉入り雁皮紙であることが判明した．わずかにトレース程度に楮繊維も見られたが，積極的に雁皮＋楮混合紙を作ったものではない．16~17 世紀室町末～江戸初期の写本と奈良絵本に用いられた用紙の顕微鏡観察結果と比較した結果、レンブラントが用いた和紙は当時のもっとも上質の「鳥の子紙」と同質の紙であったことが分かった，図１．

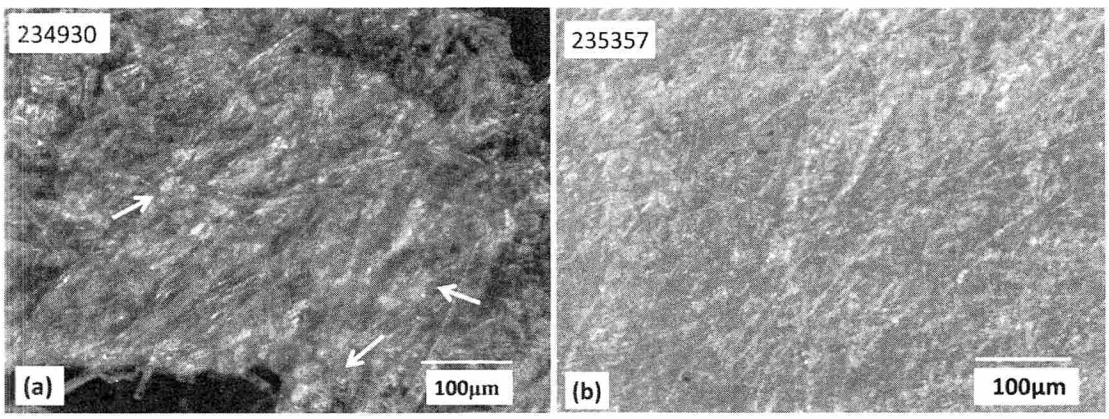


図１.Rembrandt 版画用紙の顕微鏡観察例．(a) #234930 の用紙の顕微鏡写真.矢印の部分に米澱粉粒子の塊が見える．(b) #235357 の用紙の顕微鏡写真．米粉澱粉が均質に混ざり，同様に米粉入り雁皮紙であることが分かる．

表1 今回観察に供したエルミタージュ Rembrandt Rovinsky Collection 10点に使われたガンピ紙の分析結果

Catalogue number, Title and Date	用紙種類	繊維平均幅（μm）
234930:Abraham Entertaining the Angels.1656.	米粉入り雁皮紙	10.3 (min.6.2, max.15.1)
234940:"Piedra Gloriasa"four Illustrations to a Spanish Book. 1653.	米粉入り雁皮紙 ＋楮（trace）	10.2(min.6.6, max.14.0) 24.4（楮）
234972: The Adoration of Shepherds: with the Lamp.	米粉入り雁皮紙	9.3(min.6.6. max.12.9)
235074: Christ Appearing to the Apostles 1656	米粉入り雁皮	9.2(min.5.6, max.13.8)
235264: "Six's Bridge".1645	米粉入り雁皮紙	9.3(min.4.3, max.13.5)
235274: Landscape with a Square Tower. 1650	米粉入り雁皮紙	8.2(min.5.7, max.11.1)
235303: Landscape with a Canal and Palisade.1659	雁皮紙 ＋楮（ trace）？	10.7(min.7.8, max.13.2)
235334: "Faust". 1652	米粉入り雁皮紙 ＋楮（ trace）	10.6(min.8.8, max.14.1) 15.7(min.14.2, max.17.8)
235357:Jan Lutma,Goldsmith. 1656	米粉入り雁皮紙 楮（trace）？	9.03(min.5.3, max.11.9)
235362: Jan Asselejn,Painter ("Krabbetje").1647	米粉入り雁皮紙 ＋楮(trace)?	10.77(min.7.6, max.16.0)

図2は，Rovinsky Collectionの#235357の原画より直接撮影した複写写真をエルミタージュ美術館よりメイル添付にて送られてきたものである．Rembrandtはこの時代になると，銅版の上のインクを，すべてを拭うことをせずに部分的に残して，明暗の微妙なコントラストを一枚の版で表現するという独自の銅版画技法を使っていたといわれている．この作品にもそのような表現が見られる．ぼろ布原料による分厚く，布繊維が各所にランダムに残り凹凸の激しいヨーロッパの紙では，２次元の面に微妙なインクの風合いを印刷することは，おそらく不可能であったのではないか．あくまでもスムーズで，厚さも密度も均一な雁皮紙は，Rembrandtの芸術表現に必要不可欠な材料であったと考えられる．

図 2 #235357 Jan Lutuma の肖像：1656年

C-02

江戸時代初期の奈良絵本に使用された赤色顔料の新しい科学分析

Novel chemical analyses of the red pigments used in “NARA-EHON” of the early period of Edo era.

○高橋 瑞紀[1] , 藤原 学[2]

[1]龍谷大学大学院理工学研究科, [2]龍谷大学理工学部・古典籍デジタルアーカイブ研究センター

1. 緒言

考古分析では非破壊分析や可搬型装置での分析が求められ、状態分析や正確な定量分析が用いられる例はあまりない。そのためデータの信頼性、再現性に問題がある場合がある。前回の報告で、江戸初期に製作されたことが判明している伊勢物語第 106 段「竜田川」の奈良絵本の赤色彩色箇所に辰砂 HgS と鉛丹 Pb_3O_4 の併用が確認された。そこで、これらの混色による影響を確認する方法として、考古資料の科学分析においてこれまで導入された例のない X 線光電子分光法(以後 XPS と表記)を用いて、顔料の発色をその電子状態から考察することを試みた。まず、鉛丹である Pb_3O_4 と辰砂である HgS の実験室用の試薬を用い、それぞれに膠を加えた時や混合させた時、さらに加熱させた時に変化が起きることを確認した。また、実際に奈良絵本断片の赤色顔料を少量採取し(Fig.1)、同様の分析を行った。それぞれの結果と比較し、当時の顔料に用いられた製法や技法について検討した。

2. 実験

和光純薬から購入した試薬 HgS,Pb_3O_4 とナカガワ胡粉絵具株式会社から購入した岩辰砂 8 と特製鉛丹を用い、試薬同士、顔料同士の赤色顔料混合物を作成した。試薬同士、顔料同士の赤色顔料混合物と、混合していない試薬 HgS、Pb_3O_4、岩辰砂 8、特製鉛丹それぞれに対して、無処理、膠(株式会社吉祥から購入した膠液を使用)を混合させたもの、加熱操作(試薬混合物のみ、30～400℃)を行った試料を作成した。また、「伊勢物語」奈良絵本断片の赤色彩色箇所については導電性カーボンテープを用いて 6 箇所について表面の少量の顔料を採取した。これらの試料に対し XPS、X 線回折(以後 XRD と表記)測定と、走査型電子顕微鏡(以後 SEM と表記)による表面観察を行った。測定は XPS には ULVAC-PHI 製 X 線光電子分光装置 ESCA-1600R(X 線源:Mg-Kα)を、XRD には Rigaku 製粉末 X 線回折装置 Rinto 2000(X 線源:Cu-Kα線)を、SEM には日本電子製 JSM-6510LV(100, 200Å Au 蒸着)を使用した。XPS、XRD 測定において、基準となるスペクトルからの変化を確認するため、基準物質として岩辰砂 8 と試薬 Pb_3O_4 を選択した。

Fig. 1 赤色顔料採取

3.結果と考察

まず、赤色顔料を乳鉢上で混合させて作成した赤色顔料混合物の XPS スペクトルはそれぞれ基準となる岩辰砂 8 と試薬 Pb_3O_4 よりもすべて高エネルギー側にシフトを起こしていた。これは光電子が試料中を通過して放出される際に、周りの原子に運動エネルギーが奪われ、それによるピークシフトが起きたと考えることができる。また、不純物をより多く含む顔料同士の混合物よりも、試薬同士の混合物の方が価電子領域の化学状態が多様であった。これより、顔料に含まれる不純物の存在は、反応を阻害する要因として働いている可能性が示唆された。次に、試薬 Pb_3O_4、特製鉛丹に膠を加えた際に、XRD パターンの一部のピークが非常にブロードに現れ、結晶子が小さくなっていることが確認された(Fig.2)。このことから、膠は鉛丹に対し、結晶構造を変化させる働きがあることが明らかになった。さらに、試薬赤色顔料混合物の加熱実験では 100℃付近から顔料の黒色化が始まり、加熱後の試験官のふちに水銀単体とみられる金属光沢のある物質が付着していた。XPS スペクトルからは水銀の強度が大きく低下していることが確認され、また鉛の化学状態が複数存在していることが確認された。XRD パターンは HgS、Pb_3O_4 の回折に加え、PbS の回折ピークが新たに現われた。これらのことから、加熱操作は化学状態に大きな影響をおよぼすことが確認された。100℃付近の低温で水銀が還元され遊離し始めたことからいずれかの物質が加熱操作における反応触媒となった可能性がある。上記の結果より、奈良絵本から採取した赤色顔料の XPS スペクトルを考察した。鉛の XPS スペクトルについて、ピークが 3 つに分裂しているものが確認された(Fig.3)。同じ測定箇所の酸素の XPS スペクトルも状態が多様化しており、これは色調を整える際に施された加熱操作によって鉛の価数が変化したと考えられる。またそのポイントでの水銀と硫黄の XPS スペクトルは、通常の辰砂 HgS とは逆方向への化学シフトが認められた。すなわち通常の HgS と逆の電子供与が起きていることが確認され、これは水銀、鉛、酸素、硫黄が共存していることが影響している可能性が示唆された。価電子領域についても非常に多様化しており、辰砂と鉛丹との間には比較的強い相互作用があることが認められた。考古分析に XPS 測定を導入することによって顔料の発色を電子状態から検討できることが判明した。今後は、混合における電子状態の変化をさらに追求することに加え、膠の種類による変化についても検討していきたいと考えている。

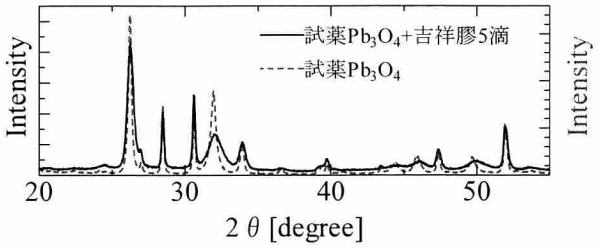


Fig. 3　試薬 Pb_3O_4+吉祥膠 5 滴の XRD パターン

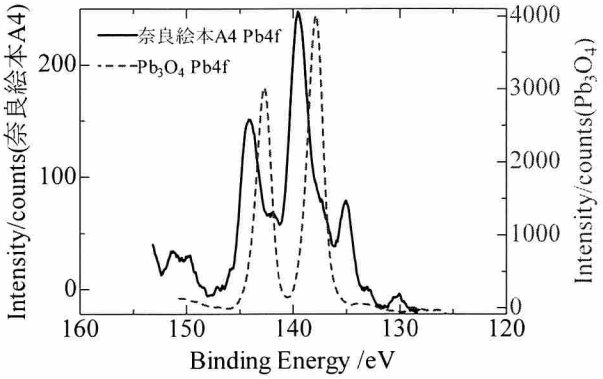


Fig. 2　奈良絵本 A4 から採取した赤色顔料の Pb4f XPS スペクトル

C-03

大洪水後のアユタヤ遺跡の保存と今後の対策

Conservation of Ayutthaya Historical Site against Big Flooding

西浦 忠輝（国士舘大学）

1 はじめに

ユネスコ、イコモス、タイ国芸術総局の依頼により、2011年の大洪水後のアユタヤ遺跡の復興の現状と課題、今後行うべき方策についての現地調査と協議を2014年4月に行った。調査はタイ国技術総局のスタッフの全面的な協力の下、インドの古建築保存の専門家であるVikas Dilawari氏[1]と伴に行い、連名で報告書を作成しユネスコに提出したが[2]、ここでは、西浦の担当部分をまとめ、その要点を報告する。

2 2011大洪水の直接の影響と緊急保存修復対策

2011年10月の大洪水から3年近くが経過した現在、洪水の直接の影響による建造物遺構の修復保存対策は順調に行われている。洪水による直接の影響すなわち建造物の破損等はそれほど大きなものではなく、経年により劣化していた状態が一時的、部分的に促進されたものと見てよい。従って、保存修復工事は劣化部分の応急処置ではなく、従来からの経年劣化に対処した全体的施工である。逆に言えば、洪水のあるなしにかかわらず、全ての建造物は多かれ少なかれ劣化した状況にあるわけで、今後の計画的な保存修復作業が必要な状況である。

2011大洪水の影響が最も大きく出ているのが壁画である。壁画の劣化は剥離という形で現れているが、これは壁に大量の水がしみ込み、徐々に蒸発していった結果、塩類が結晶化し、析出したためである。

3 2011大洪水の中・長期的影響

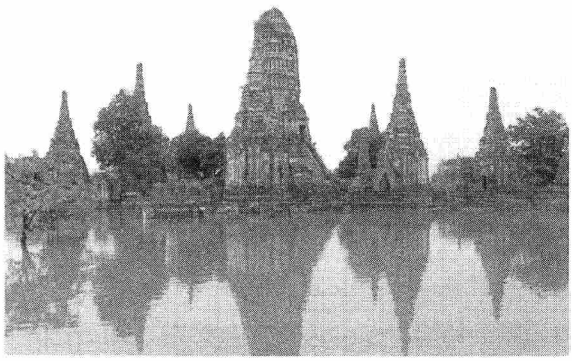
現在、依然として大洪水の影響を受けているのが、壁画である。前述の壁表面への塩類結晶の析出は今も続いており、今後も続くであろう。塩結晶の析出に伴う彩色面の剥落を樹脂で固定して応急的に止めることはやむを得ない処置であるが、その結果、より大きな面での剥落が起こるという懸念は現実のものとなっている。きわめて困難かつ深刻な問題といえよう。

このような現状に対処しなければならない一方で、その基本的な予防方法を考えなくてはならない。壁画面に塩類が析出する原因は、壁構造中にしみ込んだ水が壁画面から蒸発するからであるから、壁画面以外から蒸発するようにすることによって、その影響を大幅に軽減することができる。実際、修復整備された寺院の壁は壁画面を除いてタイルで被覆されて居り、きわめて水分が蒸発しにくくなっている。従って、長期的対策としては、壁内部の排水システムの構築と、しみ込んだ水分が室内でなく外部に蒸発する様な構造とすることが必要である。

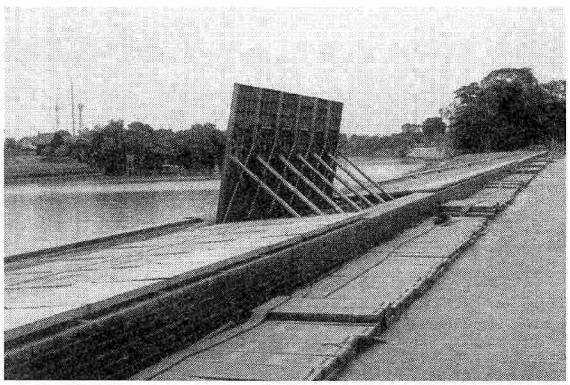
4 今後の大洪水への対策

4.1 洪水からの防護（人工的バリヤーの構築）

遺跡を洪水から護る最も単純かつ確実な方法は防護壁を構築して水の浸入を防ぐことであろう。そのためには、人工的なバリヤーの設置が有効であろうことは容易に想像のつくことである。この考え方に則った方法が実際にチャイワッタラナム寺院で行われている。金属、コンクリートによる近代的土木工事であり、よく設計されたチャレンジングな方法として評価したい。しかしながら、この方法はチャイワッタラナム寺院に特化した特別な例であり、アユタヤ遺跡全体をこの方法で護ることは全く非現実的である。従って、ここではいくつかの方法を考えてみたい。



洪水で水没したチャイワッタラナム寺院（2011）



人工的バリヤーの構築（チャイワッタラナム寺院）

4.2 洪水（水圧）の軽減策

洪水による水の進入を完全に防ぐことは不可能であるとするならば、如何にしてその影響を小さくするかということになる。そこで重要な視点は水の進入圧力、言い替えれば進入速度である。これを軽減させれば、影響をかなり小さくできるであろう。その方策として、現実的、自然的、かつ安価な方法が、水の進入部（経路）への樹木の植栽である。樹木としては成長が早く、密生度が高く、水圧に強く、景観上違和感の少ないものとして竹が考えられるが、他にも良いものがあるかもしれないので検討が必要であろう。

4.3 歴史に学ぶ

4.3.1 都城壁の復元

400 年続いたアユタヤ王朝はアユタヤ都城を造り上げ、維持してきたわけであるが、その間には当然洪水も多々あったはずである。その状況下で都城を護り、発展させてきたからには、当然、洪水対策がとられていたはずで、その中でも最も重要なのは都城壁であったと考えられる。高く頑丈な都城壁が街を護っていたとするならば、その復元は最も常識的な対策と考えることができよう。バンコク遷都の際にアユタヤの都城壁を崩し、レンガをバンコクに持ち運んだとされるが、そういうことであれば、都城壁の復元は歴史的にも自然なことであろう。技術的に、また現実的に都城壁の復元がどこまで可能なのかを是非検討すべきであろう。

4.3.2 伝統的対策（智の再発見）

前記の都城壁の復元とは別に、検討考察すべきは、アユタヤ時代になされていた他の種々の洪水対策である。物理的に防ぐだけでなく、実際的な多くの工夫があったはずである。アユタヤ時代の貴重な知恵、技術を調査、研究し、現在に役立てるという方策を是非取り入れていくべきであろう。

5 総合的保存活用対策

アユタヤ遺跡の保存と活用についてはすでにタイ国芸術総局により「マスタープラン」が作成され[3]、実行されている。このマスタープランについて、さらに広い分野の専門家が参画して再検討を行うことが必要ではないか。参画すべき専門分野としては、歴史学、考古学、構造力学、地盤工学、水理工学、気象学、土木工学、民俗学、地理学、都市計画学、社会学、保存科学等が挙げられよう。

5.1 国際シンポジウム

広い分野の専門家が参加し、幅広い議論のできる国際シンポジウム（Ayutthaya Symposium）を、ユネスコのオーサライズのもと、開催することを提案したい。ASEAN や日本の資金援助は考えられる。

5.2 国際科学検討委員会

上記シンポジウムを機会に、国際科学検討委員会（International Scientific Committee）を組織し、世界の専門家が継続的に調査、研究、提案等のできる体制作りを推奨したい。この場合もユネスコ、イコモス等のオーサライズ、協力が大いに期待される。

6 タイ国芸術総局への提言

タイ国芸術総局の組織、スタッフは国際的に見ても高いレベルにあるといえる。しかしながら、文化遺産の保存修復工事を現場で行う民間技術者の文化遺産についての知識、技術が十分でないように思われる。本質的な能力の問題ではなく、文化遺産に関することであるから、研修等の適切な対策によって十分解決できる事柄である。制度上、実務上の両面から、是非検討されるべき課題である。

アユタヤ遺跡に限らないが、遺跡内に新しい寺院が造られ、それらはタイ国芸術総局の管轄外とされるが、これらの新寺院と遺跡保護との関係は重要であろう。文化遺産保護の国策に則った適正な規制を行うべきだが、一方で、良好な協力関係を構築し、地域住民の遺跡保護への啓蒙活動の拠点とすべきと考える。すなわち、これら寺院が遺跡の保護のための活動をして直接貢献するだけでなく、そのことが地域住民に遺跡の重要さと保護の大切さを日常の中で教え、習慣づけることになるからである。全国的な波及効果を考え、アユタヤがそのモデル地域となるように、有効な対策を取っていくことを大いに期待したい。

7 おわりに

昨今の地球温暖化が原因といわれる気象変動により、大洪水の頻度が高まっているように思われる[4]。この傾向は、今後ますます高まるものと考えるべきであり、遺跡、建造物の保護の間点からは危惧すべき状況である。今後様々な視点から対策を考えて行く必要があり、関連の調査研究を進めていきたい。

文献等

1)http://www.nerolacarchedge.com/vikas-dilawari-interview/ など

2) Tadateru NISHIURA & Vikas Dilawari, "Report on the ICOMOS Advisory Mission to Historic City of Ayutthaya, Thailand From 28th April to 2nd May 2014", ユネスコ世界遺産委員会提出、公開予定

3) "Master Plan on the Conservation and Development of the Historic City of Ayutthaya", Fine Arts Department, Thailand

4) 西浦忠輝：地球規模の気候変動と歴史遺産、「文化財の保存と修復④：歴史遺産と環境」、文化財保存修復学会編　PP 59-70

C-05

2カ年にわたる『インカ帝国展』における展示品移送時の振動及び温湿度環境

Vibration, Temperature, and Humidity Measurement in the Transportation of Inca Objects over Two Years

○西藤清秀（奈良県立橿原考古学研究所）・谷本親伯（大阪大学名誉教授）

I. はじめに

2012年度より国立科学博物館とTBSテレビが企画監修し、2カ年にわたって全国9箇所で開催された「インカ帝国展」の展示品移送に際して、展示品梱包箱に振動に関わる加速度及び温湿度を計測するデータロガを設置し、移送時の振動と温湿度を記録した。振動については人的移動、車両、昇降機材による移動、航空機への積下ろし、航空機の発着環境、道路路面環境等の種々の局面の計測を実施し、梱包容器内の温湿度については、季節、搬送車輌環境、航空機内環境が及ぼす影響を調査した。この研究は、TBS、国立科学博物館、日本通運（株）、ペルー文化省、地球観測（株）の全面的な協力によって実現できた。

II. 巡回展での記録の方法

『インカ帝国展』の展示品の移送には43のクレートが使用され、そのうち5箱のクレートをデータロガの計測対象とし、データロガの設置・回収を繰り返した。各ロガは、展示品と同一環境に設置した。採用した振動加速度ロガは、ST Microelectronic社のMEMS加速度センサーをベースにしたスリック製G-MEN、プラスマイナス10gの範囲で使用出来る。応答周波数、最小サンプリング周期および記録容量は、それぞれ0-200 Hz, 10 msecおよび16,300データである。この計測器は、3軸加速度と温湿度が計測可能で、10G仕様を内蔵しており、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。

加速度の振動評価は、JIS0232の規定から策定された精密製品の輸送に関わる「産業用情報処理・制御機器設置環境基準」IJEIDA-63-2000：平成12年7月のJEIDA-2を参考に、激しい振動値をトラック輸送2.5g以上/船舶輸送0.9g以上/航空機輸送2.1g以上とした。

2012年6月27日国立科学博物館におけるデータロガの設置を皮切りに、仙台市博物館、山梨県立考古博物館、静岡県立美術館、富山県民会館美術館、京都文化博物館、福岡市博物館、鹿児島県歴史資料センター黎明館、そして最終の展覧会場である沖縄県立博物館美術館まで各施設でデータロガの設置・回収を繰り返し、2014年2月東京を経由し、ペルー国に返却し、回収した。上記展覧会会場への展示品移送は、基本的にトラックによる陸送であったが、鹿児島ー沖縄間は海上輸送、ペルーへの返却は、航空機による空輸であった。

III. 振動の記録から見た移送の問題点

クレートの場内移動には台車が使用されたが、時によりZ軸の鉛直方向、X,Y軸の水平方向に激しい振動が発生している。この振動は人為的要素と施設環境によって生じている。

積込み・積降ろし時の振動は、作業用機材や人的要因で生じ、激しい振動値は圧倒的にZ軸鉛直方向であり、人によるクレートの台車等への積降ろしや運搬車のテールゲート昇降装置のON&OFFの動作時に起因する。前者は人の取り扱い方によって差が生じ、後者は機材の性能によるが、両者とも調整することによって防ぐことは可能である。この作業においては軽量なクレートほど激しい振動値を示す回数が多く、クレート重量が積込み・積降ろしの作業に大きく関わっている。またX軸・Y軸の水平方向の激しい振動値を示すこともあり、クレートを荷台や床面において引張りや押す行為がそのような結果をもたらしたと考えられる。

展示品の移送には美術品専用トラックが用いられたが、一部一般的なトラックも使用された。トラックの走行速度が遅ければ生じる振動は少ない。これは、各施設から高速道路への乗り入れ前と高速道路から降りて各施設に向かう一般道での走行では2.5g以上の激しい振動は少なかったことから明らかである。高速道路も走行状態や道路状態によって異なり、東京ー富山間や福岡ー鹿児島間の場合にはほとんど激しい振動が記録されていない。これは道路の状態もさることながら走行する車輌の速度に大きく関わっていると考えられる。

今回の調査では車輌の荷台でのクレートの位置や固定の方法を確認しなかったが、走行時において各クレートの重量と激しい振動値の頻度は相関的な関係があり、日本国内の全走行行程

において 2.5g 以上の激しい振動値は、重量 76.5kg のクレート No.3 が 72 回、重量 42.5kg のクレート No.5 が 111 回、重量 55.5kg のクレート No.6 が 65 回、重量 65.5kg のクレート No.13 が 79 回、重量 91.5kg のクレート No.20 が 24 回を記録している。この数値を見ると明らかに重量のあるクレートは振動頻度が、軽量なクレートに比べはるかに少ない。そのため、軽量クレートの荷台での配置や固定の仕方が重要になる。車輌停車時の余分なアイドリングは、振動値が小さいが、突然エンジン回転数が上がり、振動が大きくなるため注意を要する。

船舶に関して航行中の振動値は、安定した穏やかな数値を示すが、天候次第と言える。悪天候が回避できれば、文化財移送には最も有効な手段である。

航空機による輸送は全く問題はなく、離陸、エアポケットによる落下、着陸という状況下でも振動値は大きくならない。しかしながら、航空機利用の最大の問題は、空港内の移動と機内への積込みである。空港内の移動には搬送業者の立入りが制限され、空港内での展示品のクレートの空港内運搬車輌での積降ろし、移動の状況を把握出来ない。結果、激しい振動値を記録したが、実際のどのような動きの中で生じたかを確認できていない。2011 年の研究（西藤・谷本他 2012）を含め、現在まで 5 カ所の空港（関西国際、上海浦東、成田、アムステルダム、リマ）で振動値を計測した結果、各空港で短時間の間に、成田空港を除いて空港内移送中で最も高い 8.0g～10.0g という数値を記録し、これは、文化財移送にとって非常に危機的な数値であり、解決すべき要素である。また、神庭・塚田等が計測したトロント空港でも 10.0g に近い値が計測されている（神庭・塚田・和田・古谷等 2007）。空港における荷物の移動は、ローリーと呼ばれる運搬車やローラーコンベヤーが使われているが、空港内の作業で生じる振動値が、文化財移送行程の中で最も大きな数値である事実に目を向け、改善をする必要がある。

IV. 温湿度の記録から見た移送の問題点

2 年間にわたる展覧会の展示品移送において展示品を梱包するクレート内の温湿度を計測した結果、文化財の移送時には外気温度がクレート内に大きく影響を与える。移送手段によって温度は異なり、トラック等の車輌は外気の温度に敏感に影響を受け、走行時の速度や時間帯への留意が必要である。さらに航空機は車輌以上に外気の影響が強い。しかし船舶（フェリー）よる展示品移送は、外気が船体とトラックの二重の防護が働くためかクレート内温度の変化は少ない。展示品の中で金製品などの金属製品を納めたクレートは、際立って温度に敏感と言えるが、布製品等を納めたクレートの温度変化はあまりなかった。

湿度もまた移送時の外気に影響された。しかし、それは通年での緩やかな変化である。展示品移送に際して、梱包された展示品の素材によって湿度変化があるのではと考えていたが、梱包されている展示品ではなく、梱包材の湿度吸収による影響も考慮する必要があると感じた。

V. まとめ

2 カ年、日本国内 9 施設を巡回し、ペルーに返却された『インカ帝国展』展示品の移送時の振動および温湿度に関わるデータを記録した結果、上記のように多くの留意点と改善点が浮かび上がった。その中ですべての激しい振動は、クレートの中の展示品に表面的な損傷はなくても、展示品にかなり負荷がかかり、将来、損傷をいつ引き起こすかわからないダメージを内紛させる。空港内での作業以外は、文化財関係者が問題点を留意することによって多くは改善されることが、数値から読み取れた。しかし、空港内作業は、世界的に文化財関係者の注意がおよばない場所であり、非常に激しい振動値が記録されるている事実から、文化財・美術品公開のグローバル化の中で大きな問題である。これには、文化財移送のマニュアルを徹底させるなど一刻も早い解決が必要である。将来、移送した際に受けた激しい振動が展示物の損傷への起爆剤的な要素とならないことを願っている。

参考文献

神庭信幸、塚田全彦、和田浩、古谷毅、今北憲、高木雅広 2007「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」『文化財保存修復学会第 29 回大会研究発表要旨集』p.76-77 文化財保存修復学会第 29 回大会実行委員会　文化財保存修復学会

西藤清秀・谷本親伯・橋本裕行・菅谷文則・藤田行茂・吉仲勉　2012「奈良・西安往復における文化財移送時の振動測定」『日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集』p78-79　日本文化財科学会・京都大学考古学研究室

この発表は、日本学術振興財団科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究（課題番号：24650600）「文化財美術品搬送における振動および温湿度環境」（2012-2014）（代表：西藤清秀）による。

C-06

トルコの歴史的建築物の内壁における塩類析出に関する調査

Salt Crystallization in historical buildings, Istanbul, Turkey

○佐々木 淑美(関西大学、東北芸術工科大学),
吉田 直人(東京文化財研究所), 小椋 大輔(京都大学), 安福 勝(近畿大学),
水谷 悦子(京都大学), 石崎 武志(東北芸術工科大学),
○Juni Sasaki (Kansai University, Tohoku University of Art And Design),
Naoto Yoshida (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Daisuke Ogura (Kyoto University), Masaru Abuku (Kinki University), Etsuko Mizutani (Kyoto University)
Takeshi Ishizaki (Tohoku University of Art And Design)

1. はじめに

2010年以降これまで、ハギア・ソフィア大聖堂をはじめとした歴史的建築物群において、塩類析出を主とする内壁の劣化に関する調査分析を進めてきた。ハギア・ソフィアにおいて、北西エクセドラでの塩類析出が顕著に進行していることは、これまでにも報告してきた通りである[1)]。これは、2008年に西側外壁の漆喰が除去され、レンガとモルタルの組積造躯体が暴露状態となり、特にモルタル部分の風化とそこからの雨水の浸透が進行したためであった。2013年に再度外壁を漆喰で被覆することが決まり、作業が完了した2014年冬からは塩類析出の変化を継続的に観察している。こうした継続的な調査の中で、2010年から現在までの塩類析出の変移そして外壁被覆の前後での変化を確認することができた。本発表では、ハギア・ソフィアに加えて、比較調査を実施しているアヤ・イリニとカーリエにおいて、2015年調査までに確認した建築毎の塩類析出状況とその季節・年次変化についてまとめ、考察を述べる。

2. ハギア・ソフィアの塩類析出状況と硝酸ナトリウム析出の年次変化

まず、北西エクセドラで最も析出しているのは硫酸ナトリウムで、その析出状況は2010年9月と2014年12月とを比較すると、顕著に進行したことがわかる。塩類析出のプロセスは、まず表層ペイントが剥落し、その後中間層モルタルでの塩類析出が顕著にみとめられ、その粉状化した中間層モルタルの剥落によって下地モルタルあるいは躯体が露出するといったもので、水谷らによるシミュレーション結果とも合致する[2)]。なお、2015年3月ならびに5月に再度確認したところ、外壁被覆後は析出量やその範囲の進行はみられなかった。

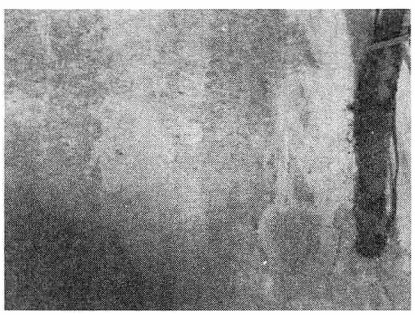


Fig.1 北西エクセドラ(2015/3/9)

Fig.2 北西エクセドラ(2015/6/6)

次に、局所的に析出を確認してきた硝酸ナトリウムについては、2010年の調査から2015年までの5年間で、冬季に析出していた硝酸ナトリウムが夏季には消失し、再び冬季に析出することを確認した。こうした析出と消失の繰り返しによって表層ペイント層の剥落が進行していると考えられる。なお、外壁被覆後の2015年3月(Fig.1)に確認したところ硝酸ナトリウムの析出が確認され、また、2015年6月(Fig.2)には再び消失が確

認された。硫酸ナトリウムとは異なり、外壁被覆の前後で硝酸ナトリウムの析出に変化はなく、冬季に析出し夏季に消失していることから、他要因による析出の可能性を今後検討する必要がある。

3. アヤ・イリニの塩類析出状況と析出要因の検討

アヤ・イリニでは、アトリウムと２階北西部においてのみ塩類の析出が確認されている。アトリウムでの塩類析出は西側壁面に集中しており、特に壁面下部では大量の塩類析出に伴う壁材の剥落も進行している。壁体内含水率も高く、水分供給源の特定と対策が必要である。アトリウムは非公開のため換気が十分ではなく、吹き抜け側は全面ガラスであることから日射も直接壁面まで届く状況にある。また2014年の調査時に、屋根において雨仕舞が十分でない箇所を発見した。そこからの雨水の浸透が懸念されることから、管理するトプカプ宮殿博物館担当者と相談のうえ、今後の対応を検討中である。

２階北西部の壁面からも顕著に塩類が析出しており、ハギア・ソフィアと同様に、2014年には析出の変化がみとめられた。硫酸ナトリウムが最も析出しているが、局所的に硝酸ナトリウムも析出している。この硝酸ナトリウムが、2014年には消失しており、かわりに表面に硬膜状の硫酸カルシウムを確認した。北西の一部壁面から塩類が顕著に析出している要因として、対応する外壁を確認したところ、雨樋が十分に機能していないために屋根から流下する雨水が直接壁面にあたっていることがわかった。雨水が直撃する箇所は他に比べ藻類の繁殖が著しく、常に湿潤状態であることがわかる。また、2014年３月から一般公開が開始され、公開による内部環境の変化も検討する必要がある。

4. カーリエの塩類析出状況と修復による影響

カーリエは、後期ビザンティン時代の建築であり、内部にはモザイクが数多く保存されている。2014年に建築中央部のナオスと屋根の修復が開始され、現在は外ナルテクスと内ナルテクスのみが一般公開されている。塩類析出はナルテクスの壁面やモザイクのテッセラ欠損部において確認されており、特に内ナルテクスのデイシス・モザイクにおいては、1990年頃からその進行が顕著にみとめられるようになった。イスタンブール保存修復研究所は、当時の調査でモザイク下部に観光客対策として設置したプラスチックのカバーによる湿度上昇を指摘し撤去したが、塩類析出が終息することはなかった。しかし、2013年から実施している我々の調査において、2014年を区切りにモザイク下部において硝酸ナトリウムの析出が一旦終息したことを確認した。この要因として、2014年春から開始された修復に伴う扉の封鎖を挙げることができる。この扉の開閉に伴う風の流入と内部温湿度の変化が塩類析出に及ぼす影響を今後より詳細に検討してく必要がある。

5. まとめと今後の展開

３つの歴史的建築物のいずれにおいても、硝酸ナトリウムが時季によって消失する事例を確認することができた。また、ハギア・ソフィアにおいては外壁被覆の前後での変化も確認することができ、これは修復の評価と今後の保存方策につながる知見であると言える。アヤ・イリニおよびカーリエにおいても、塩類析出の抑制を念頭においた保存方策の検討に必要な知見を得ることができた。今後も調査を継続していき、歴史的建築物における塩類析出への対策を検討していく予定である。

[謝辞]
本研究は、平成24年度学術振興会特別研究員研究奨励費の助成を受けて実施した学術調査の成果の一部である。また、ハギア・ソフィアおよびコーラ修道院を管理するアヤ・ソフィア博物館の館長ならびに学芸員の方々、そしてアヤ・イリニを管理するトプカプ宮殿の館長ならびに学芸員の方々の理解と協力を得て実施することができた。ここに記して感謝申し上げます。

[参考文献]

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

C-07

江戸時代の墨に用いられた膠の動物種の同定とその歴史的背景

Identification of Animal species of animal glue used Chinese ink sticks in Edo period with Special Reference to historical background

○六車美保・深草俊輔・松尾良樹・宮路淳子（奈良女子大学）

1．はじめに

墨は、煤と膠と少量の香料から造られる。材料の一つである膠は、ウシやシカの膠で作られるといわれているが、その真偽を確かめる方法はこれまでなかった。しかし、2010年の奈良女子大学のグループによる研究成果により、墨に使用された膠の動物種を特定することが可能となった(1)。本発表では、江戸時代に古梅園で製造された墨について、質量分析法を用いて分析し、その結果とその歴史的な背景について報告する。

2．古梅園と「古梅園造墨資料」について

古梅園は奈良で創業420年を超える老舗墨屋である。創業は天正年間と伝えられており、江戸時代には幕府や朝廷と積極的に関わり、活発な造墨活動を行っていた。その時期の当主であった松井元泰(1689-1743)、松井元彙(1716-1782)の頃の造墨活動を記した資料群が「古梅園造墨資料」である。元泰は、1739 年に幕府に許可を願い出て長崎に赴き、来舶清人達と製墨に関する様々な問答をおこなっている(2)。1742 年には八代将軍徳川吉宗の命により魚膠を用いた墨を製造し(3)、1743 年には、ベトナムから来た象（1737 年に死亡）の皮を下賜され象膠を作り、「香象墨」を作った(4)。「古梅園造墨資料」は従来知られていなかった、江戸時代の奈良墨の材料の入手方法について知ることができる資料である。

3．試料と分析結果

試料とした墨は、奈良女子大学のプロジェクト(5)で購入した古梅園製造の墨３点である。そのうち、写真に示した「梅華墨」は寛保 2(1742)年の春に製造されたものである。赤い包み紙は販売当初のものであり、墨と赤い包紙は、明治 31(1898)年に古梅園の朱印を押した和紙に包まれていた。これらの墨に残存するタンパク質について質量分析法により実験を行った。その結果は表に示す通り、３点の墨のうち、「梅華墨」からはスイギュウ由来の膠を、「山水墨」「紅花墨」からはウシ由来の膠を検出した。

写真　梅華墨（寛保２年古梅園製造）　奈良女子大学所蔵

名称	試料重量(mg)	時代	西暦	検出された動物種
梅華墨	2.18	寛保2年	1742	スイギュウ
山水墨	1.65	天明元年	1781	ウシ
紅花墨	2.43	慶応年製	1865-1867	ウシ

表：試料と実験結果

4．考察

墨に用いられる膠の原料は、従来は国内産のウシやシカと考えられてきた。『古梅園墨譜』にも、「おおよそ墨は皆、牛膠や鹿膠を用いる」とある(4)。この３点の墨のうち、「梅華墨」からスイギュウに由来する膠が検出されたことは注目に値する。

スイギュウは沖縄諸島を除く日本列島内には生息していないため、スイギュウを原料とする膠は輸入されたものと考えられる。唐船（清国船）は、唐物の他にカンボジア・シャム・ベトナム等、東南アジアの物資も合わせて長崎へと運び(6)、膠は「広東膠」とよばれた。『古梅園記録』(7)によれば、元泰は清人と問答をした際、清人から膠を入手し、その膠が製墨に適していたので、「御用墨と家製の唐剤墨に輸入の膠を用いたい」と元文 5(1740)年に長崎奉行に願い出た。翌寛保元(1741)年 8 月には輸入が許可されていることから、寛保 2 年に製造されたこの「梅華墨」は、長崎貿易を通じて入手可能となったスイギュウ膠を用いて製造されたと考えられる。

5．おわりに

「古梅園造墨資料」に残る製墨に関わる記載と質量分析法による分析結果から、古梅園で江戸時代中期に製造された「梅華墨」は、幕府の許可を得て輸入したスイギュウ膠を用いて作られたものであることを明らかにした。

注

(1)宮路淳子、中沢隆、松尾良樹、高田将志、鈴木孝仁、舘野和己、山崎雄三、河原一樹「膠のコラーゲンのMALDI質量分析による動物種の同定」日本文化財科学会第27回大会資料、2010年／(2)松尾良樹・的場美帆「『唐人墨製問答之記録』「古梅園造墨資料」翻刻と解題（2）」、古代学4号、奈良女子大学古代学学術研究センター、2012年／(3)六車美保「魚膠墨に関する新資料　「古梅園造墨資料」翻刻と解題（9）」古代学7号、奈良女子大学古代学学術研究センター、2015年／(4)松井元泰著 松尾良樹訳注『古梅園墨譜』、古梅園、1993年／(5)平成21年～平成25年度「異分野融合による方法的革新を目指した人文・社会科学研究推進事業：文化財に含まれる膠の自然科学的分析による古代文化史および技術史の解明（代表：宮路淳子）」プロジェクト経費にて購入。／(6)永積洋子編『唐船輸出入品数数量一覧　一六三七～一八三三年』創文社、1987年。膠は『唐船輸出入数量一覧』の「薬種」「各種薬種」に含まれているものと推測できる。／(7)大谷俊太、久岡明穂、的場美帆、豊田恵子「『古梅園記録』解題と翻刻(上)」『叙説』32号、2005年

謝辞：資料調査をご快諾下さった古梅園の方々に心より感謝申し上げます。
付記：本研究は、JSPS科研費（課題番号：26284121）基盤研究（B）「古代東アジアにおける膠生産の研究」（代表：宮路淳子　奈良女子大学）の研究成果の一部である。

C-08

壁画の陶板複製における色彩と凹凸の精度

Accuracy of Color and Surface Roughness in the Mural of Ceramic Replication

○安藤明珠(金沢大学国際文化資源学研究センター)、
宮下孝晴(金沢大学国際文化資源学研究センター)、大塚オーミ陶業株式会社、株式会社サワテツ

1. はじめに

金沢大学（フレスコ壁画研究センター/国際文化資源学センター）は、2010年から南イタリアの洞窟教会に描かれた中世壁画群の調査研究に取り組み、文化財保存の観点から最先端小型機器による壁画の非破壊調査を行ってきた。この調査で取得したデータを、私たちは「壁画のDNA」と位置づけ、詳細な現状記録を保存するデジタル・アーカイブを構築する一方で、「壁画のクローン」を作成する試みとして、2012年から壁画面を3Dスキャニングしたデータと高精細デジタル画像を利用した壁画の精確な陶板レプリカの作製を、大塚オーミ陶業株式会社と株式会社サワテツと協力して取り組んでいる。

2. 対象壁画とデータ

壁画に対して光を斜めに浅い角度（斜光線）で照射すると、壁画面上のさまざまな凹凸を容易に観察することができる。それは、壁画の損傷としてのひび割れや剥離もあれば、意図的な刻線表現や石灰白による盛り上げ装飾をはじめ、鏝ムラ、刷毛目の跡のように壁画制作時に形成されたものもある。これらは壁画を診断したり、技法を研究したりする上で重要な要素であることから、3Dスキャナによって定量的に計測する必要がある。また色についても、光環境による影響を極力抑えるため、カラーチャート（X-rite社）を利用した色補正プログラムを独自に開発し、壁画本来の色を記録するようにした。

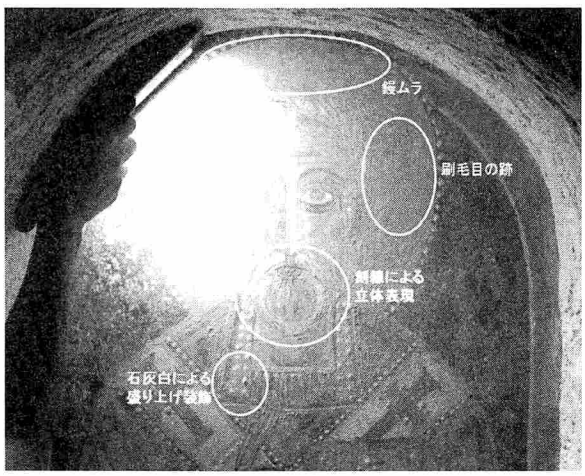


Fig.1 対象壁画とその凹凸の特徴

本研究では、南イタリアで調査した壁画のうち（近年発見されたため）色が鮮やかに残っており、壁面の状態が比較的シンプルなグロッターリエにある教会に描かれた聖ニコラウス像について、高精細写真と3Dスキャニングデータにより、複製陶板を作成した（42cm×60cm）。その精度を分析するにあたり、現地で計測したのと同じ機器を用いて複製陶板を計測することで、色・凹凸について、その再現性を数値で比較することができた。

3. 凹凸の精度

まず、3D スキャニングによって約 0.3mm 間隔に得られた点座標データで位置合わせを行った。この際、縦方向、横方向ともにずれは認められなかった。また、それぞれの点で高さ(深さ)方向における誤差を計測したところ、平均で 0.03mm と小さく、最大でも 0.8mm であった。しかし、Fig.2 のオリジナルと Fig.3 に示された複製陶板の凹凸を比べてわかるように、刻線部分が鮮明に再現できておらず、やや境界の鋭さに欠ける。この部分での平均誤差は 0.02mm であるが、刻線の最深部で誤差が大きく、数値的な精度とは別に、新たな評価手法の開発と、再現方法の工夫が必要である。

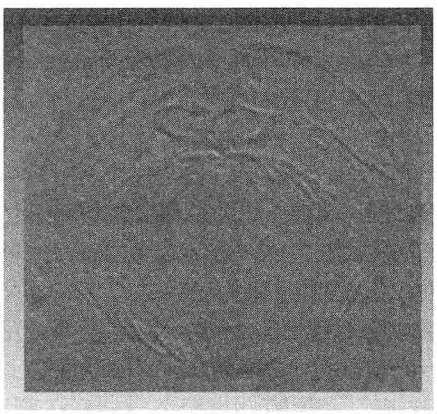


Fig.2 オリジナルの凹凸

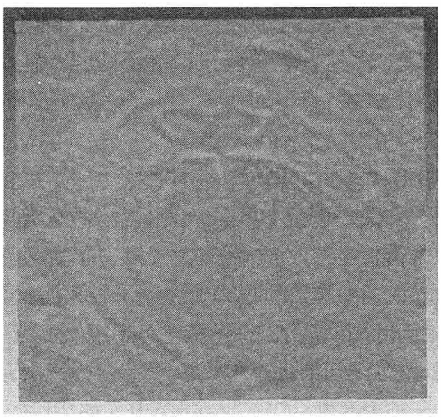


Fig.3 複製陶板の凹凸

5. 色の精度

本センターが開発したカラーチャートを利用した色補正プログラムを用いることで、異なる光環境下でも色の比較が可能となった。色を比較する上で、写真データを RGB から CIE1976(L*a*b*)色空間に変換し、色を彩度(a*, b*)、明度に分解することで、その違いを明確にした。明度においては、上の方がやや明るく、下の方が暗いという結果であった。彩度においては、a*(赤⇔緑)ではほとんど差異がなく、b*(黄⇔青)ではやや青いことがわかった。これらの結果を印刷過程にどのように反映させるかが今後の課題である。

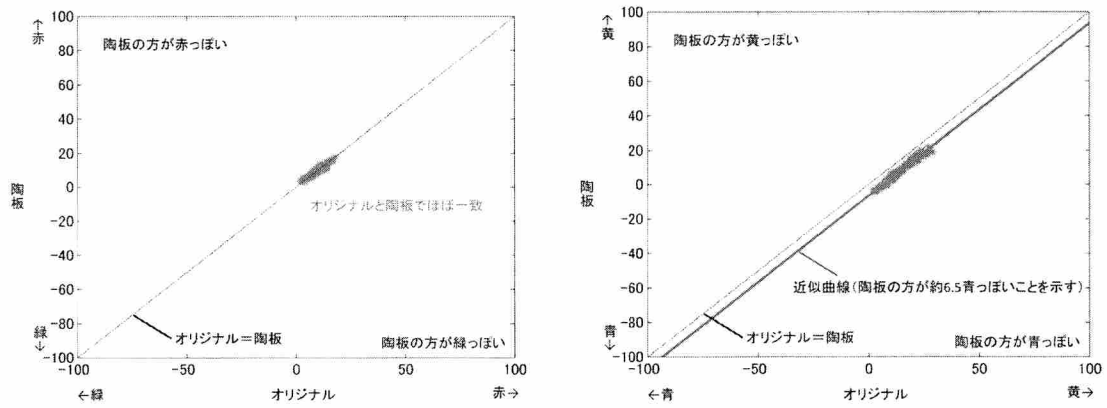


Fig.4 彩度における精度の比較（左：a* (赤⇔緑)、右：b*(黄⇔青)）

C-09

三次元計測からみた上牧久渡3号墳出土の画文帯神獣鏡

Study of gamontai shinjukyo excavated from kanmakikudo No.3 tomb by means of 3Dmeasurment

○水野敏典　奥山誠義　北井利幸　柳田明進(奈良県立橿原考古学研究所)
古谷　毅(東京国立博物館)

1.はじめに

奈良県上牧町久渡3号墳より、後漢末の製作とみられる画文帯神獣鏡が出土した。古墳の築造時期は、共伴する鉄器から古墳時代前期前半である。その「同型鏡」を、古墳時代中期初めの大阪府和泉黄金塚古墳東槨出土鏡に確認した。古墳時代前期に遡る「同型鏡」は極めて珍しい。この2面の製作時の関係を、三次元計測を通して明らかにし、日本列島における銅鏡の伝世の可能性について考えた。

2. 三次元計測による「同型鏡」の分析

2面は同一文様の銅鏡である。ただし、上牧久渡3号墳鏡は二つに割れており、和泉黄金塚鏡は、複雑に割れて丁寧に接合されている。報告書では、前者が鏡径14.2mmに対し、後者の鏡径は14.3mmと一回り大きい。製作技法を知る手がかりとなる笵傷は、上牧久渡3号墳にある笵傷が和泉黄金塚鏡になく、その逆も確認した。これにより2面は同型技法による量産が想定され、その関係は原鏡(親世代)と踏み返し鏡(子世代)あるいは踏み返し鏡2面となる可能性があった。そのため三次元計測データを用いて銅鏡収縮の有無を確認した。計測はマツオ MercuryJ1、独 GOM 社 ATOS Ⅱを使用した。仕様詳細は(水野 2010)参照のこと。2面の割れた部分を挟まない2点間の距離計測を行ったが、計測値の差はわずかで収縮の傾向は定まらなかった。本来、計測値の分散の評価には、3面以上の資料を必要とするが、今回は、時期の異なる古墳時代中後期で2次原鏡と踏み返し鏡を含む熊本県江田船山古墳等出土の画文帯神獣鏡「同型鏡」群のデータを参照した(水野2010)。

結果は、原鏡と踏み返し鏡の、いわゆる「親子」関係の収縮率に及ばず、同じ原鏡からの踏み返しによるばらつきに収まるものと判断できる。また、工人の癖が出やすい鈕孔の形状や外区研磨、さらに銅鏡錆び方などが酷似することから、基本的に同一工房で連続生産されたいわゆる「兄弟鏡」の可能性が極めて強いと考える。

3.「同型鏡」の伝世についての問題

後漢末頃(2世紀末～3世紀初め)に製作された銅鏡が、3世紀後半と4世紀末～5世紀初め頃の二基の古墳から出土した。これまで銅鏡の製作時期と出土古墳の築造時期が大きく乖離する例は数多く知られていた。しかし、製作地である古代中国の領域内で伝世したのか、製作まもなく日本列島内に持ち込まれて伝世したのか、議論する材料がなかった。今回、古墳時代前期に遡る「同型鏡」が出土したことで、同一の機会に日本列島に持ち込まれ、1面は上牧久渡3号墳に副葬されたが、もう1面は伝世し、和泉黄金塚古墳東槨に副葬された可能性を具体的に考える材料を得た。なお、和泉黄金塚古墳中央粘土槨からは、「景初三年銘」をもつ別の画文帯神獣鏡が出土しており、上牧久渡3号墳の画文帯神獣鏡の出土は、古墳時代前期に流入した中国鏡の伝世を考える上で大きな意味を持つ。

参考文献

橿原考古学研究所 2005『古鏡総覧』学生社、上牧町教育委員会 2015『上牧久渡古墳群発掘調査報告書』
水野敏典 2010「三次元形状計測を応用した画文帯神獣鏡『同型鏡』の分析」『考古資料における三次元デジタルアーカイブの活用と展開』課題番号 18202025 科研費(基盤研究A)報告書
辻田淳一郎 2015「同型鏡群の鈕孔製作技術」『史淵』第 152 輯

計測において東京国立博物館、上牧町教育委員会の協力を得て、増永光令　勝川若菜の協力を受けた。
本研究は、上牧町教育委員会との共同調査の一部であり、JSPS 科研費 25284161(基盤研究B「三次元計測を応用した青銅器製作技術からみた三角縁神獣鏡の総合的研究」研究代表:水野敏典)の成果の一部である。

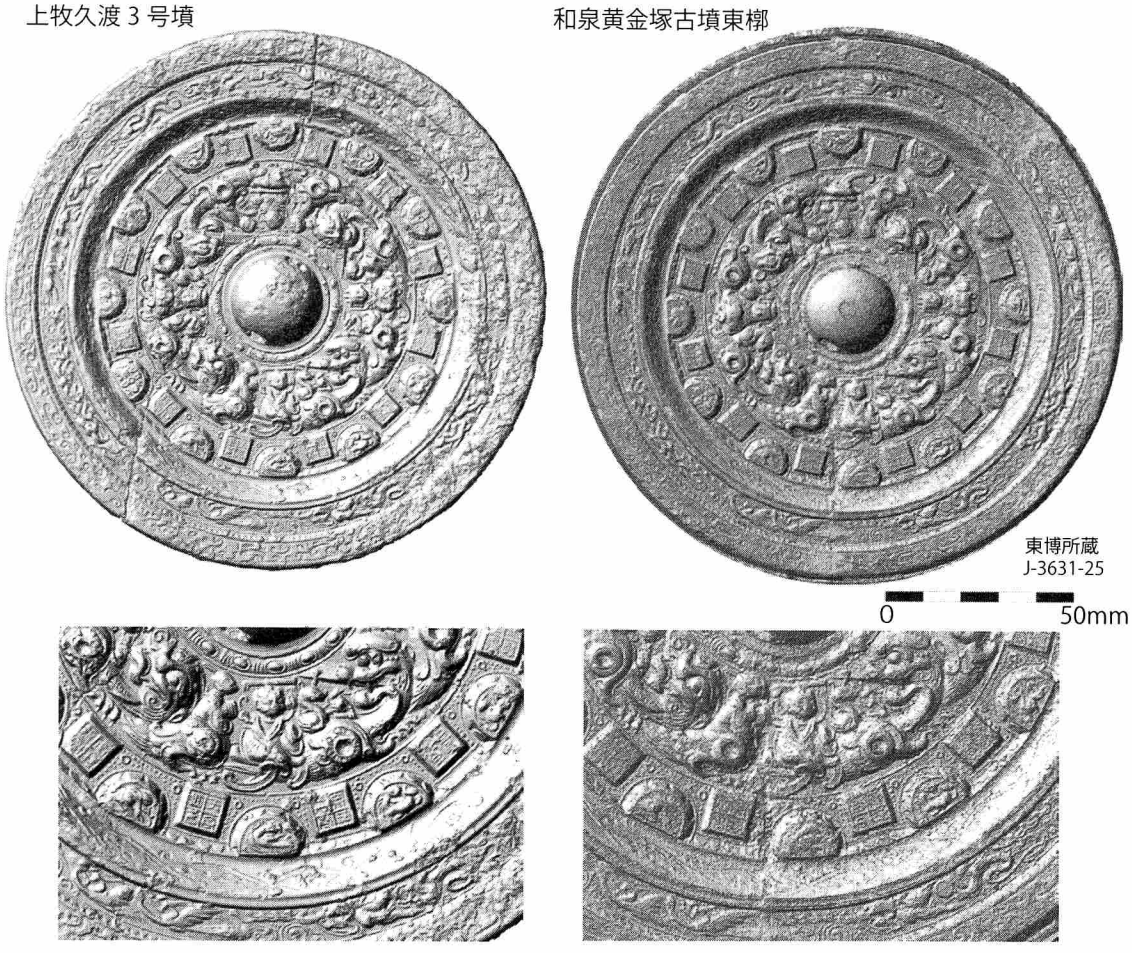


図１　環状乳画文帯神獣鏡　三次元形状計測画像および拡大図

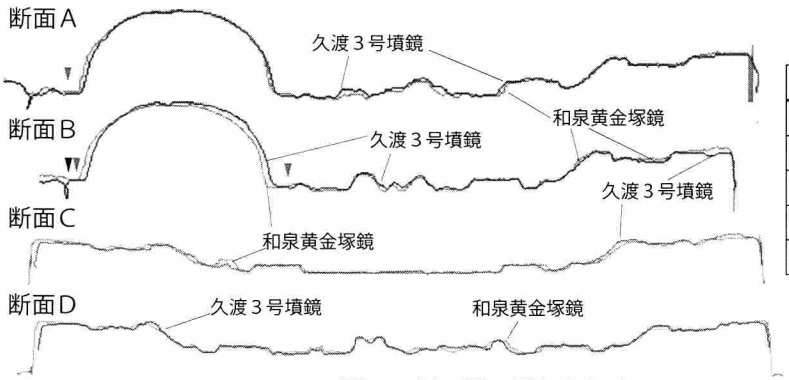


図２　断面図の重ね合わせ

表１　２点間距離計測

	久渡3号墳鏡	和泉黄金塚鏡
a	27.30	27.36
b	65.14	65.07
c	48.01	48.05
d	48.03	48.04
e	22.24	22.24

単位mm

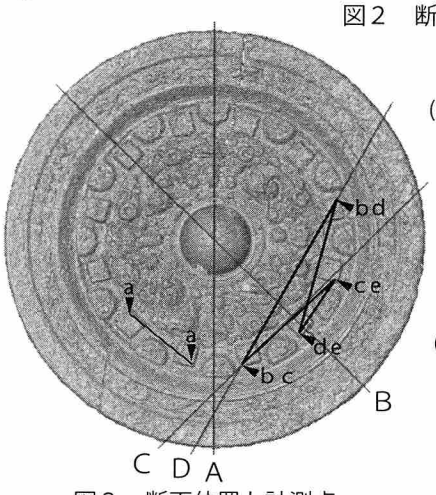


図３　断面位置と計測点

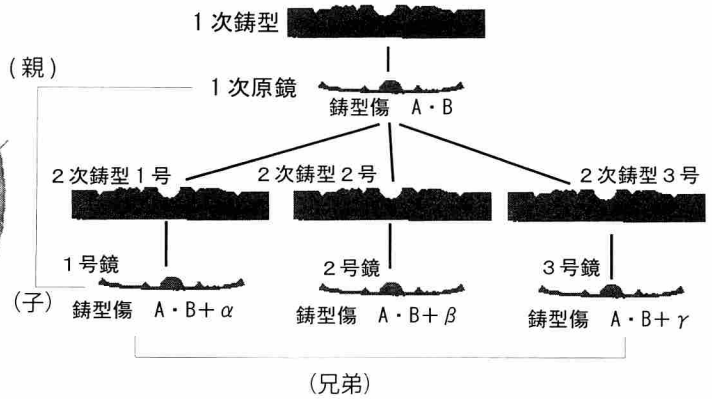


図４　同型技法における笵傷発生の模式図

C-10

器種・サイズによる縄文土器付着炭化物の炭素・窒素同位体比の差異

Differences in carbon and nitrogen isotope ratios of charred residues in shape categories and sizes of the Jomon pottery

○國木田大，松崎浩之（東京大学），阿部昭典（千葉大学）
○Dai Kunikita, Hiroyuki Matsuzaki (The University of Tokyo),
Akinori Abe (Chiba University)

1．研究の背景

本研究は、土器付着炭化物の炭素・窒素同位体比、C/N 比を用いた縄文時代の食性解明を目的としている。日本における土器付着物の炭素・窒素同位体比の研究は、年代測定の際に得られる加速器質量分析計の炭素同位体比から認識され始め、吉田（2006）の現生実験等を経て、幅広く用いられるようになってきた。これまでに多くの報告があり、現状では海洋生物、C_4 植物、C_3 植物・陸上動物のどのグループに強く依存するかといった程度で、食性分析が可能と言える。さらに、C_3 植物・陸上動物は、C/N 比を追加することで（窒素含有率が低い場合）、堅果類利用も推定できる。人骨のコラーゲン分析とは異なり、生成過程や埋没後の影響等、未解明な課題もあり、発展途上な面もある。

縄文時代後半期には、様々なタイプの器種やサイズが登場する。先行研究の内、縄文土器の器種や用途に関するものは、釣手土器（中村 2011）、注口付浅鉢（阿部他 2012）、装飾系（火炎土器等）・非装飾系土器の比較（西田他 2013、西田他 2014）等がある。深鉢が装飾系か非装飾系かの違いによって、調理される内容物が異なる点は、食性や文化伝統を考える上で非常に興味深い。

2．分析資料および方法

分析法や手順は、上記先行研究等をご参照頂きたい。炭素・窒素同位体比、C/N 比測定は、SI サイエンス株式会社（EA：Thermo Fisher Scientific 社製 Flash EA1112、安定同位体比質量分析計：Thermo Fisher Scientific 社製 DELTA V）を、並行して実施した ^{14}C 年代測定は東京大学総合研究博物館のタンデム加速器設備（MALT：Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator）を用いた。

本発表では、縄文時代中期から晩期におけるデータを中心に、器種、文様の有無、サイズによる同位体の傾向を紹介してみたい。本要旨では、堂平遺跡（新潟県津南町）10 点、道尻手遺跡（新潟県津南町）3 点、中島遺跡（新潟県十日町市）10 点、アチヤ平遺跡（新潟県村上市）3 点、長畑遺跡（山形県大江町）11 点の計 37 点を主に取り扱う。全て内面付着物である。主な検討課題は、（1）器種および三十稲場式、（2）サイズ、（3）文様の有無による傾向である。三十稲場式土器は、縄文時代後期初頭から前葉頃の時期で、多量の蓋を伴出することが多く、調理法や内容物における変化が指摘されている。すでに、上記遺跡の報告書は刊行されており、同位体データも公表している（國木田・吉田 2011、國木田他 2012、國木田・松崎 2014）。本要旨では、これらデータの傾向を整理し、縄文時代中期末から晩期の調理内容物と器種・サイズの選択等について議論を行いたい。

3．測定結果と考察

（1）器種および三十稲場式

現状では、深鉢と、釣手土器・注口付浅鉢は明確に異なった傾向を示しており、用途が異なっていたと考えられる。蓋がつく三十稲場式土器は、草食動物・C_3 植物の範囲が多く、縄文中期の火炎土器（装飾系）のようなサケ・マス利用の影響は少ない（図 3・4）。蓋がつく要因と、内容物の変化の相関については、前後の型式や地域差等のデータを増やして、今後検討していきたい。

（2）サイズ

サイズと炭素・窒素同位体、C/N 比に関しては、明確な傾向がある。深鉢のサイズ分類に関しては、

その型式のサイズ分布を検討しないと、大型～小型といった区分は難しい。今回のデータは、破片等で、詳細な計測値を提示できない試料もあるが、口径20cm以上、器高25cm以上、容量10ℓ以上の比較的大型な資料で、他と大きく異なる傾向を示す(図 1・2)。このサイズでは$\delta^{15}N$ が 2‰未満、C/N 比が 20 以上(例外 2 例)であり、陸上起源の中でも堅果類利用の可能性が高い。

(3)文様の有無

文様の有無に関しても明確な傾向がある。本研究では、地文の縄文のみ、場合によっては非常に簡素な文様も、文様無としている。一般的に粗製土器と呼ばれる類が多く含まれる。西田他(2013)の装飾系・非装飾系という区別にも近い。文様無の試料は、上述の比較的大型サイズと同様の傾向を示す。

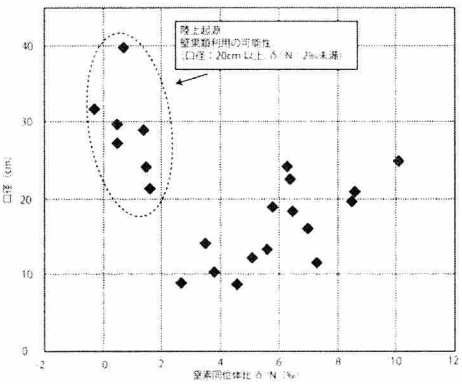


図1　口径と窒素同位体比

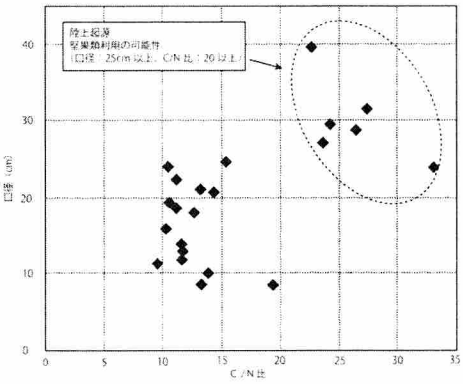


図2　口径とC/N比

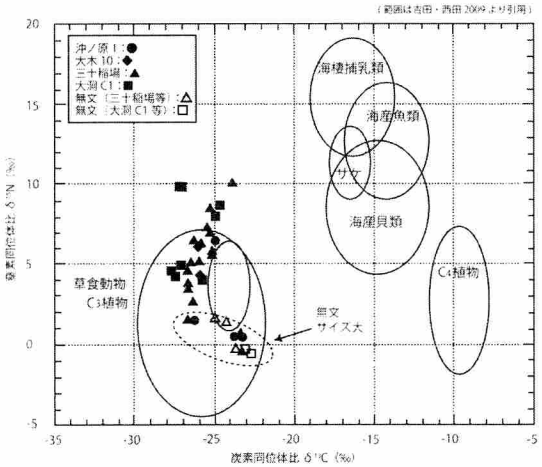


図3　炭素・窒素同位体比

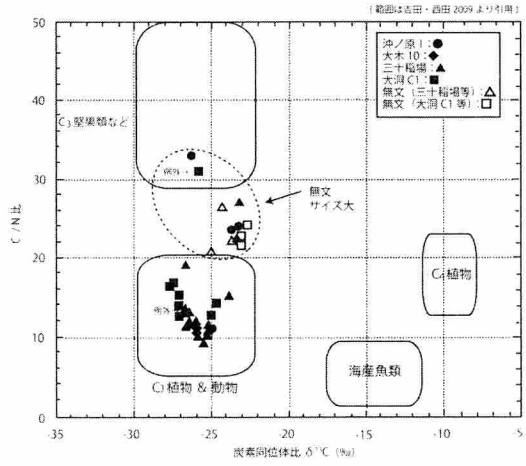


図4　炭素同位体比とC/N比

【参考文献】

阿部昭典・國木田大・吉田邦夫 2012「縄文時代中期末葉の注口付浅鉢の付着物の自然科学分析」『日本考古学協会第78回総会 研究発表要旨』

國木田大・吉田邦夫 2011「堂平遺跡出土資料の^{14}C年代測定と炭素・窒素同位体分析」『堂平遺跡』

國木田大・阿部昭典他 2012「三十稲場式土器の年代と食性分析」『津南町シンポジウムⅧ 予稿集』

國木田大・松崎浩之 2014「長畑遺跡出土資料の年代検討と土器付着物を用いた食性分析」『完新世の気候変動と縄紋文化の変化』東北芸術工科大学

中村耕作 2011「出土状況分析と同位体比・元素分析による縄文時代釣手土器・香炉形土器・異形台付土器の用途推定」『高梨学術奨励基金年報 平成22年度研究成果概要報告』

西田泰民他 2013「縄文土器における器種の使い分け」『日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集』

西田泰民・吉田邦夫他 2014「火炎土器の用途分析」『日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集』

吉田邦夫 2006「煮炊きして出来た炭化物の同位体分析」『新潟県立歴史博物館研究紀要』第7号

吉田邦夫・西田泰民 2009「考古科学が探る火炎土器」『火焔土器の国 新潟』新潟日報事業社

C-11

インダス文明期の遺跡における地球電磁気学的研究

Geo-electromagnetic study of the ruins of Indus Civilization

○菅頭明日香（富山大学大学院）,岸田徹（同志社大学）,酒井英男（富山大学大学院）,
宇野隆夫（帝塚山大学）

1.はじめに

インダス文明は,紀元前 2600 年頃からインド西北部からパキスタンにかけての広い範囲で栄えた都市文明とされる.

同文明期の城塞であるカーンメール遺跡において,城壁と周辺部の状況を探るため,非破壊のレーダ探査を実施した.併行して,同遺跡と北東のファルマナ遺跡から出土した焼土試料と土器・レンガ片の磁化研究を行った（図 1）.

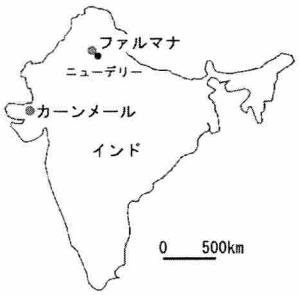


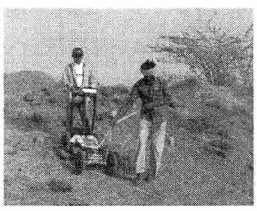
図 1　遺跡の位置図.

2.カーンメール遺跡でのレーダ探査

カーンメール遺跡はインド・グジャラート州に位置する.発掘調査により,二重の大規模な石積み城壁が見つかった.その城壁と城塞の周縁部における遺構の状況の推定を目的として,2007 と 2008 年度に探査を実施した.

2007 年度は,主に城塞の上部と斜面で探査を行い,二重の城跡の外壁を明確に捉えることができた.さらに,城塞南西側に外壁の途切れる部分が認められ,城門の可能性が考えられた.

2008 年度は,発掘調査が行われていない城塞北側の周辺で調査を行った.図 2 右に示すように,城塞の北東・北西部で城塞を囲む異常応答が見られ,石積壁跡と考えられる.その一部分は平面形状に窪んでおり,門の可能性が示唆される.また,城塞の北西では幅約 4～5m の溝状の反応があるが,これは当時の自然流路と推察された.



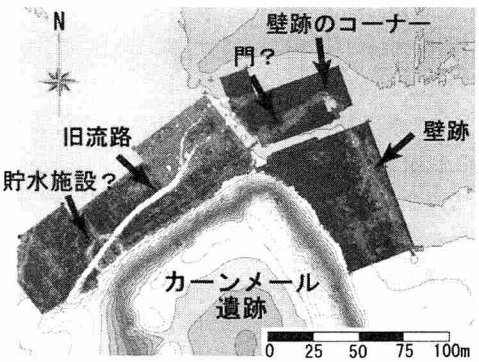


図 2　左：探査風景,右：2008 年度の調査結果,深度 1.1-1.4m での平面図（Time slice 図）を示す.

3.カーンメール遺跡とファルマナ遺跡から出土した遺物の磁化研究

ファルマナ遺跡はハリヤナ州に位置し,肥沃な農地と水源を利用して繁栄したハラッパー時代の遺跡である.ファルマナ遺跡・カーンメール遺跡で採集した焼土と土器・レンガ片を用いて,遺

跡が営まれた時代の古地磁気(方向・強度)を研究した.

(1)焼土の磁化方向

ファルマナ遺跡の2つのstructural complexのトレンチにおいて,Fire pitの焼土と非焼成の通路堆積物(site1)を採取し,磁化を研究した(図 3).交流消磁では,試料の多くは安定な磁化を示した.6つのサイトの消磁後の磁化方向は良く集中し,右図の拡大シュミットネットに投影した磁化方向の対比から,各サイトの焼成時代が3つに区分された.

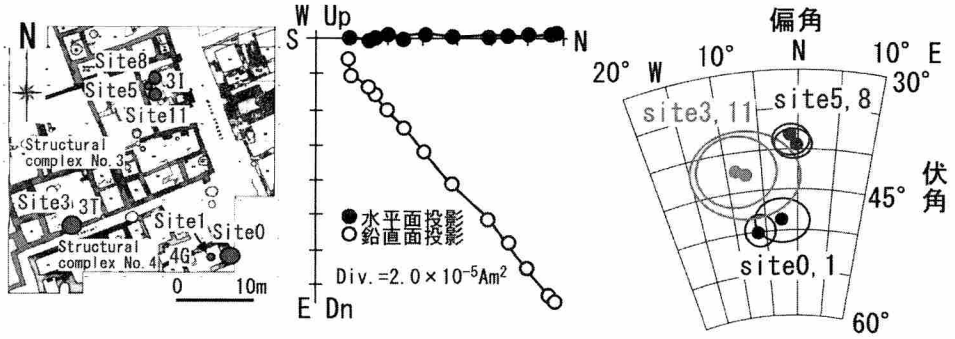


図3　左：試料の採取場所,中：site3の交流消磁,右：各サイトの磁化方向を示す.

(2)古地磁気強度の研究

カーンメール遺跡で出土した,マチュアハラッパからローマン期（B.C.2600~A.D.0年頃）の土器片8個とファルマナ遺跡出土のレンガの破片2個（B.C.2500年頃）を試料として,テリエ法実験を行った.図4に実験結果を示す.試料の多くは左図の様にSNRM-TRM図のプロットで線形性が得られ,土器やレンガ片が焼成された当時の古地磁気強度を推定することができた.右図で示すデータは,インドでの,過去の地磁気強度の信頼性の高い変化として利用できると考えられ,地磁気と古環境や古代文明との関連も注目される.

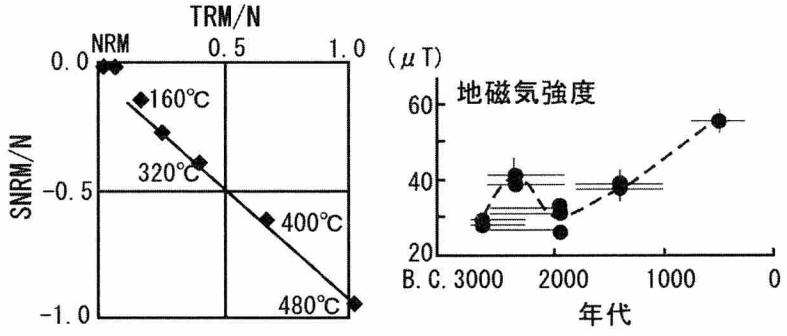


図4　左：レンガ片試料（No.1）のテリエ法実験の結果（SNRM-TRM図）,右：本研究で得たインドの過去の地磁気強度の変化.

参考文献

Indus Project, Research Institute for Humanity and Nature et al. (2012)：Excavation at Kanmer 2005-06 – 2008-09, edited by Kharakwal, Rawat and Osada, 844p.

C-12

史跡高岡城跡・本丸虎口の探査と土壌の磁化研究

GPR and magnetic research at the 'koguchi' of the Takaoka Castle

○酒井英男（富山大学大学院理工学研究部），泉吉紀（富山大学大学院理工学教育部）
川崎一雄（富山大学大学院理工学研究部），田上和彦（高岡市教育委員会）

1. はじめに

高岡市に所在の国指定史跡「高岡城跡」は，総面積が約 21 万 m² あり，その約 3 割が水壕で占められる堅牢な城郭の跡である．現在は，高岡古城公園として整備されている高岡城跡の城郭の，本丸虎口において，ﾚｰﾀﾞ探査と，発掘調査で認められた整地層の磁化研究を行った．

2. 地中ﾚｰﾀﾞ探査

図 1 の，本丸虎口と共に，本丸土橋でもﾚｰﾀﾞ探査を行っている．本丸土橋は，高岡城跡で唯一の石垣が残り，城の格式を問う地点となっている．図 1 右には，橋の上での探査結果を深度 2-2.4m での平面図（timeslice 図）として示したが，土橋でのﾚｰﾀﾞ反射は，両側（本丸，二の丸）の領域より強かった．この違いは，土橋の数 m 下の土質は両側と異なる（空隙が多い）為であり，土橋は，一旦掘削されて盛土で整地されたことを示していると考えられる（泉・酒井，2014）．

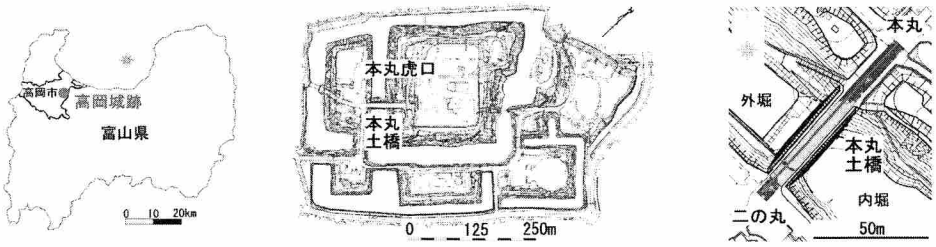


図 1. 高岡城跡．右は，本丸土橋の上での探査結果：平面図

図 2 には，本丸虎口の周辺で行った探査結果を，深度 1-1.25m の平面図として示している．本丸広場への遊歩道では，射水神社の参道に比べるとﾚｰﾀﾞの強い反射が見られ，本丸土橋での結果（図 1 右）と似ている．つまり，射水神社の参道は地山を生かして造成されているのに対し，本丸虎口の周辺では，盛土を施して平坦面を造成していると考えられる．

本丸広場に近い地点でﾄﾚﾝﾁ調査が行われ，粘土・砂礫の互層からなる版築状整地面が検出された．ﾄﾚﾝﾁ近傍の LineD（図 2）でﾚｰﾀﾞ探査を行った．右図に鉛直断面図を示すが，深度 5-10cm に砂利舗装と整地層の境界がある．そして，整地層は約 50cm 厚と推定され，ﾄﾚﾝﾁの結果と合った．

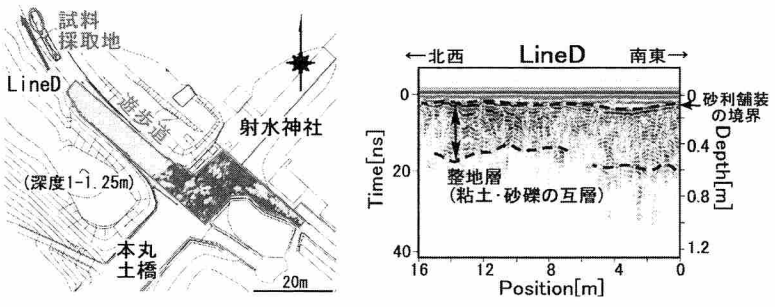


図 2. 本丸虎口地区での探査（平面図），右は，測線 D での鉛直断面図

3. 本丸虎口の整地層の磁化研究

図2のLineD近傍のﾄﾚﾝﾁ調査面において，表面部の整地層（粘土・砂礫の互層）に，図3の4ｻｲﾄを設けた．ｻｲﾄ2, 3, 4では，最上部の粘土層から試料を採取し，ｻｲﾄ1では，表層が掘り込まれた内部の粘土層から試料を得た．各試料は，容量10ccのﾌﾟﾗｽﾁｯｸ製ｹｰｽを用いて採取した．

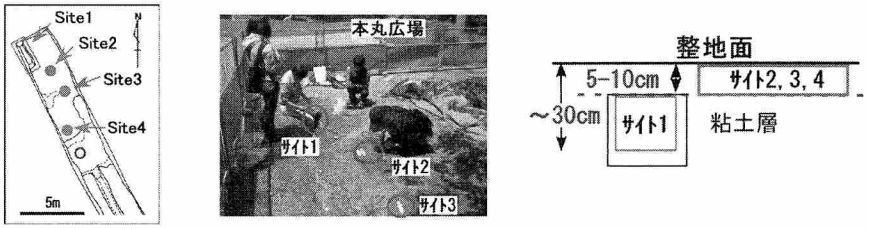


図3. 試料の採取場所

図4には，ｻｲﾄ1, 2の自然残留磁化（NRM）の方向と信頼角α_{95}の範囲をｼｭﾐｯﾄﾈｯﾄ図に投影した．ｻｲﾄ1の粘土層では，磁化は地磁気方向（下向き：黒丸）を向いた．一方，ｻｲﾄ2を含む表層粘土層の3ｻｲﾄは，磁化は北を向くが，上向き（白抜き丸）の試料が多かった．次に，交流消磁（50mT まで）を行い，結果を，ｻﾞｲﾀﾞｰﾍﾞﾙﾄ図で解析した．ｻｲﾄ1では，中図の様に，消磁に伴う磁化変化（ﾌﾟﾛｯﾄ）は原点に向う試料が多かったが，表層のｻｲﾄでは，多くの試料の磁化が，消磁により方向は下方に変わった．

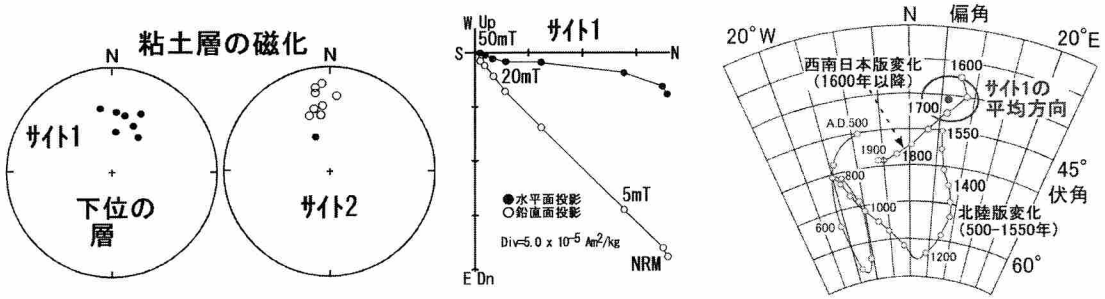


図4. ｻｲﾄ1, 2の磁化（NRM）の方向．ｻｲﾄ1の交流消磁の例，右はｻｲﾄ1の磁化方向と地磁気変化．地磁気変化は，Hirooka（1971）と広岡（1977）を引用加筆した．

図4の右には，ｻｲﾄ1の平均の磁化方向をｼｭﾐｯﾄﾈｯﾄ図に示している．地磁気変化との対比により，磁化の年代は1550年から1720年と推測された．これは，現在の本丸虎口の跡が，1609（慶長14）年に前田利長の隠居城として，高岡城が築城された当時の状態を残していることを示していると考えられる．

文献

中條・酒井・石田編（2011）：考古学を科学する，臨川書店．
Hirooka（1971）：Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. and Mineral., 38.
広岡（1977）：第四紀研究，15.
泉・酒井（2014）：壁面からの地中ﾚｰﾀﾞ探査による遺構内部構造の研究，情報考古学，20.
岸田・酒井（2004）：電磁気から探る遺跡の研究とGIS，国際日本文化研究ｾﾝﾀｰ．
酒井・Goodman・田中（1999）：考古学および雪氷学における地中ﾚｰﾀﾞ探査法，地質ﾆｭｰｽ，537.

A-15

蛍光X線分析による瀧山寺本堂木造十二神将立像の彩色研究

X-ray fluorescence analysis of the painting materials used in wooden standing statues of the twelve protective deities in Takisan-ji Temple

○青木智史(奈良教育大学)、山岸公基(同)

○Satoshi AOKI (Nara University of Education), Koki YAMAGISHI (Nara University of Education)

1. はじめに

愛知県岡崎市に位置する瀧山寺は三河地域有数の名刹であり、同寺には運慶作の仏像をはじめとする多くの寺宝が残されている。本堂に安置されている木造十二神将像は、『瀧山寺縁起』の記載やその作風から13世紀中頃の慶派仏師による制作と推定されている。今回調査対象とした木造十二神将像の2号像（以下、2号像）は、写真1に示したように十二神将像としては珍しい夜叉のような容貌、髪型をした像である。像高120cm程の像で、十二神将中の尊名は不明であるが山と推定される特異な持物を左手に持っている。この像は従来から表面彩色が残されている事が知られ、これまでにも詳細な肉眼調査や赤外線撮影調査などによりその内容の概要は知られていた[1]。本研究ではそれらの先行研究の成果をさらに深める目的から、2014年に近赤外線撮影装置PENTAX 645D IRを用いた詳細な光学的調査を実施し、2号像のより詳細な表面彩色研究を行った。近赤外線撮影調査の結果、2号像は表面の黒色化が著しいが表面層の下に彩色が良好に残されている事がわかりこれまで以上に詳細な図像情報を得ることができた。特に、2号像の前楯腰帯上に描かれる獅噛文様は特徴的な彩色図像として注目される（写真2および写真3）。本研究では、これら近赤外線撮影調査の成果をもとにして調査部位を選択し、可搬型蛍光X線分析装置を用いた計50箇所の彩色材質分析を行った。

写真 1 木造十二神将像 2号像（可視光写真）

写真 2 十二神将像 2号像の前楯腰帯部
可視光写真（撮影波長域 380-760 nm）

写真 3 十二神将像 2号像の前楯腰帯部
近赤外線写真（撮影波長域 760-1100 nm）

2. 分析

分析には、OLYMPUS 製ハンドヘルド蛍光 X 線分析装置 DELTA DP-2000 Premium を用いた。同装置は、測定部に小型の CCD カメラを備えリアルタイムで分析箇所を正確に確認でき、最小で 3 mm 径の範囲で測定することが可能であるため彩色調査にも十分に活用し得る性能を有している。測定条件は、励起用 X 線ターゲットが Rh、管電圧は 40kV（軽元素測定時は 15kV）、管電流は 200μA、測定部径は 3mm（Mining モード）または 10mm（Soil モード）、計測時間は 270 秒である。測定は瀧山寺本堂内で大気雰囲気下で行った。また測定は、装置を三脚に固定し表面から 1mm 程度離した状態で非接触・非破壊で行った。

3. 結果および考察

測定箇所のほとんどから主要成分として Al、Si が検出されており、同像にはいわゆる白土下地が施されていると推定される。以下、まず獅噛文様部分の分析結果から述べる。現状赤色の輪郭線や口唇部、植物文様などの部分からは主要元素として Hg が検出されており、水銀朱が用いられていると判断される。また、現状色で白色の獅子の歯部分からは、主要元素として Al、Si、Pb が検出されており白土や鉛系白色顔料が顔料として推定される。近赤外線写真で暗色に写っている部分からは Cu が高い濃度で検出されており、岩群青または岩緑青の使用が想定される。現状では両者の区別は困難であるが、植物文様の葉や蔓などの部分は緑色である可能性が高い。獅子の額部分にある眉毛状の近赤外線写真でやや明るく写る部分からは、Hg および Pb が主要元素として検出されており、水銀朱および鉛丹の使用が推定される。近赤外線写真で白色に写る獅子の耳部分からは Al、Si、K が検出されており、白土または有機染料の具が用いられている可能性がある。次いで、獅噛文様部分以外の測定結果について述べる。現状部分的に金色を呈する前楯輪郭部および胴の魚鱗状の小札、さらに持物下部の半球状の部分からは Au が検出されており金箔が施されていると考えられる。また、近赤外線写真で暗色に写る魚鱗文の輪郭線からは Cu が検出されており、岩群青または岩緑青により線描されていると考えられる。一方、同様に近赤外線写真で暗色に写る胴側面部位からは Cu は検出されず、この部分は墨による彩色と推定される。また、同部には近赤外線写真で明色に写る卍格子文様が描かれているが、この部分からは Au が検出されており金箔の切金によって表現されていると考えられる。また、顔および両腕の肌部分からは Pb が検出されており、鉛丹または鉛系白色顔料の使用が想定される。頭髪部からは高い濃度での Fe と Pb が検出されており、現状色が赤色に見えることからベンガラおよび鉛丹が使用されている可能性が高い。なお、本調査で注目される点として持物部分全体から極めて高い濃度の Ca が検出されている事があげられる。持物部分だけは胡粉下地の可能性が考えられる。同持物は当初の附属品と推定されているが[2]、持物とその他の部分が全く異なった組成を示すことから後補、もしくは少なくとも持物のみ補彩された可能性も含めて検討すべきだろう。なお、山部分からは Ca の他に Fe と Hg が検出されており、赤色を呈していたと推定される。以上のように、本調査により 2 号像の表面彩色研究に有意な情報が得られた。

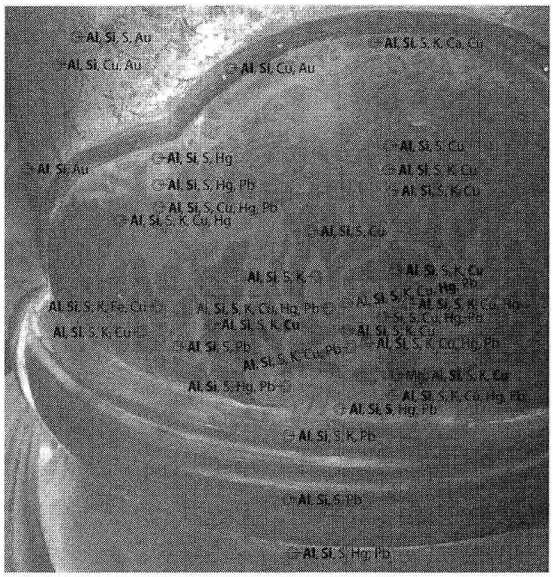


図 1 前楯の獅噛文様の蛍光 X 線分析箇所と主要元素

（太字は特に多い元素）

【参考文献】（1）（2）山岸公基 (2013)「愛知県の仏像と奈良」『愛知県史』別編 文化財 3 彫刻 , pp.43-50

A-16

敦煌莫高窟第 285 窟の壁画制作における構図を決める当たり線の役割に関する研究

The Role of Underdrawings in Process of the Painting Murals in Mogao Cave 285

○中田愛乃[1], 高林弘実[1], 岡田健[2], 蘇伯民[3], 崔強[3]
[1]京都市立芸術大学, [2]東京文化財研究所, [3]敦煌研究院
NAKADA Akino[1], TAKABAYASHI Hiromi[1], OKADA Ken[2], SU Bomin[3], Cui Qiang[3]
[1]Kyoto City University of Arts, [2]National Research Institute for Cultural Properties Tokyo, [3]Dunhuang Academy

1. 目的

莫高窟は、中国甘粛省敦煌市にある仏教石窟寺院遺跡である。各時代を通じて、多彩な仏教内容とそれを表現する壁画技法が展開した。本研究は西魏時代（6 世紀前半）に造営されたと推定される第 285 窟の壁画の制作工程を復原的に考察することを目的とし、描画に先立つ壁画の構想とも深く関わっていると考えられる、描画の初期工程における当たり線の存在に着目して研究を行うものである。

2. 研究方法

これまでの第 285 窟壁画に関する研究では、赤褐色の描線でモチーフの下描きが行われていることが指摘されている（図 1）。本研究では、第 285 窟の南・北・東壁の壁画を対象とし、下描きから彩色に至る描画の初期工程を復原的に考察した。作業手順は以下の通り。①まず、壁画の表面観察を行い、線の形態とその分布を明らかにした。②次に赤褐色の線とその周辺の彩色を観察し、それぞれの線が描かれた時期と役割について考察した。③最後に壁画の構想とそれを実現するための具体的な制作工程を考察した 。

3. 結果および考察

現地における壁面の詳細な観察の結果、赤褐色を呈する描線の多くはやはりモチーフの下描きとして使用されているが、一部のモチーフでは、下描きの描線を用いず直接彩色を施して描かれている様子も確認できた。本研究において最も注意すべきことは、壁画にはモチーフの下描き線のほかに、これと同様の色調を呈する赤褐色の直線が引かれていることを確認したことである（図 2-3）。

そしてこの赤褐色の直線には、筆で引いた線と色材を染み込ませた糸を壁に弾いてつけた線の 2 種があると推察される。しかし筆による直線は、完成した壁画において視覚的効果を担っていたと考えられるため、ここでは考察の対象としない。一方、糸によると考えられる直線は、彩色材料の下につけられている状況が随所で観察されるため、彩色に先立つ工程で印されたものと考えられる。中には白色の塗料で消された線も観察される事から、視覚的効果とは別の役割があったと考えられる。

モチーフの下描きと直線との位置関係から、初期工程における直線の役割について考察したところ、それぞれの直線は①主題の異なる壁画を描くために壁面を区切る、②直線状

のモチーフを描くための基準とする、③同一直線状に並んだモチーフを描くためのあたりをつける、④中心線、といった異なる目的で印されたと考えられる（表）。いずれも後の工程でモチーフの下描きや彩色の目安として利用されている。以上の理由から、糸でつけた直線は構図を決めるうえでの当たり線であると考えられる。

以上を基に、彩色に至るまでの壁画の描画工程について考察した。①まず、下地の塗布された壁の上に糸を弾いて当たり線をつけたと考えられる。②続いて、この線を基にモチーフの形を決める下描き線を描いたと推察される。モチーフの彩色は、当たり線および下描き線を基に塗布されたと考えられる。

当たり線の中には、複数の壁にわたってほぼ同じ高さで水平方向に観察されるものがある。これらの線は、描画前の第 285 窟全体の壁画の構想にしたがって、描画の最初の工程として印されたものと考えられる。

4. まとめ

敦煌莫高窟第 285 窟の壁画では、モチーフの形を描いた下描き線の他に赤褐色の色材を染み込ませた糸を壁に向かって弾いてつけたと考えられる直線が観察された。これはモチーフを配置の目安となる当たり線であると考えられる。それぞれの当たり線にはいくつかの異なる役割があったと推察される。また、複数の壁の同じ高さで観察される当たり線は、描画に着手する上で最初に印されたものであると考えられる。

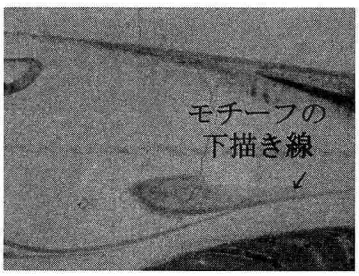


図 1 モチーフの下描き線

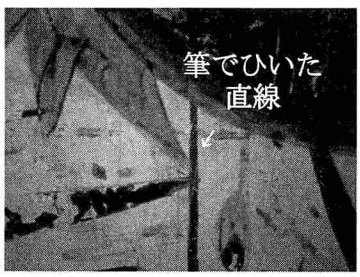
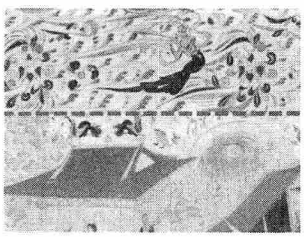
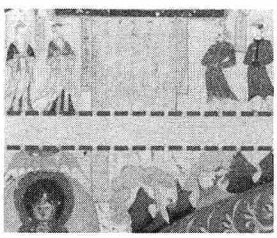
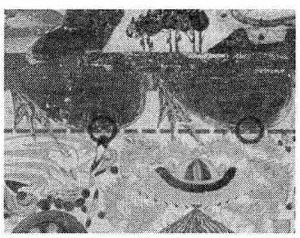


図 2 筆でひいた直線

図 3 糸でつけた直線

表　当たり線の役割

	①	②	③	④
局所写真				
特徴	線を境に描かれるモチーフが変化する。	線に沿って帯状のモチーフが描かれている。	線と同一直線上に、文様の頂点が並んでいる。	如来の正中に線がある。
役割	構図を決めるために、領域を区切る。	直線状のモチーフを描く上での基準とする。	同一直線状にモチーフを揃えるための基準とする。	中心線

※…当たり線の位置

A-17

パルス中性子を用いた非破壊分析による日本刀の製造工程における結晶組織構造の解析

Nondestructive study on crystallographic change of steel through traditional Japanese sword making process by pulsed neutron imaging

○田中眞奈子[1]・塩田佳徳[2]・鬼柳善明[2]

(1 東京藝術大学、2 名古屋大学)

はじめに

日本の鉄鋼文化財の材料科学的研究は広く行われているが，詳細を調べるには金属組織観察が必要となるため、必然的に破壊分析となる。しかし近年、中性子を用いることで、非破壊でも鉄鋼内部の結晶歪、配向、結晶子サイズ、格子面間隔などの結晶組織情報を実空間イメージとして得られることが分かってきた[1,2]。本研究は、パルス中性子透過法を用いた鉄鋼文化財の非破壊分析の第一段階として、日本の代表的な鉄鋼文化財である日本刀の製造工程を再現した試料を分析し、結晶組織への加工の影響について検証した結果について報告する。本研究は、パルス中性子透過法を用いて非破壊で日本刀をはじめとした鉄鋼文化財を分析し結晶組織情報を明らかにすることで、鉄鋼文化財に用いられている材料の特性や、経験に基づき行われてきた日本古来の鉄の製造・加工技術について明らかにすることを目的としている。最終的には鉄鋼文化財の非破壊分析手法の向上に寄与することを目的としている。

分析方法

日本刀の各製造工程（小割り、下鍛え、上鍛え、心鉄、素延べ、火造り、焼き入れ、荒研ぎ、あいとり・焼き戻し、鍛冶研ぎ）を再現した10試料（図1）を刀匠の協力により製作し、中性子線施設J-PARC MLFのBL10にてパルス中性子透過実験を行った。中性子エネルギー分別測定可能な2次元検出器（GEM型検出器）で試料の中性子透過スペクトルを測定し、中性子イメージング像を得るとともに、ブラッグエッジ解析を行った。ブラッグエッジ解析は、ブラッグ回折に起因した波状の透過スペクトルパターン（ブラッグエッジ）について解析することによって、透過した材料の結晶組織構造を評価することができる解析手法である。

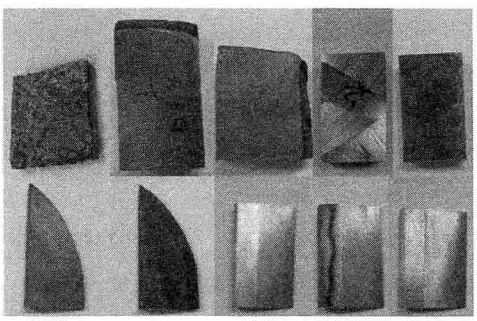


図1　日本刀の製造工程を再現した試料

分析結果の概要

得られた結果の代表例として、図２に４試料（小割り、下鍛え、上鍛え、心鉄）の解析により得られたブラッグエッジを示す。エッジの出現波長は歪や結晶格子面間隔に関する情報を、エッジの形状変化や強度増加は結晶子サイズや配向に関する情報を含んでいる。４試料のブラッグエッジの形状より、皮鉄の製造過程において、小割り→下鍛え→上鍛えの加工（折り返し鍛錬）を通して、結晶子サイズや配向に大きな変化があったことが確認された。同様に、焼き入れや焼き戻しの工程における結晶組織情報の変化を非破壊で確認することが出来た。

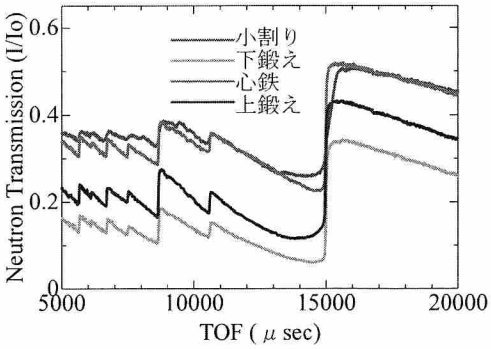


図２　解析により得られた４試料のブラッグエッジ

まとめ

パルス中性子透過法を用いて日本刀の製造工程を再現した試料を分析したところ、心鉄と皮鉄の炭素量の違いや、折り返し鍛錬による結晶粒の微細化や配向の変化、焼き入れによるマルテンサイトの生成、焼き戻しによる格子面間隔の変化などを非破壊で明らかにすることが出来た。非破壊で鉄鋼文化財の材料特性や製造方法を検討するにあたり、極めて重要な成果を得ることが出来た。本分析結果は、中性子を用いた鉄鋼文化財の非破壊分析の新しい事例を含むものであり、パルス中性子透過法を用いた体系的な文化財研究の端緒となるものと期待される。今後、標準物質をはじめとした既知試料の測定や、従来行われてきた破壊分析結果との比較・照合および基礎データの蓄積にも取り組みながら、パルス中性子透過法を用いた非破壊での日本刀の系統的な研究を進めていく予定である。

謝辞

本研究はJ-PARCの成果公開型実験課題2013B0137及び2014A0270にて行われたものです。本研究の一部は（公財）池谷科学技術振興財団の研究助成、科学研究費補助金No. 26702004ならびに同No. 23226018によるものでご支援に深謝いたします。

参考文献

1) Y Kiyanagi, H Sato, T Kamiyama and T Shinohara: A new imaging method using pulsed neutron sources for visualizing structural and dynamical information, Journal of Physics, Conference Series 340, 012010 (2012).

2) H. Sato, T. Kamiyama, Y. Kiyanagi: A Rietveld-Type Analysis Code for Pulsed Neutron Bragg-Edge Transmission Imaging and Quantitative Evaluation of Texture and Microstructure of a Welded α-Iron Plate, Materials Transactions, Vol. 52, No. 6, pp. 1294-1302, (2011).

A-18

緑青の発生した古銭の表面分析からの内部組成の推定

Estimation of internal composition from surface analysis of verdigrised old coin

○小林 淳哉(函館高専) 中村和之(函館高専)

1. はじめに

出土古銭の表面元素組成から、私鋳銭(鐚銭)の判断や、鋳造時あるいは流通時の文化・経済的な背景を明らかにしようとする研究があるが[1-2]，ほとんどの古銭は表面に緑青が発生しているので，表面組成は鋳造当時の組成とは異なっていると推定される。緑青は、古銭の内部にまで達するのは希であるから、これを切断してその断面組成を調べれば，鋳造当時の組成を明らかにすることができるが、文化財としての古銭ではこれは不可能である。そこで、本研究は、市場に流通する文化財的な価値はない古銭の切断面の組成と，表面組成とを相関性を明らかにする。その後，この相関性に基づき，文化財としての古銭に関しても，鋳造時の元素組成を再評価することが目的である。

これまで古銭の表面分析では，エネルギー分散型蛍光エックス線分析装置(以後 XRF)や，エネルギー分散型検出器を備えた走査電子顕微鏡(以後 SEM-EDS) が多く用いられている。XRF は小型で，オンサイト分析が可能で，しかも短時間で分析が終了するので，大量の出土古銭を分析するのには都合が良い。一方 SEM-EDS は走査電子顕微鏡で観察している画面の特定の場所の元素分析を行うことができるので、微小領域に特にスポットを当てた元素分析が可能である。このため，観察しているごく狭い範囲での分析範囲(一般に 1mm 以下)なので、その部分の組成を全体の組成とみなしてよいかどうかの判断には注意を要する。

2．実験方法

XRF および SEM-EDS による元素分析

XRF により市販されている寛永通寶 100 枚についての銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)の濃度を測定した。このとき古銭の任意の箇所 1 点（直径約 1cm の円形の範囲）を裏表で計 2 点測定した。さらに、寛永通寶 30 枚を SEM-EDS で同様の 3 種類の元素に関して測定した。このとき各古銭に対し、図 1 に示した外周部(A)と中央部(B)の組成を裏表で計 4 点を測定した。その後古銭は切断し、断面の測定も行ない表面と内部の元素比の相関性の検討を行なった。すなわち、相関分析は①SEM-EDS での表面-断面、②XRF の表面と SEM-EDS の表面、③XRF 表面と SEM-EDS の断面で行った。なお、切断面にはどれも緑青は発生しておらず、鋳造時の組成を反映していると判断した。

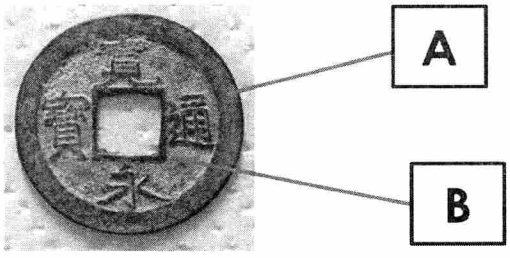


図 1　SEM-EDS における分析個所

3．結果と考察

一例として，寛永通寶に関するXRFによる表面組成とSEM-EDSによる断面組成（すなわち内部組成）の相関係数を表1に示す。Snは非常に強い相関性がある。一方，PbやCu

表1　SEM-EDS(内部組成)とXRF(表面組成)の間の相関係数

Cu	0.70
Pb	0.64
Sn	0.89

はSnに比べるとやや相関性が低下するが、有意検定によれば相関性はあるといってよい。そこで，北海道南部の知内町で出土の涌元古銭のうちの永楽通寶に関するこれまでのXRFによる表面分析データに，この実験の相関性から算出した回帰直線を当てはめ，内部の組成，すなわち鋳造時の組成を推定した。

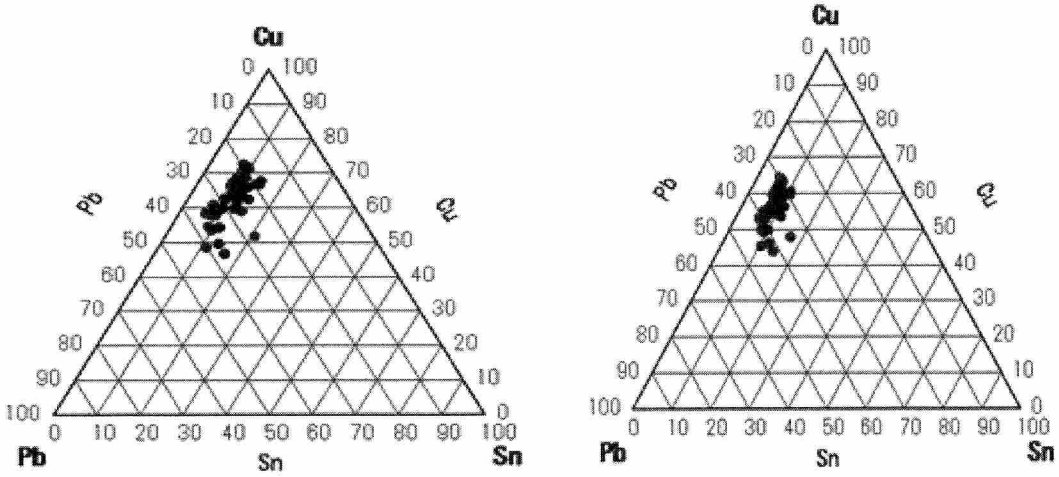


図2　（左）涌元古銭に関するXRF分析結果○）と（右）内部組成の推定値

図から，Pbの分布は狭くなり、より精度よくデータが再構築されていると判断できる。しかし依然としてPbの分布がやや広い。寛永通寶を塩酸中で溶出させたところ，Pbがもっとも溶出しやすいことが明らかにできている。したがって，鋳造から経年変化での青銅貨の腐食(緑青生成)過程で，Pbが最も影響を受けて溶出している可能性がある。そこで、寛永通寶に関するSEM-EDSでの表面と内部の組成の相関分析をCu/Sn比で再検討したところ、相関係数は0.83であり、非常に強い相関性が観察された。したがって、表面に青銅が発生していようと、その影響を受けない内部組成の指標は、Cu/Sn比であると結論できる。たとえば私鋳銭の判断も、Cu、Sn、Pbの絶対量で行うのではなく、このCu/Sn比で解析すると新たな知見が得られる可能性もあると考えている。

参考文献

知内町涌元古銭の調査− 第 1 報，中村和之， 高橋直樹， 高村耕平， 高橋大翼， 渡邉恵太，出土銭貨，vol.29 p79(2009)

A-19

三元素同位体分析法から見えてきた遺跡出土朱の産地推定

Estimation of original mines of vermilion collected from burial mounds using combined isotope analytical method of three elements

○南　武志（近畿大学）、 河野摩耶（同）、 高橋和也（理研）、 武内章記（国立環境研）、奥山誠義（橿考研）、菅谷文則（同）、今津節生（国立九博）

○Takeshi Minami (Kinki Univ), Maya Kawano (Kinki Univ), Kazuya Takahashi (RIKEN), Akinori Takeuchi (NIES), Masayoshi Okuyama (Archaeol. Inst. Kashihara), Fuminori Sugaya (Archaeol. Inst. Kashihara), Setsuo Imazu (Kyushu Natl Museum)

1. はじめに

弥生時代中期より古墳時代にかけて、埋葬儀式に伴い赤色顔料である朱が墳墓内部に用いられた遺跡が多数観察されている。この風習は古代中国からもたらされたと思われる。しかし、朱の原石である辰砂鉱石が縄文時代より古代日本各地で採取されていたことから、日本産の朱を用いた可能性が考えられる。朱は人造朱を除くと辰砂鉱石を粉砕し、集めた赤色部分だけを微粉化したものであり、銅製品のような加工を行っていない。したがって朱の構成成分である硫黄の同位体比が鉱山で異なるなら、遺跡から採取された朱の原産地が推定できると考えるに至った。しかしながら、中国および日本には多数の辰砂鉱山が存在しており、古代中国および日本において次の3条件を満たす辰砂鉱山に的を絞ることとした。すなわち、①古文書や遺跡などより古代から採取された可能性が高い鉱山で、②埋蔵量が豊富であり、③地表周辺に辰砂鉱石が存在して採掘しやすい鉱山を探索した。その結果、弥生時代中期から古墳時代の鉱石採取地域として中国では貴州省満山特区と陝西省旬陽地区の 2 カ所が候補に挙げられ、日本では三重県丹生鉱山、奈良県大和水銀鉱山と徳島県水井鉱山を候補とした。そこで硫黄同位体分析を行ってこれらの鉱山鉱石を比較したところ、日本産と中国産で明らかな違いがあり、また日本産での丹生鉱山産と他の 2 鉱山産の間に違いが認められた。それ故、遺跡出土朱を硫黄同位体分析によって産地推定を行ったところ、明らかに中国産と思われる朱や、日本産と思われる朱が見つかり、硫黄同位体分析を用いることにより遺跡出土朱の産地推定が可能となった。しかしながら、いくつか問題点が指摘される。1 つ目は、硫黄同位体分析だけでは大和水銀鉱山産か水井鉱山産かの区別が出来ない。これに関して我々は、朱の構成成分である水銀同位体と朱に混在する鉛同位体を分析し、どちらの分析法もあきらかに地域差があることを観察しており、3 元素の同位体分析で産地推定の精度が向上したと考えている。次の問題点は、1 つの遺跡にkg単位の多量の朱が使用されていた場合、長期間かけて貯蔵されていた可能性があると共に複数の産地の朱を混合した可能性が当然考えられる。そこで四元一次方程式を用いて遺跡出土朱の複数産地の推定が可能かを検討したので、報告する。

2. 分析資料と方法

今回、弥生時代後期末葉の四隅突出型墳丘墓である島根県沢下遺跡、弥生時代後期の双方中円墳である岡山県楯築遺跡、古墳時代前期の前方後円墳である大和天神山古墳より採取した朱を対象とした。資料提供に協力していただいた関係機関に感謝する。

分析は、遺跡出土朱の赤色部分を収集して行った。硫黄同位体分析は逆王水に溶解したのちに硫酸バリウムの沈殿を得、五酸化バナジウムと混和して元素分析装置で二酸化硫黄ガスを発生させたのちに直接同位体分析用質量分析装置で ^{32}S と ^{34}S の割合を算出した（$\delta^{34}S$）。水銀同位体分析は、王水で加熱溶解したのち還元気化・多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置（CV-MC-ICP /MS）を用いた水銀同位体分析システムで測定し、^{198}Hg と ^{202}Hg の割合を算出した（$\delta^{202}Hg$）。鉛同位体分析は、逆王水で溶解したのち陰イオン交換樹脂に鉛を吸着させて塩酸で溶出し、表面電離型質量分析装置で ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb を測定した（$^{207/206}Pb$, $^{208/206}Pb$）。

3. 結果および考察

沢下遺跡は採取場所により朱の硫黄同位体比が異なったが、今回は頭部付近から採取した朱を用いた。硫黄同位体比は-0.47 ‰であり、このδ値からは中国産とも日本産とも推定できなかった。また、楯築遺跡出土朱も硫黄同位体比は+0.84 ‰であった。一方、大和天神山古墳出土朱は-8.14 ‰と丹生鉱山産を示していた。そこで、朱の産地として中国陝西省旬陽地区、丹生鉱山、大和水銀鉱山および水井鉱山を考え、それぞれの辰砂鉱石の硫黄同位体、水銀同位体、鉛同位体を測定し、$\delta^{34}S$、$\delta^{202}Hg$、$^{207/206}Pb$および $^{208/206}Pb$を用いた四元一次方程式より混合朱の割合計算を行った。その結果、沢下遺跡出土朱は丹生産と中国産の朱が使用された可能性があり、同じく楯築遺跡出土朱も丹生産と中国産朱が使用された可能性がある。これに対し、大和天神山古墳出土朱は丹生産と水井鉱山産を使用した可能性が示唆された。

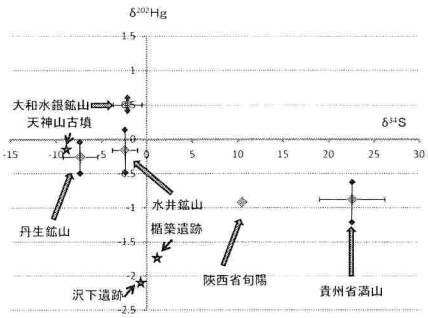


図　鉱山鉱石および墳墓出土朱の硫黄同位体比と水銀同位体比の二次元グラフ

以上の結果から、三元素同位体分析は、国内産の朱の産地推定に有力な手段となるばかりでなく、複数の産地の朱が混合された場合にも有効な手段となると考えられる。しかし、産地推定の精度を向上させるためには、多数の辰砂鉱石を測定して産地ごとの詳細な平均値を出す必要があると考えており、今後さらに測定数を増やして精度向上に努めていきたい。

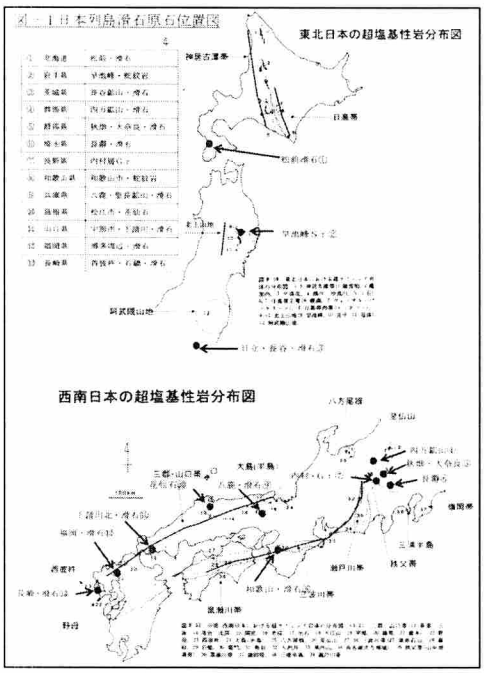
[付記]本研究は、科学研究費基盤研究（A）「同位体分析法から見た墳墓出土朱の産地変遷-大和政権による朱の政治的利用-」を用いて行った。

A-20

長野県の遺跡出土玉類の岩石学的分析と原石対比

Petrographic analysis of Tamas (usu-tama, kuda-tama) which were dug from Kofun period sites in Nagano prefecture, and identification of their mother rock.

井上 巖 （ (株)第四紀地質研究所)



はじめに

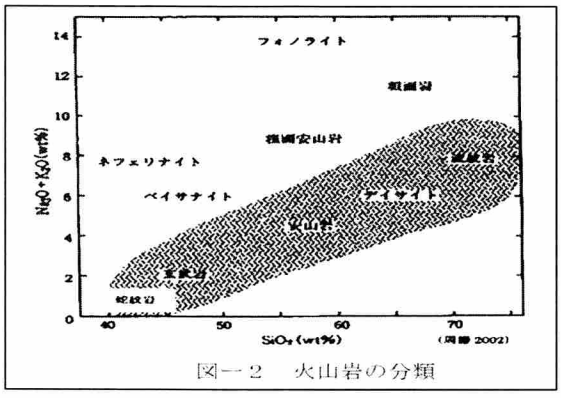
滑石とは超苦鉄質岩の熱水変質物として、またある種の広域変成岩の主成分として産し、ドロマイト（苦灰岩）の熱変成によってもつくられる(加藤・岩崎2000)。この中で超苦鉄質岩や変成岩のうちの塩基性凝灰岩などという言葉は地質学における岩石名である。これらは本来火成岩に由来するものであり、分析は火成岩の分析としておこなわなければならない。滑石には大きく分けて超塩基性岩の蛇紋岩から変質してなるものと高圧型で低温領域の環境で塩基性凝灰岩が変質してなるものとがあり、両者の化学組成は異なるのが一般的である。

1 岩石学的分類とは

火成岩の分類とは表－１火成岩分類表の SiO_2 の量によって分類される。岩石の分類は主要元素である珪素（Si）の酸化物濃度で分析値を出さない

SiO_2の量（重量%）			多 ← 66 ― 52 → 小		
色指数			淡色 ← 10 ― 35 → 暗色		
ガラス質 ↑ 完晶質	細粒 ↑（結晶の大きさ）↓ 粗粒	火山岩（噴出岩）	流紋岩	安山岩	玄武岩
		半深成岩	石英斑岩	ひん岩	輝緑岩
		深成岩	花崗岩	閃緑岩	斑れい岩

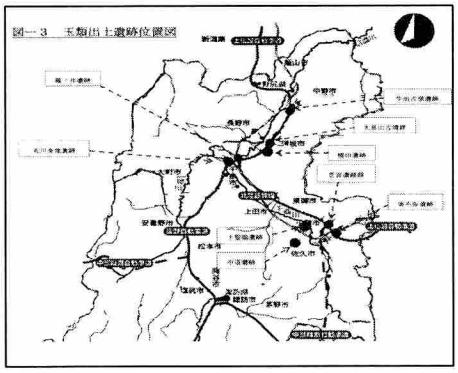
表－１ 火成岩分類表

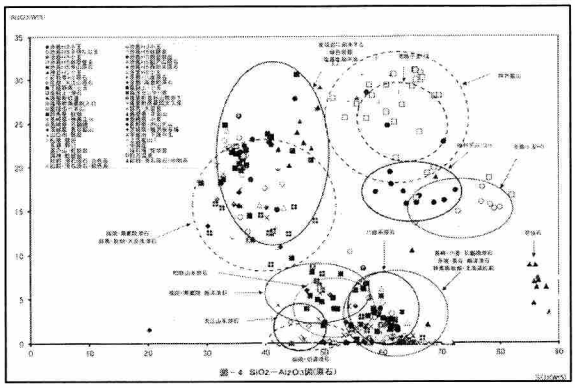


図－２ 火山岩の分類

と何岩を分析しているのかがわからないのである。蛇紋岩は超塩基性岩であり、表－１には記載されていない。超塩基性岩とは SiO_2 が４５%以下のものを言うのである。これらの関係は図－２火山岩の分類に示してある。

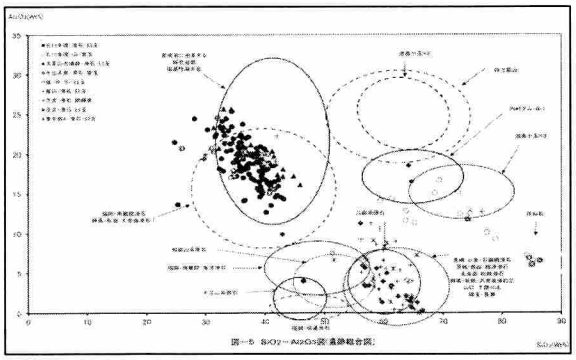
岩石学的に分類するということは図に示すように SiO_2 が何%であるかを出さない限り分類できないことは明瞭である。





２　玉類の原石対比

図－３に示す遺跡出土玉類を分析した。原石の分析は図―４、分析結果は図―５に示すとおりである。分析結果は１）～８）に記述してある。



１）　石川条理の臼玉類は塩基性凝灰岩で大山崎町下植野南遺跡と舞鶴市桑飼上遺跡の小玉類と組成が一致する。

２）　石川条理の管玉類は臼玉類とは組成が異なり、その多くは池島小玉Ｈ３の小玉の組成と一致し、NG-168 と 173 の２個は花仙石である。

３）　大星山古墳群の臼玉は石川条理の臼玉と同じく、塩基性凝灰岩で下植野南遺跡と桑飼上遺跡の小玉類と組成が一致する。

４）　牛出古窯の管玉の NG-144、145、146３個は花仙石製、143 は塩基性凝灰岩、147 は池島小玉Ｈ３の小玉の組成と類似する。

５）　篠ノ井遺跡の臼玉は塩基性凝灰岩で下植野南遺跡と桑飼上遺跡の小玉類と組成が一致する。NG148 のみが花仙石である。

６）　榎田遺跡の臼玉は兵庫・八鹿の滑石と組成が一致する。NG176 の１個は池島小玉３に近いものであると推察される。

７）　芝宮遺跡の紡錘車６個は兵庫・八鹿の滑石と塩基性凝灰岩が各３個である。臼玉のほとんどは兵庫・八鹿の滑石である。

８）　栗毛坂Ａ遺跡の臼玉と紡錘車は兵庫・八鹿の滑石の組成と一致する。

９）　佐久市の下聖端遺跡Ⅰ・Ⅱ遺跡の臼玉類は群馬県の秋畑、市道遺跡Ⅲの臼玉類は均質で蝋石状の良質な八鹿系の滑石と表面が不均質な群馬県の秋畑、大奈良②の滑石の２種類が検出されている。

１）～８）の全体の傾向では関東系の玉類はなく、兵庫・八鹿の滑石と大山崎町下植野南遺跡と舞鶴市桑飼上遺跡の塩基性凝灰岩の小玉類と組成が一致し、近畿地方からの伝来ではないかと推察される。９）佐久市の遺跡出土玉類でも同様のことが認められる。

A-21

八日市地方遺跡出土玉未製品と元素接合法による玉穿孔用ドリル石材の産地分析

Identification of the source for unfinished jasper tubular-beads and drills by connection method of elements

○藁科哲男（遺物材料研究所）、中村大介（埼玉大学）、
宮田　明（小松市埋蔵文化財センター）

1. はじめに

小松市八日市地方遺跡から出土した管玉未成品30点、石針及びその未成品30点を、蛍光線分析法とESR法を用いて完全な非破壊で産地同定した。以下にその成果を述べたい。

2. 碧玉製管玉未製品の産地同定結果

産地同定のために比較する原石・遺物群は合計424点である。分析する対象の帰無仮説の危険度が低いことを証明するため、ホテリングのT^2検定を行い、0.1%以下の資料をこれらに属さないものとして省略し、表1に示した。確率が5%以上は仮説が間違っていると判定し、さらにESR信号の形が何処の原石・遺物群と一致するか調べ石材産地を同定した。菩提-1群、滝ヶ原群と女代南B遺物群と同時に同定された遺物については、

表1　八日市地方出土の碧玉製管玉未製品の原材産地分析結果

順番	遺物番号	分析番号	ホテリングT^2検定結果(確率)	ESR信号形	比重
1	43492	122631	女代南B遺物群(14%),青谷上寺地B遺物群(4%),滝ヶ原-2(0.4%)	崩れ女代南B・猿八A形	2.437
2	45322	122632	滝ヶ原(18%),女代南B遺物群(10%),青谷上寺地B遺物群(1%)	女代南B形	2.58
3	45358	122633	女代南B遺物群(3%)	女代南B形	2.544
4	45445	122634	滝ヶ原(14%),菩提-1(8%),女代南B遺物群(6%),青谷上寺地B遺物群(9%),滝ヶ原-2(0.3%)	崩れ女代南B形	2.526
5	46485	122635	女代南B遺物群(18%),青谷上寺地B遺物群(15%)	崩れ女代南B・猿八A形	2.411
6	46843	122636	女代南B遺物群(15%),滝ヶ原(2%),花仙山面白谷(0.4%)	女代南B形	2.604
7	46892	122637	女代南B遺物群(16%)	女代南B形	2.512
8	47699	122638	菩提-1(2%),女代南B遺物群(0.4%)	女代南B形	2.588
9	47750	122639	女代南B遺物群(97%),菩提-1(77%),滝ヶ原(0.9%),青谷上寺地B遺物群(0.8%)	女代南B形	2.605
10	48168	122640	地方122640遺物群(31%),青谷上寺地B遺物群(0.3%)	崩れ女代南B形	2.45
11	968	122641	地方122641遺物群(97%)	女代南B形	2.598
12	970	122642	菩提-1(79%),女代南B遺物群(50%),滝ヶ原(0.9%),猿八-1(0.2%)	女代南B形	2.595
13	1022	122643	女代南B遺物群(39%),菩提-1(2%)	女代南B形	2.588
14	1212	122644	菩提-1(4%)	女代南B形	2.607
15	1434	122645	女代南B遺物群(37%),青谷上寺地B遺物群(3%)	崩れ女代南B形	2.427
16	5434	122646	女代南B遺物群(40%),新穂村A遺物群(2%),菩提-1(0.7%),滝ヶ原(0.2%)	女代南B形	2.591
17	5443	122647	女代南B遺物群(82%),菩提-1(25%),滝ヶ原(6%),那谷-菩提(5%),新穂村A遺物群(1%),青谷上寺地B遺物群(0.3%)	女代南B形	2.586
18	5615	122648	青谷上寺地B遺物群(57%)	崩れ女代南B形	2.341
19	5618	122649	地方122649遺物群(25%),青谷上寺地B遺物群(0.9%),女代南B遺物群(0.6%),猿八-1(0.4%)	崩れ女代南B形	2.537
20	5621	122650	女代南B遺物群(42%),猿八-1(0.5%),青谷上寺地B遺物群(0.5%)	崩れ女代南B形	2.569
21	5623	122651	青谷上寺地B遺物群(1%)	崩れ女代南B形	2.425
22	6228	122652	菩提-1(51%),女代南B遺物群(43%),那谷-菩提(8%),滝ヶ原(0.6%),猿八-1(0.1%)	女代南B形	2.575
23	6447	122653	女代南B遺物群(9%),猿八-1(1%)	女代南B形	2.378
24	6449	122654	女代南B遺物群(24%),青谷上寺地B遺物群(0.4%)	女代南B形	2.492
25	6865	122655	女代南B遺物群(61%),滝ヶ原(28%),那谷-菩提(4%),菩提-1(0.9%),青谷上寺地B遺物群(0.1%)	女代南B形	2.615
26	8353	122656	女代南B遺物群(59%),菩提-1(8%),青谷上寺地B遺物群(8%)	崩れ女代南B・猿八A形	2.46
27	8636	122657	女代南B遺物群(25%),猿八-1(0.3%)	女代南B形	2.447
28	8659	122658	女代南B遺物群(28%),滝ヶ原(7%),那谷-菩提(0.6%),菩提-1(0.1%)	女代南B形	2.546
29	10217	122659	女代南B遺物群(10%)	崩れ女代南B・猿八A形	2.474
30	12504	122660	女代南B遺物群(53%),菩提-1(2%),花仙山面白谷(3%),猿八-1(0.7%),滝ヶ原-3(0.1%)	女代南B形	2.605

表2 八日市地方出土の石針未成品の産地同定結果

順番	遺物番号	分析番号	元素接合法による石針の非破壊(風化層含む)分析による産地同定結果 ホテリングのT2乗検定(確率)	判定
1	5931	122661	瓜破風化二上山遺物群(61%),二上山(0.3%)	二上山
2	5932	122662	瓜破風化二上山遺物群(60%),二上山(2%)	二上山
3	5933	122663	瓜破風化二上山遺物群(80%)	二上山
4	5935	122664	瓜破風化二上山遺物群(75%)	二上山
5	5937	122665	瓜破風化二上山遺物群(33%)	二上山
6	6643	122666	地方風化石針A群(18%)	金山東
7	8432	122667	瓜破風化二上山遺物群(38%),二上山(19%)	二上山
8	8977	122668	瓜破風化二上山遺物群(89%),二上山(0.3%)	二上山
9	26076	122669	瓜破風化二上山遺物群(20%),二上山(2%)	二上山
10	26107	122670	地方26107遺物群	安山岩でない?
11	26110	122671	瓜破風化二上山遺物群(42%),二上山(7%)	二上山
12	26116	122672	瓜破風化二上山遺物群(68%),二上山(6%)	二上山
13	26119	122673	瓜破風化二上山遺物群(85%)	二上山
14	26122	122674	地方風化石針A群(55%)	金山東
15	26127	122675	二上山(3%),瓜破風化二上山遺物群(0.1%)	二上山
16	26139	122676	瓜破風化二上山遺物群(16%),二上山(3%),穴虫-94(0.1%)	二上山
17	26293	122677	瓜破風化二上山遺物群(98%)	二上山
18	26350	122678	瓜破風化二上山遺物群(19%)	二上山
19	27570	122679	二上山(72%),瓜破風化二上山遺物群(54%),穴虫-94(2%)	二上山
20	27579	122680	瓜破風化二上山遺物群(64%),二上山(25%)	二上山
21	27583	122681	二上山(50%),瓜破風化二上山遺物群(33%),川棚第2群(0.7%)	二上山
22	27618	122682	瓜破風化二上山遺物群(99.8%)	二上山
23	49625	122683	瓜破風化二上山遺物群(66%)	二上山
24	49626	122684	地方風化石針A群(19%)	金山東
25	49628	122685	瓜破風化二上山遺物群(75%)	二上山
26	49630	122686	瓜破風化二上山遺物群(80%)	二上山
27	49631	122687	地方風化石針A群(87%)	金山東
28	56145	122688	瓜破風化二上山遺物群(94%)	二上山
29	56170	122689	瓜破風化二上山遺物群(54%),二上山(4%)	二上山
30	56325	122690	瓜破風化二上山遺物群(83%),二上山(10%),穴虫-94(0.9%)	二上山

小松市菩提－那谷・滝ヶ原地域の原石が使用されていると総合判定を行った。女代南B遺物群は、調査した菩提－那谷・滝ヶ原地域で原石脈が弥生人の採取時には存在したが、現在は消失または未発見になっていると推測される。

2. 元素接合法による穿孔具（玉穿孔用ドリル）の産地分析結果

穿孔具は安山岩製石針の未製品を対象とした。安山岩の原石及び遺物群284点と比較し、産地を同定した。遺物は風化層込みの非破壊分析であるが、比較する原石・遺物群は新鮮面での分析である。そこで、石針とそれを製作したときの剥片は、同じ風化の影響を受ければ、風化後の元素分析値も同じになると推定し、「元素接合法」によって産地同定を行った。最初に風化した石針を分析し、次に石針製作時の風化剥片を分析し、この風化剥片と石針の分析結果をホテリングのT^2検定を行って一致するかを求めた。一致した場合、エアブラシ処理で風化剥片の風化層を取り除き、再び分析を行い、原石・遺物群と比較して剥片の原石産地を求め、この産地を石針の原材産地と同定した(表2)。その結果、石針には奈良県二上山産安山岩、香川県金山地域産安山岩が使用されていた。『元素接合法』により日本各地の原石・遺物群と比較し、得られた結果である。

4．まとめ

菩提－那谷・滝ヶ原地域の原石は、京都府市田斉当坊遺跡などでも利用され、弥生時代中期には石材自体が広く流通していた。逆に奈良県二上山や香川県金山の穿孔具石材は、こうした近畿地方の玉作遺跡を中継点として八日市地方遺跡にもたらされたのだろう。

A-22

古代鉛釉陶器・施釉磚の化学分析からみた特徴

Characteristic of the ancient lead glazed earthenware・tile – a view from chemical analysis

○降幡順子(奈良文化財研究所)、石橋茂登(同)、玉田芳英(同)、
西光慎治(明日香村教育委員会)、齋藤努(国立歴史民俗博物館)

1: はじめに

今回の報告では、都城および寺院跡から出土した 7 世紀から 8 世紀と考えられる鉛釉陶器、施釉磚・瓦に着目し、釉薬の鉛同位体比分析、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。比較参考資料として、東アジア地域で出土した鉛釉陶器の調査も実施し、これらの分析結果を総合して、文様や形式分類などの考古学的な所見と併せて考えることにより、古代鉛釉陶器、施釉磚の化学的特徴について検討した。

2:分析資料・分析方法

7 世紀から 8 世紀に比定される 26 遺跡(飛鳥・藤原京地域、平城宮・京内、唐三彩窯跡等)から出土した鉛釉陶器・施釉瓦・磚資料 122 点について分析をおこなった。測定は、胎土・釉薬部の蛍光 X 線分析、釉薬の鉛同位体比分析、胎土の X 線回折分析を実施し、主成分元素の比較や、鉛原料の産地推定、焼成温度の推定をおこない、資料の化学的特徴を明らかにした。

3:結果と考察

図 1 に、6 世紀後半から 8 世紀初頭の鉛釉陶器・施釉磚の鉛同位体比分析結果および既報告事例を加えたものを示す。8 世紀の平城宮・京跡、寺院跡などから出土した鉛釉陶器・施釉瓦・磚についての分析結果およびこれまでの報告事例を含めたものを図 2、C 領域周辺を拡大したものを図 3 に示す。同様に 8 世紀の鉛ガラスについて図 4 に示す。図 1 では、さまざまな鉛同位体比を示すものがあり、産地が多様であることがわかる。原材料もしくはガラス素材が輸入され、国内で製品として生産された鉛釉陶器・施釉磚の可能性について、国内生産の初現期にあたると考えられる、飛鳥池遺跡出土資料や川原寺施釉磚の釉薬と胎土の分析結果を比較した。川原寺跡出土水波紋磚のひとつは半肉彫であり、胎土は赤褐色を呈し(酸化鉄含有量約 4.7wt%)、推定焼成温度は約 1000℃以下、鉛同位体比はP領域の延長線上に分布している。他方は線彫であり、胎土は白色を呈し(酸化鉄含有量約 2.6wt%)、推定焼成温度約 1000℃以下、鉛同位体比はC領域の集中領域(グループⅠ)に分布している。半肉彫水波紋磚は、分析結果からみると飛鳥池遺跡の鉛釉陶器と同様の化学的な特徴を示し、線彫水波文磚は、それよりも時代の下る資料にみられる特徴を有するという時期差がみられる。8 世紀の鉛釉陶器・施釉瓦の鉛同位体比値は、初現期の奈良三彩とそれより時期が下る奈良三彩資料との間で大きな差異は認められず、集中領域(グループⅠ)内にほとんどの資料が分布している。C領域内の分布を詳細にみると、鉛ガラスでは

グループⅠの上限付近と中央付近の両方に数値が集中するが、鉛釉陶器はそれよりも広く分布をしている。いっぽう、坂田寺跡出土資料のように、グループⅠの外に、数点ずつのまとまりをもって分布し、複数産地の鉛原料が用いられている可能性があるなど、C領域の中でも、その分布にそれぞれ異なる特徴を持つ資料が存在していることがわかった。

このような資料は、平城京周辺以外の飛鳥地域にある坂田寺跡出土資料だけではなく、平城宮東院地区出土瓦のような奈良時代後半の宮内資料からも見出されている。またこれらの鉛釉陶器と、鉛ガラスである薬師寺本尊台座内ガラス資料の両方にみられるような、グループⅠと対州鉱山産原料の値とを結ぶ直線の上に分布するデータは、これらの原料が混合された可能性も示唆している。このような鉛原料が、短期間だけ供給されたものなのかは不明であるが、グループⅠ以外の箇所に少数分布している資料の存在は、官営工房による一元管理によるものとは異なる生産体制のあった可能性も考えられる。

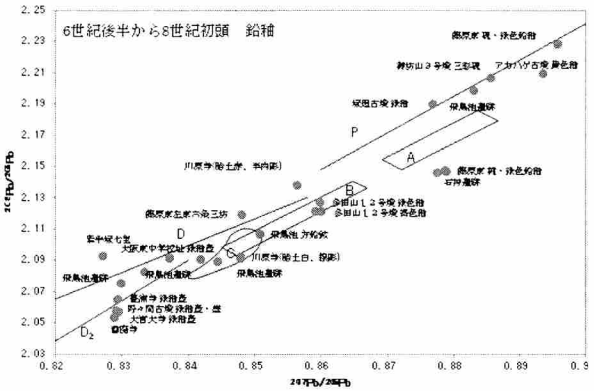


図 1：6 世紀後半から 8 世紀初頭の鉛釉陶器・施釉磚の鉛同位体比（a 式図）

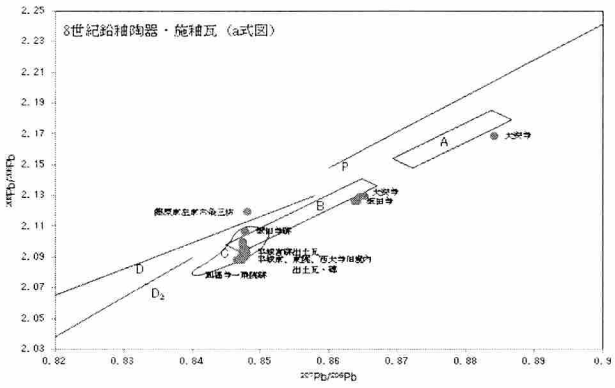


図 2：8 世紀の鉛釉陶器・施釉磚の鉛同位体比（a 式図）

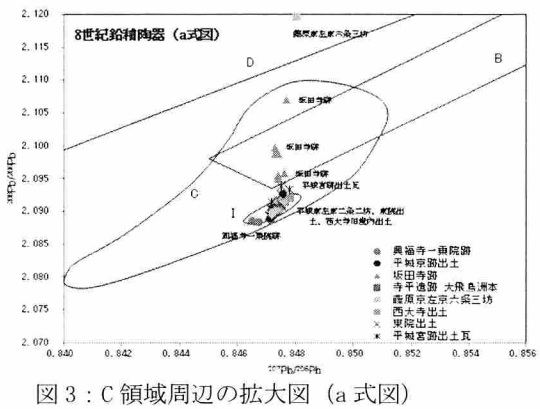


図 3：C 領域周辺の拡大図（a 式図）

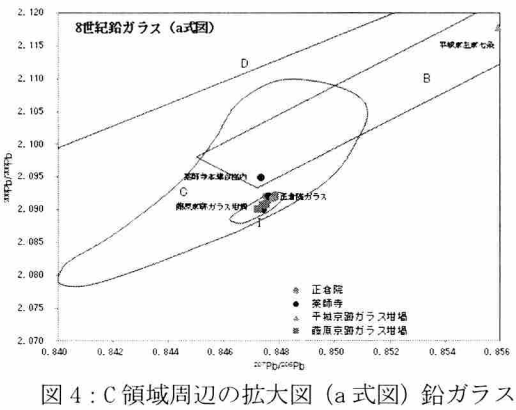


図 4：C 領域周辺の拡大図（a 式図）鉛ガラス

謝辞　本研究は JSPS 科研費の 25350399 の助成を受けたものです。

参考文献:肥塚隆保 1995「古代ケイ酸塩ガラスの研究-弥生から奈良時代のガラス材質の変遷-」『文化財論叢Ⅱ』pp.929-967、山崎一雄 1987『古文化財の科学』思文閣、山崎一雄・室住正世 1999「大阪府アカハゲ古墳出土の黄褐釉円面硯ならびに同塚廻古墳出土のガラス玉および緑釉棺台の化学成分と鉛同位体比」『考古学と自然科学 38』pp.93-97

B-12

模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究
(その3)模擬古墳を用いた土中空間の環境計測とその性状の把握
Study on preservation of buried cultural properties in the stone chamber by means of the simulated tumulus
Part 3: The effect of the activity of microorganisms on oxygen and carbon dioxide concentration in the stone chamber

安井洋之(京都大学)、○小椋大輔(同左)、 鉾井修一(同左)、
脇谷草一郎(奈良文化財研究所)、柳田明進(奈良県立橿原考古学研究所)、高妻洋成(奈良文化財研究所)
Hiroyuki Yasui (Kyoto University), ○Daisuke Ogura (Kyoto University), Shuichi Hokoi (Kyoto University),
Soichiro Wakiya (Nara National Institute for Cultural Properties),
Akinobu Yanagida (Archeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture),
Yohsei Kohdzuma(Nara National Institute for Cultural Properties)

1. はじめに 本研究では、周辺環境の影響を受けて形成される古墳石室内の環境と、その影響を受ける遺物の劣化の実態と機構を明らかにし、遺物の適切な保存対策を提案することを目的とする。既報[1),2)]では、この目的のため、丘陵地林内の土中に模擬石室を造り、気象、地盤内、石室の環境計測を行い(図1)、金属遺物を想定して数種の金属板を石室内に入れて計測及び観察を行い、計測結果の報告を行った。本報では、遺物の劣化や石室内の酸素(以下 O_2)や二酸化炭素(以下 CO_2)の変動に大きく影響する微生物活動に注目し、地表と石室内の土中の微生物の O_2 消費・CO_2 生成量の測定を行った。そしてこれを元に、微生物活動のモデル化について検討を行った。

2. 石室内 O_2・CO_2 濃度の挙動 図2に示すように模擬石室内では O_2 の減少に合わせて CO_2 の増加が生じており、石室内で生物活動が行われていると考えられる。また、次報で詳細を述べるが、石室内の曝露金属に生じた腐食生成物を分析した結果、炭素鋼と青銅の腐食にはそれぞれ気中、液中の O_2、CO_2 が関係している。

3. 土中微生物活動の測定実験 石室内 O_2、CO_2 環境の形成に大きく影響する石室及び地表の土を採取し、有機物量と温度の異なる条件下で実験室実験を行い、O_2 消費量と CO_2 生成量の違いを調べ、土中微生物の環境依存性について検討を行う。実験条件を表1に示す。採取した飽和に近い土を入れたガラス製デシケータを温度一定条件の恒温槽に入れ、温湿度、O_2・CO_2 濃度の変化を計測した。実験結果を図3, 4に示す。地表土の方が石室土よりも O_2 濃度は大きく低下、CO_2 濃度は大きく上昇し、温度が高い程、それが顕著である。温度が高いほど微生物活動が活発となっている。また、40℃実験の結果から O_2 濃度は15.5%に漸近しており、微生物活動に必要な O_2 濃度の限界値は15.5%程度であると考えられる。

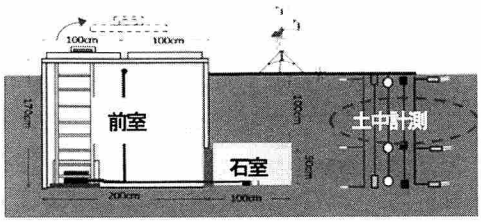


図1 模擬古墳断面図

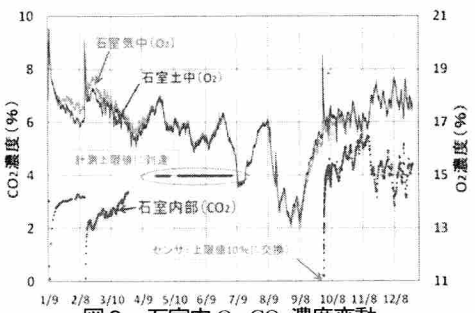


図2 石室内 O_2, CO_2 濃度変動

表1 実験条件

有機物量	温度
・多い(地表土) ・ごく少量(石室土)	・0℃ ・20℃ ・40℃

4．土中微生物活動のモデル化と解析方法　本報では、主な微生物活動をグルコースの好気分解として考え、O_2の消費量とCO_2の生成量は等しいものとして扱い、微生物量の成長と活動によるO_2消費のモデル化を行った[3)]。成長率、O_2消費係数の環境因子として温度、水分状態、有機物量、O_2濃度を用いた。実験に用いた土を1次元の多孔質体と考え、熱水分同時移動方程式および、ガス（O_2・CO_2）の収支式[4)]と上述の微生物モデルを用いて、実験の測定値の再現を行う。O_2・CO_2は気相と液相とで局所平衡が成立するものとし、液相に平衡する気相濃度は、Henry則により与え、デシケータ内のガス収支を考慮する。上記モデルの詳細は、文献3),4)を参照頂きたい。解析は、デシケータ内空間の温湿度、ガス濃度は1質点で代表させ、土中は温度・含水率・O_2・CO_2濃度の分布を考慮する。本解析では微生物活動の環境指数を実測値から同定し、温度、有機物量、O_2濃度の微生物活動への影響度の検討を行う。

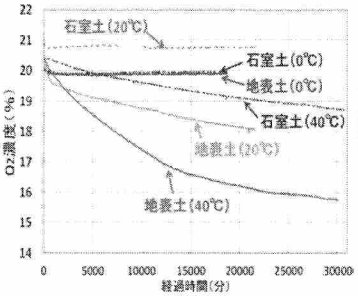


図3　O_2濃度の変動

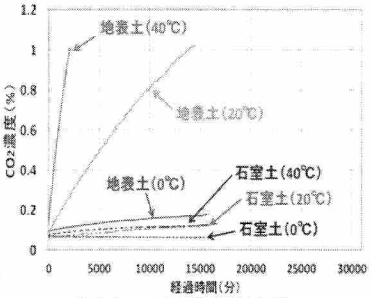


図4　CO_2濃度の変動

5．解析結果と考察　**(a) 0℃試験の解析結果（図5）**地表土のCO_2濃度は初期の濃度変化の様相の一致がやや悪いが、石室土と地表土の両者のO_2、CO_2濃度は概ね再現できている。**(b) 20℃試験の解析結果（図6）**地表土のO_2濃度の初期の低下の再現性が悪いもののそれ以降の変化の勾配はよく一致している。また、CO_2濃度は、石室土ではやや増加が大きく一致が悪いものの地表土はよく一致している。地表土のO_2濃度の初期低下は、実験前の養生時の環境条件の影響も考えられ、今後検討が必要である。**(c) 40℃試験の解析結果（図7）**　O_2濃度の変動は石室土も地表土も良い一致を見せている。CO_2濃度は、石室土ではやや増加が大きく一致が悪いものの地表土はよく一致している。O_2濃度の実測値はこれの消費量に対するCO_2の生成量が少なく、グルコースの好機分解以外の反応の影響など、現在検討中である。

6．まとめ　本報では腐食の一因のO_2・CO_2濃度に影響を与える微生物活動に注目し、実験室実験によりそれらの挙動を明らかにした。そして、その挙動の再現のためモデルを構築し検討を行った。本モデルにより土中微生物の活動が大略再現でき、微生物活動に作用する環境依存性の内、温度・O_2濃度・有機物量の多寡の影響が明らかとなった。

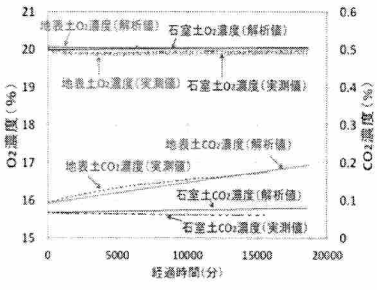


図5　0℃試験の解析結果

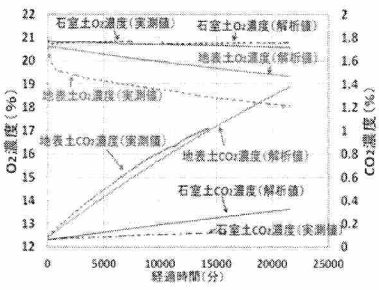


図6　20℃試験の解析結果

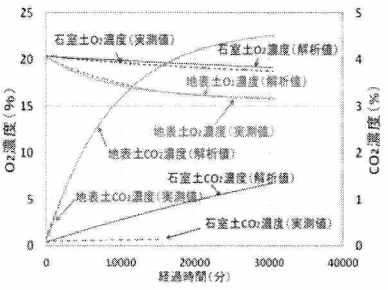


図7　40℃試験の解析結果

【謝辞】模擬古墳建設にあたり、リバイブHIKO　明田勝彦氏、奥村組土木興業株式会社環境開発本部　京都支店　田中良介支店長、山本真司氏、株式会社リヴ一級建築士事務所　代表取締役　市川宣広氏には多大なご助力を賜った。本研究の一部は、平成26年度科学研究費補助金基盤（B）（課題番号26289203　研究代表者：鉾井修一）の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。**【参考文献】**1)安井洋之他：模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その1）、日本文化財科学会第31回大会（2014），2) 柳田明進他：模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その2）、日本文化財科学会第31回大会（2014），3) 安井洋之他：模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その2）微生物活動が石室内酸素・二酸化炭素濃度に与える影響、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 (2015), 4)木村奈津子他：闘鶏山古墳の石槨内部発掘調査に伴う空調制御方法に関する研究(その 2)石槨内空気質の予測法の提案、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2、pp155-156（2011）

B-13

模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その４）金属製遺物の腐食に及ぼす石室内環境の影響

Study on preservation of buried cultural properties in the stone chamber by means of the simulated tumulus Part4: Effect of environment inside the stone chamber on the corrosion of metal artifacts

○柳田明進（橿原考古学研究所）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、安井洋之（京都大学）、小椋大輔（同左）、髙妻洋成（奈良文化財研究所）、鉾井修一（京都大学）

○Akinobu Yanagida[1], Soichiro Wakiya[2], Hiroyuki Yasui[3], Daisuke Ogura[3], Yohsei Kohdzuma[2], Shuichi Hokoi[3]

[1]Archaeological Institute of Kashihara,[2]Nara National Research Institute for Cultural Properties,[3]Kyoto University

１．はじめに

古墳の石室内に位置する金属製遺物では周辺の酸素（O_2）、二酸化炭素（CO_2）濃度および金属表面の水分状態が腐食に影響を及ぼすと考えられる。しかし、実際の古墳では石室内環境に関する実測調査を実施することは困難な場合が多く、石室のO_2、CO_2濃度などについては十分に把握されているとは言い難い。本研究では周辺地盤の影響を受けて形成される石室内環境の実態を把握するとともに、その中で生じる金属製遺物の腐食をモニタリングするために、石室内環境を模した土中空間を作り、石室内の温湿度、O_2濃度、CO_2濃度、ならびに周辺地盤中の含水率、水分化学ポテンシャルを測定するとともに、石室内において金属試料を用いた劣化試験および腐食センサを用いたモニタリングを行い、石室内環境が金属製遺物の腐食に及ぼす影響について検討をおこなった。

２．実験方法

２．１劣化試験　劣化試験および腐食速度の計測は京都市西京区桂に位置する京都大学桂キャンパス内の丘陵地に建設した模擬古墳で実施した。劣化試験では鉄製および青銅製遺物を想定して50×50×3 mmに切り出した炭素鋼試料およびスズ含有量が異なる２種類の青銅試料を用いた（表１）。各試料は石室内部に懸垂した状態（以下、懸垂試料）、石室内床面土壌に埋没した状態（以下、土中試料）で設置した。金属試料はエメリー紙＃800まで湿式研磨にて仕上げた後、試験に供した。劣化試験は2014年１月９日に設置し、定期的な観察を行うとともに、約９ヶ月経過した時点で一部の試料を取り出し、腐食状態の分析をおこなった。分析ではデジタルマイクロスコープ（HROX社製KH-7700）を用いた観察、リガク社製SmartLabを用いたX線回折分析（XRD）を行い、腐食生成物の同定をおこなった。

２．２腐食センサによる腐食速度の計測　腐食センサにはシュリンクス社製Fe-Ag対ACM（Atmospheric Corrosion Monitor）型腐食センサを用いた（以下、ACMセンサ）。ACMセンサはFe-Ag対からなるセンサ部に生じるガルバニック電流から計測環境の腐食性をモニタリングするとともに、実験式から大気環境での腐食速度を算出することが可能である。ACMセンサは石室内および床面土中に表１の状態で計８個設置した。測定は毎日０時、６時、12時、18時に10分間のみロガを起動させ、その間の平均値を記録した。

表１　金属試料および腐食センサの設置状況

実験項目	劣化試験体およびセンサ	劣化試験体およびセンサの設置状態
劣化試験	炭素鋼試料：SS400 青銅試料１（C5191 （Cu94%, Sn:5.5-7.0%） 青銅試料２（CAC502A （Cu87.0-91.0%, Sn9-12%）	(1)石室内部につり下げた状態 (2)試料を石室内部の土中に埋設した状態
腐食センサ	ACMセンサ $\log(CR=0.378\log Q-0.636)$ CR:腐食速度[mm/y] Q:日平均電気量[C/d/a]	(1)石室内部の高さ10cmの位置(No.1~3) (2)(1)と同様の位置で、結露水防止の笠をかけた状態(No.4~6) (3)石室内部の土中に埋設した状態(No.7, 8)

３．結果および考察

３．１劣化試験　９ヶ月経過した時点で検出された腐食生成物を表２に示す。炭素鋼の懸垂試料ではその下部に褐色の針鉄鉱（α-FeOOH）、鱗鉄鉱（γ-FeOOH）および磁鉄鉱（Fe_3O_4）から成る腐食生成物が認め

られ、その下部で炭素鋼の減肉が顕著であった。一方で、土中試料では試料の全面に針鉄鉱および磁鉄鉱が形成され、小礫との接触面において、炭素鋼の減肉が顕著であることが観察された。石室内のO_2濃度は夏期においても約13%を維持しており、腐食のカソード反応は溶存酸素の還元が主と考えられる。したがって、懸垂試料では試料下部の液膜が厚い箇所、土中試料では小礫と接触する液膜が厚い箇所において溶存酸素濃度が低下した後、アノードとして固定され、局所的に減肉したと考えられる。青銅では懸垂試料において試料の上部を中心に黒色物質の上層に緑色の物質が形成され、土中試料では試料全体に緑色物質が観察された。XRDの結果、緑色部分からは孔雀石（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）が検出された。黒色物質からは明確なX線回折スペクトルが得られていないものの、既往の研究を考慮すると非晶質のスズ石（SnO_2）の可能性が高いと考えられる[2)]。また、懸垂試料に生じる孔雀石は夏期に成長することが認められた。石室内のCO_2濃度は夏期に上昇して4%に達しており、夏期のCO_2濃度の上昇に伴い、青銅表面の液膜中のCO_2濃度が上昇することで、孔雀石が安定な環境に移行したと考えられる。

3．2腐食センサによる腐食速度の計測　各ACMセンサから得られた出力値の変化を図1～3に示す。ACMセンサの出力は石室内に比べて、土中で高いことが認められた。また、降雨により周辺地盤の含水率、水分化学ポテンシャルが増加した際に、センサ出力も上昇しており、周辺地盤中の水分量の増加により、腐食は促進されると考えられる。石室内のACMセンサでは夏期に出力が増加する傾向を示した。冬期において傘を設置したセンサではその出力が低いものの、傘を伴わないセンサでは断続的に高い出力が認められた。石室内の湿度は年間を通じて常に100%を維持しており、温度は夏期では天井部に比べて床面部が低く、冬期では天井部に比べて床面部が高いことが認められている。したがって、夏期ではセンサの結露により出力が上昇し、冬期には天井石で結露により生じた水がセンサ部に滴下し、出力が上昇したと考えられる。得られたセンサ出力から腐食速度を算出した結果、センサの結露が生じていると考えられる夏期には、約1.1 mm/yに達することが認められた。冬期においてはセンサの検出以下の出力が多いもの、断続的に出力が増加した際には約1 mm/yに上昇する場合も認められた。

表2 約9ヶ月経過した試料に形成された腐食生成物

金属試料	設置位置	腐食生成物
炭素鋼（SS400）	石室内部	針鉄鉱（α-FeOOH）、鱗鉄鉱（γFeOOH） 磁鉄鉱（Fe_3O_4）
	床面土中	針鉄鉱（α-FeOOH）、磁鉄鉱（Fe_3O_4）
青銅① （C5191）	石室内部	孔雀石（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）、赤銅鉱（Cu_2O）
	床面土中	孔雀石（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）
青銅②（CAC502A）	石室内部	孔雀石（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）
	床面土中	孔雀石（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）

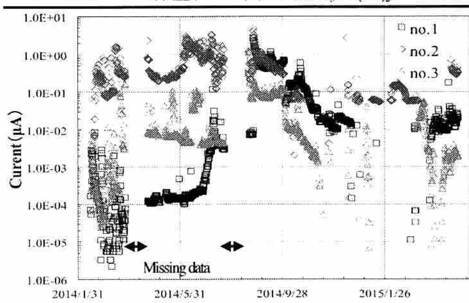


図1　石室内に設置したACMセンサの出力の変化

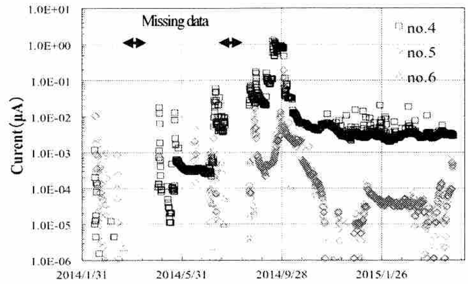


図2　石室内で結露水防止の傘を施したACMセンサの出力の変化

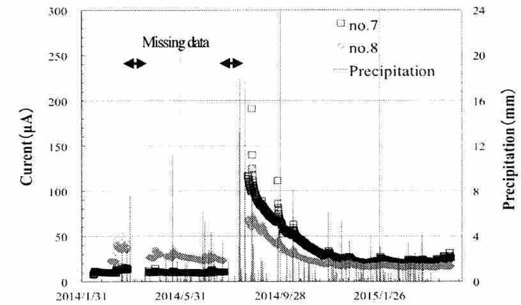


図3　石室床面土中に設置したACMセンサの出力の変化

4．まとめ　模擬古墳を用いた劣化試験および腐食センサによる計測の結果、金属製遺物の腐食は1）石室内に比べて床面土中で顕著であり、2）遺物表面の液膜の状態によって腐食形態とその速度が変化し、3）石室内では金属製遺物の結露および天井石からの結露水の滴下により促進される、ことが認められた。

謝辞　模擬古墳建設にあたり、リバイブHIKO 明田勝彦氏、奥村組土木興業株式会社環境開発本部 京都支店 田中良介支店長、山本真司氏、株式会社リヴ一級建築士事務所 代表取締役 市川宣広氏にご助力を賜った。ここに記して謝意を表す。また、本研究の一部は、平成25年度科学研究費補助金基盤研究（B）（課題番号23300324 研究代表者 鈴木修一）の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献　1）押川渡，糸村昌祐，篠原正，辻川茂男（2002）材料と環境，51，pp.398～403　2）C.Wang,B.Lu,J.Zuo,S.Zhang,S.Tan,M.Suzuki,W.T.Chase,（1995） NanoStructured Materials,Vol.5,No.4,pp489-496(1995)

B-14

出土木製遺物の水中保管環境における溶存酸素を低減する方策の検討

Consideration of ways to reduce dissolved oxygen in the storage for waterlogged wooden objects

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

1. はじめに　水中で保管されている出土木製遺物の劣化には、好気的な環境で有機物を分解するバクテリアをはじめとした微生物の活動が大きく関与している。したがって、好気性微生物の活動による遺物の劣化を抑制するためには、水中の溶存酸素を低減することが有効であると考えられる。筆者らはこれまで、とくに屋外の保管水槽において外気温、日射および降雨などの環境因子が溶存酸素量に影響を及ぼすことを明らかにした [1]。先の成果を踏まえ、本研究では木製遺物の水中保管環境中の溶存酸素を低減するための具体的な方策を検討し、実際の保管環境において実験をおこない、その効果を評価した。

2. 溶存酸素低減の要件および具体策　通常、木製遺物の水中保管環境では好気性微生物の活動により溶存酸素が消費されるが、一方で溶存酸素を増加させる現象も生じる。とくに気液界面における気相からの酸素の溶解は、溶存酸素増加の大きな要因となる。くわえて、外気温変化や降雨による表層水温の低下にともなって比較的溶存酸素に富む表層水が底層へ沈降する現象、あるいは光合成生物による水中での酸素の発生も溶存酸素増加の原因となる。したがって、溶存酸素を低減するためには、これらの現象を抑制する必要がある。そこで、比較的簡便に実施可能な具体策として、①酸素不透過性シートによる水面の被覆(酸素溶解の抑制)、②シート上への断熱材の敷設(表層水温変化の緩和)、および③覆屋の設置(雨水流入の防止・および遮光)を考案し、下記の実験による評価をおこなった。なお、①ではアルミ箔層を有する極めて酸素透過性が低いポリエチレン製の積層シートを採用した。このアルミ箔層は十分な遮光性をもつため、光合成を抑制する効果も同時に期待できる。②の断熱材には建築用発泡ポリスチレン製ボードを使用した。③の覆屋では建築足場用単管で骨組を構築し、葺き材に①と同じ素材のシートを使用した。

3. 実験方法　実験は奈良文化財研究所内の出土木製遺物保管用屋外水槽で実施した。水面の寸法は500×1,200 cm、水深は約100 cmで降雨や蒸発等により多少変動する。データロガ(Onset Computer社製U26-001)を水深30、60および100 cmの位置に設置し、水温と溶存酸素量を30分間隔で測定した。測定は2014年8月18日に開始し、上記①～③の施工作業(以下、シート等設置作業と称す)は、2014年9月19日に実施した。なお、実験に先立ち本水槽では2014年8月7日に遺物表面および水槽の清掃と水の入れ替えが実施された。ここでは2015年6月1日までの測定結果を示す。酸素の水に対する溶解度は水温などによって変化するため、データロガ付属のソフトウェア(HOBOware Pro Version 3.7.2)をもちいて、理論的な溶存酸素量の飽和値に対する測定値の百分率を算出した(溶存酸素飽和度と称す)。ただし、計算時に必要となる測定地点の海面気圧は、標準大気圧である101.3 kPaで一定、標高は104 mとした。

4. 結果および考察　溶存酸素飽和度と水温の推移を図1に示す。なお、ここでは水温について水深30 cmおよび100 cmにおける測定結果を示す。シート等設置作業までの期間における溶存酸素飽和度および水温の推移は、筆者らによる前年の調査時とほぼ同様であった。すなわち、水深が深いほど溶存酸素飽和度が低くなる傾向があり、また各水深とも時間の経過とともに溶存酸素飽和度が低下する一方、降雨などによる表層水温の低下にともなって溶存酸素飽和度が急激に上昇する様子が認められた。こうした溶存酸素飽和度と水温の挙動は、シート等設置作業により大きく変化した。一連の作業の直後より各水深とも溶存酸素飽和度が一貫して低下するようになり、10月の末頃には0%となった。前年の調査では冬季に水温の低

下から微生物活動が緩慢化し、溶存酸素飽和度が高い水準となったが、今回は同時季においても溶存酸素飽和度が下限値を維持していた。以上のことから、水面に設けた酸素不透過性シートにより、気相からの酸素溶解を大幅に制限することができたといえる。また、前年の調査においては、水温が比較的高い時季に木製遺物表面や水槽底部に緑色の光合成生物が繁茂する様子が肉眼で観察されたが、今回のシート等設置作業以降、こうした光合成生物の目立った生育は認められなかった。シート等による遮光が奏功し、光合成による酸素の発生も十分に抑制されたものと考えられる。水温に着目すると、水深 30 cm ではシート等設置作業により日較差が僅少となった。シート上に設けた断熱材により、水の鉛直混合を引き起こす表層水温の急激な変化が抑制されたものと考えられる。一方、光合成や気相からの酸素溶解が十分に抑制されている限り、こうした水の混合は水槽内の溶存酸素の絶対量に大きな影響を及ぼすものではないと考えられる。したがって、酸素の供給を制限するという観点において、断熱材は必ずしも必要ではないといえる。実験をおこなった奈良市においては、シート等設置作業以降にも台風などによる激しい降雨が観測されているが、水槽内の溶存酸素量や水温の挙動に目立った影響は認められなかった。このことは、水槽全体に設けた覆屋によって風雨の影響が十分緩和されたことを示しているといえる。なお、溶存酸素飽和度が0%を記録した数週間後より、水槽内からいわゆる腐卵臭が発生していることを確認した。これは、水槽内が還元的な環境に移行した結果、嫌気性微生物である硫酸塩還元菌が活動し、硫化水素を生じたためであると考えられる。

5. 結論　本研究では屋外の出土木製遺物保管水槽について、溶存酸素を低減するための具体的な方策を検討し、その効果を溶存酸素量のモニタリング調査により評価した。その結果、木製遺物の水中保管環境では、酸素不透過性素材によって水面を被覆することで、気相からの酸素溶解を制限し、溶存酸素量を極めて低い水準に維持できることが明らかとなった。また屋外にあっては、溶存酸素を増加させる要因となる風雨や日射の影響を緩和するため、水槽に覆屋を設ける手法も有効であることが示された。以上の成果により、比較的簡便な手法でより良好な出土木製遺物の一時保管環境を構築できる可能性が示されたといえる。ただし、本研究では溶存酸素量の極めて少ない状態において、硫酸塩還元菌の活動を示唆する硫化水素臭の発生が認められた。したがって、以上の方策については、保管水槽を屋内に設けた場合など、閉鎖的な空間での適用に課題が残る。今後、嫌気性微生物の活動による木製遺物および衛生環境への影響を検討する必要がある。

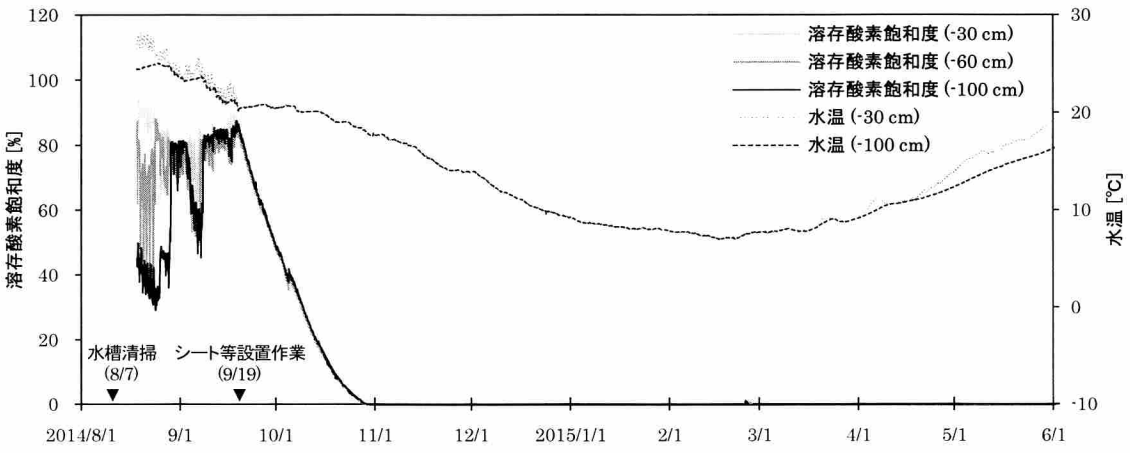


図 1 溶存酸素飽和度と水温の推移

【謝辞】実験にあたり、奈良文化財研究所 都城発掘調査部には多大なるご協力をいただいた。記して深く感謝申し上げる。

【参考文献】

1) 松田和貴・脇谷草一郎・高妻洋成 (2014)「出土木製遺物の屋外水中保管環境における溶存酸素の分布と挙動」『日本文化財科学会第 31 回大会 研究発表要旨集』pp.84-85

B-15

平城宮跡遺構展示館における土遺構露出展示保存に関する研究

—遺構周辺地盤の酸化還元環境に関する検討—

Study on Environmental Control inside the Shelter for Preservation of Openly Exhibited Remains

– An Examination of Redox State inside the Soil Remains -

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

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

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

1. はじめに　平城宮跡遺構展示館は南北２棟の覆屋から主に構成され、北棟では掘立柱建物跡を、南棟では磚積基壇建物跡に加え、磚と石材で構成される雨落溝の露出展示を昭和 40 年代前半から実施している。これまでの劣化状態調査の結果から、南北の遺構では季節性の塩析出による材料表面の剥離、蘚苔類の繁茂、そして概ね通年湛水状態にある南棟の雨落溝において、褐色を呈する含水酸化鉄沈殿による遺構の汚損（図１）が生じていることが明らかとなった[1),2)]。遺構展示館周辺地盤は図２に示すよう３層の土層から構成されており、溶存態の鉄を含む水が遺構面直上の土層境界から遺構面に浸出し、その後、酸化されることで含水酸化鉄沈殿が発生すると考えられる。そこで、本報では遺構周辺地盤における地下水面の変動、地下水の酸化還元状態に関する実測調査結果について述べるとともに、酸化還元状態の季節変化についてモデル化を試みたので、その結果について報告する。

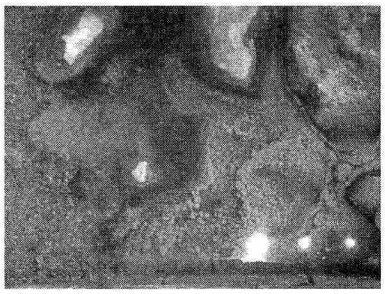


図１　雨落溝に発生した含水酸化鉄沈殿

図２　遺構展示館周辺の地盤構造

2. 地下水に関する実測調査　遺構展示館周辺において地下水位観測孔を５ヵ所設置し、孔内地下水位を測定した。また、一般に地下水中の酸化剤は溶存酸素で、微生物による有機物の酸化分解の際に溶存酸素は消費される。溶存酸素が枯渇すると地下水は還元環境へと移行するため、溶存酸素量は酸化還元状態の指標となり得る。そこで、南棟の北側に隣接する観測孔内、深さ GL 約4.5 m と約3.5 m の２点において、溶存酸素濃度の測定をおこない、酸化還元状態を推定した。

3. 酸化還元環境のモデル化　南棟北側の観測孔内の地下水を解析対象とし、鉛直一次元の熱、水分（対流による移動）、溶質として溶存酸素、鉄（溶存態鉄（Fe^{2+}）、懸濁態および沈殿の鉄（FeOOH））の移動を検討する。解析モデルは深さ 15 m の水柱で、下端は第一種境界条件として外気温度の年平均値 15.4℃を与えた。外界気象条件は奈良地方気象台の測定結果をもちい、大気の酸素濃度は 20.9%で一定とした。水柱上端の溶存酸素濃度は大気中の酸素と局所平衡すると仮定して、Henry 則から与えた。熱水分同時移動方程式から熱水分移動を、溶存酸素については拡散、熱対流による移流、および微生物活動[3)]と溶存態鉄の酸化反応による消費を考慮し、水柱内の濃度変化を検討した。鉄については同様に拡散、移流、および酸化還元環境変化にともなう溶存態と懸濁態、沈殿の相変化を考慮して濃度変化を検討した。

4. 結果と考察　地下水位の変化と遺構面の標高、溶存酸素濃度（飽和量に対する%濃度）の変化を図３に示す。遺構周辺地盤内の地下水位は、５、６月および８月を除き、その他の期間では概ね遺構面の上方で推移しており、この期間、地下水が遺構面直上の土層境界から遺構面へと進出し得ることが示唆された。溶存酸素濃度は地下水位が低下した際に急激に増加し、その後速やかに減少するという増減を繰り返し、増加量は特に冬期において顕著であった。なお、局所的に急激な濃度増加を示しているのは、データ回収の際に観測孔内地下水の鉛直混合を引き起こしていることに起因する。溶存酸素濃度の増加については、

地下水面から供給された溶存酸素が、冬期は熱対流によって底部へと供給されたことによると推察される。また、溶存酸素濃度は増加後、速やかに減少したことから、土中では活発な溶存酸素の消費がおこなわれていると推察され、したがって、１年の大半の期間は還元的な環境にあることが示唆された。GL-3.5 m と GL-4.5 m の２深度での溶存酸素濃度を比較すると、冬期では２深度間で濃度差が認められないのに対して、夏期では濃度差が生じて浅所の方がより高い値を示した。冬期では水柱の上方ほど低温となるため、密度差による対流が生じて鉛直混合が促進される一方で、夏期では鉛直混合が生じにくい温度分布となるため２深度間で濃度差が生じたと考えられる。

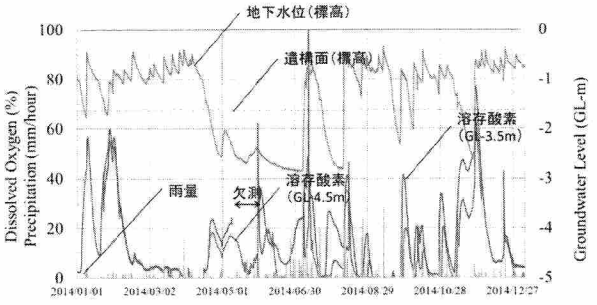


図３　地下水位と溶存酸素濃度測定結果

GL-4.5 m での実測値と解析値を比較した結果を図４に示す。解析値では夏期の溶存酸素の濃度増加を再現できていないが、一方で冬期の急激な濃度の増減を再現できた。したがって、冬期では本解析で考慮している熱対流による移流が溶存酸素の移動において支配的であるが、夏期には一次元の本解析では考慮できていない、他の移動経路が存在すると推察される。

南棟遺構面の深度における、溶存酸素濃度と溶存態鉄の濃度変化に関する解析結果を図５に示す。溶存酸素の測定深度よりも遺構面は地表付近に位置するため、冬期の溶存酸素濃度は高い値を示し、夏期では図４と同様に、溶存酸素の熱対流と水柱での拡散による供給以外の移動経路を考慮できていないため、地下水は無酸素状態を示した。この間、土中は還元環境に移行するため、鉄は２価の溶存態鉄の濃度が増加することが示唆された。実際には、この間も局所的に溶存酸素の濃度増加が生じていると推察されることから、それに伴い溶存態鉄の濃度は局所的に減少すると考えられる。このような夏期の増減は、現在のモデルでは再現できていないものの、夏期に遺構面に浸出する地下水中には溶存態鉄が相当量含有されており、これらが遺構面において酸化物沈殿を形成することで汚損を引き起こしていると推察される。

5. 結論　遺構展示館南棟で汚損を引き起こしている含水酸化鉄の発生要因を検討するため、地下水の水位と溶存酸素濃度について実測調査をおこなうとともに、地盤内の酸化還元環境のモデル化を試みた。その結果、地下水位は１年の大半の時期、遺構面よりも上方に位置し、かつ還元環境にあることが明らかとなった。解析結果では、溶存酸素濃度に関して冬期の増加は再現できたものの、夏期の増加の再現には至らなかった。今後は密度差による鉛直混合と水面からの拡散とは異なる移動経路について検討を加える。

【謝辞】本研究を実施するにあたり、文化庁文化財鑑記念物課に多大なるご助力を賜った。また本研究は科学研究費補助金基盤（B）（課題番号：26289203、研究代表者：鉾井修一）の成果の一部である。ここに記して謝意を表す。
【参考文献】 1)桑原範好他：平城宮跡遺構展示館における露出展示遺構の劣化に関する研究、日本建築学会近畿支部、第 54 号・環境、pp101-104（2014）、2)脇谷草一郎他：平城宮跡遺構展示館における塩析出と沈殿物が引き起こす露出展示遺構の劣化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2（2014）、3)木村奈津子他：鬪鶏山古墳の石槨内部発掘調査に伴う空調制御方法に関する研究（その２）石槨内空気質の予測法の提案、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp155-156（2011）

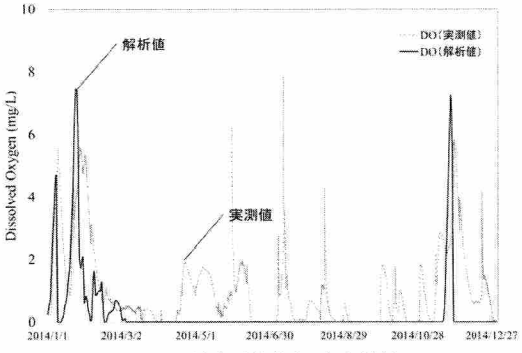


図４　溶存酸素濃度の解析結果

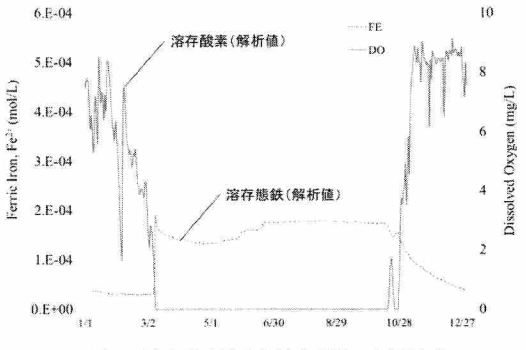


図５　溶存酸素濃度と溶存態鉄の解析結果

B-16

キトラ古墳の微生物調査結果：発掘直後から埋戻しに至る期間（2004 年～2013 年）の微生物相と考察

Microbial surveys of the Kitora Tumulus from 2004 to 2013: Results and discussion on the microbiota

○木川りか（東京文化財研究所）、喜友名朝彦（(株)テクノスルガ・ラボ）、
立里臨（(株)テクノスルガ・ラボ）、佐藤嘉則（東京文化財研究所）、
佐野千絵（東京文化財研究所）、杉山純多（(株)テクノスルガ・ラボ千葉分室）、
宇田川滋正（文化庁文化財部）、建石徹（文化庁文化財部）

1. はじめに

本発表ではキトラ古墳の発掘が開始された 2004 年から 2013 年の埋戻しに至るまでの石室内等の微生物調査結果を報告する。当初は、土壌のなかに一般的にみられるカビが主であったが、やがて暗色系のカビ等が検出されてくるなど微生物相にかなり多様性がみられるようになった。このような推移は 2001 年以降、高松塚古墳においても、同様に観察されている。さらに図像の取り外し作業が終了したのち 2009 年から石室内で間欠的 UV 照射を開始して以降は、比較的 UV に耐性が強いと推察される暗色系のカビが相対的に多く検出される傾向がみられた。ただし、これは全体としてカビの量が増えているということではなく、UV に耐性の弱いカビが減ったために相対的にこれらのカビの検出比率が上がった結果と推察される。本報告は古墳壁画を有するキトラ古墳という現場において発掘から埋戻しまでの数年間に検出された微生物相の推移を総括するものであり、今後古墳等の環境における微生物制御を考える際の参考となる知見を提供するものと考える。

2. 2004 年から 2013 年までの微生物調査結果概要

キトラ古墳においては 2004 年に石室の発掘が開始され、その後、壁画の取り外し・保護作業が進められて 2008 年には目視で確認される範囲の側壁の図像部分、また天井の天文図の取り外し作業が完了した。2009 年以降は、図像部分の取り外し終了を受けて紫外線の間欠的照射により微生物対策が実施され、2010 年には、ほぼ余白漆喰についても取り外しが終了し、2013 年 9 月には石室の埋戻しが行われた。

キトラ古墳の石室内でカビなどの微生物の発生が問題となった 2004 年当初は、石室内で検出されたカビは、明色系の *Trichoderma* sp.、*Penicillium* sp.、*Fusarium* sp.などが主であり、いずれも土壌のなかに一般的にみられるカビであった。しかし、しばらくカビの発生が続いたのち、やがて暗色系のカビや細菌等が石室内に見い出されるようになり、2005 年には *Acremonium* sp., *Fusarium* sp., *Paecilomyces* sp.、*Penicillium* sp.、*Trichoderma* sp., *Cylindrocarpon* sp. など、かなり微生物種に多様性がみられるようになった。それとともに、壁面へ粘性のあるバイオフィルムの形成や漆喰壁で穴の形成もみられるようになった。このバイオフィルムは、細菌、酵母、カビが集合した膜状構造体であることが明らかになり、また漆喰に穴が生じる現象は、のちに酢酸菌（*Gluconacetobacter* 属細菌）の影響であることが強く示唆された。2006 年からは天井の天文図に黒粒状の菌類が発生し、この菌は、硬い菌核様構造体を形成する担子菌門アナモルフ菌類 *Burgoa anomala* であると同定された。さらに、2006 年には黒色のすす状を呈する *Acremonium*（sect. *Gliomastix*）*murorum* が、壁面に発生した。このような分離されるカビ等の種類が徐々に増え、暗色系菌類の種類が多くなってくる状況は、2001 年以降の高松塚古墳でも同じような傾向として観察された。また、フランスのラスコー洞窟内で 2001 年にカビが大発生した場合にも、当初の主要な種は *Fusarium* sp.（FSSC クレード）であったが、のちに暗色系の *Acremonium*（sect. *Gliomastix*）*murorum* や、その後はさらに黒色の *Ulocladium* sp.などが発生したことが報告されており、

似たような地中環境にある壁画面では、類似した種類のカビが、似たパターンで出現する可能性が示唆されている。

もっとも最近の 2012 年 9 月 24 日のキトラ古墳石室内調査で採取された 8 試料について、顕微鏡観察、および菌類、細菌の分離を実施した結果、*Penicillium paneum* や *Trichoderma* sp.、*Paecilomyces* sp.などの従来から分離されている明色系の菌類以外に、暗色系の菌類 *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) *tumulicola*、*Cladophialophora* sp.、*Phialophora* sp.などが分離され、*Exophiala* sp.が天井石の試料ひとつから分離された。非培養法(パイロシークエンス法)による群集構造解析でも *Exophiala* sp.、*Acremonium* (sect. *Gliomastix*)、*Phialophora* sp.、*Penicillium* sp.などが優占種として検出されたことから 2012 年 9 月時点では上記の属の菌類が石室内の優占的な種類となっていたと推察される。

3. キトラ古墳の壁画取り外し後の間欠的 UV 照射対策と菌類相

従来、石室内の作業が実施されたあとは、石室内でカビが発生しやすく、その除去のため薬剤が使用されてきた。薬剤を使用すると、有機物が石室内へ供給されてしまうため、できるだけ有機物の薬剤は控えたいということはあったが、図像部分が石室内にある間は色材等への影響が懸念される方法は使えず、UV(殺菌灯、UV-C による)などの照射はできなかった。しかし、壁画の取り外し作業が終了したのち、2009 年 3 月以降は、石室内のカビ等の発生を抑制するために、有機物の薬剤を使用しない方法として間欠的 UV 照射が実施されることとなった。開始にあたっては、漆喰・石材への安全性はもちろん、それまで石室内で分離された主要なカビ・酵母・細菌分離株への UV 照射の効果を実験で確かめた上で実施した。その後、作業者が入ったあとでも、所定時間 UV を照射したあとは目視レベルで観察されるカビの発生はほとんどなくなり、石室内で白いカビのコロニーの発生はほとんどみられなくなった。

ただし、それ以降の 2010 年の調査では暗色系の *Cladophialophora* sp.、*Arthrinium* sp.などが分離されるようになり、2011 年には暗色系の *Exophiala* sp.が分離された。暗色系の菌類のほうがメラニン系の色素などを有するために比較的 UV に対する耐性が強く、生残しやすい可能性は考えられる。ただし、石室内では間欠的 UV 照射を実施する前のように、目立って菌糸状のカビなどがみられるという状況ではなかった。すなわち、全体としてカビの発生量が増えたということではなく、UV に耐性が弱いカビが全般的に抑えられて、全体の微生物のバイオマスの量が減少したなかで、比較的 UV 照射に耐性の強いものが残ったと推察される。これまでに、間欠的 UV 照射を始める前にキトラ古墳石室内から分離された菌株のほか、間欠的 UV 照射を数か月から約 2 年続けたのちに採取された試料から分離された主要な分離株(*Penicillium paneum* 2 株、*Burgoa anomala* 3 株、*Fusarium* sp. (FSSC クレード) 2 株、*Acremonium* (sect. *Gliomastix*) spp. 5 株、*Cladophialophora* sp. 1 株、*Phialophora* sp. 1 株のほか、細菌 9 株)を用いて UV 耐性試験を実施し、UVへの耐性をUV照射前後に分離した菌株間で比較した。その結果、上記の菌株を用いて調査した範囲では、UV 照射後の分離株で、顕著に UV 耐性が上昇したというものはみられていない。*Burgoa anomala* の黒色の小型菌核構造については UV 照射期間の前後にかかわらず、いずれの時期の分離株も UV 照射にきわめて高い耐性をもつことが明らかになっているが、この場合にも菌糸の状態にあるときには UV が十分な殺菌効果を及ぼすので、このことが石室内での拡大を抑制していたと推察される。

4. ヒト病原性菌類について

日本国内で分離されるカビは、一般に輸入真菌ほどは顕著な病原性が知られている種は少ないとされ、国立感染症研究所の安全管理規則でバイオセーフティレベル 3 以上に分類されているものについても、そのほとんどが国外で分離が報告されるものである。しかしながら、キトラ古墳で 2007 年以降分離されている *Phialophora* 属などの暗色系アナモルフ菌類は、黒色真菌症や深部皮膚真菌症をひきおこす種が含まれる属であることが報告されており、*Exophiala*、*Cladophialophora* 両属にも黒色真菌症や深部皮膚真菌症の原因になるなど人体に病原性をもつ種類が含まれることも報告されている。そのため、今後とも古墳等の環境での作業では従来通り、適切な装備をして実施することが必要であると考えられる。

B-17

観光客に起因する振動の調査（第2報）
ー旧富岡製糸場　東置繭所における事例ー
Investigation on the vibration generated by tourist activities Ⅱ
-A case study of the Tomioka Silk Mill East Cocoon Warehouse-

○跡見洋祐（筑波大学）、松井敏也（筑波大学）、川村洋平（筑波大学）

1．はじめに

2014 年に世界遺産に登録された富岡製糸場には、これまで以上に多くの観光客が訪れるようになった。これまでは許容できていたものも観光客の増加に伴い建造物に悪影響を及ぼす可能性がある。そのひとつに観光客に起因する振動がある。現在一部公開されている国宝の東置繭所では多くの観光客が密集し、これまで以上の振動が発生している。この振動が建造物に悪影響を及ぼしていないかどうかを判断するために振動調査を行った。また東置繭所では今後公開箇所の拡大を予定しており、公開個所と非公開個所の振動を比較することにより、公開することによって新たに発生する振動を予測することができる。

富岡製糸場では定期的にイベントが行われている。その中に音楽イベントも開催されることがあるが、音によって建造物に悪影響を及ぼす危険性がある。過度な活用によって遺産を壊す恐れがあるが、今回は振動を用いることによって活用の評価を行った。

2．東置繭所における環境振動調査

富岡製糸場では発生源が異なる様々な振動が存在し、その一部が建造物に様々な悪影響を及ぼしている可能性がある。富岡製糸場が立地する環境において想定される振動源には、①立地する自然環境に依存する振動（地震、台風、強風など）、②周辺の人工物による振動（交通振動、工場など周辺施設から発生する振動）、③富岡製糸場の管理に伴う振動（空調設備、電気・機械による振動など）、④富岡製糸場を見学・案内をする人の行動により発生する振動（歩行、会話など）、以上の 4 つが主な振動発生源となる。

このうち①②は取り除くことが困難である。そのため①②の振動が悪影響を及ぼす際には除振設備を取り付ける必要がある。それに対し、③④は取り除くことができる。しかし取り除いてしまうことによって見学・公開することの妨げになる恐れがある。そこで、現在の富岡製糸場の環境において振動が問題となり得るのか調査を行った。

一般公開時と休館時の東置繭所の各箇所において環境振動計測を行い、マッピングした結果を図 1 に示す。図 1 はグレーが濃いほど環境振動の値が大きいことを表す。この結果より現在一般公開されている東置繭所 1 階北側では観光客が密集する場所の振動が最も大きいことがわかった。また、計測中に最も振動の値が高い箇所においては、建造物に悪影響を与え得る振動が発生している。

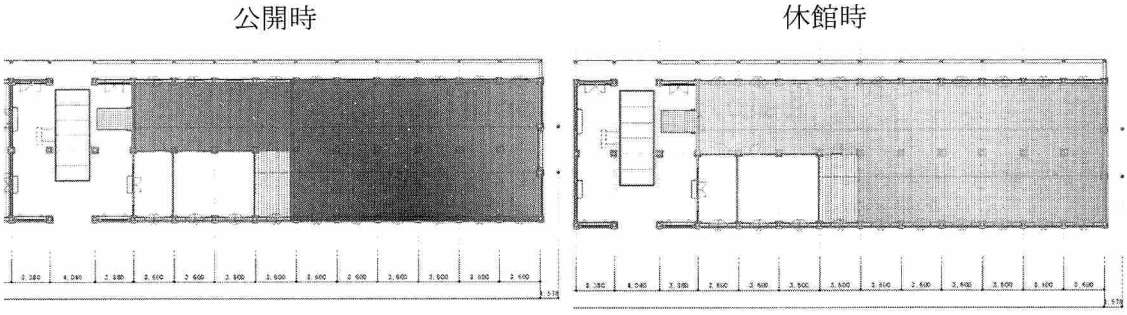


図 1　東置繭所 1 階 一般公開箇所における公開時及び休館時の環境振動マッピング

3．音楽イベントの際の振動調査

東置繭所と西置繭所の間のスペース（図 2）を用いて開かれた野外音楽イベントの際に音により伝播する振動を東置繭所レンガ西側壁面に加速度センサを設置し、振動計測を行った。その結果を図 3 に示す。

図 2　音楽イベント開催場所

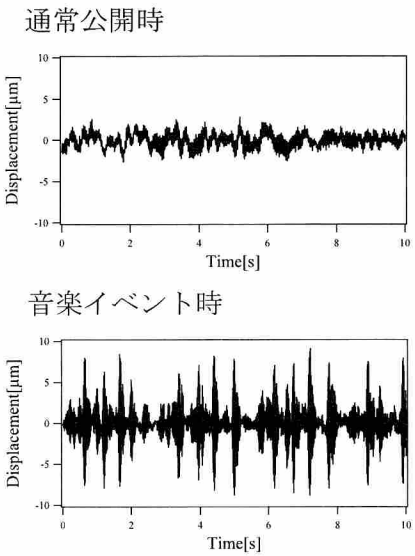


図 3　通常公開時と音楽イベント時の振動変位

図 3 の結果、また振動加速度の結果から通常公開時よりも大きな振動が伝播していることがわかった。音楽イベント開催場所に近い国宝の西置繭所ではより大きな振動が伝播し、建造物に悪影響を与えていると考えられる。

4．まとめ

観光客が遺産の価値を理解するために様々な方法を用いて遺産は活用されるが、過度な活用は遺産を壊しかねない。観光客の増加や新たな活用方法などにより遺産を取り巻く環境は絶えず変化しているが、悪影響を与えないようコントロールすることによって保存と活用を両立し、遺産の保護をしていくことが望ましい。

B-18

アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(3)
Study on the Conservation Materials for Bas Relief of Bayon temple in Angkor Site (3)

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

1. はじめに

アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りに用いられている砂岩に適した保存修復材料を選定するために各種の保存修復材料を用いた試験を2007年より実施し、これまで強化ならびに撥水材料を塗布した試験に関する報告を行なってきた[1)2)3)]。一方、これらと平行して、浮き彫り補修材料としての擬岩の調合および曝露試験も実施している。本発表では擬岩試供体の製作およびその曝露試験結果について報告する。

2. 試験方法と試供体

擬岩試供体は溝を切った砂岩に樹脂と砂岩粉末を混合した擬岩を充填することにより作製した。表1に擬岩作製に用いた樹脂を示す。使用した砂岩はアンコール遺跡が所在するシエムリアップ周辺の産地から採取した同種の砂岩である。砂岩粉末は粒度分布の異なるNo.1とNo.2を1：2で配合したものを用いた。表2に砂岩粉末の粒度分布を示す。擬岩試供体の模式図を図1に示す。溝は幅1cm×長さ10cmおよび15cm、深さは3mm、5mm、10mmの三種類とした。

擬岩は、Site FXに水を添加してホイップ状（乳化）にした後に砂岩粉末と混合して作成した。擬岩を溝に充填し、固化させた後、バイヨン寺院の周囲に設置した台に取り付けて曝露を行った。曝露は2010年3月より開始し、2015年4月に五年経過後のサンプルを一部採取し、未曝露の擬岩（GGⅠ、GGⅡ、GGⅢ、GGⅣ、S/72-1、O-11施工材）とともに密度および吸水率の測定を行った。測定後、試料を強化剤（BayonS）を用いて強化後に同様の測定を行った。擬岩の劣化は形状、剥離性、着生物の有無などを目視および実態顕微鏡により評価し、また表面反発硬度、吸水率、見かけ密度の測定も実施した。各擬岩の構成を表3に示す。

O-11施工材は上記の評価を経た後に再度調合を見直し、Bayon寺院を構成する壁面の試験施工に使用した擬岩である。

表1　擬岩作製に用いた樹脂

樹脂（商品名）	成分
Site FX	変性エポキシ樹脂
カネカゼムラック	アクリルシリコン樹脂
パラロイドB72	アクリル樹脂

表2　砂岩粉末の粒子径比率

粒子径（μm）	No.1	No.2	調合砂岩粉（%）
＞425	-		-
250-425	5.0	12.5	10
106-250	25	70	55
75-106	15	5.5	8.7
＜75	55	12	26.3

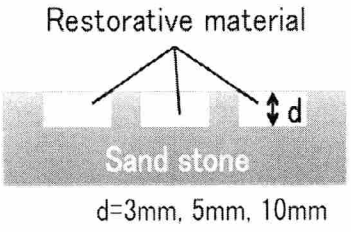


図1　擬岩試供体模式図

3. 結果と考察

3.1　成形性および表面状態

表面は樹脂量が少ないほど凹凸が顕著となった。施工時の充填性、成形性は樹脂が少なくなるほど落ちた。砂岩粉に強化剤とアクリル樹脂やアクリルシリコンを混合した素材は数年後に剥離、亀裂が生じ、溝から剥がれた。これらは他の試料と比較して堅くなる（S/ASでL値が約380）ものの現地砂岩への施工に適さないと判断した。また砂岩粉との調合時に樹脂分が多いFx2種類は施工後体積の減少が生じた。砂岩粉の配合比が同じGGⅡでは減少が見られないこと

表３　補修整形用修復材料の仕様

試料名	樹脂の構成※	砂岩粉との混合比(樹脂：砂)	擬岩における Site FX の割合
GG Ⅰ	Site FX 25%	1:3.5	5.6%
GG Ⅱ	Site FX 25%	1:4.0	5%
GG Ⅲ	Site FX 25%	1:4.5	4.5%
GG Ⅳ	Site FX 25%	1:5.0	4.2%
GG Ⅴ	Site FX 25%	1:5.5	3.8%
Fx-1	Site FX 40%	1:2	13.3%
Fx-2	Site FX 40%	1:4	8%
S/72-1	BayonS*:パラロイド B72=1:1	1:3.5	-
S/72-2	BayonS:パラロイド B72=2:1	1:3.5	-
S/AS-1	BayonS:カネカゼムラック=1:1	1:3.5	-
S/AS-2	BayonS:カネカゼムラック=1.17:1	1:3.5	-
0-11 施工材	Site FX 33.3%	1:3.45	7.5%

※Site FX の割合は水との混合割合を示す
＊ BayonS はエチルシリケートの強化剤で、別途砂岩試供体を用いた曝露試験に使用 [1)2)3)]

から配合時の樹脂の構成が影響していると考えられる。また、GG ⅠからⅣの表面反発硬度は新鮮な砂岩に対し半分以下のおよそ230から270（共にL値）を示した。

3年経過し、表面に着生微生物が繁茂したが、水洗により容易に除去できた。特にアクリルシリコンは着生が著しい。なお洗浄による擬岩への影響は見られなかった。

3.2　吸水率の変化

5年間曝露したサンプルは含まれる樹脂量により吸水率の挙動に差が見られた（図２）。GGⅢがもっとも変化が少なく、樹脂配合量4.5%を境に高濃度のサンプルでは吸水率が減少し、低濃度では増加した。なお、バイヨン寺院で表採した劣化砂岩の吸水率はおよそ6%程度である。

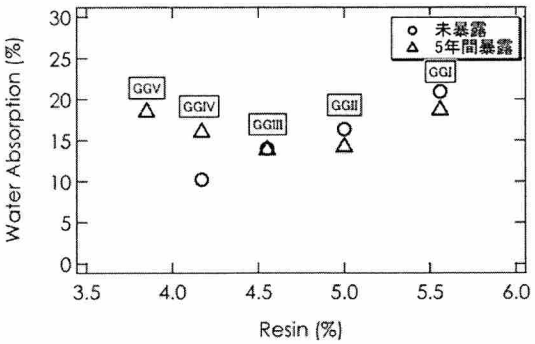


図２　曝露前後の吸水率変化

3.3　強化効果

表面硬度および吸水率を調整するため、強化処置を行った。強化量は曝露の有無や吸水率に関係なくGGシリーズでは単位重さ当たり0.1gであった。暴露試料は曝露していない試料と比較して、樹脂量に関係なく8%程度となった。また、擬岩製作時と5年経過の試料とではその強化度に差が見られることがわかった。一方、見かけ密度はほとんど変化が無く、曝露による変動もなかった。

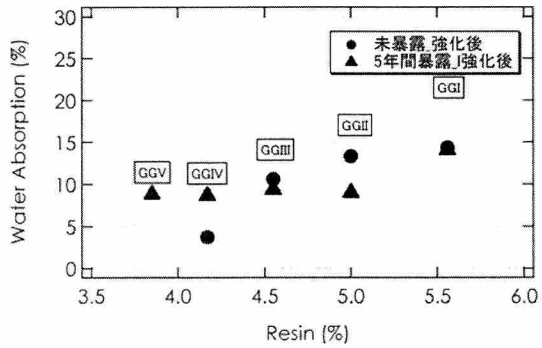


図３　強化処理後の吸水率変化

4. まとめ

バイヨン砂岩浮き彫りの補修材の評価を耐候性、表面反発硬度、生物着生、吸水率、見かけ密度などから行ない、基準となる調合を得た。基準調合を元に、補修箇所の状態に応じた補修材を調整することが可能であろう。

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

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

C-13

岩手県二戸市の天台寺本堂の木柱の超音波探査
Ultrasonic Inspection of Wooden Pillars of the Main Building of Tendai-ji Temple in Ninohe City of Iwate Prefecture

○足立和成(山形大学)，藤井尋也（同左），柳田裕隆（同左），高田一樹（同左），
吉川遼太郎（山形大学），今田大夢（同左），大越智之（同左）

○Kazunari Adachi, Hiroya Fujii ,Hirotaka Yanagida, Kazuki Takada,
Ryoutaro Yoshikawa, Hiromu Konta, Tomoyuki Ohkoshi (Yamagata Univ.)

１．はじめに

２０１４年８月７日と８日の両日にかけて、岩手県二戸市浄法寺町にある保存修理工事中の国指定重要文化財天台寺本堂（１６５８年（万治元年）盛岡藩主南部重直が造営した入母屋造・銅板葺の密教仏堂）の円柱の超音波探査を行ったので、その結果を報告する。

２．超音波音速ＣＴシステムについて

図１に超音波音速ＣＴシステムの概要を示す。本システムは、文化財建造物健常度調査用のものとして開発されたもので、探査対象である柱等の構造部材の周囲に多数（１８本）の超音波パルス送受波器（プローブ）をホルダーとワイヤー（もしくはフレーム）で容易に固定できる機構を持ち、一台のラップトップコンピュータで、システムを構成している機器群を、ＵＳＢインターフェースを介して統括的に制御できるようになっている。

探査対象断面周囲に等間隔で固定された各プローブの送受信モードを電気的に切り替えながら、断面内を通る１５３の経路について、その上での超音波パルスの伝搬時間（ＴＯＦ：Time of Flight）を測定し、次にそれらプローブの位置を、断面中心角にして１０度づつずらして、同様に１５３の経路についてＴＯＦを測定する。それら合計３０６の伝搬経路のＴＯＦのデータを基に、探査対象断面を音速分布の形で可視化する。外部からのノイズの影響などを低減し、測定の精度を上げるため、一つの伝搬経路あたり２５６回のＴＯＦの計測を行い、その平均値をその伝搬経路のＴＯＦの値としている。従って、１５３経路に対して３万９千１６８回の測定を行っており、１断面の計測には１時間以上を要した。

画像再構成の手法は、Ｘ線減衰ＣＴで用いられているものと同じ、直線音波伝搬経路近似に基づくＦＢＰ（Filtered Back Projection）法を用いている。実際の音波伝搬経路は直線ではないが、異常部付近での回折や屈折の影響を等価的に直線伝搬経路における音波伝搬の遅延として扱うことで、比較的妥当な画像再構成が出来ることが経験的に分かっている。

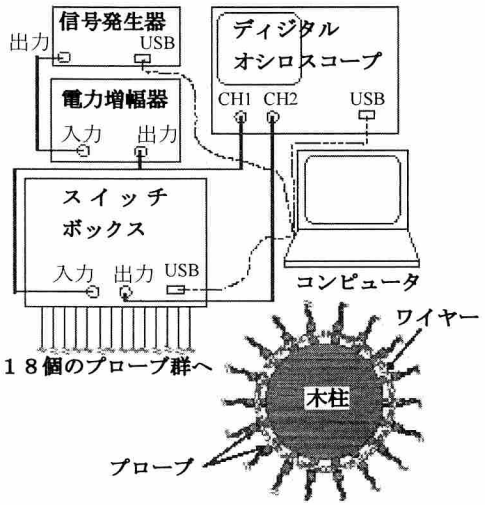


図１　開発された文化財建造物健常度調査用超音波音速ＣＴシステムの構成図。

３．探査対象となった柱

超音波探査を行ったのは、主に図２に示す直径約３６ｃｍのケヤキの円柱３本である。そのうち、内外陣境にある東から２本目の柱（柱１）については、腐朽が疑われる部位のやや下に位置する床面から約１５０ｃｍの高さの断面（断面Ａ）、東から３本目の柱（柱２）については、健常と思われる床面から約９０ｃｍの高さの断面（断面Ｂ）と腐朽が疑われる部位のやや下に位置する床面から約１５０ｃｍの断面（断面Ｃ）の、計３断面を超音波音速ＣＴシステムで画像化した。内外陣境にある柱１と柱２は、雨水の侵入により柱上部の鴨居の嵌入部付近から上の部分の腐朽が疑われため、予め「差し渡し法」[1]で腐朽が検出されそうな部位を特定し、その付近にある

断面Ａと断面Ｃを設定し、比較のために同じ手法で比較的健常そうな部位を見出して、その付近に断面Ｂを設定した。内陣北東隅の柱（柱３）等についても同様に「差し渡し法」による探査を行った。

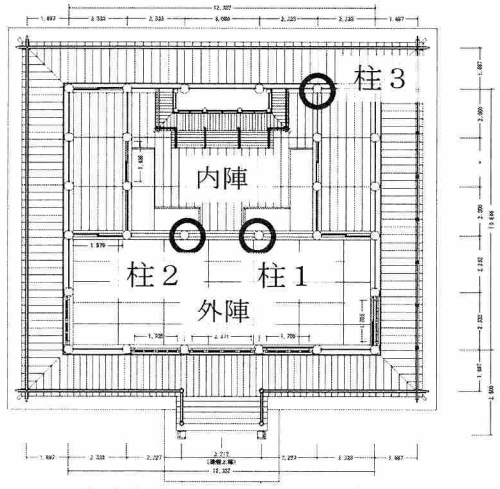


図２　天台寺本堂平面図。本稿で述べているのは太い線の丸で囲んだ柱。北は上向き。公益財団法人文化財建造物保存技術協会提供。

４．探査結果

図３～５に断面Ａ～Ｃの超音波音速ＣＴ像を示す。原図では音速が断面内で相対的に遅いところが暖色で、速いところが寒色で示されている。各図とも、上が北向きであり、横は東西の方向になっている。

予想した通り、断面Ｂには表面に近いところに低音速部が局所的に見られるものの、全体としては顕著な異常部は見出せなかった。一方、やはり断面ＡとＣでは、その直上の鴨居の嵌入部付近の腐朽の影響らしき低音速の異常部が見出せる。特に断面Ａでは、明白に鴨居の嵌入方向に沿った低音速部がその内部にまで広がっていることが分かる。断面Ｃは断面Ａほど顕著ではないが、右側に鴨居の嵌入部における腐朽の影響がはっきり見出せる。また、「差し渡し法」で調べた柱のうち、柱３では床面から１８０ｃｍ以上の高さの部位の異常が顕著だった。いずれの異常部も、表面からは判断できるものではなく、打音などによっても判別が難しいものであったが、超音波探査の結果、雨水の侵入による腐朽部らしき箇所が検知できた。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(A)（課題番号 25242023）を得て行われている。また、機器群の製作にあたっては株式会社ソニックに、探査実験に際しては天台寺並びに(公財)文化財建造物保存技術協会設計監理事務所（所長：丸本英司氏）の関係者の皆様に、多大のご協力を賜った。ここに心から感謝申し上げる。

参考文献

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

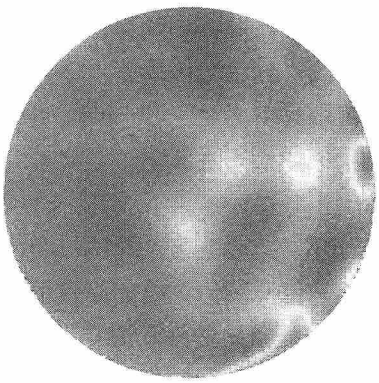


図３　柱１の断面Ａ（床面から約１５０ｃｍの高さ）超音波音速ＣＴ像。北は上向き。

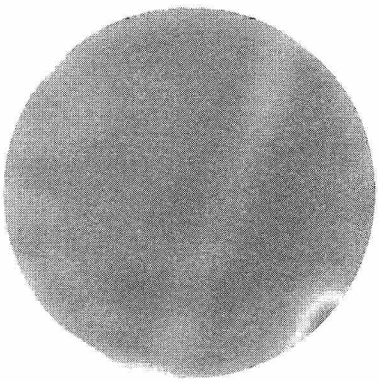


図４　柱２の断面Ｂ（床面から約９０ｃｍの高さ）超音波音速ＣＴ像。北は上向き。

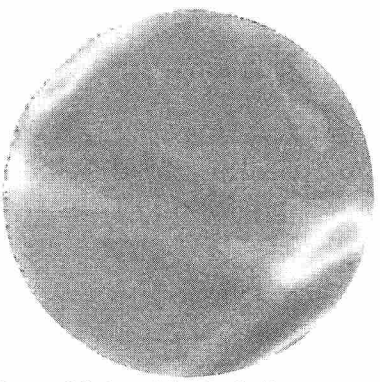


図５　柱２の断面Ｃ（床面から約１５０ｃｍの高さ）超音波音速ＣＴ像。北は上向き。

C-14

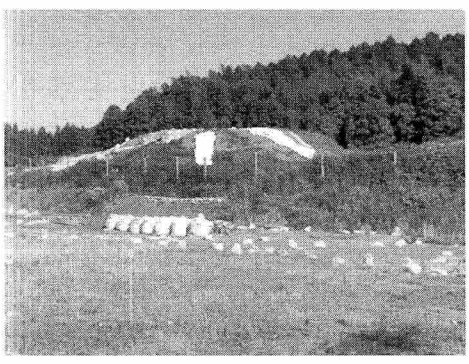
船原古墳の地中レーダ探査
Ground Penetrating Radar Survey at Funabaru Tumulus

○水永秀樹(九大工学研究院), 池田啓介(九大工学府), 田中俊昭(九大工学研究院)
○Hideki MIZUNAGA, Keisuke IKEDA and Toshiaki TANAKA(Kyushu University)

1. はじめに

船原古墳群は3基の古墳から構成される遺跡で、福岡県古賀市北山に位置する。ただし、現存する古墳は7世紀前後に築造された船原古墳群3号墳と呼ばれる古墳一基だけである。この古墳はこれまで円墳と考えられてきたが、最近の発掘調査によって墳長が42m以上の前方後円墳であることが判明した。この古墳の中央部には石材表面がベンガラで着色された横穴式石室が存在する。この古墳は既に盗掘を受けていたが、発掘調査では金銅製の装飾品が出土している。平成24年からの調査で、この船原古墳群3号墳の横穴式石室入口から約5m西に、金銅製馬具一式が出土した船原古墳遺物埋納坑が発見された。この遺物埋納坑は、その位置関係から船原古墳群3号墳に関連したものであると推定されている。

馬具一式が発見された遺物埋納坑の周辺には未発見の埋蔵物の可能性がある。そこで本研究では、船原古墳群 3 号墳と遺物埋納坑周辺で、地中レーダを用いた遺跡探査を実施した。ここでは、未発見の埋蔵物である可能性が高い、遺物埋納坑周辺の H 地区の探査結果について考察する。



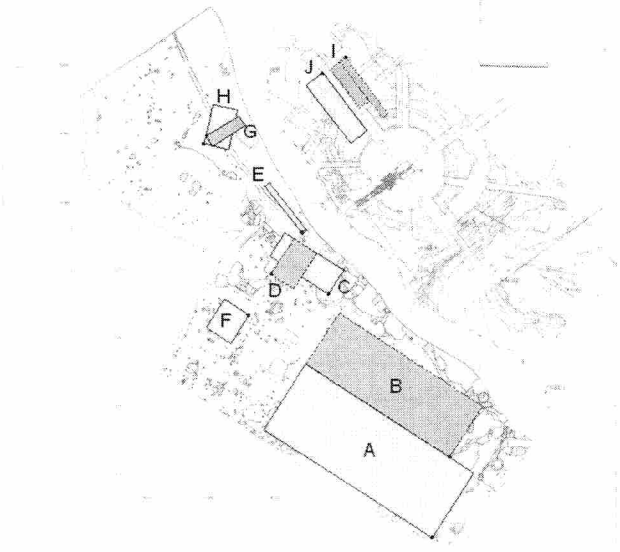


図 1. 船原古墳群 3 号墳(左)と地中レーダ探査の調査区域(右)

2. 調査の概要

地中レーダを用いた遺跡探査を、遺物埋納坑周辺と船原古墳群 3 号墳で実施した。船原古墳群 3 号墳の写真と地中レーダ探査の調査区域を図 1 に示す。調査区域は A 地区から J 地区までの 10 区域で、一部の区域では測線方向を変えて重複して測定を実施した(C･D 地

区および G·H 地区)。今回の調査では、遺物埋納坑周辺を重点的に調査した。調査期間は、平成 26 年 11 月 19 日から 21 日までの 3 日間である。地中レーダの探査装置には、カナダの Sensors&Software 社の Noggin Smart Cart System を使用した。今回の調査では、地中レーダシステムのアンテナを交換して、2 種類の周波数(250MHz と 500MHz)で測定を実施した。

3．H 地区の探査結果

H 地区は新しく発見された遺物埋納坑の西側に隣接する区域である。埋蔵物による反射応答の水平分布を調べるため、H 地区の全測線データを用いて 0.1m 毎の深度スライス図を作成した。H 地区では、浅部から深部にかけて複数の異常域が検出されたが、ここでは埋蔵物の可能性が高い深部の異常域について考察する。

深度 0.9m から 1.3m の範囲では、3 箇所のまとまった異常域が検出された。図 2 には、地形図に重ねた深度スライス(深度 1.0～1.1m)を示す。H 地区北部の異常域は、反射強度が強い領域の範囲が広く、領域全体では約 2m×1.5m の大きさである。ただし、詳細に見てみると、3 箇所または 4 箇所の異常域に分離することができる。また、南部の異常域は北部の異常域に比べると範囲が狭く、長さ 1m 程度の直線的な 2 つの異常域となっている。これらの異常域には、馬具または馬具に関連した遺物が埋蔵されている可能性が高い。

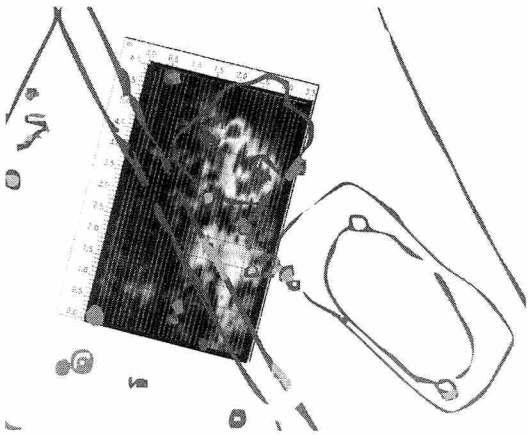


図 2. 地形図に重ねた H 地区の深度スライス(深度 1.0～1.1m; 250MHz)

4．まとめ

遺物埋納坑周辺での未発見の埋蔵物の可能性を調べるため、地中レーダを用いた遺跡探査を実施した。その結果、遺物埋納坑の西に隣接する H 地区で埋蔵物の可能性を示す顕著な反射応答が検出できた。H 地区の異常域は H 地区の北部と南部に分かれて分布し、その埋蔵深度は深く、0.9～1.3m 程度である。H 地区の異常域は、その範囲が広く、異常域が分布する深度も広範囲(厚さ 0.4m 程度)なのが特徴的である。また、異常域の分布を詳しく見ると、北部の 4 箇所及び南部の 2 箇所に埋蔵物の可能性がある。H 地区の顕著な異常域は、遺物埋納坑との位置関係からも船原古墳群 3 号墳と関連した遺物が埋蔵されている可能性が高いと結論づけた。

C-15

城郭と赤色立体地図–奈良県高取城を例として
The Citadel and “Red relief image map” – In Takatori Castle, Nara

○西藤清秀（奈良県立橿原考古学研究所）・藤井紀綱（アジア航測株式会社）・佐田一徹（アジア航測株式会社）・本村充保（奈良県立橿原考古学研究所）

I. はじめに

2009年日本考古学において初めて航空レーザ計測を利用し、陵墓の測量を実施した結果、航空レーザ計測による山城の測量への有効性を指摘した[i]。その後、この手法は古墳ばかりでなく山城にもおよんでいるが、大規模な山城では使用されていなかった。我々の航空レーザ計測から作成した赤色立体地図は、二次元画像を三次元的な感覚で見ることができ、地形の起伏、人工的な作為物や自然災害による地形の変化等を見極める地形情報を最も視覚的に提供してくれた。

今回の発表では、高取城の 3 次元計測から城郭を構成する新たな郭や堀切り等の施設の確認と共に、以前から知られている古写真や「高取城 CG 再現プロジェクト」作成の高取城の CG を赤色立体地図に組み込み、天守や他の郭、さらに堀切り等の諸施設がどのような地形に、どのような立体感をもって存在したのかを検証する。

II. 高取町高取城

高取城は、奈良県高市郡高取町の南方、奈良盆地の南辺の竜門山塊の北西に位置する高取山の山頂部標高 580m～500m に所在し、奈良盆地と吉野地域を画するように立地する。城の主郭部は、森林に覆われ、国史跡に指定されている。

この城は、南北朝時代に大和南部の土豪越智邦澄によってつくられたが、明らかではない。この城が最初に記録に現れるのが永正 8 年(1511)である。この当時の城は簡易な「カキ上げ城」と呼ばれる構造物であったと考えられている。天正 8 年(1580)には織田信長の一国破城により大和では郡山城を残し、高取城は廃城となるが、天正 12 年(1584)には郡山城の詰城として復興される。天正 13 年(1585)豊臣秀長が郡山城に入り、秀長の家臣本多利久が高取城に入城し、整備し近世城郭として本格的に整っていく。本多氏は 3 代で絶え、徳川譜代の植村家政が寛永 17 年(1640)に高取城に入城し、明治維新まで植村 14 代の居城となった。植村氏の入城後、藩邸、侍屋敷は順次山麓に下りるが、築造当初の城内に屋敷地を取り込んだ城と城下町の二様相の山城として特色がある。高取城は、明治 6 年に県令により建物が入札、売却されるが、明治 20 年頃まで多くの建物は残っていたが、その後、解体された。[ii]

高取城は、「城内」と「郭内」からなり、城内は二の門、壺阪口門、吉野口門の内側の城域であり、郭内は黒門から二の門までの別所郭、岩屋郭等、二の門から岡口門の間の鉄砲矢場、横垣郭、壺阪口門の下に家臣屋敷群、その西方の八幡郭、南の吉野口門からみろく堀切までの赤土郭である（図 1）。[iii]

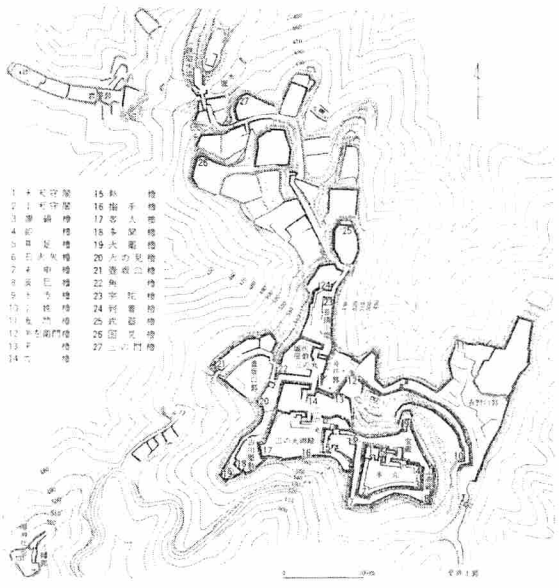


図 1 高取城要図

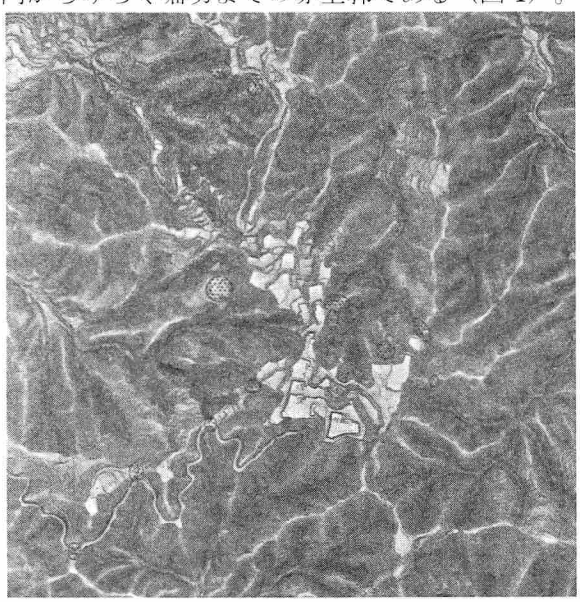


図 2 高取城赤色立体地図（網目は新発見の遺構箇所）

III. 高取城の航空レーザ計測

今回の空中からの航空レーザ計測は、2013 年 3 月 21 日高取城上を高度 500m で北西−南東方向に 14 測線方向からヘリコプターにより計測した。ヘリコプターは時速 70ｋｍで飛行し、レーザ光を 20 万発/秒、スキャン角度±30 度で照射することで 1m×1m に平均 10 点以上計測する設定で地表面データを 5.0k ㎡にわたって取得した。この計測による高取城の赤色立体地図化は、世間的に呼称される「日本一の山城」の新たな施設の発見と城域の具現化を目的として実施し、大きな成果をもたらした。

高取城は古図も多く存在し、さらに高取町教育委員会によって精密な遺構配置図が作成されている。しかし、赤色立体地図化を図った結果、城内の東に位置する吉野口郭の北東に設けられた大規模な堀切 2 カ所、城内の西側に位置する八幡郭の東西に明瞭な堀切を発見した（図 2）。縄張り図にない平坦地として吉野口郭の鬼門櫓の北側下方と城内北半に位置する武器櫓東に小規模であるが、数カ所の平坦地が関連性を持つ形で存在することが判明した。同じく城内北半の国見櫓の西側の尾根頂部に平坦部が存在する。これら新たな平坦部は縄張り図にも認められないことから、高取城の古い段階の雛作地の可能性がある。

IV. 高取城の赤色立体地図と古写真・CG の合成

今回の航空レーダ計測の目的の一つに高取城の古写真を赤色立体地図に組み込み、古写真が撮影された当時の城の雰囲気を僅かでも味わえたらと考えた。高取城の古写真は明治 20 年頃元城主植村氏によって撮影された 3 枚が絵はがきとして存在する[iv]が、各撮影箇所は異なっている。当初、赤色立体地図と古写真の合成は、古写真がある程度の重なりがあれば古写真から立体的な画像を再生し、合成することを考えていたが、その目的は達することができないため、二次元的な赤色立体地図に古写真を合成した。その結果、赤色立体地図が示す現実の石垣の傾斜や規模が古写真に写る諸施設と調和し、一体となすことが判り、今後の古写真の利用に道を開くと考えられる。

また、「たかとり観光ボランティアガイドの会」と奈良産業大学（現奈良学園大学）からなる「高取城 CG 再現プロジェクト」で作成された高取城の再現 CG は、奈良産業大学の好意により使用させて頂くことができたため、再現 CG を切り取り、赤色立体地図に組み込み合成した。これにより高取城の城内施設を現地形に組み込み画像化できることにより真実性に近い、城の感覚を味わえるようになった。さらに現地形へ各施設を合成することにより施設間の位置関係や立地をより真実に近い形で表現出来た。この画像作成により高取城全体の空間的な理解を容易にできると考えている。

V. まとめ

今回の高取城の 3 次元計測は、城郭を構成する新たな堀切りや平坦地を確認し、各施設がどうのように立地し、配置されている様子が視覚的に明確となった。さらに城が立地する高取山は、山自体が細い尾根と急峻な斜面から成り立っていることが一目瞭然となった。その中で新たな平坦地は従来の縄張り図にも記載が見えず、高取城の古い時期の施設の発見に繋がる可能性も考えられ、築城過程を考える有力な資料となった。さらに以前から知られている古写真や CG を赤色立体地図に組み込むことにより、高取城の天守や他の郭、さらに堀切り等の諸施設がどのように地形上に存在し、またどのような立体感をもって高取山の空間を利用したかを考える手助けとなり、今後の高取城の研究的な側面と共に文化資源としての価値を高めると考えている。

---

[i]西藤清秀・藤井紀綱 2010「新時代を迎えた大型古墳測量」『日本文化財科学会第 27 回大会研究発表要旨集』 40-41 日本文化財科学会

[ii]高取町教育委員会 2004 『国指定史跡高取城基礎調査報告書』高取町文化財調査報告第 30 冊

[iii]小玉道明・村田修三・巽三郎（編） 1980『日本城郭体系−三重・奈良・和歌山』第 10 巻 新人物往来社

[iv]高取町観光協会・高取町観光ボランティアガイドの会 『高取町観光ガイド−高取城 CG 再現プロジェクト』http://sightseeing.takatori.info/sightseeingspot/siroato_cg.project.html & 奈良産業大学『高取城 CG 再現プロジェクト』http://www.nara-su.ac.jp/archives/takatori/

C-16

レーダー探査を用いた千葉県山武市・大堤権現塚古墳、旭ノ岡古墳の調査・研究

The survey and research of tumulus in Sanmu-City, Chiba Prefecture (Ohtsutsumigongenduka, Asahinooka) using Ground Penetrating Radar

○ナワビアハマッド矢麻（早稲田大学文学研究科・日本学術振興会特別研究員 DC）、今城未知（総合研究大学院文化科学研究科・日本学術振興会特別研究員 DC）、金田明大（奈良文化財研究所）

1. はじめに

早稲田大学は、奈良文化財研究所と連携研究協定を締結し、千葉県九十九里地域において古墳時代～古代にかけての地域研究を行っている。当地域において、微地形測量と非破壊的手法であるレーダー探査を用いて、古墳や古代寺院の周溝や建造物基壇の規模や形態、埋葬施設の把握などの成果を残している。2014年9～10月には、千葉県山武市に立地する大堤権現塚古墳・旭ノ岡古墳でレーダー探査を実施した。本発表においては、その成果報告を軸に、古墳調査の際にレーダー探査が果たす役割と、両古墳の歴史的文脈への位置づけを示す。

2. 調査対象と方法

墳丘長115mの前方後円墳である大堤権現塚古墳においては、1951年に日本大学の軽部慈恩氏が、1991・92年には山武郡市文化財センターが発掘調査を実施しており、盾形三重周溝を有する点が報告されている。

墳丘長76mの前方後円墳である旭ノ岡古墳は、1952年に軽部氏によって発掘された。その結果として墳丘北側くびれ部に開口する軟質砂岩切石積みの横穴式石室の存在と、周溝が盾形で二重周溝を呈することが報告されている。

本調査では、両古墳の墳丘規模や周溝形態、埋葬施設の位置確認を主目的として探査を実施した。探査の際には、既往の発掘調査の成果や現地形の観察に基づいて効果的に探査区を設定した。使用した機器は、MALA Geoscience社製X3Mシステムの500MHzアンテナである。走査方向は予測される遺構の形状に可能な限り直行するように設定し、測線の間隔は50cmとした。

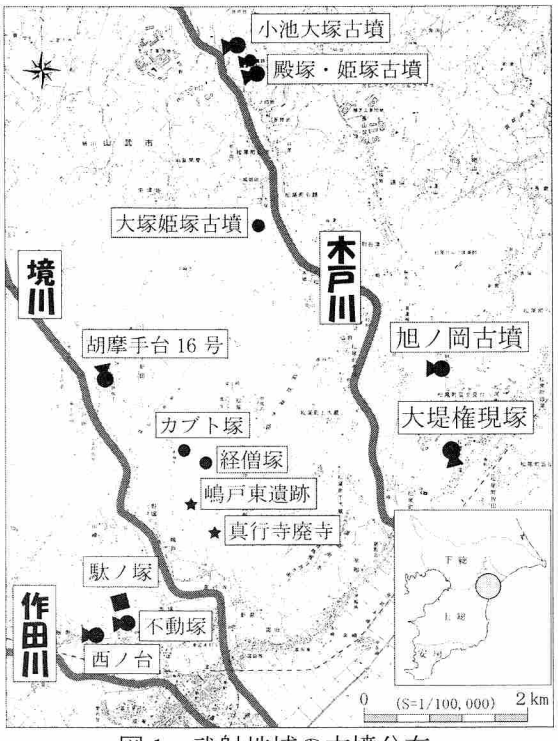


図1　武射地域の古墳分布

※本発表は、平成26年度高梨学術奨励基金若手研究助成の研究成果である。

3. 探査成果と解釈

●大堤権現塚古墳（図 4）

各探査区においても墳裾の反応を確認できる。特に広範囲なａ・ｂ区では、墳裾くびれ部の形を呈する反応が明瞭に把握できた。profile においても 15ns-45ns の深さで周溝の反応が確認できる（図 2）。三重周溝の存在は明らかになっているので、図 4 のような墳丘の復元図を作成することができた。測量図に表現された矢羽形の前方部側面が本来の形を反映している点が判明した。この屈折は殿塚古墳でも確認されており、両古墳の前方部側面の形態が施工上の理由によるものか本来の設計によるものかは今後の検討課題である。

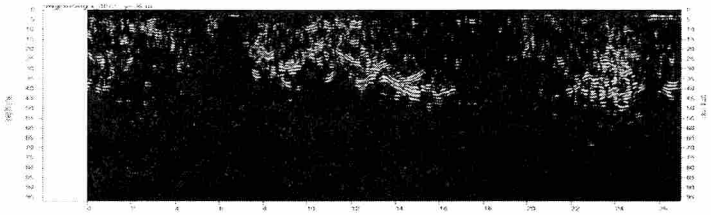


図 2　大堤権現塚古墳、a 区における周溝の反応（10ns-45ns）

●旭ノ岡古墳（図 5）

墳頂の探査区（a 区）の反応から、日本大学による発掘で確認された埋葬施設の、正確な位置、深さが明らかになった（図 3）。周溝については、各探査区で墳裾から周溝にかけての反応が明瞭に把握できた。また、後円部東の探査区の反応によって盾形周溝、さらに南側の探査区によって二重周溝であることを確認した。また、墳裾及びくびれ部の位置が判明し、墳丘の復原を従来より高い精度で行うことができた（図 5）。結果、過去の指摘通り、殿塚古墳・高田 2 号墳と相似墳である点が判明した。一方、周溝形態やテラス面の位置が異なるなど、相似墳間での差異を見出すこともできた。

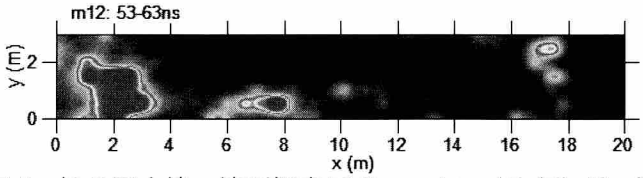


図 3　旭の岡古墳、墳頂探査区 Time-slice 図（53-63ns）

4. まとめ

大堤権現塚古墳・旭ノ岡古墳において地中レーダー探査を実施した。結果、周溝の反応や埋葬施設の反応が得られた。過去の調査や測量図、現地踏査の結果を踏まえ、効果的に探査を行うことで、これまで詳細が不明であった墳丘規格の復原が可能となった。

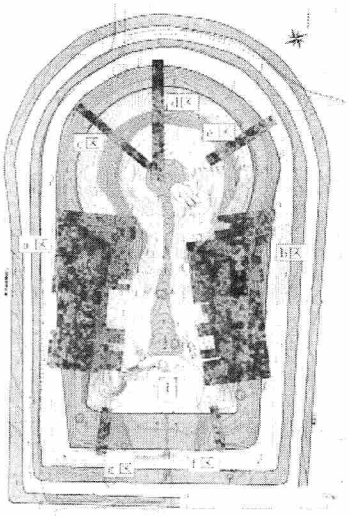


図 4　大堤権現塚古墳探査成果と復原図

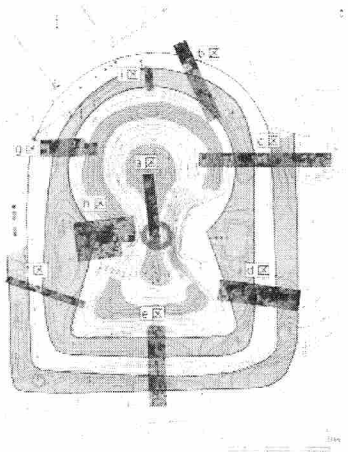


図 5　旭ノ岡古墳探査成果と復原図

C-17

南関東の遺跡テフラ試料から見つかった富士ー河村城スコリアFj-Kw候補

ー1590年直後に富士山から噴出した新発見のテフラを検出ー

Fuji-Kawamura Castle scoria, found from southern Kanto area ruins tephra samples Candidate

- 1590 Detect the tephras erupted from Mt. Fuji in the years immediately after the new discovery -

○上本進二（神奈川災害考古学研究所）・上杉陽（都留文科大学名誉教授）
・卜部厚志（新潟大学災害復興科学研究所）

1. はじめに

河村城は神奈川県山北町の標高約220mの丘陵に築かれた戦国時代後北条氏の山城である（図1）2007年から発掘調査が行われ、1590年7月の小田原城開城後、豊臣秀吉による後北条氏側支城に対する閉城～焼却命令によって堀の急速な埋め立てがおこなわれた直後に降下堆積した富士系テフラが発見された（上杉・砂田2008）。このテフラは1590年直後に富士山頂以東から噴出したものであろうと推定され、これを富士ー河村城スコリアFj-Kw（以下河村城スコリアとする）と仮称した。

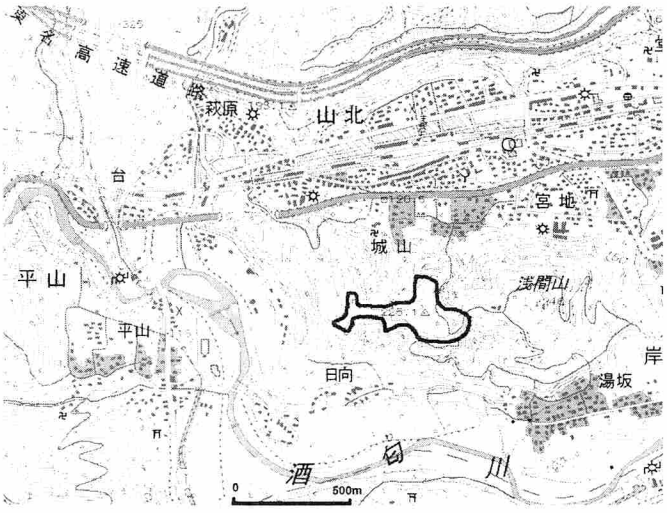


図1　河村城の位置
国土地理院発行1/2.5万地形図山北より

2. 河村城スコリアの特徴

上杉（2014）による河村城スコリアの顕微鏡観察では、多量の斜長石が含まれ、斜長石の集積岩片を多量に含み、結晶面が垂直に接合する結晶（一本歯の下駄型やスケート靴型）も見られた。とくに斜長石と輝石類の集積岩片（キュームレイト）や2～3㎜の連晶は非常に特徴的である。スコリアは球状～卵型気孔が多く、斜長石斑晶が多い。

この観察結果を受けて、神奈川県内各地の分析済のテフラ試料を再度分析したところ、河村城とほぼ同時期に落城または開城した相模原市津久井城跡5号曲輪（40）、八王子市八王子城址御主殿跡（42）、小田原市小田原城御用米曲輪（1）、鎌倉市玉縄城跡（38）から河村城スコリアと特徴が一致するテフラ試料を検出し、その他40ヶ所の遺跡のテフラ試料からも河村城スコリア候補を検

出した（図２）。その中で、河村城スコリア候補が純層で堆積していたのは、藤沢市鵠沼横須賀遺跡（23）・海老名市四大縄遺跡（15）・小田原市高田宮町遺跡（５）の３ヶ所であった。これら河村城スコリア候補の純層テフラ試料と河村城スコリアの化学分析を行った結果、藤沢市鵠沼横須賀遺跡と小田原市高田宮町遺跡の試料は河村城スコリアと同じ化学組成であり、海老名市四大縄遺跡の試料は河村城スコリアに対比される可能性があるという結果を得た。

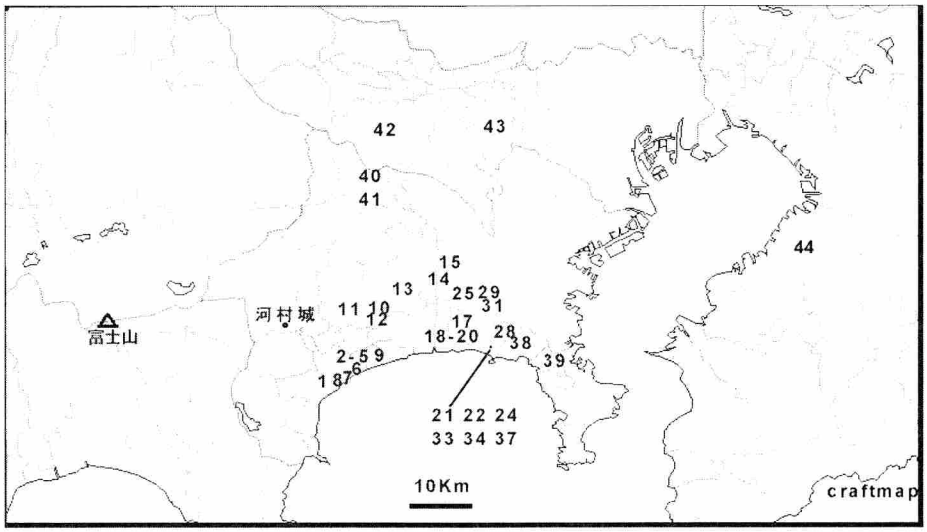


図２　河村城スコリア候補を検出した遺跡

３．後北条氏の城跡からみつかった河村城スコリア候補

八王子城址御主殿跡は戦国時代末期の1590年に豊臣秀吉軍によって落城した。城主の館が落城した際に発生した火災によるものと思われる大量の焼土と炭化材の中から河村城スコリア候補が見つかった。津久井城址５号曲輪は戦国時代末期の1590年に豊臣秀吉軍によって落城し廃絶した。５号曲輪の虎口に当たる道状遺構とトレンチに城郭廃棄後堆積した黒色スコリアを含む黒色土塊から河村城スコリア候補が検出された。玉縄城は1590年の豊臣秀吉によって開城され、15世紀中頃のカワラケが出土している土層から河村城スコリア候補となる大量の斜長石を含む試料が見つかった。小田原城は、後北条氏の本拠地であったが、豊臣秀吉軍の包囲を受けて1590年7月開城した。小田原城御用米曲輪の戦国後期の盛土最上部から斜長石を大量に含む河村城スコリア候補が検出された。

４．今後の課題

西暦 1707 年噴出の宝永スコリア層（S-25）の下位にある富士山の中近世テフラの S-14-10 A および B、その下位の S-24-9（12-13 世紀？）は、いずれも斜長石集積岩が多いという共通性がある（上杉 2014）。今後これらのテフラの識別および河村城スコリアとの対比が重要な課題となる。

なお、河村城スコリアの噴出に関する古文書記録は、現在も調査中だがいまだに見つかっていない。これを機に歴史資料が発見されることを期待する。

引用文献

上杉 陽・砂田佳弘（2008）富士河村城スコリアFj-Kw（仮称）の発見について．神奈川県山北町文化財調査報告2河村城跡，第6章自然科学分析，p22-28．山北町教育委員会

上杉　陽（2014）1590年直後に降下堆積した富士-河村城スコリアFj-Kwの諸特徴－その2：特に集積岩片について－．関東第四紀研究会月例会2014年1月18日要旨

C-18

岐阜県垣内遺跡の土器種実圧痕と炭化種実からみた縄文時代中～後期の植物資源利用

The edible seeds recovered from the Kaito Site, Takayama city, Gifu Prefecture between the middle and the late Jomon period presented by pottery impressions and carbonized remains

○佐々木由香[1)]・松井　章[2)]・米田恭子[1)]・バンダリ スダルシャン[1)]・田中　彰[3)]
1）株式会社パレオ・ラボ、2）奈良文化財研究所、3）高山市教育委員会

はじめに

近年、土器圧痕を使った種実研究により、中部高地や西関東では縄文時代中期後半にダイズ属やアズキ亜属種子に大型の個体が出現し、人為的な選択によって大型化が起こった可能性が議論されている。しかし、種実圧痕は焼成前に種実と胎土の水分を吸収して膨張し、焼成時に収縮したと推定されるため、大きさを議論するには、実物資料である炭化種実との比較が不可欠である。

また中部高地では中期の土器圧痕種実が多数検討されているが、後続する後期の資料は遺跡数が減少するため、ほとんど検討されておらず、検討地域も長野県と山梨県に偏っている。岐阜県高山市垣内（かいと）遺跡は、中期後半から後期前半を主体とする集落遺跡であり、土器圧痕種実に加え、約 400 点の炭化マメが土坑から一括して出土しており、上記の問題を検討するのに相応しい資料である。本研究では、縄文時代中期後半から後期前半の炭化種実と土器種実圧痕のそれぞれの組成を年代学的に位置付けて、当時の植物資源利用を検討する。

1 資料と方法

岐阜県高山市垣内遺跡は、「上野平」と呼称される標高約 650m の台地の平坦面に位置し、縄文時代中期後半から後期前半の住居址 75 軒などが検出された環状集落である。発掘調査は 1989～1990 年に実施され、報告書は 1991 年に刊行された（高山市教育委員会，1991）。

炭化マメが出土した遺構は、98×97cm、深さ 63cm の円形土坑である。報告書では，覆土の下層から底面近くにかけて石錘が 20 点かたまって出土したほか、長さ 5～6mm の炭化種実が複数伴っていたとされている。土坑からは、中期の土器片 10 数点と後期の土器片 1 点が出土した。この炭化種実は調査後、同定のために奈良文化財研究所に保管されていた。2012 年 5 月に同研究所およびパレオ・ラボによって、この炭化種実の同定を行い、炭化種実 2 点を用いて放射性炭素年代測定を行った。炭化種実は、小畑ほか（2007）と小畑（2008）の同定基準にしたがって実体顕微鏡下で行い、長さ、幅、厚さについてデジタルノギスを用いて小数点第 2 位まで計測した。また那須（2015）を参考にして、楕円体の簡易体積を求めた。

土器種実圧痕は、高山市教育委員会にて、報告書掲載土器を中心に 1,089 点を検討した。丑野・田川（1991）を参考にして種実圧痕のレプリカを採取し、実体顕微鏡で一次同定を行った後、走査型電子顕微鏡（KEYENCE 社製 VE-9800）で写真撮影および二次同定を行った。

2 結果

2-1 炭化種実の同定結果

炭化種実の同定の結果、389 点（破片を含む）のうちには、ササゲ属アズキ亜属種子が 374

点、ダイズ属種子が5点、マメ科種子が10点確認できた。アズキ亜属とダイズ属各1点を用いた年代測定の結果は、2470~2306 cal BCの範囲内で、縄文時代後期初頭の暦年代であった。

アズキ亜属種子の大きさは、長さ 3.63~7.20（平均 5.19）mm、幅 2.52~4.31（平均 3.39）mm、厚さ 2.37~4.48（平均 3.36）mm であり、楕円体の簡易体積は 11.6~58.1（平均 31.7）mm^3であった。那須ほか（2015）は、現生のヤブツルアズキとアズキを乾燥・炭化・未成熟の状態で計測して、簡易体積が $30mm^3$以下は野生型、60~$70mm^3$以上は現在の栽培型、その中間の大きさのものは野生種と栽培種の中間型とみなしている。垣内遺跡のアズキ亜属種子をこの基準にあてはめると、野生型から中間型に広く分布しており、栽培型に近いものも含まれていた。ダイズ属種子は計測できる個体が3点と少なく、簡易体積は 31.6~43.1（平均 37.7）mm^3であった。現生のツルマメおよびダイズと比較すると、$40mm^3$以下の野生型から 40~$70mm^3$の中間型のサイズが含まれていた。

2-2 圧痕種実の同定結果

土器圧痕種実には、木本植物ではブドウ属？種子1点とニワトコ核1点の2分類群が、草本植物ではササゲ属アズキ亜属種子2点と、ダイズ属種子2点、シソ属エゴマ型果実2点、ヒルムシロ属？核1点、ミクリ属核1点、イネ科種子（頴果）1点の6分類群、計8分類群11点が認められた。このほかに科以下の同定ができなかった不明種実が数点みられた。科以下の同定ができた種実圧痕をもつ土器は、すべて中期後半のものであった。マメ類を簡易体積でみると、アズキ亜属2点は野生型と中間型、ダイズ属1点は栽培型に含まれた。

3 考察

垣内遺跡では、縄文時代後期初頭に位置付けられる炭化マメが一括して出土し、アズキ亜属とダイズ属が共伴しており、アズキ亜属が約 96%を占めていた。マメ類が一つの遺構中に出土した例としては縄文時代で最多であり、アズキ亜属の産出数も1遺跡からの産出数としては最多である。アズキ亜属の種子は、現生の種子と比較して、野生型から中間型のサイズのものを含んでおり、平均値は中間型の範囲に入った。これは、当時利用されたアズキ亜属にさまざまな大きさの種子が含まれており、野生型より大型化したものが一定量含まれていたことを示す。これまでダイズ属については、中期後葉に人為的な選択による種子の大型化が指摘されているが（那須ほか2015他）、アズキ亜属でも少なくとも後期初頭には種子の大型化が起こっていた可能性が高い。

土器種実圧痕では、中期後半にアズキ亜属と、ダイズ属、エゴマ型などが得られ、後期前半では現時点で同定可能な種実は得られなかった。これは、種実圧痕がみられる時期に偏りがあることを示唆する。簡易体積をみると、アズキ亜属は野生型と中間型、ダイズ属は栽培型であった。

垣内遺跡では、マメ類が出土した遺構以外でも炭化種実が出土している。報告書中の渡辺誠の同定結果によれば、中期後半と後期前半の遺構から、オニグルミと、クリ、コナラ属、トチノキが得られ、ドングリ類の比率が高い。垣内遺跡では、堅果類を利用しつつ、中間型のアズキ亜属とダイズ属が利用されており、マメ類の人為的な選択が明瞭に存在したと考えられる。

引用文献

那須浩郎・会田　進・佐々木由香・中沢道彦・山田武文・輿石　甫．2015．炭化種実資料からみた長野県諏訪地方における縄文時代中期のマメの利用．資源環境と人類，5：37-52，明治大学黒耀石研究センター．

小畑弘己・佐々木由香・仙波靖子．2007．土器圧痕からみた縄文時代後・晩期における九州のダイズ栽培．植生史研究 15-2，97-114．

小畑弘己．2008．マメ科種子同定法．小畑弘己編「極東先史古代の穀物3」：225-252，熊本大学．

高山市教育委員会．1991．垣内遺跡発掘調査報告書．276pp．

C-19

堆積物の分析による植生と農耕の復元研究

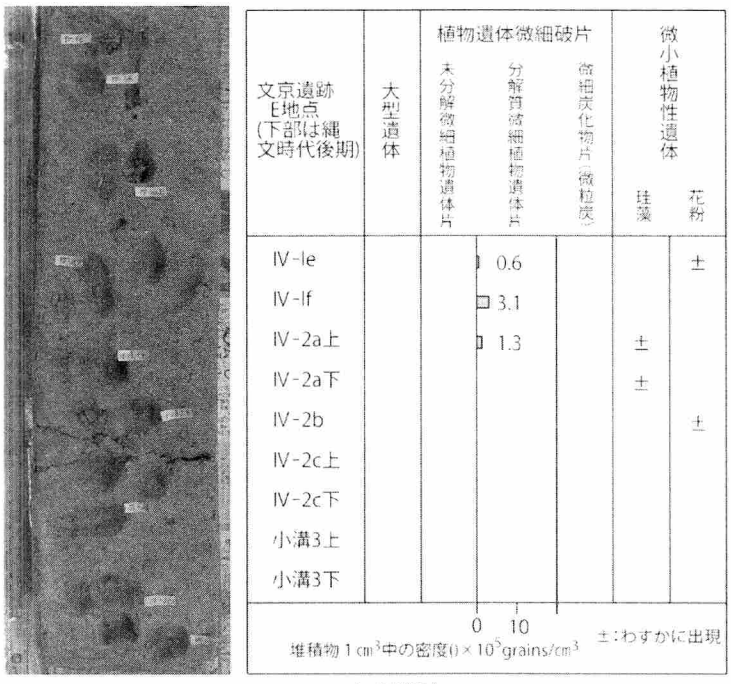
A study on the Reconstruction by Analysis in Vesetation and Caltivation

○金原正明(奈良教育大学)、田崎博之(愛媛大学)、岡田憲一(奈良県立橿原考古学研究所)、金原正子(一般社団法人文化財科学研究センター)、柳原麻子(大津市教育委員会)、金原美奈子(一般社団法人文化財科学研究センター)

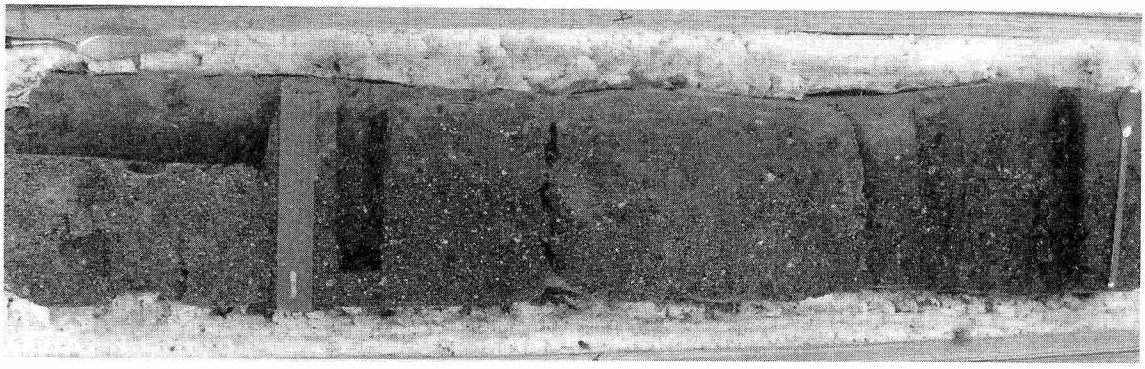
○Masaaki Kanehara, Hiroyuki Tazaki, Ken-iti Okada, Masako Kanehara, Asako Yanagihara, Minako Kanehara

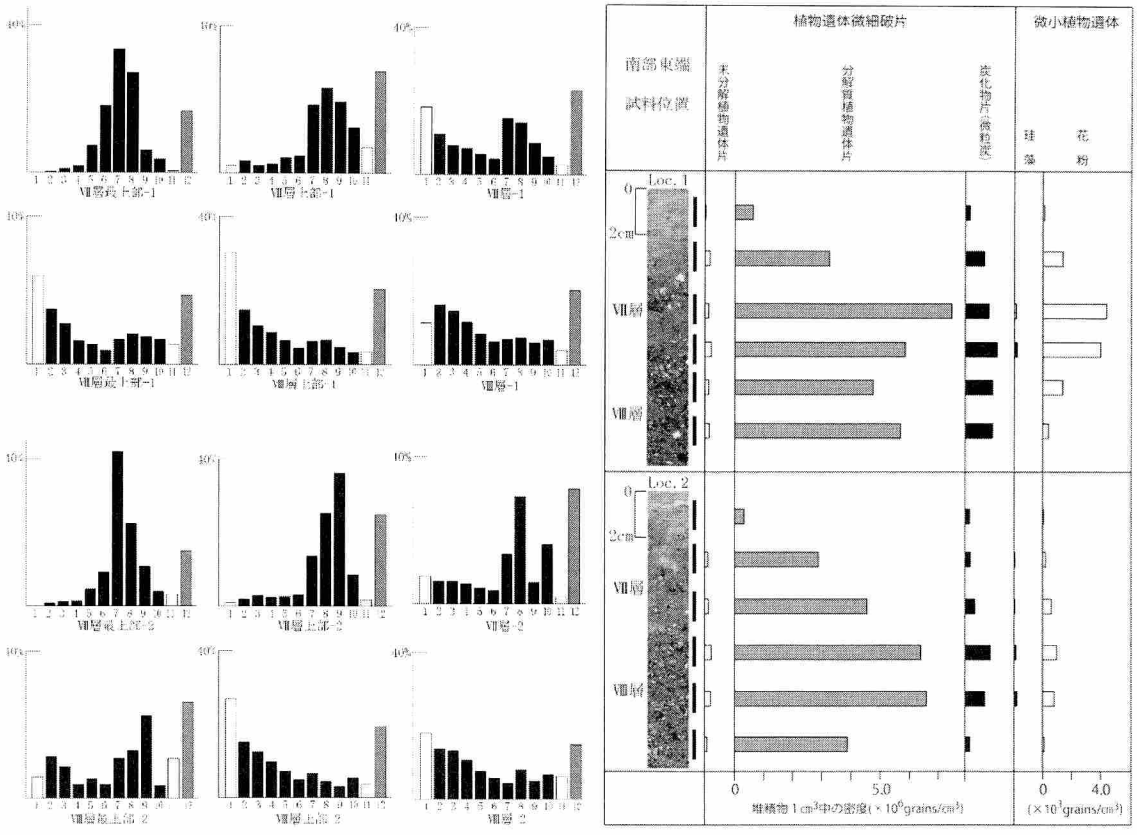
本発表は、科学研究費補助金挑戦的萌芽研究「農耕空間の認識と認定要件の実証的研究」(代表田崎博之)の一環であり、金原正明の分担者研究による。堆積物の各要素として、堆積粒子、植物遺体等を分析し、堆積物の成因解析から、堆積層や遺構の性格を明らかにしようとするものである。畑遺構など陸域層では未分解の有機質遺体が残りにくく遺体群集も得られない場合が多いが、分解質および炭化した遺体や粒度組成など複合的に分析を行い、堆積環境を導き出し、堆積層の成因と性格を明らかにしていく。その一環として分解質および炭化した遺体の微細形態も基礎的に観察し集積してきた。各相の堆積物を対象とし、ケーススタディとなる検討を考察する。文京遺跡の縄文時代後期の畝状遺構を含む堆積層の分析結果では、大型遺体と微小遺体ともに有機質遺体はほぼ出現しないが分解質の微細植物遺体片が上部堆積層でやや低密度に出現する。これら堆積相層は著しい分解を受けており、上部で微細植物遺体片が残存することからも、比較的乾燥した土壌化により分解を受けつつ生成された堆積物とみなされる。秋津遺跡(年次報告書から)では花粉や珪藻や有機質遺体の残存が悪く、分解を受ける堆積物の生成が示唆され、主に粒度組成と有機物含有量から水流の淘汰を受けて生成された層やいくつかの成因の異なる堆積物で構成された層、氾濫よび洪水堆積物を母材とした土壌層など堆積層の生成様相が判明してきた。また、全体として微細炭化物(微粒炭)は少なく、土壌化によって褐色化してやや不透明となった分解質微細植物遺体片が出現する。

堆積物中の炭化物の基礎的構造の検討過程において、杉沢遺跡や讃良川遺跡の炭化した堅果類破片から、デンプン粒が検出された。デンプン粒は堆積物中では長年をかけて加水分解で分解し、通常の燃焼を伴う炭化でも極めて燃焼しやすいため失われるとみなされるが、乾燥炭化というべき特殊な変質過程を経てその形態が残存したと考えられる。讃良川遺跡の貯蔵穴(縄文中期)は、最下層のみに未分解の大型植物遺体のクヌギ果皮が集積し、上部層は炭化した大型植物遺体および動物遺体が含まれる。上部層では粗粒から中粒のシルトで構成され、氾濫等にとる水流による淘汰を受けた堆積物が堆積し機能を失う。上部層は未分解の植物遺体は激減し分解質の微細植物遺体片が増加し珪藻も出現しない。前述した堅果類の炭化子葉や炭化材片が豊富に含まれ、土壌化を受けた堆積物に由来する堆積物とみなされる。

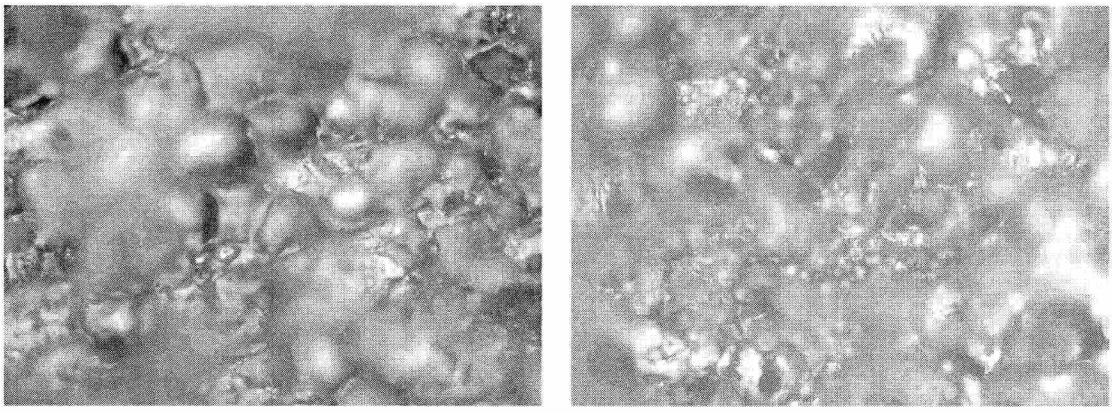


文京遺跡





秋津遺跡7次調査



讃良川遺跡 SR2 縄文中期貯蔵穴堆積物中の炭化種実（クヌギ果実片、イチイガシ果実片炭化デンプン粒）

C-20

長江下流域の初期稲作文明における植物遺体群集の基礎的研究

A Basic Study of Plant fossil assemblage from the rice civilization in the lower Yagtze region,China

○金原正明(奈良教育大学)、中村慎一(金沢大学)、鄭　雲飛(浙江省文物考古研究所)
金原正子(一般社団法人文化財財科学研究センター)
○Masaaki Kanehara, Shin'ichi Nakamura, Zheng Yunfei, Sun Guopin, Masako Kanehara

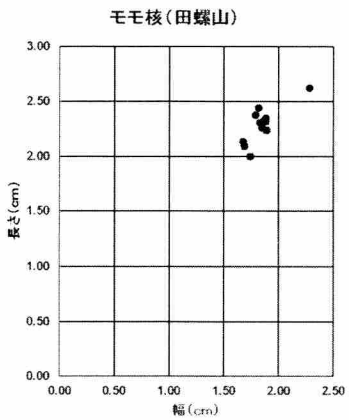
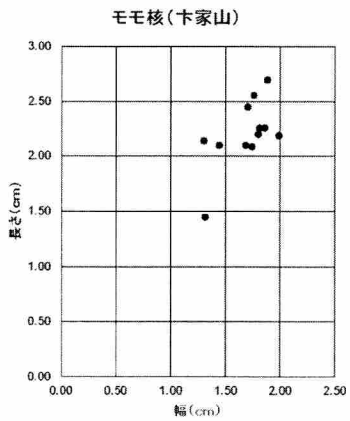
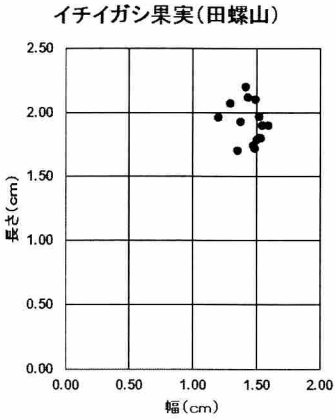
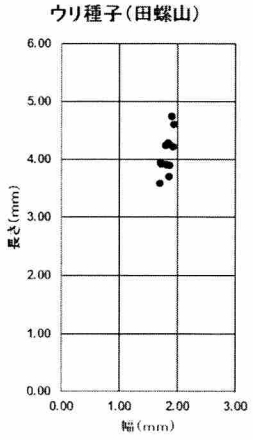
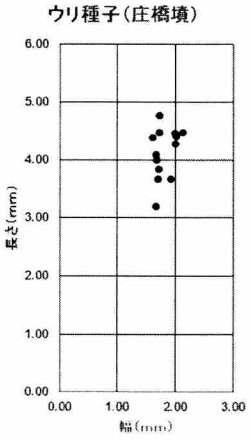
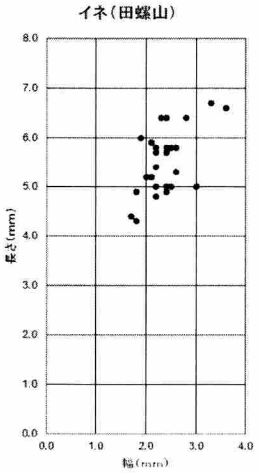
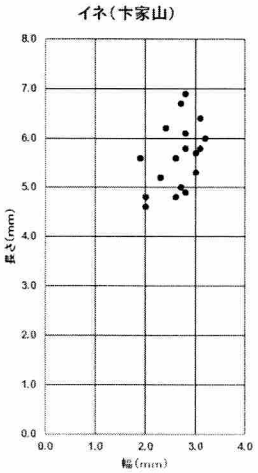
特にここでは種実類について記載、考察を行う。栽培植物で多いのはイネであり、ほとんどの遺跡で多く検出されている。ウリ類も多いし、ヒョウタン類も多い。果樹では、モモ、ウメ、スモモがあり、これらは良渚文化期とそれ以前の跨湖橋文化期まで同じであり、これらの時期の基本的な栽培植物とみなされる。イチイガシとチャンチンモドキも多く利用され、田螺山遺跡では貯蔵穴に入る。跨湖橋遺跡は検出されずクヌギだけであり、時期的にイチイガシがまだ増加していない時期の可能性がある。ブドウ属やカキ属も同様である。食用となる水生植物は利用されており、オニバス、ヒシは多量である。他にハスも食べられる。これらの食用植物はクヌギを除けば、跨湖橋文化期から良渚文化期までかわらず、いくつか特徴をもつが、オニバスとヒシの浮葉植物が多く利用されるのが特徴である。水田を行うこともさながらこれらの収穫のため水辺に居住した可能性もある。

良渚文化期の遺跡は、現在の地形では大きく内陸部に立地しているが、植物遺体の分析結果と種実同定結果を踏まえると、水生植物が多く検出され、内陸の低湿地から沼沢の際に居住していた。莫角山の東裾部では下部に海成層が分布し、最海進期には海が大きく入り込んでいた。また、これらの地域には照葉樹のイチイガシなどのコナラ属アカガシ亜属が分布するのではなく、コナラ属コナラ亜属が分布し種実からクヌギとみられる。クヌギは二次林とみなされ、人為活動や気候の交代期や不安定な環境の箇所で多くなると考えられる。良渚遺跡群の分布する地域は当時クヌギが主要に分布する樹木であったと考えら、照葉樹林はさほど多くない。跨湖橋遺跡や下孫遺跡でもクヌギが多いが、時期的には温暖化に伴う気候の狭間期に多くなった可能性も高い。

利用される植物は、跨湖橋文化期、河姆渡文化期、良渚文化期と大きく変化せず、イネを主にウリ類、ヒョウタン類、モモ、ウメ、スモモが利用され、野生ではイチイガシ、チャンチンモドキ、ブドウ属、カ

分類群Taxa 学名	和名	部位	跨湖橋遺跡（跨湖橋期）	田螺山遺跡（河姆渡期）	卞家山遺跡（良渚期）	庄橋墳遺跡（良渚期）
Arbor	樹木					
Quercus acutissima	クヌギ	果皮	137	2		
Quercus gilva	イチイガシ	果皮		＋＋＋		＋＋＋
Quercus	コナラ属	果皮	24	＋	126	
Ilex chainensis	ナナミノキ	種子	1			
Prunus mume	ウメ	核	5	＋	4	
Prunus persica	モモ	核	68	＋＋	30	
Prunus salicina	スモモ	核	8		3	
Melia azedarach var. *Subtripinnata*	センダン	核	1	＋	11	
Choerospondias axillaris	チャンチンモドキ	核	128	＋＋＋	73	
Vitis	ブドウ属	種子		＋	15	10
Diospyros	カキ属	種子	7	＋	7	
Herb	草本					
Potamogeton	ヒルムシロ属	果実	5			3
Oryza sativa	イネ	炭化果実	38	＋＋＋	392	
Scirpus	ホタルイ属	果実		＋		8
Carex	スゲ属	果実	97	＋	43	
Humulus scandens	カナムグラ	種子	1	2		
Nelumbo nucifetra	ハス	種子	1			
Euryale ferox	オニバス	種子	27	＋＋＋	353	
Ceratophyllum demersum	マツモ	果実				3
Trapa dispinosa var. *iinumai*	ヒシ	果実	46	＋＋＋	52	
Cucumis melo	ウリ類	種子	12	15	282	22
Lagenaria siceraria	ヒョウタン類	種子		6	14	21
Lagenaria siceraria?	ヒョウタン類?	果実	1			
Cucurbitaceae	ウリ科	果皮片			66	2
Arisaema-Amorphophallu	テンナンショウ属-コンニャクイモ属	根茎(イモ)	1			

（いずれも破片を含む、ヒシは一角でも同定、＋＋＋は極めて多数）

キ属、オニバス、ヒシが利用され、これらはこの時期のセットとなる利用植物とみなされる。ただし、良渚遺跡群では莫角山の裾地点から極めて多量のコメが出土おり、コメの生産量は極めて多いものと考えられる。

これらの中で計測の可能であったモモ核、イネ果実と籾、ウリ類種子、イチイガシ果実の大きさを計測した。特にウリ類は長さ5㎜を超えるものはなく極めて小型であった。まずイネであるが、現在のコメより長さが長く大きいのがこれらの時期を通しての特徴である。果実のみの計測では、河姆渡文化期の田螺山遺跡と良渚文化期の卞家山遺跡では、大きさがほとんど変わらず、卞家山遺跡のほうが長さと幅がそれぞれ平均値で 0.5㎜ ほど大きくなっている。モミに至ってはやや大きくなる。ウリ類は河姆渡文化期の田螺山遺跡と良渚文化期の庄橋墳遺跡であるが、ほとんど大きさは変わらない。モモにおいては、河姆渡文化期の田螺山遺跡と良渚文化期の卞家山遺跡であるが卞家山遺跡のほうが平均値でやや小さくなる。栽培化または栽培の継続によって種実は大きくなると考えられがちだが、2000 年の期間を経て、ウリ類やモモは差が認められず、どの植物においても大きくなるという図式は描けない可能性がある。イネにおいては2000 年間で長さと幅でわずかな変化があるだけであり、栽培化や栽培の継続で大きくなったと評価できるといえるであろうか。栽培化についてはより多くの遺跡を調査して行く必要があり、今後の検討としたい。最後に田螺山遺跡では、各区画より糞石が出土し散在する状況であり、集中するところがない状態である。このことはこの時期の集落の空間利用が未発達であった可能性を示唆すると考えられる。