日本文化財科学会第24回大会

研究発表要旨集

2007年6月2日（土）・3日（日）

奈良教育大学

日本文化財科学会

日本文化財科学会　第24回大会・2007年度総会日程

日時：　2007年6月2日（土）・3日（日）
会場：　奈良教育大学（奈良県奈良市高畑町）
総会：　講堂
評議員会：　職員会館
口頭発表：　講堂（A会場）　大講義室（B会場）
ポスターセッション：　講義1号棟2階
機器展示・図書販売：　講義1号棟2階
懇親会：　生協食堂

第1日　6月2日（土）

8:30～　　受付
9:30～9:40　　開会挨拶（講堂）　日本文化財科学会会長　沢田正昭
　　奈良教育大学学長　柳澤保徳

口頭発表：　A会場（講堂）とB会場（大講義室）の二会場となります。発表は14分質疑応答3分の計17分です。

A会場（講堂）
- 文化財科学一般①（9:40～10:48）
- 文化財科学一般②（10:52～12:00）

B会場（大講義室）
- 保存科学（9:40～11:05）
- 産地同定①（11:09～12:00）

昼休憩・評議員会（12:00～）
ポスターセッション解説、機器展示（12:30～13:30）講義1号棟2階
特別セッション（13:30～15:30）講堂（A会場）
　講演　長友恒人（奈良教育大学）
　　「奈良教育大学におけるこれまでの文化財研究と課題」
　パネルディスカッション
　　「文化財科学の課題と発展の方向を探る」
　司　会　：　長友恒人
　パネラー：　中村俊夫、二宮修治、村上隆、金原正明、今津節生、三浦定俊

- 文化財科学一般③（15:30～16:38）
- 文化財科学一般④（16:42～17:16）

- 産地同定②（15:30～16:38）
- 材質技法①（16:42～17:16）

懇親会（18:00～　）

第2日目　6月3日（日）

8:30～　　受付

A会場（講堂）
- 年代測定①（9:30～10:55）

B会場（大講義室）
- 材質・技法②（9:30～10:55）

総会（11:00～12:00）：A会場
昼休憩（12:00～　）
ポスターセッション解説、機器展示（12:30～13:30）：講義1号棟2階

- 年代測定②（13:30～14:55）
- 古環境　（14:59～16:07）

- 材質・技法③（13:30～14:38）
- 材質・技法④（14:42～15:50）

閉会の挨拶　16:10 講堂（A会場）　第24回大会実行委員長　長友恒人

研究発表プログラム

A会場（講堂）：第１日目　　頁

【文化財科学一般①】9:40～10:48　14

A-1　インドネシア、中部ジャワ遺跡に使用されている石材の特徴
内田悦生、○石川裕士、斉藤兼一（早稲田大学理工学術院）

A-2　携帯型蛍光Ｘ線分析装置のアンコール遺跡への応用-ラテライトの分類とバイヨン寺院内回廊の石材劣化-
内田悦生、○田久保豊、具志堅史一、佐竹渉、中川武（早稲田大学理工学術院）

A-3　カンボディア王国アンコール遺跡バイヨン中央塔の変状とその原因
○岩崎好規、福田光治（(財)地域地盤環境研究所）、新谷眞人、中川武（早稲田大学）

A-4　バイヨン寺院中央塔の微動計測に基づく等価弾性係数の評価
○前田寿朗（早稲田大学）、山本竹哉（早稲田大学大学院研究生）、若生祐介（株式会社間組）、平井智也（株式会社大林組）

【文化財科学一般②】10:52～12:00　22

A-5　赤外線サーモグラフィを用いた鳥居の劣化診断解析－鋳物製及び花崗岩製鳥居を例として－
○山路康弘（別府大学文化財研究所）、小田貴志（明大工業株式会社）

A-6　泉崎横穴における損傷壁画の画像復元
○朽津信明（東京文化財研究所）、○三橋徹（凸版印刷）、池内克史（東京大学大学院情報学環）

A-7　古人骨の同一個体内における骨部位の違いによる炭素・窒素安定同位体比の相違
○瀧上舞（東京大学大学院新領域創成科学研究科）、南雅代、中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）、平田和明、長岡朋人（聖マリアンナ医科大学）

A-8　旧徳山村所在の縄文集落のＧＩＳ研究
○泉拓良（京都大学）、藤本悠（京都大学文学研究科）、三嶋誠（岐阜県文化財保護センター）

【文化財科学一般③】15:30～16:38　30

A-9　考古学研究支援システム"ARCADIA"の公開
○阿児雄之、亀井宏行、渡辺太一、橋本泰一（東京工業大学）

A-10　天理市萱生市波多子塚古墳の物理探査
○置田雅昭（天理大学）

A-11　TL 法を用いた陶磁器真贋判定法－最近の発展と課題－
○青木智史（大阪大学大学院）、長友恒人（奈良教育大学）、出川哲朗（大阪市立東洋陶磁美術館）

A-12　IRSL 法による弥生土器の被熱温度推定
○西村誠治、長友恒人（奈良教育大学）、鐘ヶ江賢二（鹿児島国際大学）、長友朋子（高麗大学考古環境研究所）

【文化財科学一般④】16:42～17:16　38

A-13　バーチャル飛鳥京：複合現実感技術による遺跡の復元
○角田哲也（東京大学大学院院情報学環・学際情報学府）、大石岳史（東京大学生産技術研究所）、池内克史（東京大学大学院情報学環・学際情報学府）

A-14　吉備塚古墳出土三累環頭大刀刀身象嵌文様－自然科学と美術史学との連携の一例として－
○山岸公基（奈良教育大学）、西山要一（奈良大学）、長友恒人、金原正明（奈良教育大学）

A会場（講堂）：第２日目

【年代測定①】9:30～10:55　42

A-15　九州地方における縄文時代前半期の炭素 14 年代測定
○遠部慎、宮田佳樹、小林謙一（国立歴史民俗博物館）

A-16　東日本における弥生移行期の ^{14}C年代測定
○小林謙一、今村峯雄、坂本稔、西本豊弘（国立歴史民俗博物館）

A-17　茨城県牛久市観音寺における炭素 14 年代測定
○坂本稔、今村峯雄、若狭幸（国立歴史民俗博物館）、松崎浩之（東京大学大学院）

A-18　中世の火葬骨のAMS ^{14}C 年代測定

○中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)、金原正明(奈良教育大学)、狭川真一、山田哲也(元興寺文化財研究所)、土本典生(愛知県一宮市博物館)、南雅代(名古屋大学)、奥野充(福岡大学)、小田寛貴(名古屋大学)

A-19　礼文島浜中２遺跡出土土器のステロール分析-土器に残された海獣の痕跡と年代学的研究-

○宮田佳樹(国立歴史民俗博物館)、堀内晶子(国際基督教大学)、パレオラボAMS年代測定グループ、西本豊弘（(国立歴史民俗博物館)）

【年代測定②】13:30～14:55　52

A-20　遺跡の時間情報の解読(Ⅲ)－シベリア地域における上部更新世堆積層の ^{14}C年代測定－

○國木田大、吉田邦夫、宮崎ゆみ子、松崎浩之(東京大学)、加藤博文(北海道大学)、佐藤孝雄(慶応大学)、G.I.Medvegev、E.A.Lipnina(イルクーツク国立大学)

A-21　天明３年(1783年)の浅間泥流で埋没した建物建築材の年代学的検討

○伊藤茂、藤根久、佐々木由香、山形秀樹(㈱パレオ・ラボ)、楢崎修一郎(財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団)

A-22　波長四分割TL/OSL自動測定装置を用いたルミネッセンス年代測定　－蓄積線量評価の改善－

長友恒人(奈良教育大)、○下岡順直(日本学術振興会特別研究員)、小畑直也(奈良教育大学大学院)

A-23　マイクロフォーカスX線CTによる木造彫刻の非破壊年輪年代測定－國學院大學所蔵の木造僧形坐像(伝僧形八幡神像)を事例として－

○大河内隆之(奈良文化財研究所)、岩田茂樹(奈良国立博物館)、光谷拓実(奈良文化財研究所)

A-24　二次イオン質量分析(ＳＩＭＳ)を用いたH'プロファイリングによる黒曜石水和層の研究

○渡辺圭太(立教大学)、比屋根肇(東京大学)鈴木正男(立教大学)

【古環境】14:59～16:07　62

A-25　西日本における縄文時代の貯蔵穴？の堅果類の特徴と使用環境

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

A-26　下之郷遺跡から出土したウリ科作物　(*Cucurbitaceae*)の果実

○田中克典(総合地球環境学研究所)、花森功仁子(㈱ジェネテック、岐阜大学連合農学研究科)、大角信介(㈱ベックス)、川畑和弘(守山市立埋蔵文化財センター)、加藤鎌司(岡山大学大学院自然科学研究科)、佐藤洋一郎(総合地球環境学研究所)

A-27　遺跡出土資料からみたワラビの利用

○佐々木由香(㈱パレオ・ラボ)、山崎純男、片多雅樹(福岡市教育委員会)、西田治文(中央大学)

A-28　縄文時代石器資料の残存デンプン分析

○渋谷綾子(総合研究大学院大学文化科学研究科)

B会場（大講義室）：第１日目

【保存科学】9:40～11:05　70

B-1　固着性地衣類のチャシブゴケの石造文化財に及ぼす影響-山形に伝わる日本最古の石鳥居群を事例として-

○張大石（東北芸術工科大学)

B-2　保存剤による地盤の強度発現過程における環境への影響

田中保士(㈱田中地質コンサルタント)、高山勝巳、辻子裕二(福井工業高等専門学校)、○廣瀬康平(福井工業高等専門学校専攻科)、侯文忠(中華民国国立自然科学博物館)

B-3　イースター島モアイ像の保存科学的研究2－溶出実験による石造文化財保存処理法の評価－

○脇谷草一郎、高妻洋成、降幡順子、肥塚隆保(奈良文化財研究所)

B-4　ガス電子増幅フォイルを用いた文化財調査用X線検出器の開発

○大塚将英(東京文化財研究所)

B-5　大気汚染が文化財に与える影響とその防御の研究

西山要一(奈良大学)、酒井真志（奈良大学大学院)

【産地同定①】11:09～12:00 80
B-6 縄文・弥生文化移行期における神津島産黒曜石のもうひとつの流通
○杉山浩平(東京大学農学部)、池谷信之(沼津市文化財センター)
B-7 ＥＰＭＡによる北海道産黒曜石の主成分組成分析と産地同定
○和田恵治(北海道教育大学旭川校)、向井正幸(旭川市博物館)
B-8 加賀「秋常山１号墳」葺石の石質と原産地について
○藤則雄(金沢大学)、井上誠一、菅原雄一(能美市立歴史民俗資料館)
【産地同定②】15:30～16:38 86
B-9 生駒西麓遺跡群は軟質土器の生産センターか？
○三辻利一(大阪大谷大学)、福永信雄(東大阪市教育委員会)、原田昌則(八尾市文化財調査研究所)
B-10 土器の胎土材料と製作地推定法の新たな試み
○藤根久(㈱パレオ・ラボ)、新藤智子、福岡孝昭(立正大学地球環境学部)
B-11 エジプト出土の初期イスラーム・ガラスに関する考古化学的研究
○加藤慎啓、中井泉(東京理科大学)、真道洋子(中近東文化センター)
B-12 鎌倉由比ヶ浜地域から出土した人骨・歯のストロンチウム同位体比
○南雅代、中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)、平田和明、長岡朋人(聖マリアンナ医科大学)
【材質技法①】16:42～17:16 94
B-13 西安より出土した漢代の朱漆塗り繊維製品について
○太田亜希(京都造形芸術大学大学院)、岡田文男(京都造形芸術大学)、孫福喜、程林泉、王磊、馮健(西安市文物保護考古所)
B-14 文書及び紙文化遺産のＤＮＡ分析を用いた素材分析法について
○大島美帆、(総合地球環境学研究所)、坂本勇(㈲ＰＨＩＬＩＡ)、田中克典、福永健二、佐藤洋一郎(総合地球環境学研究所)
Ｂ会場（大講義室）：第２日目
【材質・技法②】9:30～10:55 98
B-15 ナノファイバー薄膜を用いる微量天然染料の分光学的測定
○佐藤昌憲(奈良文化財研究所)、後藤卓真、小滝雅也(京都工芸繊維大学)
B-16 出土絹製遺物の顕微赤外分析による研究
○赤田昌倫、後藤卓真(京都工芸繊維大学先端ファイブロ科学)、佐藤昌憲(京都工芸繊維大学、奈良文化財研究所)、奥山誠義(橿原考古学研究所)
B-17 元興寺における創建期の外観塗装材料に関する調査(Ⅰ)
○北野信彦(くらしき作陽大学)、狭川真一(元興寺文化財研究所)、窪寺茂(奈良文化財研究所)
B-18 三宅西遺跡から出土した赤色顔料関係遺物
○清水梨代((財)大阪府文化財センター)
B-19 染織文化財に用いられた染料の超微量分析の試み(１)-質量分析によるアントラキノン系赤色染料の分析-
○佐々木良子、四方真由美(京都工芸繊維大学)、梶谷宣子(NY メトロポリタン美術館)、佐々木健(京都工芸繊維大学)
【材質・技法③】13:30～14:38 108
B-20 近世の銀精錬技術、「灰吹法」に関する材料科学的検証…石見銀山遺跡出土遺物を中心に…
○村上隆、横山精士(奈良文化財研究所)、高田 潤(岡山大学)、中田健一、遠藤浩巳、大国晴雄(大田市教育委員会)、足立克己(島根県教育委員会)
B-21 寛永通宝の素材研究ー化学データからの分類を目指してー
○橋本俊範(㈱大阪府文化財センター)
B-22 新開発の軽元素用ポータブル蛍光Ｘ線分析装置によるクロアチア・ザダール出土ガラスの化学組成分析
○K.タンタラカーン、加藤慎啓、保倉明子、中井泉(東京理科大学)、藤井慈子、S.グルシェビッツ(クロアチア・ザダール考古学博物館)

B-23　韓国公州水村里Ⅱ-4 号墳出土の百済金銅冠の復原製作
○鄭光龍(韓国伝統文化学校)、李鉉相(公州大学)、尹用賢(国立中央科学館)、辛長河(奈良大学)

【材質・技法④】14:42～15:50　116

B-24　東北地方縄文晩期土器における黒色化手法と文様施文手法の結びつき
○小林正史(北陸学院短期大学)、鐘ヶ江賢二(鹿児島国際大学)

B-25　弥生土器の焼成技術と焼成温度との関連性についての予察－福岡県朝倉市平塚川添遺跡出土土器の黒斑観察および自然科学的分析をつうじて－
○鐘ヶ江賢二(鹿児島国際大学)、長友朋子(高麗大学考古環境研究所)、小林正史(北陸学院短期大学)、長友恒人、西村誠治(奈良教育大学)、鈴木清一(福岡教育大学)

B-26　大型Ｘ線ＣＴスキャンを用いた陶磁器製作技術の解明
○鳥越俊行、遠藤啓介、今津節生(九州国立博物館)

B-27　カマン・カレホユック遺跡Ⅱa 層出土雲母含有土器の考古科学的研究
○熊崎千恵美(東京理科大学大学院)、中井泉(東京理科大学理学研究科)

ポスターセッション　講義１号棟２階　解説時間：12:30～13:30　頁

【年代測定】　126

P-1　^{14}Ｃ年代測定を利用した縄紋住居埋没過程の復元
○小林謙一、遠部慎、坂本稔、宮田佳樹(国立歴史民俗博物館)、松崎浩之(東京大学)、村本周三(総合研究大学院大学)、加藤宣春(株式会社ＣＵＢＩＣ)

P-2　山梨県銚子塚古墳周溝出土木柱および樹木試料等の炭素年代結果について
○今村峯雄、小林謙一、廣瀬和雄(国立歴史民俗博物館)、森原明廣(山梨県教育委員会)

P-3　年輪年代法と炭素 14 ウィグルマッチ法による年代決定の相互比較
○尾嵜大真、坂本稔、今村峯雄(国立歴史民俗博物館)、横山操、杉山淳司、川井秀一(京都大学生存圏研究所)、光谷拓実(奈良文化財研究所)

P-4　^{14}C 年代測定によるカンボジア、チェイ村遺跡の年代について
○中松万由美(早稲田大学大学院創造理工学研究科)、嶋本紗枝(早稲田大学大学院文学研究科)、下田一太(早稲田大学理工学総合研究所)、中川武(早稲田大学理工学術院)、㈱パレオ・ラボ年代測定グループ

P-5　真脇遺跡出土環状木柱列の高精度 ^{14}C 年代測定による伐採年代の推定
○西本寛(名古屋大学大学院環境学研究科)、高田秀樹(能登町教育委員会)、中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)

P-6　弥生終末期から古墳前期の土器に付着した炭化物の ^{14}Ｃ年代 －愛知県安城市釈迦山遺跡・中狭間遺跡の例を中心に－
○小田寛貴(名古屋大学年代測定総合研究センター)、山本直人(名古屋大学大学院文学研究科)、赤塚次郎(愛知県埋蔵文化財センター)、加納俊介(愛知大学)、木野瀬正典(波田中学校松原分校)、中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)

P-7　東北・北海道における土器付着炭化物の ^{14}C 年代
○國木田大(東京大学新領創成科学研究科)、吉田邦夫、宮崎ゆみ子(東京大学総合研究博物館)

P-8　野尻湖遺跡群出土縄文時代草創期土器のＴＬ年代測定
○笹田幸佑、長友恒人(奈良教育大学)、谷和隆(長野県立歴史館)

P-9　旧石器遺跡形成史解明のための三瓶起源テフラの年代測定
○下岡順直(日本学術振興会特別研究員)、福岡　孝(島根県立三瓶自然館)、長友恒人(奈良教育大)、長谷川歩(奈良教育大)、草野高志 (蒜山地質年代学研究所)

P-10　北海道およびロシア沿海州の遺跡における考古地磁気の研究
○田中惠、菅頭明日香、岸田徹、酒井英男(富山大学)、臼杵勲(札幌学院大学)、布施和洋(北海道大学)、N. Kradin(Russian Academy of Science, Far Eastern division, Institute of History, Archaeology and Ethnography), Yu. NIkitin(Russian Academy of Science, Far Eastern division, Institute of History, Archaeology and Ethnography)

【古環境】 146
P-11 プラント・オパールからの環境および年代情報抽出に関する基礎的研究（Ⅰ）
○宇田津徹朗(宮崎大学)、長友由隆(宮崎大学名誉教授)、花房良太、毛利真裕子(宮崎大学)
P-12 高精度プラント・オパール分析による住居址内植物利用の復元
○松田隆二(株式会社古環境研究所)、濱田竜彦、馬路晃祥(鳥取県教育委員会)
P-13 花粉分析からみた近畿地方におけるソバ栽培の変遷
上中央子(滋賀県立琵琶湖博物館特別研究員)
P-14 花粉分析と珪藻分析からみる肥前名護屋城の環境
○東藤隆浩、大浦史雄(奈良教育大学大学院)、吉本健一(佐賀県名護屋城博物館)、金原正明(奈良教育大学)
P-15 佐賀市東名遺跡の貝塚と貯蔵穴の立地環境と堅果類利用の特徴
○金原正明(奈良教育大学)、中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)、金原正子(古環境研究所)、西田巌(佐賀市教育委員会)
P-16 大分市横尾遺跡における縄文時代早期後葉の環境変動
○金原正明(奈良教育大学)、中村俊夫(名古屋大学年代測定総合研究センター)、塩地潤一(大分市教育委員会)
P-17 都市遺跡における水利機能の解明に有効な珪藻種の考察
○大浦史雄(奈良教育大学大学院)、金原正明(奈良教育大学)、池野祐季(朝来市市役所)
P-18 縄文ヒエの年代と形態について
○住田雅和、西本豊弘、宮田佳樹(国立歴史民俗博物館)、三浦圭介(青森県埋蔵文化財センター)
P-19 全国の遺跡から出土したイネ種子の遺伝的傾向
○花森功仁子(岐阜大学連合農学・㈱ジェネテック)、大角信介(㈱ベックス)、望月峰子(㈱ジェネテック)、向井譲(岐阜大学連合農学)、佐藤洋一郎(総合地球環境学研究所)
P-20 縄文時代の編み籠の素材の研究
○黒沼保子、金原正明(奈良教育大学)、西田巌(佐賀市教育委員会)
P-21 埋没および現世水田にみられる土壌微細形態の比較－静岡市登呂遺跡の事例を中心として－
○松田順一郎(史跡 鴻池新田会所管理事務所)、 辻康男(パリノ・サーヴェイ株式会社)、 岡村渉(静岡市教育委員会)
【材質・技法】 168
P-22 大坂城址出土近世金工品についての材質調査
○清水梨代((財)大阪府文化財センター)
P-23 佐賀県反射炉由来の鉄鋼分析
○加藤将彦、小椋幸司、平井昭司、岡田往子、鈴木章悟(武蔵工業大学)、長野暹(佐賀大学)
P-24 前近代大鍛冶工程の再現にむけた予備実験（2）
○齋藤努、坂本稔、伊達元成、高塚秀治(国立歴史民俗博物館)
P-25 徳島市下中筋遺跡から出土したガラス製勾玉の復元的研究
近藤玲、植地岳彦((財)徳島県埋蔵文化財センター)、○魚島純一(徳島県立博物館)
P-26 近世遺跡出土ガラス製品の自然科学的研究
○新免歳靖(総合研究大学院大学)、木下正史(東京学芸大学)、永嶋正春(総合研究大学院大学・国立歴史民俗博物館)
P-27 イランにおける紀元前２千年紀から９・10 世紀の陶器釉薬の分析科学的研究
新免歳靖(総合研究大学院大学)、佐藤香子、松崎広子、伊東 聡(東京学芸大学)、岡野智彦、足立拓朗(中近東文化センター附属博物館)、○二宮修治(東京学芸大学)
P-28 エジプトギザ GPMP 出土遺物についての考古化学的研究―古王国時代のファイアンス、土器などについて
○山花京子(東海大学)、K. タンタラカーン、田代哲也、阿部善也、中井泉(東京理科大学理学部)
P-29 バクトリア遺宝の科学的調査－奉納板の蛍光X線分析－
○桑原康郎(MIHO MUSEUM)

P-30　カマン・カレホユック遺跡出土の青銅器時代の赤色土器についての化学的考察
○黄嵩凱、中井泉(東京理科大学)

P-31　海外調査における碑文資料の収集方法
○奥山広規(広島大学大学院)、森田拓馬(個人業)、泉拓良(京都大学)

P-32　奈良絵本「ふしのひとあな」および「長恨歌」挿絵の彩色材料の分析
野口高史(龍谷大学大学院理工学研究科院生)、森正和(龍谷大学ディジタルアーカイブ研究センター)、河野益近(京都大学大学院工学研究科)、○江南和幸(龍谷大学ディジタルアーカイブ研究センター)

P-33　伊藤若冲「動植綵絵」の彩色材料調査
○早川泰弘、佐野千絵、三浦定俊(東京文化財研究所)、太田彩(宮内庁三の丸尚蔵館)

P-34　鹿児島県における赤色顔料に関する調査事例
内山伸明、森雄二、永濵功治、西園勝彦(鹿児島県立埋蔵文化財センター)

P-35　江戸時代の黒色仏壇に対する科学的調査
○神谷嘉美、宮腰哲雄(明治大学大学院理工学研究科)

P-36　一乗谷朝倉氏遺跡出土漆器塗膜断面構造から推定される下地調整技法
○武田昭子(昭和女子大学)、水村伸行(朝倉氏遺跡資料館)、赤沼英男(岩手県立博物館)、土谷信高(岩手大学)

P-37　北海道函館市臼尻Ｂ遺跡出土漆製品の材質と技法
○小林幸雄(北海道開拓記念館)、阿部千春(函館市教育委員会)

P-38　大谷コレクションウィグル語文書用紙材質の研究
藤本慎一郎(龍谷大学理工学部大学院院生)、坂本昭二、岡田至弘、藤原学(龍谷大学ディジタルアーカイブ研究センター)、河野益近(京都大学大学院工学研究科)、増田勝彦(昭和女子大学)、○江南和幸(龍谷大学ディジタルアーカイブ研究センター)

P-39　近世民家の用材とその樹種－大和・国中地方の一事例から－
○藤井裕之(京都大学大学院)、竹口泰生、長谷川晋平(奈良県文化財保存事務所)

P-40　韓国瑞山富長里遺跡の百済三葉環頭大刀の入絲(象嵌)技法と保存
○鄭光龍、李壽熙、林　珍、范大建、白吉煥(韓国伝統文化学校保存科学科)

P-41　出土有機質遺物に対するシンクロトロン顕微赤外分光法の応用～繊維資料を中心に～
○奥山誠義(奈良県立橿原考古学研究所)、佐藤昌憲(独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所)、赤田昌倫・後藤卓真(京都工芸繊維大学大学院先端ファイブロ科学)、森脇太郎・池本夕佳(高輝度光科学研究センター)

P-42　Ｘ線ＣＴスキャナによる考古資料の調査
○鳥越俊行、今津節生、本田光子(九州国立博物館)、比佐陽一郎(福岡市埋蔵文化財センター)

【産地同定】　210

P-43　青森県内の消費地遺跡出土須恵器の産地問題
○三辻利一(大阪大谷大学)、三浦圭介(青森県埋蔵文化財センター)、藤原弘明(五所川原市教育委員会)、宇部則守(八戸市教育委員会)、佐藤智生(青森県埋蔵文化財センター)

P-44　松山平野の初期須恵器と軟質土器の蛍光Ｘ線分析
三辻利一(大阪大谷大学)、○山之内志郎(松山市埋蔵文化財センター)、高尾和長(松山市埋蔵文化財センター)

P-45　富山平野の消費地遺跡出土須恵器、土師器の産地研究
○三辻利一(大阪大谷大学)、宮田進一(富山県文化振興財団)

P-46　高松平野の初期須恵器の蛍光Ｘ線分析
○三辻利一(大阪大谷大学)、森下英治(香川県埋蔵文化財センター)

P-47　中性子回析を用いた縄文土器の分析と岩石学的手法による胎土分析の比較
小林謙一(国立歴史民俗博物館)、○河西学(山梨文化財研究所)、神山崇、池田進(高エネルギー加速器研究機構)

P-48　フィジーにおける土器および関連資料の胎土分析
○中園聡(鹿児島国際大学)、松本直子(岡山大学大学院)、川宿田好見、黒木梨絵(鹿児島国際大学)

P-49　蛍光X線分析の応用による土器製作者個人の変異の検討－産地における製作者の把握－
○中園聡、川宿田好見、折尾真紀、黒木梨絵、花田寛典、平川ひろみ、池平壮峻(鹿児島国際大学)

P-50　土器表面の痕跡による個人同定法の開発と産地推定への試験的研究
○中園聡、池平壮峻(鹿児島国際大学)

P-51　イスラーム陶器における緑釉の考古化学的研究～ラーヤ遺跡出土品を中心に～
○田代哲也、中井泉(東京理科大学理学部)、真道洋子(中近東文化センター)

P-52　ＩＣＰ発光分光分析を用いた中・近世陶磁器の生産地推定に関する基礎的研究
佐藤香子、松崎広子、伊東 聡(東京学芸大学)、新免歳靖(総合研究大学院大学)、○二宮修治(東京学芸大学)

P-53　長野市宮崎遺跡出土の河床礫起源の石器石材に関する分布調査
○塚原秀之、李基星(立命館大学大学院)、大和槙、吉田真澄(立命館大学学生)、矢野健一(立命館大学)

P-54　北海道における黒曜石の原産地に関する定量・定性分析－置戸安住遺跡出土遺物について－
金成太郎(明治大学大学院)、杉原重夫(明治大学文学部)、長井雅史、柴田徹(明治大学文化財研究施設)

P-55　石器・玉類の原材山地分析(２３)
○藁科哲男(遺物材料研究所)、中村大介(高麗大學校考古環境研究所)

P-56　五島列島の茶園遺跡出土黒曜石の産地分析
高橋豊(富士常葉大学環境防災研究所)

P-57　熊本地方出土の青銅製品に関する鉛同位体比
○魯禔玹、下村智、平尾良光(別府大学大学院)

P-58　黒崎城跡から出土した鋳造関連遺物に関する鉛同位体比
○角川茂、平尾良光(別府大学大学院)、佐藤浩司、梅崎恵司((財)北九州市芸術文化振興財団)

P-59　九州から出土した経筒の鉛同位体比
○石川ゆかり、平尾良光、上野淳也(別府大学大学院)

P-60　熊本県玉名郡和水町(旧三加和町)田中城跡かた出土した鉄砲玉の鉛同位体比
○西田京平、下村智、平尾良光(別府大学)、黒田裕司(和水町教育委員会)

P-61　鉛同位体比分析による敦煌莫高窟の壁画に使用された鉛系顔料の産地推定への試み
趙 林毅(ZHAO Linyi)(敦煌研究院保護研究所)、齋藤 努(国立歴史民俗博物館)、○谷口 陽子(東京文化財研究所)、范 宇権(FAN Yuquan)、于 宗仁(YU Zongren)(敦煌研究院保護研究所)

P-62　イオウ同位体比分析と微量元素分析から推定する朱の産地
○南武志(近畿大学理工学部)、高橋和也(理化学研究所)、今津節生(九州国立博物館)

P-63　出土琥珀の産地同定における諸問題
○植田直見((財)元興寺文化財研究所)

【保存科学】　252

P-64　大臼の保存処理－滋賀県草津市・柳遺跡出土例－
○中川正人、平井美典(滋賀県文化財保護協会)

P-65　保存処理木製遺物の強度特性に関する評価方法の試み
○山口誠治((財)大阪府文化財センター)

P-66　収縮・変形した出土木製遺物の形状回復に関する研究・その３－PEG 含浸法による収縮木材の回復試験－
○井上美知子、植田直見、伊藤健司、藤田浩明((財)元興寺文化財研究所)

P-67　セルロース誘導体を用いた出土木材の保存処理
○片岡太郎(秋田県立大学大学院・学術振興会特別研究員 DC)、栗本康司(秋田県立大学木材高度加工研究所)、高妻洋成((独)奈良文化財研究所)

P-68　糖アルコール法における木材および植物遺体保存処理の基礎的研究
○金原正子、木寺きみ子(古環境研究所)、金原正明(奈良教育大学)

P-69　リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理Ⅲ－材内における存在状態－
○片岡太郎(秋田県立大学大学院・学術振興会特別研究員 DC)、栗本康司(秋田県立大学木材高度加工研究所)、高妻洋成((独)奈良文化財研究所)

P-70　出土スギ材リグニンの化学構造の解析
○片岡太郎(秋田県立大学大学院)、芦谷竜矢(秋田県立大学木材高度加工研究所)、黒田健一(九州大学大学院)、栗本康司(秋田県立大学木材高度加工研究所)、高妻洋成((独)奈良文化財研究所)

P-71　出土木製品の保存処理に用いられるPEGの分子量分布の変化(3)
○米村祥央(東北芸術工科大学)、大久保治恵(東北芸術工科大学)

P-72　紙資料の劣化とその保存対策　－天草アーカイブスを事例として－
○早田紘子、渡辺智恵美(別府大学)、本多康二(天草市立天草アーカイブズ)

P-73　重要文化財島根県加茂岩倉遺跡出土銅鐸の保存修理－保存科学調査から－
○肥塚隆保、高妻洋成、降幡順子(奈良文化財研究所)、山崎修(雲南市教育委員会)、松本岩雄(島根県立古代出雲歴史博物館)

P-74　環境による金属の劣化実験
○朴芝然(パクジヨン)、渡辺智恵美(別府大学)、山田拓伸(大分県立博物館)

P-75　臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討(2)－冷風侵入制御のための実験－
○森井順之(東京文化財研究所)

P-76　石造五輪塔表面の生物繁茂と環境条件との関係について
○朽津信明、宇野朋子(東京文化財研究所)

P-77　文化財の透過X線撮影における蛍光増感スクリーンの特性
○松島朝秀(東京芸術大学大学院)、三浦定俊(東京文化財研究所)

P-78　保存修復処理教材の開発(Ⅰ)
○松井敏也(筑波大学)、Andras　Morgos(筑波大学)、加藤つむぎ(筑波大学)

P-79　漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策(2)～山形県河北町を事例として～
○鈴木雄太、松田泰典(東北芸術工科大学大学院)、米村祥央(東北芸術工科大学)

P-80　妻木晩田遺跡における保存科学的研究－土質遺構の露出展示にむけた環境調査－
○脇谷草一郎(奈良文化財研究所)、長尾かおり(鳥取県埋蔵文化財センター)、高妻洋成、降幡順子、肥塚隆保(奈良文化財研究所)

P-81　キャスティング・テープを用いた遺物の取上げ一手法
○岩本佳子(愛知県陶磁資料館)、村尾政人(島田組)、野澤則幸(名古屋市見晴台考古資料館)

P-82　簡便な採取法を用いた密閉型ケース内の残留揮発性物質調査
○山田卓司・川本耕三(財団法人　元興寺文化財研究所)

P-83　キトラ古墳保護覆屋内の環境について(2)－土壌水分量推移と環境管理－
○佐野千絵、犬塚将、英間渕創、木川りか、吉田直人、森井順之、加藤雅人(東京文化財研究所)、降幡順子(奈良文化財研究所)、石崎武志、三浦定俊(東京文化財研究所)

P-84　高松塚古墳石室解体時の石室周囲の気流性状解析
小椋大輔(京都大学大学院工学研究科)、○石崎武志(東京文化財研究所)、鉾井修一(京都大学大学院工学研究科)、北原博幸(トータルシステム研究所)、犬塚将英(東京文化財研究所)、多羅間次郎、木下舞子(京都大学大学院工学研究科)

【文化財科学一般】　294

P-85　地中レーダ探査法による城館遺跡の研究
○岸田徹、酒井英男(富山大学大学院理工学研究部)

P-86　実験製塩土器に吸着されたステロール類の研究
○堀内晶子、森山英範(国際基督大学教養学部)、宮田佳樹(国立歴史民俗博物館)

P-87　細川家船屋形保存展示ケースの温湿度環境の改修結果
○宮野秋彦(名古屋工業大学)、石原武矩、福西大輔(熊本市熊本博物館)、若木和雄(建材試験センター)、御厨秀俊(日本インシュレーション㈱)、村田豊(㈱伸興サンライズ)、寺村敏史、稲垣憲次(クリオン㈱)

P-88　縄文期高床倉の温湿度環境に関する実験的研究(第１報)～富士市北代遺跡の復元高倉について～
　　○宮野則彦(日本大学)、古川知明(富士市埋教育委員会)、宮野秋彦(名古屋工業大学)
P-89　沖永良部高倉の内部温湿度
　　○宮野則彦(日本大学)、宮野秋彦(名古屋工業大学)
P-90　伝統的祭服の収納保存ケースとその性能～(財)神山復生病院復生記念館において～
　　○武田昭子(昭和女子大学)、小嶋康子((財)復生病院)、宮野秋彦(名古屋工業大学)
P-91　江戸遺跡出土鳥骨の考古学的検討
　　○岩本佳子(愛知県陶磁資料館)
P-92　多数遺体埋葬における遺存部位の構成比と最小個体数との相関
　　○瀧川渉(東北大学大学院医学系研究科)、佐藤敏幸(東松島市教育委員会)
P-93　移動困難な試料の主成分金属元素分析を目的とした可搬型蛍光Ｘ線分析装置の開発－^{57}Co 線源・CZT 検出器を用いた定量可能な軽量装置開発の試み－
　　○川本耕三(元興寺文化財研究所)、松井一明(袋井市教育委員会)、河野益近(京都大学大学院工学研究科)、江南和幸(龍谷大学・理工学部)
P-94　軽元素を含む試料の蛍光Ｘ線分析と考古試料への応用
　　仁頃丈二郎、○藤原学、江南和幸、松下隆之(龍谷大理工)、池田重良(立命館大 SR セ)
P-95　磨崖仏の保存修復後におけるモニタリングの重要性－大分平野に分布する磨崖仏を中心として－
　　○安田奈央(別府大学大学院)、山路康弘(別府大学文化財研究所)、平尾良光(別府大学大学院)
P-96　臼塚古墳出土舟形石棺における劣化調査
　　○稗田貞臣(別府大学大学院)、山路康弘(別府大学文化財研究所)、平尾良光(別府大学大学院)
P-97　時間軸のある４次元ウォークスルーＣＧの開発と利活用研究－インターネットによるバーチャル資料館むけて－
　　○ 木村 寛之、田邉一元、松田繁(イビソク)、宇田 晃(アシストコム)
P-98　文化財測定用携帯型ラマンイメージング装置の開発とその応用
　　○小瀬戸恵美(国立歴史民俗博物館)、落合周吉、東山尚光、増谷浩二、木村淳一、古川剛志(㈱エス・ティ・ジャパン)、坂本章(埼玉大学・院理工)、田隅三生(埼玉大学)、趙林毅(敦煌研究院保存研究所)、日高薫(国立歴史民俗博物館)
P-99　顕微反射スペクトル測定による微小試料の染料分析
　　○吉田直人(東京文化財研究所)
P-100　寒冷地に建つ博物館の収蔵・展示環境について～八幡平市博物館の場合を中心として～
　　○宮野秋彦(名古屋工業大学)、赤沼英男(岩手県立博物館)、矢萩昭二(八幡平市博物館)
P-101　重要文化財美術工芸品のGISデータベース構築における課題
　　○二神葉子(東京文化財研究所)、沖野範子(岡山大学大学院自然科学研究科)
P-102　考古学研究支援システム”ARCADIA”を利用した目的情報抽出-千葉県古墳時代中期資料に対して-
　　○阿児雄之、亀井宏行、渡辺太一、橋本泰一(東京工業大学)
P-103　石造文化財へのアコースティックエミッション法の応用
　　○高妻洋成、降幡順子、脇谷草一郎、肥塚隆保(奈良文化財研究所)
P-104　考古資料における三次元デジタルアーカイブの博物館展示等への活用
　　○奥山誠義、樋口隆康、寺澤薫、関川尚功、水野敏典(奈良県立橿原考古学研究所)、松田真一、千賀稔(奈良県立橿原考古学研究所附属博物館)、森本国宏(奈良教育大学大学院)、青木智史(大阪大学大学院)
P-105　シリコーンを使った遺構の立体剥ぎ取り・複製の活用法と保存について
　　○管野成則、撫養健至(株式会社スタジオ三十三)、西田巌(佐賀市教育委員会)
P-106　科学分析用土壌試料の採取・保存およびその教育資料としての利用
　　○須永薫子(東京農工大学)、若月利之(近畿大学農学部)、平山良治((独)国立科学博物館筑波実験植物園)
P-107　九州地域における防災意識・防災体制に関する意識調査
　　日本文化科学会、中・四国九州保存修復研究会、防災意識調査ワーキンググループ

機器展示/図書販売

エクスロン・インターナショナル株式会社

スナガ環境測設株式会社

株式会社パレオ・ラボ

株式会社クバプロ

理研計器株式会社

三ツワ理化学工業株式会社

日本文化財科学会

（五十音順）

広告

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

株式会社古環境研究所

三恒商事株式会社

株式会社田中地質コンサルタント

三ツワ理化学工業株式会社

株式会社パレオ・ラボ

日本文化財科学会

（五十音順）

口頭発表

A－1

インドネシア、中部ジャワ遺跡に使用されている石材の特徴

内田悦生*、○石川裕士*、齋藤兼一*　（＊早稲田大学理工学術院）

1. はじめに

東南アジアの二大石造建造物としてカンボジアのアンコール遺跡とインドネシアの中部ジャワ遺跡が挙げられる。中部ジャワ遺跡は 7 世紀後半から 10 世紀初頭にかけて建造されたヒンドゥー教・仏教寺院である。演者らは 1994 年以来、アンコール遺跡の石材に関する研究を行っており、砂岩の帯磁率に基づく遺跡の分類や建造順序の推定等において成果を納めてきた。それゆえ中部ジャワ遺跡においても岩石学的アプローチにより新たな知見が得られることが期待される。そこで本研究では、遺跡を構成する石材の特徴の時代変化および石材の供給源を明らかにすることを目的としてディエン地域、ゴドン・ソンゴ地域、ボロブドゥール地域およびプランバナン地域の 4 地域に存在する計 28 の遺跡に対して岩石学的調査を行った。現地においては石材のサイズ測定、帯磁率測定、組積法調査とともに試料採取を行った。採取試料に対しては P 波伝播速度測定、孔隙率測定、色彩測定、鏡下観察および粉末 X 線回折法による鉱物同定、EPMA による鉱物の化学組成分析および全岩化学組成分析等を行った。

2. 石材の特徴の時代変化

石材の特徴（表 1）に基づき調査した遺跡は時代順に次の 7 つのグループに分類された。

Ⅰ：アルジュナ，セマール（前期ディエン）

Ⅱ：スリキャンディ，スンバドラ，ダラヴァティ，ガトゥカッチャ，ビマ（後期ディエン）

Ⅲ：ゴドン・ソンゴグループ（ゴドン・ソンゴ）

Ⅳ：グヌン・ウキール（初期ボロブドゥール・プランバナン）

Ⅴ：ルンブン，ブブラ，セウ，サリ，カラサン，パウォン，ムンドゥ，ボロブドゥール，サンビサリ，パニュニボ（前期ボロブドゥール・プランバナン）

Ⅵ：ヌガウェン，プラオサン・ロル，ロロ・ジョングラン，サジワン，パロン（後期ボロブドゥール・プランバナン）

Ⅶ：クラトン・ラト・ボコ，イジョー（末期ボロブドゥール・プランバナン）

表 1　石材の特徴の時代変化

Phase	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
厚さ(cm)	15 - 17	10 - 13	14 - 18	19 - 31	19 - 25	29 - 42	30 - 33
組積法	← 不揃い →	← 整層積み →		← 特殊 →			← 乱積み →
帯磁率(×10 $^{-3}$SI)	18 - 25		12 - 18	24 - 54			38 - 55
構成鉱物	斑晶少ない		← 黒雲母 →	斑晶多い			
全岩化学組成*	A		B	C		D	

＊A:玄武岩質安山岩、B:粗面玄武岩、C:玄武岩質安山岩、D:玄武岩質粗面安山岩～玄武岩質安山岩

最も顕著な変化が見られたのは石材の厚さであり(図 1)、建造年代が新しくなるにつれ石材が厚くなる傾向が見られた。各グループの石材の厚さは一部の遺跡を除きほぼ均一であった。

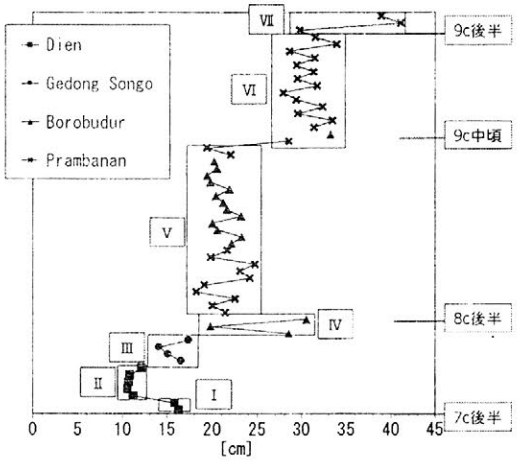


図 1 石材の厚さの時代変化

3. 石材の供給源

中部ジャワ遺跡に用いられている石材は主に安山岩質の火山岩で、ボロブドゥールおよびプランバナン地域では玄武岩質粗面安山岩～玄武岩質安山岩、ディエン地域では玄武岩質安山岩、ゴドン・ソンゴ地域では粗面玄武岩に分類される。

ディエン地域、ゴドン・ソンゴ地域の遺跡は構成鉱物や全岩化学組成（図 2）などにおいて他の地域の遺跡とは異なっている。両遺跡は位置的にも他の遺跡と離れており、異なる火山に由来した岩石が使用されていることを示している。

ボロブドゥール地域ではグヌン・ウキールのみ全岩化学組成において違いが認められ、石材の供給源が異なる可能性が高い。

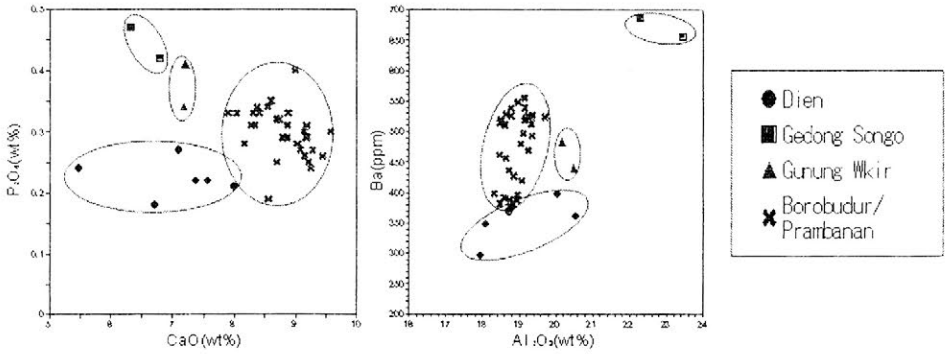


図 2 全岩化学組成分析結果

4. 遺跡の建造年代に関する考察

石材の特徴によるグループ分けと従来推定されている各遺跡の建造年代は概ね良い一致を示した。しかしながら、いくつかの遺跡では一致しない。

グヌン・ウキールはボロブドゥールおよびプランバナン地域において最古の遺跡であるが、基壇部では後期（グループVI）の遺跡の石材に近い厚さを示した。また組積法においても特殊な工法が認められ、初期の建築物には特殊性があったことが考えられる。

バニュニボとヌガウェンはそれぞれ 9 世紀後半、790～800 年頃に建造されたと考えられているが、石材の厚さに関してはそれぞれグループV（8 世紀後半～9 世紀前半）、グループVI（9 世紀後半）に近い値を示した。特にヌガウェンに関しては建築の細部において後期の様式が認められていることから、9 世紀後半に建てられた可能性が高い。

A-2

携帯型蛍光X線分析装置のアンコール遺跡への応用

－ラテライトの分類とバイヨン寺院内回廊の石材劣化－

内田悦生*、○田久保豊*、具志堅史一*、佐竹渉*、中川武*（＊早稲田大学理工学術院）

1．はじめに

非破壊が原則である文化財の調査において、携帯型蛍光 X 線分析装置による原位置での迅速な化学組成分析は材質の特定や劣化に関連した析出塩類の同定等において大いに役立つことが期待される。本研究では Innov-X Systems 社製の携帯型蛍光 X 線分析装置 α－4000 に関する基礎的な研究を行うとともに、演者らが保存修復に取り組んでいるカンボジアのアンコール遺跡への本装置の応用として、化学組成に基づくラテライトの分類およびバイヨン寺院内回廊における析出塩類の調査を行った。

2．携帯型蛍光X線分析装置 Innov-X α－4000 の性能評価

本装置にインストールされている Soil mode は土壌分析用の分析モードであり、主として鉄より重い元素を測定対象とした Standard mode と Ti、Cr、Ba および軽元素の検出能力を強化した Leap mode の 2 種類の分析モードが用意されている。

本装置の性能評価として、測定時間と分析精度、対象物との距離と分析値の関係、装置起動後の経過時間と分析値の関係、岩石標準試料を用いた検量線の作成を行った。

2.1　測定時間と分析精度

米国岩石標準試料 No.2709 に対してスペクトルの確認された元素に関しては、ほとんどの元素において 3 分以上で標準偏差が小さくなり、再現性が高くなる傾向を示した。したがって本装置を用いて定量分析を行う場合には 3 分以上の測定時間が望ましい。

2.2　測定対象物との距離と分析値

測定対象物および分析装置の保護の観点から対象物から装置を離して測定することを想定し、X 線照射口に被らないように成型したシリコンゴムシートを用いて距離を調整して対象物との距離と分析値の関係を調べた。

測定の結果、米国岩石標準試料 No.2710 に対してスペクトルが確認されたいずれの元素に関しても、5mm の範囲内ならば X 線照射口と測定対象物との距離が変化しても分析値に影響が無いことが判

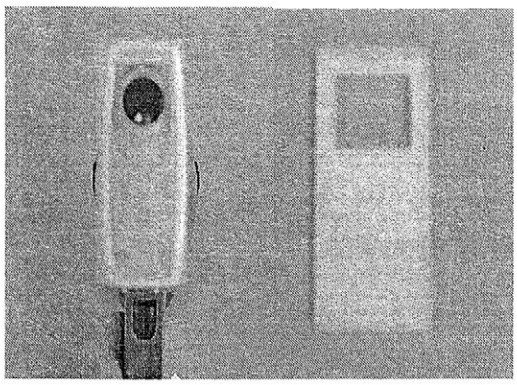


図 1　実験に使用したシリコンゴムシート

明した。

2.3　起動後の経過時間と分析値

蛍光X線分析装置は起動してからX線強度が安定するまでに時間がかかることが予想される。そこで、装置の起動後からバッテリーが切れるまで（約 270 分間）連続して測定を行い、その変化を調べた。

日本岩石標準試料 JA－2 に対してスペクトルが確認された元素に関しては、起動後の時間経過に伴う分析値の変化は小さく、起動後の経過時間は分析値にほとんど影響を与えないことが明らかとなった。Standard mode における Ti および Mn に関しては分析値のバラツキがやや大きいが、この 2 元素に関しては Leap mode を用いて測定を行えば問題の無いことが判明した。

2.4　岩石標準試料を用いた検量線の作成

Standard mode において Ti、Mn、Fe、Cu、Rb、Sr および Zr に対して、また、Leap mode において K、Ca、Ti、Mn および Fe に対して日本岩石標準試料（火成岩 10 試料）を用いて検量線を作成した。

3．アンコール遺跡への応用

3.1　微量元素に基づくラテライトの分類

本装置を用いて求められた As および Sr の含有量に基づき、アンコール遺跡のラテライトは建造年代順に 5 つのグループに分類された。このことからアンコール期において少なくとも 5 つのラテライトの石切り場が存在したことが明らかとなった。

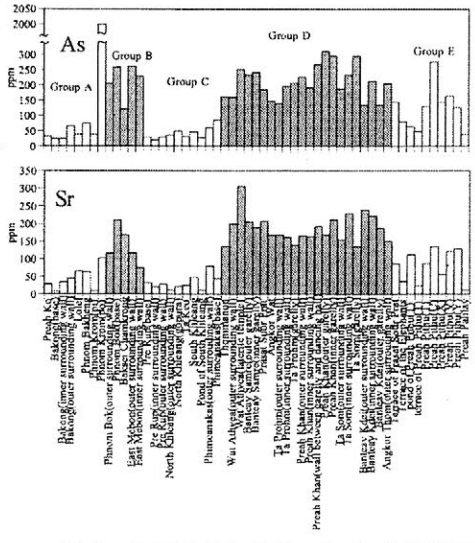


図 2　ラテライトの As、Sr による分類

3.2　バイヨン内回廊の砂岩材に対する析出塩類調査

①コウモリの排泄物に起因する析出塩類

バイヨンには多くのコウモリが棲息しており、コウモリの排泄物に含まれる P や S に起因する塩類の析出が確認されている。本装置による分析において、劣化していない砂岩材と比較して P や S が多く検出された箇所においてコウモリの排泄物に起因する塩類析出が生じていると判断した。

②方解石の析出による析出塩類

砂岩に浸み込んだ雨水が Ca を溶かし込み、その蒸発時に大気に由来する CO_2 と反応して析出した方解石が石材劣化に関与している。①のコウモリの排泄物に起因する塩類において検出される P や S がほとんど無いが、劣化していない砂岩材と比較して多くの Ca が検出された箇所において方解石が析出していると判断した。

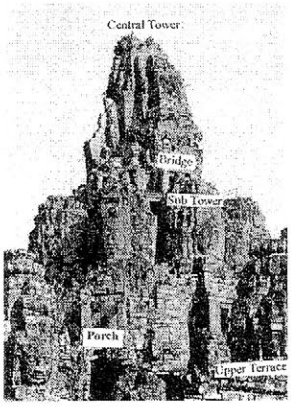
A－3

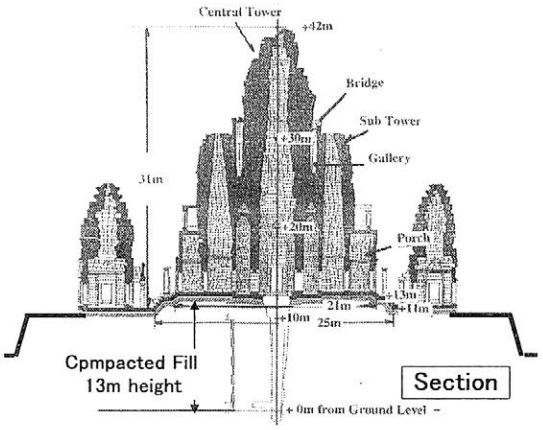
カンボデフィア王国アンコール遺跡バイヨン中央塔の変状とその原因

○ 岩崎好規　財）地域地盤環境研究所
福田光治　財）地域地盤環境研究所
新谷眞人　早稲田大学教授
中川　武　早稲田大学教授

1.主塔の概要

バイヨン主塔は，現地盤から高さ約 42m の積み石構造で，上段テラスに基礎を有しているため，実質の高さは約 31m である。上段テラスは現地盤から高さ約 13m で平面形状は複雑で，東西 30m 南北 25m の基本矩形を中心に，南北東西に４つの矩形盛土が張出されて，全体では十字型を有している。





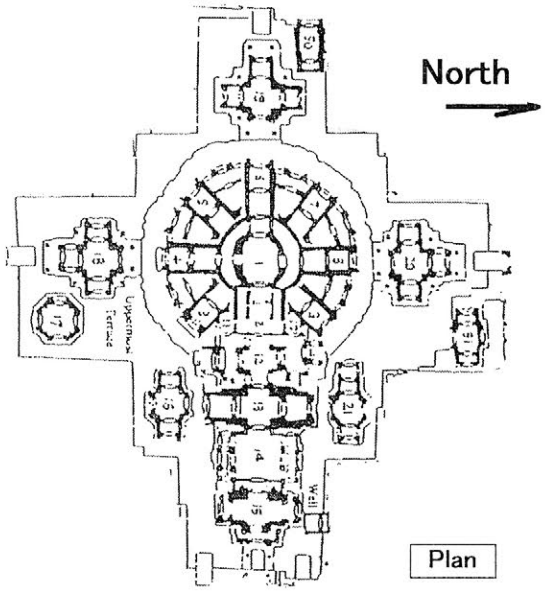


Photo 1 Bayon Tower (from west- north side) Fig.1 Schematic Section(from east side)

副塔の塔頂までの高さは，上段テラス面から約 20m であり，祠堂の高さ約 9m である。副塔と主塔との間には，上段テラスから 15m の高さに人が塔の周囲を動くことが出来る空間，中段回廊が存在する。現在の中央塔頭頂部は，どの方向からみても同じではない。中央塔頭頂部は，創建時には軸対象であったと考えられるが，これは頭頂部を構成していた積石部材が崩落したためである。中央塔の現状については，現在塔頂部は，北へ 235mm，西へ 275mm(北西へ 361mm)と偏移しており，塔傾斜によるとすれば，現在の値は 12.4mm/m で，約 0.71 度の傾斜角となる。

2　主塔安定の問題点の総括

主塔の安定に関する問題点を示したが，次の諸点に総括される。

① その形状から塔の転倒崩壊が発生する限界傾斜角は 230mm/m で，現状の傾斜角（12.4mm/m）の 20 倍であり，塔全体の転倒崩壊の可能性はない。
② 傾斜計の連続計測結果から，年間変動量は 0.2mm/m 以下で傾斜は進行的ではない。
③ 積み石間の目地変位の計測から，風速が 4-5m/sec 以上になると非復元性目地変位が発生し，このような目地の間に砂礫とか，樹木根等が入ってさらに目地開きが固定拡大されていることが判明している。
④ 現状の中央塔塔頂部の非対称性は，塔頂を構成していた積石の崩落によると思われる。
⑤ 中央塔の積み石縦柱の基礎付近には，せん断性の斜め亀裂が見られ，この亀裂が進展するとその積み石が破壊し，柱全体が崩壊するという塔頂部崩塊シナリオが予想できる。
⑥ 塔基礎部分の変状を基礎周縁部の縁石レベルの計測結果からみると，縁石は水平でなく，局所的に約 30cm 程度の沈下が見られる。
⑦ 副塔と主塔間にかかる石梁材は，落下しているものや，破断しているものが多いが，これらの変状の原因は基礎部分の局所的な変状が上部構において増幅された結果ではないかと思われる。
⑧ 砂岩材の下位に存在するラテライトブロックの風化による体積縮小なども不等沈下を引き起こし，上部構造の変位に大きな影響を与えている。
⑨ 中回廊西外側の排水孔からの流出水の計測結果によれば，対応する降水面積と雨量から予想される降雨量の約 30%程度のみが流出しており，70%の大部分は上段テラスなどから盛土内に浸透していると考えられる。
⑩ 2006 年の副塔の柱の傾斜計測からは，すべての柱が外方に傾斜しており，傾斜角の大きさは 2-30mm/m(平均 16mm)である。
⑪ 中央塔周囲の副塔内部の壁には，目地の拡大や亀裂があり，その位置が高くなるほど開きが大きくなっていて，⑩の傾斜と変形のモードは整合している。

以上のような現状からみると，中央塔の変状の力学的原因は，基礎を含めての塔構造，基礎構造，および上部構造に起因する場合とがあることが分かる。塔構造としての現状では，主塔の転倒崩壊に対する力学的安定性は確保されており，転倒崩壊防止のために主塔を現時点で全面解体する必要はない。しかしながら，強風などにより石材の崩落などは，いつ発生してもよい状況にあるといえよう。⑩に見られる柱の傾斜の原因としては，基礎地盤の傾斜か，あるいは上部構からの構造の変状に起因すると思われる。

3　結論

アンコールバイヨンのシンボルとしての中央塔は，塔上部の崩落，塔下部の副塔に顕著に見られる外方への傾斜の継続を減少させるための方策を講ずる必要があり，充分な検討を要する。

参考文献

JASA(2006) Chap.4 Study on the Restoration method of Central Tower of Bayon, Annual Technical Report on the Survey of Ankor Monument 2005-2006, pp 75-101

バイヨン寺院中央塔の微動計測に基づく等価弾性係数の評価

○前田寿朗（早稲田大学） 山本竹哉（早稲田大学大学院生） 若生佑介（間組） 平井智也（大林組）

1. はじめに

アンコール遺跡バイヨン寺院中央塔の効果的な恒久的保存方法を立案するためには，構造物としての崩壊形と崩壊荷重を推定する必要がある．既往の崩壊荷重の推定においては組積造構造物を通常の建物同様に連続体として扱い，地震等の外乱に対して十分な材料強度を有するかどうかが検討されている．しかしながら，バイヨン寺院のような砂岩の空積組積構造を，連続体として扱う妥当性については明らかでない．ここでは，2003 年度および 2004 年度に中央塔の微動測定を行い，空積組積構造の振動特性を明らかにし，有限要素モデルを用いて等価な連続体の物性を検討した結果を報告する．

2. バイヨン寺院中央塔の振動特性

図 1 および図 4 に示す中央塔は，高さ約 30m，底面外径約 5.5m の主塔と，その外側に位置する 8 本の副塔を，幅 1.2m のギャラリーで結ぶ構造を有する．微動測定には過減衰型の加速度計とデータロガー（100Hz サンプリング，30Hz ローパスフィルタ）を使用した．2003 年 8 月に行った中央塔各部の微動測定結果より，主塔，副塔，ギャラリーのいずれもが大きく振動する，1 次振動数 2.8Hz が得られた [1]．2004 年 9 月には，中央主塔の振動形を詳細に把握するために，頂部 3 成分，基部 3 成分，中間部 3 箇所各 1 成分の微動測定を行った．図 2 に示すように，中央主塔頂部は 2.8Hz と 5.1Hz で大きく振動し，それらの振動数での振動形が図 3 のように得られた [2]．これらの結果より，砂岩の空積み組積造の中央主塔が，通常の建物同様に 1 次モードおよび 2 次モードで振動することが示された．表 1 に，振動モードに対応する地盤の影響を含んだ地盤連成系卓越振動数と，頂部のスペクトルを基部で除して地盤の影響を除いた時の基礎固定系卓越振動数を示す．同表中には，RD 法に対数減衰率を適用して求めた減衰定数も示した．

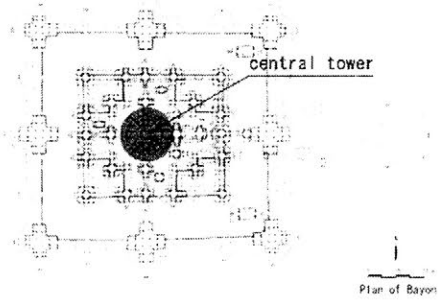


図 1　バイヨン寺院配置図

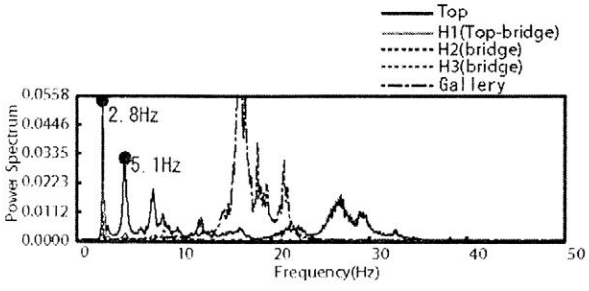


図 2　中央主塔頂部水平成分パワースペクトル

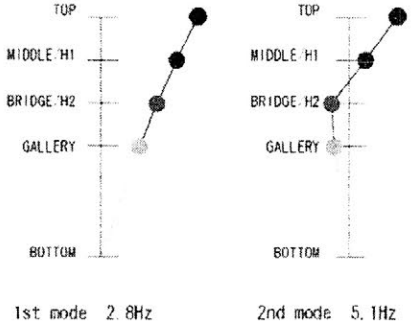


図 3　卓越振動数における振動形

表 1　卓越振動数と減衰定数

	1 次	2 次
地盤連成系卓越振動数	2.8Hz	5.1Hz
基礎固定系卓越振動数	3.1Hz	5.2Hz
減衰定数	2.2%	4.0%

3. 有限要素法による連続体等価な物性

有限要素モデルの形状を作成するために，JSA（日本政府アンコール遺跡救済チーム）で別途行われた，3 次元レーザー測量結果 [3]を参照した．同測量においては外形のみならず内部の測量も行われているため，実際に測定することのできない壁厚についても精度のよいモデル化を行うことができた．図 4 に同測量結果と有限要素モデルを示す．砂岩の物性については，早稲田大学建築学科輿石研究室による，アンコール遺跡修復に用いられた新材の圧縮試験結果を参照した．複数のサンプルに関する材料試験結果の平均値を表 2 に示す．

形状・物性ともに最も信頼できるデータに基づいてモデル化したにもかかわらず，このモデルによる固有振動数は測定結果の数倍に達し，砂岩個材の材料物性を持つ連続体として扱えないことがわかった．その理由として，砂岩ブロック間の実際の接触面積が小さいこと，ブロック間ですべりが発生しうること等が考えられるが，全体としての振動モードが存在し，1 次と 2 次の卓越振動数の関係も連続体と調和的なので，ここでは測定結果を説明できる連続体等価な材料物性について検討した．その結果ヤング率を 1,500N/mm^2 とし，新材の 1/9 とすることにより，表 3 に示すように測定による卓越振動数相当となることが示された．対応する振動モードを図 5 に示す．

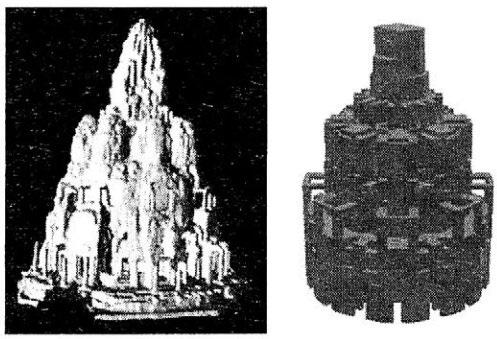


図 4　測量結果と有限要素モデル

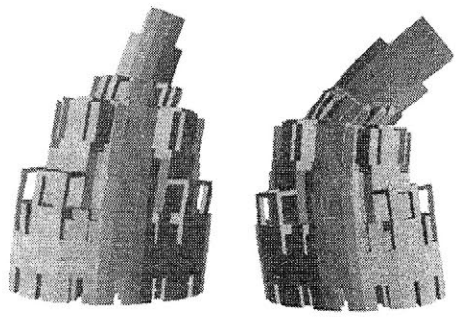


図 5　有限要素モデルの振動モード形状
（左：1 次，右：2 次）

表 2　砂岩の材料試験結果

ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	質量密度 (g/cm^3)
13,000	0.11	2.52

表 3　固有振動数の比較

固有モード	解析結果(Hz)	測定結果(Hz)
水平成分 1 次	3.1	3.1
水平成分 2 次	5.8	5.2

4. まとめ

中央塔の微動測定の結果，砂岩が積まれただけの組積造でも一般の建築物と同様な振動モードを有し，類似した減衰定数を有することが確認された．微動測定による振動特性について，有限要素モデルを用いて等価な連続体の物性を検討した結果，連続体等価な弾性定数は砂岩固有の弾性定数の 1/9 となり，連続体置換による崩壊荷重の推定の有効性については検討の余地があることが示された．これらの測定および検討結果は，今後の不連続体解析手法による検討に活かされる予定である．本研究の微動測定において，多大なる支援をいただいた JSA（日本政府アンコール遺跡救済チーム：中川武団長）に謝意を表する．

文献

1)福本有希他：アンコール遺跡バイヨン寺院の振動特性（その 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，2004.
2)平井智也他：アンコール遺跡バイヨン寺院の振動特性（その 4），日本建築学会大会学術講演梗概集，2005.
3)Ikeuchi, K., Hasegawa K., Nakazawa A., Takamatsu J., Oishi, T. and Masuda, T., Bayon Digital Archival Project, 10th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM2004), November 2004.

A－5

赤外線サーモグラフィを用いた鳥居の劣化診断解析

― 鋳鉄製及び花崗岩製鳥居を例として ―

○ 山路 康弘（別府大学文化財研究所），小田 貴志（明大工業株式会社）

1．はじめに

近年、屋外に晒されている文化財は劣化が著しく進み、表層剥離や材質の脆弱化が目立ち始めている。そのため屋外文化財の劣化状況を把握し、今後の保存修理方法を検討するための現況調査方法の確立が急がれている。そこで今回は赤外線サーモグラフィを用いて鋳鉄製及び花崗岩製と材質の異なる鳥居で劣化診断解析をおこなうこととした。さらに赤外線サーモグラフィ劣化診断解析結果の信頼性を確認するために他の調査も併用し、解析結果とのクロスチェックを実施した。

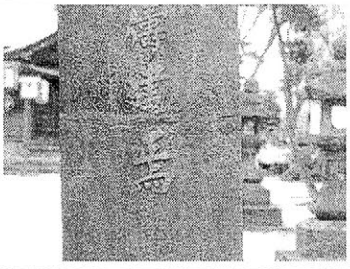
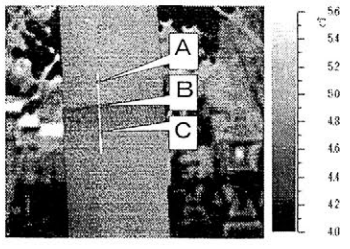
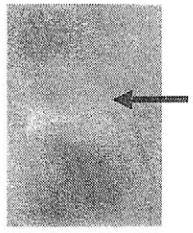
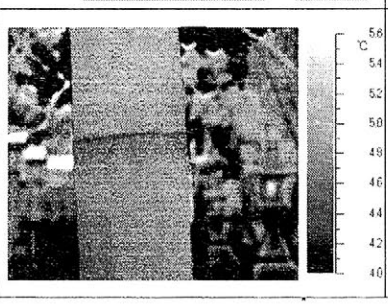
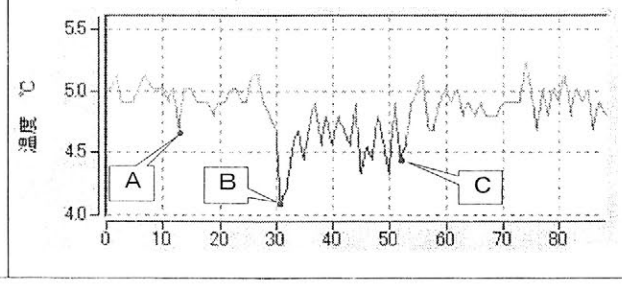
今回は熱赤外サーモグラフィを使用した屋外文化財の劣化診断解析の事例とその有効性について報告する。

2．鋳物製鳥居における劣化診断解析結果

調査対象となった鋳鉄製鳥居は王子神社（大分県大分市）に所在する寛政八年（1796）に建立された鳥居である（写真－1）。現状は継手部分にクラックが数本走り、柱は腐食や剥離が進行している状況である。

調査内容としては先に目視による観察を実施し、次いで赤外線サーモグラフィ劣化診断調査，超音波探傷調査，放射線透過調査，浸透探傷調査を実施した。以下に正面向右柱継手部における赤外線サーモグラフィ劣化診断解析と他の調査との検討結果を示す。

写真－1　鳥居（正面）

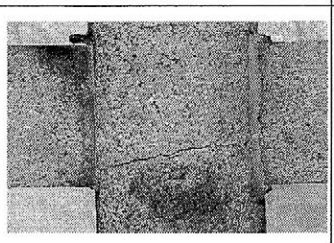
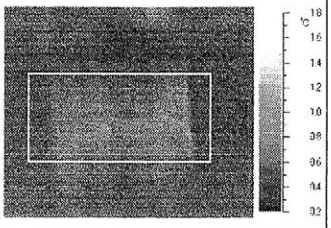
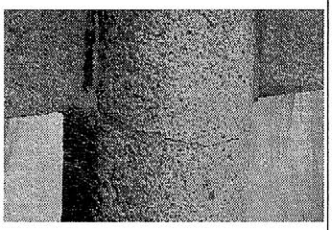
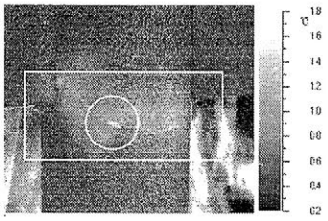
<table>
<tr><td>観測箇所写真</td><td>  </td><td>差画像縦断温度設定図</td><td> 
</td><td>透過写真</td><td>  </td></tr>
<tr><td>差画像</td><td> 
</td><td>差画像縦断温度グラフ</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>他の調査との検討</td><td colspan="5">赤外線サーモグラフィで継手部分を撮影すると継手部を挟んで上下に大きな温度変化が認められた（差画像）。その部分の差画像縦断温度グラフであらわすと、点A：4.7℃、点B：4.2℃、点C：4.4℃を示し、継手部を挟んで0.2～0.5℃の温度差が生じ、平均では最大0.7℃の温度差があることが明らかとなった。また放射線透過調査で撮影された継手部の写真と赤外線サーモグラフィによる差画像では類似した像を示し、この範囲で大きな温度変化が認められるため、この温度差は結合部の構造により生じたと考えられる（透過写真の ← が継手部）。</td></tr>
</table>

3．花崗岩製鳥居の劣化診断解析結果

調査対象となった花崗岩製鳥居は東京都世田谷区に所在する喜多見氷川神社に承応三年（1654）に建立された区内最古といわれている鳥居である。現状は全体的に摩滅した感が強く、とくに柱には銘文が刻まれているが判読しにくくなっている。さらに本殿向右柱には貫部分より正面から背面にかけてクラックが一周巡っている状況である。

写真-2　鳥居（正面）

調査内容としては先に目視による観察を実施し、次いで赤外線サーモグラフィ劣化診断調査，クラック測定（開口幅および深度）を実施した。以下に本殿向右柱貫周辺における赤外線サーモグラフィ劣化診断解析と他の調査との検討結果を示す。

	観測箇所写真	差　画　像	観　測　結　果
右柱正面中央			・差画像の□内において、温度分布に不連続な範囲が存在し、クラックに沿って1.0～1.2℃の温度差が認められる。これはクラックによる開口部およびその周辺が脆弱していることを示している。
右柱背面左側面			・差画像の□内において、温度分布に不連続な箇所が存在している。正面同様、クラックによる開口部およびその周辺が脆弱していることを示している。また、○内において著しい温度差（約1.8℃）が認められるが、これは本体から剥落しかけている部分である。
他の調査との検討	クラック測定により背面の方が正面より幅（正面最大：3.3 mm，背面最大：6.0 mm）および深度（正面最大：4.8 cm，背面最大：7.0 cm）と共に大きかった。この結果は背面が正面より著しく劣化していることを示している。また、赤外線サーモグラフィによる解析結果も背面のクラック上部と下部とでは1.0℃前後の温度差を示している。よって両調査結果から背面のクラック上部は「肉厚が他のクラック箇所と比べて薄い（右図○）」または、「柱内部に潜在的なクラックが存在し、その部分が脆弱化してきている」と推測できる。		

4．まとめ

赤外線サーモグラフィによって材質の異なる鳥居の劣化診断解析を実施したが、両鳥居共に劣化部分の特定ができ、また他の調査結果と一致する解析結果を示すことができた。このことから他の調査を併用することで劣化箇所や範囲などの推定精度が増すものの、赤外線サーモグラフィ単独でも劣化状況の把握ができることを示すことができた。よって、赤外線サーモグラフィにおける劣化診断解析は屋外文化財の現状把握、さらには維持管理を行う際の非常に有効な手段であると言える。

《参考文献》

1）山路康弘，玉永光洋，小田貴志：「熱赤外線映像装置を使用した屋外における金属文化財の劣化調査」『文化財保存修復学会 第27回研究発表要旨集』pp. 190-191 文化財保存修復学会（2005）

2）山路康弘：『区指定有形文化財「氷川神社鳥居（二の鳥居）」現況調査報告書』宗教法人 氷川神社／明大工業株式会社（2006）

A-6

泉崎横穴における損傷壁画の画像復元

○朽津信明（東京文化財研究所）・○三橋徹（凸版印刷）・池内克史（東京大学情報学環）

1．はじめに

泉崎横穴は、福島県泉崎村にある、６世紀末頃に造られたと考えられる国指定史跡の装飾横穴である[1]。泉崎横穴の壁画（図１）は、昭和８（1933）年に発見された当時には「部分的に顔料が厚く盛り上がった部分もあった」と伝えられるが、その後昭和40年代に人為的に傷つけられて壁画が著しく損傷している。損傷以前に撮られた写真は存在する（図２）ものの、いずれも白黒写真であり彩色壁画としての情報は十分に残されているとは言い難い。そこで本研究では、現在残されている顔料の色を計測し、それと損傷以前に撮影された写真の情報とを組み合わせることにより、損傷以前の彩色壁画の様子をＣＧ上で復元することを試みる。これにより、壁画の全容を実感することに貢献するとともに、壁画研究や古墳研究にも寄与することを目的とする。

2．過去の壁画復元の試みとの相違

劣化して不明瞭な絵画を、現状の科学分析に基づきＣＧ上で復元する試みはそれ程珍しくなく、例えば平等院鳳凰堂における壁画の復元はよく知られている[2]。しかし、通常の壁画復元では、現在欠損している箇所についてはあくまでも類例などに基づく推定で行われる。一方、法隆寺金堂壁画では焼損以前に撮られていた四色分解写真を損傷後に合成して壁画の再現が行われた[3]が、それは基本的には損傷以前に既に得られていた色情報を再構成したものと言える。それに対し本研究では、欠損箇所に関する情報は損傷以前に撮られた写真に基づき、色情報は現存する顔料の計測に基づくため、いずれも科学的根拠をもった情報に基づく壁画復元となることに新規制があると思われる。

3．方法

まず、現在残存する顔料部分（赤色）について、低レベル放射線源を用いた簡易元素分析[4]を行い、水銀や鉛は全く検出されず、顔料が存在しない部分に比べて鉄が強めに検出されることを確認した。

次に、現状の壁画の全体像を、デジタルカメラ（CANON EOS 5D）を用いて撮影した（図１）。その上で、分光放射輝度計（Photo Research PR-650）で代表的な色領域について計測し、それぞれの分光反射率情報を求めた（図３）。（なお、残存顔料部分の反射スペクトル波形は、いずれもベンガラのものと類似した。）さらに、画像データをカラーマネージメントシステムにより表色値に変換したのち、各色領域を構成する画素の平均表色値を求めた。これが分光反射率情報に基づいて算出された対応する領域の表色値に一致するように、それぞれの画素値を変換し、任意照明下での正確な色情報を求めた。

最後に損傷部分の復元を、損傷以前に撮影されたモノクロ画像を今回撮影した画像と比較することから行った。すなわち、白黒写真（図２）と現状画像（図１）とに共通して存在する壁画の特徴点や岩の特徴点などを参考に、それらの点が出来る限り一致するようモノクロ画像にサイズ変更を施し、隣接して表示してから両者を比較することによりその形状を補った。欠損部分の色は、白黒写真でもともと顔料の存在が確認される部分は顔料の色で、それ以外の部分は周囲の岩の色で埋めた。また、モノクロ画像や発掘当初に描かれたスケッチには確認されるが、現在は認識しづらくなっている文様については、現在の壁面上で顔料の残存を一部にでも確認できた箇所についてのみ顔料の色で再現した。以上の作業により今回復元された画像を図４に示す。

４．考察

元素分析結果と分光分析結果から、泉崎横穴の壁画は、ベンガラによって描かれていると考えられ、これは他の装飾古墳における報告と整合的な結果である。その今回復元された画像（図４）を見ると、損傷壁画（図１）では認識が困難だった以下の特徴を指摘可能と思われる。１．天井の渦巻き文の一番内側は「の」の字状に閉曲線を持つ。２．中央の四人の人物は、同一ライン上に乗っている。３．向かって右側の騎馬人物が構えている弓矢は、その右の動物を狙っている（つまりこの二つは一連のモチーフである）。これらは、損傷以前の白黒画像でも認識できないわけではないが、カラー画像化されたことによりそれが容易になった。これらの成果が、同壁画のより深い理解に貢献することを期待する。

引用文献　1）上田三平（1934）考古学雑誌，24，1-14，2）神居文彰（2002）平等院鳳凰堂—よみがえる平安の色彩，美東方出版，3）東京都美術館（1995）法隆寺再現壁画，4）朽津信明　（2003）保存科学 42，9-28

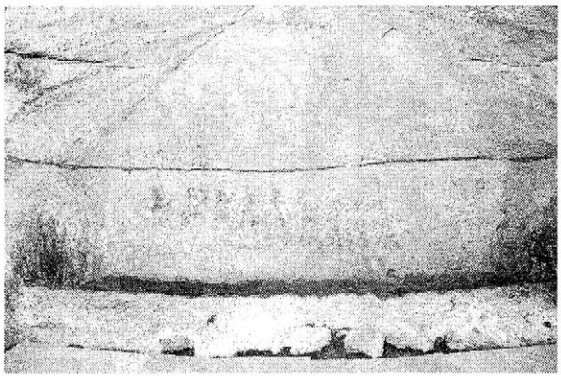


図１．泉崎横穴奥壁壁画の現状

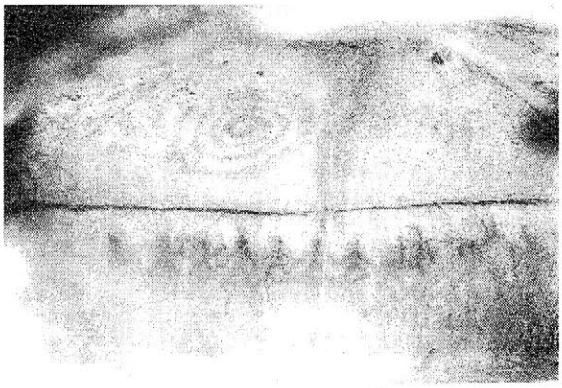


図２．発見直後（昭和８年）に撮影された写真

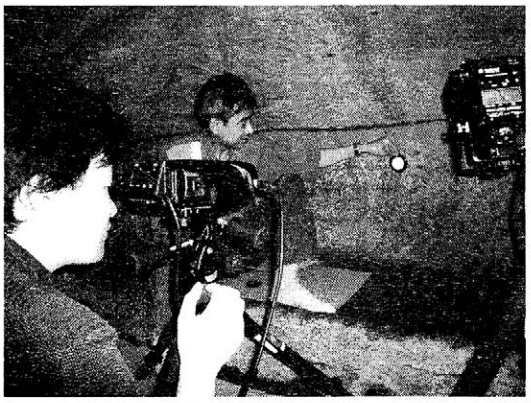


図３．計測風景

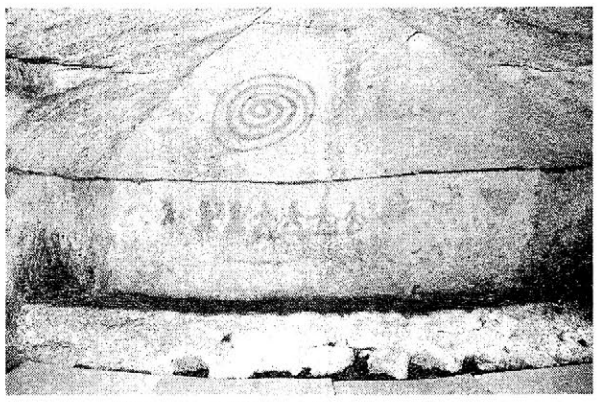


図４．今回復元された画像

A-7

古人骨の同一個体内における骨部位の違いによる炭素･窒素安定同位体比の相違

○瀧上　舞[1]・南　雅代[2]・中村俊夫[2]・平田和明[3]・長岡朋人[3]
1)東京大学大学院新領域創成科学研究科
2)名古屋大学年代測定総合研究センター
3)聖マリアンナ医科大学

＜はじめに＞

化石骨は年代測定や古食性解析に多く用いられている。しかし、高温多湿の埋没環境では、骨は汚染や続成作用を受けやすく、骨の部位によってその組織的構造（海綿質・緻密質の量、密度、厚さなど）が違うために、部位によって受ける続成作用の程度に差が生じている可能性が考えられる。骨の部位によって$\delta^{13}C$値・$\delta^{15}N$値や^{14}C年代に差が生じている場合、個体内の一部位による測定で求めた同位体比や年代を個体の値とみなすのは不適当である。そこで本研究では、同一個体内での異なる部位の骨からゼラチンを抽出し、骨の部位による$\delta^{13}C$値・$\delta^{15}N$値の相違の有無を調べた。

＜実験方法＞

試料は鎌倉由比ガ浜南遺跡で出土した人骨の、同一個体内における異なる部位11箇所（頭蓋骨、蝶形骨、歯、肋骨、大腿骨関節面、上腕骨、橈骨又は尺骨、大腿骨、脛骨、背骨（頸椎と胸椎と腰椎から2箇所））である（図1)。個体差を検討するために、3体分(YM121A, YM5654, YM5001)に関して同じ部位を分析した。

骨の表面をドリルで削り、酸・アルカリで洗浄した後、凍結乾燥させる。ステンレス乳鉢で粉状にし、セルロースチューブに入れ0.6M-HClで脱灰を行い、脱灰成分を0.6M-NaOH, 1.2M-HCl, 0.6M-HClで洗う。中性に戻し、純水を入れてアルミブロックバスで温め（80~90℃, 12h)、ゼラチンを抽出する。$\delta^{13}C$値・$\delta^{15}N$値は、ゼラチンを850℃,6hで加熱してガス化させ、CO_2とN_2を精製分離したものを気体用質量分析計(Finnigan, MAT252)で測定した。C/N比は試料をSn箔に包んで元素分析計(EuroVector, EuroEA3000)で測定した。また、同一個体内の同一部位は等しい値を示すと考えられるので、一個体(YM121A)の大腿骨を6点削りだしてそれぞれ化学処理を行い、$\delta^{13}C$値・$\delta^{15}N$値測定し、そのばらつきから試料の$\delta^{13}C$・$\delta^{15}N$の測定値の誤差を0.1‰,0.2‰と見積もった。

＜結果と考察＞

一般に、骨から抽出したゼラチンの量が0.7wt%以上、ゼラチン中の炭素の量が40wt%程度、ゼラチンの炭素と窒素の原子比(C/N比)が2.9~3.6の範囲内のゼラチンは、外来汚染のない純粋なゼラチンと報告されている（中井 ほか, 1991; DeNiro, 1985)。今回の実験で抽出したゼラチンはこれらの条件を満たしており、分析に適した良質なゼラチンが骨から抽出できたといえる。

同一個体内の$\delta^{13}C$値は、それぞれの個体で-19.3 ~ -18.2‰、-19.3 ~ -18.4‰、-18.3 ~ -17.7‰であり、部位によって約1‰のばらつきが見られた。また、同一個体内の部位による$\delta^{15}N$値は、同一個体内の異なる部位で約1.5‰の違いが見られた。これらの$\delta^{13}C$値・$\delta^{15}N$値には3個体中2個体において正の相関がみられた。大腿骨や頭蓋骨の部位などは炭素・窒素同位体比共に一定の値を示し、本来の値と

考えられる。それに対し、肋骨と歯の部位はやや高めの同位体比を示し、背骨の部位はさらに高い$\delta^{13}C$値・$\delta^{15}N$値を示す傾向が見られた。これについて以下の可能性が示唆される。(1)続成作用によってゼラチン内のペプチド結合が切れアミノ酸が損失する際に同位体分別を起こした。(2)続成作用で損失しやすいアミノ酸の同位体比が違った。これらを明らかにするために、今後、ゼラチン内のアミノ酸組成とその同位体比、続成作用を受けていない現生の人骨での部位による違いの有無を確認する必要がある。

図 1. 試料の採取部位

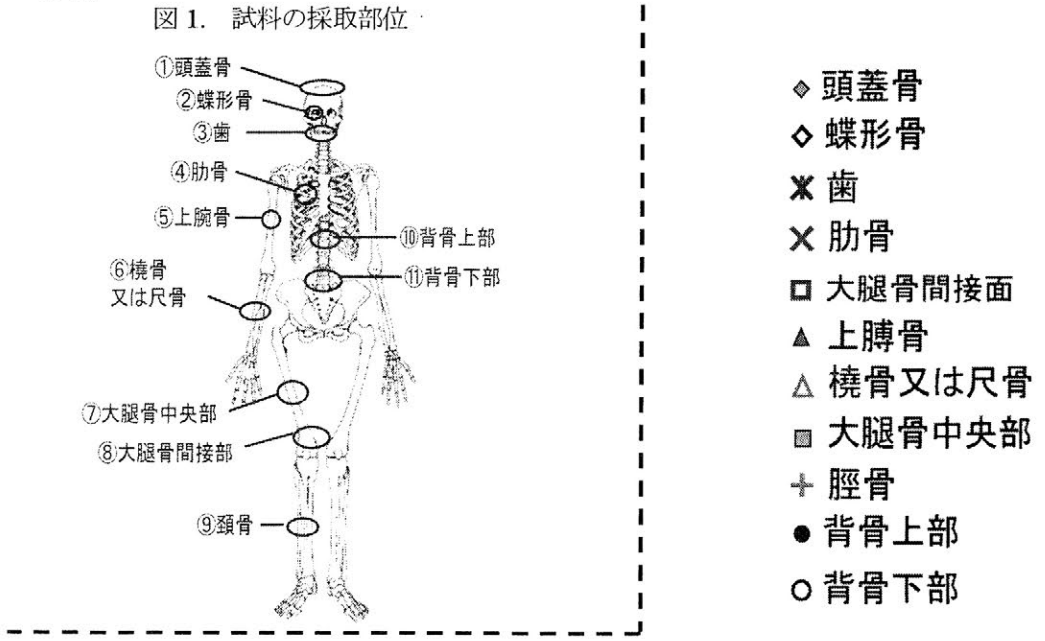
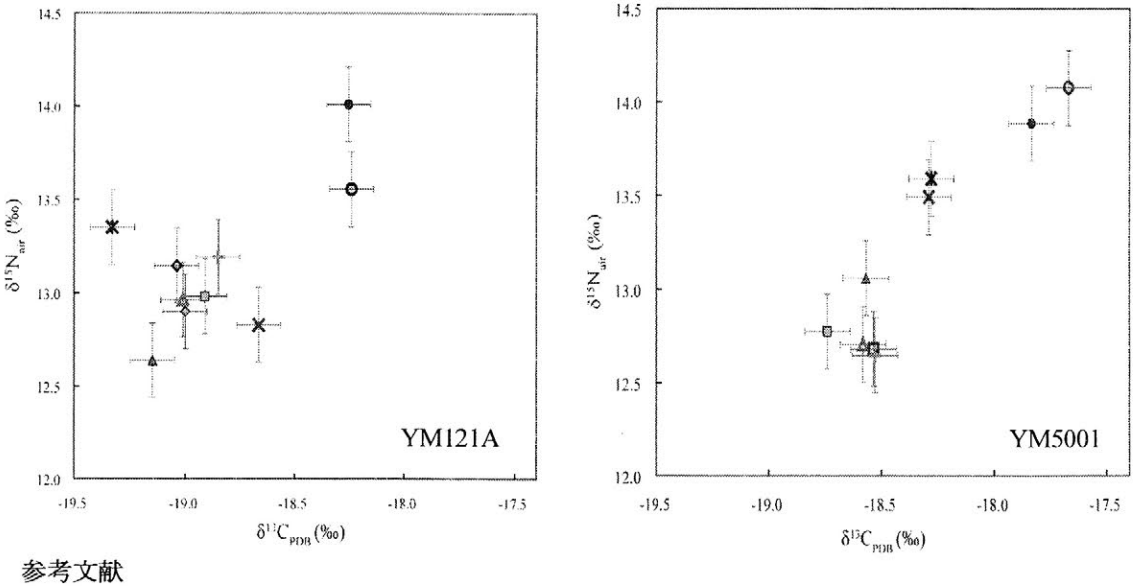


図 2. 炭素と窒素の安定同位体比と各部位の凡例



参考文献

中井信之, 有田陽子, 中村俊夫, 亀井節夫, 秋山雅彦, 沢田健 (1991) ナウマンゾウ、オオツノシカの AMS^{14}C 年代と $^{13}C/^{12}C$ 比による最終氷期の気候変動. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, Ⅱ, 26-39

DENIRO M. J. (1985) Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*, 317, 806-809

旧徳山村所在の縄文集落の GIS 研究

○泉 拓良(京都大学)， 藤本 悠(京都大学文学研究科)， 三島 誠(岐阜県文化財保護センター)

I. 旧徳山村所在縄文集落の考古学的分析

1. はじめに

岐阜県揖斐郡旧徳山村は、岐阜県の西端、福井県との県境に位置した。日本最大級の徳山ダム建設に伴い、全村離村し村が消滅した。昭和61(1986)年からダムによる水没地域の遺跡発掘調査が始まり、平成17(2006)年度に終了した。この21年間に23遺跡、合計で87,345 ㎡発掘し、平成19年3月にすべての報告書を刊行した。調査した23遺跡中、縄文時代の遺跡は20遺跡、弥生時代4遺跡、古墳時代なし、古代10遺跡、中世11遺跡、近世は6遺跡であった(財団法人岐阜県教育文化財団文化財保護センター『縄文人ってなかなかすごい！～わくわく縄文ワールド～』徳山ダム建設に伴う発掘調査報告総集編、2006)。

ダムの予定地である揖斐川上流域(本流、西谷、東谷)では事前に遺跡確認調査が行われているが、予定地外にある縄文遺跡は各谷の最上流にある数遺跡に止どまり、発掘調査し遺跡が揖斐川上流域をほぼ完全に代表していると考えられた。体系的に一地域の遺跡を研究できる、発掘調査と報告書刊行例はきわめて少なく、この資料を使い、一地域での縄文集落の変遷を明らかにしたい。研究を進めるにあたり、体系的でかつ空間情報を処理できる方法として、GIS手法を用いた。

2. 報告書からの属性選択

縄文遺跡関係の報告書は平成3年～平成19年に18冊が刊行されている。この間、体裁がB5判からA4判に変わり、報告書抄録の追加を初め、内容にも大きな変化がある。この報告書からできるだけ均質な情報を引き出すため、すべての報告書から選べる属性を整理した。利用した属性を以下に列挙する。1)遺跡名、2)遺跡の緯度経度、3)所在地住所、4)遺構の時期と数:①住居、②大型建物、③炉、④焼礫遺構、⑤貯蔵穴、⑥土坑、⑦土坑墓、⑧土器棺墓、⑨埋設土器、⑩配石遺構、⑪ピット等、5)土器の時期と系譜(型式)数量、6)石器の時期と系譜(石材)別の数量であり、個々の遺跡・報告書に記載された他の情報である。(泉)

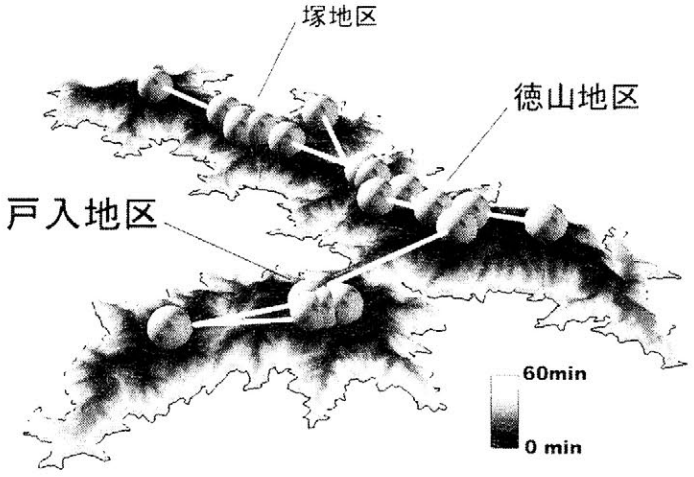


図 旧徳山村、徳山ダム予定地で発掘調査した縄文遺跡の相互関係と領域(時間)

II. 報告書記載情報からの GIS データベース構築

1. 報告書記載情報の問題点

考古学における GIS を用いた分析研究のプロセスは基本的に同じである。発掘調査報告書に記載されている遺物などの集計表をエクセルなどで再整理して属性テーブルを作成し、報告書抄録に記載された位置座標と関連付けて空間分析を行う。しかし、この方法には、大きく二つの問題点が存在する。一つ目は、報告書抄録に記載された座標が何の座標かが不明であるという問題である。遺跡空間という関心の代表点か、調査区画の範囲の代表点かが不明である。また、記載されている座標値の測定系が書かれていないことが多いため、座標を元に位置を特定できない。二つ目の問題は、報告書に記載されている集計表や観察表などの記載方法や表現方法が報告書ごとに少しずつ異なっていて、直接的に利用することができないという問題である。

これらの問題に対し、本研究では報告書記載情報そのものの分析を試みた。分析では、報告書記載情報からクラスを抽出してモデル化し、そのモデルを基にしてデータベースを構築し、データの実装を行い、その過程でデータ間の整合性がどの程度取れているかを検証した。その結果、「代表的な○○」と題された情報に関しては比較的モデル通りにデータ実装が可能であるが、それ以外についてはモデル通りのデータ間関連を維持できないことが分かった。また、データベースにはデータ集計機能があるが、報告書に記載された情報は全ての記録が載っているわけではないので、この機能を利用しても報告書記載の集計表と数値が当然一致しない。一般的に、データベースを基にビューとしての集計表などを作成するが、報告書記載情報からデータベースの作成を試みると、結局ビュー以下の精度のデータベースしか構築できない。

2. GIS による空間分析の限界性

一般的にデータベースは、個別の目的に即していることよりも、多様な要求に応えることができるように設計する必要がある。そのため、取り扱う対象から必要な事象を抽出し、モデル化し、データベースを構築してデータを実装しなくてはならない。これは GIS のための地理空間データベースの場合も同様であるが、地理空間データベースの場合には、一般的なデータベースの情報に加えて地理空間的なオブジェクトの図形もデータベースに実装しなくてはならない。そのため、遺跡の空間データベースの整合性は、個々の遺物間、遺構間、および遺跡空間、遺構、遺物のそれぞれの間の関連上の整合性は図形要素にまでに及ぶ。つまり、図面のスキャニングと図形要素のデジタイズを行った後に、さらにデータと図形に共通の ID を付与しなくてならないのだが、そうすると、複数の遺跡を取り扱う場合には遺物レベルでの ID 付与のルールまで定義しなくてはならない。最近では、遺跡の内部空間での空間分析が必要と言われているが、現状を考えると報告書記載情報から遺跡の内部空間の分析は不可能である。

本研究では、幸いにも遺跡測量データの CAD データを用いることができたが、それでも一つの土器片の遺跡空間データとして関連付けるためだけに半日以上を費やし、そこまでして整理した遺物データを図形データとして関連付けることは結局できなかった。したがって、すでに旧徳山村における集落遺跡間の関係からこの地域の独自性と重要性は認識できているものの、その要因や具体的な差異を一定の客観性と信頼性の下での定量分析から解釈することは不可能である。

3. 地理空間データベースの構築と GIS の可能性

本研究では、報告書記載情報の整理を通して地理空間データベース構築を試みたが、この方法では詳細な遺跡空間データベースを構築することができず、遺跡内部での空間分析が行えないことが分かった。しかし、本研究で明らかとなったデータ間の整合性問題は、作業プロセスにおいては取得された全データを用いればクリアできる可能性がある。作業プロセスにデータベース化作業を組み込めば、これらの問題を回避することが可能となり、同時に報告書記載情報の整合性と信頼性を高めることも可能となるであろう。**(藤本)**

まとめ

具体的成果は、①報告書記載の属性を空間分析し、揖斐川上流域縄文集落が、小地域に別れて他地域との関係を持ちながら変遷したかを明らかにした点と、②その過程において整理された集落調査に向けてのＧＩＳ手法の提示、とである。(泉)

A-9

考古学研究支援システム"ARCADIA"の公開

○阿児雄之、亀井宏行、渡辺太一、橋本泰一（東京工業大学）

Keywords:データベース、考古学研究支援、GIS、データマイニング

1. 本研究の目的

本研究では、2005 年度より考古学研究者が考古学情報を効率よく検索、閲覧、分析できるよう支援するシステム"ARCADIA(Archaeological Resource Collection for ADvanced Information Analysis)"の構築を進めて来た。この度、基本的なシステム基盤が完成し、公開段階に至ることができたので、ここに ARCADIA の特徴を紹介する。

2. システム概要

ARCADIA は、考古学情報を収録するデータベースとその収録情報を利活用する機能群から構成される。

データベースへの収録情報は、遺跡の名称や所在地などの情報を有する「遺跡抄録情報」、個々の遺物の情報を有する「遺物情報」、同様にして遺構の情報を有する「遺構情報」、発掘調査報告書などの情報を有する「文献情報」、科学分析報告などの情報を有する「研究・分析情報」の５種類である。さらに、これらの情報は「遺跡抄録情報」を介して、相互にリンクされている（図 1 参照）。

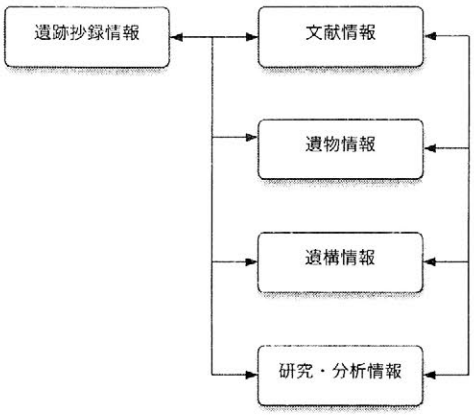


図 1 ： 考古学情報の分類

ARCADIA では、特に、報告書を中心としたデータベースを基礎情報群としている。考古学研究の基礎となる資料の大部分は、現在、遺跡発掘調査報告書という紙媒体資料にて公表される。特に、遺構の情報に関しては、発掘調査が終了した後は、報告書が第一次資料となるからである。現在公開されている考古学データベースに登録されている報告書は、その大部分が PDF 形式である。しかし、PDF 形式に対しては、報告書記載内容についての検索および分析が困難である。特に、紙媒体資料をスキャンすることにより PDF 化したものについては、報告書は PDF 文書ではなく、PDF 画像となってしまい、文字の検索が不可能である。それに対して、本システムでは、紙媒体で発行されてきた報告書の掲載内容を文章（.txt）、表（.csv）、画像（.jpg）に分別して電子化し、収録している。

2-1. 全文検索機能

ARCADIA では、収録されている情報全てに対して全文検索が可能である。検索の方法は、Google などに代表される様に、トップページにおいて検索語を入力する方式である。利用者は、検索対象を意識しなくても、検索結果は情報種ごとに分類して表示される。既存の考古学データベースとことなる点は、発掘調査報告書に掲載されている表データもが検索対象となっている事である。

2-2. 空間的結果表示

ARCADIA では、現在 Google Maps を利用し、地図を基盤とした情報の提示をおこなっている。その一例として、検索結果一覧を一般的なリスト表示だけではなく、地図表示が可能である。この表示機能により、検索結果の空間的な関係性を把握することが用意になる。よって、現在の市町村区分にとらわれない結果解釈ができるようになると考えている。

2-3. 類似遺跡抽出

考古学研究の支援機能として、類似遺跡の抽出機能を実装している[2]。本機能は、遺跡抄録情報が有している各属性値を比較して、遺跡同士の近接度を求め、閲覧遺跡に関連が高いと推測された遺跡を利用者に提示するものである（図2参照)。この機能により、利用者は検索結果に現れなかったが、関連する可能性のある遺跡を提示されることにより、予期しなかった新たな発見をすることが出来る可能性が生まれるであろうと考えている。

3. 展望

現在、ARCADIA には、千葉県古墳時代中期に関連する情報群を収録している。地域および時代が限定された情報群であるが、その反面、具体的な利用形態を導出できるのではないかと考えている。最後になるが、本システムは、http://arcadia.archaeo.cs.titech.ac.jp へアクセスしていただく事により、利用できる。まだ、開発途中のシステムであるが、多くの方々へ利用していただき、より利用しやすいシステムへと成長していきたい。

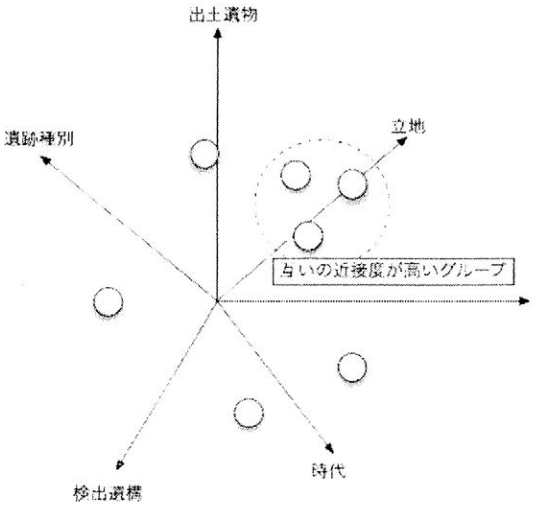


図2 ： 属性空間における近接度の定量化

<謝辞>

本研究は、COE21「大規模知識資源の体系化と活用基盤構築」のもとでおこなわれました。ここに記して、感謝致します。また、ARCADIA へは、財団法人　千葉県教育振興財団をはじめとする千葉県下の教育委員会の方々から遺跡情報を提供していただきました。

<参考文献>

[1] 阿児雄之、PASOMPHONE HEMTHAVY、四谷優介、亀井宏行（東京工業大学）「考古学研究支援システム"ARCADIA"の構築」、日本文化財科学会第22回大会、p.340-341、2005.7

[2] 阿児雄之, 亀井宏行, 相澤洋太, 小林大地, 榛葉健太, 四谷優介, 西大輔「近接性に基づく考古学情報抽出支援」、第21回日本情報考古学会研究発表大会、P.31-36、2006.3

A-10

天理市萱生町波多子塚古墳の物理探査

○置　田　雅　昭（天理大学文学部）

波多子塚古墳は奈良盆地南東部の大和古墳群にあって、東から西にのびる丘陵に、前方部を西にして築かれた全長 145m の前方後方墳である。その大きさは列島第１位の前方後方墳、天理市柚之内町西山古墳（全長 180m）に次ぐ。西山古墳は前方後方形の基壇の上に前方後円形の墳丘を重ねた特異な形であるが、波多子塚古墳は前方部が特に狭長な点で特異である。西山古墳の場合は前方部と後方部の長さが１：１であるのに対し、波多子塚古墳は後方部の長さを１としたとき、前方部の長さは約 1.6 倍ある。また後方部幅 45m に対して、前方部の幅は最大でも 15m であり、前方部前端に向かって幅広くはならない。列島第５位の柳本町下池山古墳（全長 120m）も狭長な前方部であるが、後方部と前方部の長さは１：１であり、後方部と前方部の比は１：0.5 である。前方部の特異性ともに、後方部が平面台形である。1974 年に置田が「大和の前方後方墳」（『考古学雑誌第 59 巻第４号』）で波多子塚古墳に言及したが、古墳の年代が不明であり、後世の地形の改変により特異な形上を示すのか、狭長な前方部に特殊性を見いだせばよいのか判断できなかった。

1992 年に後方部頂で特殊器台形の埴輪が 40 片余り採集され、この古墳が出現期の築造であることが明らかになった（山内紀嗣　写真解説「特殊器台形埴輪」『季刊考古学』第 40 号 1992。山内氏は前方部が長すぎるためか、全長 139m と復元した）。

1998 年に天理市教育委員会は後方部北裾をトレンチ発掘し、地山整形からなる墳丘基壇が深さ約 4m 埋没しており、墳丘裾は 10m 北側に位置していること、幅 7m、深さ 2m の濠があることを明らかにした（青木勘時「波多子塚古墳」『天理市埋蔵文化財調査概報平成８・９年度』2003 年）。

発掘調査終了後の同年５月に、天理大学考古学研究室で同地域（15 × 24m）を物理探査した。用いた機械はジオレーダ１型機とマッコウム電気探査機である。その結果、レーダ探査では墳丘裾が、現状の石垣から北 8 ～ 9m に位置することが判明した。裾を明確にとらえることができたのは葺石が配置されているからで、濠の外側は葺石がないためか、明確につかまえることができなかった。墳丘裾のラインを平面図化すると、後方部北東の隅が角張らず、隅切れになっている可能性を示唆していた。電気探査の結果もよく似た様相である。

2000 年には NTT 関西奈良支店がデモンストレーションのために、レーダ探査を行った。用いられた機械はエスパＶ２、アンテナ周波数は 400MHz、測定深度 2m である。探査場所は前方部の北３箇所である。この探査は北に基点をおいているので、墳丘との距離が不明であるが、ほぼ 30m を測定していて、北 9m 付近まで深い谷状の落ち込みがあり、現墳丘から北 10 mに、幅 6m の東西方向の異常を復元している。

天理大学のレーダ探査機はその後、SIR2 型機に、さらに SIR3000 型機に、電気探査機はマルチチャンネルの Handy-ARM に切り替え、探査の敏速化、高速情報処理に取り組んできた。同時に、探査に取り組む学生の育成も重要な課題である。そこで 2006 年 12 月 23 ～ 27 日の間に標記古墳の探査を行った。参加学生は 13 名、延べ人数 60 名であった。

この古墳に関しては天理市教育委員会から探査の要請を受けていたこと、置田自身が 1970 年に実測したことがあり、その実態を解明するという目的があった。なお、本調査に関しては（財）由良大和古代文化研究協会から資金的な援助を受けた。

探査は墳丘周辺部のみで行い、墳丘地は行っていない。すなわち、レーダ探査の範囲は

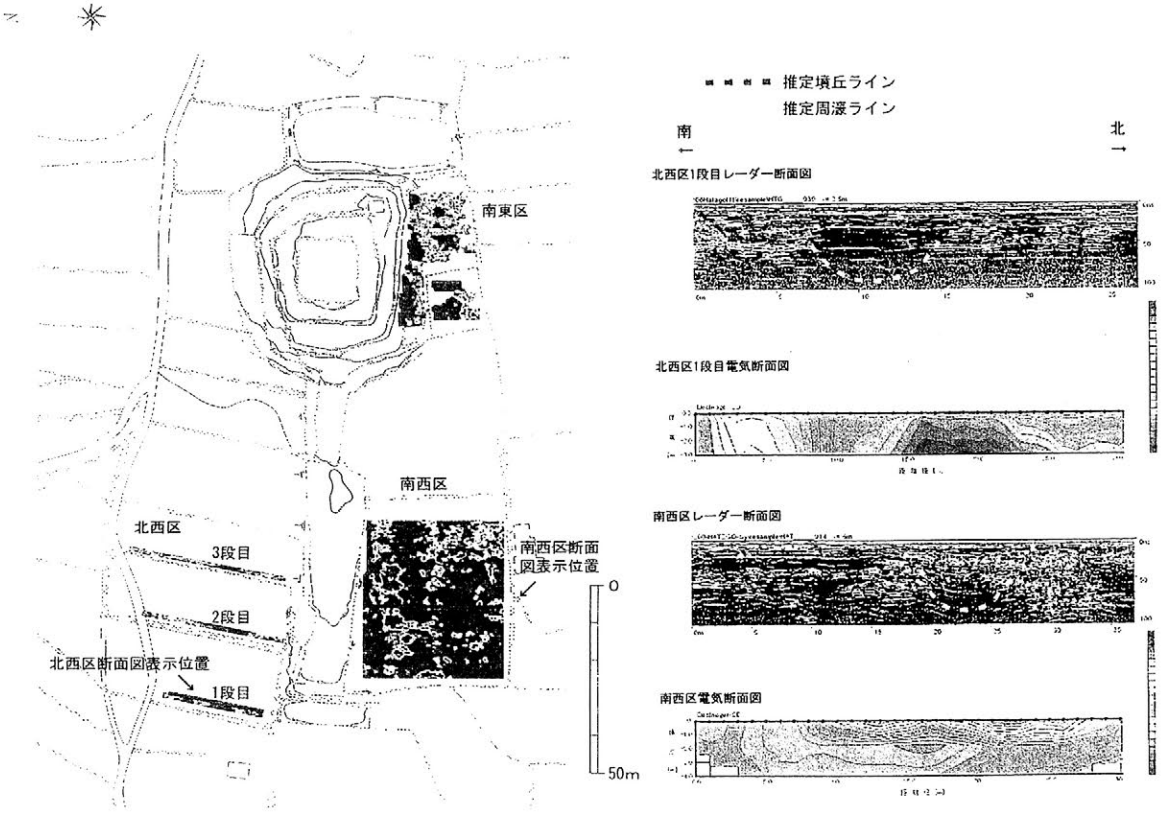
後方部南側 22 × 35m、前方部南側の西半分 35 × 43m、ならびに前方部北側で３箇所、総延長 106m、約 212 ㎡である。前方部南側は耕作物がなく全域をくまなく探査できたが、他の地区は柿畑で部分的にしか探査できなかった。とりわけ前方部北側の地区は柿畑の間を幅 2m できただけである。

レーダ探査に用いた機器は米国 G.S.S.I.社製 SIR3000 型機で、アンテナは 200MHz を装備した。探査の測線間隔は 0.5m である。走査距離は約 4.5km になった。レーダ探査での基点は前方部南西区の南西隅に置いた。

探査結果を断面図で見ると、例えば前方部北の地区では墳丘側を０点にして測定した。北西区１段目では墳丘石垣から 5 ～ 6m の間に強い応答があり、6 ～ 15m に深さ 80NS の間が抜けている。前方部、後方部とも南区では南を０点とし、数値の大きくなる側が墳丘に近い。すなわち、18 ～ 26m で、50 ～ 80NS の間が抜けており、これより北約 10m には強い応答が見える。また後方部南では、8 ～ 13m、50NS の深さに水平の強い応答（イ）があり、それより深いところ、80NS までの間が抜けている。13m より 17m の間には波形が北に上がりながら強い応答を示す。強い応答は葺石をとらえているもので、応答が抜ける部分は壕と推定される。イの強い応答は壕が埋没した後に転石が堆積したものであろう。

墳丘南の南西区では面的に探査できた。平面図にすると、墳丘裾が前方部前端にむかって広がる様子を知ることができる。すなわち、後方部南北幅は現状では 45m であるが、探査の様子からすると南北 57m 以上、壕の裾まで測ると 60 数 m になる。また前方部南北幅は現状で 20 mであるが、探査結果では 32m 以上になる。

電気探査はウエンナ法でおこなったが、レーダ探査ほど明確なラインを引くことができない。レーダ探査で抜けていた部分は電気抵抗が低く、含水率が高いと推定され、壕とする妥当性は認められる。



注　上記図面の作成は 2006 年度天理大学卒業生　岩城圭吾が行った。

A-11

TL 法を用いた陶磁器真贋判定法 —最近の発展と課題—

○青木智史（大阪大学大学院）、長友恒人（奈良教育大学）、出川哲朗（大阪市立東洋陶磁美術館）

1. はじめに

熱ルミネッセンス（Thermoluminescence；TL）法を応用した陶磁器真贋判定法は、陶磁器を対象とした自然科学的な真贋判定法の中でも特に有力な方法の一つである。この方法は、1970 年にイギリス・オックスフォード大学考古学および美術史研究所の S. J. Fleming によって開発され[1]、同研究所が中心となって基本的な研究手法が確立されると同時に、アシュモリアン博物館や大英博物館などの所蔵品の真贋判定に適用され重要な成果を上げている[2]。我が国では、1981 年に奈良教育大学の市川米太らが行った研究がもっとも早く、美術愛好家の所有するメキシコの硬質壺とタイのバンチェンで発掘された陶器数点の真贋判定を実施し、同法が有効な真贋判定法であることを確認している[3]。国際的にはもっともポピュラーな自然科学的陶磁器真贋判定法として利用されてきているが、日本では必ずしも適用は進んでいない。我が国では、市川以降、共著者の長友や P&S センターの河島達郎らが TL 法を用いた陶磁器真贋判定法を実施してきたが、未だ適用は十分ではなく、結果が公開される例も少ない。そこで、本発表では TL 法を用いた陶磁器真贋判定法の具体例を示し、現在の研究の状況と課題について述べる。

2. 方法

TL 法は考古学などで用いられる年代測定法の一つで、物質が吸収した放射線量をもとに年代値を評価する方法である。陶磁器の胎土に含まれる石英や長石類などのルミネッセンス鉱物の TL 発光強度は、鉱物が吸収した放射線量に比例して増加する性質がある。TL 法は、これを利用して吸収放射線量を評価する。TL 年代測定法では、鉱物がゼロイング後に吸収した放射線量（蓄積線量）を鉱物が一年間に吸収する放射線量率（年間線量）で除することにより年代値を評価する。TL 法を用いた陶磁器真贋判定法はこの方法を応用している。

TL 法による陶磁器真贋判定法の基本的な考え方は、端的にいえば、古物か否かを評価することである。よって、測定は年代測定と同様の方法で行われる。しかし、真贋判定の場合、測定対象のほとんどが測定までの放射線履歴が不明（伝世経路が明らかではない）であるため、年代値を正確に評価することは困難である。よって、通常は年間線量に妥当性の高い仮定値をおいて年代値を評価することになる。このため、年代値は参考値程度にしか用いることはできず、仮に年代値が「所有者の希望する」年代に近かったとしても TL 法のみで真正性を保証することはできない。しかし、放射線の蓄積が非常に少ない場合は近年に焼成されたことが明白であるため、現代の贋作であることを証明することができる。また、年間線量には仮定値を用いると述べたが、小形の陶磁器に対しては従来から我々が開発・適用を行ってきている「軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法」を用いることでα線およびβ線については測定値を用いて評価することが可能となっている[4]。このため、小形の陶磁器に関しては、従来の TL 法を用いた陶磁器真贋判定法よりも年代値に関する信頼性は高い。また、同年間線量評価法は非破壊測定法であるため、真贋判定におけるネックである試料採取時の器体の破損は、蓄積線量評価用の試料採取に伴うものだけである。本来、美術品や文化財を対象とする分析法は非破壊測定法であるべきであるが、TL 法は現状では破壊を避けることはできない。これは、TL 法を用いた陶磁器真贋判定法の最大のネックといえる。現状では少なくとも数十～250mg 程度の試料採取を行う必要があり、器体に損傷を伴うことになる。よって、鑑賞上、研究上重要な部位からの採取は極力避けなければならない。

3. 測定および判定

我々がこれまで実施した真贋判定では、測定対象のおよそ 3 割が現代（または近代）の贋作であるとの結果が得られている。TL 法を用いた真贋判定において、古物である場合は Fig. 1 のようなグローカー

ブが得られるが、近年に焼成された贋作の場合は Fig. 2 のような結果が得られる。近年に焼成されたと考えられる作品の Natural 試料の TL 発光強度は極めて微少であり、焼成後ほとんど時間が経過していないことがわかる。TL 法を用いた真贋判定では、このような例を明確に判定することができる。つまり、真贋定かでない作品群の中から「明白な贋作」を抽出することに長けているといえる。逆に、先述のように、古物と判定された作品に関しては、年間線量が明確でないため年代値を正確に評価し得ない。軟シリコン樹脂型を用いて年間線量を評価した小形陶磁器の場合も、ある程度限定的な年代値を評価し得るが、周辺環境由来の年間線量が不明であるため限界がある。ただし、唐三彩に関しては、これまでの我々の研究成果[5]や Fleming の研究成果[6]から比較的信頼性の高い年代値の評価が可能となっている。

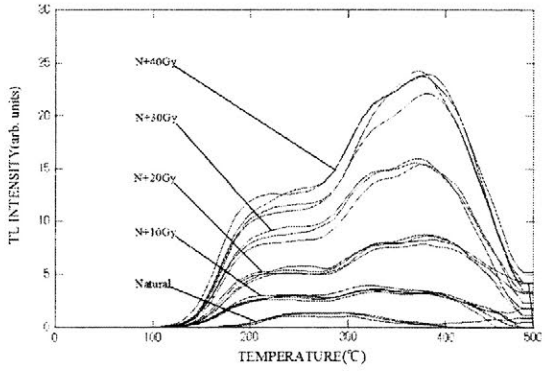


Fig. 1　古物と判定される三彩陶のグローカーブ

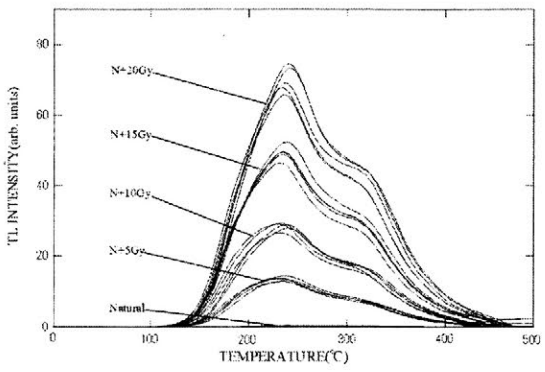


Fig. 2　近年の贋作と判定される埴輪のグローカーブ

4. おわりに

時に誤解されがちであるが、TL 法などの自然科学的な真贋判定法によって問題が見られないことが即ち真作であるというわけではない。例えば先述のように、放射線の蓄積が僅かで現代に焼成されたことが明らかである場合は「贋作」または「近年に焼成されたもの」などと表記するが、ある程度年代が経過したものである場合は「古物」と表記するか、年間線量などに仮定値をおいて「800～1200 年前」または「1000±200 年前」と表記することが一般的である。特殊な対象を除き、その作品の真正性について明言することはない。それには十分な美術史学的検討が不可欠である。なお、この方法は仿古品に対して適用が難しいことも注意を要する。仮に漢代の作品を宋代に仿作した場合、漢代の作品との区別は年間線量が明確な場合を除いて困難である。また、二度窯や後絵のように近年になって再焼成されているものの場合、本来古物であったものが現代の贋作と判定される可能性もある。このような問題に関しても、美術史研究者との検討を要するだろう。

§参考文献

[1] S. J. Fleming, H. M. Moss and A. Joseph : Thermoluminescence authenticity testing of some 'Six Dynasties' figures, Archaeometry, vol. 12, PART 1, pp. 57-65, 1970.
[2] 例えば、M. J. Aitken, P. R. S. Moorey and P. J. Ucko : The authenticity of vessels and figurines in the Hacilar style, Archaeometry, vol. 13, PART 2, pp. 89-141, 1971.
[3] 市川米太, 長友恒人 :「熱ルミネッセンス法による陶器の真贋判定」『考古学と自然科学』第 14 号, pp. 103-109, 1981.
[4] 例えば、青木智史, 長友恒人 :「軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法の陶磁器真贋判定法に関する有効性の検証」『日本文化財科学会第 20 回研究発表要旨集』, pp. 204-205, 2003.
[5] 青木智史, 出川哲朗, 長友恒人 :「唐三彩研究における TL 法を用いた多角的アプローチ」『日本情報考古学会講演論文集(第 23 回大会) Vol. 3』, pp. 7-14, 2007.
[6] S. J. Fleming : Thermoluminescence and glaze studies of a group of T' ang Dynasty ceramics, Archaeometry, vol. 15, PART 1, pp. 31-52, 1973.

§附記

本研究の成果の一部は, 平成 18 年度 科学研究費補助金 萌芽研究『唐三彩を例として陶磁器の熱ルミネッセンス法による制作年代の推定のための基礎的研究』によるものです。

A-12

IRSL 法による弥生土器の被熱温度推定

○西村誠治、長友恒人（奈良教育大学）、鐘ヶ江賢二（九州大学大学院）、
長友朋子（大手前大学）

1. はじめに

放射線損傷を応用した考古遺物の被熱温度推定には、熱ルミネッセンス法（TL 法）と電子スピン共鳴法（ESR 法）があり、本学会でも長友ほか（2003）などの発表がある。この方法は、土器あるいは焼石の表面露光部を除去した試料中から、50ー250μmの石英粗粒子を抽出して測定試料とするが、従来は 1g 程度の石英粗粒子が必要であった。そのため試料の量が少ない場合や、試料自体が石英を含まない、また試料の露光した部分については適用が困難であった。一方、今回新たに用いた赤外光ルミネッセンス法（IRSL 法）は、長石を主成分とする多鉱物の微粒子を試料とする。そのため、試料が小さい場合や石英が含まれていない試料にも適用可能であり、試料の露光部についても適用可能である。

本研究では、IRSL 法による被熱温度推定のための基礎実験を行い、その上で実際の考古遺物への適用を行った結果を報告する。これらにより放射線損傷を応用した被熱温度推定の適用範囲が大幅に拡大された。

2. 試料

基礎実験用試料には有機物および炭酸塩鉱物の除去と粒径調整を行った粘土試料を用い、実際の考古遺物は、後期と中期に比定される弥生土器（以下、総称する場合には弥生土器）を用いた。弥生土器は、表面部と内面部をそれぞれ別に採取し、基礎実験用試料と同様の試料処理を行った。

3. 方法

基礎実験は以下のように行った。15 個の粘土試料を電気炉で 400℃から 1100℃まで 50℃刻みで加熱した後、10Gy の放射線を照射した。この試料の IRSL を測定し、照射前におこなった加熱の温度の違いによって IRSL 感度が変化するか、またその変化が系統的におきているか確認した。次にそれぞれの温度で加熱した（初期の加熱温度）試料を、再度 300℃から 1100℃まで 100℃刻み加熱し、初期の加熱温度によって変化した IRSL 感度が、再度の加熱によりどのように維持、または変化するか観測した。

この基礎実験をもとに、弥生土器への適用をおこなった。今回用いた弥生土器試料は、IRSL 測定を行う前に、電子スピン共鳴（ESR）と熱ルミネッセンス（TL）を併用する従来の方法によって、600ー700℃で被熱したと推定したものである。この試料について、基礎実験と同様に 400℃から 1100℃まで 50℃刻みで加熱し IRSL の感度変化を記録した。

4. 結果と考察

図 1、2 に基礎実験の結果を、図 3、4 に弥生土器への適用例を示す。図 1 より、加熱温度の上昇に伴って IRSL 感度が系統的に変化しており、850℃で最大の感度を示し、より高い温度で再度

低下することがわかった。感度変化の様子を図中D1、U1、U2、D2で示した。図2より、IRSL感度は過去の被熱温度を下回る再加熱温度では変化せず、それと同等かそれ以上で変化することがわかる。また、その変化は元々その試料が持つIRSLの加熱温度による感度変化パターンに従うことが確認できた。これらにより、考古遺物等の被熱温度を推定する場合、段階的に再度加熱した試料のIRSL感度変化を調べIRSL感度が変化する変化点となる温度を見極めることで、試料の過去の被熱温度を推定することが可能であることが分かった。

図3より、この土器は表面部、内面部ともに再加熱温度600℃でIRSL感度が変化しているため、前述の原則に従うならこの温度を過去の被熱温度（弥生土器の焼成温度）とすることができる。この結果は、TL・ESRによる推定結果と矛盾しない。図4に示したものは、表面部と内面部の被熱温度が異なる試料である。IRSLで用いる鉱物は微粒子であるため、そこから推定される温度は局所的なものである可能性が高い。そのため、比較的粗粒な鉱物を対象とするTL・ESRでは得られなかった情報を得ることができたと考える。

TL・ESRで測定する場合、光に曝された表面部を除去し、75ー250μm程度の石英粗粒子のみを抽出して行うため、前述のとおり露光済みの部分や、元の試料自体が微量である、または石英を含まないものについて、温度推定が困難であった。一方IRSLは、結果に示した通り表面露光部も対象とできるので、表面部と内面部でその被熱温度が異なる場合についても適応できる。また、50μm以下の長石を主成分とするすべての鉱物が対象であるため、石英が含まれない試料についてその適応が可能である。このようにTL・ESRで対応できなかったものについてもIRSLの適用が可能である。

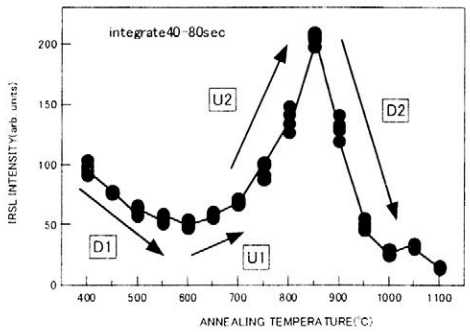


図1. 加熱温度によるIRSLの感度変化

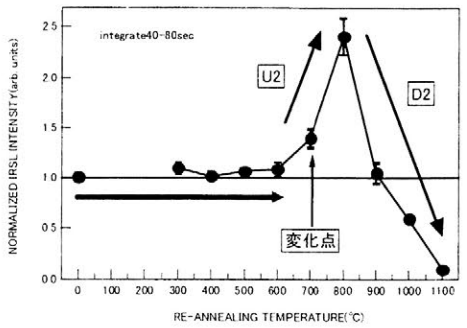


図2. 700℃被熱試料を再度加熱した場合のIRSL感度変化

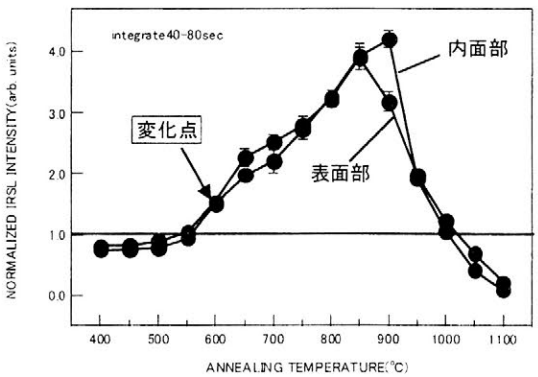


図3. 後期弥生土器のIRSL測定結果
（内面部と表面部）

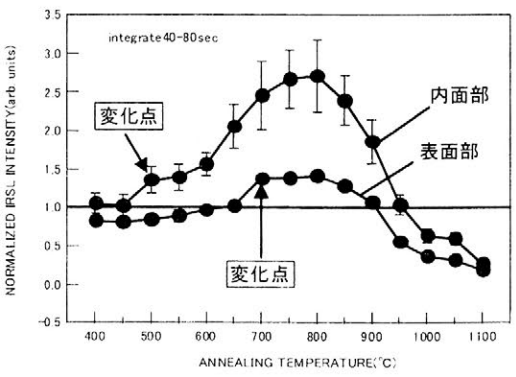


図4. 中期弥生土器のIRSL測定結果
（内面部と表面部）

バーチャル飛鳥京：複合現実感技術による遺跡の復元

○角田 哲也[1]　大石 岳史[2]　池内 克史[3]

[13]東京大学大学院情報学環・学際情報学府 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

[2]東京大学生産技術研究所 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1-Ee405

E-mail: [123]{kakuta, oishi, ki}@cvl.iis.u-tokyo.ac.jp

図 1. MR 技術による遺跡の復元イメージ

1. はじめに

近年，複合現実感(MR: Mixed Reality)技術を用いて失われた文化財をデジタル的に復元する試みが行われている[1]．MR では HMD (Head-Mounted Display)などを用いて，現実世界とComputer Graphics (CG)を実時間で重ね合わせて表示することが可能となっている．この技術によりCGで描いた文化財があたかも現実世界に出現したかのように見せることができる(図 1)．MR 技術を用いた文化財の復元には以下の 3 つの利点がある．

1. 遺構上に復元モデルを表示することが可能
2. 復元案の修正・変更が容易
3. 文化財の保存と活用を両立

本研究では，奈良県明日香村に位置する飛鳥京跡及び川原寺跡の当時の姿をCGで復元し，MR システムを用いて現在の景観上に合成表示する飛鳥京 MR コンテンツを提案する．本コンテンツの特色は，影付け平面と基礎画像を用いたソフトシャドウ実時間表現手法[2]を利用し，実環境光源と仮想世界の光源環境の整合性の向上を図った点にある．また，明日香村現地にてコンテンツの一般公開を行い，体験者に対するアンケート調査を行った．

2. MR システム

2.1. 基本システム

基本となる MR システムには，キヤノン社の MR Platform を用いた．MR Platform はビデオシースルー方式の HMD，Polhemus 社の 6 自由度磁気センサ FASTRAK によって構成される．このシステムでは，実画像の取得，実世界と仮想物体の幾何学的位置合わせ，実画像と仮想物体の合成処理が可能である．MR システムの外観を図 2 に示す．

図 2. MR システムの外観

2.2. 陰影付け

本研究で用いた影付け平面と基礎画像による陰影表現手法について説明する．

前処理

実世界の光源環境を半球状の面光源と仮定し，その面光源を複数の平行光源の集合に近似する．ここで，影付け面と呼ぶ平面形状のオブジェクトを仮想物体の表面上に配置しておく．そして，各々の平行光源を用いて仮想物体を描画し，影付け平面に落ちる仮想物体の影を基礎画像として取得する．このようにして生成した近似光源数×影付け平面数の基礎画像を用いて任意の光源環境下における仮想物体の影を合成する．

合成処理

天空の光源情報を取得するために，魚眼レンズを装着したカメラで全方位画像を撮影する．そして撮影した全方位画像から実世界の光源分布を計測し，各方向の光源強度を表す輝度パラメータを求める．取得した輝度パラメータからは，仮想世界にあらかじめ配置しておいた仮想光源の強度が求められる．この光源分布によって，仮想物体表面の陰を実世界の光源環境に一致させることができる．さらに前処理で生成した基礎画像と輝度パラメータの線形和を計算し，入力された実光源環境に対応する仮想物体の影画像を生成する．この影画像を各々の影付け平面にマッピングすることにより，仮想物体のセルフシャドウと実画像に落ちる影を表現する．基礎画像と輝度パラメータの合成はGPU(Graphics Processing Unit)のシェーダー機能を用いて高速に計算することが可能である．

3. 飛鳥京 MR コンテンツ

川原寺モデルの作成は 3dsmax[R]を使用して手作業で行った．復元モデルについては，奈良文化財研究所より提供を受けた復元図面を参照した．しかしこの復元図面は模型制作用のものであるため，建物細部の情報が得られなかった．そこで，細部に関しては創

図 3. 川原寺復元 CG モデル

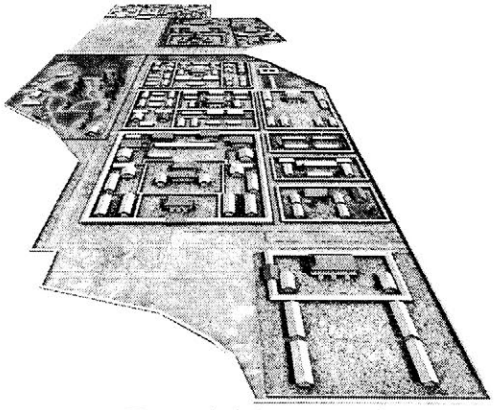


図 4. 飛鳥京復元 CG モデル

建年代の近いと考えられる法隆寺を参照した．モデルの色彩については平城宮跡に復元された朱雀門を参考にした．図 3 に川原寺の復元 CG モデルを示す．

飛鳥京モデルの作成にあたっては，奈良文化財研究所及び橿原考古学研究所から提供を受けた復元図面を参照した．本研究ではモデリング作業の効率化を図るため，飛鳥京において比較的形状の単純な建物の幾何形状とテクスチャ座標を自動生成するスクリプトを開発した．図 4 に飛鳥京の復元 CG モデルを示す．

4. 公開実験

明日香村現地にてシステムの公開実験を行った．公開実験はバーチャル飛鳥京[3]というイベント形式で実施し，一般の参加者を募った．実験では飛鳥京及び川原寺の復元モデルを実世界の遺構上に実寸大で合成表示した．参加者には HMD とハンドヘルド型の表示装置を用いて，合成画像を見てもらい，体験後にアンケートに回答してもらった．実験で生成した合成画像を図 5, 6 に示す．

アンケートの結果より，87.8%の回答者が仮想物体の陰影表現を行なうことによる合成画像の現実感の向上を認めているがわかった．しかし仮想物体と実画像の位置のずれや，合成画像の動きの滑らかさに対する不満が多くみられた．自由回答においては「自由に動けるようにしてほしい」「建物の内部の構造も見たい」という意見が最も多かった．

図 5. 合成画像(甘樫丘から見た飛鳥京)

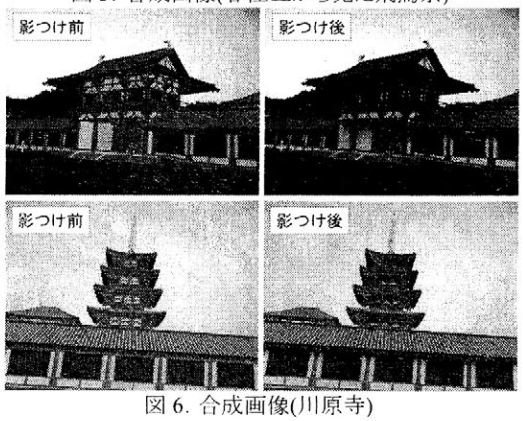


図 6. 合成画像(川原寺)

今後の課題としては，屋外環境における仮想物体と実画像の位置合わせ精度を向上させる必要がある．またユーザの行動範囲を広げるには，ウェアラブルコンピュータの使用や HMD の無線化を検討する必要がある．

謝辞

本研究の一部は，文部科学省技術振興調整費リーディングプロジェクト「大型有形・無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発」の援助を受けて行った．また，明日香村での一般公開については国土交通省の援助を受けて行った．実験の場を与えて下さった明日香村役場，復元図面をご提供いただいた奈良文化財研究所，橿原考古学研究所に対して謝意を表する．

参考文献

[1] 天目隆平，神原誠之，横矢直和，“「平城宮跡ナビ」拡張現実感を利用したウェアラブル観光案内システム”，日本情報考古学会第 19 回大会，Mar.2005, pp.1-6.

[2] T. Kakuta, T. Oishi and K. Ikeuchi: “Shading and shadowing of architecture in mixed reality”, Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR05), Oct.2005, pp.200-201.

[3] バーチャル飛鳥京ウェブサイト：http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/~kakuta/virtual-asukakyo/

A-14

吉備塚古墳出土三累環頭大刀刀身象嵌文様
—自然科学と美術史学との連携の一例として—

○山岸公基（奈良教育大学）、西山要一（奈良大学）、長友恒人、金原正明（奈良教育大学）

奈良教育大学及び吉備塚古墳調査委員会を調査主体として平成14・15年度に実施された、吉備塚古墳（奈良市高畑町、奈良教育大学構内所在）発掘調査の過程で、平成15年12月に三累環頭大刀が出土し、同月奈良大学西山研究室で行われたX線ラジオグラフィーの結果、その刀身表裏に柄側から人物像、龍虎、植物各一の象嵌が施されていると判明した。自然科学の眼が捉えたこの象嵌文様について、本発表では人文学のうち専ら美術史学の手法により検討を加える。

三累環頭大刀刀身の文様は銀象嵌とみられ、表裏に柄側から人物像・龍虎・植物が表される。文様は研ぎ出しが未了で現状ではレントゲン写真に拠るしかなく、重なり合う表裏の文様の分離に課題を残すものの、烏帽子状の被り物をつけ、算用数字の３に似た耳が大きく、肩・腰から羽が生える人物像の像容は、「図仙人之形、体生毛、臂変為翼、行於雲、則年増矣、千歳不死。此虚図也。（中略）仙人有翼、安足以験長寿乎」（『論衡』無形篇。後1世紀か）、「或曰、人得道身生毛羽也」（『楚辞』遠遊「仍羽人於丹丘兮」の王逸注。後1～後2世紀）、「若使皆如郊間両瞳之正方、卬疏之双耳出乎頭巓、馬皇乗龍而行、子晋躬御白鶴、或鱗身蛇首、或金車羽服、乃可得知耳。」（『抱朴子』論僊篇。4世紀か）、「漢武帝元封二年正月甲子、上嵩高山、登大虞石、起道宮。使董仲君東方朔等斎潔思神。忽見仙人。長及二丈余、耳出頭頂、下垂至肩。武帝礼而問之。仙人曰、吾九嶷山人也。聞、中嶽石山菖蒲一寸九節、服之可以長生、故来採之。言訖忽失所在。武帝顧謂侍臣曰、彼非学道服食之徒也。恐是中嶽之神以此諭朕耳。」（『神仙伝』王興伝。4世紀か）といった中国後漢～魏晋南北朝時代の道教文献に見える仙人（羽人）の姿（またはイメージ）とよく対応している。また植物文ではロゼットから生じる芽生えのような部分から平行波線状の光焔（または気？）が生じ目を引く。

吉備塚古墳出土三累環頭大刀刀身象嵌文様に個別に表された図様を一画面中に総合的に表現した例として、中国江蘇省丹陽市建山金家村墓・胡橋呉家村墓等にみられる羽人戯虎図・羽人戯龍図磚壁画が注目される。ここでは羽人（仙人）が光焔（または気？）を放つ植物（芝草か）を手にして龍や虎を導き、光焔を放つ植物は空間をも満たしつつ飛行する。羽人は耳が大きく肩・肘・膝から羽が生えており、腿から足先にかけての輪郭が露わなところも三累環頭大刀象嵌文様の仙人像と軌を一にしている。金家村墓は南朝斉明帝（498年葬）の興安陵、呉家村墓は同じく南朝斉和帝（502年葬）の恭安陵と考証されており[曾布川寛「南朝帝陵の石獣と磚画」（『東方学報　京都』第63冊）]、三累環頭大刀象嵌文様は中国南朝の羽人戯龍・羽人戯虎図像の日本的展開と考えて大過ないものと思われる。

南朝斉は、5世紀の日中交渉史の掉尾を飾るかのように、建元元年（479）いわゆる倭の五王の第五に当たる倭王武（＝雄略天皇）に鎮東大将軍の号を授けており（『南斉書』東南夷伝）、多分に伝説的とはいえ『古事記』下巻雄略記、『日本書紀』巻１４雄略紀（雄略８年２月条、雄略１０年９月条、雄略１２年４月条、雄略１４年正月・３月条）にも呉［南朝の都建康（現南京）を地域名で記載していると考えられる］への遣使記事や呉からの渡来人記事が散見する。中国南朝の羽人戯龍・羽人戯虎図像が直接的に日本に伝えられる時期として、日中直接交流の途絶える6世紀よりも5世紀後半（雄略朝）の方がよりふさわしい。また雄略朝期日本における金属象嵌技術の飛躍的進展は、「獲加多支鹵大王（ワカタケル大王＝雄略天皇）」金象嵌銘を有する埼玉・稲荷山古墳出土鉄剣（辛亥年＝471年）、「獲□□□鹵大王」銀象嵌銘を有する熊本・江田船山古墳出土大刀などから窺い知ることができ、三累環頭大刀刀身を5世紀後半に位置づける想定は国内作例との比較からも支持される。なお、三累環頭大刀に伴出した刀装具の年代としては6世紀第2四半期頃が想定されるが、奈良・東大寺山古墳出土花形飾環頭大刀が中国・後漢中平年間（184～189）の金象嵌銘をもつ刀身に日本4世紀の花形飾環頭を

伴うように、象嵌の施される稀少な刀身の刀装具は更新される場合もあり得たことが留意されよう。

また仙人に比定される人物像が立って見えるのは刀身が杖つかれる時であり、刀身よりやや後れるとはいえ鞘尻金具の先端部が平面をなすことを考え合わせるならば、本大刀はもとより稲荷山古墳出土鉄剣銘にもみられる「杖刀」（杖つかれる侍衛者の刀）とされた公算が大きいが、本大刀刀身が杖つかれるとき下より植物文、龍虎、仙人となる象嵌文様の配置、構図は「昇仙」（崑崙山のような仙山上に達することにより仙人となって不老不死を得る、とする神仙思想の基本的前提）を可視的に表現したものとみなすことができ、中国の図像を単に借用した、と言うレヴェルにとどまらない神仙思想の日本列島への根付きが感じられることも見逃せない。

さて、『日本書紀』雄略紀に神仙思想の色合いの強いことはつとに指摘されるところである。特に雄略４年２月条の次の伝承は、中国起源の神仙思想と日本における「現人之神（あらひとがみ＝姿を現した神）」とのつながりを示唆し興味深い。

「四年の春二月に、天皇、葛城山に射猟したまふ。忽に長き人を見る。来りて丹谷に望めり。面貌容儀、天皇に相似れり。天皇、是神なりと知しめせども、猶故に問ひて曰はく、「何処の公ぞ」とのたまふ。長き人、対へて曰はく、「現人之神ぞ。先づ王の諱を称れ。然して後に禱はむ」とのたまふ。天皇、答へて曰はく、「朕は是、幼武尊なり」とのたまふ。長き人、次に称りて曰はく、「僕は是、一言主神なり」とのたまふ。遂に輿に遊田を盤びて、一の鹿を駈逐ひて、箭發つことを相辞りて、轡を並べて馳騁す。言詞恭しく恪みて、仙に逢ふ若きこと有します。是に、日晩れて田罷みぬ。神、天皇を侍送りたてまつりたまひて、來目水までに至る。是の時に、百姓、咸に言さく、徳しく有します天皇なり」とまうす」（読み下しは『日本古典文学大系』本による）

ここで雄略天皇は「現人之神」一言主神に対し「仙に逢ふ若き」容儀で対しており、人の姿をとる「仙」が前提とされている。この雄略紀の伝承は同工異曲の形で『古事記』雄略記にも収載されており成立の古さが窺われるが、雄略朝期の様相をある程度反映するものとすれば、両脚部の輪郭に同時代の埴輪などの概念的表現とは一線を画した自然味のある三累環頭大刀刀身象嵌文様の仙人像は、雄略朝期の仙人のイメージを現代に甦らせ、日本における神像成立前史を目睹させる稀有の図像資料と評価することができよう。憶測をたくましくすれば、５世紀後半雄略朝期における人の姿をとる神＝仙人像の「現人之神」としての需要が、続く６世紀前半の仏像を伴う仏教伝来の地ならしをした可能性すら皆無ではないように思われる。

以上、科学の眼により捉えられた吉備塚古墳出土三累環頭大刀刀身象嵌文様が、５世紀後半の日中交渉や日本における神仙思想受容の淵源、ひいては日本における、神像はもとより仏像の成立とその波及にも一石を投じる考古遺物であり、美術工芸でもあることを述べた。本研究における自然科学と美術史学との連携に一定の意義が認められるとすれば、学際的研究であることに特色と存在価値を有する文化財科学にあって、自然科学が連携の対象とすべき人文学はひとり考古学のみに限らないであろう。本研究の成果が、今後の文化財科学の存在意義、その担うべき役割を再検討することに、ささやかであっても寄与できることを祈るものである。

九州地方における縄文時代前半期の炭素14年代測定

○遠　部　　慎・宮田佳樹・小林謙一（国立歴史民俗博物館）

はじめに

これまで九州地方では、縄文時代草創期から早期前半にかけての考古学的研究は土器編年を中心に各地域で構築されて、地域ごとの独自性が主張されてきた。しかしながら、各地の編年網の対比は十分でないため（表1）、その地域性がどのように形成され、どういった意味合いを持つのか、十分に検討されていない。

そこで、九州でも土器編年の柱となっている北・東・南部九州において、土器付着炭化物の年代測定を行い、おおまかな各地の併行関係を検討する。当該期の年代データは少なく、土器を中心に年代値を集積した研究は少ない。そこで、縄文時代草創期～早期の土器付着物を中心に年代測定値を蓄積し、各型式の大まかな位置付けについて検討を行う。

第1表　代表的な編年観とその対比

綿貫 1999				岡田 2003	
九州東北部	九州北部	中国	近畿	九州北部	近畿ほか
二日市Ⅰ	泉福寺	観音堂 20·21	鳥浜		鳥浜Ⅰ
二日市Ⅱa			大鼻	柏原E	桝の湖Ⅱ
二日市Ⅱb	（柏原？）	早稲田山			＋
高並垣			大川	柏原F	大鼻
野田山	元岡／松木田	（弘法滝 15）	神宮寺		大川
二日市Ⅲ					神宮寺
陽弓	（柏原Ⅱ層）			松木田	

北部九州（福岡県）における年代測定例

福岡市を中心に測定を行った結果、大原D遺跡で、大原D3式から10480±30BPという年代値が得られている。同じく福岡市の松木田式は、口縁部突起（9630±25BP）→口縁部の外反・直立（9400±30BP、9440±25BP）という流れと矛盾しない。松木田式に後続する浦江式は貯蔵穴の炭化材から、9380±50BPないしは9350±60BP頃に比定される。

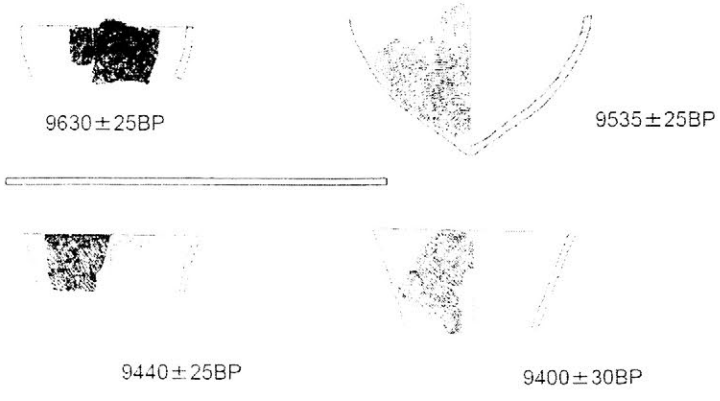


図1　松木田式の変遷と年代測定値

東九州（大分県）における年代測定例

九重町二日市洞穴第Ⅷ文化層（二日市Ⅱa式）では、炭化材・土器付着物とも9900BPにほぼまとまる。二日市洞穴の条痕文（Ⅸ・Ⅷ文化層）に関連するとされた埼玉県さいたま市寿能遺跡の条痕文は10960±50BPである（小林編2007）。大分県の対岸、愛媛県久万高原町上黒岩遺跡では二日市第Ⅷ文

化層に併行する土器が確認されており、層位などを勘案すると、上黒岩第VI層の無文土器群 10085±320BP（I-943：β線）は、二日市第Ⅷ文化層より先行するものと考えられる（遠部・矢作2007）。二日市第Ⅷ文化層に後続する一群としては、佐伯市神ノ原遺跡の 9625±25BP（無文）、9495±45BP、9350±80（条痕文）などがある。

南部九州（鹿児島県）における年代測定例

西之表市三角山Ⅰ遺跡の隆線文土器からは、12080±70BP、11790±45BP、11795±50BP、鬼ヶ野遺跡では 12180±40BP、11880±60BP の年代値が得られている。岩本式は 9890±60B を示し、薩摩火山灰層下位から出土するという各遺跡の状況と矛盾しない。測定できた資料は、いわゆる岩本式より古相と考えられる。石坂式は、概ね 8900BP 代にまとまり、桑ノ丸式土器は 8735±35、8540±45BP という測定値が得られている。

第２表　東・南部九州の主要な年代測定値（早期）

試料番号（ラボ符号）		遺跡名	型式	ラボコード	炭素14年代（BP）
OISA	1(re)	神ノ原遺跡	無文土器	MTC-08545	9625 ± 50
OISA	2	神ノ原遺跡	条痕文土器	MTC-08546	9495 ± 45
OISA	3	神ノ原遺跡	条痕文土器	MTC-08547	9350 ± 80
OIKK	7	二日市洞穴	無文土器	PLD-6726	9885 ± 25
KAMB	20	三角山Ⅰ遺跡	岩本式	MTC-05833	9890 ± 60
KAMB	194(re)	前原遺跡	石坂Ⅰ式	PLD-6287	8900 ± 25
KAMB	184	前原遺跡	石坂Ⅰ式	PLD-4665	8940 ± 30
KAMB	185	前原遺跡	石坂Ⅰ・Ⅱ式	PLD-4666	8840 ± 30
KAMB	201	桐木耳取遺跡	桑ノ丸式	MTC-08542	8540 ± 45
KAMB	208	桐木耳取遺跡	桑ノ丸式	MTC-08543	8735 ± 45

まとめ

以上の得られた年代値から、岩本式と二日市第８文化層が年代的に近い関係にあり、続いて松木田式と神ノ原遺跡の一群が近いことがわかる。石坂式や桑ノ丸式は概ね 9000BP 以降の土器群であろう。今回の測定の結果、特に早期前半の編年が整備されたが、いわゆる磨製石槍を伴なう土器群の年代は 9800-9400BP 頃にまとまる可能性が高い。

最後に広域編年の中で位置づけてみる。近畿地方では、縄文時代早期では、大川式（9530±60BP）→神宮寺式（9305±25BP）→神並上層式（9065±25BP）→山形文盛行期（8900±40BP）という土器付着物の年代測定データが得られている。中四国地方の山形文盛行期については、高知県香美市刈谷我野遺跡で、炭化材を測定した結果、8895±40BP、8860±25BP という年代値が得られており、近畿地方の山形文盛行期とほぼ同じ年代値を示している。近畿地方との対比でいえば、松木田式は概ね大川式～神宮寺式、浦江式は概ね神宮寺式に年代的に近いと判断できよう。

今後、さらに測定を重ねていく必要があるが、特に隆線文土器以降、上黒岩VI層以前の年代値の少ないことに気づく。東日本でも、11500-10000BP 頃は、測定値が少なく重要な課題の１つとなるであろう。

本発表は、平成 16-21 年度科学研究費補助金学術創成研究　課題番号 16GS0118（研究代表　西本豊弘）、平成 17-18 年科学研究費補助金基盤研究（C）（1）課題番号 17520529、平成 18 年度科学研究費奨励研究　課題番号 18904003、パレオラボ第１期若手研究者を支援する研究助成、福武財団瀬戸内海研究助成の成果の一部である。

【参考・引用文献】

遠部　慎・矢作健二 2007「上黒岩岩陰遺跡の包含層の形成と年代的考察」『第 58 回歴博フォーラム　縄文時代のはじまり』41-43 頁、国立歴史民俗博物館

小林謙一編 2007『平成 17-18 年度科学研究費補助金基盤研究（C）（１）研究成果報告書　AMS 炭素 14 年代測定を利用した東日本縄紋時代前半期の実年代の研究』国立歴史民俗博物館

A-16

東日本における弥生移行期の ^{14}C 年代測定

○小林謙一・今村峯雄・坂本稔・西本豊弘（国立歴史民俗博物館）

国立歴史民俗博物館年代測定グループによって進められている弥生開始年代の年代測定研究の一環として、関東・北陸・東北地方の縄紋晩期終末から弥生中期の年代測定研究をとりあげる。2001年度より現在まで、東海・中部・北陸以東の東日本の縄文後期から弥生中期までの測定例として、約900測定を行っている。測定対象は、水田出土木材や土器付着物、コメ・モモなどの種子類、木材の年輪試料によるウイグルマッチングなど、多様な試料に及ぶ。その結果から、東日本各地における弥生文化の波及年代を検討するとともに、西日本との比較を行い、列島における弥生文化の年代的整理を検討することが可能である。これまでに日本文化財学会等でも中間発表的に成果を示してきたが、縄文晩期から弥生中期までについて、西日本とも対比させつつ、総合的に実年代を推定することが可能なレベルに達しつつあると考える。年代を定めることで、東日本の弥生波及の時期と縄文・弥生の時代区分、東北北部地方の弥生・続縄文の文化区分について、具体的な考古学的検討が可能となろう。

縄文時代晩期初頭大洞B1式古期とされる山形県高瀬山遺跡の土器が、前13世紀の中の一時点を含む年代である。前14世紀末ころは、後期十腰内式期なので、前1280～1250年ごろの一時点に大洞B式が成立すると考えられる。

大洞B-C式は、前12世紀を含む年代であり、大洞C1式の始まりは、前11世紀後半頃のいずれかと考えられる。大洞C1式の終わりは前9世紀であり、前9世紀後半に大洞C2式が始まる。前780年ころに大洞A式が出現する。

東北地方に併行する時期の関東地方については、東京都下宅部遺跡などで土器付着物多数を測定し、土器編年で交差する安行系土器型式で、おおよそ整合的な年代観を得ている。

大洞A～A'式併行期は、「2400年問題」とよぶ、過去の大気濃度の変動により、年代を絞りにくい時期で「2400年問題」と俗称される時期であるが、大洞A式は前8世紀から5世紀の中に含まれよう。

新潟県青田遺跡の測定成果から、大洞A'式は前550年以降でその最終末は前400年代までに含まれると考えられる。東北地方の弥生の始まりを砂沢式期とすると、いくつかの遺跡の土器付着物の測定より、砂沢式相当期は前400年代のいずれかの時期から前350年までにずれかと考えられる。神奈川県中屋敷遺跡での測定結果も同様の年代を示している。

弥生中期については、中期初頭と考えられる新潟県分谷地A遺跡・大曲遺跡の今和泉式土器や千葉県志摩城跡遺跡の土器付着物の測定では、前4～3世紀ころの較正年代が考えられる。

中期中葉頃の水田稲作が想定される青森県垂柳遺跡、宮城県高田B遺跡、中在家南遺跡、神奈川県中里遺跡などで、前200年代と考えられるこうせい年代が考えられる。中期後半宮ノ台式期は、神奈川県赤坂遺跡、千葉県太田長作遺跡の火災住居炭化材・種子類・土器付着物の測定より、前2～1世紀の較正年代が得られている。

西日本との交差年代については、九州で山の寺式の初めが前10世紀とされるのに対し、大洞C1式とC2式の境はほぼ同じ頃、前8世紀初めとされる西日本の弥生早期と前期の境に比定される、大洞C2式とA1式の境も同じ頃に求められ、概ね一致している。

なお、弥生前期と中期の境は前4世紀中頃に相当する可能性が高く、この時期の近畿地方と東日本の編年対比上の暦年代も、よく一致している。

この研究は、学術振興財団科学研究補助金学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジアー炭素年代測定による高精度編年体系の構築ー」（2004～2008年度,研究代表西本豊弘）の成果である。年代測定研究グループの春成秀爾、藤尾慎一郎、永嶋正春、松崎浩之、中村俊夫および歴博の尾嵜大真、宮田佳樹、遠部慎のほか、辻誠一郎、工藤雄一郎、新免歳靖や試料提供者各位の協力を得ている。

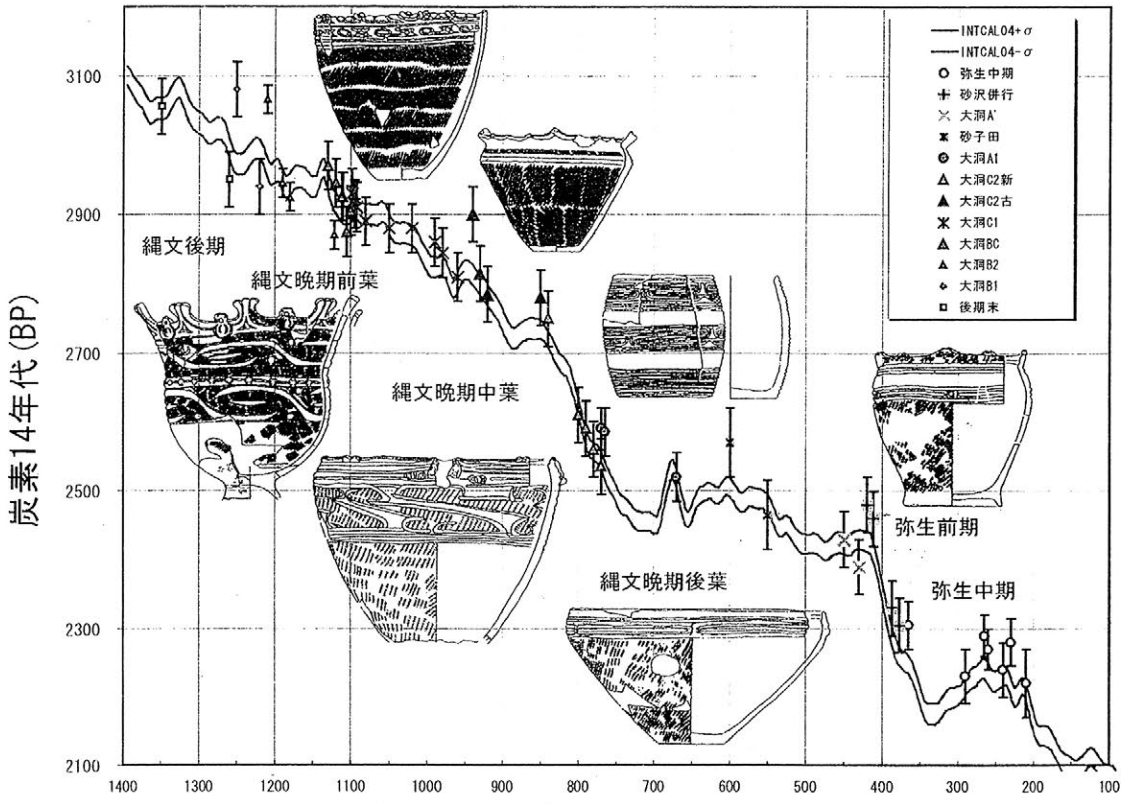


図1　東北地方　較正年代(cal BC)IntCal04

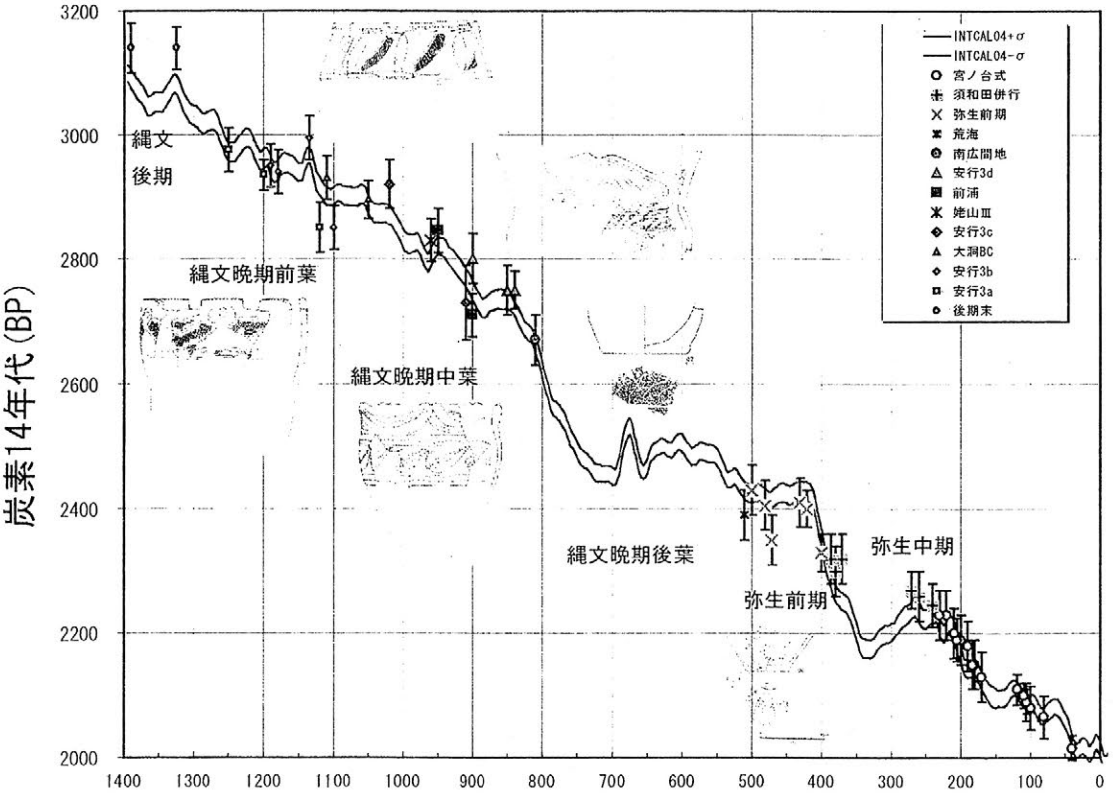


図2　関東地方　較正年代(cal BC)IntCal04

茨城県牛久市観音寺における炭素14年代測定

○坂本　稔・今村峯雄・若狭　幸（国立歴史民俗博物館）
松崎浩之（東京大学大学院）

1.　はじめに

茨城県牛久市に所在する観音寺は，嘉永2（1226）年に十一面観音を祀る堂として建立されたと寺伝にある。確実な史料としては大永5（1525）年に観音堂が再建され，現本堂が宝永4（1707）年に大改修されたことが棟札に記されている。その際には本堂内陣の古材を利用して，仁王門が建立されている。

茨城県内には鎌倉時代のものとされる木造建築物の例はほとんどなく，建立年代を明らかにすることは建築史のみならず仏教史的にも意義がある。そこで観音寺から様々な構成材の提供を受け，炭素14年代測定からその建立・改修年代を検討した。

2.　試料と測定

昭和44～48年の本堂，平成4～6年の仁王門保存修復工事の際に保管された資料，ならびに本堂内の須弥壇から採取された資料の炭素14年代測定を行った（図1）。調査に先立ち，本堂内陣の当初材である仁王門旧材の年代が試験的に測定され（Beta-214729），770±40 ^{14}C BPという較正年代にして鎌倉期に相当する結果が得られた。そこで仁王門旧材については，ウィグルマッチ法による較正年代の高精度化を図るため，複数の年輪層を採取した。ただし伐採年を示す表皮直下の層は，資料からは確認できなかった。

酸・アルカリ・酸処理は，国立歴史民俗博物館に導入された自動AAA処理装置2号機により実施された。80℃のドライバスを用い，1N塩酸中の加熱を1時間2回，1N水酸化ナトリウム溶液中の加熱を1時間4回，1N塩酸中の加熱を1時間2回，純水中の加熱を30分5回行った。回収後電気炉で乾燥させた試料は，およそ1.5～2mgを専用のスズ箔に梱包し，元素分析計を用いて瞬時に燃焼させた。得られた燃焼ガスを，真空装置を用いて回収・精製し二酸化炭素を得た。鉄粉の存在下，550℃の電気炉で二酸化炭素を水素ガスと4時間30分反応させグラファイトを得た。

得られたグラファイトは，アルミ製の専用ホルダに600Nの荷重で充填して測定試料とした。測定に必要な標準試料（米国標準技術局シュウ酸：SRM 4990C）ならびにブランク試料（添川理化学(株)炭素:No. 75795A）からも，試料と同様に燃焼・精製を経てグラファイトを得，ホルダに充填した。炭素14年代測定は東京大学大学院工学系研究科のタンデム加速器研究施設にて行われた。

試料番号	機関番号	C14年代 (^{14}C BP)	較正年代の確率密度分布 (2σ)	種類	備考
BKN-S1	MTC-07868	930 ±40		須弥壇・材	裏から見て右下より3段目
BKN-S2	MTC-08132	905 ±40		須弥壇支柱	正面から見て左奥，裏側からの破片
BKN-S3o	MTC-07866	710 ±40		須弥壇・漆	正面右角下面，木片付着
BKN-S3w	MTC-07867	1065 ±40		須弥壇・木片	正面右角下面，漆付着
BKN-S5	MTC-08121	475 ±40		須弥壇・塗料	本堂内陣左柱
BKN-S6	MTC-08122	705 ±40		須弥壇・材	内側裏から向かって左上
BKN-S7	MTC-08123	160 ±40		須弥壇・材	内側裏上
BKN-S8 1	MTC-08124	910 ±40		須弥壇・材	内側裏から向かって右上，第1層
BKN-S8 36	MTC-08125	890 ±10		須弥壇・材	内側裏から向かって右上，第36層
BKN-B1	MTC-07868	280 ±40		本尊・寄木竹釘	修理作業時の保管遺物
BKN-B2	MTC-07877	425 ±40		本尊・下地布	修理作業時の保管遺物
BKN-D	MTC-07869	105 ±10		絵板・材	天文2年銘，年輪最外層
BKN-A	wiggle-matched			仁王門旧材	本堂柱当初材，ケヤキ
BKN-2	wiggle-matched			仁王門旧材	本堂柱当初材

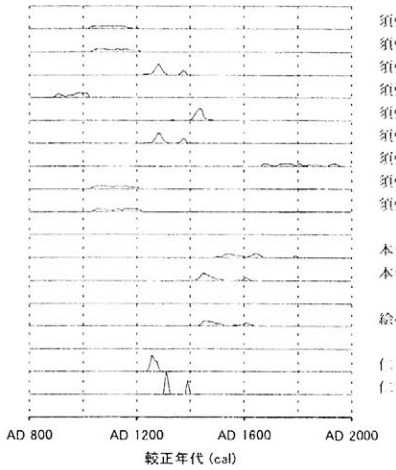
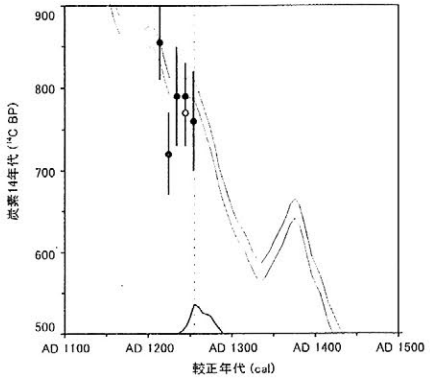
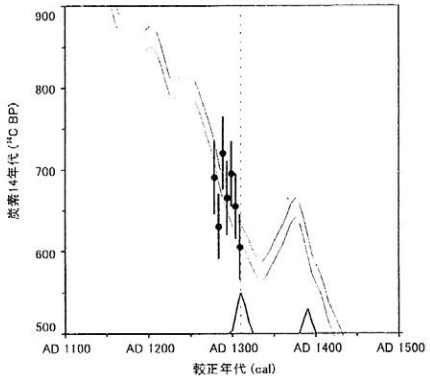


図1：茨城県牛久市観音寺の炭素14年代測定結果



試料番号	IBKN-A			
最外層		cal AD 1255		
較正年代	cal AD 1240	– cal AD 1290	95.4%	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
			95.4%	
中央値		cal AD 1255		
最頻値		cal AD 1255		

試料番号	層順	機関番号	C14年代 (°C BP)
IBKN-A 1	1	MTC-07861	760 ±60
IBKN-A 3	11	MTC-07863	790 ±40
IBKN-A 5	21	MTC-07875	790 ±60
IBKN-A 7	31	MTC-07874	720 ±50
IBKN-A 9	41	MTC-07862	855 ±45
IBKN-A 0	11	Beta-214728	770 ±40



試料番号	IBKN-2			
最外層		cal AD 1310		
較正年代	cal AD 1300	– cal AD 1325	65.5%	
	cal AD 1380	– cal AD 1400	30.0%	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
	–	–	–	
			95.4%	
中央値		cal AD 1310		
最頻値		cal AD 1310		

試料番号	層順	機関番号	C14年代 (°C BP)
IBKN-2 1	1	MTC-08126	605 ±40
IBKN-2 2	6	MTC-08127	655 ±40
IBKN-2 3	11	MTC-08128	695 ±40
IBKN-2 4	16	MTC-08129	665 ±45
IBKN-2 5	21	MTC-08130	720 ±45
IBKN-2 6	26	MTC-08131	630 ±40
IBKN-2 7	31	MTC-08132	690 ±45

図2：ウィグルマッチングによる旧柱材の較正年代

3.　結果と考察

測定結果を図1に示す。また旧柱材（IBKN-A，IBKN-2）のウィグルマッチングの結果を図2に示す。

各資料の較正年代は，大別して12世紀以前，13～14世紀，15世紀以降に分布する。須弥壇の構成材は後世の修理などを反映すると思われる新しい年代を示すものもあるが，多くが12世紀以前の年代を示す。本堂柱当初材の最外層は13～14世紀と推定され，漆（IBKN-S3u），構成材（IBKN-S6）とともに建立年代と調和的，ないしやや新しい年代を示している。木材試料についてはそれぞれ内側の年輪層が測定されたことも否定できないが，以上のことからは須弥壇が建立に先立って製作された可能性も指摘できる。

竹釘（IBKN-B1）の年代は，棟札に記録された寛永7（1630）年の十一面観音修理と符号している。下地布（IBKN-B2）の年代がこれをやや遡るのは，再建時のものが再利用された可能性を示唆しうる。なお天文2（1533）年銘の絵板（IBKN-D）の年代は，確率密度分布の上からは調和的である。

建築様式からは，材に丸刃チョウナ削りによる加工痕が残されていること，また拳鼻という内陣柱の上に載る組み物に施される彫刻が，同じく鎌倉時代建立の寺伝のある茨城県潮来町長勝寺のものと類似していることが指摘されている。これらはいずれも観音寺の建立を鎌倉期におくことと矛盾しない。厳密には，上述したように当初材および漆の年代が建立年より若干新しい可能性もある。これに関しては発願・上棟・入仏と続く建立の時間差の反映，あるいは建立（1226）年が再建（1525）年から逆算されたものかも知れない。いずれにしても観音寺の建立年代は，炭素14年代測定からも鎌倉時代であることが示された。新しい年代を示す資料も同時性が高く，後世の修理をほぼ反映したものと考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり，観音寺の飯田康貴住職・飯田順康前住職，牛久市役所の吉田材夫氏には試料提供での便宜をお図りいただいた。宮地正人氏，一色文彦氏には歴史的背景や建築に関する様々な教唆をいただいた。測定試料の試料調製には南部逸枝氏，和泉きよえ氏の協力を仰いだ。記して感謝申し上げる。本研究は国立歴史民俗博物館・平成18年度基盤研究の一環である。

A-18

中世の火葬骨のAMS ^{14}C年代測定

○中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）・金原正明（奈良教育大学）・狭川真一（元興寺文化財研究所）・山田哲也（元興寺文化財研究所）・土本典生（愛知県一宮市博物館）・南　雅代（名古屋大学）・奥野　充（福岡大学）・小田寛貴（名古屋大学）

1．はじめに

本研究では，AMSによる^{14}C年代測定を，中世の火葬墓から採取された火葬骨に適用することを試みる．これまで火葬骨の年代は蔵骨器として用いられる陶磁器の型式から推定されてきた．しかし，陶磁器が焼かれる前に使用されることは無いものの，焼かれた後，多年を経ての使用，再使用の可能性があるため推定年代が曖昧になる．そこで，火葬骨を直接に年代測定することが期待されていた．中世の火葬でも，遺体を比較的長時間にわたって800℃以上の高温に保つことができており，肉質は勿論のこと，骨もよく焼けて有機質が失われていることが多い．しかし，焼骨の中には骨の一部が焼け残り，燃料に使われた木炭の一部が残って遺骨と共に蔵骨器内に保持されていることがある．この度，愛知県一宮市の法圓寺中世墓遺跡から採取された火葬骨資料から，木炭および不完全燃焼により炭化した火葬骨を選別し，AMSによる^{14}C年代測定を行った．

2．一宮市法圓寺中世墓遺跡の火葬骨

今回，愛知県一宮市大和町にある法圓寺中世墓から採取した４種類の火葬骨試料について，火葬骨が入っていた蔵骨器が採取された遺構番号，骨壺及び蓋の特徴，火葬骨の特徴を表１に示す．

表１　^{14}C年代測定に供した火葬骨試料とそれらの特徴

遺構番号	遺物整理番号及び蔵骨器型式（蓋／壺）	火葬骨の状態	木炭塊の有無
1P1(91)	1/2（片口鉢／常滑壺）	ほぼ完全に灰化，骨の形状は残存	無
4P10(91)	6061（北部系の小皿／瀬戸四耳壺）	完全燃焼せずに炭化している部分がある．表面は灰に覆われるが，中は黒い．	無
4P24(91)	6465（北部系山茶碗／東濃四耳壺）	完全燃焼せずに炭化している部分がある．表面は灰に覆われるが，中は黒い．	有
81-A(91)	9495（北部系山茶碗／瀬戸四耳壺）	完全燃焼せずに炭化している部分がある．表面は灰に覆われるが，中は黒い．	木炭塊らしきもの有

遺構，遺物整理番号及び蔵骨器型式は，一宮市教育委員会（1995）による．

3．試料調製と^{14}C測定

持ち帰った火葬骨試料について，表面の汚れを削り取って個々の焼骨片を観察した．焼骨片試料のうち，ほぼ完全に灰化しているものについては骨コラーゲンの抽出を試みた（沢田ほか，1992；中村ほか，1996）．火葬骨破片の中には，あきらかに燃料に使われた木炭と思われるもの，また，骨の内部の一部あるいは大部分が不完全燃焼で炭化したように思われるものがあった．これらは，木炭および炭化物として年代測定のための試料調製を行った（表２）．

さらに，試料調製操作後に残った炭化物について，光学顕微鏡観察を行った．試料は，長さがほぼ3 mm以下の細片であることから，実体顕微鏡および落射顕微鏡によって観察を行い，形態的および構造的特徴から炭化骨と木炭の識別と，木炭について樹種同定を行った（表２）．その結果，木炭片はヒノキ*Chamaecyparis obtusa* Endl.の材片であると結論される．一方，炭化骨片と判定

した 4P24-2，4P24-5 は，緻密な炭化物の小片であり，熱によるとみられる歪みをもつ柱状のものが多く，木材のような細胞の配列等の構造は観察できず，また反射光はにぶい．長軸方向に疎に小孔が存在し，側面では軸方向に欠落してみえる．熱による歪みと収縮のため，緻密であることと小孔が観察されるのみであるが，硬骨組織が最も類似していると結論される．

$^{14}C/^{12}C$ 比および $^{13}C/^{12}C$ 比の測定は，名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計を用いて行った．タンデトロン分析計で測定された $\delta^{13}C$ を用いて炭素同位体分別の補正を行ったのち，試料の ^{14}C 年代値（conventional ^{14}C age（同位体分別補正 ^{14}C 年代））を算出した（中村，2001；2003）．^{14}C の半減期としては，国際的な慣例に従って，Libby の半減期 5568 年を用いた．^{14}C 年代値は，西暦 1950 年から遡った年数として与えられる．得られた同位体分別補正 ^{14}C 年代を，^{14}C 年代–暦年代較正データ（IntCal04, Reimer *et al.*, 2004）および較正プログラム CALIB Rev. 5.0 (Stuiver and Reimer, 1993)を用いて暦年代に較正した（表２）．

表２　愛知県一宮市法園寺中世墓出土の焼骨の ^{14}C 年代および較正年代

資料番号	炭化物の起源	炭化物分取量 (mg)	CO_2 の収量 (mg) (収率;%)	$\delta^{13}C$* (‰)	^{14}C age (BP)	^{14}C 年代を較正した年代(cal BP) ±1σの較正年代範囲 (可能性の確率)	実験室コード番号(NUTA2-)
4P24-1-1	燃料の木炭（ヒノキ材）	6.06	3.42(56.4)	-24	982±36	cal AD 1016-1048 (46.8%) cal AD 1087-1123 (40.1%) cal AD 1138-1150 (13.0%)	11267
4P24-1-2	燃料の木炭（ヒノキ材）	6.01	3.55(59.1)	-24	936±36	cal AD 1036-1054 (19.6%) cal AD 1077-1154 (80.4%)	11268
4P24-2	骨の不完燃焼焼による炭化物	6.06	3.56(58.8)	-24	876±36	cal AD 1053-1079 (22.6%) cal AD 1153-1216 (77.4%)	11269
4P24-3	燃料の木炭（ヒノキ材）	6.10	3.57(58.5)	-23	1400±37	cal AD 617-659 (100.0%)	11270
4P24-5	骨の不完燃焼焼による炭化物	6.00	3.42(57.7)	-22	867±36	cal AD 1056-1076 (13.6%) cal AD 1154-1219 (86.4%)	11271

４．結果及び考察

表２に示されるように，燃料由来の木炭の較正年代として，cal AD 617 から cal AD 1154 までの広い範囲が得られた．ここで，4P24-1-1 と 4P24-1-2 は，同じ木炭を２分割したものである．木炭の ^{14}C 年代は，骨の炭化物と考えられる 4P24-2 及び 4P24-5 の ^{14}C 年代よりも明らかに古い．このように木炭について古い ^{14}C 年代が得られるのは，火葬に使用された薪の一部が古い樹木片であったと考えれば矛盾はない．

２点の焼骨 4P24-2 及び 4P24-5 の年代は互いに良く一致している（表２）．また，今回測定した試料の中で，もっとも若い年代を示した．この２つの ^{14}C 年代を較正した年代として得られた cal AD 1050-1080 および cal AD 1150-1220 の暦年期間，すなわち 11 世紀の後半部および 12 世紀後半から 13 世紀の初め頃にかけてが，遺構 4P24 に埋葬された遺体が火葬された時期と推定できる．

一方で，遺構 4P24 で使われていた蔵骨器の東濃四耳壺（器高 26.7cm）は土器型式から成作年代が 13 世紀前半，北部系山茶碗の蓋は 13 世紀中頃と推定されている（一宮市教育委員会，1995）．このように，^{14}C 年代測定から推定される火葬の年代は，蔵骨器の型式から推定される年代に比べて幾分古い年代となっている．しかし，人骨の年代として，生きている間に骨の形成に使われ，また，新陳代謝により入れ替わった結果として残った有機態炭素の年代を測定している事から，人の死亡年よりも若干古い年代が得られる可能性がある．このことから，^{14}C 年代測定結果と土器型式による推定とは，矛盾はないといえよう．

A-19

礼文島浜中2遺跡出土土器のステロール分析

-土器に残された海獣の痕跡と年代学的研究-

○ 宮田佳樹[1)]、堀内晶子[2)]、パレオ・ラボAMS年代測定グループ[3)]、西本豊弘[1)]
1)国立歴史民俗博物館、2)国際基督教大学教養学部、3)（株）パレオ・ラボ

はじめに

北海道礼文島浜中２遺跡のＲ地点Ｖ層（縄文後期）は、北海道最北の島嶼遺跡のわずか 11×11m の調査区にもかかわらず、約 3000 点の土器ともに多量の動物骨が出土している。しかも、このＶ層出土の土器は、ほぼ縄文後期後葉の堂林式に限られ、土器型式にするとほぼ一型式に収まる。また、出土した動物骨はアシカ類を主体とする海獣骨と鳥骨がほとんどであった。さらに、同島の 2km 近傍の集落遺跡である船泊遺跡とは異なり、存在するのは約３０基の炉跡のみで、まったく集落遺構が見られないため、本遺跡は、海獣狩猟を行い、解体を主目的とした夏季限定のキャンプサイトとのようなもの考えられる。この数十年という非常に短期間に多量に廃棄された土器は、海獣の毛皮と油脂を採取するために利用されたものとされる。

そこで、本研究の目的は、浜中２遺跡縄文後期（Ｖ層）の出土土器に吸着、付着したステロールをガスクロマトグラフで定性分析し、海獣の痕跡（動物性ステロール）を検出することである。もし、本当に土器で海獣を煮炊きしたという考古学的な所見が正しいならば、植物性ステロールに比べて、動物性ステロールが卓越して検出されるはずである。さらに、海獣の油脂が付着している可能性の高い土器付着炭化物に対して、AMS-^{14}C 年代測定を行い、安定同位体測定を組み合わせることにより、土器に付着する海獣などの海産物の痕跡と海洋リザーバー効果との関係を紐解き、土器付着炭化物の起源の解明を目指す。

方法

ステロール分析：土器片をまず、そのままクロロホルム：メタノール（２：１）で抽出し、表面近くの脂質を抽出した後、土器を粉砕して内部に残っている脂質を再度抽出し、土器表面近くと、土器の中心部に深く浸透、吸着しているステロールを別々に測定した。抽出した脂質をまず加水分解し、生体内のステロール類の多くを占めるステロールエステルをステロールに変換して、ステロール類の検出量を増加させた。ステロールは、トリメチルシリル化した後、ガスクロマトグラフィーで定量した。動物性のコレステロールの他、植物性ステロールは、主要なβ－シトステロール、カンペステロール、スティグマステロール、褐藻類に多く含まれるフコステロールを測定できる。分析は全て、国際基督教大学で行った。

AMS-^{14}C 年代測定、安定同位体測定：土器付着炭化物と炭化材は、国立歴史民俗博物館で AAA 処理、炭素精製を行った後、（株）パレオ・ラボの加速器で炭素年代測定を行った。また、付着炭化物の安定同位体測定は、（株）昭光通商に依頼して行った。

結果と考察

試料は、縄文後期（Ｖ層）から出土した土器片底部Ｂと、比較試料として続縄文（Ⅲ層）から出土した土器片底部Ａを用いた。現在、土器二片のみの結果であるが、土器表面に吸着したステロールは、80%以上が動物性のステロールであった（図１）。この結果は、多量のイルカ獣骨が出土した石川県間脇遺跡土器のステロール分析の結果ともよく一致しており（真脇遺跡報告書、1986）、この土器片に動物性の脂質が付着していた可能性を強く示唆するものである。また、（全植物性ステロール）／（動物性ステロール）比＜0.1～0.3 と、これまで国際基督教大学で行ってきた植物性のステロールが卓越する縄文、弥生時代の土器のステロール分析結果

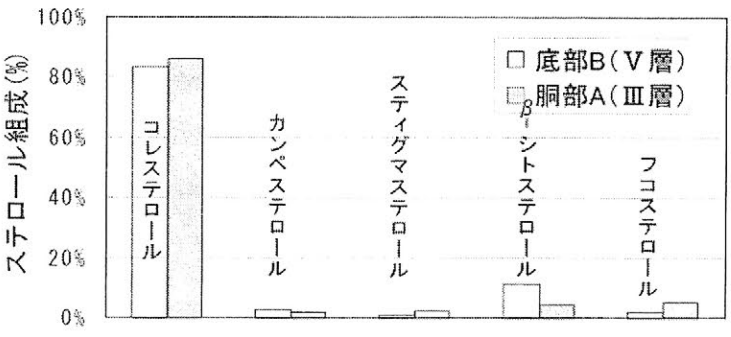


図１．浜中２遺跡出土土器から抽出したステロール組成

（縄文時代～2.6；弥生時代～1.4；現代～0.76）とは明らかに異なる傾向を示した。したがって、今回の土器から抽出されたステロールの分析結果は、縄文時代後期浜中２遺跡では、多量の海獣を土器で煮炊きしていたという考古学的な所見を裏付けるものである。一方、土器内部からはほとんどステロールは検出されなかった。

また、縄文後期（V層）の３個体の５試料の内、外面土器付着炭化物と２片の炭化材を用いて、AMS-^{14}C 年代測定を行った。V層に残された炉跡から抽出した炭化材の年代は～3000BP であり、これは縄文後期後葉というV層の考古学的層位と合致している。一方、内面土器付着炭化物の年代は、3715～3840BP（A.V. 3794±55BP; N=4）を示した。炭化材の年代を基準にし、内面付着物が 100%海産物だと仮定すれば、縄文時代後期の礼文島近辺の海洋リザーバー効果は 800 年程度と見積もれる。これは、米田他（2002）が報告している北海道のリザーバー年代とよく一致しており、今回の測定結果の妥当性を裏付けるものと考えられる。

さらに、この土器付着炭化物の安定同位体組成（炭素、窒素同位体）を、C_3植物、C_4植物、草食動物、海生魚貝類、海獣などの各端成分とともに図２にプロットしてみる。内面付着物の分布領域は海獣の分布域からはややずれているものの、通常の内面付着物とは異なり、海獣の影響を強く受けていることが推定される。一方、燃料材起源の“ス ス“が主成分と考えられる外面付着物は、C_3植物と海生魚類、海獣との間に位置した。これは、海獣由来の油脂などが付着しているためかもしれない。実際、この外面付着物の炭素年代は、3730±35BP と明らかに古い炭素の影響を受けている。しかし、リザーバー効果を受けている他の内面付着物の年代とほぼ一致しているため、現時点ではこの外面付着物１点の炭素年代と安定同位体の関係を整合的に説明することは難しい。

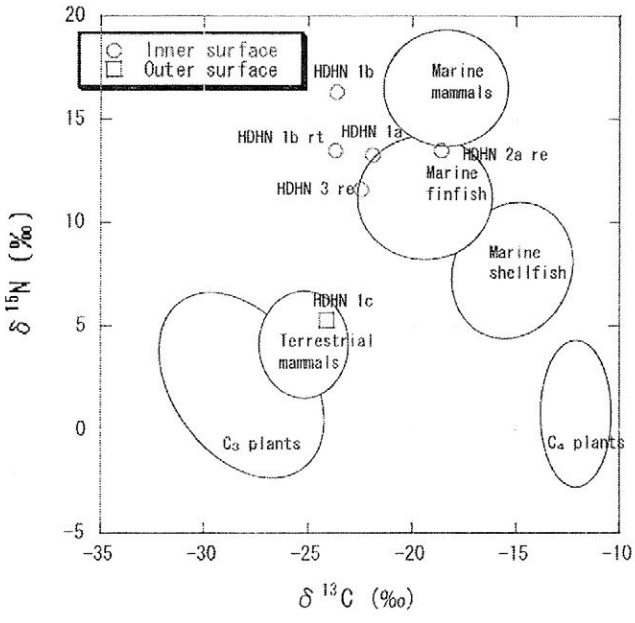


図２．浜中２遺跡出土土器付着炭化物の安定同位体プロット

今後は、ステロール分析、貝類や獣骨の年代測定、食性分析も行い、浜中２遺跡の性格を総合的に整理確認しつつ、土器付着炭化物の起源と海洋リザーバー効果の解明を行っていきたい。

本研究は、科学研究費補助金若手(B)「土器付着炭化物を用いた古食性の研究」（研究代表 宮田佳樹）、学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア－炭素年代測定法による高精度編年体系の構築－」（研究代表 西本豊弘）、及び国立歴史民俗博物館平成 19 年度基盤研究「歴史資料研究における年代測定の活用法に関する総合的研究」（研究代表 今村峯雄）の成果の一部である。

A-20

遺跡の時間情報の解読（Ⅲ）

－シベリア地域における上部更新世堆積層の ^{14}C 年代測定－

○國木田大、吉田邦夫、宮崎ゆみ子、松崎浩之、加藤博文*
佐藤孝雄**、G．I. Medvegev***、E. A. Lipnina***
（東京大学、*北海道大学、**慶応大学、***イルクーツク国立大学）

1．はじめに

シベリア地域をはじめとする北東アジア地域の上部更新世の遺跡では、通常 ^{14}C 年代測定に有用な炭化物資料の出土が稀である。炭化物資料が出土した場合でも、資料量、保存状況が良好ではない場合が多く、必ずしも十分な測定を行えていないのが現状である。一方で日本の旧石器時代は、広域火山灰を利用したテフロクロノロジーが発展し、遺跡や文化層の年代的位置づけが可能になっている。大陸側、特にロシア連邦では、①調査遺跡が日本ほど近接していない（型式編年構築の不利）、②広域火山灰が存在しない、③氷河作用の土壌攪乱が多い、等の理由で ^{14}C 年代値の妥当性を論ずるにも困難が付き纏う。そのため、当該地域の ^{14}C 年代測定を行うには新たな方法論が必要と言える。本発表では、土壌堆積物中の全有機炭素（TOC：Total Organic Carbon）、フューミン（＋鉱物成分）（Humins＋Mineral constituents）、フミン酸（Humic acid）、土壌炭酸塩（Soil carbonate）の ^{14}C 年代測定を行い、その年代値の比較検討を行う。土壌構成成分の状況を把握することは、遺跡の堆積環境史の復元に非常に有効であり、近年話題に上るジオアーケオロジーの視点からも意義深い。

2．測定資料および試料の調製・測定

現在日露共同調査が進められているバイカル湖北西部に立地するチェレムシュニク１遺跡とバリショイ・ナリン遺跡群を研究対象遺跡とした。各遺跡の堆積土壌を深さ方向に一定の間隔で、セクション面より採取した。いくつかの層順では動物遺存体、炭化物が出土したため、クロスチェックを行った。チェレムシュニク１遺跡では、土壌８資料と動物遺存体２資料の計10資料、バリショイ・ナリン遺跡では土壌18資料、動物遺存体９資料、炭化物１資料の計28資料を測定した。試料の調製は図１のフローチャートに従い、動物遺存体は不溶性コラーゲンを抽出して測定した。測定は、東京大学工学系研究科に設置されているAMS装置を用いた。

3．測定結果と考察

測定結果を図３、図４に示す。両遺跡で各土壌成分ともに層序的に大きな矛盾はなかった。注目すべき点を挙げてみると、①バリショイ・ナリン遺跡の全有機炭素年代は-130 cmより深い範囲では妥当性のある年代値を示していない。②ヒューミン（＋鉱物成分）の年代値は、20,000 BPを境に上位の層では古くなり、下位の層では他の成分と比較して新しく得られた。この２点は、炭素含有率と関係している。炭素含有率0.1%以下で20,000 BPより古い試料では現代炭素の混入による ^{14}C が無視できなくなると考えられる。③チェレムシュニク１遺跡では、動物遺存体の年代値が各土壌成分と一致した値を示した。④バリショイ・ナリン遺跡の土壌炭酸塩は、全ての層順で他の成分より古い値を示すが、古い堆積層まで整合性のある測定値が得られる。⑤同一層順の土壌成分（03BN18）と動物遺存体（03BN20）の比較では、動物遺存体の年代値が土壌成分より古い値を示す。⑥土壌炭酸塩の $\delta^{13}C$ は、チェレムシュニク１遺跡では各層でばらつきが大きく、バリショイ・ナリン遺跡では長期にわたり比較的一定であった。バリショイ・ナリン遺跡では土壌炭酸塩の炭素起源や生成過程が同一であった可能性が高いと考えられる。

4．まとめ

シベリア地域の土壌有機物炭素および土壌炭酸塩が、堆積環境の大まかな年代の指標となることが分かった。今後、炭化物や動物遺存体の出土しない遺跡においても、ある程度の年代評価を行える。今後は、炭化物や動物遺存体との詳細な比較検討、対象地域を拡張して研究を進めて行きたい。

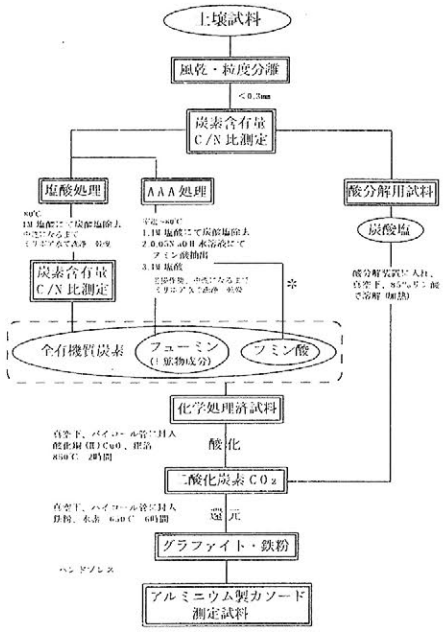


図1 測定試料の調製法

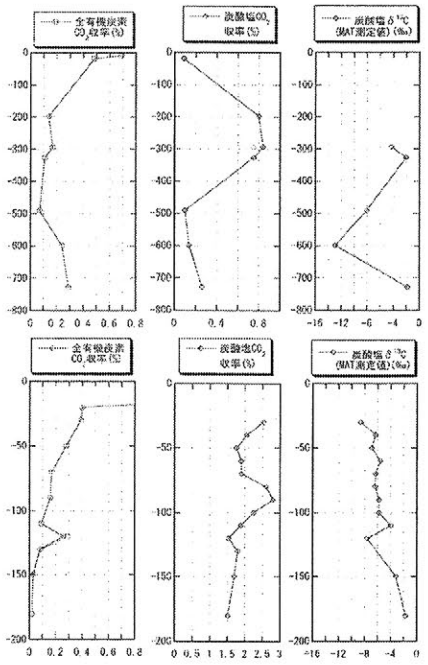


図2 測定試料の分析値

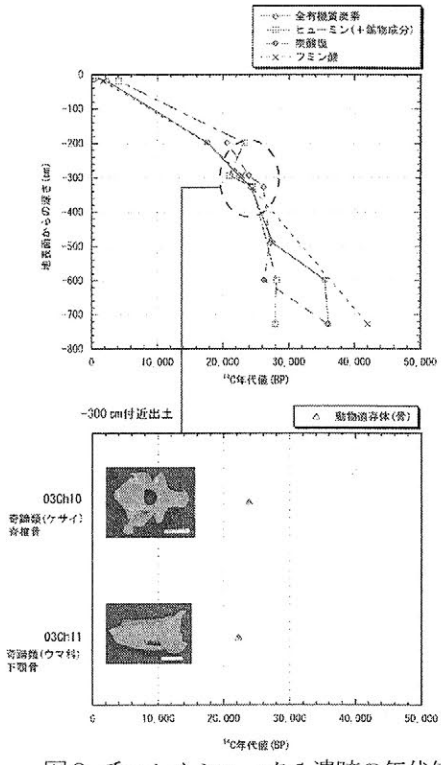


図3 チェレムシュニク1遺跡の年代値

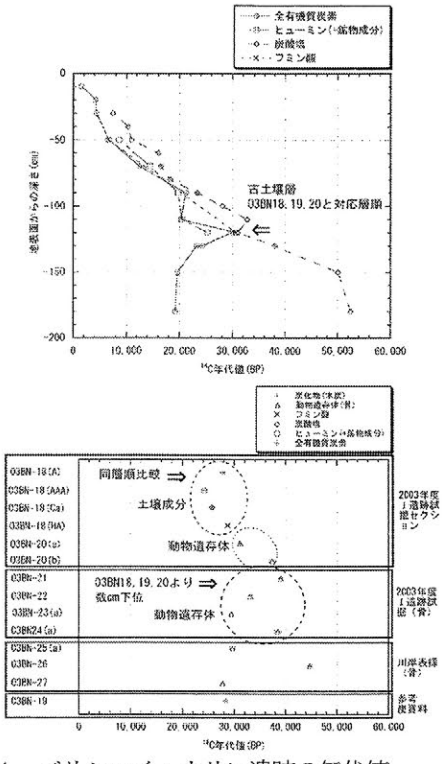


図4 バリショイ・ナリン遺跡の年代値

A-21

天明3年(1783年)の浅間泥流で埋没した建物建築材の年代学的検討

○伊藤　茂[*1]、藤根　久[*1]、佐々木由香[*1]、山形秀樹[*1]、楢崎修一郎[*2]

*1 株式会社パレオ・ラボ、*2 財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団

1. はじめに

浅間火山は長野県と群馬県の県境に位置する活火山であり、天明3年(1783年)に起きた噴火では、火砕流の発生(吾妻火砕流、鎌原火砕流／岩屑なだれ)や溶岩流の流出(鬼押出溶岩流)を起こした。鎌原火砕流／岩屑なだれが発生した際には、噴出物は大量の熱泥流(天明泥流)となって吾妻川に流れ込み、1500人前後の死者を出す火山災害となった(安井、2006)。群馬県吾妻郡東吾妻町三島地区の上郷岡原遺跡の調査では、天明3年の泥流に埋没した畑跡や水田跡、建物跡やこれに伴う生活道具類、麻保管用の小屋などが良好に検出された(楢崎、2003)。このうち建物跡では、柱・床材・襖・畳・障子・屋根材や戸板が元位置に重なった状態で検出された。

ここでは、これら建築材が泥流発生以前の一戸建の建物部材として明確に位置づけられることから、各建築材について年代学的位置づけを検討するものである。

2. 試料と方法

試料は、Ⅲ区2号建物の床柱、根太材、ムシロ素材、竹材、Ⅲ区2号掘立柱建物の柱材、Ⅲ区3号道路脇垣根桑の根株、平成18年度41区2号建物(麻の保管小屋)の壁材と考えられている麻茎である。この建物は、並べた麻茎束を竹材で挟んで壁として機能していたと考えられる。床柱とした丸太材は、柱・床材・襖・畳・障子・屋根材や戸板とともに一緒に横たわって検出され、床柱と考えられる樹皮が付いたサクラ属の丸木材である。樹齢25年前後、直径約14-16cm、長さ2.48mの通直な木材であり、両端部は加工されている。試料は、成長錐(インクリメントボア；コア直径5.15mm、長さ30cm)を用いて採取し、最外年輪部から各5年輪分を連続的に切り分けた合計5試料をウイグルマッチング試料として採取した。Ⅲ区2号建物根太材(建築部材122・190)、Ⅲ区2号掘立柱建物の柱材(No.1・2・3)は、いずれも最外年輪部を採取した(表1)。各試料は、AAA処理(塩酸1.2N、水酸化ナトリウム1N(ムシロ素材は0.1N)、塩酸1.2N)、CO_2化および精製した後、グラファイトを生成した。測定は、加速器質量分析計(コンパクトAMS：NEC製 1.5SDH)を用いて測定した。得られた^{14}C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、^{14}C年代を算出し、OxCal3.10(INTCAL04)を用いてウイグルマッチングを行った。なお、床柱は、試料数(年輪数)が少なかったことから、精度を上げるために1試料につき15回測定を行った。

3. 結果および考察

表1に、各建物部材について加速器質量分析計で測定した結果を示す。

1) Ⅲ区2号建物床柱のウイグルマッチング

床柱は、OxCal3.10による暦年較正結果では、1σ年代範囲で1760-1785 calAD(68.2%)となり、最外年輪のウイグルマッチング結果は1780^{+5}_{-20} calADで、泥流発生の直前に伐採された木材である可能性が示された。ウイグルマッチングを行った丸太材は、泥流堆積物に埋没していることから、泥流発生年代以前の試料であることが明確な試料である。この丸太材は、樹齢25年前後のため測定試料数が5試料とウイグルマッチング試料としては少ない数ではあったが、予想された年代範囲が得られた。

2) その他の建築材および関連試料

Ⅲ区2号建物の根太材の暦年較正結果は2σの高い確率の暦年代範囲において、建築部材122が1730-1810calAD(57.4%)、建築部材190が1660-1780calAD(43.8%)であった。なお、根太材の形状を観察すると、機能とは全く関係無い場所に臍孔があることから、これら木材が、より古い建物材からの転用材である可能性が高いことが年代測定結果からも示された。

Ⅲ区2号建物のムシロ素材の暦年較正結果は、2σの高い確率の暦年代範囲において1630-1670calAD(70.9%)であった。なお、AAA処理では保存状態が悪く、0.1Nの水酸化ナトリウム溶液を使用した。そのため、得られた年代値が古くなっている可能性がある。

Ⅲ区2号建物の竹材の暦年較正結果は、比較的新しい年代範囲が示され、2σの高い確率の暦年代範囲では1730-1810calAD(55.3%)であった。

Ⅲ区2号掘立柱建物の柱材の暦年較正結果は、2σの高い確率の暦年代範囲においてNo.1が1730-1810calAD(54.4%)、No.2およびNo.3が共に1720-1820calAD(53.2%, 56.4%)であった。

Ⅲ区3号道路垣根の桑の根株試料は、最外年輪部に近い位置を採取した。暦年較正結果では、2σの高い確率の暦年代範囲において1660-1780calAD(43.8%)であった。

41区2号建物の麻茎の暦年較正結果は比較的新しい年代範囲が示され、2σの高い確率の暦年代範囲において1730-1810calAD(49.4%)であった。

このように1試料につき1点の年代測定を行っても、この時期の暦年較正曲線が上下に大き

く動き、平坦部が多いため、年代範囲は広くなり、かつ複数の範囲で確率が示される。このような時期の試料は最外年輪を採取しても年代範囲を絞り込むことが難しい。

4. おわりに

ウイグルマッチングを行った床柱の丸太材は、測定数が5試料とウイグルマッチング試料としては少ない数であったが、予想された年代値が得られた。このことは、考古資料のウイグルマッチングによる年代測定が、25年程度の年輪数をもつ木材でも有効なことを示している。さらに、比較的新しい時代の考古資料に対して、放射性炭素年代測定の立場からも十分に年代学的な検討を加えることができることを提示する結果であった。

その他、Ⅲ区2号建物の根太材、ムシロ材、竹材、Ⅲ区2号掘立柱建物の柱材、Ⅲ区3号道路垣根の桑の根株、41区2号建物(麻の保管小屋)の麻茎で放射性炭素年代測定を行った。暦年較正の結果、多くの試料において浅間泥流の被害を受けた年代を含んだ年代範囲を示した。なお根太材No.190、122については、年代範囲とその形状から古い建物の部材を再利用していることが想定されることから、ウイグルマッチング法による測定を行い、さらに詳細な年代的検討を行う予定である。

引用・参考文献

楢崎修一郎(2006)上郷岡原遺跡－天明三年の浅間山泥流に埋もれた麻畑・水田・家屋. 「江戸遺跡研究会会報106」: 6-15.

安井真也(2006)Forum「浅間山を知る」資料. 浅間山火山防災対策連絡会議主催, 4-5.

佐々木由香 他(印刷中)天明3年(1783年)の浅間泥流で埋没した建物建築材他の年代学的検討. 「上郷岡原遺跡(1)第4分冊」: 57-66. 群馬県埋蔵文化財調査事業団. に掲載予定

測定番号	遺跡データ	試料データ	$\delta^{13}C$ (‰)	^{14}C年代 (yrBP±1σ)	^{14}C年代を暦年代に較正した年代範囲 1σ暦年代範囲	^{14}C年代を暦年代に較正した年代範囲 2σ暦年代範囲	暦年較正用年代 (yrBP±1σ)
PLD-5947	位置：Ⅲ区2号建物丸太材 ウイグルマッチング試料① (最外から5年輪)	試料 樹皮付き生材 (サクラ属)	-27.81±0.12	180±15	1660AD(16.9%)1690AD 1730AD(39.7%)1810AD 1930AD(11.7%)1950AD	1660AD(18.7%)1690AD 1730AD(57.0%)1810AD 1920AD(19.7%)1960AD	178±17
PLD-5948	位置：Ⅲ区2号建物丸太材 ウイグルマッチング試料② (最外から6-10年輪)		-25.66±0.16	175±15	1660AD(15.0%)1690AD 1730AD(42.6%)1780AD 1790AD(3.5%)1810AD 1930AD(7.1%)1950AD	1660AD(18.2%)1690AD 1720AD(58.6%)1810AD 1920AD(18.7%)1960AD	173±17
PLD-5949	位置：Ⅲ区2号建物丸太材 ウイグルマッチング試料③ (最外から11-15年輪)		-26.17±0.12	190±20	1660AD(18.0%)1690AD 1730AD(2.2%)1750AD 1760AD(29.4%)1810AD 1930AD(18.6%)1960AD	1660AD(20.5%)1690AD 1730AD(53.8%)1810AD 1930AD(21.1%)1960AD	188±18
PLD-5950	位置：Ⅲ区2号建物丸太材 ウイグルマッチング試料④ (最外から16-20年輪)		-26.83±0.12	175±15	1660AD(15.1%)1690AD 1730AD(41.5%)1780AD 1790AD(4.0%)1810AD 1930AD(7.6%)1950AD	1660AD(18.3%)1690AD 1720AD(58.3%)1810AD 1920AD(18.8%)1960AD	174±17
PLD-5951	位置：Ⅲ区2号建物丸太材 ウイグルマッチング試料⑤ (最外から21-26年輪)		-26.22±0.19	175±20	1660AD(14.8%)1690AD 1730AD(40.9%)1780AD 1790AD(3.9%)1810AD 1930AD(8.6%)1950AD	1660AD(18.3%)1690AD 1720AD(58.1%)1810AD 1920AD(19.0%)1960AD	174±18
PLD-5989	位置：Ⅲ区 遺構：2号建物 遺物No：根太材No.190	試料：生材（未同定） 試料の性状： 最外年輪 状態：wet、カビ：無	-28.45±0.11	175±20	1660AD(15.6%)1690AD 1730AD(42.1%)1810AD 1930AD(10.5%)1950AD	1660AD(18.5%)1690AD 1730AD(57.4%)1810AD 1920AD(19.6%)1960AD	177±19
PLD-5990	位置：Ⅲ区 遺構：2号建物 遺物No：根太材No.122	試料：生材（未同定） 試料の性状： 最外年輪 状態：wet、カビ：無	-26.41±0.15	140±20	1680AD(10.3%)1700AD 1720AD(20.6%)1780AD 1800AD(7.9%)1820AD 1830AD(15.0%)1880AD 1910AD(14.4%)1940AD	1660AD(43.8%)1780AD 1790AD(34.2%)1890AD 1910AD(17.4%)1950AD	141±19
PLD-5991	位置：Ⅲ区 遺構：2号掘建柱建物 遺物No：柱材No.1	試料：生材（未同定） 試料の性状： 最外年輪 状態：wet、カビ：無	-26.79±0.13	190±20	1660AD(17.3%)1690AD 1730AD(4.4%)1750AD 1760AD(29.1%)1810AD 1930AD(17.4%)1960AD	1660AD(20.2%)1690AD 1730AD(54.4%)1810AD 1930AD(20.8%)1960AD	188±19
PLD-5992	位置：Ⅲ区 遺構：2号掘建柱建物 遺物No：柱材No.2	試料：生材(未同定) 試料の性状：最外年輪 状態：wet、カビ：無	-26.70±0.13	155±20	1670AD(9.4%)1690AD 1720AD(38.5%)1780AD 1790AD(7.9%)1810AD 1920AD(12.4%)1950AD	1660AD(15.9%)1700AD 1720AD(53.2%)1820AD 1830AD(7.4%)1880AD 1910AD(18.8%)1950AD	156±19
PLD-5993	位置：Ⅲ区 遺構：2号掘建柱建物 遺物No：柱材No.3	試料：生材（未同定） 試料の性状： 最外年輪 状態：wet、カビ：無	-25.89±0.12	160±20	1670AD(7.8%)1690AD 1730AD(40.3%)1780AD 1790AD(7.7%)1810AD 1920AD(12.1%)1950AD	1660AD(16.1%)1700AD 1720AD(56.4%)1820AD 1830AD(3.8%)1880AD 1910AD(19.0%)1950AD	158±18
PLD-5994	位置：Ⅲ区 遺構：2号建物 遺物No：ムシロ材	試料：生植物遺体（草本類） 状態：wet、カビ：無	-31.20±0.11	245±20	1640AD(63.7%)1670AD 1780AD(4.5%)1800AD	1630AD(70.9%)1670AD 1780AD(22.6%)1800AD 1940AD(1.8%)1960AD	246±20
PLD-5995	位置：Ⅲ区 遺構：2号建物 遺物No：竹材No.120 層位：覆土	試料：生材（竹材） 状態：wet、カビ：無	-29.73±0.11	185±20	1660AD(17.5%)1690AD 1730AD(4.9%)1750AD 1760AD(28.5%)1810AD 1930AD(17.3%)1960AD	1660AD(19.6%)1690AD 1730AD(55.3%)1810AD 1930AD(20.5%)1960AD	186±19
PLD-5996	位置：Ⅲ区 遺構：3号道路垣根桑 遺物No：桑の根部	試料の種類： 生根材(桑) 状態：wet、カビ：無	-27.93±0.12	140±20	1680AD(10.3%)1700AD 1720AD(20.6%)1780AD 1800AD(7.9%)1820AD 1830AD(15.0%)1880AD 1910AD(14.4%)1940AD	1660AD(43.8%)1780AD 1790AD(34.2%)1890AD 1910AD(17.4%)1950AD	141±19
PLD-5997	位置：41区(平成18年度) 遺構：2号建物(麻保管小屋) 遺物No：壁材(麻の茎)	試料：生草本遺体 状態：wet、カビ：無	-29.01±0.12	200±20	1660AD(17.8%)1680AD 1760AD(33.1%)1800AD 1940AD(17.3%)1960AD	1650AD(25.3%)1690AD 1730AD(49.4%)1810AD 1930AD(20.7%)1960AD	202±19

表1　建築関連部材の測定試料と暦年較正結果

A-22

波長四分割TL/OSL自動測定装置を用いたルミネッセンス年代測定

－蓄積線量評価の改善－

長友恒人（奈良教育大）、○下岡順直（日本学術振興会特別研究員）、小畑直也（奈良教育大）

1. はじめに

鉱物の熱ルミネッセンス（TL）や光ルミネッセンス（OSL） の発光波長は、熱または光エネルギーによって電子捕獲中心から励起された電子がどの正孔中心と再結合するかに依存する。鉱物中に種類が異なる複数の正孔中心が存在する場合、複数の波長領域でルミネッセンスがおきる可能性があり、線量依存性が複数になると考えられる。年代測定に適した鉱物のルミネッセンス特性として、ルミネッセンス強度が大きいこと、飽和に達する吸収線量が大きいことなどが挙げられるが、ルミネッセンスが単純な線量依存性を示すこと、理想的には直線的な線量依存性が得られることが特に重要である。この観点からは「相対的に単純な線量依存性」を示すルミネッセンス波長領域を選択することが望ましい。Nagatomo ら（1999）はテフラから抽出した石英や長石を 5 つの光学フィルターを用いて線量依存性を観察した。しかし、光学フィルターを交換して測定する方式では、実験に要する時間と手間が多大であること、測定試料の量が限られること、などの制約から試料ごとにチェックすることは実用的ではない。

そこで、検出するルミネッセンスを光学的に分割して、同時に4つの波長領域のデータを得る装置を開発して、ルミネッセンス年代測定に必要な蓄積線量の最適な波長領域を検討した。

2. 測定装置と試料

ルミネッセンスを光学的に 4 分割し、各波長領域で 4 本の光電子増倍管（Hamamatsu 製 H7360-01）を用いて検出できる TL/OSL 自動測定装置（NUE-05-OSLTL）を設計、製作した（図 1）。それぞれの波長領域は、350-390nm、390-590nm、590-650nm、370-650nm である。この装置を用いて、石英と長石の 1-3000Gy の TL における線量依存性を観察した。さらに、火山灰から抽出した石英粗粒子を用いて TL による蓄積線量評価を試みた。火山灰は、山形県肘折を給源とする北原火山灰である。金取遺跡の第IV文化層は、4a 層とされている（黒田他：2005）。4a 下層からは、阿蘇 4、鳴子荷坂、洞爺といったテフラとともに北原火山灰が検出されている。北原火山灰の TL 年代測定を行うことは、金取旧石器遺跡形成過程を考える上で重要である。今回、4 つの波長領域からの蓄積線量評価とともに、従来の 1 本の光電子増倍管で波長領域 350-470nm、380-580nm、630±20nm に選択した TL 測定を行い、蓄積線量値の比較を行った。蓄積線量評価は付加線量法によって行った。蓄積線量は、等価線量とスプラリニアリティー補正の和によって求められる。

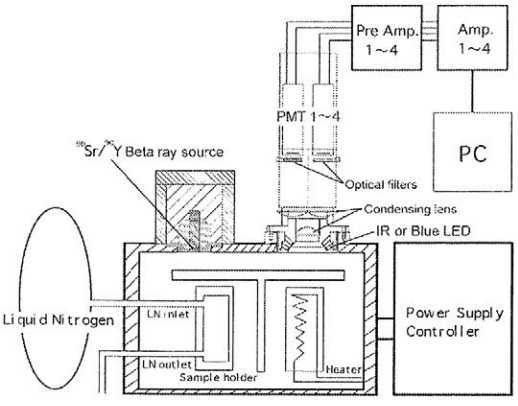


図1　波長四分割TL/OSL測定装置
(NUE-05-OSLTL)

3. 結果と考察

ブラジル産石英の TL は、3000Gy まで飽和することなく線量に対して生長した（図 2 上）が、青色領域（350-390nm）では、100Gy と 500Gy の間で一時的に飽和現象が観察された。その他の波長領域では低線量領域はスプラリニアリティーを呈するものの、3000Gy までほぼ直線的な線量依存性を示した。ブラジル産石英の TL 発光色は青色を示すが、今回の結果から発光強度が強いことが単純な線量依存性を示すとは限らない。正長石の TL は 500Gy までは、どの波長領域においても直線的な線量依存性であった（図2 下）。

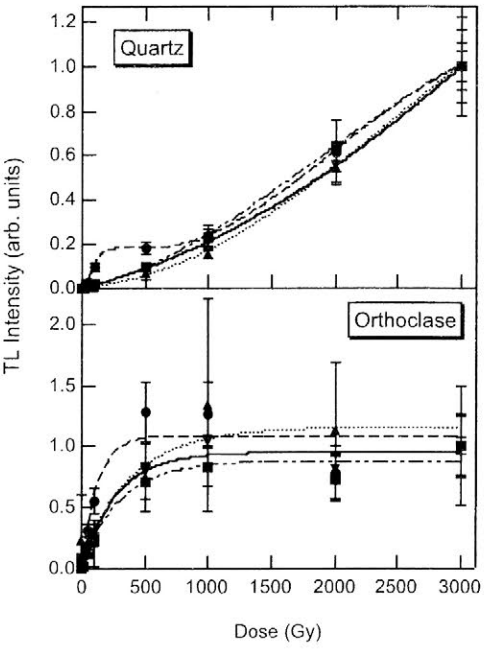


図2　TL の線量依存性
（●:350-390nm、■:390-590nm、
▲:590-650nm、▼:370-650nm）

北原火山灰から抽出した石英の TL（図 3）によって求めた蓄積線量を表に示す。従来の 1 本の光電子増倍管で測定した場合の蓄積線量は、どの検出波長でもほぼ同じであった。波長4 分割装置で測定した場合の蓄積線量は、350-390nm と 370-650nm で従来の方法で求めた値とほぼ同じであった。しかし、390-590nm と 590-650nm では蓄積線量が他の波長領域よりも小さめに見積もられた。特に、590-650nm では、スプラリニアリティー補正値がマイナスの値を示している。これは、ほかの波長領域の低線量域の線量依存性がスプラリニアであるのに対して、590-650nm ではサブリニアであることを示している。この石英の TL 発光色を高感度フィルムで撮影すると赤色を示すが、発光強度が強いことが正確な蓄積線量を得る条件とは限らない。北原火山灰の年間線量は 1.53 ±0.13（Gy/ka）であることから、TL 年代は 89～94ka となる。北原火山灰は、テフラ層序において阿蘇 4 テフラ（約 85～90ka）の下位である（町田・新井：2003）ことから、今回の数値年代は妥当であると考えられる。

同時に 4 つの波長領域で線量評価が行うことができるというメリットは、測定時間の短縮によりルミネッセンスの検出波長の検討が容易になったとともに、考古試料に適用するときに考えなければならない測定試料量を減らす観点からも重要である。

表　各波長領域における北原火山灰の蓄積線量

検出波長（nm）	等価線量（Gy）	補正値（Gy）	蓄積線量（Gy）
350-390	99.1±13.8	38.0±16.8	137.1±21.7
390-590	87.1±8.5	30.7±7.2	117.8±11.1
590-650	111.6±9.4	-19.4±18.3	92.2±20.5
370-650	122.0±13.6	22.0±17.6	144.0±22.3
350-470	112.2±5.3	23.9±14.4	136.1±15.4
380-580	105.9±4.5	34.8±2.9	140.8±5.3
630±20	98.8±17.2	37.3±36.0	136.1±39.9

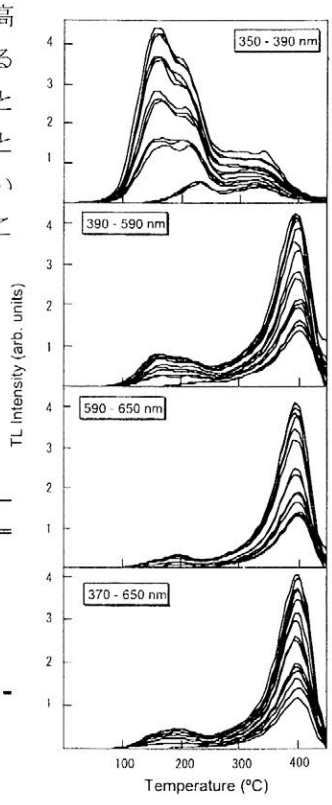


図3　北原火山灰の TL グローカーブ

A-23

マイクロフォーカスX線CTによる木造彫刻の非破壊年輪年代測定
—國學院大學所蔵の木造僧形坐像(伝僧形八幡神像)を事例として—

○大河内隆之（奈良文化財研究所）、岩田茂樹（奈良国立博物館）、光谷拓実（奈良文化財研究所）

はじめに

年輪年代法は、木造文化財の調査において一年単位で年代を決定できる自然科学的年代決定法として重要な役割を果たしている。奈良文化財研究所では、調査対象試料の表面で年輪幅を計測する方法、あるいは生長錐などを用いて調査対象からコアサンプルを採取する従来の方法にくわえ、彩色、漆塗り、表面の劣化などで年輪幅の計測が困難な場合でも非破壊で調査対象内部の年輪幅を計測する技術の実現を目指してきた。そのために仕様特化されたマイクロフォーカスX線CT装置を用いた非破壊年輪年代測定技術は、美術品や工芸品などのように測定対象を損傷しないことが厳に求められる場合、とりわけ有効である。本報では、國學院大學所蔵の木造僧形坐像（伝僧形八幡神像）を事例として、非破壊年輪年代測定の技術ならびに調査成果について報告する。

調査対象

図1に示す木造僧形坐像（伝僧形八幡神像）は、1988年より國學院大學神道資料館に所蔵されてきた。今回、修理されるのを機に、非破壊年輪年代調査を実施した。法量は、像高39.5cm、膝張25.1cm、袖張30.4cm、坐奥19.3cm、胸奥7.8cm。構造は、檜材、一木造、内刳なし、古色。両手首先と両脚部を除き、像の大半を檜の竪一材から彫成し、木心は前方中央に遠く外している。両脚部は竪木を用い、これも木心を前方に遠く外している。両脚部材と頭体幹部材との間は角雇枘二本でつなぐ。

調査方法

奈良文化財研究所と島津製作所で共同開発した非破壊年輪年代測定用のマイクロフォーカスX線CT装置（SMX-100CT-D）を用いて、木造僧形坐像の頭体幹部材と両脚部材の断層画像を撮影した。断層画像一枚あたりの撮像範囲を約34mm径に定め、撮像位置を順次ずらしながら撮影した後、デジタル画像処理技術を用いて合成することにより、年輪年代測定に必要な高解像度かつ広範囲の断層画像を得た（図2）。

年輪幅の計測は、奈良文化財研究所で開発した年輪画像解析ソフトを用いてデジタル画像から年輪幅を計測する方法で行われた。約34mm径の範囲を撮影した断層画像を2048pixel×2048pixelのデジタル画像として再構成した場合、17μmの計測精度が保たれる。

年輪パターンの照合に際しては、ヒノキの暦年標準パターンを用いた。対数変換および5年移動平均法（ハイパスフィルタリング）で前処理された測定対象の年輪データと暦年標準パターンの時系列データとを相関分析し、相関性の有無をt検定することで照合をおこなった。さらに、測定対象と暦年標準パターンの時系列データをプロットしたグラフを重ね合わせることで、照合の成否を目視によっても確認した。また、頭体幹部材と両脚部材の年輪データを比較照合することで、ふたつの部材が同じ原木に由来するかどうかを確認した。

結果と考察

年輪年代測定の結果を図3に示す。両脚部材には186層の年輪が含まれていて、最も新しい年輪年代は1417年である。また、頭体幹部材には220層の年輪が含まれていて、部材中に残存する最も新しい年輪年代は、右手裾の背面側において1491年である。

頭体幹部材の背面側は、全体的に虫食いが著しく、背面側表面から概ね2cmないし3cm程度の深さで面状に広がっている。一般的に、辺材部は心材部に比べて虫損を受けやすい。また、像底部においても、色調の違いとして背面側に辺材の存在が確認された。1491年の年輪年代が得られた右手裾

の部分において、辺材幅は 2.6cm であった。通常、ヒノキの辺材幅は 3cm 程度であることから、この木造僧形坐像の頭体幹部材は、辺材部をほぼ完存しているものと判断される。したがって、木造僧形坐像の原木の調達時期は、頭体幹部材から得られた 1491 年を上限とする 15 世紀末ないし 16 世紀初頭と想定される。

また、頭体幹部材と両脚部材は、年輪パターンの類似性が著しく、同じ原木から木取りされたものと判断される。

本像は、僧形八幡神像と伝えるが、印相ないし持物（欠失）の制からは、現存する他の僧形八幡神像とは合わず、尊名の確定にはいたらない。よって僧侶の肖像か僧形の神像か判断しがたいが、中世後期以降の作でありながら、差首とはせず頭・体を通して一材から造る点、両脚部を幹部と同材とみられる竪木から彫成する技法に、神像彫刻に通ずる要素が看取されなくもない。

顔面に補修があるとはいえ、頭部の側面観には的確な骨格の把握が感じられる。一方、体部はきわめて奥行きを減じた造形で、衣文の表現にも画一化・形式化は否めないことから、中世後期の作とみることが可能であろう。年輪年代測定によって得られた年代のうち最も新しいものが1491年であるが、これをさほど降らぬ室町時代後期の作である蓋然性は高いと思われる。

まとめ

今回の國學院大學所蔵木造僧形坐像（伝僧形八幡神像）の調査事例を通して、マイクロフォーカス X 線 CT 装置を用いた非破壊での年輪年代測定法は、美術品などの年代測定にたいへん有効であることが示された。今後の美術史研究において、幅広く活用されることが期待される。

謝辞

本研究は、所蔵者である國學院大學神道資料館の岡田荘司館長・池谷浩一氏・島田潔氏、修理を実施された第一合成(株)・(株)吉田生物研究所のご協力を得ておこなわれました。ここに記して感謝いたします。

図1 國學院大學所蔵木造僧形坐像

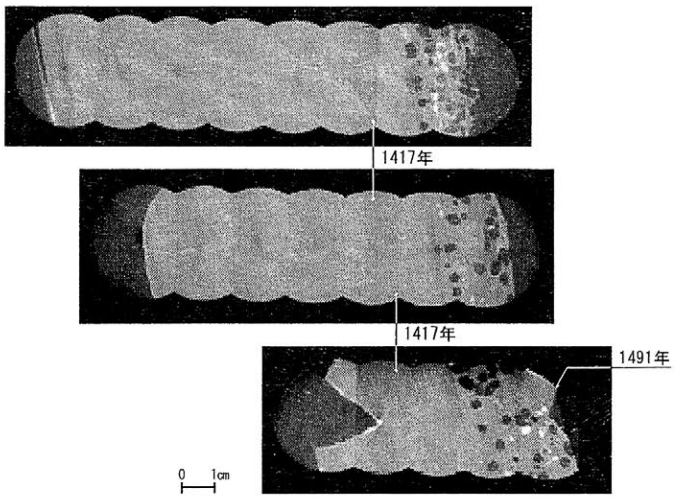


図2 頭体幹部材の X 線 CT 断層画像

部材名称	照合年輪数	辺材幅〔cm〕	t値〔ヒノキ暦年標準パターン〕		最外層年輪年代
両脚部材	186	—	5.3	22.8	1417
頭体幹部材	219	2.6	5.2		1490+1

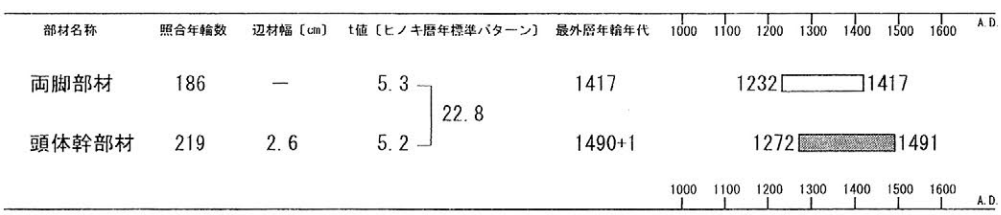


図3 國學院大學所蔵木造僧形坐像(伝僧形八幡神像)の年輪年代測定結果

A-24

二次イオン質量分析(SIMS)を用いた H^+プロファイリングによる黒曜石水和層の研究

○渡辺圭太（立教大学），比屋根肇（東京大学），鈴木正男（立教大学）

1．はじめに

遺跡出土黒曜石に適用される黒曜石水和層年代測定法は，複数の文化層が認められる遺跡では，各文化層から確実に試料が入手できる点で放射性炭素年代測定法(AMS C-14)より優れているが，精度や信頼性の点で評価されていなかった。しかし，この状況が二次イオン質量分析法(SIMS)を適用することで著しく改善されつつある。

この発表では，黒曜石水和層の水素イオン濃度プロファイルを SIMS で分析して，①黒曜石水和層年代測定法の精度向上を計り，②最終氷期最寒冷期以降の古気候復元の可能性について検討した。

2．試料

本研究における SIMS 測定のために，以下の 2 種類の黒曜石試料を準備した。

(1) 異なる温度で水和層を人工的に形成した黒曜石。

(2) 放射性 C-14 年代測定法を用いた加速器質量分析(AMS: Accelerator Mass Spectrometry)で年代測定された文化層(約 35,000 a BP ～ 4,500 a BP)より採取された考古試料黒曜石。

本研究を遂行するためには，上記 2 つの実験に使用する黒曜石は同一産地(同一性状)でなければならない。そのため，放射化分析(INAA)による産地推定の結果から神津島の恩馳島産であると判別された黒曜石を用いた。また，人工水和層の実験においては，黒曜石の中でも質の良い長野県星ヶ塔産黒曜石もあわせて用いた。

3．分析方法

3－1．促進水和実験

促進水和実験は，リアクターを用いて高温で短期間に水和層を人工的に作成する実験である。一定の時間ごとに水和温度を変えることで様々な温度経歴を経た水和層を作成することが出来る。本研究において 60 ℃，90 ℃に設定した。6 週間反応させた後リアクターを止め，試料を取り出し，水和層分析のため，薄片の一部を切り出した。さらに反応を続けるため，残りの試料をリアクター内に入れ，実験を繰り返した。

3－2．二次イオン質量分析法－ Secondary Ion Mass Spectrometry

SIMS は，表面分析の手法の中では最も高感度で，深さ方向の分析に最適な方法である。真空中で高速のイオンビーム（一次イオン）を試料表面に照射すると，スパッタリング現象によって試料中の粒子がはじき飛ばされる。このとき発生する正または負の電荷を帯びたイオン（二次イオン）を電場によって一方向に飛ばし，検出装置で測定する。

4．結果

4－1．黒曜石水和層年代測定法の精度向上

得られた H^+濃度プロフィールから水和層の厚さを求め，遺跡の年代(水和層形成にかかった時間)との関係を調べるために，まず“characteristic points (half-fall depth および inflection point)”を用いて解析し，年代式(1)を得た。

$$x = at + bt^{1/2} \quad (1)$$

ここで，x は厚さ(μm)，t は時間(1000a)，a，b は定数(a = − 9.86 × 10^{-1}, b = 1.15)である。Half-fall depth をもとに式(1)を用いて水和層より得られる年代と C-14 年代とを比較した(図 1)。それぞれの年代を比較するために a BP (age Before Present)に補正した。図 1 では，最寒冷期の影響を受けていない若い年代では，C-14 年代と比較して良い一致を示した。このことは，SIMS を用いた OHD による年代決定は，信頼がおけるということである。しかし，35,000 a BP ～ 10,000 a BP の C-14 年代範囲では若く出ている。黒曜石の水和層形成が温度依存することから，最終氷期最寒冷期などの影響をうけた温度履歴をもつ試料では予想されるズレである。

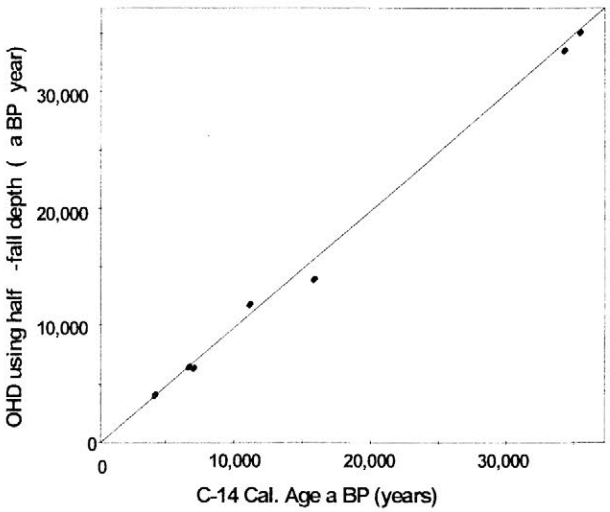


図 1　黒曜石水和層年代と C-14 年代の比較

4－2．古気候復元の可能性について

図 2 は温度をそれぞれ 0 °C, 5 °C, 10°C および 15°C に仮定した場合，10,000 年の埋没で形成される水和層の H^+プロファイルのシミュレーションの結果である。これにより黒曜石試料の埋没地点の温度差が数 °C 以上あれば，もし他の条件が同じであると仮定する場合，数万年の水和層形成期間があれば，黒曜石が水和した温度を検出可能であると考えられる。

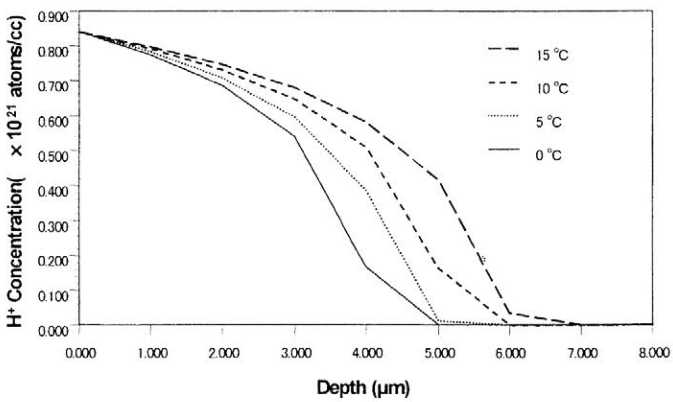


図 2　各温度における 10,000 年の水和層形成シミュレーション結果

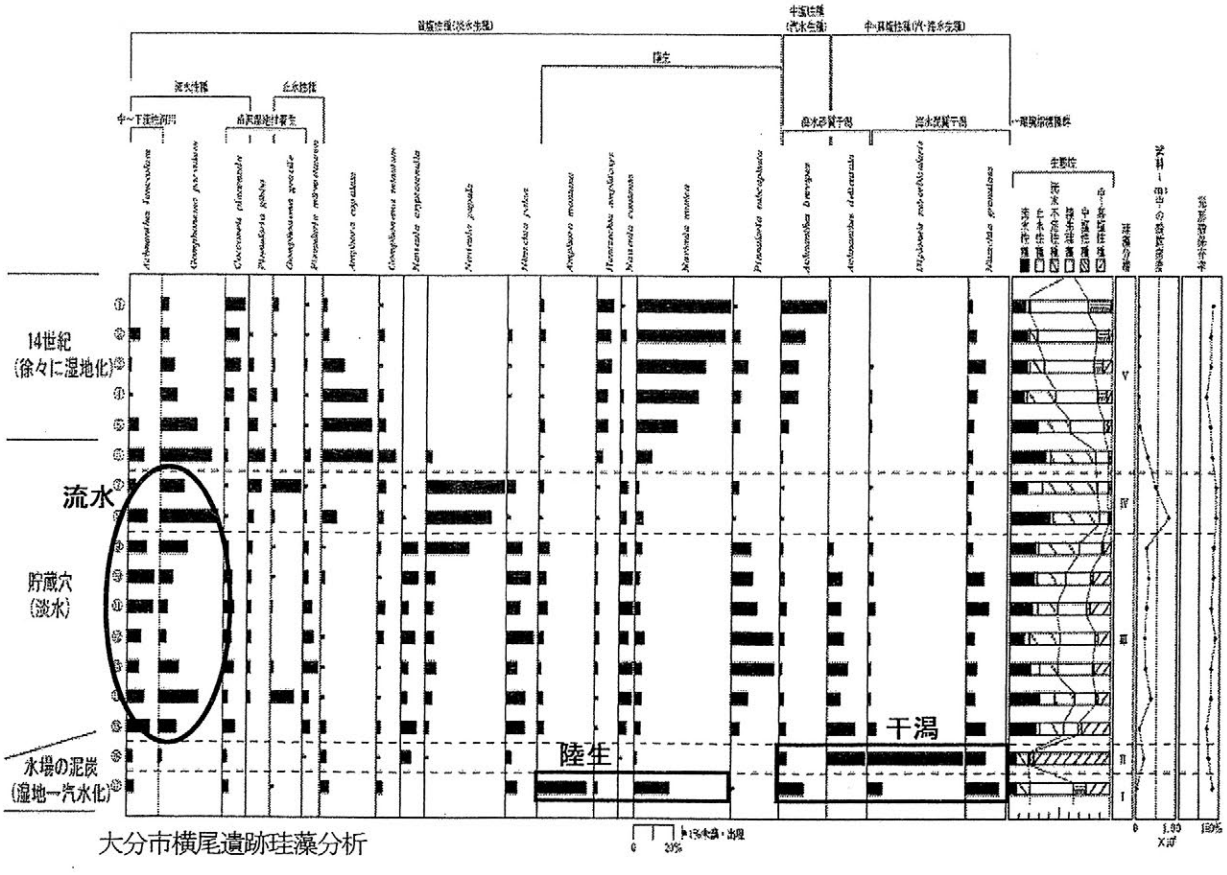
A-25

西日本における縄文時代の貯蔵穴？の堅果類の特徴と使用環境

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

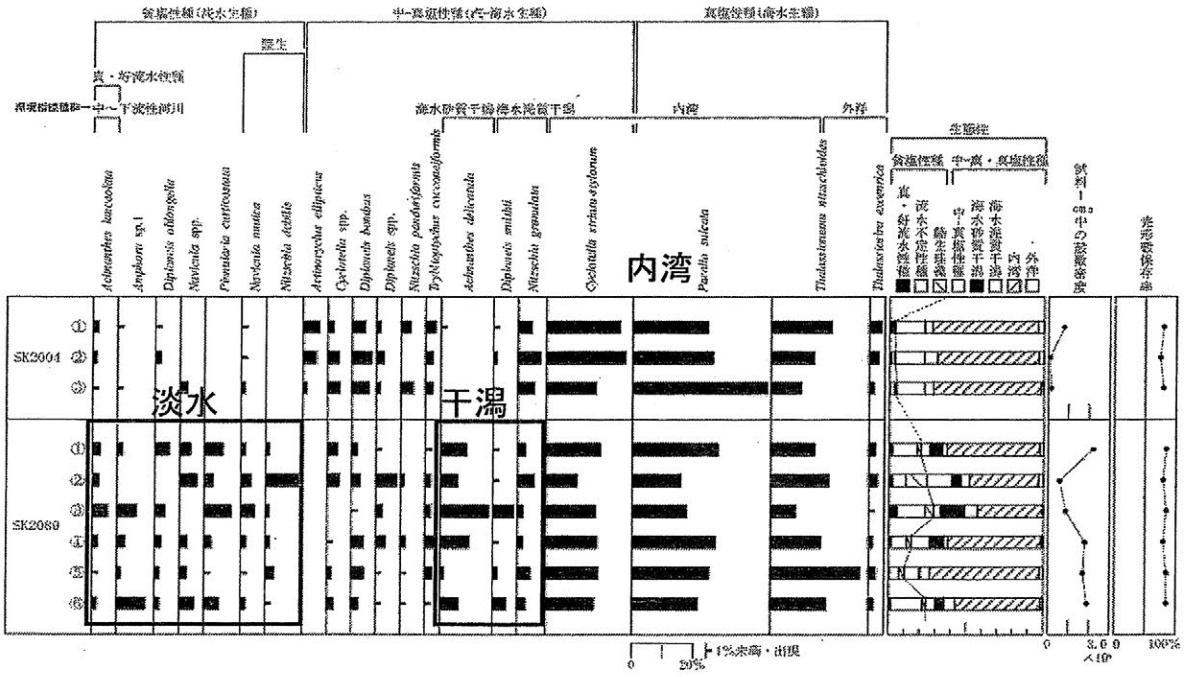
佐賀市東名遺跡からは、縄文時代早期末の貯蔵穴群が検出され、それらは遺跡としては貝塚層およびそれと同層位から上部に分布する海成層に形成されていた。内部に入る種実類は、特徴的にイチイガシが多く、ナラガシワ、クヌギが出土する。混在は基本的にしない。また、これら以外に貝層からはオニグルミ核が出土しる。貯蔵穴には特徴的な堅果類が用いられる。貯蔵穴内堆積物を花粉分析した結果、コナラ属アカガシ亜属が優占するもの、コナラ属コナラ亜属が優占するもの、上部でコナラ属アカガシ亜属が下部でコナラ属コナラ亜属が優占する貯蔵穴があり、C14年代においても、2時期ある可能性が示唆されており、2時期があり、コナラ属コナラ亜属の優占からコナラ属アカガシ亜属優占へと変遷する。また、珪藻分析結果から、コナラ属アカガシ亜属が優占のものは内湾を指標とする珪藻が優占し、下部においてコナラ属コナラ亜属が優占する貯蔵穴は干潟の指標種や淡水種をやや多くなる。しかし、いずれの場合も貯蔵穴内部に海水が入る状況である。大分市横尾遺跡では、谷口に立地する cal BP4000(BP3710)の測定値を示すイチイガシの入る後期の貯蔵穴群が分布し、珪藻分析結果から、淡水の流水性種が多く、貯蔵穴ないに谷水が流れ込むか湧水が考えられる。

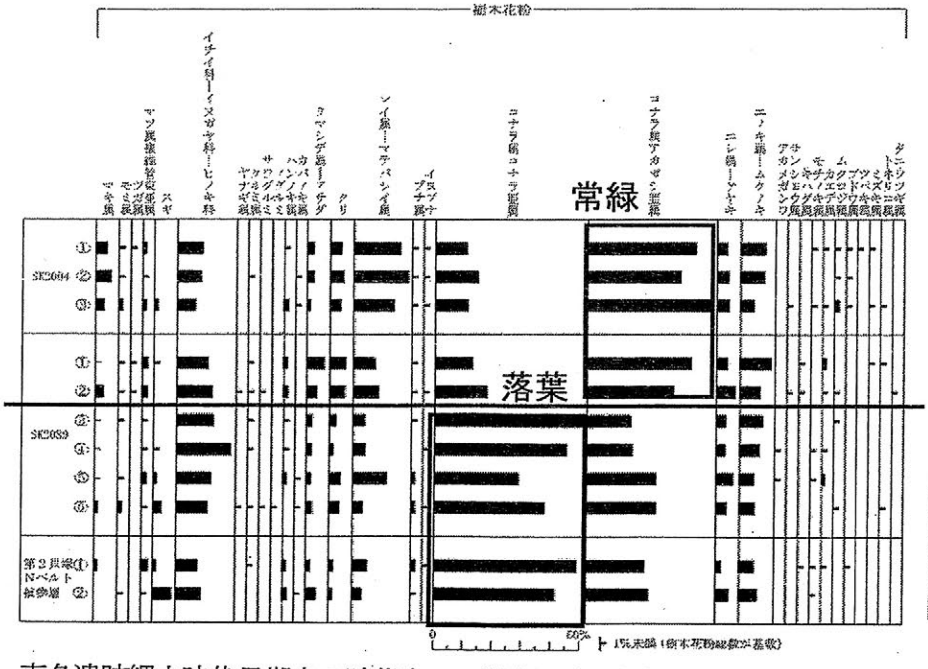
海水と淡水の異なりがあるが、これらの堅果類は水に浸かり、貯蔵穴自体、水浸かりとなることを前提とした立地に営まれている。また、渋のないイチイガシが入ることから、アク抜きは考えられず、また、貯蔵うる機能があるかどうか疑わしく、何らかの作業行程の一部として、堅果類を水没させる必要があったと考えられる。たとえば、虫を駆虫する等もあるが、虫食いのドングリはまずく食べられず、特定の堅果類のみであることから、整合性は低い。一つの可能性として、クヌギなどは虫食いが半数に上るくらい多く、その選別は水に浮かすことで容易に行える。これらの貯蔵穴は貯蔵ではなく、このような行程の一つとして用いられた可能性が高い。

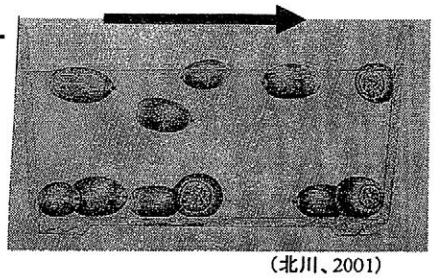


大分市横尾遺跡珪藻分析

分類群		部位	SK2092	SK2056	SK2087	Tベルト
学名	和名		西半	下層		3.5層
Arbor	樹木					
Juglans ailanthifolia Carr	オニグルミ	核				5
Quercus aliena Blume	ナラガシワ	堅果(完形)	12	2		
		堅果(破片)	30			
		殻斗	1			
Quercus acutissima Carr	クヌギ	堅果(完形)		152		
Quercus gilva Blume	イチイガシ	堅果(完形)		6	159	100
		堅果(破片)			33	
		殻斗			1	2
Quercus	コナラ属	堅果(破片)	26	61	27	41
Total	合計		69	221	220	148







(北川、2001)

東名遺跡縄文時代早期末の貯蔵穴？の種実同定、花粉分析、珪藻分析

A-26

下之郷遺跡から出土したウリ科作物（*Cucurbitaceae*）の果実

○ 田中克典[1]・花森功仁子[2]・大角信介[3]・川畑和弘[4]・加藤鎌司[5]・佐藤洋一郎[1]（1. 総合地球環境学研究所, 2. (株)ジェネテック、岐阜大学連合農学研究科, 3. (株)ベックス, 4. 守山市立埋蔵文化財センター, 5. 岡山大学大学院自然科学研究科）

＜緒言＞

メロン（*Cucumis melo* L.）は、AD100 年には日本へ伝播したとされている（Robinson & Deker-Walters, 1997）。事実、弥生時代の遺跡から種子が出土している（藤下, 1992）。滋賀県守山市の下之郷遺跡（弥生時代中期後葉）において、9 つある環濠のうち、最も内側の第 1 環濠（SD1）からウリ科のものと思われる果実が出土した（第 1 図）。遺物は、果皮が硬質であったことからヒョウタンであると考えられたが、同遺跡ではメロンの種子も出土しており、メロン果実である可能性も考えられた。そこで、植物で共通して増幅する葉緑体ゲノムの DNA マーカー（InDel1, InDel2, ccSSR7）を用いて遺物の種を特定した。

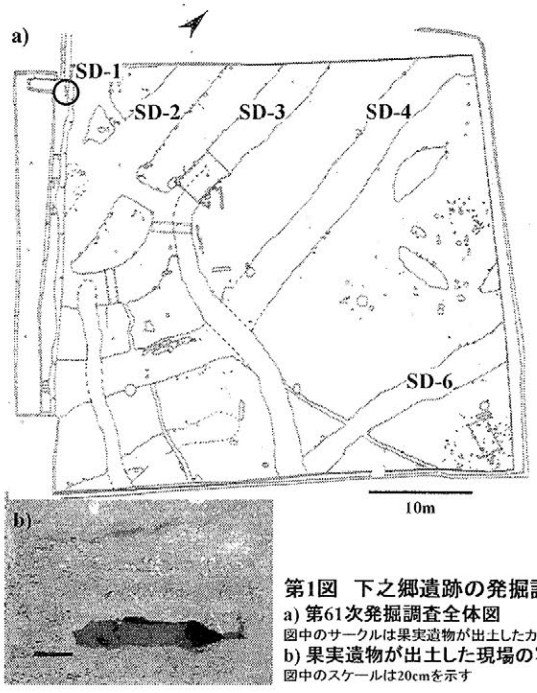
＜材料及び方法＞

供試材料は、下之郷遺跡北東の第 1 環濠（SD-1: 弥生時代中期）より出土した果実の遺物である（第 2a 図）。洗浄後、同一資料より切片（2.0g; 1cm×1cm）を 2 つ切り出した。DNA はそれぞれの切片から CTAB 法により抽出し、葉緑体ゲノム領域を PCR 増幅した。増幅した葉緑体ゲノムの領域は InDel1 領域（97bp: *TrnC-PsbM*）及び InDel2 領域（125bp: *TrnS-TrnG*）と ccSSR7 領域（101bp: *PsbC-TrnS*）である。塩基配列は 1 回目の PCR 増幅産物を鋳型に用いて行った PCR 反応増幅産物をダイレクト法により決定し、データベース（DDBJ）の配列及びメロン 5 品種の配列と比較した。なお、ジェネテックにおいても独立に 2 切片について解析したが、DNA 抽出とシーケンスはそれぞれ NaOH 法とプラスミドシーケンス法により行った。

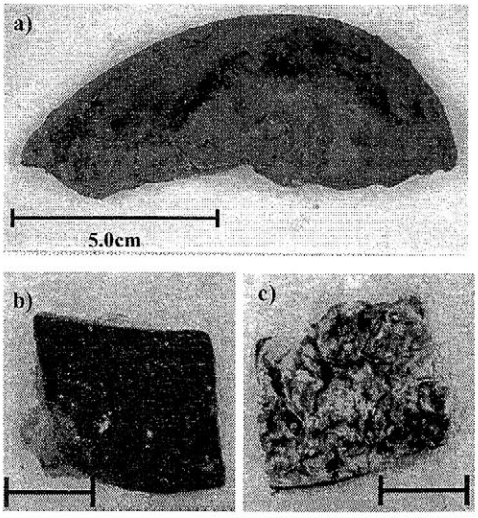
＜結果及び考察＞

遺物の年代を測定したところ、2120±40 年前（暦年代: BC380～80 (2σ)）と弥生時代中期であることが判明した。遺物は炭化しておらず、外部（茶色）が硬質、内部（白色）が軟質で、外部に果実特有の花落ちが認められた（第 2 図）。果実の内外部含めて CTAB 法と NaOH 法で DNA を抽出し、InDel1、InDel2 及び ccSSR7 について PCR 増幅したところ、それぞれ 97bp、125bp 及び 101bp のバンドが認められた。3 領域の塩基配列をデータベースに登録されている配列と比較したところ、ウリ科作物（ヒョウタン（遺物）、スイカ、トウガン、キュウリ、メロン）と 79% 以上の高い相同性を示した（第 1 表）。なお、NaOH 法で抽出した DNA を用いた解析結果は、先述の CTAB 法の結果と同じであり、本研究の解析結果の再現性が確認された。遺物 DNA における InDel1 と ccSSR7 の塩基配列はメロンと同じであり、他のウリ科作物 4 種との間では一塩基多型（SNPs）が 2～5 箇所で認められた（第 1 表, 第 3 図）。また、InDel2 領域については、遺物の配列は 1bp の挿入欠失（In/Del）を除きメロンと同じであったが、他のウリ科作物 4 種の配列を比較すると、SNPs（3～10 箇所）の他に In/Del（1 または 3 箇所）と反復配列多型（SSR: 1 箇所）が認められた。

以上のことから、遺物はメロンの果実であり、弥生時代中期に下之郷遺跡においてメロンが存在していたことが明らかとなった。弥生時代の遺跡から出土しているメロンの種子サイズは、現生のマクワ、シロウリもしくは雑草メロンと符合することが報告されている（藤下, 1992）。今後の詳細な DNA 分析により遺物メロンがどのタイプであるかを特定し、当時の食生活を明らかにできるものと期待される。



第1図　下之郷遺跡の発掘調査
a) 第61次発掘調査全体図
図中のサークルは果実遺物が出土したカ所
b) 果実遺物が出土した現場の写真
図中のスケールは20cmを示す



第2図　果実遺物の写真
a) 遺物の全体写真
b)DNA抽出用に切り出した遺物の外側の写真
c)DNA抽出用に切り出した遺物の内側の写真
b)とc)のスケールは1.0cmを示す

第1表　果実遺物とウリ科作物5種との間での葉緑体ゲノム配列の相同性と塩基配列多型数

種	InDel1[1]		InDel2[1]				ccSSR7[1]	
	相同性	SNPs	相同性	SNPs	In/Del	SSR	相同性	SNPs
ヒョウタン[2]	94 %	5	89 %	10	3	1	97 %	3
トウガン	95	4	79	8	3	1	98	2
スイカ	95	4	89	7	3	1	97	3
キュウリ	96	3	90	3	1	1	99	2
メロン[2]	100	−	100	−	1	−	100	−

[1] SNPs（一塩基多型）、In/Del（挿入欠失）及びSSR（反復配列多型）の数値は、遺物果実と異なる箇所を示す
[2] ヒョウタンは中国の遺物、メロンは現生5品種の塩基配列を用いた

```
                                  20                  40
ヒョウタン（遺物）  GCTTCATAATTCATGTTGATTCCAATGAATCTGAAATGAAATAATCGAAA
スイカ              GCTTCATAATTCATGTTGATTCCAATGAATCTGAAATGAAATAATCGAAA
トウガン            GCTTCATAATTCATGTTGATTCCAATGAATCTGAAATGAAATAATCGAAA
キュウリ            GCTTCATAATTCATGTTGATTGCAATGAATCTGAAATCAAATAATCGAAA
メロン              GCTTCATAATTCATGTTGATTAGAATGAATCTGAAATCAAATAATCGAAA
果実遺物            GCTTCATAATTCATGTTGATTAGAATGAATCTGAAATCAAATAATCGAAA
                                    ●●                ▲

                          60                  80
ヒョウタン（遺物）  GGCCACTAATCTTTTTTTAGCAGTCGAAAGAAGTAATTGATTGAGCA
スイカ              GGCCACTAATCTTTTTTTAGCATTCGAAAGAAGTAATTGATTGAGCA
トウガン            GGCCACTAATCTTTTTTTAGCATTCGAAAGAAGTAATTGATTGAGCA
キュウリ            GGCCACTAATCTTTTTTTAGCATTCGAAAGAAGTAATTGATTGAGCA
メロン              GGCCACTAATTTTTTTTTAGCATTCGAAAGAAGTAATTGATTGAGCA
果実遺物            GGCCACTAATTTTTTTTTAGCATTCGAAAGAAGTAATTGATTGAGCA
                                ●                ▲
```

第3図　果実遺物とウリ科作物におけるInDel1領域（*TrnC-PsbM*）の塩基配列多型
下線はプライマー配列、▲はSNPs、●はメロンと果実遺物で同じSNPsの配列

遺跡出土資料からみたワラビの利用

○佐々木由香（パレオ・ラボ）・山崎純男，片多雅樹（福岡市教育委員会）・西田治文（中央大学）

1　研究概要

ワラビは平地から山地など日当たりの良い場所に自生する夏緑性のシダ植物である。高さは60ー100 cm位で，葉は長さ，幅ともに1mほどになり，暖地を除き冬には地上部が枯れる。毒性があるため，食用とするには新芽を採取してアク抜きをする。また，根茎の澱粉も利用される。

これまでワラビは先史時代に食料として利用されてきたことが推定されていたが，保存の悪さや同定の難しさのため，実際に遺跡から植物遺体として報告された例はなかった。しかし，東京都下宅部遺跡では，古墳時代後期の「水場遺構」の構築にあたって，ワラビの葉を敷き詰めていたことが明らかになった。それを機に他の遺物で見直しを行ったところ，九州の縄文時代の数遺跡において，土器片の内面に，意図的にちぎられたと考えられるワラビの葉の裂片の圧痕が同定できた。これらの遺跡出土資料からみたワラビの利用について考察した。

2　ワラビの同定事例

①ー遺構構築材（東京都東村山市下宅部遺跡：古墳時代後期）

幅5ー6m，深さ数10cmと推定される河道内に，「河道内構造物」と呼称される遺構が検出された（図1）。そこでは植物が3枚の面をなして一定の方向に並べられ，それを横材や杭で留める構造となっていた。構造物を構成する植物の種類を明らかにするため，各面から数点の試料を選び出し，外部形態の観察と解剖学的な同定を行ったところ，1枚目はシダ植物であるワラビの葉柄（羽状複葉の柄の部分）を主体として構成されていたことが明らかとなった。

解剖学的な同定にあたっては，剃刀を用いて葉柄の横断面の徒手切片を作成し，ガムクロラール（泡水クロラール，アラビアゴム，グリセリン，水の混合液）に封入し，永久プレパラートとした。そのプレパラートを光学顕微鏡下で観察し，同定した。以下に同定の根拠となる記載と写真を示す。

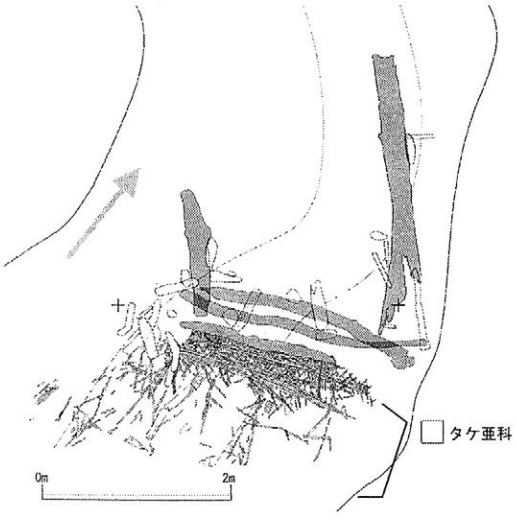


図1　下宅部遺跡出土「河道内構造物」2枚目平面図
（タケ亜科の上に直交した方向でワラビの葉柄が敷かれていた）

ワラビ　*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*　コバノイシカグマ科（写真1・2）

葉の軸の表面には溝があり，流れ込み型。小羽片は長楕円形で，鈍頭で全縁。葉脈は2ー3叉状分岐し平行に並ぶ。葉柄は硬い紙質でやや光沢があり，長いもので長さ30ー40cm程度。葉柄の断面には大径の仮道管が多数集合してリボン状の維管束を形成する。篩部や柔組織の保存は悪い。皮層の厚い厚膜組織がみられる。ワラビの葉柄は維管束の形状に特徴があり，これが同定の根拠になった。

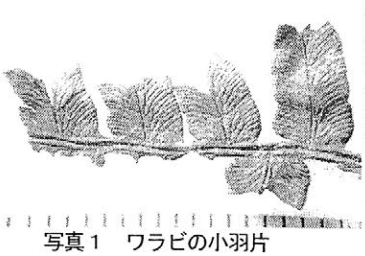


写真1　ワラビの小羽片

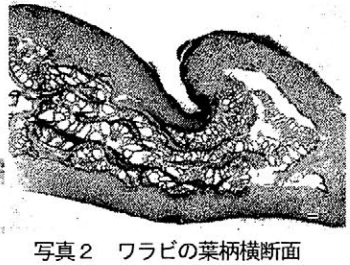


写真2　ワラビの葉柄横断面

②-土器圧痕（福岡県周船寺遺跡14次・重留遺跡1次・熊本県太郎迫遺跡：縄文時代後晩期）

土器内面に観察できたシダ植物の葉と推定された圧痕について，実体顕微鏡下による観察とシリコーン樹脂を用いたレプリカを採取し，現生標本と比較したところ，いずれも葉脈の形状と裏側に巻き込む葉縁の特徴から，ワラビの伸展した栄養葉の一裂片と同定できた（写真３・４）。レプリカの作成方法は，福岡市教育委員会（2006）で示された方法に即して行った。

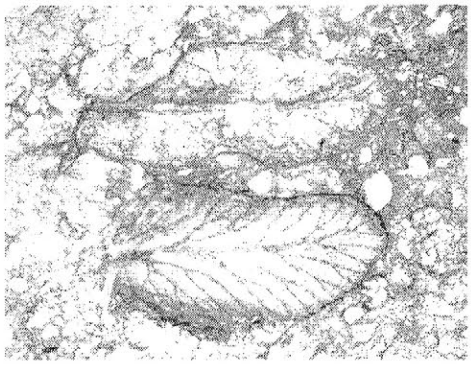


写真３　土器中のワラビ裂片の圧痕（上）現生のワラビ裂片（下）
（周船寺遺跡14次）

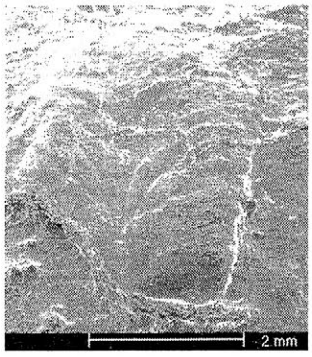


写真４　写真３の圧痕のレプリカ写真

３　ワラビの利用とその目的

上記の事例で示されたワラビの葉柄や葉の裂片は，ワラビが食用以外にも利用されていたことを示している。下宅部遺跡では食用とされる「ワラビ巻き」の部位も出土したが，ほとんどが成葉であった。土器胎土中の裂片も成葉であったことから，これらは食用とされる期間をすぎた成葉の利用を示している。

下宅部遺跡の遺構に敷かれたワラビの用途は，その検出状況を，ワラビの葉が水湿に強いこと，および一部のシダ植物の長い葉がマットや敷物に利用されること（堀田ほか編 1989）と考えあわせると，上流から流れてくる水に含まれる砂や泥を濾過する濾過材であると想定できる。遺構の機能としては，構造と設置場所から，遺構を通過して下流側のコの字型の木材に囲まれた部分に滞水させた浄水を用いた作業や行為が想定される。

ワラビが枯れる際には全体が収縮し，１つの裂片が単独で分かれることはない。また圧痕が付着している土器の器種や位置には特定の傾向がないことから，土器胎土中に含まれるワラビは，意図的に裂片をちぎり土器胎土中に混和させたか，他の用途の裂片が偶発的に混入したことが考えられる。九州地方の後晩期の事例は，種実圧痕の検出を目的とした探索中に偶然発見されたことから，現地点では地域や時期の議論はできていない。

４　おわりに

今回，遺体や圧痕でワラビと初めて同定できたことは，ワラビをはじめとするシダ植物の利用部位や目的を考える上で重要な発見である。

圧痕分析はこれまで主に種実を対象として行われてきたが，シダ植物をはじめとする比較的小さい葉遺体の抽出においても有効であることが示された。今後，こうしたシダ植物の葉が圧痕として残るという事実を普及させるとともに，他地域の異なる時期の土器でも探索したい。

引用・参考文献

堀田満・緒方健・新田あや・星川清親・柳宗民・山崎耕宇（1989）世界有用植物事典．平凡社．
福岡市教育委員会（2006）付）土器圧痕レプリカ法作業の手引き．福岡市埋蔵文化財センター年報．第25号:16-21.
岩槻邦男（1992）日本の野生植物・シダ．平凡社．
Ogura, Y.（1972）Comparative Anatomy of Vegetative Organs of the Pteridophytes. Gebruder Borntraeger, Berlin.

A-28

縄文時代石器資料の残存デンプン分析

渋谷綾子（総合研究大学院大学文化科学研究科）

1 研究の目的

本研究は、関西の縄文時代遺跡から出土した石皿よりデンプン粒の検出を試みた。石皿は植物質食料の加工具として評価されており、堅果類の殻割りや製粉に使用されたと考えられている(桐山, 2005; 黒坪, 1983, 1984; 宮尾・宮内, 2006; 渡辺, 1975)。ただし、石皿の表面に実際にどのような植物の痕跡が残留しているのかはわかっておらず、種実分析や微化石分析の結果だけでは、根茎・塊茎類など残存の可能性の低いデンプン質植物の利用を知ることはできない。そのため、これらの証拠を遺跡土壌や遺物から検出する方法として、残存デンプン分析は急速に発展した。研究そのものはまだ試行錯誤の状態であり、問題は多数ある。

そこで研究では、関西の縄文時代遺跡から出土した石皿よりどのような残存デンプンが検出できるのか明らかにし、日本で残存デンプン研究を行うにはどのような疑義を解決すればよいのか提示することを目的とした。

2 調査資料

今回調査した資料は、兵庫県淡路市佃遺跡（縄文時代後期）の石皿10点と大阪府四條畷市更良岡山遺跡（縄文時代後期・晩期）の石皿3点である。佃遺跡の石皿10点の出土層位は、南区縄文下層4期（一乗寺K式・元住吉山I式）：2点、南区縄文下層5期（元住吉山I・II式）：2点、北・中央区縄文下層（北白川上層式3期～一乗寺K式、～元住吉山I式）：1点、北・中央区縄文中層（元住吉山I～宮滝式）：2点、南区縄文上層6期（滋賀里IIIa・篠原式）：1点、北・中央区縄文上層（滋賀里IIIa・篠原式？）：2点である。いずれも出土した後に水道水で洗浄され、明石市の収蔵庫で保管されている。

更良岡山遺跡の石皿3点は、1969年度調査で出土し、四條畷市立歴史民俗資料館で展示されている石皿1点と、1997年度調査で出土した石皿2点である。いずれも出土した後に水道水で洗浄され、その後、資料館で保管されている。

3 試料採取と分析の方法

今回の研究では、石皿のどの部分にデンプン質残留物が見られるのかを知るため、試料を点的に採る方法(渋谷他, 2006)を選んだ。顕微鏡を用いて試料を採取することは設備等の関係で難しかったため、肉眼やルーペで可能な限り石皿表面の割れ目や穴の残留物を確認し、試料を採取した。試料はすべて偏光顕微鏡（Nikon ECRIPSE E600）で検鏡し、十字ニコルにする前と後の像を撮影した。

4 分析結果

a) 兵庫県淡路市佃遺跡

分析した石皿10点の試料は、すべてがデンプン粒を含んでいた。単粒、複粒（密集状態）、分解・損傷したデンプンとともに、植物繊維や細胞の一部、スフェルライトを検出した。なお、分解・損傷したデンプンについては、同じ試料でもそれらの度合いはさまざまである。

形態については、原形をとどめていないほど分解したデンプンが多いが、球形、楕円球形、角張った球形、三角形もしくは台形、多角形に分けられる。大きさは球形で径5μmのものが最も小さく、大きいものは球形で径20μm、多角形で幅25μmである。

b) 大阪府四條畷市更良岡山遺跡

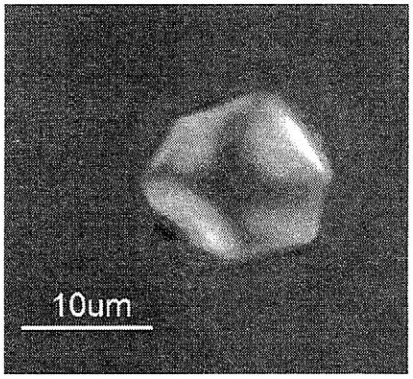
いずれの石皿からもデンプン粒を検出した。ことに、1969年度調査で出土した石皿のデンプン検出

量は群を抜いており、使用痕が顕著な平坦面からは非常に多量のデンプン粒を検出した。多くは分解・損傷したデンプンであるが、それらの度合いは比較的類似しており、同一の残存条件によるものと推定できる。さらに、植物繊維や細胞の一部も検出した。

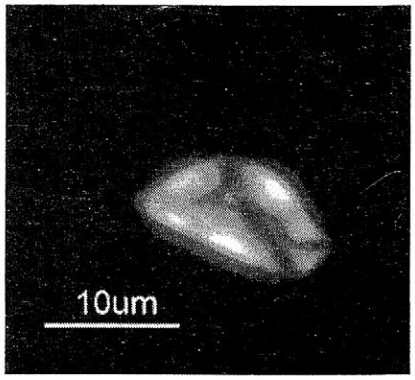
デンプンの形は概ね球形、細長い楕円球形、角張った球形の3種に分類でき、単粒・複粒（密集状態）の両方の形態が見られる。大きさについては、細長い楕円球形は長径 7～10μm・短径 3～5μmのものが多く、球形は大きいもので径 20μm、小さいもので径 3μm である。他の2点の石皿から検出したデンプン粒は原形をとどめていないほど分解しているため、正確な形は不明である。

5　今後の課題

佃遺跡および更良岡山遺跡の石皿から検出されたデンプン粒については、その形態からサトイモ・ハシバミ・ヒガンバナ・ヤマノイモではないことがいえる。今後、大型植物遺体の分析や花粉分析の結果を参考として、石皿上で加工された植物の候補をしぼりこみたい。



佃遺跡の石皿から検出したデンプン



更良岡山遺跡の石皿から検出したデンプン
（どちらも光顕400倍）

引用文献

桐山秀穂. 2005. 縄文・弥生時代における石製製粉具の研究—中国・四国・近畿地方を中心として—.

黒坪一樹. 1983. 日本先土器時代における敲石類の研究（上）—植物食利用に関する一試論. 古代文化 35: 11-31.

黒坪一樹. 1984. 日本先土器時代における敲石類の研究（下）—植物食利用に関する一試論. 古代文化 36: 17-33.

渋谷綾子, ピーター・マシウス, 鈴木忠司. 2006. 旧石器時代石器資料の残存デンプン分析調査報告. 新潟県立歴史博物館研究紀要 7: 17-24.

宮尾亨, 宮内信雄. 2006. 石皿の変化と植物質食料加工. 新潟県立歴史博物館研究紀要 7: 87-104.宮路淳子, 南木睦彦. 1998. 佃遺跡出土の大型植物遺体. 佃遺跡—本州四国連絡道路建設に伴う埋蔵文化財調査報告 III—(兵庫県教育委員会埋蔵文化財調査事務所編) 第2分冊（自然科学・総括編）. 39-51. 兵庫県教育委員会, 神戸.

渡辺誠. 1975. 縄文時代の植物食. 雄山閣, 東京.

本研究は科学研究費補助金基盤研究B「日本における稲作以前の主食植物の研究」（代表：西田泰民）にもとづくものであり、財団法人理工学振興会平成17年度研究助成金と財団法人松下国際財団2006年度研究助成の一部によって遂行した。研究にご教示・ご指導いただいた関係者の方がたに心より厚く御礼申し上げます。

B－1

固着性地衣類のチャシブゴケの石造文化財に及ぼす影響

－山形に伝わる日本最古の石鳥居群を事例として－

○張　大石（東北芸術工科大学）

1．緒言

屋外の石造文化財に及ぼす劣化要因の一つに、地衣類の固着がある。とくに、一部の固着性地衣類は特有の地衣酸を分泌しながら、岩石に固着すると言われている。地衣酸は主にR-COOH基やR-SO_3H基、R-SO_2H基などを含み比較的に強酸性を示し、雨水により岩石のアルカリ成分と反応を生じる。そのうえ、可溶性塩類の析出と溶解の恐れがある。しかし、劣化因子として除去対象になっているものの、地衣類の種別ごとの固着や劣化メカニズムについての詳細なデータは極めて少ない。本研究の目的は、石造文化財に着生する地衣類をとりあげ、岩石と地衣類の種による固着と劣化メカニズムを詳細にすることである。ただし、今回は山形県置賜地域に伝わる凝灰岩製の鳥居群を実例とし、固着性地衣類のチャシブゴケ(Lecanoraceae)の影響を調べた。

2．研究方法

分析試料は石鳥居と同材質で、且つ地衣類が着生した凝灰岩試料（高畠町元和田産）を用いて検討を行った。試料を電子顕微鏡（SEM：日本電子社製 JSM-6390A）で観察したうえ、X線マッピングなどの分析を行った。さらに、チャシブゴケと岩石との境界面を中心にX線回折を行った。X線回折は微小の境界面に直接X線を照射することができる、ブルカー社製の二次元検出器付高分解能X線回折装置（D-8）を用いた。X線絞り径 100μ、Co-Target、35kV/40mA、1hの条件で、地衣層(④)から、境界（③）、菌糸（②）、基質（①）へと4ポイントずつ3ヶ所（ラインA,B,C）を測定した。

3．結果と考察

3－1　SEMによる観察結果：SEMによる表面観察結果を図1に示す。チャシブゴケの地衣体に囲まれた顆粒状の生殖子器と、地衣体による岩石粒子の包含する様子が確認される。地衣体には亀裂が入り、円形の子器とともに不定形の表面構造を示す。チャシブゴケの特徴は、共生藻を含む果托という円形の皿を持った子器(レカノラ型)がある。子器の表面は不定形を示すが、10μm程度の岩石粒子を数多く包含している。この微細岩石粒子の由来については現時点では不明である。図2は岩石部に広がる菌糸を示すが、径が約 5μm 程度でパイプ状を成している。また、枝豆状の菌糸は生殖胞子を作りだす造嚢糸であると考えられる。菌糸の岩石部への侵入は石英などの硬質岩石粒子を避け、その外側に沿って伸びているのが確認される。これは菌糸の主な固着が軟らかい基質部で生じていることを示唆し、菌糸固着の選択性が認められる。チャシブゴケの頂部から岩石までは300μm前後を示し、岩石を覆うチャシブゴケ層の厚が把握できた。

3－2　SEMによるX線分析結果：反射電子画像とX線マッピングの結果、岩石内部にはパイプ状や袋状の菌糸組織が見られたが、菌糸の分布は岩石表面に対して水平方向に沿っている。なかには深さ方向への侵入が認められ、深いのは岩石表面から3～4mmの深さ方向に伸びている。このことは岩石と菌糸の組成の差を示す反射電子画像で確認された。さらに、X線マッピング分析でも、岩石の深さ方向に分布する菌糸がより明確に示されたが、岩石と地衣類の差分画像はCとSi元素マッピングで著しい。このうえ、高倍率での菌糸と接する岩石部の組成の変動は見られなかった。一般に地衣類は代謝物質として有機酸を生じ、岩石固着への関与可能性が指摘されている。この場合、有機酸は水の介入で岩石のアルカリ元素と反応し、とくにNaの多い可溶性塩類を形成することが予想される。しかし、今回のX線分析方法では可溶性塩類の確認までは至らなかった。

3－3　X線回折結果：岩石の基底部から地衣層までを区分けしてX線回折を行った結果を図3に示す。Aラインでは、2θの40°以上の高角には顕著なピークはなく、25°～35°付近に主なピークが表れた。特に26、32°付近に回折強度が著しく、岩石の基底部から地衣層に向かって回折ピークがブロードになる。この傾向は他のB、Cの分析ラインも同じく、ラインによる回折角の違いは見られない。このプロファイルの解析結果、Na_8,Al_8,$Si_{40}O_{96}(H_2O)_{24}$の組成をもつモルデナイト(mordenite)が検出された。なかでもアンモニウム性のモ

ルデナイトの結晶構造により近い。最大強度は2θ＝30.0°にあり、回折は(2,0,2)面で 3.45Åの間隔に相応して生じ、他の主な回折ピークの測定値と標準値が一致している。モルデナイトは一般に沸石と呼ばれ、火山地帯や温水地帯に産する含水アルミノ珪酸塩鉱物である。化学組成の特徴として水分子や Na,Ca,K などのアルカリ成分が多く、水分による影響を受けやすい。しかし、SEM による X 線分析と同様に、X 線回折法でも新しい化学反応生成物の検出までには至らなかった。すなわち、地衣類と岩石との境界面(A-③)や、菌糸が集中する箇所(A-②)においても鉱物種の違いは認められない。

4．まとめ

山形県置賜地域に伝わる凝灰岩製の鳥居群を例とし、固着性地衣類のチャシブゴケの岩石固着と影響を調べた。結果、高畠町元和田地区産凝灰岩に固着するチャシブゴケは約 0.3mm の層厚で固着する。菌糸組織は径約 5μm のパイプ状を成し、基質部を選択しながら岩石の表面方向に広がり、一部は数 mm の深さまで侵入する。しかし、菌糸組織付近の組成分析から、岩石固着と地衣酸による反応との相関は今のところ見出せない。X 線回折結果でも、主鉱物であるモルデナイト以外は検出されず、地衣酸による岩石の化学変化は認められない。今後、X 線ビーム径を 100μm 以下に絞るか、X 線マッピングの改善、地衣酸の検出などの検討が必要とされる。

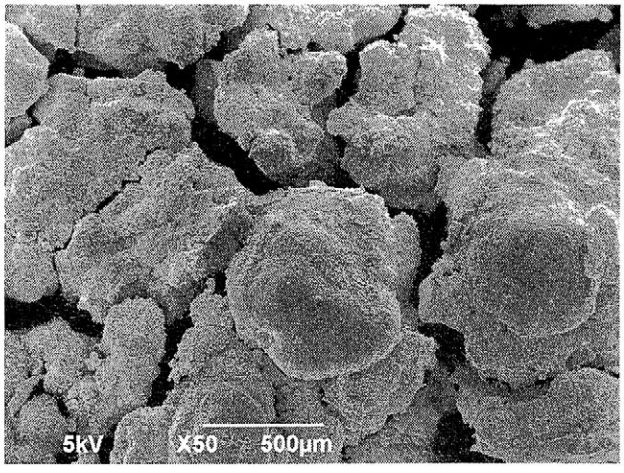


図 1 チャシブゴケの表面観察像 （SEM 像）

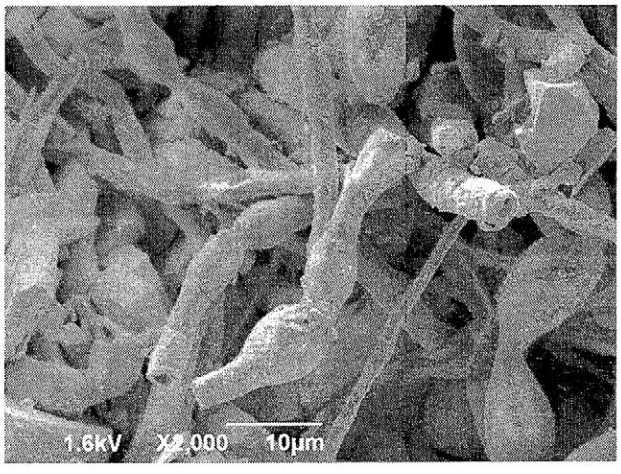


図 2 岩石内部の菌糸組織（SEM 像）

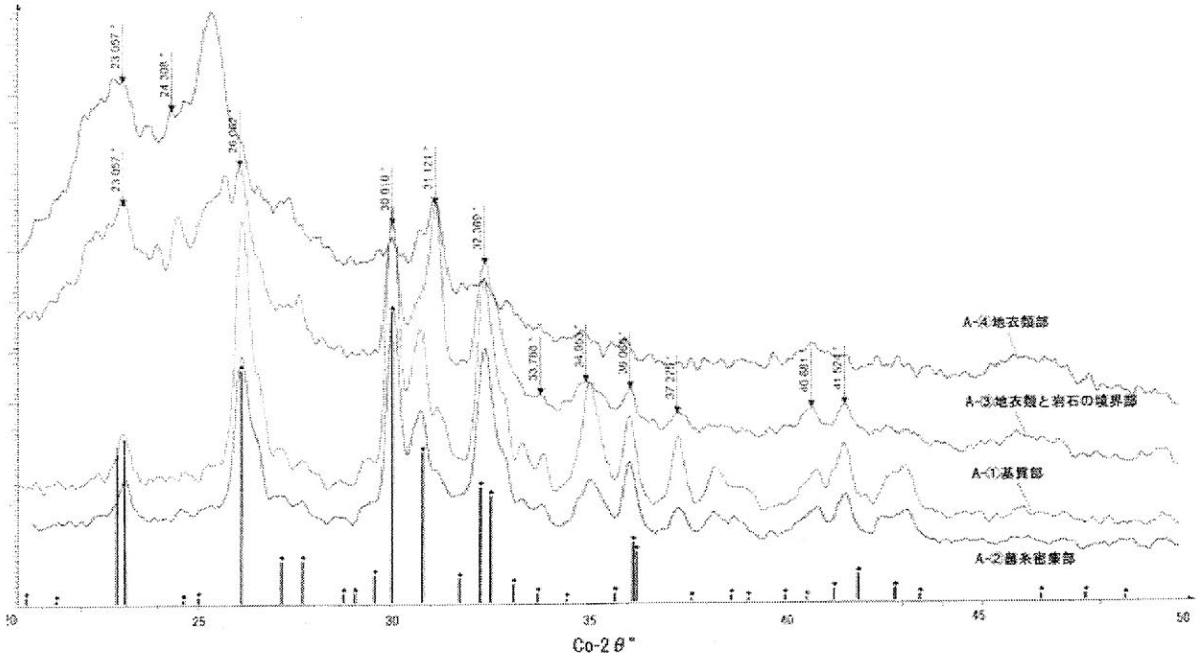


図 3 地衣類の固着した凝灰岩試料の二次元検出器付高分解能 X 線回折像

B－2

保存剤による地盤の強度発現過程における環境への影響

田中保士（㈱田中地質コンサルタント），高山勝巳，辻子裕二（福井工業高等専門学校），
○廣瀬康平（福井工業高等専門学校専攻科），侯文忠（中華民国国立自然科学博物館）

はじめに

1999年9月21日午前1時47分（日本時間2時47分）に，台湾中部の集集鎮を震源とするマグニチュード7.7の地震が発生した．この地震では，地表面に現れた大規模な活断層により建物や橋梁等の土木構造物が甚大な被害を受けた[1]．これを受け，防災教育における有用な資料とするために隆起した断層の断面を保存する計画が進められている．保存対象は，南投県竹山鎮竹山車籠埔断層である（図１）．同断層の強化保存には「土と石の強化保存剤TOT」が使用される予定である．筆者らは，これまでにTOTの強化保存に関する効果をビッカーズ硬度試験や一軸圧縮試験により確認している[2)3)]．本研究では，TOTにより強化保存された地盤の強度発現過程，すなわち，TOTが固化し安定するまでのプロセスにおいて，保存処理された地盤の浸透水が環境へ及ぼす影響について言及する．

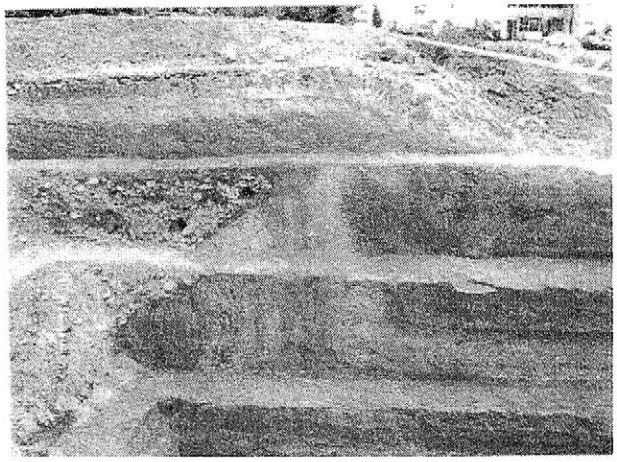


図１　竹山車籠埔断層（トレンチ）

土と石の強化保存剤 TOT の特性と適用事例

従来用いられてきた強化保存剤は，アクリル樹脂やエポキシ樹脂といった高分子樹脂系薬剤である．TOT はこれらと異なり浸透性，乾燥の面で優位な特徴をもつ．TOT の処理方法は，保存あるいは強化対象物に対し，塗付・散布あるいは含浸により溶液を浸透させることであるため簡便である．そのため，対象物を破壊することなく強化保存することが可能である．TOT は兵庫県にある野島断層の保存[4]に適用されて以来，エルサルバドルのマヤ文明遺跡チャルチャパ，台湾 921 地震教育園区の地震断層および山梨県北都留郡の高尾成畑遺跡，福井県柴田神社等での実績がある．

実験方法

実験地盤は内径 10cm，高さ 12cm のモールドを用いてモデル化した．試料土にはマサ土（細粒分質礫質砂，SFG）を用い，試料土を JIS A 1210 で規定された締固め試験結果に基づき最適含水比付近で調整し締固めた．このモデル地盤に JIS A 1218 で規定された透水試験を適用し，地盤を浸透した水を採取した．この水を用いて，ミジンコを用いた遊泳阻害試験を実施し，その生存率で浸透水の環境への影響（毒性）を評価することとした．遊泳阻害試験では毒性試薬（TOT 原液と浸透水）を適当な濃度に希釈し，ウェルプレートにミジンコを入れ 20℃恒温槽中に静置し，ミジンコの遊泳阻害個体数を計測し，生存率を計算することで LD_{50}（半数致死濃度）を算出した．

なお，以下では便宜上，モデル地盤に TOT を用いて保存処理した後２日間空気養生させたものを「２日養生」，同じく１週間空気養生させたものを「１週間養生」と呼ぶ．いずれも養生後に透水試験・遊泳阻害試験を実施し，TOT 処理を実施しない「未処理」と共に比較を行った．

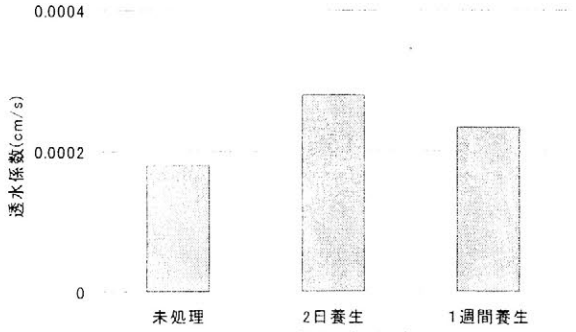


図２　透水試験結果

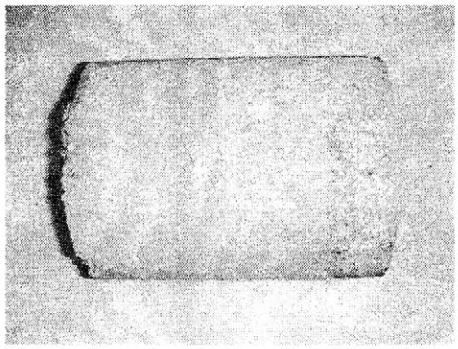


図３　TOT 処理後の供試体

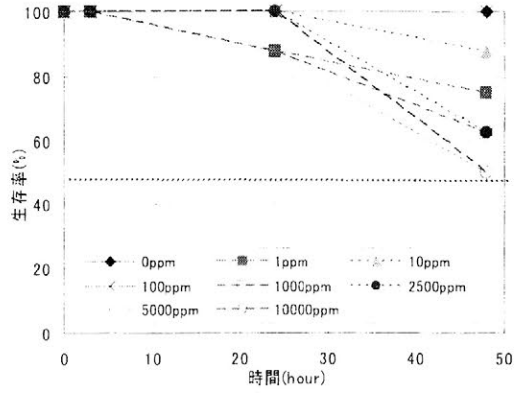


図４　TOT 原液に対する遊泳阻害試験結果

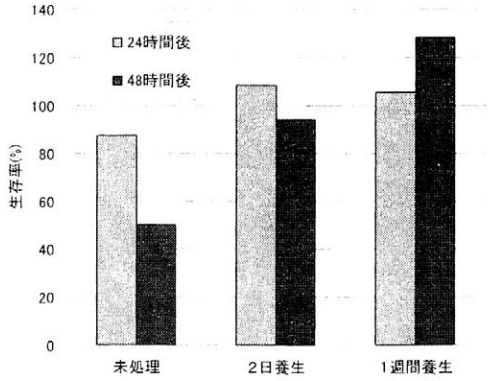


図５　浸透水に対する遊泳阻害試験結果

実験結果と考察

透水試験結果を図２に示す．この結果より，未処理，２日養生，１週間養生を問わず透水係数は約 2×10^{-4} cm/s でほぼ一定であった．TOT により地盤の強化保存効果が向上しても透水性は阻害されないことが改めて確認された．図３は TOT 処理後の供試体の写真であり，図の右側が TOT 処理を施した供試体上部となる．

TOT 原液に対する遊泳阻害試験結果を図４に，浸透水に対する遊泳阻害試験結果を図５に示す．図４中の破線は半数致死率であり，これに対応する濃度が LD_{50} となる．図４より，TOT 原液が混入した場合であっても，10000ppm 以下の濃度では環境にほぼ影響がないと判断できる．したがって，TOT 処理直後に降雨があった場合であっても安全性は確保されると考えて良い．図５の結果を見ても，２日養生，１週間養生を問わず TOT 処理による環境へ悪影響は確認できない．

参考文献

1) 山貝廣海ら：1999 年 9 月 21 日集集地震（台湾大地震）被害調査速報，http://www.jecc.co.jp/topics/kb/ronbun/20011006/r_1/1-3.pdf（アクセス確認 2007/04/04）

2) 田中保士ら：無機－有機ハイブリッド改質剤 TOT-V を用いた柚山丸三城跡・居館跡の保存修復，日本文化財科学会第 20 回大会研究発表要旨集，pp.180-181(2003)

3) 伊丹麻子ら：土と石の強化保存剤(TOT)を使用した土製ブロックの耐候性試験，日本文化財科学会第 15 回大会研究発表要旨集，pp.188-189(1998)

4) 豊田昌宏ら：強化保存剤(TOT)による文化財の保存処理-III，日本文化財科学会第 17 回大会研究発表要旨集，pp.182-183(2000)

イースター島モアイ像の保存科学的研究 2
－溶出実験による石造文化財保存処理法の評価－

○脇谷草一郎 ・ 高妻洋成 ・ 降幡順子 ・ 肥塚隆保
奈良文化財研究所

はじめに

南太平洋上に位置する小さな火山島であるイースター島には 1000 体を超えるモアイ像が存在する。これらの多くは脆弱な凝灰角礫岩から造られており、また過酷な自然環境化に曝されていることから劣化が進行しており、その対策が急がれている。

奈良文化財研究所では保存修復処置後のモアイ像が並ぶアフ・トンガリキ遺跡において、2005 年 3 月に現地調査を実施した。その結果、当遺跡におけるモアイ像は周辺空気の相対湿度に呼応して、表面含水比が大きく変化すること、また表面温度は日中には高温となり日較差が大きいことなどが示された。これらの現地調査結果については 2005 年の本大会において発表した。今年度は現地調査の結果をふまえて、モアイ像に用いられた凝灰角礫岩を試料として溶出実験を実施したので報告する。

実験方法

<u>試料石材</u> ：試料として用いた石材はアフ・トンガリキ遺跡に並ぶモアイ像に用いられているラノ・ララク産の石であり、数 mm から十数 cm 大の玄武岩質溶岩の角礫等を多量に含む凝灰角礫岩である。非常に空隙率が高く、見かけ密度は約 1.6 g/cm³、最大含水比は約 27%程度である。この石材を 45×40×15 (mm)に整形したもの 5 片を試料として供した。これらに順次、ケイ酸エステル共重合体の強化剤(OH100:Wacker 社製)および撥水剤(280:同社製)を含浸処理したものを試料として供した。なおこれらのケイ酸エステル共重合体はアフ・トンガリキ遺跡のモアイ像を保存処理する際に、実際に用いられたものである。

<u>強度試験</u> ：石材の強度試験として超音波試験を実施した。この試験では石材の超音波伝播速度を測定し、動弾性係数 E_dを求めた。測定は周波数 200kHz の探触子をもちいて透過法によりおこなった。無処理の状態、強化処理後で溶出実験の前後、そして撥水処理後で溶出実験の前後にそれぞれ測定を実施した。得られた P 波伝播速度 V_pを用いて、次式より動弾性係数を算出した。

$$E_d = \rho \cdot V_p^2 \qquad \text{(ただし、} \rho \text{は石材密度、} V_p \text{は P 波伝播速度)}$$

<u>溶出実験</u> ：イースター島において大気汚染は無いものと考えられるので、モアイ像に供給される雨水には空気中の炭酸ガスが溶け込むのみであり、そのpHは理論上低くとも 5.8 程度と推察される。また一方で試験片を浸漬した蒸留水のpHはおよそ 7.6 まで上昇した。そこで溶出実験は酸性環境およびアルカリ性環境それぞれについておこなった。試料水の pH 環境に関しては、酸性環境では炭酸ガスと空気の混合ガスを通気することによりおよそpH5.6 に、アルカリ性環境ではClark-Lubsの緩衝液を添加して空気のみを通気することによりおよそ pH7.6 にそれぞれ調整した。また現地調査の結果からモアイ像の表面温度は日中 60℃近くまで上昇することから、設定温度は 40℃および 60℃とした。上記のようにpH および温度を調整した超純水中に凝灰角礫岩の試験片を 72 時間浸漬した。浸漬後、ろ過をおこない、イオンクロマトグラフィにてろ液中の溶存成分を測定した。

測定結果

<u>強度試験</u> ：溶出実験に供した試料の超音波伝播速度を測定し、動弾性係数を算出した結果を表 1 に示す。強化処理により E_dの値は 3.63E+04 kgf/cm² となり、無処理試料(2.02E+04 kgf/cm²)のものと比較して大きく増加した。しかし溶出実験後では無処理試料と同程度の値まで E_dの値が減少した。撥水処理により E_dの値は

6.03E+04 kgf/cm^{2}となり、無処理試料のおよそ3倍の値まで増加したが、溶出実験後では E_d の値は再び減少した。しかし減少率は強化処理のみの場合と比較して小さく、無処理のものと比較しておよそ2倍の値を有していた。すなわち撥水処理を施すことにより、強化剤あるいは撥水剤の溶脱が抑制され、その効果が持続することが示唆された。

表1　試料石材の動弾性係数 E_d

	動弾性係数 E_d (kgf/cm^2)
無処理	2.02E+04
OH100　溶出実験前	3.63E+04
OH100　溶出実験後	2.06E+04
280　溶出実験前	6.03E+04
280　溶出実験後	4.09E+04

溶出実験　:ろ液中のNa、K、Mg、Ca濃度を測定した結果を図1に示す。図1より強化、撥水処理による溶出量の変化は3つのパターンに分類され得ることが示された。Na は撥水処理を施した試料で、酸性、高温環境では著しい溶出量が認められるが、おおむね強化処理、撥水処理により溶出量が減少することが示唆された。Kにおいても、Naと同様の試料において著しい溶出が認められた。またその溶出量は強化、撥水処理による減少は認められなかった。無処理の試料と比較して溶出量が増加している点に関して更なる検討が必要である。Mg、Ca は強化、撥水処理による溶出量の変化が同様の挙動を示した。ここでも撥水処理、酸性、高温環境の試料では若干溶出量が多いものの、酸性環境においては強化処理により溶出量が減少することが示唆された。しかしアルカリ性環境では溶出量が増大し、強化、撥水処理による効果は認められなかった。また温度による影響では、先述の通り撥水処理、酸性、高温環境の試料において著しい溶出が認められるものの、他の結果に関しては高温環境では溶出量が減少した、あるいは殆ど変化は認められなかった。

これらの実験結果から、化学成分の溶出量を律する因子としてpHの影響が大きなものであることが示唆された。動弾性係数の減少率および、図1に示した金属類の溶出量から撥水処理を施すことは石造文化財の保存処理において重要であると考えられる。しかしアルカリ性環境では上記の金属類の溶出は抑制されておらず、今後検討すべき課題である。

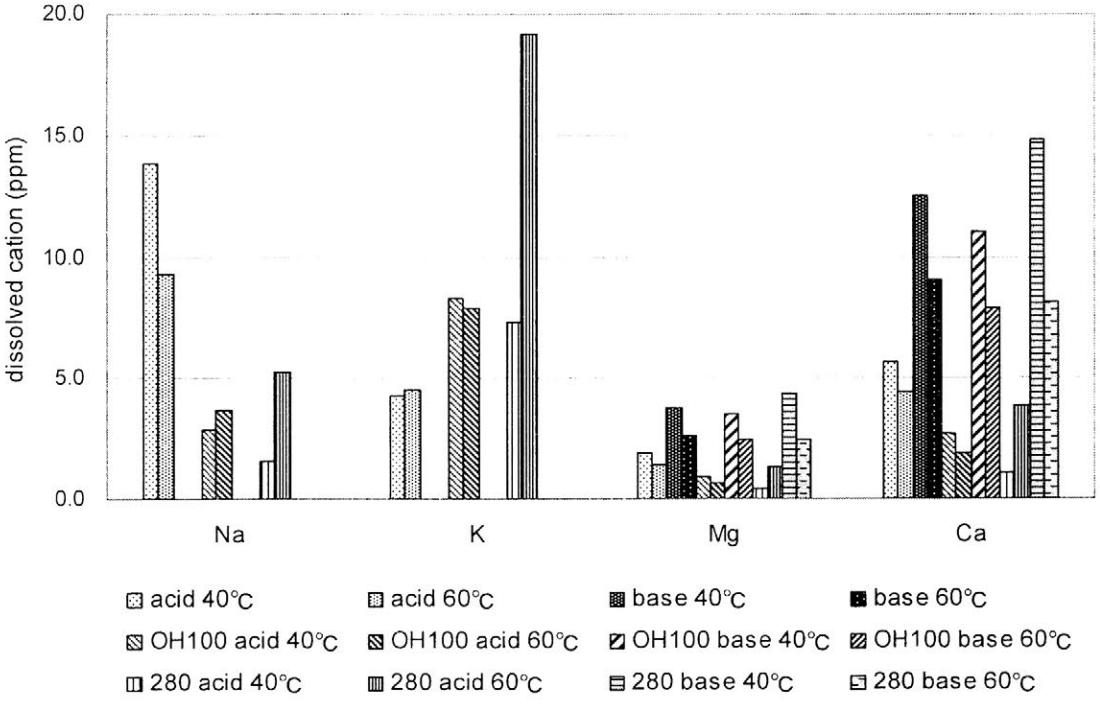


図1　溶出実験結果

B－4

ガス電子増幅フォイルを用いた文化財調査用Ｘ線検出器の開発

犬塚将英（東京文化財研究所）

１．はじめに

文化財の調査では、資料採取が許されず、非破壊・非接触を大前提とした手法を要求されるケースが多いことから、Ｘ線透過撮影などのＸ線を用いた調査方法は重要な役割を担ってきた。そして、Ｘ線透過撮影による調査は保存科学のみならず、絵画技法、彫刻や工芸品の構造などを明らかにするために、美術史などの研究分野でも重要な役割を果たしている。近年になって、これまで主に医療分野で利用されてきたイメージング・プレートやフラットパネルディテクタを使用したＸ線透過撮影も文化財調査へ適用されるようになってきた。しかし、現地調査を余儀なくされる文化財も多いことから、可搬な測定装置の必要性は今後さらに高まっていくだろう。本研究では、簡便、安価かつ可搬な検出器製作の可能性を秘めているガス電子増幅フォイル(Gas Electron Multiplier foil, GEM)[1]を用いて、文化財のＸ線透過撮影のためのプロトタイプ検出器の製作とその性能評価を行った[2]。

2. GEM を用いたＸ線透過撮影用検出器の開発と性能評価

Ｘ線検出器開発にあたっては、サイエナジー社製の GEM を使用した[1,2]。厚さ 50μm のポリイミド・フィルムの両面を厚さ 5μm の銅で被覆した有感面積が 100mm×100mm のフォイルである。この多層フォイルは、プラズマ・エッチングおよびレーザー処理で施されたφ70μm の孔が 140μm ピッチで空けられた構造をしている。増幅ガス中で数百Ｖの電圧をかけると、電子が孔を通過する時に雪崩現象により信号が増幅される、というのが動作原理である。

図１は今回製作したＸ線検出器の外観である。ガス増幅を利用した検出器であり、アルゴンやキセノンなどの増幅ガスで満たして使用する。図２は検出器内部の概念図である。図２に示されている通り、3 枚の GEM を間隔が 2mm となるように設置した。入射Ｘ線が光電効果を起こして光電子を放出させるためのスペース（ドリフト領域）を確保するために、最上段の GEM の 50mm 上流にアルミニウム製でメッシュ構造をしたドリフト板を設置した。

GEM にかける電圧の大きさと信号増幅率の関係を調べるために、10mm×10mm の読み出しパッドを GEM の下流に設置した（図２）。読み出しパッドに誘起された電荷は前段増幅回路を経てからデジタル信号へ変換し、データの解析を行った。

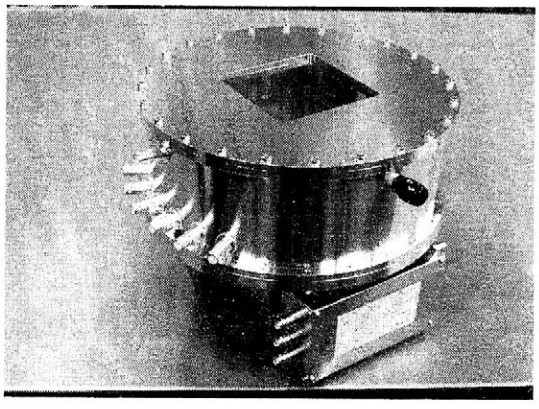


図１ GEM 検出器の外観

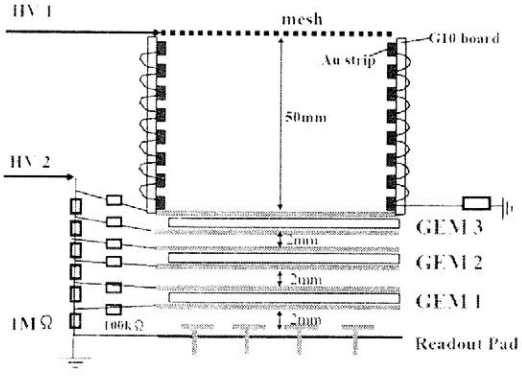


図２ 検出器内部の概念図

検出器内をアルゴンの混合ガスで満たして、放射線源から発せられたX線の全吸収による事象を選んでデータ解析を行った。図３は、このようにして得られた電圧と信号増幅率との関係である。過去の実験から、増幅率は GEM の両面にかける電圧の値に対して指数関数的に上昇することが知られているが[1]、このことが図３では確認できた。また増幅率の絶対値も過去の結果と比較して妥当な値であった[1]。以上の結果から、GEM を用いた信号増幅が正しく動作していることを定量的に評価した。

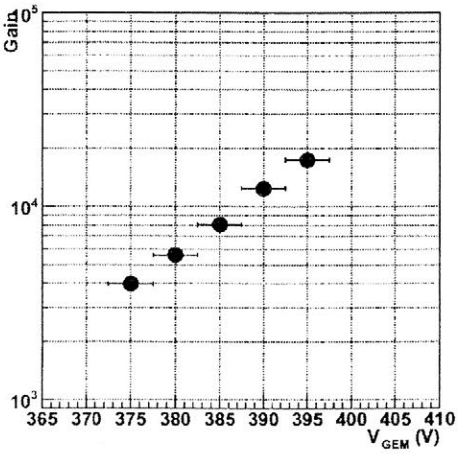


図３ 信号増幅率の電圧依存性

3. C-MOS センサーを用いた２次元画像の撮影

前節の通り、高電圧と測定から得られた信号増幅率の関係から GEM を用いた検出器内で正しくガス増幅されていることを確認した。しかし、X線透過画像から文化財の内部構造などを調査するためには、100 μm 程度のピッチで画素を配した読み出しが必要である。さらに、可搬型検出器による現地調査を想定すると、センサーには高速な信号処理および省スペースであることも要求される。このような条件を満たす読み出し方法として、C-MOS 技術を導入することにした。

そこで、アクロラド社(http://www.acrorad.co.jp/)が開発および製造を行っている CdTe 半導体放射線検出器の信号読み出し部を図１の検出器に取り付けて、２次元イメージングの試験を開始した。図４はセンサーモジュールの概略図である。微細 ASIC を形成している 100 μm ピッチの電極上に集められた電荷を電圧に変換した後でデジタル化する。専用ソフトウェアによりこれらのデジタル信号の画像処理を経てから、コンピューターのディスプレイ上でX線透過画像をモニターする。

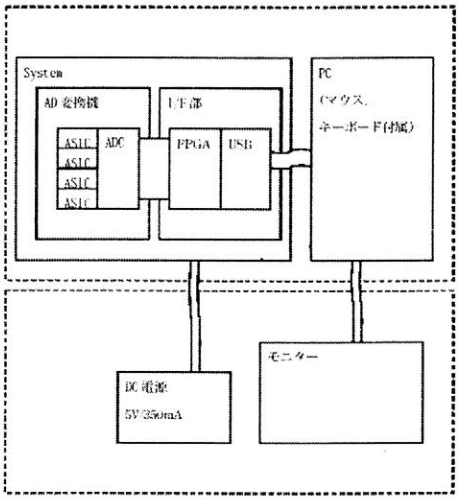


図４C-MOS センサーモジュールの概略図

設置した ASIC は 23.0mm×50.0mm の領域をカバーしている。今回の実験では、放射性同位元素などのX線源とテストチャートを用いて、検出器とセンサーの動作確認、および同システムから得られるX線透過画像の解像度などを評価した。

参考文献

1) M.Inuzuka, et al.: Gas electron multiplier produced with the plasma etching method, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 525 (2004) 529-534.
2) 犬塚将英、李栄篤：ガス電子増幅フォイルを用いた文化財のX線透過撮影のための検出器の開発、保存科学 46 (2007) 95-103.

本研究は平成１８年度文部科学省科学研究費補助金若手研究(A)「文化財の透過撮影および材質調査を目的とした新しいX線検出器の開発」によるものです。

B－5

大気汚染が文化財に与える影響とその防御の研究

西山　要一(奈良大学教授)・酒井　真志(奈良大学大学院生)

1　は　じ　め　に

建築・彫刻・絵画・考古資料・民俗資料などの有形文化財は、金属・石・木・繊維・紙・皮などの単一もしくは複数の素材から作られていて、温度・湿度の変化や紫外線・黴・虫などによってしだいに腐食や損傷が進みやがて消滅する。このような自然環境に起因する文化財の劣化は、伝統的修理や科学的保存処理によって新たな損傷を防止することができる。しかし、近年、ヨーロッパや日本など先進諸国のみならず、地球全域が大気汚染に覆われ、これに起因する文化財の損傷が急速に進んでいることが明らかになっている。早急な現状把握と対策が必要である。

2　文化財の大気汚染被害

日本では 1956 年、正倉院校倉内の宝物に変化が生じたのを契機に大気汚染の文化財への影響調査が始まり、今日までに多くの文化財被害が確認されている。

(1) 金属文化財の被害　東大寺大仏殿前の青銅八角灯籠は 1300 年間風雨に曝され黒灰色や濃緑色・濃青色の落ちついた錆に覆われた姿を保ってきたが、最近 40 年間に、色調が黄緑色に変化してきた。1998 年の東京文化財研究所の錆の分析によると、塩基性硫酸銅（ブロカンタイト $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$、アントレライト $CuSO_4 \cdot 2Cu(OH)_2$）および塩基性塩化銅（アタカマイト $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$）が検出され、大気汚染に起因する腐食であることが証明された。鎌倉大仏も同様に塩基性硫酸銅や硫酸鉛が検出され、京浜工業地帯から飛来する硫化物や海塩中の硫化物などの大気汚染によるものと推測された。京都国立博物館のロダン "考える人" は水筋に沿って塩基性硫酸銅と塩基性塩化銅と思われる黄緑色の錆が発生し全体の半ばを覆うほどになった。京都国立博物館は工場、自動車の排気ガスが吹き溜まる位置にあり、大気汚染が原因である。

(2) 石造文化財の被害　奈良・大阪の府県境の竹之内峠に奈良時代・鹿谷寺跡の凝灰岩十三重層塔がある。黒く汚れ、各層屋根の先端は欠け、表面のいたるところ剥落・溶解するなど、大気汚染による損傷の典型が見られる。大阪平野の大気汚染が西風にのって、竹之内峠を通過し奈良盆地に広がっている。京都国立博物館中庭の中国・遼代の石灰岩多宝千仏石幢は、1927 年から 45 年間風雨に曝されて表面が溶解し、銘文や文様が判読できなくなった。1972 年に白色析出物が分析されて硫酸カルシウムであることが判明し、大気汚染の被害であることが確認された。

3　奈良の文化財の大気環境

奈良大学が 1987 年より行っている奈良盆地北部の大気汚染と文化財保存環境の研究では、東大寺、春日大社、平城宮跡などの文化財所在地 11 地点でトリエタノールアミン円筒濾紙法によって二酸化硫黄(SO_2)、二酸化窒素(NO_2)、塩化物イオン(CL^-)の濃度を測定し、金属板と彩色板のサンプルを大気曝露しその変化を測定している。また、奈良公園・奈良町では、1992 年から 2001 年までに５回にわたり二酸化窒素を測定した。観測の結果、二酸化硫黄の高濃度域は工場群にあって主として工場排ガスが発生源である、二酸化窒素の高濃度域は国道の交差付近にあって主として自動車排ガスが発生源である、塩化物イオンは、奈良山丘陵付近に高濃度域があってごみ焼却場の排煙が発生源であることが判明している。そし

て、大気曝露した金属板の表面錆の硫黄と塩化物イオンの量・色変化について、時間経過と観測地点間を比較した結果、大気汚染濃度とサンプルの変化には明らかな相関関係のあることが判明した。実際の金属文化財、彩色文化財も同様の変化をきたしていると推測される。

4　樹木林、木造建築、木櫃の大気汚染浄化作用

正倉院宝物が今日まですばらしい状態で保存されてきたのは、校倉建物と唐櫃の調温・調湿の効果であるといわれている。東大寺経庫（校倉）の調査でも、温度の日較差は、校倉外部 14 度、校倉内部 4 度、櫃内 2～3 度、湿度の日較差は、校倉外部 55%、校倉内部 15%、櫃内 1～2%と、櫃内では殆ど変化しないと言ってもよいくらいに安定している。日射や紫外線が届かず、定期的虫干し(曝涼)の果した役割も大きい。さらに、大気汚染物質の二酸化硫黄は、校倉内部は外部の 13 分の 1、櫃内は外部の 15 分の 1 に、二酸化窒素は、校倉内部は外部の 2 分の 1、櫃内は外部の 140 分の 1 に、塩化物イオンは、校倉内部は外部の 11 分の 1、櫃内部は外部の 16 分の 1 にそれぞれ減少している。校倉の外部と内部と櫃内に置いた金属板と彩色板のサンプルの色彩変化が、外部は大きく内部は小さく、櫃内はほとんど変化していないことからも、木造の校倉や木櫃が大気汚染物質の内部浸入を防ぎ、汚染大気を浄化する効果の大きいことがわかる(図１)。

また、奈良公園・奈良町の調査においても、樹木が同様な温湿度調整と大気汚染浄化の機能を果たしていることが判明した。奈良公園の二酸化窒素の分布は、県道高畑－紀寺線沿いに対して飛火野の芝地は約 21%、春日大社参道周辺のマツ・ヒノキなどの植栽林中は約 33%、マツ・クヌギ・シイ・アセビなど針葉樹と広葉樹の原生林は約 54%それぞれ減少し、樹木の種類が豊富で深い森林は汚染大気の流入が少なく、かつ、汚染大気の浄化力の強いことがわかる(図２)。原生林は、東大寺経庫や十輪院本堂等木造建造物や日中開扉している興福寺国宝館(コンクリート造)と同等の大気汚染防御効果がある。さらに、伝統行事である東大寺盧遮那仏（大仏）や薬師寺金銅薬師三尊仏のお身ぬぐいは、大気汚染物質を含む塵埃を毎年一度取り除き錆の発生を防ぐ科学的な保存管理方法でもある。

図１

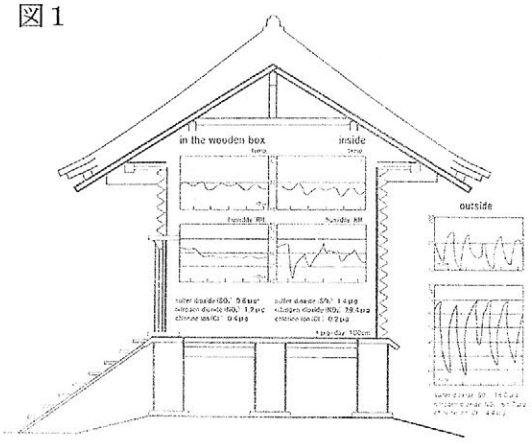
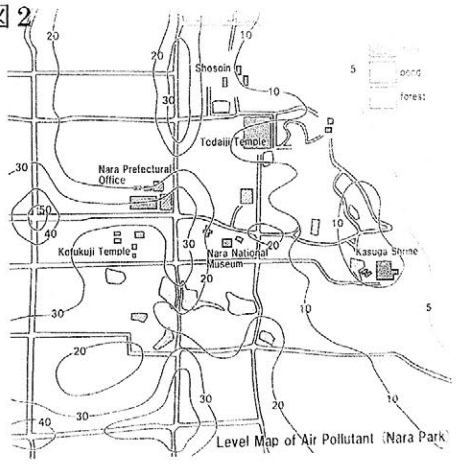


図２



5　おわりに

文化財を大気汚染からまもるには、工場や自動車、ゴミ焼却場等から発生する汚染を削減し、文化財の環境基準を策定して保護ゾーンを設け、汚染源を遠ざけることが必要である。奈良市のパーク・アンド・バスライドやアイドリング・ストップ条例がより徹底されれば、文化財防御の効果が上がるであろう。また、文化財の四周に樹木帯を設けることによって大気汚染の影響を半減する、風雨から保護する覆い屋を設ける、必要ならば、科学的保存処理を行い、収蔵庫に保管するなど、さまざまな保存法を活用するともに、常に管理を怠ることのない心がけも大切である。

B－6

縄文・弥生文化移行期における神津島産黒曜石のもうひとつの流通

杉山浩平（東京大学 農学部）
池谷信之（沼津市文化財センター）

1. 研究の着眼点

関東地方南部から東海地方東部の遺跡から出土する黒曜石は、縄文時代中期後葉に神津島から信州へとその産地をシフトしている（池谷 2003）。以後、弥生時代中期前葉にいたる縄文・弥生文化移行期は、信州系黒曜石が出土黒曜石の約 6～8 割を占め、神津島産黒曜石などの出土量は減少している（杉山・池谷 2006）。こうした本州側の変化に対して、神津島産黒曜石の原産地周辺に位置する伊豆諸島および伊豆半島の遺跡での黒曜石の定量的な産地分析は行われていない。これまでに行われた伊豆諸島での黒曜石の産地推定分析例をみると伊豆大島の龍ノ口遺跡では、信州系黒曜石の出土が知られており、多地域からの黒曜石の流通が予想される。そこで本研究は縄文・弥生文化移行期の伊豆諸島および伊豆半島の遺跡を対象として黒曜石の流通の一端を明らかにすることを目的としている。

2. 分析対象

本研究の対象とする遺跡は静岡県賀茂郡河津町姫宮遺跡、東京都大島町下高洞遺跡 D 地区、東京都新島村田原遺跡出土の黒曜石製石器（石器・剥片・石核・原石）である。

・姫宮遺跡では黒曜石集積出土の 50 点（全点）、SF（土坑）48 では 238 点を抽出し、合計で 288 点の分析を行った。時期は縄文時代晩期末から弥生時代前期である。

・下高洞遺跡 D 地区では層位ごとに分析を行った。産地が推定できた試料数は以下の通りである。
弥生時代中期前葉（第 21 層）・・・59 点、弥生時代前期（第 22 層）・・・68 点
縄文時代晩期末（第 23～貝層）・・・155 点、縄文時代後期後半（第 26 層）・・・17 点
縄文時代後期中葉（第 39 層）・・・36 点

・田原遺跡では、層位ごとに分析を行った。産地が推定できた試料数は以下の通りである。
縄文時代晩期後半から弥生時代中期前葉（第 4 層・第 5 層）・・・180 点、
縄文時代後期中葉から後期後葉（第 6 層）・・・47 点

3. 分析方法

本研究の黒曜石の産地推定には蛍光X線分析法を用いた。分析装置はセイコー電子工業社（現 SII ナノテクノロジー社）製エネルギー分散蛍光X線装置 SEA－2110 である。測定条件を次に示す。

電圧：50kV、電流：2 - 36μA、照射径：10mm、測定時間：産地試料　500sec、遺跡出土試料　300sec
雰囲気：真空、計測された元素は以下の 11 元素である。

アルミニウム(Al)、ケイ素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、ルビジウム(Rb)、ストロンチウム(Sr)、イットリウム(Y)、ジルコニウム(Zr)

このなかで、産地の違いを最もよく示すルビジウム(Rb)、ストロンチウム(Sr)、イットリウム(Y)、ジルコニウム(Zr)の 4 つの元素の強度を求め、以下の 2 つの方法によって産地を決定している。

①判別図法(図による産地推定)

測定の結果得られる各元素の蛍光 X 線強度から産地推定のための 4 つの指標を計算する。

指標 1　Rb 分率=Rb 強度×100/(Rb 強度+Sr 強度+Y 強度+Zr 強度)
指標 2　Mn 強度×100/Fe 強度
指標 3　Sr 分率=Sr 強度×100/(Rb 強度+Sr 強度+Y 強度+Zr 強度)
指標 4　log(Fe 強度/K 強度)

指標 1・2 と指標 3・4 をそれぞれX軸とY軸とした 2 つの判別図を作成し、原産地黒曜石の散布域と遺跡出土黒曜石の照合によって産地を推定する。

②判別分析(多変量解析による産地推定)

判別図法による産地推定結果を検証するために、多変量解析の一手法である判別分析を行っている。判別図法による産地の推定は、縦軸と横軸の2次元で行われるが、数学的には3次元以上でも原産地黒曜石からの距離を計算することが可能である。判別分析では遺跡出土の試料1点ごとに、各原産地との距離（マハラノビス距離）を計算し、試料との距離がもっとも小さい産地がその試料の産地であると推定される。またそれぞれの産地とのマハラノビス距離から、試料が各原産地に属する確率も計算され、その数値が1に近いほど推定結果の信頼性は高くなる。判別図法で原産地黒曜石の散布域内にあり、かつ確率が0.9以上であることを条件に最終的に産地を決定した。

4. 結果

姫宮遺跡では、神津島産黒曜石が267点（92.3%）を占め、ほか諏訪星ヶ台産17点（5.9%）、天城柏峠産2点（0.7%）である。下高洞遺跡では最も分析数の多い縄文時代晩期末に帰属する試料を例に取ると、神津島産が139点（89.7%）を占め、天城柏峠産が12点（7.7%）、諏訪星ヶ台産が4点（2.6%）である。田原遺跡では第4層・第5層を例に取ると、180点全点（100%）が神津島産であることが判明した。また、神津島産黒曜石のなかでも砂糠崎産の占める比率が非常に高いことが判明し、姫宮遺跡では97.4%、下高洞遺跡では52.5%、田原遺跡では67.8%である。

5. 結論

これまでの関東地方南部から東海地方東部における縄文・弥生文化移行期では、神津島産黒曜石の大部分は恩馳島産であり、砂糠崎産であることは極めて少ない。今回の研究で島嶼部および伊豆半島の地域において、神津島砂糠崎産黒曜石の流通が本州側の神津島産黒曜石の流通とは別に存在することが明らかとなった（図1）。

<引用文献>

池谷信之 2003「潜水と採掘、あるいは海を渡る黒曜石と山を越える黒曜石」『黒耀石文化研究』第2号 明治大学人文科学研究所

杉山浩平・池谷信之 2006『縄文・弥生文化移行期の黒曜石研究Ⅰ』

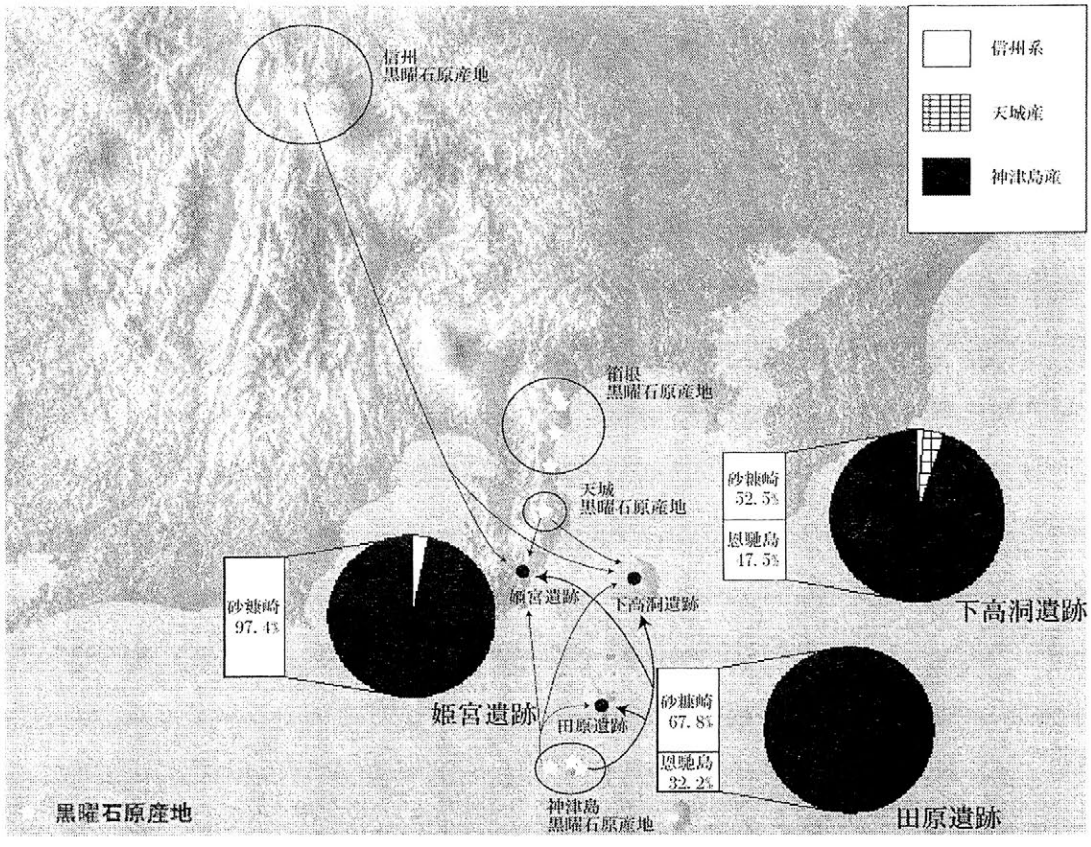


図1　縄文時代晩期末における伊豆地域の黒曜石の流通

B－7

EPMAによる北海道産黒曜石の主成分組成分析と産地同定

○ 和田恵治（北海道教育大・旭川校）・向井正幸（旭川市博物館）

1. はじめに

岩石は通常何種類かの鉱物からできているため均質ではなく，岩石の化学組成を分析するためには，岩石を粉砕溶融してガラスビードを作って岩石を均質化させる前処理を必要とする。ところが黒曜石は，無斑晶質で石基鉱物も非常に少ないガラス質の岩石であるため，「天然のガラスビード」と言うほどに非常に均質である。電子プローブマイクロアナライザー（以下，EPMA と呼称）は，加速した電子ビームを微細に絞って（径 1μm 程度まで）試料に照射できるために微小領域の化学分析に威力を発揮する装置である。したがって黒曜石のような均質な試料ならば，微小分析点を任意に測定してその平均をとることで試料全体の化学組成をEPMAによって求めることができる。

北海道教育大学旭川校地学教室には波長分散型の EPMA（JEOL-JXA8600）があり，これまで白滝や置戸・十勝・赤井川を含む北海道の 14 の地域において黒曜石を多数採取し，これらの黒曜石ガラスの主成分化学組成を測定してきた（向井ほか，2000 など）。その結果，北海道産黒曜石は地域毎に固有の主成分化学組成をもち，それらは全部で 20 の化学組成グループを示す（第1表）。これは北海道における黒曜石の主成分化学組成スタンダードとも言えるものである。このことは，蛍光 X 線装置を用いた従来の微量元素組成の違いに基づく原産地同定に加えて，EPMA による主成分化学分析が黒曜石の産地を特定するうえできわめて有効な方法の一つであることを示す。

2. 北海道産黒曜石の分析試料について

黒曜石は 14 地域（奥尻・赤井川・豊浦・滝川・旭川・十勝・置戸・留辺蘂・生田原・白滝・遠軽・名寄・紋別・雄武）において露頭から直接あるいは二次的に移動した転石を採取して分析試料とした（第1図）。これらの中で旭川地域と滝川地域の黒曜石は河川段丘堆積物の礫として産するがその原産地を現時点ではまだ特定できていない。その他の地域では，露頭が確認されたり，転石であっても流紋岩が分布するなど地質学的に黒曜石の存在が認められている。

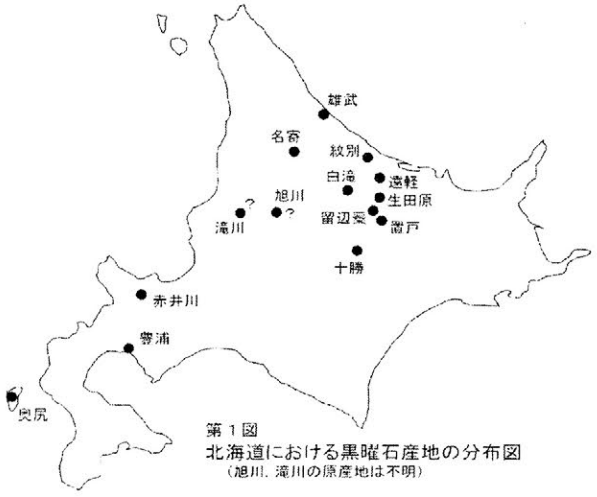
3. 分析方法

本研究室では，試料をスライドガラス（大きさ 2.75 ×4.8 cm）に貼り付けて薄片を作製した後，ダイヤモンドペーストで鏡面研磨し，最後に炭素蒸着を行って EPMA 分析試料としている。鏡面研磨する理由は，電子ビームの照射面に凹凸があると，正確な分析値を得ることができないからである。黒曜石ガラスの測定は加速電圧 15 kV，電流値 0.8×10^{-8} A，電子ビームの走査領域を径 10μm×10μm 平方の条件でルーチン分析を行っている。測定元素は，Si・Ti・Al・Fe・Mn・Mg・Ca・Na・K・Cl の主成分 10 元素である。測定時間は，ピーク15秒，バックグラウンド5秒の条件で行った。補正はZAF法による。

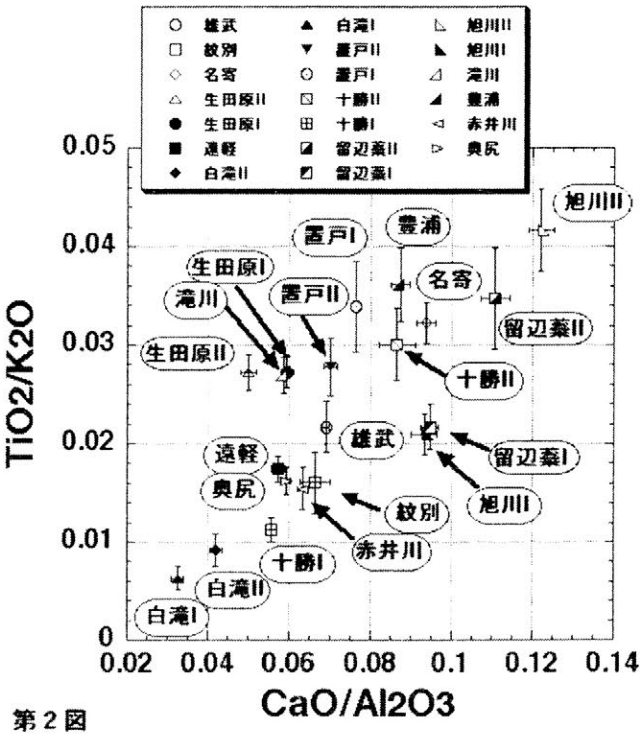
4. 北海道産黒曜石の主成分化学組成

黒曜石ガラスの主成分化学組成の平均値を下表に示す。酸化物の重量%は合計 100%に標準化した値を示す。合計が 100 重量%に満たないのは，測定された 10 元素以外に黒曜石ガラスに H_2O が少量（数%以下）含まれていることによる。

黒曜石ガラスの主成分元素組成で，黒曜石における地域ごとの化学組成差が明瞭に表れるダイアグラムとして TiO_2/K_2O 比と CaO/Al_2O_3 比の関係図を採用した（第２図）。14 地域で 20 の組成グループが識別される。１地域で２つの組成グループ（ＩとII）に分かれるのは，旭川・留辺蘂・十勝・置戸・白滝・生田原である。第２図で黒曜石組成グループの値が重なる場合（遠軽と奥尻，赤井川と紋別，滝川と生田原 I，旭川 I と留辺蘂 I）は，FeO^*/MgO 比を縦軸にとった図や Na_2O/K_2O 比，SiO_2 量，Cl 量など他の元素組成を比較することで互いに区別できる。従って，黒曜石ガラスの主成分化学組成がわかれば，その黒曜石がどの産地（組成グループ）に由来するのかが明確に推定できる。



第１図
北海道における黒曜石産地の分布図
（旭川，滝川の原産地は不明）



第２図
北海道産黒曜石の化学組成（TiO_2/K_2O vs. CaO/Al_2O_3）

5. 遺跡出土黒曜石石器の産地同定への適用

黒曜石石器の原産地を同定する上で，EPMA を使った組成分析は小さな黒曜石破片（1mm一程度）を大量に一度に分析できる利点がある。しかし正確な分析値を得るためには石器試料を鏡面研磨するので一部破壊しなければならない。原産地毎の使用割合やその年代変化を調べるためには多数の産地同定のデータが必要となる。この目的の場合には本分析方法で統計的な処理が可能になる。今回，旭川周辺の遺跡，常呂川河口遺跡，利尻島の遺跡から出土した黒曜石石器試料の原産地を同定した結果を報告する。

第1表 北海道産黒曜石の主成分化学組成の平均値(wt%)

組成グループ	奥尻	赤井川	豊浦	滝川	旭川I	旭川II	留辺蘂I	留辺蘂I	十勝I	十勝II	置戸I	置戸II	白滝I	白滝II	遠軽	生田原I	生田原II	名寄	紋別	雄武
分析試料数	23	19	14	22	16	15	10	15	32	13	14	22	15	16	18	10	10	14	10	13
SiO_2	77.44	77.84	78.35	78.39	77.09	75.42	76.84	75.96	77.88	78.01	77.94	78.19	77.76	77.91	77.03	75.32	75.73	77.62	78.31	77.95
TiO_2	0.08	0.07	0.13	0.12	0.08	0.15	0.08	0.13	0.05	0.11	0.12	0.12	0.03	0.04	0.07	0.13	0.14	0.12	0.07	0.09
Al_2O_3	12.87	12.29	12.24	12.10	13.13	14.02	13.20	13.76	12.66	12.55	12.66	12.33	12.78	12.70	12.56	13.43	13.42	12.60	12.61	12.49
FeO*	0.52	0.83	0.88	0.71	1.05	1.33	1.11	1.16	0.70	0.85	0.78	0.77	0.66	0.37	1.12	1.39	1.00	1.04	0.72	1.02
MnO	0.09	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
MgO	0.07	0.05	0.13	0.07	0.10	0.20	0.08	0.12	0.04	0.07	0.06	0.08	0.02	0.02	0.03	0.06	0.03	0.12	0.03	0.04
CaO	0.76	0.78	1.07	0.71	1.23	1.71	1.25	1.52	0.71	1.08	0.97	0.86	0.42	0.54	0.72	0.80	0.67	1.18	0.84	0.86
Na_2O	3.24	3.19	3.37	3.42	3.47	3.44	3.50	3.57	3.65	3.42	3.92	3.35	3.51	3.66	4.26	4.01	3.93	3.46	3.12	3.12
K_2O	4.85	4.72	3.64	4.30	3.73	3.62	3.81	3.67	4.21	3.80	3.42	4.18	4.69	4.63	4.07	4.76	4.97	3.72	4.22	4.31
Cl	0.08	0.18	0.17	0.11	0.06	0.05	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.05	0.08
換算合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
合計平均	96.59	96.98	97.81	97.47	98.34	97.22	98.03	97.65	97.96	98.58	99.11	98.22	97.44	97.86	96.12	97.86	99.41	97.60	91.80	97.35
TiO_2/K_2O	0.016	0.015	0.036	0.027	0.021	0.042	0.022	0.035	0.011	0.030	0.034	0.028	0.006	0.009	0.017	0.027	0.027	0.032	0.016	0.022
CaO/Al_2O_3	0.059	0.063	0.087	0.059	0.093	0.122	0.095	0.111	0.056	0.086	0.076	0.070	0.033	0.042	0.057	0.059	0.050	0.094	0.066	0.069
FeO^*/MgO	7.21	19.33	6.90	9.59	10.79	7.13	14.63	11.34	20.60	13.68	14.66	9.52	33.46	15.66	47.04	23.25	33.98	8.77	26.07	24.36
Na_2O/K_2O	0.668	0.678	0.926	0.796	0.932	0.952	0.921	0.973	0.867	0.900	1.148	0.804	0.750	0.790	1.048	0.844	0.792	0.929	0.749	0.725

B－8

加賀 『秋常山１号墳』葺石の石質と原産地について

○藤　則雄（金沢大学）、井上誠一・菅原雄一（能美市立歴史民俗資料館）

1. 研究目的

国指定史跡『和田山・末寺山古墳』を含む『能美古墳群』の一つの『秋常山１号墳』を被覆する葺石の石質を鑑定し、これ等石質の石材の原産地を特定して、４世紀後半期における墳墓築造の実態を解明することを目的として、この研究を行なった。

2. 『秋常山１号墳』概要

国指定史跡『和田山・末寺山古墳』を含む『能美古墳群』は、加賀平野の中央、白山(2703m)に源を発する手取川が形成した手取川扇状地の扇端南翼に分布する第四紀後期の汽水～浅海成砂層からなる低丘陵を基盤として、その上に約50基の墳墓が構築されている。この地域は、布留式土器圏の北辺をなしている。本古墳群の中で最大の墳丘の『秋常山１号墳』は、上・中・下段の３段築成の前方後円墳で、全長140m・後円部径110m・後円部高20mの、４世紀後葉の築造で、能登の『雨の宮古墳』や越前の『松岡古墳群』の『手繰ヶ城山古墳』と共に、日本海側を代表する“葺石”を伴う巨大古墳の一つとしても、よく知られており、最近詳細な発掘が行なわれている。

3. 『秋常山１号墳』葺石の石質

本墳丘葺石の石質は、本墳丘の後円墳の北東側斜面でのNEトレンチとその周辺一帯の斜面域からの葺石を鑑定した。

NEトレンチからの鑑定された葺石数……755個
北東斜面一帯からの鑑定された葺石数……659個　　合計 1414個

本墳丘葺石1414個の石質を、非破壊・非変質を原則として、

1) 石材の規模(大きさ)・扁平度による石材(漂礫)の堆積環境(流域)の判定……河川下流
2) 岩石学的属性(構造・組織)・色調・硬度・構成鉱物等に基づく石質の鑑定結果：
   安山岩質火山 礫凝灰岩・石英安山岩・角閃石安山岩・輝石角閃石安山岩・
   輝石安山岩・角閃石片麻岩等を主とする計33種類の石質
3) 鑑定した葺石石質間の出土の相対頻度

4. 葺石の石材の原産地

本墳丘葺石石材(漂礫)の採石地を特定すべく、地勢・地質・河川流路変遷等の視点から多面的に検討して次の４地区を厳選した。

A. 原産地の候補地

1) 手取川手取大橋下流左岸　　2) 手取川手取大橋上流左岸
3) ４世紀後葉の流路：現中島用水中流　　4) 梯川中流軽海大橋左岸

B・原産地候補地での石材の属性調査

1) 石材の石質鑑定と石質種間の相対比率を調査
2) 石材の規模(長径・短径・厚さ)と扁平度(厚さ／長径)の測定
3) １号墳と４地区に分布する漂礫の石質種類と石質種間の比率、石材の規模・扁平度等の比較

5. 原産地の特定

葺石石材の採石場を特定するためには、一定の選定のための基準が必要である。これ等選定の基準を，それ等の重要度の順に即して列挙すると、次のようである。

A. 特定のための第一段階

① 石材分布域は、岩石域(岩石生成地域＝一次的分布域)
　漂礫域(河川・海浜・扇状地・段丘礫(岩)層等＝二次的分布域)の両地域を対象とすること。
② 葺石石材の全てが分布していること。

③ 採石地域が旧扇状地・段丘等の第四紀堆積物の場合には、採石し易い未固結礫層を優先的に検討すること。
④ 石材が礫(河川・海浜漂礫)の場合には、当該古墳築成時代の該当地勢(扇状地・段丘・河川敷)に限定し、礫の規模・扁平度を勘案して、堆積環境をも特定すること。
⑤ ①及び②の条件を満たす地区が複数の場合には、取敢えず、最寄りの地区を優先的に検討する

B. 特定のための第二段階

①及び②の条件を満たす地域が複数の場合で、且つ、優先的に最寄りの地域を検討した後に、当該最寄りの地域を採石地域であるとするには不都合であるとの結論に至った場合には、次善の採石候補地としてAで検討した以外の候補地を検討すること。

秋常山1号墳の葺石と推定採石地域の石質及び石質間の相対的頻度

秋常山1号墳 n	秋常山1号墳 %	現手取川 n	現手取川 %	4世紀河川 n	4世紀河川 %	梯川中流 n	梯川中流 %	葺石の石質
288	20	4	1.0	8	6.6	12	11	石英安山岩
54	3.8	22	5.3	1	1	3	3	輝石角閃石安山岩
52	3.7	4	1.0	6	4.9	11	10	輝石安山岩
60	4.2	35	8.5	11	9	10	10	角閃石安山岩
266	18.8	80	19	33	27	8	8	安山岩質火山礫凝灰岩
31	2.2	84	20.4	23	18.9	0	0	角閃石片麻岩
1414		412		122		105		鑑定石材数
27		28		17		12		出土検出石材種類数
27		22		14		11		葺石石材の出土石材種類数
5		5		3		0		手取川流域特有石材の出土数

6. 結　論

①研究目的　国指定史跡『和田山・末寺山古墳』を含む『能美古墳群』の一つの秋常山1号墳を被覆する葺石の石質を鑑定し、これ等石質の石材の原産地を特定して、4世紀後半期における墳墓築造の実態を解明することを目的として、この研究を行なった。

②研究対象『秋常山1号墳』の概要　加賀平野の中央、手取川扇状地の扇端南翼に分布する『能美古墳群』の一つの『秋常山1号墳』は、上・中・下段の3段築成の前方後円墳で、4世紀後葉に築造の日本海側を代表する“葺石”を伴う巨大古墳の一つである。

③.『秋常山1号墳』葺石の石質　本墳丘後円墳の北東側斜面のNEトレンチからの葺石石材1414個を、非破壊・非変質で鑑定し、石材の規模・扁平度によって石材(漂礫)の堆積環境を、石材の岩石学的構造・組織・色調・硬度・構成鉱物等による石質の鑑定、そして葺石石質種類毎の出土数と石質間の相対頻度を計測した。

葺石の石質：安山岩質火山礫凝灰岩・石英安山岩・角閃石安山岩・輝石角閃石安山岩・輝石安山岩・角閃石片麻岩(飛騨変成岩)等を主とする計33種類の石質

④原産地の特定　葺石石材の採石場を特定するための選定の基準に即して、葺石石材の採石場として特定した採石場は、手取川下流の能美市寺井粟生～川北町～白山市出合島(現中島用水北川～現手取川下流)と推定される。

B－9

生駒山西麓遺跡群は軟質土器の生産センターか？

O 三辻利一（大阪大谷大学）、福永信雄（東大阪市教委）、原田昌則（八尾市財研）

1）はじめに

土器を作っていたところは多いので、土器の産地問題を研究しようとすると、生産地（窯跡）が残っている土器を分析しない限り、地域差を把握することは困難であると考えられた。このような考え方から、各地に窯跡が残っており、そこには大量の破片が埋蔵されている須恵器が産地推定法の開発研究の対象としてとりあげられることになった。全国各地の窯跡出土須恵器を大量に分析した結果、K、Ca、Rb、Sr（母岩の長石類に由来すると推定されている）の４因子が有効に地域差を示すことが実証された。地域差はK-Ca、Rb-Srの両分布図上で表示される。

窯（窯群）間に地域差があることが判明したが、窯（窯群）間の相互識別をどうするかという問題がでてきた。この問題の解決には２群間判別分析法という統計学の手法の導入が必要である。窯（窯群）の化学特性は通常、多数の試料集団の分析データから求められるので、多数の試料集団を一つのかたまりとして取り扱う統計学の考え方の導入が必要なのである。判別分析の結果は判別図上でも示される。

２群間判別分析法を考古学の研究に活用しようとすると、母集団となる二つの集団を考古学の条件を付けて選択しなければならなくなる。この結果はじめて、データの考古学的意義付けが可能となる。

こうして、全国各地の窯跡出土須恵器の分析データを背景として、須恵器産地推定法が開発された。

窯跡出土須恵器にみられる地域差が地質に起因するものであれば、この方法は何らかの形で窯跡（生産地）が残っていない土器の胎土研究にも適用できるはずである。その対象として生駒山西麓遺跡群の軟質土器が選ばれた。

生駒山西麓には 50 基近い遺跡が見つけられており、同時に、大量の軟質土器（縄文土器、弥生土器、土師器）が出土している。生駒山西麓土器はこれまでに多くの考古学者によって研究されてきた土器であるが、胎土観察でも角閃石が多く含まれていることが報告されており、考古学的にも、胎土観察でも特徴のある土器群であることが知られている。これらの特徴を活用して、生駒山西麓土器の周辺の遺跡群への伝播に関する詳細な研究結果は最近、秋山浩三氏によって報告されている。また、生駒山西麓産の土器は遠く離れた地域の遺跡からも出土するといわれている。他方、生駒山西麓産土器と類似した胎土をもつ土器が四国香川県の下川津遺跡からも出土している。これらの土器は香川県産の土器であるといわれており、下川津 B 類系土器と名付けられている。角閃石が多いという共通の特徴をもつ生駒山西麓土器と下川津 B 類系土器との相互識別の問題も提起されている訳である。

こうした研究の背景をもつ生駒山西麓産土器の胎土研究に須恵器産地推定法を適用しようと計画した。生駒山西麓遺跡群のうち、鬼虎川遺跡、西ノ辻遺跡、馬場川遺跡、神並遺跡、縄手遺跡、西ノ口遺跡、鬼塚遺跡、山畑遺跡、岩滝山遺跡などから出土した 600 点近

い軟質土器（縄文土器、弥生土器、土師器、中世土師器）を、また、消費地遺跡として、八尾市の久宝寺遺跡、郡川遺跡、萱振遺跡、中田遺跡から出土した庄内式かめ、42 点を完全自動式の蛍光X線分析装置で分析した。

2）分析結果

多数の図があるのでここでは一例として、鬼虎川遺跡の弥生中期土器の K-Ca、Rb-Sr 分布図を図１、２に示しておく。他の遺跡の土器との比較のために、鬼虎川領域を描いてある。生駒山西麓遺跡群の他の遺跡の土器も鬼虎川領域とその周辺に分布した。いずれの土器もK、Rb が少なく、Ca、Sr が多いという特異な化学特性をもつ。図には示していないが、Fe 量が多いという特徴ももつ。この特徴は角閃石を多く含むという顕微鏡観察の結果に対応する。これが生駒山西麓産土器の化学特性である。この特徴は他の地域の土器に比べて、際だった特徴であることは図３、４に示すまきむく遺跡出土の軟質土器の分布と比較すればよく分かる。

しかし、生駒山西麓遺跡群の土器は類似した化学特性はもつものの、遺跡ごとに微妙な小地域差があることが今回の分析データで判明した。このような「小地域差」は各地の須恵器窯跡群内の個々の窯跡出土須恵器でも観測されており、粘土化のプロセスが小地域に別れて別々に進行したためと推察されている。西ノ口遺跡の庄内式かめも鬼虎川領域の一角に分布した。八尾市の遺跡出土庄内式かめの殆ども、この分布位置に分布した。まぎれもなく生駒山西麓産庄内式かめである。この他、四国の下川津 B 類系土器との相互識別も検討した。

図１　鬼虎川遺跡（弥生中期土器）の K-Ca 分布図

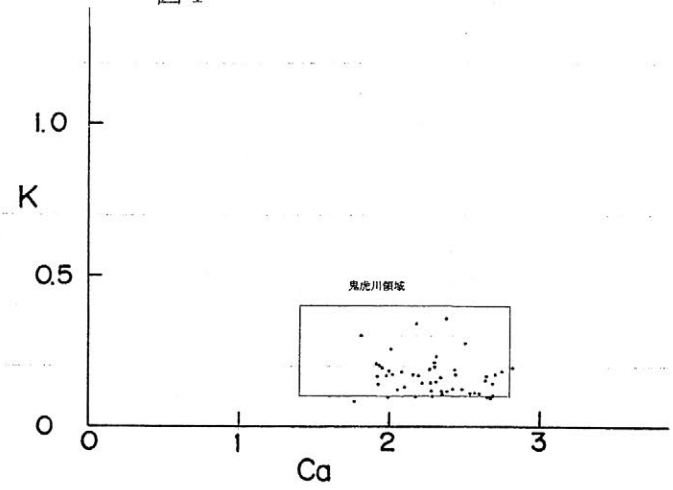


図２　鬼虎川遺跡（弥生中期土器）の Rb-Sr 分布図

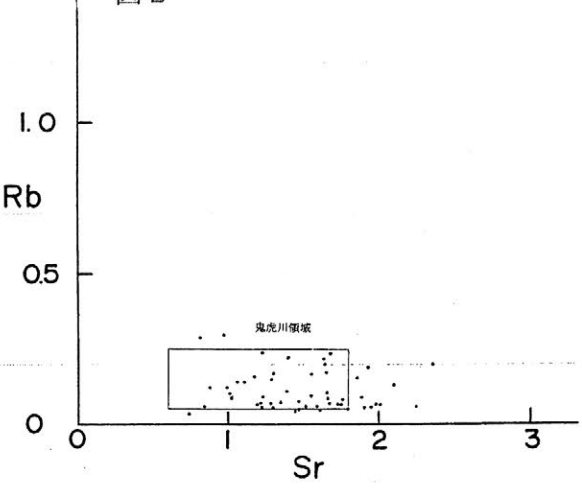


図３　マキムク遺跡出土土器の K-Ca 分布図

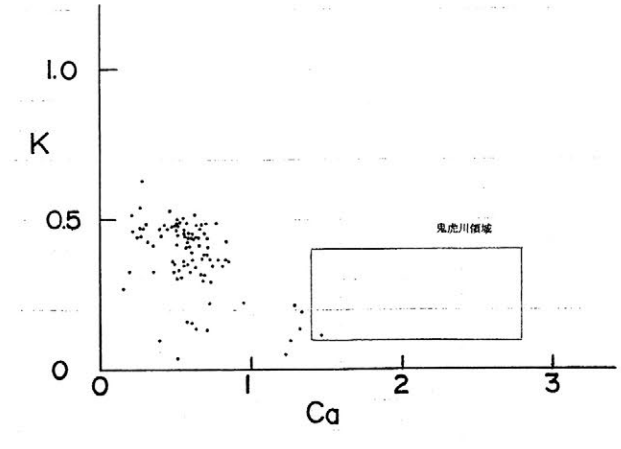
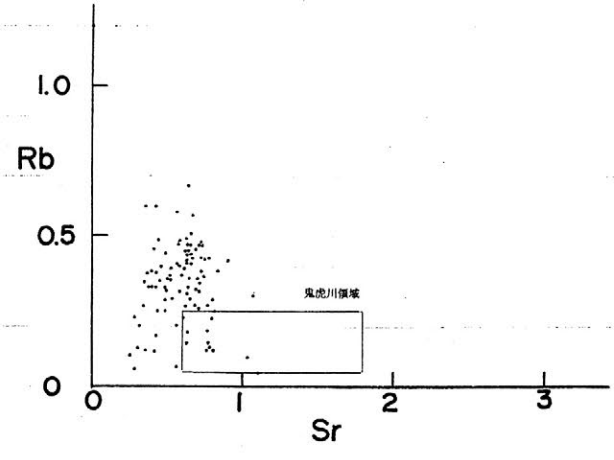


図４　マキムク遺跡出土土器の Rb-Sr 分布図



B-10

土器の胎土材料と製作地推定法の新たな試み

○藤根　久[*1]・新藤智子[*2]・福岡孝昭[*2]
[*1]株式会社パレオ・ラボ東海支店、[*2]立正大学地球環境科学部

1. はじめに

縄文時代や弥生時代などの酸化炎焼成された土器の胎土分析は、一般的には製作地の推定を目的として行われる場合が多い。しかしながら、例えば胎土中に含まれる鉱物または岩石片の特徴から、これら砂粒物の示す地域が何処であるかを推定することは容易でない。また、これら土器胎土の化学組成は、起源または成因の異なる粘土や混和材からなる人工物であることから、制作地を指標するための比較データが問題となる。

土器胎土は、基本材料として粘土と砂粒などの混和材から構成されるが、粘土材料は良質の粘土層から採取されたことが、粘土採掘坑の調査などから分かってきた(藤根・今村、2001など)。

一方、混和材としての砂粒物は、粘土を採取する際に粘土層の上下に分布する砂層などを採取したことが推定される。東海地域には、弥生時代後期の赤彩を施したパレススタイル土器が知られ、そのうちの何割かの土器では混和材として火山ガラスが多量に含まれる土器があるが(藤根、1998)、これら火山ガラスは地層として分布するテフラ層から採取したものである。このように、混和材としての砂粒物は、砂層の特徴である可能性が高く、現在の河川砂の組成とは大きく異なることが予想され、現在の河川砂との比較では問題が大きい。

これまで分析した土器胎土の材料は、粘土材料が胎土中に含まれる微化石類(放散虫化石や珪藻化石あるいは骨針化石など)の同定により淡水成や干潟成あるいは海成と言った水成粘土が使用された場合が多く、主たる混和材は鉱物や岩石片からなる砂粒物のほかテフラ(火山ガラスや軽石)や灰質物などが混和されていることが分かってきた。

ここでは、土器胎土の材料分析の重要性と一部の特徴的な土器を対象として製作地推定法の試案を提示する。

2. 試料と方法

検討した土器は、縄文時代や弥生時代の土器、土師器といった酸化炎焼成された土器群である。

材料分析は、土器の薄片を作成し、偏光顕微鏡を用いて薄片の全面について微化石類(放散虫化石、珪藻化石、骨針化石)を観察および同定した。さらに、混和材として含まれる砂粒物の岩石および鉱物学的特徴を観察および同定した。

製作地の推定は、テフラを含む土器について、土器薄片の顕微鏡観察によるテフラの形態的特徴、鉱物組成、エネルギー分散型X線マイクロアナライザー(EDS)による主成分元素組成、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析(LA/ICP-MS)による微量元素組成などを総合的に検討してテフラの同定を試みた。

3. 結果および考察

材料分析では、沼沢湿地成や海成などの水成粘土が多く利用され、混和材も鉱物や岩石片のほかテフラを利用した土器もあることが分かった。なお、水成粘土以外の粘土材料を使用した土器群があることも分かった。

材料分析した土器のうち、混和材としてテフラを混入した土器について、テフラの同定を試みた。なお、テフラ同定の際に良く利用されるガラスの屈折率は、焼成されているために本来のガラスの屈折率と異なるため土器中のテフラの同定には直ちに応用できないことが実験的に分かっている。

こうして得られた土器胎土の粘土材料の特徴が示す粘土層分布域と同定されたテフラの分布域から材料の調達地を推定することが可能である。この方法は、土器の製作地を土器の材料調達地として定義すると同時に、土器製作地について2要素からなる分布域として明示することができる。

[土器胎土の材料分析]

土器材料1:群馬県伊勢崎市波志江中宿遺跡、古墳時代前期、S字状口縁台付甕;[藤根・今村、2001]

粘土材料が沼沢湿地指標種群の珪藻化石を特徴的に含むことから沼沢湿地成粘土を用い、混和材として粘土化した軽石または軽石中の遊離した輝石類を多く含む。

土器材料2：愛知県清須町廻間遺跡、弥生時代後期の土坑および住居跡、パレス壺;[藤根、1997]

粘土材料が海水泥質干潟指標種群の珪藻化石を特徴的に含むことから海水干潟成粘土を用い、混和材として火山ガラスを多く含む。

土器材料3：千葉県市原市長平台遺跡、弥生時代中期後葉の方形周溝墓、大型壺;[藤根・長友、2006]

粘土材料が海水種珪藻化石を特徴的に含むことから海成粘土を用い、混和材として軽石を多く含む。大型壺であるため、軽石を混入して軽量化した可能性が考えられる。

土器材料4：東大阪市生駒西麓産の縄文時代晩期の深鉢など;[藤根・小坂、1997]

砂粒物は、尖った形状の粒子が多く、断層岩に特徴的な粒内微小断層や微角礫状組織などが見られることから、断層ガウジ(粘土と砂粒物の混合物)を利用している。水成粘土を用いた土器胎土では、5μm未満の粘土分の占める割合が60体積%であるが、この土器群は40体積%以下であることから、粘土の接着性が高いことを裏付けている。

[土器の製作地推定]

土器材料1：群馬県伊勢崎市波志江中宿遺跡、古墳時代前期の粘土採掘坑、S字状口縁台付甕

これらS字状口縁台付甕は、数十基検出された粘土採掘坑から出土した土器であり、粘土および砂粒物の材料がすべて粘土採掘坑(土器材料採掘坑とも呼ぶべき)から採取されたことが、薄片観察の特徴観察から明らかとなった。混和材として混和されているテフラは粘土層の上位層に挟在する浅間火山テフラ(浅間板鼻褐色(群)As-BPテフラ)と考えられる。

土器材料2：愛知県清須町廻間遺跡、弥生時代後期の土坑および住居跡、パレス壺

このパレス壺胎土中には、干潟成粘土を用いていることから、熱田海進(下末吉海進)期に堆積した熱田層中の粘土層が有力である。一方、混和材として混和されているテフラは、バブル(泡)型の火山ガラスであるが、東海層群中に挟在するテフラが候補となる。

土器材料3：千葉県市原市長平台遺跡、弥生時代中期後葉の方形周溝墓、大型壺

粘土材料が海成粘土を用いていることから、常総粘土層や下総層群あるいは上総層群中の海成粘土層が有力である。一方、混和材として混和されている軽石は、角閃石類を含む発泡の良い軽石であるが、下総層群中に挟在するテフラなどが候補となる。

4. おわりに

土器胎土の材料について、使用された粘土および混和材の特徴を記載し、粘土の特徴および混和材としてのテフラの同定を行った。この方法は、土器の製作地を土器の材料調達地として定義すると同時に、土器製作地について2要素からなる分布域として明示することができる。

引用文献

藤根　久(1997)パレススタイル壺胎土の材料分析.「西上面遺跡」、財団法人愛知県埋蔵文化財センター、48-58.

藤根　久・小坂和夫(1997)生駒西麓産(東大阪市)産の縄文土器の胎土材料―断層内物質の可能性―. 第四紀研究、36(1)、55-62.

藤根　久(1998)東海地域(伊勢－三河湾周辺)の弥生および古墳土器の材料. 第6回東海考古学フォーラム岐阜大会、土器・墓が語る、108-117.

藤根　久・今村美智子(2001)土器の胎土材料と粘土採掘坑対象堆積物の特徴.「波志江中宿遺跡」、日本道路公団・伊勢崎市・(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団、262-277.

藤根　久・長友純子(2006)土器胎土の材料分析.「市原市長平台遺跡」、市原市教育委員会・財団法人市原市文化財センター、203-215.

B-11

エジプト出土の初期イスラーム・ガラスに関する考古化学的研究

加藤慎啓*、中井　泉*、真道洋子**
(*東京理科大学、**中近東文化センター)

1.　はじめに

本研究グループは、これまでに、ポータブル蛍光 X 線分析装置（PXRF）をエジプトへ持ち込み、シナイ半島のラーヤ遺跡（隊長: 川床睦夫 中近東文化センター主任研究員）から出土したイスラーム・ガラスを中心に 500 点以上の化学組成分析を行ってきた。現在、エジプトでは考古資料の破壊および国外持ち出しが禁止されており、大量の試料を分析することでデータの普遍性を高めることができるので、現地に装置を持ち込んで測定することの意義は大きい。

また、2006 年度に新開発した軽元素対応型 PXRF を導入することで、Na･Mg･Al といった軽元素の定量も可能となった。多数の出土ガラスについて非破壊で軽元素を含む化学組成の決定が可能となったことで、化学組成によるガラスの分類精度が向上した。

本研究で対象としたラーヤ遺跡は、6-12 世紀の東西海上交易における紅海地域の重要な拠点のひとつとして繁栄した港市である。今回は初期イスラーム時代に相当する 8-9 世紀のイスラーム･ガラスを中心に扱った。当時の地中海周辺地域では、ケイ砂などのシリカ源にソーダ源としてナトロンと総称される天然鉱物を加えたソーダ石灰ガラスが主に製造され、一般にナトロン･ガラスと呼ばれている。これに対し、植物の灰をソーダ源とした植物灰ガラスも異なる地域や時代で存在していた。現在、時代の転換期にあたる初期イスラーム時代のガラスは欧米の研究者によりシリア=パレスティナ地域を中心に研究が進められているが、エジプトから出土したガラスについての分析例は多くない。そこで、ここでは、分析して得られた出土ガラスの化学組成に対して、層位や装飾技法などの考古学的な情報、および、他地域から出土したガラス組成と比較することで、ラーヤ遺跡におけるイスラーム･ガラスの組成変容を解明し、原料や製造地・製造年代、流通などを推察することを目的とした。

2.　試料と分析方法

分析試料は、ラーヤ遺跡を中心とするトゥール地域の遺跡から出土したガラスの中から、高い測定精度を得るために、表面状態が良好な 122 点を選別した。

分析には OURSTEX 社製の PXRF; OURSTEX 100FA II-L を使用した。従来の装置の検出器窓をベリリウムから高分子膜にし、分析雰囲気を大気下から真空条件へと変更することで、Na をはじめとする軽元素の定量分析が可能となった。前処理は測定点をアルコールで拭くだけの非破壊分析とした。データの解析には多変量解析を利用して、

多数の元素の情報から組成タイプを決定した。

3.　分析結果及び考察

分析したガラスは、クラスター分析の結果から1タイプの植物灰ガラスと4タイプのナトロン・ガラスの計5つの組成タイプに識別された。ナトロン・ガラスのうち、高Sr濃度でTiやFeが低濃度のタイプをN1、低Sr濃度でTiやFeが高濃度のタイプをN2とした。高濃度のTiやFeはエジプトの砂にみられる特徴であり、エジプトの砂をシリカ源としていたと考えられる。図に示したように、N2タイプはCaやAl含有量の差から細分されることが判明し、低Caのタイプを N2-a、高Caのタイプを N2-bとした。さらに、N2-aタイプはAl含有量から N2-a1と N2-a2と二分された。

既報の中近東地域のガラス製造址から出土したガラスの化学組成[1]と比較すると、N1タイプは7-8世紀のシリア=パレスティナ地域、N2-a2タイプは8世紀のエジプト、そして N2-b タイプは 8-9 世紀のエジプト製とそれぞれ一致する化学組成であった。N2-a1 タイプの製造地は明らかになっておらず、今後注目される組成タイプといえる。ラーヤ遺跡出土ガラスでは、8 世紀には N1 および N2-a1, N2-a2 タイプ、9 世紀では N2-b タイプと植物灰ガラスが共存し、それ以降は植物灰ガラスのみが存続することが出土層位や様式などの検討から明らかとなった。また、図にみられように、N1 タイプには紐装飾やラスター・ステイン装飾、N2-a2 タイプにはグラス・ウェイト、N2-b タイプにはピンサー装飾やラスター・ステイン装飾などとの関連が強く、組成タイプと装飾技法との相関関係も確認された。このように、分析によって得られた化学組成を様々な観点から考察することで、ガラス製造やラーヤへの製品の搬入、時間的変容などに関する考古学的にも重要な情報が得られた。

4.　まとめ

今回、8-9 世紀のナトロン・ガラスを対象に詳細な組成タイプ分類を行うことで、当時のガラス製造および交易などに関する様々な物質史情報が得られた。また、植物灰ガラスに関しては、今回1つのタイプとして扱ったが、今後詳細な分類を検討することで 9 世紀以降のガラス製造やその変容についても明らかとしていく予定である。

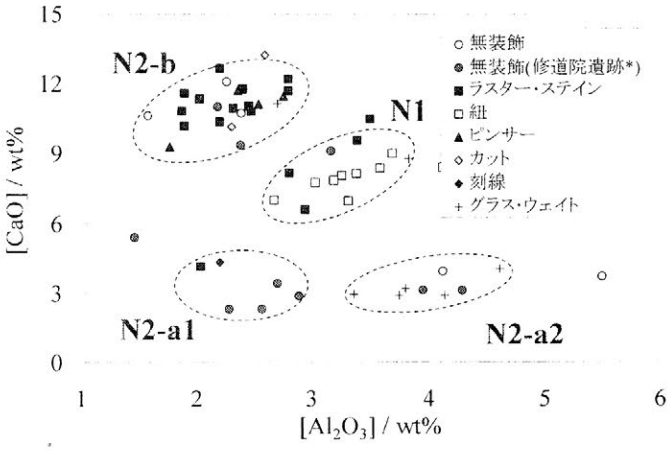


図　ナトロン・ガラスの CaO *vs.* Al_2O_3 プロット (N=84)

*修道院遺跡 = ワーディー・アットゥール修道院遺跡

1)　I. C. Freestone et al., *La route du verre*, 2000, pp. 65-83.

B-12

鎌倉由比ヶ浜地域から出土した人骨・歯のストロンチウム同位体比

○南　雅代[1]・中村俊夫[1]・平田和明[2]・長岡朋人[2]
([1]名古屋大学年代測定総合研究センター・[2]聖マリアンナ医科大学)

【はじめに】

土壌や土壌中の水の Sr 同位体比は花崗岩質や玄武岩質といった地質の違いや地質の年代によって異なり、ある土壌、水で生育した植物組織内の Sr 同位体比はその土地の地質情報を反映する。さらにその植物を食した動物や人間の組織内の Sr 同位体比もその地質情報を反映する。このことを利用して、遺跡から出土された人骨の Sr 同位体比を測定し、その遺跡に埋葬されている人がどこから来たかを推定することが可能である。しかし、骨中の Sr は埋没後の続成作用による汚染の影響を受けており、生前の食物由来の Sr の情報を保持していない可能性が高い。一方、歯のエナメル質は続成作用に比較的強く、食物由来 Sr の情報を保持していると考えられている。本研究では、鎌倉市の由比ヶ浜地域から出土した人骨と歯の Sr 同位体比を測定し、それぞれの値が示す意味について考察する。さらに、由比ヶ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡という遺跡の違い、あるいは単体埋葬、集積埋葬といった埋葬形態の違いによる Sr 同位体比の違いについても調べ、鎌倉に大量に埋葬されている中世の人々の出身地解明を目指す。

【試　料】

用いた試料は、由比ヶ浜南遺跡の単体埋葬墓から出土した 10 個体と、中世集団墓地遺跡から出土した 1 個体それぞれの骨（肋骨）と歯である。由比ヶ浜南遺跡の単体埋葬墓から出土した人骨についてはその他にもいくつか肋骨の分析を行なった。また、由比ヶ浜南遺跡の人骨獣骨集積墓から出土した人骨と獣骨、中世集団墓地遺跡の全身集積埋葬墓から出土した人骨についても分析を行なった。一部の骨試料に関しては、付着していた土壌の分析も行なった。

【実験方法】

デンタルドリルを用いて歯試料はエナメル質と象牙質に分離し、骨試料は表面の汚れを削り取った。その後、試料を超純水−0.2M NaOH−超純水で超音波洗浄し、凍結乾燥して粉砕した。粉砕した試料は 5%酢酸によるリーチングを行い、酢酸可溶成分、酢酸不溶成分に分けた。それぞれの成分を 2.4M HCl に溶解し、陽イオン交換カラムで Sr を分離した。土壌に関しては、塩酸で軽くリーチングした上澄み液（酸可溶成分）について同様にカラム分離を行なった。$^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比の測定は、名古屋大学大学院環境学研究科の表面電離型質量分析計（Sector-54）を用いて行なった。

【結　果】

図 1 に、骨と歯の比較分析結果を示す。骨の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比は 0.7088−0.7092 のほぼ同じ値を示すのに対し、歯のエナメル質の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比は、個体毎に異なる値を、歯の象牙質は、骨とエナメル質の中間の値を示す傾向がある。歯エナメル質の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比が骨の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比と大きく異なる遺体の年齢、性別には、特に共通性は認められない。また、由比ヶ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡で、$^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比が異な

る傾向も見られなかった。

図２に、人骨の酢酸可溶成分と酢酸不溶成分、土壌の酸可溶成分の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比結果を示す。酢酸不溶成分は酢酸可溶成分より個体毎にばらつく $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比を示す傾向があるが、大きな違いは見られず、いずれの成分も 0.7088ー0.7092 の間の値を示す。由比ケ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡といった遺跡の違い、単体埋葬と集積埋葬といった埋葬形態の違いによる差も見られない。続成作用による汚染物質を含んでいる酢酸可溶成分が、酢酸不溶成分と同じ $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比を示すことから、本研究で分析した人骨が、生前の食物由来の Sr の情報を保持していない可能性も考えられる。今後、この点に関しては、骨の Sr、Ca 濃度の測定を行なう等、さらに検討して行く必要がある。

海水の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比は約 0.7092 の値を示し、試料が埋没していた土壌の酸可溶成分の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比は 0.7080ー0.7087 を示した（図 2）。このことから、歯エナメル質の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比が低い遺体中の Sr は土壌の影響を、高い遺体中の Sr は海水の影響を強く受けていると考えられる。この $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比の違いは、出身地の違いや食性の違いを表していると考えられる。講演では、この影響が試料の炭素・窒素同位体比、^{14}C 年代結果にどのように現れているかについても考察する予定である。

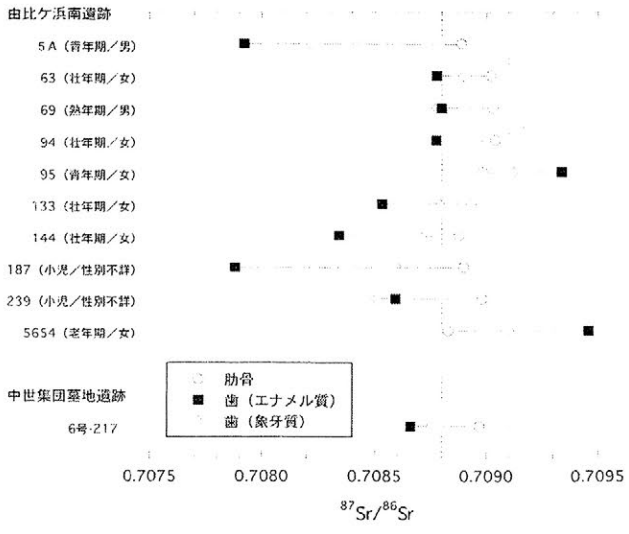


図 1　同一個体の骨と歯（エナメル質、象牙質）の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比の比較

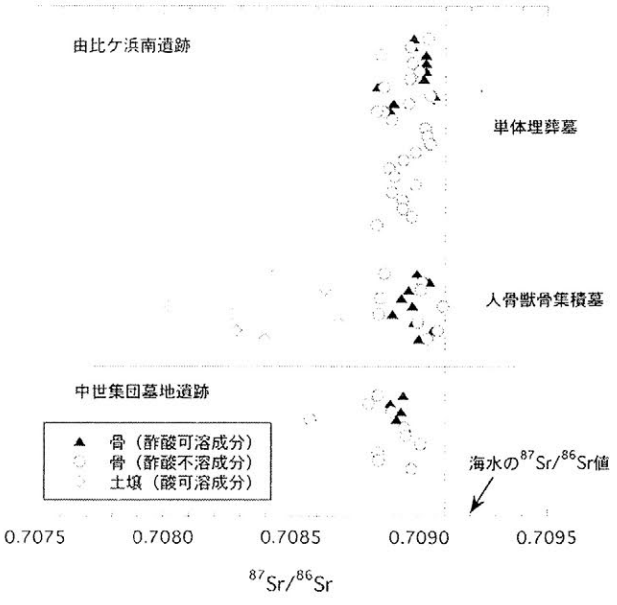


図 2　人骨の酢酸可溶成分と酢酸不溶成分、および人骨が埋没していた土壌の $^{87}Sr/^{86}Sr$ 同位体比

【謝　辞】

本研究は，文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「中世考古学の総合的研究-学融合を見指した新領域創生-」（領域代表者：前川要）を用いて行われました。骨試料採取に際しては国立歴史民俗博物館の西本豊弘教授、東亜大学の鵜澤和宏博士にお世話になりました。ここに記して感謝の意を申し上げます。

B-13

西安より出土した漢代の朱漆塗り繊維製品について

○太田亜希（京都造形芸術大学大学院）、岡田文男（京都造形芸術大学）
孫福喜・程林泉・王磊・馮健（西安市文物保護考古所）

はじめに

京都造形芸術大学と西安市文物保護考古所では、2006年度より西安市内の遺跡から出土した文化遺産の保存及びこれに携わる研究員の相互育成を目的として共同研究を行なっている。

昨年の日本文化財科学会第23回大会では、漢代の鉄剣に錆着した有機質遺物の分析結果をもとに、鞘の材質と構造について報告した。本発表では、漢代鉄剣の外装の一部として見つかった朱漆塗り繊維製品を取り上げ、その調査結果について報告したい。

1. 調査資料

朱漆塗り繊維製品が見つかったのは、後漢時代の中小型墓より出土した鉄棒（全長約127cm・杖刀の一種かと思われる）の外装の一部で、把部分に巻きつけられた状態で発見された（Fig.1）。

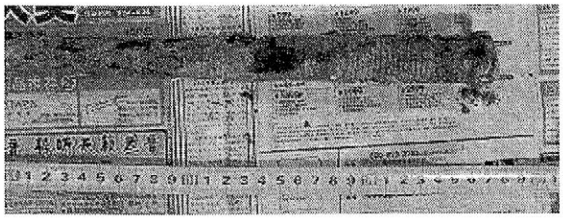


Fig.1　後漢時代　鉄棒

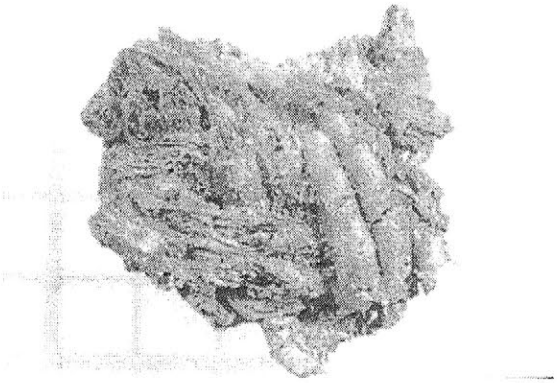


Fig.2　朱漆塗り繊維製品

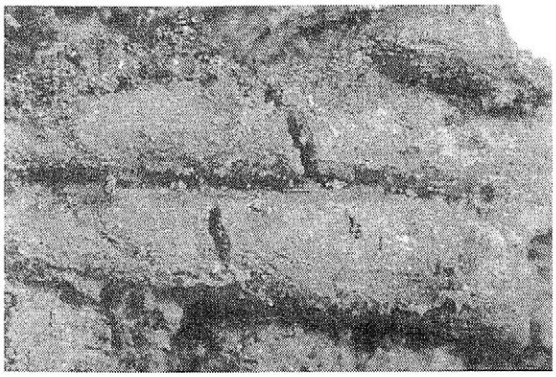


Fig.3　同左・拡大

2. 調査結果

調査資料である後漢時代の鉄棒には木質製の鞘はなく、皮革の上に朱漆塗り繊維製品が巻かれている。この朱漆塗り繊維製品を実体顕微鏡下で観察すると、朱漆塗り紐を2本1組で編みこんでいるように見える（Fig.2,3）。この朱漆塗り紐一本の直径は約0.5～0.75㎜である（Fig.4,5）。また、この朱漆塗り紐は12本ほどの繊維束から構成されており、繊維束1本の直径は約75～100μmである（Fig.6）。さらに、この12本の繊維束は4本1束で3つの集合体に分かれていることから、まず4本1束の漆糸を作り、それを3本合わせて一本の朱漆塗り紐に仕上げられたと考えられる（Fig.7）。今回見つかった朱漆塗り繊維製品の素材は絹繊維である。漆が繊維束の内部まで浸透していないため、大半の絹繊維は分解され空洞化しているが、漆にコーティングされた表面部分でわずかに繊維が残り、絹繊維と確認できた（Fig.8）。漆は三度塗り重ねられており、初めに粘土鉱物と少量の朱を混ぜた漆を下地（塑形材）として繊維束に塗布して形状を整えた後、朱をより多く混ぜた漆を二度塗布している（Fig.9）。

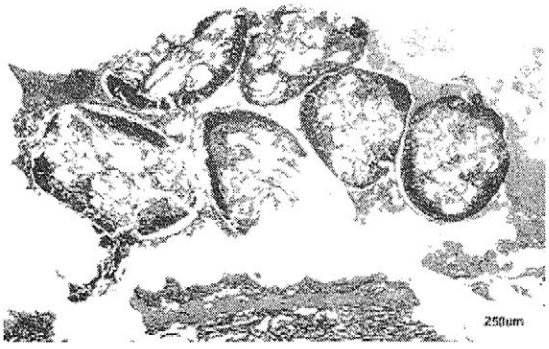


Fig.4　朱漆塗り繊維製品断面

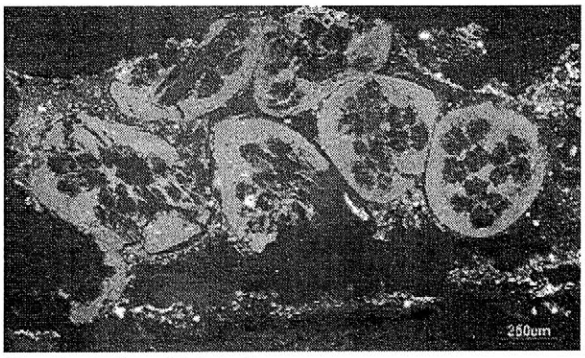


Fig.5　同左・偏光直交ニコル

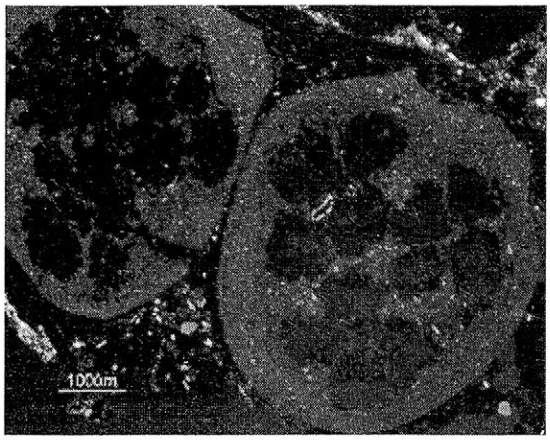


Fig.6　朱漆塗り紐断面・偏光直交ニコル

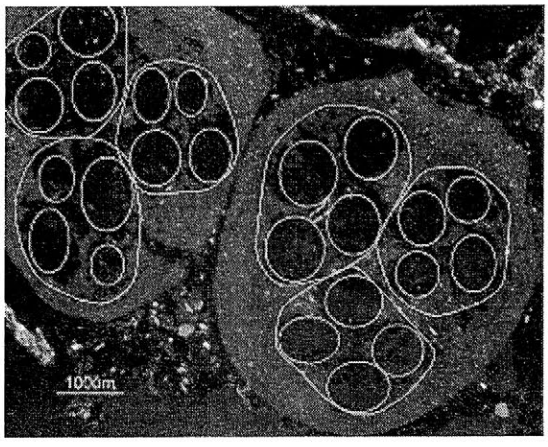


Fig.7　同左・断面模式図

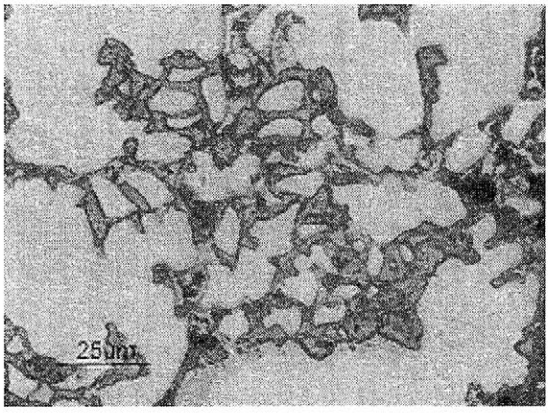


Fig.8　繊維断面（絹）

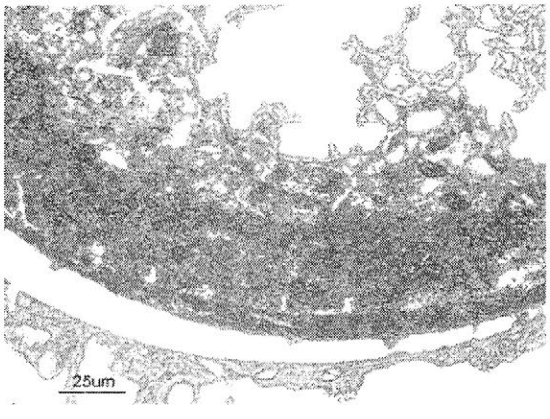


Fig.9　朱漆塗り断面

おわりに

朱漆塗り繊維製品は、日本においても植物繊維で作られた漆塗り糸玉や編組製品として縄文時代の遺跡から多数出土している。中国でこのような朱漆塗り繊維製品がいつ頃から作られるようになったのかは定かではないが、漢代の朱漆塗り繊維製品の出土事例の一つとして、さらには鉄製品の外装のバリエーションの一つとして大変興味深い発見であると言える。

B-14

文書及び紙文化遺産のDNA分析を用いた素材分析法について

○大島美帆[1]・坂本勇[2]・田中克典[1]・福永健二[1]・佐藤洋一郎[1]　(1総合地球環境学研2 (有)PHILIA)

文書に使われた科学的研究は、日本においては1960年の「正倉院紙の調査研究」に始まり、その重要性が広く注目され、それ以降多くの研究者たちが製紙技術研究や素材分析を行ってきた。そこで新たに遺伝子レベルでの素材分析方法として、考古学の分野で適用実績が増えてきているDNAを用いた分析手法の開発を試みた。DNAは製紙工程に用いるアルカリおよび経年劣化に弱く、抽出が難しいと考えられ、国内外での文書からのDNA検出報告例には接していない。

<試料および方法>

試料は市販の和紙見本帳から楮紙（46点）雁皮紙（7点）三椏紙（8点）と、個人所有の日本の古文書断簡（29点）を用いた（第1表)。古文書については、年代が平安時代、鎌倉時代、室町時代、江戸時代とされているものであった。まず、従来の方法である繊維組成分析を行った。光学顕微鏡を用いて200倍・400倍で繊維を観察し、またC染色液により染色反応を見た。DNAはNaOH法で抽出し、葉緑体ゲノムのPS-ID領域（Nakamura et al., 1998）をPCR増幅した。その増幅産物を3.0%アガロース電気泳動し、エチジウムブロマイドで染色して目的のバンドを検出した。さらに目的のDNA領域の増幅を確認すべく、増幅産物について塩基配列を解析した。

<分析結果>

DNA分析に先立って繊維組成分析を行い、繊維の形状や染色液反応の色合いからガンピやミツマタではなく、コウゾ属で混合紙ではないと考えられた（第1図)。通常遺物などに残存するDNAの量は非常に微量であると考えられ、PCR増幅を2回もしくは3回行った。その結果、現代の和紙は微量ながらもすべての試料からバンド検出ができた。日本の古文書については全29点の試料の内、13点の試料からバンドを検出できた（第1表)。用いた古文書断簡の状態は外見上どれも良好で、DNAの残存を期待できたが、今回DNA分析を行った結果、現代の和紙試料と古文書試料とでは検出率に差があり、アルカリ煮熟の影響よりも経年劣化の影響が大きいと考えられた。増幅産物の内、天平経大般若経第四二六巻（Pa1)、北野天満宮一切経大般若経（Pa6）及び大方寺大集月経第八巻（Pa9）について塩基配列を解析したところ、現生のコウゾと近縁種であるヒメコウゾ及びカジノキとの91～100%が同じ配列であり、古文書からPS-ID領域が増幅できたことが明らかとなった。配列を見ると、Pa1はカジノキと同じ配列であった。また、Pa6はPa9と1箇所の一塩基多型（SNPs）を除いて同じ配列であり、さらに現生のコウゾ及びヒメコウゾとでは2箇所の塩基配列多型を除いて配列が同じであった（第2図)。

以上のことから、文書の遺伝子レベルでの分析手法は、日本だけでなくフィールドワーク調査で得た、アジア地域に残る紙文化遺産のこれまで判別できていない素材、あるいは現地でも特定できない文書の素材分析という課題に適用が期待されている。

参考文献

『ＤＮＡ考古学』佐藤洋一郎　東洋書店　1999

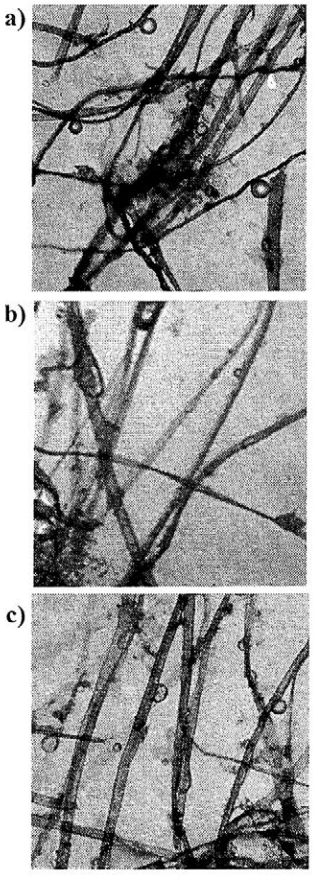
『和紙文化研究　第9号』「楮の研究(二)」　宍倉佐敏 和紙文化研究会2001

『和紙の道しるべ　その歴史と化学』　町田誠之　淡交社　2000

第1表　本研究で供試した日本の古文書

試料番号	文書名	年代	PCR増幅[1)]
Pa1	天平経　大般若経第四二六巻	不明	○
Pa2	装飾法華経第五巻	室町時代	○
Pa3	毘尼討要	平安朝時代	○
Pa4	東寺版　金光明最勝王経	鎌倉時代	−
Pa5	嘉禄版　大般若経	弘安八年(1286年)	○
Pa6	北野天満宮一切経　大般若経第四二六巻	應永十九年	○
Pa7	比丘明殊願経　大般若経第五〇六巻	鎌倉時代	−
Pa8	平定家願経　大般若経第二六	鎌倉時代字	−
Pa9	大方寺　大集月経第八巻	鎌倉時代	○
Pa10	紺紙金泥経　法華経菩薩品	鎌倉時代	−
Pa11	紺紙金泥経　法華経譬喩品	鎌倉時代字	−
Pa12	大般若経第一七五巻	鎌倉時代	○
Pa13	大般若経第五三八巻	鎌倉時代	○
Pa14	比叡山版　大集月経第四巻	鎌倉時代	−
Pa15	東寺版　仁王般若経	室町時代	○
Pa16	高野版　成佛経跡	室町時代	−
Pa17	法華経菩提品七十	室町時代	○
Pa18	大般若経五〇一巻	藤原時代	○
Pa19	弁顕密ニ教論	藤原時代	−
Pa20	梵文陀羅尼経　津市密蔵院旧蔵	不明	−
Pa21	高貴寺大般若経　多賀大社奉納経	永和五年	−
Pa22	東大寺八幡経　大般若経僧重源大仏伽藍再建願経	嘉禄二年字(1226年)	−
Pa23	大仏頂首楞厳経　スキ返し経	建長四年字(1253年)	−
Pa24	快円一筆経　大般若経	文永四年字(1268年)	−
Pa25	永徳版装飾大般若経　丹後応挙寺旧蔵	永徳三年刊(1384年)	−
Pa26	沙門性恵願経　大般若経第四六〇	應永十七年刊	○
Pa27	朱色千体印仏	江戸時代	−
Pa28	装飾法華経	江戸時代初期	○
Pa29	地蔵印仏	江戸時代	−

[1)]○はPCRで期待サイズ (ca. 100bp)が増幅、"−"は増幅しなかったことを示す



第1図　光学顕微鏡写真
a)Pa1（天平経）の繊維（200倍）
b)Pa6（北野天満宮一切経・応永十九年）の繊維（200倍）
c)Pa9（大方寺大集月経・鎌倉時代）の繊維（200倍）

```
カジノキ    CGGATGAAAAAAACCAATTGCAGGGTTCTTTTTTGTTTTG-AATAAACAA
Pa1         CGGATGAAAAAAACCAATTGCAGGGTTCTTTTTTGTTTTG-AATAAACAA
コウゾ      CGGATGAAAAAA-CCAATTGCAGGGTTCTTTTTTTTTTG-AATAAACAA
ヒメコウゾ  CGGATGAAAAAA-CCAATTGCAGGGTTCTTTTTTTTTTG-AATAAACAA
Pa6         CGGATGAAAAAA-CCAATTGCAGGGTTCTTTTTTTTT-GGAATAAACAA
Pa9         CGGATGAAAAAA-CCAATTGCAGGGTTCTTTTTTTTT-GGAATAACCAA

カジノキ    TATTTCTTTT
Pa1         TATTTCTTTT
コウゾ      TATTTCTTTT
ヒメコウゾ  TATTTCTTTT
Pa6         TATTTCTTTT
Pa9         TATTTCTTTT
```

第2図　現生植物及び古文書試料におけるPS-ID領域の塩基配列

B－15

ナノファイバー薄膜を用いる微量天然染料の分光学的測定

○佐藤昌憲（奈良文化財研究所）、後藤卓真、小滝雅也（京都工芸繊維大学）

１．はじめに

文化財染織品は染料同定のための採取試料量が厳しく制限されている上に、経年変化による劣化褪色により材質同定が困難な場合が多い。伝世品でも状況はほぼ同じであり、繊維から目的成分を各種溶媒に抽出後、可視･紫外分光法、蛍光分光法などで測定しても感度の不足などにより明確な結論が出ない場合もある。

演者らはこのような現状を打開する一つの方法として、エレクトロスピニング法（電界紡糸法とも呼ばれる）により極微細なナノファイバーを不織布状に成形した薄膜を目的成分の保持体として用い分光学的な成分同定を行おうとする試みを続けている。一般にナノファイバー製作には原料溶液の射出口（注射針）と生成した繊維を保持する広い面積の金属対極との間に約１０KV位の高い電圧を付与するが、加電圧や電極間距離を変化させることにより生成するナノファイバーの直径などを制御するなど目的に適した繊維を得ることが可能である。さらにナノファイバーの特色として通常の太さの繊維に比べて比表面積が大きいため各種溶液の浸透性が大きいことが知られており薄膜が目的成分の保持能力に優れていると考えられる。

２．実験

ナノファイバー作製の素材としてはナイロン、絹、あるいはその混合物などを試みてきたが、ここではその一例としてナイロン薄膜を用いて黄色染料である「きはだ」の希薄水溶液を保持し、蛍光分析法で同定する方法について説明する。

薄膜の厚みは製作条件により制御できるがここでは約１．５μmのものを使用した。アルミフォイル表面にナノファイバー･ナイロン薄膜を成形したものを約１cm^2に切り取り、マイクロシリンジで「きはだ」水溶液数μ１を滴下して乾燥後、蛍光分光計の反射測定用ホルダーに取り付け、３次元蛍光スペクトルを測定した(図１)。図に見るとおり、薄膜自体は強い蛍光は示さず、目的成分だけを検出できている。一方通常の絹繊維を「きはだ」で染色した試料ではさらに長波長の励起光（485nm）によっても蛍光極大が生じ、ピークが２つ存在するのに対して図１では励起波長の長波長側の蛍光ピーク強度が極めて低い。この原因はさらに検討する必要がある。

薄膜のもう一つの応用例としてナノファイバー薄膜は表面に物質を強く吸着する性質があり、物質の物理的保持にも役立つことを示す。ここでは古くから青色の染色に用いられている「くさぎ」で染色された絹繊維の微小な糸１mmくらいを水で湿らせて薄膜表面に付着させ乾燥させた後、蛍光スペクトルを測定した（図２)。「くさぎ」は藍と色調が類似しているため、いままであまり話題になることが少なかった。しかし、蛍光性は藍よりもやや強いので却って藍と混同されてきたのかもしれない。蛍光スペクトルは藍と類似しているが蛍光極大波長は約４０nm藍よりも長波長側に存在する。

（註）「くさぎ」（学名：Clerodendron trichotomum、青色色素：トリコトミン）

その他ナノファイバー薄膜を利用する染料の可視吸収スペクトルについても説明をする。

３．今後の展望

現在までに可視吸収スペクトル、蛍光スペクトル、赤外スペクトルなどの分析法で微量試料の保持材としてナノファイバー薄膜を利用する可能性を探ってきた。さらに薄膜の汎用性について製作条件などを改良し最適化する必要がある。

図１ナノファイバー薄膜上の「きはだ」
（註）蛍光強度ピークはEX 351nm、Em 500nm

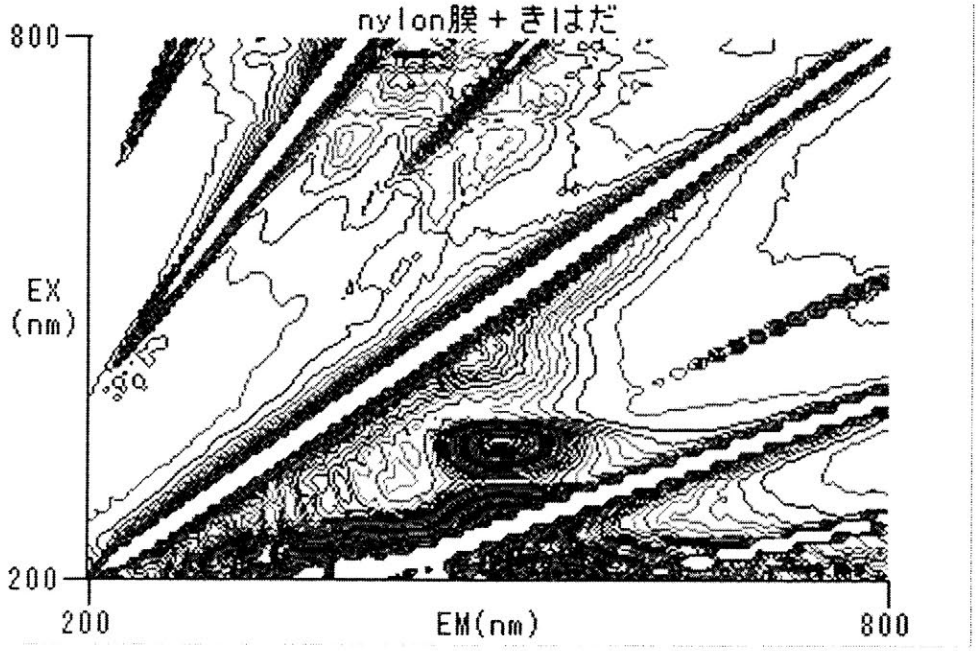
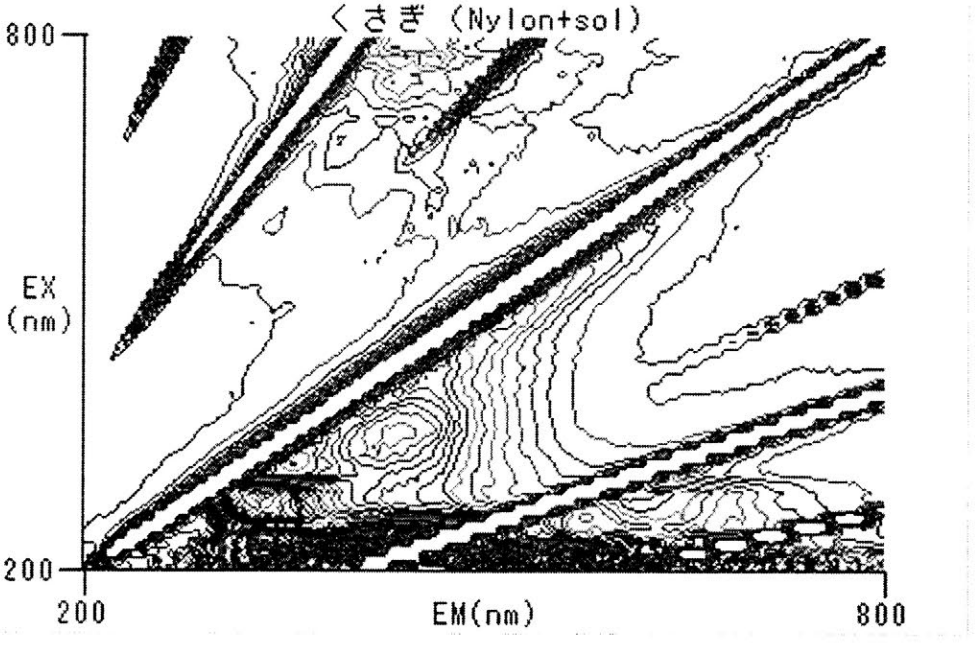


図２　ナノファイバー薄膜上の「くさぎ」
(註)蛍光強度ピークはEx 357nm、Em 440nm



B-16

出土絹製遺物の顕微赤外分析による研究

○ 赤田昌倫,後藤卓真(京都工芸繊維大学大学院　先端ファイブロ科学),
佐藤昌憲(京都工芸繊維大学,奈良文化財研究所),奥山誠義(橿原考古学研究所)

1. はじめに

一般に、絹は埋蔵環境下によって多様に変化し、劣化するものである。この変化に関する研究は、残存している繊維が少なく資料が貴重な文化財であることから、わずかな量の資料で研究を必要があった。そのため、現在まで出土絹資料の科学的研究はあまり進んでいない。しかしながら、将来の出土絹資料保存処理方法への検討材料として、また劣化繊維の同定を行うためのデータとして、埋蔵環境中における出土絹試料の劣化研究を行う必要があると考えている。そこで、本研究では採取量が微量でも様々な情報を得ることができる顕微 FT-IR を使用して、絹繊維の変化と劣化を捉えることにした。

2. 試料

2-1 試料

分析には橿原考古学研究所提供の下池山古墳出土絹資料と藤ノ木古墳出土絹資料(浮遊繊維)から得た、数 mm 程度の試料を使用した。

3. 実験(顕微 FT-IR 測定)

出土絹糸の二次構造的な変化を捉えるために、顕微 FT-IR を使用し、現代の精練絹と比較を行った。繊維の横断方向と繊維軸方向では二次構造の変化が異なる可能性があったため、偏光をかけて分析を行った。測定条件は、測定波数領域 4000-700cm^{-1}、スキャン回数 320、分解能 4cm^{-1} とした。測定部位によってスペクトルが変化することが考えられたため、一試料につき、3 回前後の測定を行った。測定したスペクトルは、二次微分からピークの変化について検証を行った。

4. 結果と考察

4-1 藤ノ木古墳試料

①横断方向(図 1):アミドⅠ、アミドⅡのピーク位置には大きな変化が見られなかった。しかし、アミドⅠに対するアミドⅡのピーク強度の減少と、1264cm^{-1}, 1068cm^{-1} のピーク強度の増大が確認できた。

②繊維軸方向(図 2):アミドⅠはピーク強度の減少によりショルダーとなり、同時に低波数側(1660 cm^{-1}→1627cm^{-1})にシフトしていた。全体的にスペクトルは崩れており、標準試料とのピーク強度比は難しいが、標準試料にはない 1033cm^{-1} のピークが新たに出現した。またこれと同様なスペクトルが下池山古墳出土繊維からも確認することができた。

これらのスペクトルから、この劣化繊維は、横断方向よりも繊維軸方向の方が変質(劣化)は進行していると考えられる。

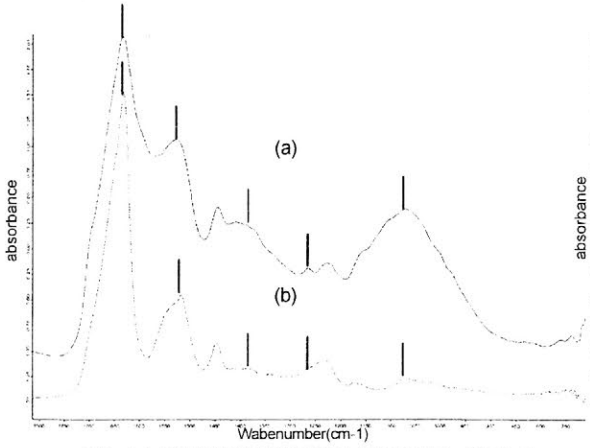
4-2 下池山古墳試料

下池山古墳の試料の FT-IR スペクトルは、1636 cm^{-1}, 1400 cm^{-1}, 1017 cm^{-1} に大きなピークが出現した。このスペクトルでは絹に特徴的なアミドⅠ,Ⅱが確認できず、代わりに 1636 cm^{-1} に大きなピークが出現していたこと。このことから 1636 cm^{-1} のピークはアミドⅠ,Ⅱが重なったものである考えられた。そこでこのスペクトルの二次微分を行い、アミドⅠ,Ⅱのピーク位置を算出した。

二次微分を行った結果、アミドⅠは 1640 cm^{-1} に、アミドⅡは 1575 cm^{-1}, 1527 cm^{-1} に分か

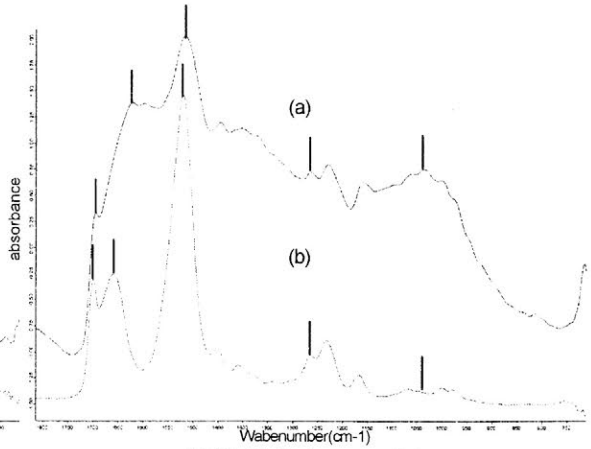
れることがわかった。またアミドⅢ(1235 cm^{-1})のピーク消失は、二次微分ではピークの存在が確認できたことから、アミドⅢ由来の成分が減少したことによるものと考えられる。

これらのスペクトルから、埋蔵環境下で劣化した絹は、標準精練絹糸よりもランダムコイル(1660cm^{-1})の割合が減少し、一方でβ構造の割合が増加していることがわかった。また、横断面方向ではアミドⅡ由来の成分が、繊維軸方向ではアミドⅠ由来の成分が劣化によって変化しやすいことがわかった。



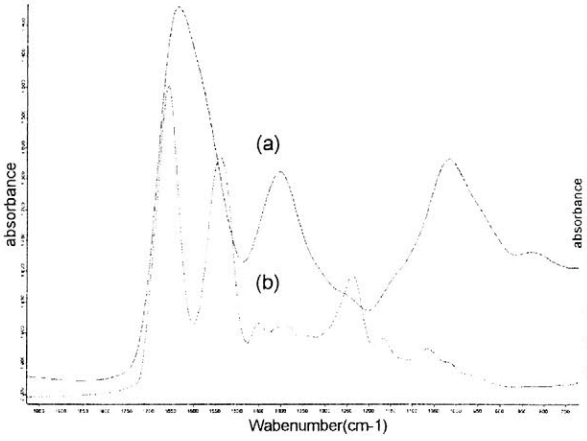
藤ノ木古墳試料横断面方向IRスペクトル

(a)劣化繊維(b)精錬絹糸



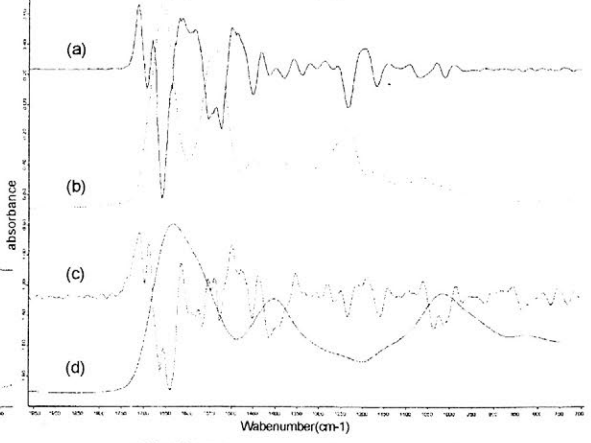
繊維軸方向IRスペクトル

(a)劣化繊維(b)精錬絹糸



下池山古墳試料無偏光IRスペクトル

(a)劣化繊維(b)精錬絹糸



(a)精練絹糸二次微分 (b)精錬絹糸

(c)劣化繊維 (d)劣化繊維二次微分

5. 最後に

出土繊維は採取可能な試料の量が非常に微量であるという点から、他の分析方法の利用は困難である。そのため詳細な劣化過程や成分変化を検証することは難しいが、FT-IR で二次構造の変化を捉えることで、出土絹製品の状態を知ることが可能であることがわかった。今後は他の遺跡の劣化絹の調査も進めて、今回示したスペクトルが埋蔵環境下での一般的な劣化パターンなのかどうかを検討する。

参考文献

Jaap van der Weerd,"FTIR Studies of the effects of Pigments on the Aging of Oil", Studies Conservation50(2005), 3-22

B-17

元興寺における創建期の外観塗装材料に関する調査(Ⅰ)

○ くらしき作陽大学　北野信彦
元興寺文化財研究所　狭川真一
奈良文化財研究所　窪寺茂

1、はじめに

銅和 3 年(710)の平城京遷都に伴い飛鳥藤原京の法興寺（通称 飛鳥寺）が移転して創建された元興寺は、奈良時代には南都七大寺の有力寺院の一つとして壮大な寺域と伽藍群を擁していた。しかし往年の元興寺伽藍群の外観の様子は、奈良時代建立の僧房の一部を中世段階に大幅改築を行ない造られた元興寺極楽坊の禅室および本堂（国宝；ユネスコ世界遺産 古都奈良の文化財の一つに登録）と、奈良時代建立の五重小塔（国宝)、安政 6 年(1859)に落雷で炎上した五重塔の礎石群などからわずかに知られるものの、実体には不明な点が多い。今回、創建期頃の出土軒平瓦や、各年代の修復作業時に取り外された建造物群の古材に付着した赤色顔料や白壁材料に関する文化財科学的分析を行った。本発表は、そのⅠとして主に五重小塔（写真１）の外観塗装材料の変遷を中心に報告する。

2、試料

元興寺五重小塔は、奈良時代の創建以降、平安時代、鎌倉時代（寛元２年；1244 年の極楽坊大改修期を想定）、天和３年(1683)、明治 31 年（1898）、昭和 26 年(1951)、昭和 42～43 年(1967～1968）など、幾度かの部材取替えなどの修理が施されたことが明らかになっている。本調査では、昭和 18～26 年(1943～1951)の元興寺昭和解体修理時に発掘調査で出土した僧房の奈良時代創建期瓦３点（写真３）とともに、本堂天井裏から検出された各年代の五重小塔修理時の際に取替えられた部材や明治修理以降の後補部材（元興寺総合収蔵庫で保管）のうち、年代観が明らかな斗、垂木、肘木、扉板、壁板などの部材（写真２）31 点（内訳；奈良時代当初材 17 点、鎌倉期材２点、江戸期材６点、明治以降材２点、その他不明材４点）から、外観塗装材料である赤色顔料や白土（白壁材料）の数ミリ角剥落片を注意深く回収して調査対象試料として供した。

3、分析方法

(1) 蛍光 X 線分析（堀場製作所製 MESA-500 型）による無機構成元素の定性分析

(2) 走査電子顕微鏡（日立製作所製 S-3000N 型および S-3200N 型）および金属顕微鏡による個々の赤色顔料や白土（白壁材料）の粒子形態の観察

(3) 測色計(ミノルタ製スペクトロメータ CM-2600d)を用いた赤色顔料の赤い色相の測色

4、結果

元興寺の建築部材には、奈良時代の創建期以降、それぞれ異なる種類の赤色顔料（ベンガラ、鉛丹、土朱）、白土などの外観塗装材料が、修理作業時ごとに選択されて用いられたことが確認された。

(1) 元興寺創建期の奈良時代僧坊関連の軒平瓦３点に付着した赤色顔料は、いずれも鉄分を多く含む黄土を焼いて作成する量産可能でやや不定形の形態を有する「丹土ベンガラ」であると考えられる（写真４）。

(2) 奈良時代に作成された五重小塔の当初材はいずれもヒノキ材であり、すべての部材直上に赤い色相が極めて良好な「パイプ状ベンガラ」の塗装が確認された(写真５，６)。これは、平城京や平安京の主要建造物の塗装材料として、「パイプ状ベンガラ」が明確に認識されていたことを示す『物的証拠』の一つである。

(3) 奈良時代の当初材である大斗や扉板には、白土を挟んで赤い色相が異なる赤色顔料が上下二種類確認さ

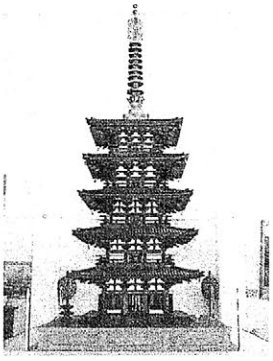
れた。部材直上塗装の下層は「パイプ状ベンガラ」であるが、その上に「純度が高い火山灰起源の白壁材料(写真７)」～「天然赤鉄鉱を磨り潰した、もしくは天然赤土起源の薄層雲母状の赤土ベンガラ(写真８)」が確認された。なお、これと同様の形態を有する赤土ベンガラは、鎌倉時代後補の部材にも付着していた。

(4) 江戸時代の巻斗からは、いずれも鉄(Fe)のほか、鉛(Pb)と粘土鉱物起源のシリカ(Si)などが強く検出された。また、江戸時代の地垂木材には粒子の粗い鉛丹顔料のみが付着していた。茶褐色で赤い色相に乏しい泥絵具系の「土朱」に赤い色味を付加するために鉛丹顔料を混ぜて塗装したのではないかと推定した。

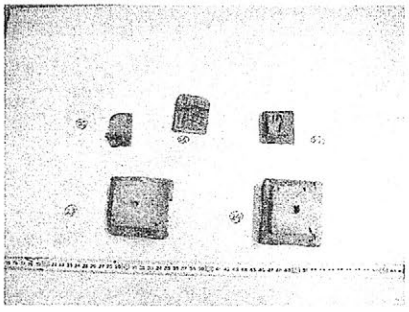
(5) 明治以降の後補部材である巻斗には、「人造ベンガラ」(おそらくローハベンガラ)の特徴である粒度が揃った0.1μm程度の球状微粒子が確認された(写真９)。

(参考文献)

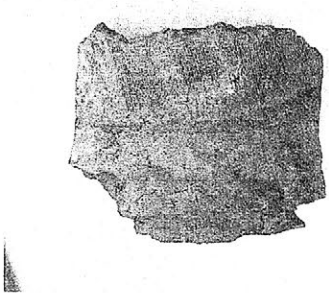
奈良県文化財保存事務所(1957)『元興寺極楽坊本堂、禅室及び東門工事報告書』
奈良県文化財保存事務所(1968)『国宝元興寺極楽坊五重小塔修理工事報告書』



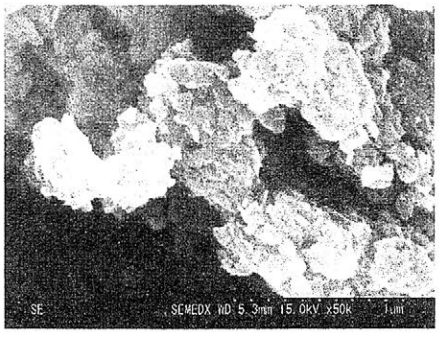
(写真1)元興寺五重小塔



(写真２)五重小塔の奈良時代当初材である大斗・巻斗部材

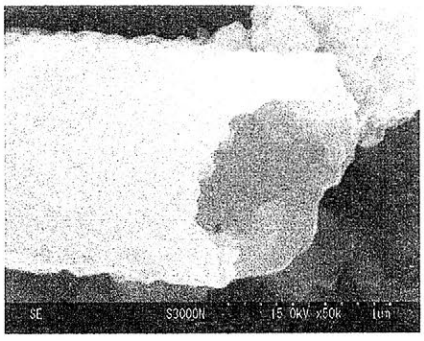


(写真３) ベンガラが付着した僧房使用の奈良時代軒平瓦

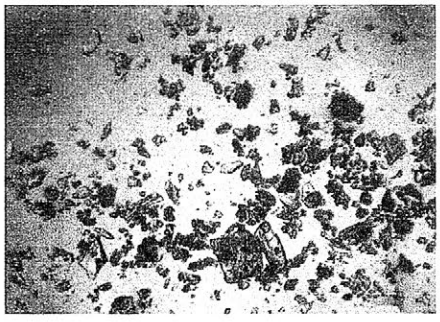


(写真４) 僧房関連の奈良時代軒平瓦に付着した丹土ベンガラの粒子形態(×50.000)

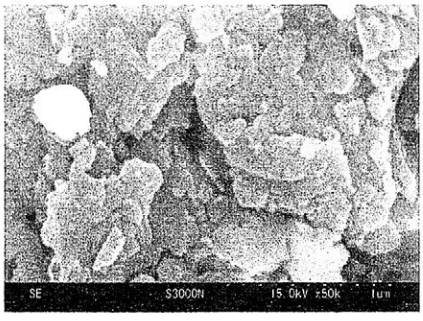
(写真５)五重小塔奈良時代当初材の大斗部材直上に塗装されたベンガラ粒子(×1.500)



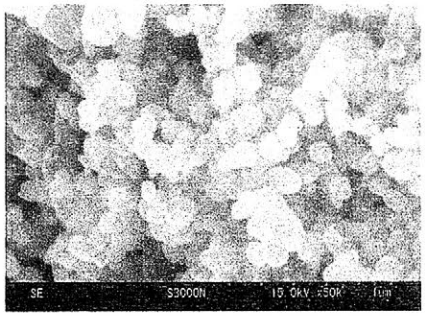
(写真６)同左ベンガラ粒子の拡大：パイプ状ベンガラ(×50.000)



(写真７) 五重小塔当初材である大斗部材の中層の白土(白壁材料)火山灰ガラス粒子(×400)



(写真８)同左大斗部材の白土の上層に塗装された赤土ベンガラの粒子形態(×50.000)



(写真９)明治以降の後補材である巻斗部材塗装の人造ベンガラ(ローハベンガラ) 粒子形態(×50.000)

B-18

三宅西遺跡から出土した赤色顔料関係遺物

清水　梨代（(財) 大阪府文化財センター）

縄文時代に用いられた赤色顔料としては、ベンガラ（酸化第二鉄（Fe_2O_3）、鉱物名；赤鉄鉱）と朱（硫化水銀（HgS）、鉱物名；辰砂）の２種類である。ベンガラが旧石器時代から用いられているのに対し、朱が用いられるようになるのは縄文時代中期以降であり、全国的に広がるのは縄文時代後期中葉以降である（註１）。わが国の朱の産地は三重県、奈良県、徳島県等の中央構造線の周辺に集中し、産地が全国に無数にあるベンガラ原料と比べればその産地は限定されている。今回、平成 16 年 11 月～18 年 9 月にかけて実施した「都市計画道路大和川線（阪神高速道路大和川線）及び都市計画道路堺松原線（一般府道住吉八尾線）建設に伴う発掘調査（三宅西遺跡）」で出土した赤色顔料が付着する縄文土器 12 点について、蛍光Ｘ線分析と実体顕微鏡観察を行い顔料の種類を明らかにした。また、同時に仏並遺跡、向出遺跡から出土した赤色顔料が付着する土器についても分析を行った。

調査方法

蛍光Ｘ線分析　　赤色顔料の主成分元素の検出を目的として実施したものである。

【測定機器】奈良大学保存科学研究室設置　エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析装置
EAGLE Ⅱ XXL NR（アメリカ　EDAX inc.製）

【測定条件】Ｘ線管球：クロム（Cr）　電圧－電流：35Kv－500μA
測定環境：真空　　測定時間：200 秒

実体顕微鏡観察　顔料の形状観察を目的として実施したものである。

【使用機器】奈良大学保存科学研究室設置　LECIA　M651

【観察条件】落斜光　×400

蛍光Ｘ線分析では水銀（Hg）および鉄（Fe）の有無にのみ着目した。なお、朱は硫化水銀である事から、硫黄（Ｓ）の検出にも注意を払った。水銀が検出されたものは朱が付着していると判断できるが、鉄は土器の胎土にも必ず含まれており、土器片を測定試料とした今回の分析では、赤色顔料に由来するものであるかどうかを判断する事が困難な場合もある。蛍光Ｘ線分析で水銀が検出されるか、実体顕微鏡で辰砂の粒子が確認された場合を朱とした。また、蛍光Ｘ線分析で赤色顔料の付着していない部分よりも、明らかに鉄の検出が優位であり、実体顕微鏡でパイプ状ベンガラが確認された場合をベンガラと判断した。

結果

蛍光Ｘ線分析と実体顕微鏡観察の結果、土器 17 点のうち、ベンガラを用いていたものが２点（三宅西遺跡 No.222、仏並遺跡 No.62）、朱を用いていたものが 15 点（三宅西遺跡

No.46、223、224、225、226、227、228、229、230、535、542、向出遺跡 No.407、464、508、321）であることが判った。また、外面に赤色顔料が付着していたのは三宅 No.222、535、542であり、内外面に赤色顔料の付着が確認できたものは仏並遺跡No.62だけであり、残りは全て内面にのみ赤色顔料の付着が認められた。なお、三宅西遺跡 No.222には、ベンガラの固着材と考えられる塗膜状のものが遺存している。

考察

今回、行った17点の赤色顔料付着土器の科学的分析結果から、以下のような事が考えられる。

第一に、赤色顔料の付着状態と、目的の関連性が挙げられる。明らかに加飾を目的とした塗布である外面付着の4点（三宅西 No.222、535、542、仏並 No.62）は平面的に器面を被覆する状態で付着しており、赤彩土器であったと考えられる。また、向出遺跡 No.464は内面付着ではあるが、前述の 4 点同様の付着状態であり、外反口縁内面への塗布という見えるところへの加飾である事から、これも赤彩土器であったと考えられる。それに対し、赤色顔料の容器として用いられていたと考えられるものは、粒子状または、三宅西 No.224、227のように破断面にも赤色顔料の付着が確認されるものもある。これは土器使用時の段階で、概に存在していた亀裂に顔料が入り込んだ結果であると考えられる。

第二に、ベンガラと朱の時期による消長が挙げられる。過去に行われた科学的分析の結果によると、大阪市森ノ宮貝塚（元住吉山Ⅰ式）、阪南市向出遺跡（一乗寺K式、宮滝式）、堺市小阪遺跡（長原式）出土土器付着赤色顔料は朱であることが確認されている（註３）。今回新たに行った仏並遺跡の後期初頭の土器（中津式）でベンガラが確認されたのに対し、三宅西遺跡では北白川上層式３期の 10 点中、9 点で朱の使用が確認された。このことは、従来考えられていた一乗寺 K 式よりも早い段階から、朱の利用が拡大していたことを示唆する結果であると考えられる。また、三宅西遺跡の晩期の土器（滋賀里式）で朱が確認された事は、従来の研究の成果と一致する結果である。これらと、近畿地方の他府県での様相を鑑みると、縄文時代後期初頭にあたる中津式～福田 KⅡ式まで、ベンガラが赤色顔料の主体であり、後期前葉の北白川上層式１期・２期をベンガラから朱への移行期とし、後期中葉の北白川上層式 3 期で朱が主体となり以後、縄文時代晩期末まで朱が主体となる傾向が継続すると考えられるのである。

註１；縄文時代の赤色顔料Ⅰ「考古学ジャーナル No.438」成瀬正和（ニュー・サイエンス社　1998）

註２；註１参照

註３；成瀬正和　1993「大開遺跡出土赤彩土器の赤色顔料」『大開遺跡』神戸市教育委員会

成瀬正和　1997「佃遺跡から出土した赤色顔料関連遺物」『佃遺跡』兵庫県教育委員会

成瀬正和　2000「向出遺跡から出土した赤色顔料」『向出遺跡』(財)大阪府文化財センター

B-19

染織文化財に用いられた染料の超微量分析の試み（1）

質量分析によるアントラキノン系赤色染料の分析

○ 佐々木良子[1)]、四方真由美[1)]、梶谷宣子[2)]、佐々木健[1)]
1）京都工芸繊維大学、2）メトロポリタン美術館

はじめに

染織文化財に用いられた赤色系染料のうち茜類、ケルメス、コチニール、ラックなどは、化学的に共通するアントラキノン骨格と、類似する化学的性質を有するため、通常の分光学的手法による同定は困難である。著者らはこれらの成分の分析に対して、分析原理の異なる複数の手法を組み合わせて多面的に情報を得ることにより微量試料での高精度同定法を開発し、特に、抽出液の直接質量分析を行う微量分析手法の有効性を示してきた。今回、ESI 法による質量分析における測定条件の最適化を図り、さらに MS/MS 手法を導入して更なる破壊試料の微量化を試みた。本超微量破壊分析の有効性について、インドのムガール王朝絨毯（17C 前半）の分析を例として議論する。

実　験

分析：抽出溶液について紫外・可視吸収スペクトル）の測定、ODS カラムによる高速液体クロマトグラフィー及び、ESI イオン化による質量分析を行った。

試料：①Carpet with Tree Pattern（The Frick Collection 他、本試料ブルックリン美術館蔵）及び、②Carpet with Pattern of Lattice and Blossoms （The Metropolitan Museum of Art 他　本試料個人蔵）両試料とも、その技法、材質、経年度などからインドムガール帝国 Shah Jahan 時代（1628-1658）に作成されたと考えられている絨毯の断片から採取した。

結果と考察

アントラキノン系赤色染料染色ウールと試料①②の抽出液の可視スペクトルを Fig. 1 に示す。アリザリンを主成分とする西洋茜の吸収極大が異なるが、コチニールとラックは非常に区別しにくく、二次微分で僅かに違いが認められるのみである。試料に用いられた染料がコチニールとラックのいずれであるかを、この吸収スペクトルだけから決定することは困難である。

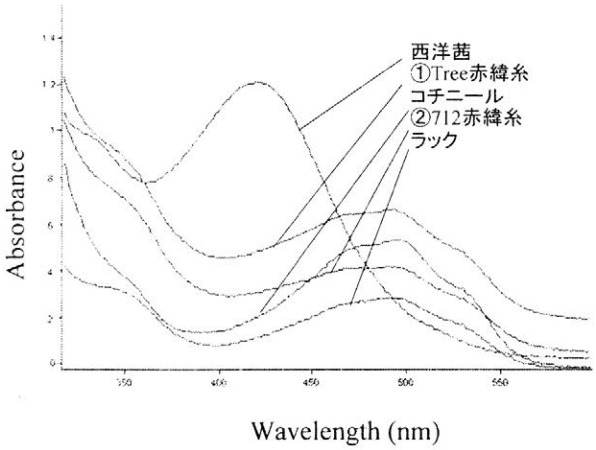
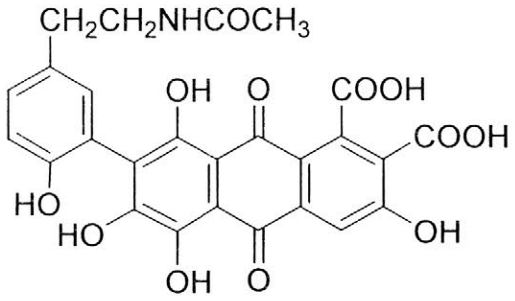


Fig. 1　アントラキノン系赤色染料染色ウールと試料①②の抽出液の可視スペクトル



ラッカイン酸 A の構造式

HPLC の結果を Fig. 2 に示す（モニター波長 450 nm）。試料①②共にラック染色標品からの抽出液とほぼ一致する保持時間にピークが見られ、ラックが用いられていることを示す結果が得られた。

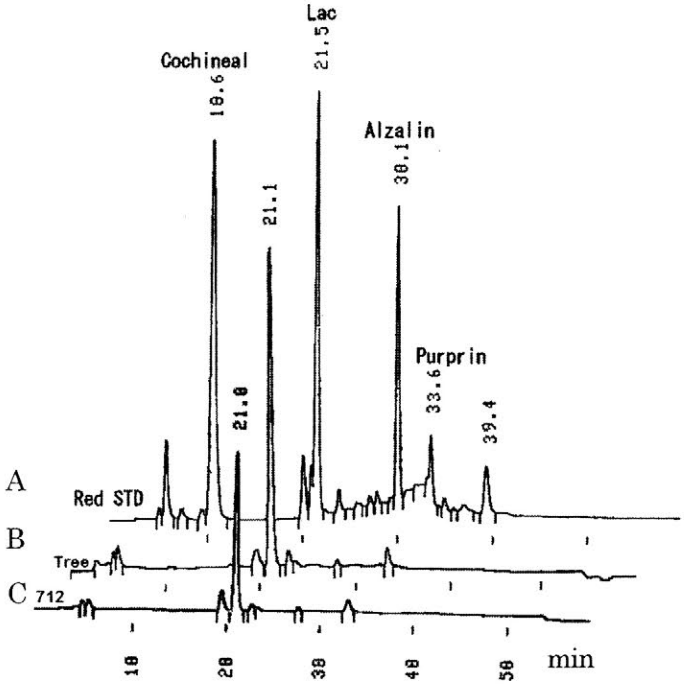


Fig. 2　標品（A）と試料①②（B,C）の抽出液のクロマトグラム

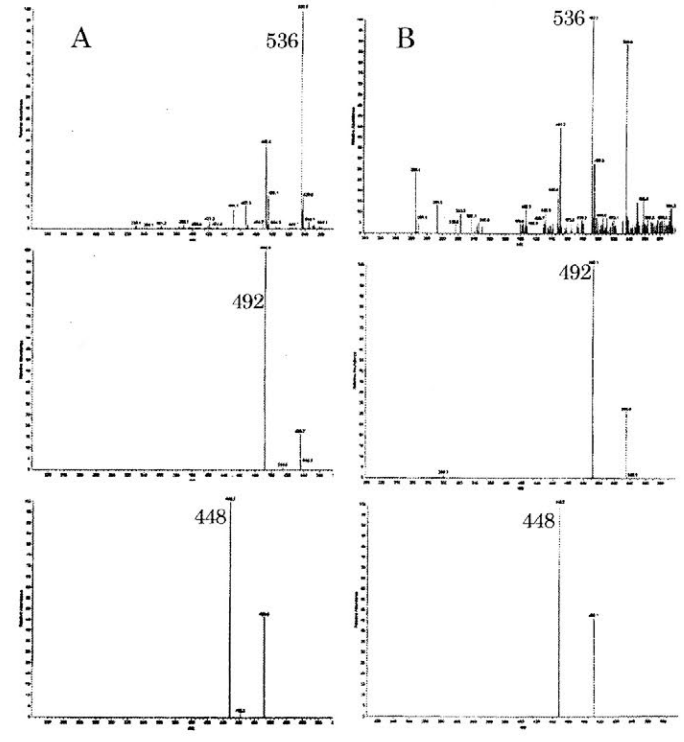


Fig. 3 ラック染色標品（A）と試料①　(B) の抽出液の質量分析結果

今回、更に ESI 法などによる質量分析に MS/MS 法を導入し、物質構造情報を取得すると共に、更なる破壊試料の微量化を試みた。ラック染色標品からの抽出液について、ESI イオン化 MS スペクトルを測定した（Fig. 3A）。ラッカイン酸 A の分子イオンに相当する m/z 536 をターゲットイオンとする、CID による MS/MS 及び、MS/MS/MS スペクトルを測定した。その結果、プロダクトイオンとして MS/MS により m/z 492 及び MS/MS/MS により m/z 448 が検出され、これらは分子中の二つのカルボキシル基が順に脱炭酸（中性ロス）して生じたイオンに相当する。試料①の抽出液を 1/100 に希釈して同様の測定を行った MS スペクトルでは、ノイズレベルが高く m/z 536 以外に多くのイオンが検出されたが、ターゲットに m/z 536 のイオンを選択して MS/MS 及び、MS/MS/MS を行ったところ、ラック標品と同じプロダクトイオンのみが観測された。これは選択した m/z 536 イオンがラック標品に含まれる m/z 536 イオンと同様に二つのカルボキシル基を持つ化学構造を有することを示し、m/z 536 を与える物資がラッカイン酸 A であったことを明確に示すものである。

この様に MS/MS 法は単純な MS で多数の不純物のピークを示すような極微量の物質の同定に極めて有効であり、上記の吸収スペクトル、HPLC の測定における濃度に比べて低い濃度で構造情報が得られ、微量での精度の高い同定法として利用できることが分かった。

B-20

近世の銀精錬技術、「灰吹法」に関する材料科学的検証
…石見銀山遺跡出土遺物を中心に…

○村上　隆（奈良文化財研究所）、横山精士（　〃　）、高田　潤（岡山大学）、
中田健一（大田市教育委員会）、遠藤浩巳（　〃　）、大国晴雄（　〃　）、
足立克己（島根県教育委員会）

1. はじめに

本年7月の世界遺産登録を間近に控えた石見銀山遺跡では、1996年から継続的に総合的な調査研究が進められている。これら一連の調査研究は、遺跡の価値証明を高めるものとして高く評価されている。本研究の発表代表者は、科学調査の総括を行い、16～17世紀に隆盛を極めた石見銀山の技術の解明をめざしてきた。これまでに、銀精錬工程のフローチャートの作成や、その検証の成果を本学会でも報告してきた。本研究は、その中でも最も重要である「灰吹法」の本質に、出土遺物の材料科学的解析によって迫るものである。生産遺跡としての銀精錬現場から、炉跡の残滓や出土した銀－鉛合金に対して、蛍光X線分析やEPMAを用いて調査し、これまで文献などでしか窺うことができなかった当時の灰吹法の実態を実証的に解明してきた。

2．石見銀山遺跡における科学調査

島根県大田市に位置する石見銀山遺跡に関する総合調査は1996年から始まった。総合調査は、発掘調査、科学調査、間歩(坑道)調査、文献調査(海外・国内)、街道・港湾調査、石造物(墓石)調査、建造物調査、民俗調査など多岐にわたる。鉱山遺跡のような生産遺跡で、長期間の計画に基づいて発掘調査が行われた前例も少ないが、さらに科学調査が同時進行することは世界的に見ても珍しいことである。鉱床から採鉱した鉱石から、最終的に金属を得るためには、「採鉱⇒選鉱⇒製錬⇒精錬」という工程を経る。科学的に検証することを行ってきた。さらにこの工程は、①（採鉱⇒選鉱）、②（製錬⇒精錬）と大きく2つに分けることができる。これは、それぞれの作業に、熱エネルギーとしての「火」を必要とするかどうかの分類である。基本的に①は火を必要としないが、②は火がなければ成立しない。①における遺物の代表は、選鉱の際に出る鉱石の不要部分であるズリやユリカス、②においでは、鉱滓（カラミ）を中心に、炉跡やルツボ片などである。これらの遺物に関して、材料科学的な手法により実証的に調査・研究を重ねてきている。

2．「灰吹法」とは？

地球の構成元素の一つである金属を人為的に濃縮する作業が、（製錬（smelting）⇒精錬（refining）として位置づけられる一連の工程である。「製錬」は、選鉱によって得た鉱石の金属を豊富に含んだ部分を熔かして、金属だけを分離させる作業である。「精錬」は、「製錬」で得た粗金属を熔かして不純物を除き、目的とする金属の純度をさらに上げる作業である。

16世紀後半から17世紀前半に最盛期を迎えた石見銀山において行われた銀の精錬法が、「灰吹法」である。製錬で得た粗金属に鉛を入れて熔解させ、銀と親和力がある鉛と銀の合金、「貴鉛」を作る。得られた貴鉛を骨灰の上において加熱すると、鉛が酸化、熔融して、灰に吸収され、銀が残る。この操作を繰り返すことによって、銀の純度を上げる方法である。東地中海地域では、紀元前から行われている古典的な精錬法であるが、日本では16世紀から石見銀山において導入された技術とされてきた。石見銀山遺跡の発掘調査で、これまでに灰吹に用いた鉄鍋をはじめ、灰吹法が行われていたとみられる痕跡を、炉跡や遺物に認めている。これらの詳細を調査することは、当時の技術水準を探るだけに留まらず、日本の技術史を実証的に検証する意味でも重要である。

3．「貴鉛」粒子

石見銀山遺跡の本谷地区、釜屋間歩前で検出された炉跡（SX-03）の内部に残された土からこの炉の操業に伴って飛散したものとみられる大きさ1～2mm程度の金属粒の存在を確認した。楕円形の金属粒を樹脂埋めした後、断面の観察に供した（図1）。この金属粒の内部は、金属部分とそれを取り巻く珪酸塩の部分に分かれる。さらに、金属部分には、不定形なコア部分が存在する。このコア部分は、3%程度の鉛を含むがほぼ銀であり、その周りに塩素が存在する。銀は塩素と親和があり、土中の塩素が銀の周りに濃縮したとも考えられるが、灰吹の作業の中で塩素が何らかの役割をしていた可能性もある。この点は、今後の課題としたい。以上の解析から、この銀-鉛粒子は、貴鉛を作る作業中に飛散したものと考えられる。本谷地区では、この貴鉛粒子を得た炉跡のすぐ近くで、以前に「貴鉛」が出土しており、この地で灰吹法による銀精錬が実際に行われていたことを証明する貴重な資料である。

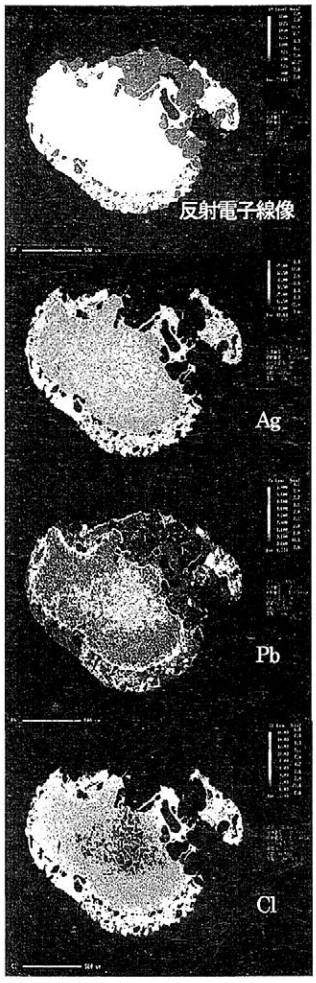


図1.「貴鉛」粒子のEPMAの結果

4．灰吹に関わるルツボ

上市場地区において江戸時代の包含層から出土した直径約4cmの小さなルツボの内壁に金属粒の残滓を認めた。断面の観察から、直径1mm、厚さ500μm程度の金属粒が、ルツボ内壁に貼り付くように残留している様子を捉えた。EPMAによる分析結果を示す（図2）。金属粒のコア部分は、銀である。銅を1～2%含む。このコア部分を、50～100μmの厚さの外殻が取り巻く。この外殻部分には、銅がほとんど認められず、代わりに塩素がたいへんリッチになる特徴がある。また、銀粒が、内壁に取り付く部分には、鉛とビスマスの存在が認められる。以上の考察から、このルツボは鉛を用いた銀の精錬、すなわち灰吹に用いられたものと考えられる。銀粒中に銅を含むのも、上市場地区は永久鉱床に関わると考えられ、硫化銅鉱を原料にしたためであろう。この銀粒の分析結果は、出土谷地区で発見された「灰吹銀」を想起させるものである。灰吹銀の表面から銅が検出されると共に、底部からは鉛とともにビスマスを検出した。実際の灰吹時におけるビスマスの動きも、永久鉱床の特徴を示すものとして注目してよかろう。

5．まとめ

石見銀山遺跡出土遺物による近世の灰吹法の調査事例を紹介した。実資料での検証を重ねることによって、当時の技術の実際に迫ることをめざすものである。さらに、実験的復元も含めて技術史的観点からの考察を加えることによって、我が国における灰吹法の全貌を解明したい。

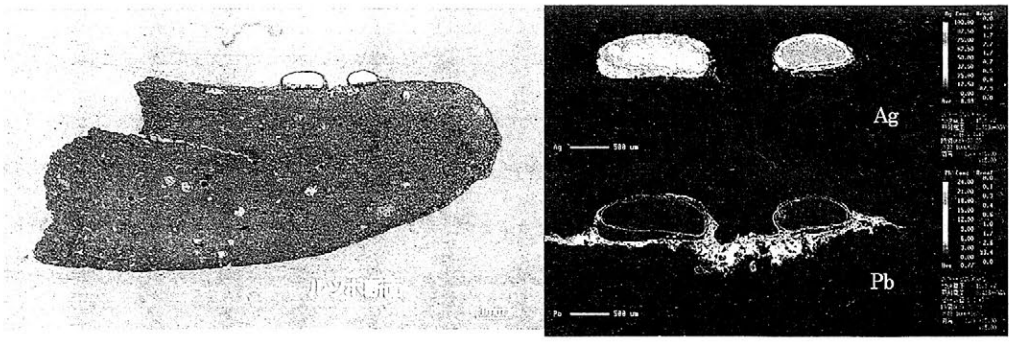


図2. ルツボに残った銀粒のEPMAの結果

寛永通宝の素材研究

―化学データからの分類を目指して―

○橋本俊範（(財) 大阪府文化財センター）

1．はじめに

筆者は2005年度・2006年度の本学会において、蛍光X線分析法による寛永通宝の素材研究の成果を発表してきた。これまでは伝世品の資料を中心に分析を行ってきたが、今回は出土資料も分析対象とし、伝世品資料と比較検討したところ、化学データからの分類が可能であることが明らかとなったため報告する。

2．寛永通宝について

我が国では中世より永楽通宝などの渡来銭を通用銭として用いており、必ずしも統一されたものではなかった。そこで徳川幕府は渡来銭を取り締まり、銭貨の統一を図る目的で1636年（寛永13年）より寛永通宝の鋳造を開始した。そのほとんどが請負事業によるものであり、世襲制もなかったが、四文銭は田沼意次の貨幣改革により銀座で鋳銭されたものである。

3．研究方法

194点の伝世品資料と29点の飛鳥坐神社（奈良県高市郡明日香村）出土資料を対象とした。まず法量計測・写真撮影・X線透過試験による現状調査を実施し形態分類した後、エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置（EAGLE II-XXL(NR)、EDAX Inc.製、奈良大学文学部文化財学科保存科学研究室設置）で資料の地金部（メスで錆を1mm四方除去した部分）を定性・定量分析した。さらに定量値をもとに分布図を作成し、種別ごとにグルーピングできるか否かを検討した。分布図は銅－錫－鉛系ではX軸をSn／Cu、Y軸をPb／Cu、銅－亜鉛系ではX軸をZn／Cu、Y軸をPb／Cuとして作成した。

4．結果と考察

（1）形態分類

伝世品資料には古寛永通宝が27点、文銭が54点、佐渡銭が1点、足尾銭が1点、高津銭が10点、四文銭が46点（青海波21が36点、青海波11が10点）、太田銭が1点、無背の新寛永通宝（以下、寛永通宝無背と記す）が54点あり、金属製容器に一括して納められていた。

飛鳥坐神社出土資料は古寛永通宝が3点、文銭が3点、四文銭（青海波11）が1点、新寛永通宝無背が22点あり、1998年に明日香村教育委員会によって行われた飛鳥坐神社境内（本殿・拝殿地区）の範囲確認調査で出土したものである。

（2）寛永通宝の素材と含有率

寛永通宝に用いられている主な金属素材は銅・錫・鉛・亜鉛・アンチモン・鉄であり、銅－錫－鉛系・銅－鉛系（銅－鉛合金、銅－鉛－アンチモン合金）・銅－亜鉛系（銅－亜鉛－鉛合金）・鉄であることがわかった。元素含有率は鋳銭地や鋳銭時期により違っていることがわかった（Table.1）。

Table.1 主な寛永通宝の地金部における元素含有率（簡易定量による）

資料	名称	元素含有率(wt%)				
		銅	錫	鉛	亜鉛	砒素
伝世品	文銭	70.5	19.8	9.6	-	-
	高津銭	85.4	2.1	10.2	-	3.6
	四文銭青海波21	72.5	-	9.3	16.6	0.8
	四文銭青海波11	70.5	-	9.6	19.8	-
飛鳥坐神社出土	文銭	70.7	14.4	14.7	-	-
	四文銭青海波11	74.9	-	8.8	16.1	-

－：未検出

（3）化学データからの分類

伝世品資料では文銭、高津銭、四文銭について分類可能であったが、古寛永通宝と新寛永通宝無背

については分類できなかった(Fig.1・2)。

飛鳥坐神社出土資料では文銭のみ分類可能であったが、古寛永通宝と新寛永通宝無背については分類できなかった（Fig.3)。

伝世品資料と飛鳥坐神社出土資料の分布図を比較したところ、文銭については分布範囲がほぼ合致したが、古寛永通宝・四文銭・新寛永通宝無背では合致しなかった（Fig.1・3)。

5．おわりに

今回の結果より文銭、高津銭、四文銭については化学データからの分類が可能であることが明らかとなった。さらに、伝世品資料と飛鳥坐神社出土資料の文銭を分布図で比較すると双方で類似することを見出したため、分類法のひとつになりうるものと考える。しかし、現段階で古寛永通宝と無背の新寛永通宝については分類が不可能であるため、今後はさらに多くの寛永通宝を分析することが課題となるが、データを蓄積することにより化学データからの分類法を確立できるであろう。従来、形態的特徴による研究が重視されてきたが、保存科学的研究からのアプローチにより学融合的に研究でき、江戸時代の文化・経済・流通をより深く研究できるものとなる。

本研究は平成 18 年度奈良大学修士論文『寛永通宝の素材および劣化の研究』の成果の一部である。

明日香村教育委員会相原嘉之氏のご好意により飛鳥坐神社出土資料の調査機会を得ました。感謝申し上げます。

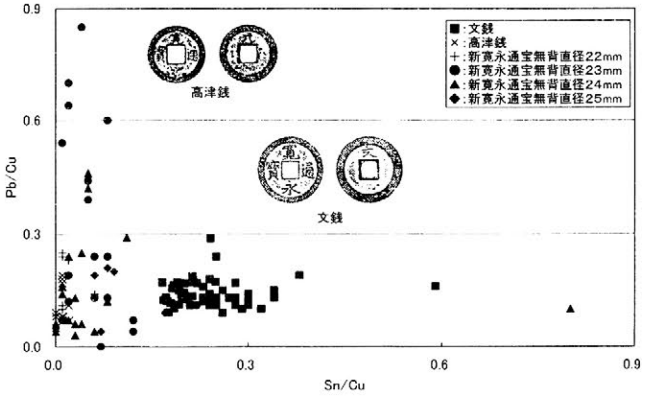


Fig. 1 新寛永通宝分布図（伝世品）

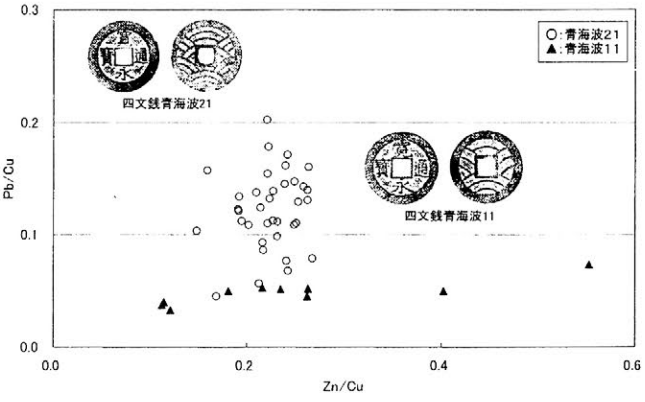


Fig. 2 四文銭分布図（伝世品）

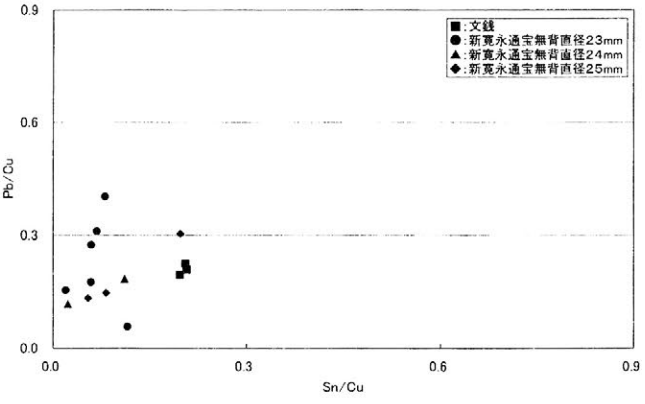


Fig. 3 新寛永通宝分布図（飛鳥坐神社出土）

参考文献

・相原嘉之　「（3）1998－3次　飛鳥坐神社の調査」　『明日香村遺跡調査概報　平成 10 年度』明日香村教育委員会　2000 年　pp.5-10

・東野治之　『貨幣の日本史』朝日選書 574　朝日新聞社　1997 年　pp.164-165　pp.204-208

・橋本俊範　「蛍光X線分析法による寛永通寶の研究」　『日本文化財科学会第 22 回大会研究発表要旨集』　日本文化財科学会　2005 年　pp.198-199

・橋本俊範、西楽寺、杉本和江、杉本圭祐、袋井市教育委員会　「西楽寺所蔵銅製不動明王像と胎内から検出された寛永通宝の組成分析」　『日本文化財科学会第 23 回大会研究発表要旨集』　日本文化財科学会　2006 年　pp.150-151

B-22

新開発の軽元素用ポータブル蛍光X線分析装置によるクロアチア ザダール出土ガラスの化学組成分析

○K.タンタラカーン*, 加藤慎啓*, 保倉明子*, 中井 泉*,
藤井慈子, S.グルシェビッチ**
(*東京理科大学理学部、**クロアチア・ザダール考古学博物館)

我々の研究室は、国内外の遺跡から出土した遺物の分析に種々の先端的分析手法を導入し、物質史に関する情報を読み出すための研究を行っている。考古化学的に一番の手かがりとなるのは物質の化学組成であることから、その情報を解き明かすために非破壊分析法である蛍光X線分析を主として用いている。海外の出土遺物の場合は出土遺物を国外に持ち出すことが禁止されている国が多く、日本国内でも博物館や美術館から遺物を館外に持ち出して分析する事は難しい。この問題に対して一番良い解決方法は、ポータブル分析装置を使って発掘現場や館内で分析することである。我々は 2001 年に考古試料用のポータブル蛍光 X 線分析装置をメーカーと共同で開発した。しかし、今までの分析装置では大気中で測定するため、ナトリウム(Na)やマグネシウム(Mg)などの軽元素を分析することが出来なかった。ガラス遺物の分析にとっては最も大きな弱点となり、軽元素を分析できるポータブル蛍光X線分析装置の開発が研究課題となっていた。

そこで本研究では、メーカーと共同で軽元素用に改良を加えて作製したポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FAII-L を用いた。今回の改良では軽元素分析を可能にするため、SDD 検出器(ドイツ KETEK 社)の窓材として、従来の金属ベリリウムのかわりに、X 線吸収の少ないポリマーの窓材 AP3.3(米国 MOXTEK 社)を装着した。また、検出器の先端にセットできる簡易な円筒形の真空試料室を製作した。円筒形の試料室の直径は 20 cm、高さは 10 cm で、アルミニウム合金製のため軽量であり、円筒を複数重ねることで大型試料も分析できるように工夫した。円筒試料室を重ねる場合は相互に O リングを介してジョイントすることで真空を保持でき、簡易型の真空ポンプで資料室とX線源部とを同時に同圧で吸引する仕組みになっている。このような2つの改良によって、ナトリウムとマグネシウムの分析感度を著しく高めることができた。

今回開発した軽元素分析が可能なポータブル蛍光X線分析装置を持ち込んで、今まで化学分析報告のないクロアチア共和国ザダール市のネクロポリスから出土したローマ時代(1 世紀初期から 4 世紀末期、または 5 世紀初期)のガラス製品 109 点を中心とした分析を行った。ザダールは、ローマ帝政期の属州ダルマティア(クロアチアのアドリア海沿岸地域)の主要な都市の1つで、当時はヤデルと呼ばれ、州都サローナ(現ソリン)の北西約115キロに位置していた。そのネクロポリスは、クロアチア・ザダール考古学博物館により発掘され (隊長 S.グルシェビッチ教授)、T.C.Relja 区のショッピングセンターの工事現場から発見されたため、T.C.Relja ネクロポリスと命名された。発掘調査は 1989 年から 1990 年までと 1998 年から 1999 年までの 2 回にわたって行われた。調査区全体の年代はローマ時代の 1 世紀の初めから 4 世紀の終わりか 5 世紀の初めと推定さ

れている。このネクロポリスの中の 870 基から出土したガラス製品は約 900 点にのぼる。本研究では、この中から 109 点のガラス製品：方形小瓶(13 点)、ベル型瓶(48 点)、凹装飾付小瓶(6 点)、大型の骨壷(6 点)とその他のガラス製品(36 点)に注目した。特にベル型瓶(Fig.1)は特徴的な形をもつため、ザダールの地場産品と推定されることから最も注目した試料である。この問題点を明らかにするため、属州ダルマティアの他の遺跡から出土したベル型瓶についても比較資料として分析調査を行った。

新開発のポータブル蛍光X線分析装置による分析の結果、これらのガラス製品はローマ時代に典型的なナトロン・ソーダ石灰ガラスで、Na_2O(約 16％)、MgO(約 0.5%)と K_2O(約 0.2%)が含まれていた。着色剤には Fe, Cu, Mn などが使用されていた。消色剤に用いられたと考えられる Mn および Sb の濃度と器形との関連を考察するため、もっとも着目しているベル型瓶で、T.C. Relja 遺跡出土と他のダルマチア州出土のものの組成を比較した結果(Figs. 1& 2)、アンチモン消色とマンガン消色の2タイプが存在することが明らかになった。大型の骨壷に対しては消色剤が使用されていない傾向にあり、さらに、銅を着色剤として用いていることがわかった (Fig.3)。また、銅と鉄の含量に正の相関（直線 A）が認められ、同一起源と推定された。

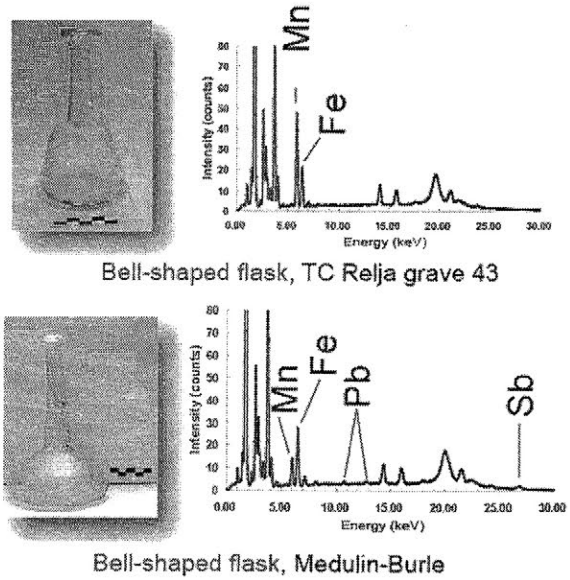


Fig.1　2 種類のベル型瓶の蛍光X線スペクトル

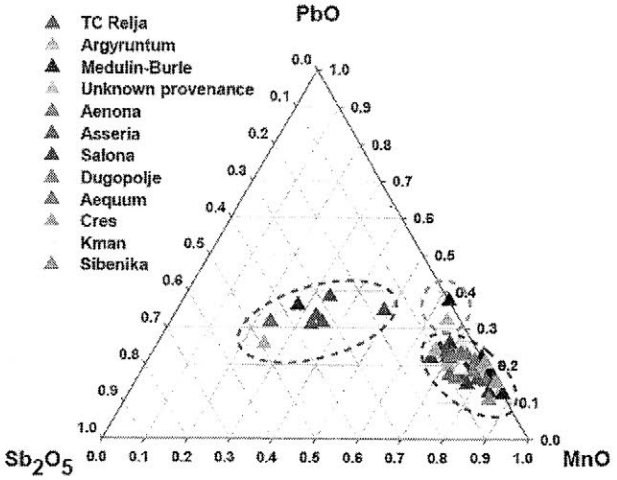


Fig.2　ベル型瓶の消色剤と PbO 含量による特性化プロット

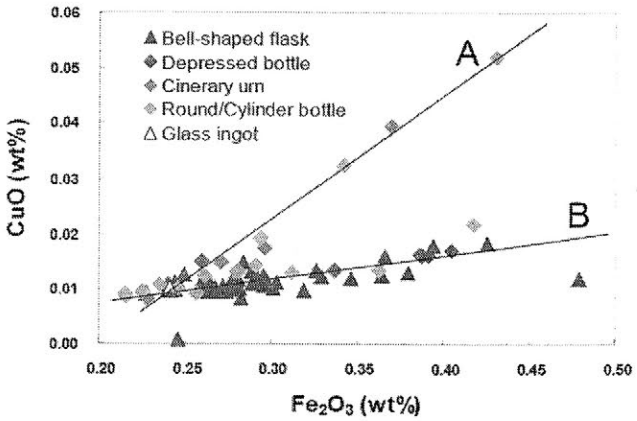


Fig. 3　大型の骨壷（A）における CuO と Fe_2O_3 のプロット

B－23

韓国公州水村里Ⅱ-4号墳出土の百済金銅冠の復原製作

○鄭光龍（韓国伝統文化学校）・李鉉相（公州大学校）・尹用賢（国立中央科学館）・辛長河（奈良大学）

1．序論

韓国公州水村里4号墳から出土した金銅冠帽は、長期間墓の中に副葬されたため多くの部分が欠損し変形していた。本来の形に復原するため、まず遺物の現状についての細密な観察や科学分析を通じて遺物の状態を調査した。本論は、数ヶ月にわたって金銅冠を観察しながら製作技法を復原し、金銅冠の原形を再現した一連の作業をまとめたものである。

2．復原方法

復原過程は大きく3段階に分けておこない、さらに段階毎に細分した過程を経て復原品を完成した。

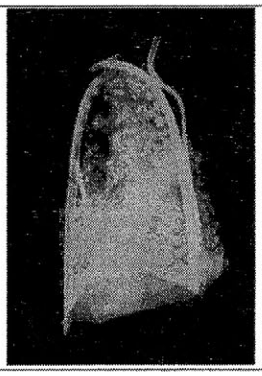
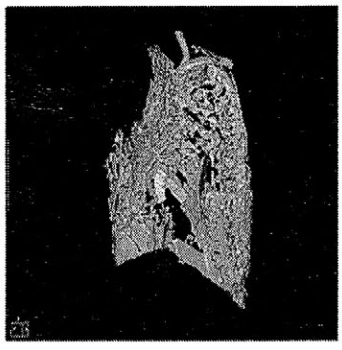
第1段階は文様の復原と模型の製作である。まず、実体顕微鏡と拡大鏡、マクロ撮影を利用して遺物の表面に残っている様々な痕跡を確認した。この過程から、どのような道具を用いて金属板に透かし彫りや彫金を施したのかということや、全体の文様の構成や文様をどの方向に施したかを調査した。その後、残存している文様を実測し残存図面を作成し、欠損した文様を復原する作業をおこなった。ただし、欠損部分が多い場合は、金銅冠の全体文様の構成を考慮しながら新たに補充した部分もある。このようにして完成した文様をもとに金銅冠の模型を制作した。製作は便宜上厚い紙に文様を貼りつける方法でおこなった。この作業を通して金銅冠の幅や受鉢の角度、後板の反り具合など、全体の構成要素のバランスがとれているかを検討し、部分的に修整作業をおこなった。

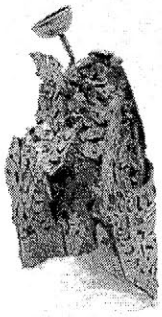
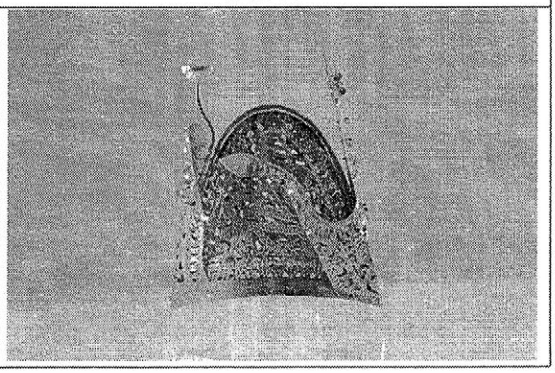
第2段階では地金の材質を分析し、古代の技法を復原した。材質分析にはXGT法を用い、製作技法については遺物観察の結果をもとに道具を製作して実験をおこなった。地金の材質分析の結果をもとに試料を作成し、透かし彫りや打出し、彫金、鍍金のための各種道具や金、水銀、坩堝などの材料を準備した。この過程において多くの時間が費やされた部分は技術の復原であった。透かし彫りと彫金に利用したタガネがいくつかあることを確認し、地金に数回にわたって文様を施紋しながら大きさと形態を調節した。同時にタガネの角度によっても多様な文様ができるため角度にも留意した。

第3段階は本格的に復原品を製作する段階である。第1、2段階を通して作成された図面や道具を利用して各部品を製作し、表面に鍍金して瓔珞をとりつけた後、組み立てて完成した。金銅冠を構成する部品は左右の文様板と前後の文様板など、全部で4枚の大きい板が必要で、左右の板を結合するのに必要な∩字形の覆輪、背面に取り付けた受針と受針筒（全体的につぼみ形）などと共に製作した。また金銅冠の中上部に隙間なく華麗に飾られた瓔珞は200個以上で、瓔珞と各部品はアマルガムで鍍金した後、組み立てた。組み立ての際には手と木のタガネで形態を補整して完成した。

3．結論

この研究の目的は約1600年前の百済匠人の工芸技法を復原することであり、百済の工芸技術を復原することである。特に水村里の金銅冠には百済匠人が駆使した工芸技術だけではなく当代の人々が考えた最高の美感がいたるところに現れたと判断した。このような研究を継続、発展させていくことにより、数千年の時空を超えて当時の文化を知る美感及び美意識までもみえてくるのではないかと考えている。

発掘過程	X線透過撮影及びCT映像	
		

保存処理後の状態	復原品
	

【参考文献】
K.Y. Chung, H.S. Lee, 「Reproduction a Loop-handled Sword from Suchon-ri Site」, 『Conservation Studies』 27, (2006)
李鉉相,「水村里Ⅱ-4 號墳 出土 百濟 金銅冠의 復原製作」, 忠淸學과忠淸文化,(2006)

B-24

東北地方の縄文晩期土器における黒色化手法と文様施文手法の結びつき

○ 小林正史(北陸学院短期大学)・鐘ヶ江賢二(鹿児島国際大学)

目的： 縄文後期後半から晩期にかけての精製器種は、野焼き直後に炭素を吸着させることにより黒色化することが特徴である。本稿の目的は、新潟県北部の阿賀北地域、宮城・岩手地域、八戸地域、津軽地域の４地域においてこのような縄文晩期の精製器種の黒色化程度の変化を提示すること、および、文様施文手法や赤彩との関連から黒色化程度の時間的変化と地域差を生み出した要因を明らかにすること、の２つである。

分析資料と方法： 表１に示す遺跡から出土した口縁部を含む精製浅鉢（破片資料が主体で復元可能資料も含む）を対象とした（ただし、観音林遺跡のみ復元可能土器を対象）。浅鉢を対象としたのは、後期後半から晩期終末にかけて安定した比率で精製器種（有文とミガキ無文）が存在するためである。なお、観音林遺跡は磨耗が激しい資料が多く、これらを集計から除外したため測定個数が少なかった。また、是川中居資料は、発掘調査による長田沢地点（破片資料が主体）と泉山コレクション（復元可能土器）から構成される。

分光測色計（X-Rite 社の SP60）により L*（明度）、a*（赤と緑のバランス）、b*（黄色と青のバランス）の値を計測し、Ｌ＊値により黒みの強さを示した。この値は 40 未満が黒色、40～50 が褐色、50 以上は淡橙色～橙色にほぼ対応する。黒味を測定する浅鉢の選定において以下の点に留意した。第一に、黒色化されるのは表層の非常に薄い部分（厚さ 0.1㎜程度）のみなので、表層が摩耗すると黒みが失われてしまう。よって、ミガキ調整が摩耗により失われ、表層の色調が残っていないと判断した場合は、測定対象から除外した。第２に、スス（外面）やコゲ（内面）により本来の土器の色調がわからない土器は除外した。第３に、色ムラのある場合は、本来の最も標準的な色調を示すと思われる部分を測定した。復元可能土器が主体の観音林遺跡を除き、内面の測定値を用いた。

また、各地域において赤彩（ベンガラ塗布）が認められる浅鉢の比率を集計した（図２）。

黒色化程度と赤彩比率の変化： 各資料群の黒味の平均値を示した図１をみると、八戸地域では大洞Ｂ～C1 式期、大洞 C2 式期、大洞Ａ～Ａ’式期の順に黒味が弱まる。津軽地域では大洞 C1 式期から C2～Ａ式期へと黒味が弱まる。観音林遺跡の大洞 C2～Ａ式土器は、磨耗がみられる土器が多い点を考慮したとしても、磨耗の少ない沈線内部などの色調から判断して黒味の弱い褐色が主体であることが明らかである。津軽半島の今津遺跡の大洞 C2 式前半や渡島半島の聖山遺跡の大洞 C2（聖山１式）～Ａ式（聖山２式）の有文土器も、黒味が弱いものが多い点で共通する。津軽地域では晩期前葉の土器はまだ計測していないが、大洞 C1 式期と同じくらいかそれ以上に黒味が強いと推定される。仙台湾では、大洞Ｂ～C2 式期から大洞Ａ～Ａ’式期へと黒味が弱まる傾向がうかがえる。なお、大洞 C2 式期（里浜貝塚）の方が大洞 BC・C1 式期（田柄貝塚包含層）よりも黒味が強いのは、貝層中から出土した前者の方が保存状態がよかった結果であり、本来の黒味度合いは大差ないと考えられる。阿賀北地域では大洞 BC～C2 式期からＡ～Ａ’式期へと黒味が弱まる。なお、大洞Ｂ式期の黒味が弱いのは、中野資料は磨耗が顕著なためであり、本来はより黒味が強かったと推定される。

以上のように、仙台湾地域と阿賀北地域では大洞Ｂ～C2 式期からＡ～Ａ’式期へと黒味が弱まり、また、青森地域でも大洞Ｂ～C1 式期から C2～Ａ式期へと黒味が弱まる。このように縄文晩期後半になると黒味が弱まる傾向は、関東、北陸、西日本にも普遍的にみられる（小林・鐘ヶ江 2006）。

赤彩比率については、阿賀北、宮城・岩手、八戸の３地域では大洞Ｂ～C2 式期からＡ式期へと急激に赤彩比率が高まるのに対し、津軽地方では大洞 C2 式期から赤彩比率の急増が認められる（図２）。ただし、津軽地方でも大洞 C2 式期後半の連繋入り組み文が施される土器では赤彩比率は低いようである。なお、縄文晩期後葉に赤彩頻度が急増する現象は、同時期（弥生初頭）の西日本でもみとめられる。

彩色手法と沈線文様との関連： 「縄文晩期後半（後葉）になると黒味が薄くなり、赤彩比率が高まると」いう変化が東北地方の４地域（および西日本）に共通してみられるが、そのタイミングは、阿賀北と宮城・岩手地域では「充填縄文手法による区画系文様」が区画系・三つ又文系工字文（文様帯から縄文が消失）に変わる大洞Ａ式期なのに対し、津軽地域では１段階早い大洞 C2 式期（前半）である。津軽地域の大洞 C2

式期の精製土器は、同時期の宮城・岩手地域や阿賀北地域と比べて、①有文浅鉢に対する無文ミガキ浅鉢の比率が高い（単位文様施文率が低い；図3）、②乾燥が十分でない段階でミガキ調整を施すため光沢が少ない、などの違いがみられる。①の理由の一つとして、道南から津軽地域の大洞C2式後半の指標となっている連繋入組文は文様構成が複雑なため、文様帯幅が狭い浅鉢には施文しにくい（一方、壺や深鉢には多く用いられる）ことがあげられる。そして、炭素吸着による黒色化では器面のミガキが入念なほど黒の発色が顕著になることを考慮すると、②の事実は黒色化をあまり念頭においていないことを反映する可能性がある。このように、黒味が弱まり、赤彩比率が高まる土器群は、「縄文を地文とする区画文様が減少・消失する（全面ミガキ無文や縄文を伴わない三つ又文系工字文が多用される）時期」に特徴的にみられる。言い換えれば、充填縄文手法による複雑な区画文様を多用する時期では黒味の強い（単色の）地色が主体を占めるのに対し、大洞A式（津軽ではC2式）以降は沈線文様がシンプルになる（無文部分が増える）反面、「淡い黒地に赤色」という彩色を重視した装飾が選択された、といえる。そして、このような装飾文様の変化を生み出した要因の一つとして、浅鉢の小型化、浅めの浅鉢の増加、有文器種の中での浅鉢の比率の増加（深鉢・鉢の単位文様施文率の低下）などによる文様帯幅の縮小があげられる。

	大洞B式	大洞BC式	大洞C1式	大洞C2式	大洞A式前半	大洞A式後半
越後	中野	村尻	村尻	館ノ内	鳥屋ST区	古田
仙台湾	田柄	田柄	田柄	里浜		田柄
八戸	是川中居	是川中居	是川中居	是川中居	是川中居	剣吉
津軽			亀ヶ岡	観音林	観音林	

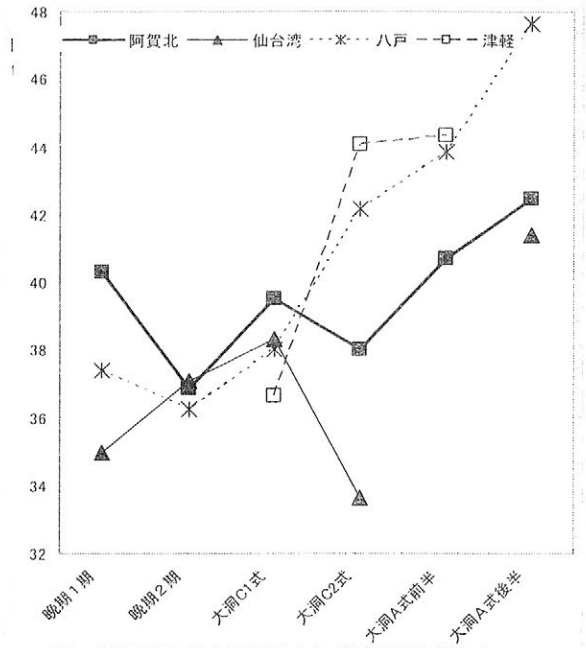


図1 浅鉢内面の黒色化程度（小さい数字ほど黒味強い）

	大洞B～BC	大洞C1	大洞C2	大洞A前半	大洞A後半～A'
越後	村尻	村尻	館ノ内	鳥屋ST区	鳥屋VW区
仙台湾	田柄	田柄	里浜	九年橋B4区	九年橋H5区
八戸	是川中	是川中居	是川中居	是川中居	剣吉
津軽		亀ヶ岡	観音林	観音林	牧野II

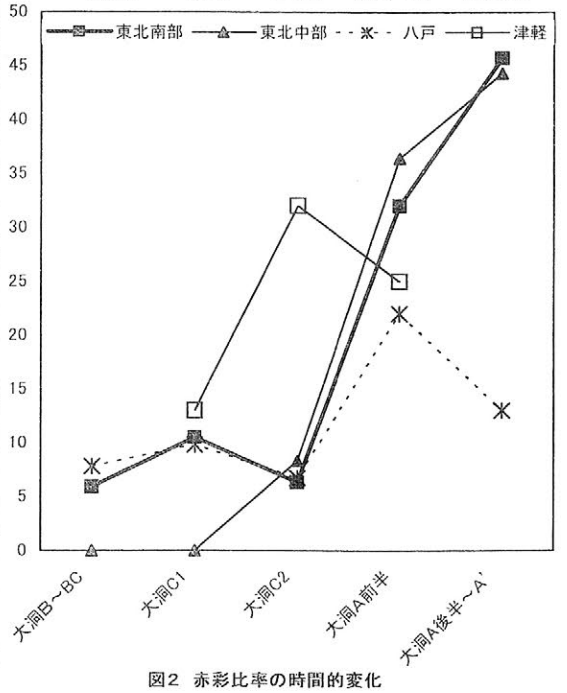


図2 赤彩比率の時間的変化

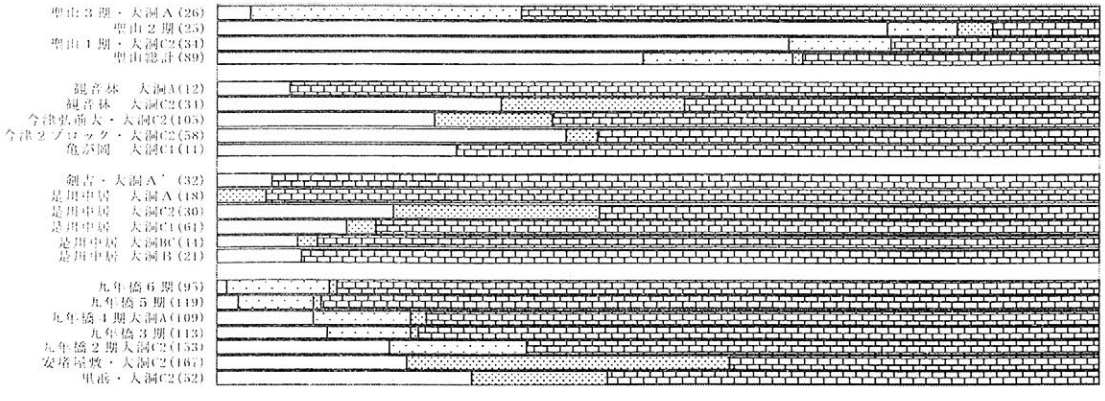


図3 道南（上段）・津軽（2段目）・八戸（3段目）・宮城岩手（下段）の浅鉢

B-25

弥生土器の焼成技術と焼成温度との関連性についての予察

－福岡県朝倉市平塚川添遺跡出土土器の黒斑観察および自然科学的分析をつうじて－

○鐘ヶ江賢二(鹿児島国際大学)・長友朋子(高麗大学校考古環境研究所)
小林正史(北陸学院短期大学)・長友恒人・西村誠治(奈良教育大学)・鈴木清一(福岡教育大学)

1. はじめに

弥生土器の焼成技術に対する分析は，断面の色調差や黒斑観察などの考古学的分析と，X線回折や示差熱分析，熱ルミネッセンス法，電子スピン共鳴法など自然科学的分析に基づく焼成温度の推定などがある。このような研究成果は，土器研究に重要な成果を提供しつつあるが，相互の分析結果の比較検討や関係性の把握が十分になされてきたとはいいがたい。土器の観察や自然科学的分析から検出される諸要素が，技術体系として相互にどのように結びついているか，という点に対するアプローチを洗練させることが，今後求められると考える。本発表では，北部九州の弥生土器に対して，黒斑観察を基軸とした考古学的分析と，熱ルミネッセンス法や電子スピン共鳴法による焼成温度推定の分析，偏光顕微鏡および電子顕微鏡による土器片の観察を実施し，焼成技術の解明にむけた分析の有効性を確認するとともに，複数の分析法の関係性を理解することの重要性を提示する。

2. 分析方法

今回，分析の対象としたのは，福岡県朝倉市平塚川添遺跡出土弥生土器で，黒斑の観察・記録は，小林の方法(小林ほか，2000)による。また焼成温度推定のための熱ルミネッセンス法や電子スピン共鳴法による分析の対象としたのは，中期後半と後期後半に相当する土器片である。偏光顕微鏡や電子顕微鏡によって基質の粘土鉱物の観察も行った。

3. 分析結果

平塚川添遺跡で出土した土器のうち，主に弥生後期に相当する土器を観察すると，黒斑は外面のA面(設置面)とB面(覆い接触面)の両方に確認できるものが多く，内面のA面にも残存黒斑が観察される。そして断面には，黒色層の形成がみとめられる。こうした黒斑や断面の状況から，平塚川添遺跡出土土器の焼成は，粘土中の炭素や焼成中に付着する炭素が完全に酸化消失する焼成ではなく，比較的短時間のコストを抑えた焼成であったことが推測される。

次に，熱ルミネッセンス法や電子スピン共鳴法による分析では，700℃を大きく超えない程度の焼成であることが推定された。これは，従来の弥生土器の焼成温度に対する見解よりもやや低いものである。それに加えて土器片を偏光顕微鏡で観察すると，ガラス化は顕著にはみとめられず，基質にセリサイトが残存しているのが確認できた。さらに，電子顕微鏡による土器断面の観察でも，収縮による亀裂の生成や，ガラス化による気孔の消滅はさほどみとめられなかった。こ

れらの分析によって得られた結果は,熱ルミネッセンス法や電子スピン共鳴法によって推定される焼成温度と調和的なものであると考えられる。

4. 今後の課題

以上の分析を照らし合わせて検討すると,それぞれの分析結果は整合的であることが確認された。しかしながら，土器の黒斑や黒色層の形成，基質のガラス化などの過程は複雑であり，焼成温度のみならず複数の要因が関与するものである。今後土器焼成に関わる諸要因の変異がおよぼす影響をふまえつつ，土器製作技術体系の理解に向けたアプローチを洗練させていきたい。

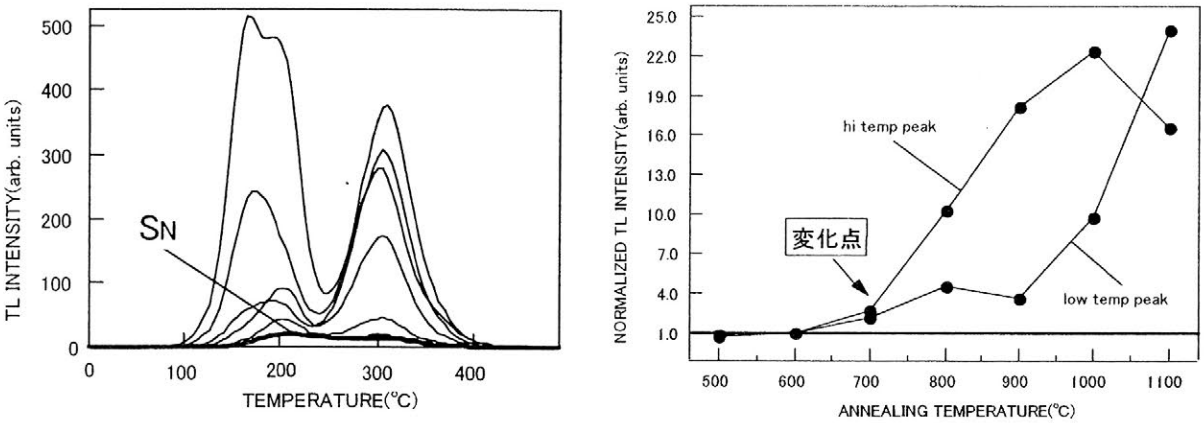


図 1　平塚川添遺跡出土土器(後期後葉)の TL 測定結果

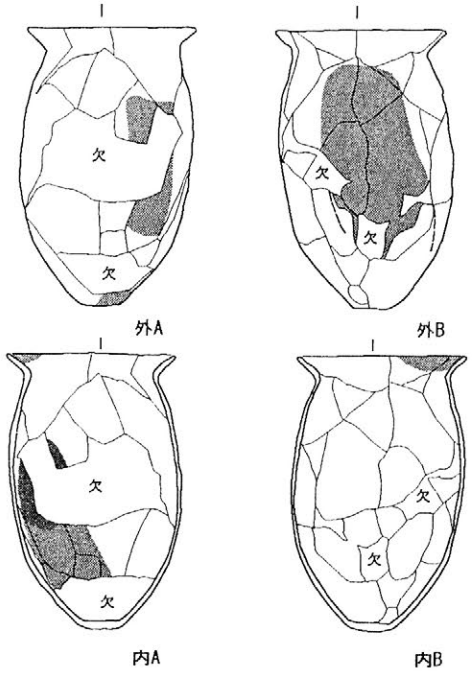


図 2　平塚川添遺跡出土土器にみられる黒斑の状況(S=1/10)

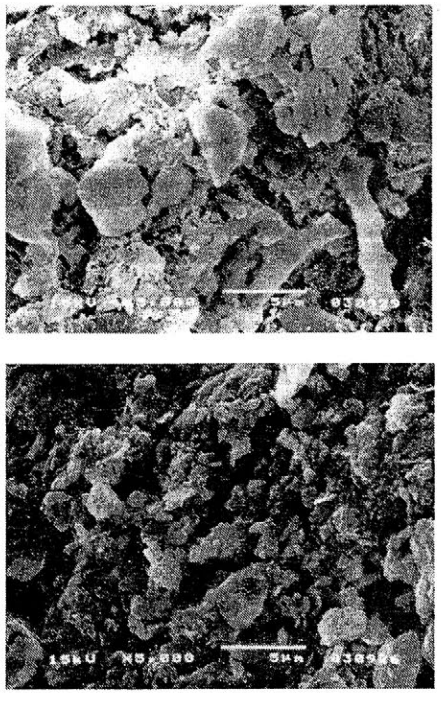


図 3　平塚川添遺跡出土土器の電子顕微鏡写真(上：中期　下：後期)

大型X線CTスキャンを用いた陶磁器製作技術の解明

○鳥越俊行・遠藤啓介・今津節生（九州国立博物館）

1. はじめに

九州国立博物館では、大型文化財の調査が可能なX線CTスキャン装置を平成18年6月に導入し、文化財の構造・技法調査を開始した。これまでに200点以上の文化財を調査しており、新しい文化財の基本調査法として注目される。

本発表では、特別展に展示された鹿児島県鹿児島神宮の御神宝である陶磁器を調査した。この陶磁器は14～15世紀に生産された中国製などの高級陶磁器を19世紀に薩摩藩島津斉彬の命により模倣したとされる"写し"一式である。この形や文様、法量などが似て二つの陶磁器について、X線CTスキャン装置による製作技術の比較研究を行ったので報告する。

2. 装置と測定方法

九州国立博物館の文化財用X線CTスキャナを用いた。この装置は重量100kg、直径1m以内の文化財を縦に置き、直径60cm×高さ180cmまでの資料を読み取ることができる。等身大の仏像を2時間程度で読み取り、最高0.2mmの高精度で断面・立体像を作成することができる大型・高速・高出力の装置である。今回の計測では線源から対象物までの距離を約1m、320kV、2.0mA、1回転あたり約6分の条件で測定した。

3. 調査資料

調査した資料は、中国・浙江省竜泉窯で作られた元時代（14世紀）の青磁八角瓶、明時代（15世紀）の青磁牡丹文瓶、同じく明時代（15世紀）の青磁花唐草文大花瓶、明時代（16世紀）に華南地方で作られた法花牡丹文双耳瓶、15世紀前後にタイで作製された灰陶印花文壺と、それらの各々について江戸時代末に薩摩藩が模倣製作したもの10点である。

4. 考察とまとめ

似て二つに見える二種類の陶磁器の断層像と三次元像の観察から以下の知見を得た。

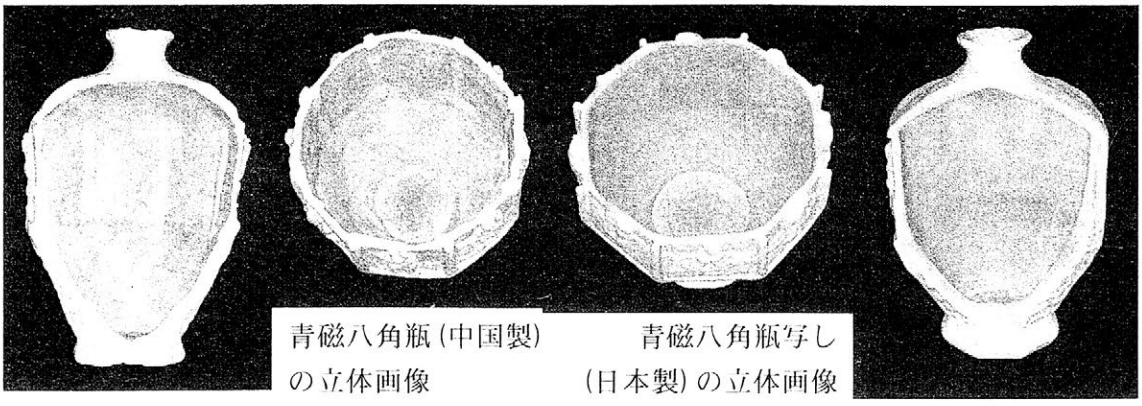
①青磁八角瓶では、人物像部分の製作技法について型成形とロクロ成形の違いが見られた。

②青磁花唐草文大花瓶では、底の落とし蓋や挿し首など製作技術に違いが見られた。

③法花牡丹文双耳瓶では、X線の透過度の違いから釉薬の違いが見られた。

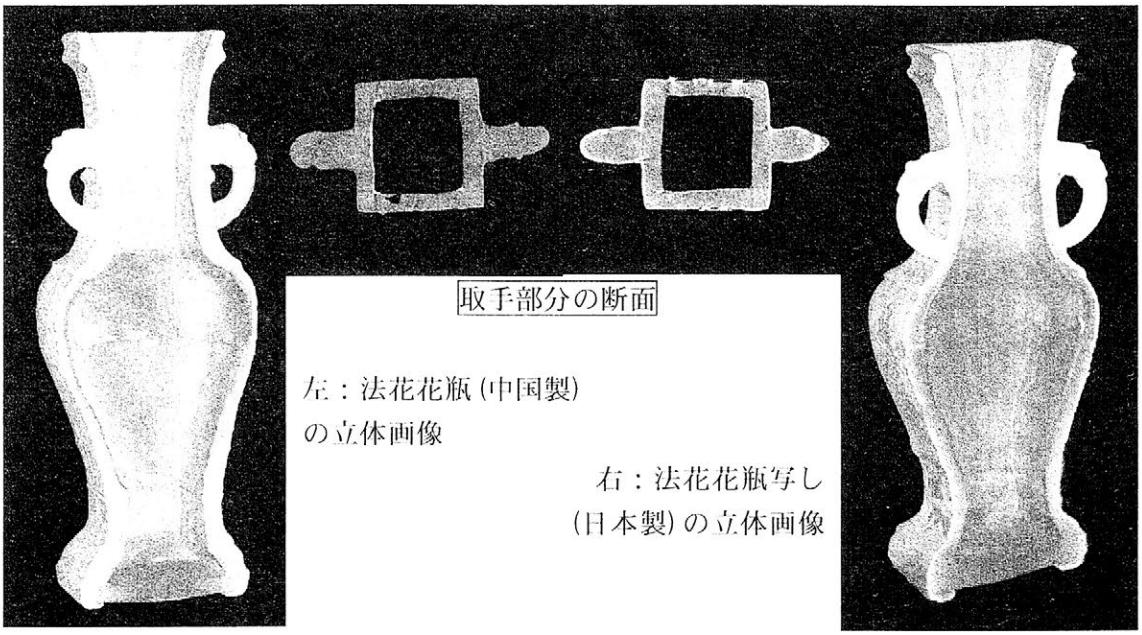
このように、表面観察では不可能な製作技法や釉薬に関する有用な知見を得ることができた。

大型で高出力・高精度の文化財用X線CTスキャン装置が博物館に導入されたことにより、展示会に伴って文化財が移動する経路で様々な文化財の非破壊調査が可能となった。今後、この装置を活用して文化財科学と考古学・美術史との共同研究が飛躍的に進展することが期待される。



青磁八角瓶（中国製）の立体画像

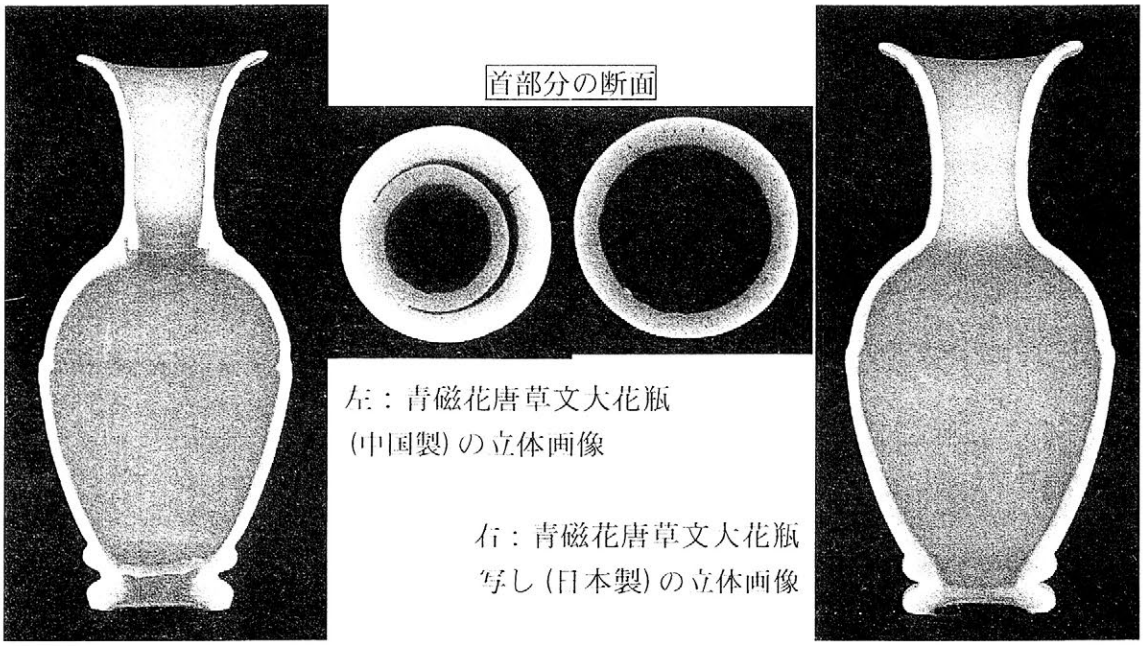
青磁八角瓶写し（日本製）の立体画像



取手部分の断面

左：法花花瓶（中国製）の立体画像

右：法花花瓶写し（日本製）の立体画像



首部分の断面

左：青磁花唐草文大花瓶（中国製）の立体画像

右：青磁花唐草文大花瓶写し（日本製）の立体画像

B-27

カマン・カレホユック遺跡IIa層出土雲母含有土器の考古科学的研究

○ 熊崎千恵美、中井　泉（東理大・理）

1. はじめに

カマン・カレホユック遺跡は、中央アナトリアのほぼ中央に位置する層状構造を持つ台形の遺構である。同遺跡では、1985年以来アナトリア考古学における文化編年の再構築を目的に発掘調査が行われており、1985年に行われた予備調査から1986年～現在までに、4層の文化層が確認されていて、各層から、その時代の技術を反映した特徴的な土器が出土している。様々な層から出土する土器に用いられた技法を明らかにしていくことで土器の製造技術の変遷を追うことができる。本研究では、自然科学的手法で土器の製造技術を解明することで新たな分類の基礎を築くことを最終的な目的としている。

4文化層の中のひとつである第II層はさらに、a,b,c,dと細分されており、本研究の対象遺物はIIa層から出土する。この層は、フリギュア文化の影響により還元焼成が本遺跡にて典型的に見られる時代である[1]。同層からは、典型的な灰色に加え、表面に研磨に拠らない光沢をもつという特徴がある灰色土器(通称：鉛土器)が出土する。また、還元焼成された鉛土器と焼成技法において対照的に酸化焼成され、赤色で表面に研磨に拠らない光沢をもつ土器（金ウォッシュ土器）も出土する。先行研究[2]によって鉛土器の光沢の原因は、白雲母とされている。一方、金ウォッシュ土器も光沢の原因は主として白雲母であるが、その中に、化学組成が白雲母とは異なるタイプの雲母を用いている土器も存在することを我々は明らかにした[3]。

表面から胎土に視点を移すと、雲母は胎土の混和材としても用いられている[4]。同時代からは、胎土に多量に雲母を含み赤色で光沢をもたない土器（金雲母土器）と、粗製の胎土であり多量の煤が表面に付着している土器（煮沸土器）が出土し、煮沸土器は調理に用いていたと推測されている。この2種の土器の胎土に見られる雲母は、雲母に富む粘土を用いた、または、何らかの方法で添加したなどの意図的な処理によって胎土に混和されていると考えられる。用途の違いが推測される土器において、共通に用いられている混和材の起源の違いを見出せれば、当時の土器製作（土器種と材料の入手法や製作地の関係など）を考察するための知見となる。そこで、本研究では、金雲母の鉄-マグネシウム比が雲母の生成条件によって変化することに注目し、雲母の組成による土器の分類を試みた。

2. 実験

試料は、同遺跡出土の鉛土器32点、金ウォッシュ土器4点、煮沸土器9点、金雲母土器9点を用いた。また、比較試料として、先行研究[5]で採取された同遺跡近郊の川砂利を用いた。雲母は、土器の表面および胎土に観察される雲母を顕微鏡下にて、針を用いて3～5点剥離し、カーボン蒸着の後、SEM-EDSにて、励起電圧20 kV、測定時間100 sec.で組成分析と組織観察を行った。

3. 結果

図1に、表面に塗布された特徴的組成を持つ雲母のEDSスペクトルを示した。参照試料との比較より、鉛土器ではMgを含まない白雲母$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH,F)$、金ウォッシュ土器では白雲母またはMgとFeを多く含む金雲母$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH,F)$が塗布されていることがわかる。

一方、図2は土器種とFeO/MgO組成比の関係を示す。土器種ごとに異なるクラスターをつくっており、雲母の組成による分類と土器種には対応関係があることが明らかとなり、土器種によって異なる起源の雲母が含まれていたと考えられる。さらに、同遺跡近郊の川砂利中の金雲母と煮沸土器中の雲母の化学組成が類似したために、煮沸土器は同遺跡近郊の原料を用いて製作されたと推測

される。一方、金雲母土器中の雲母の化学組成は、同遺跡近郊の川砂利中の金雲母および煮沸土器の金雲母と組成が類似しないことから、金雲母土器は同遺跡近郊の原料を用いていない可能性がある。また、図2からは、表面に利用された雲母（鉛土器および金ウォッシュ土器の表面の雲母）と、胎土に混和された雲母（煮沸土器および金雲母土器の胎土中の雲母）では、金ウォッシュ土器の表面の雲母の組成が、金雲母土器の胎土中の雲母の組成と類似していることがわかる。金ウォッシュ土器については、先行研究[6),7)]によって搬入品の可能性が高いとされていることから、金雲母土器および金ウォッシュ土器が同遺跡近郊の原料を用いていない可能性があり、これら2種の土器は搬入品の可能性が示唆される。しかしながら、現在のところ分析点数が少ないため、確証を得るには今後さらに検討が必要である。

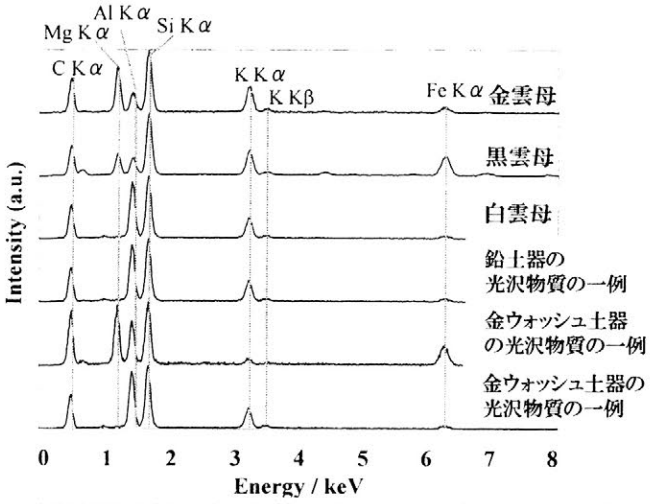


図 1　土器表面の雲母と参照物質の雲母の特性X線スペクトルの比較

以上より、雲母の組成にもとづく産地推定の有用性が明らかになった。混和材として用いられた雲母の組成の差異が、混和材のみの違いであるのか、胎土自体も異なるのかについて、現在、煮沸土器および金雲母土器について、ガラスビード法を用いた蛍光X線分析による胎土分析を行って考察を進めている。

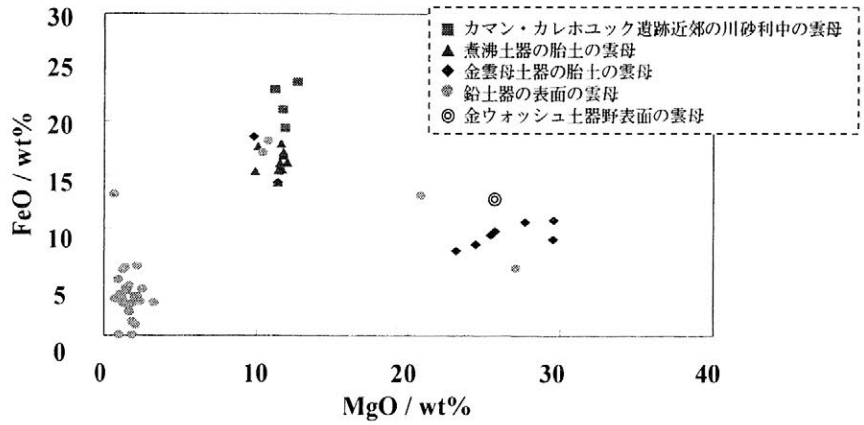


図 2　種々の土器に含まれる雲母の FeO-MgO 組成プロット

---

[1] K.Matsumura, On the Manufacturing Techniques of Iron Age Ceramics from Kaman-Kalehöyük(Ⅱ): The cultural Influence of Phrygia at Kaman-Kalehöyük, *AAS*, X, 2001.

[2] 松永将弥, 中井　泉, カマン・カレホユック遺跡出土の物質科学的研究(3)－鉛土器の製法について－, アナトリア考古学研究 VII, 1998.

[3] C.Kumazaki and I. Nakai, The Production Technique of Gold Wash Wares from Kaman-Kalehoyuk, *AAS*. XVI, *in-press*.

[4] 松村公仁, 土器片が語るミダスの世界 - カマン・カレホユック第Ⅱ層の土器 (編)大村幸弘,中近東文化センター, 1991.

[5] O.Kanno and I.Nakai, Mineralogical Analysis of Pottery and Mud Brick from Kaman-Kalehöyük,*AAS*, IX, 2000.

[6] K.Matsumura, On the Manufacturing Techniques of Iron Age Ceramics from Kaman-Kalehöyük, *AAS*, IX, 2000.

[7] 松永将弥, 松村公仁, 渡辺正純, 中井　泉, カマン・カレホユック出土土器の物質科学的研究(2), アナトリア考古学研究 VI, 1997.