

日本文化財科学会第 23 回大会・2006 年度総会

23rd

J.S.S.S.C.P Congress



Tokyo Gakugei University

期 日： 2006 年 6 月 17 日（土）・18 日（日）

会 場： 東京学芸大学 小金井キャンパス（東京都小金井市貫井北町 4-1-1）

□ 2006 年度総会

日 時： 6 月 18 日（日） 11:00～12:00

会 場： 芸術館ホール

□ 記念講演 馬淵久夫第 3 代会長（くらしき作陽大学）

「弥生時代の青銅原料について再び考える」

日 時： 6 月 18 日（日） 13:00～14:30

会 場： 南講義棟 4 階 S410 教室（A会場）

□ 研究発表会 ○口頭発表 46 件

A会場： 南講義棟 4 階 S410 教室

B会場： 中央講義棟 4 階 C401 教室

○ポスターセッション 108 件

会 場： 芸術館 1・2 階 展示室

□ 機器展示等 日 時： 6 月 17 日・18 日（日）

会 場： 芸術館 1 階 展示室

□ 懇親会 日 時： 6 月 17 日（土） 18:00～20:00

会 場： 第 2 むさしのホール 2 階 コパン

一日程表

【6月17日(土)】

- 9:00 受付開始
- 9:30 ~ 9:40 開会の挨拶
- 9:40 ~ 11:40 口頭発表(6件)
- A会場(S401):(I)材質・技法①(A-01~03)
(II)材質・技法②(A-04~06)
- B会場(C401):(I)保存科学(B-01~04)
(II)古環境(B-05~06)
- 11:00 ~ 12:50 評議員会(自然科学系研究棟会議室 M103室)
- 13:00 ~ 14:00 ポスターセッション解説
- 14:10 ~ 17:50 口頭発表(10件)
- A会場(S401):(III)材質・技法③(A-07~09)
(IV)材質・技法④(A-10~12)
(V)文化財科学一般①(A-13~16)
- B会場(C401):(III)年代測定①(B-07~09)
(IV)年代測定②(B-10~12)
(V)年代測定③(B-13~16)
- 18:00 ~ 20:00 懇親会(第2むさしのホール2階 コパン)

【6月18日(日)】

- 9:00 受付開始
- 9:40 ~ 11:00 口頭発表(4件)
- A会場(C401):(VI)文化財科学一般②(A-17~20)
- B会場(C401):(VI)産地同定①(B-17~20)
- 11:00 ~ 12:00 2006年度総会(芸術館1階ホール)
- 13:00 ~ 14:30 記念講演 A会場(C401)
馬淵久夫第3代会長(くらしき作陽大学)
「弥生時代の青銅原料について再び考える」
- 14:30 ~ 15:30 ポスターセッション解説
- 15:40 ~ 16:40 口頭発表(3件)
- A会場:(VII)文化財科学一般③(A-21~23)
- B会場:(VII)産地同定②(B-21~23)



◎ 記念講演 【A会場】(S410) ◎

馬淵久夫第3代会長(くらしき作陽大学)

「弥生時代の青銅原料について再び考える」

◎ 口頭発表 【A会場】(S410) ◎

『材質・技法』

- A-01 絹文化財のセリシン層に関する顕微赤外分析の基礎検討
○佐藤昌憲(奈良文化財研究所)・一田昌利・三村 充(京都工芸繊維大学)
- A-02 縄文時代の編組技術と漆技術 —赤色漆塗糸玉を中心に—
○永嶋正春(国立歴史民俗博物館研究部)・村本周三(総合研究大学院大学博士課程)・
小林青樹(國學院大學栃木短期大学)
- A-03 蠟色仕上げした漆塗膜における紫外線照射の影響
○神谷嘉美・宮腰哲雄(明治大学理工学部)
- A-04 桃山文化期の漆塗料に関する新知見
○北野信彦(くらしき作陽大学・(兼)京都市埋蔵文化財研究所)・上村和直・小檜山一良・
竜子正彦(京都市埋蔵文化財研究所)・高妻洋成(奈良文化財研究所)・宮腰哲雄(明治大
学理工学部)
- A-05 三角縁神獣鏡の金属学的研究 ……椿井大塚山古墳出土鏡を中心に…
○村上 隆(独立行政法人奈良文化財研究所)・山崎一雄(名古屋大学)・樋口隆康(奈良
県立橿原考古学研究所)
- A-06 西安市より出土した漢代鉄剣の鞘の構造について—西安市文物保護考古所との共同研究(1)—
○岡田文男(京都造形芸術大学)・太田亜希(京都造形芸術大学大学院)・孫福喜・程林泉
(西安市文物保護考古所)
- A-07 集落遺跡における土器原材料のデポに関する自然科学的アプローチ (その1)
—岩倉忠在地遺跡・住居址出土粘土のX線分析法による材質評価—
○高林弘実(理化学研究所)・矢作健二(パリノ・サーヴェイ株式会社)・若林邦彦(同志
社大学)
- A-08 長野県宮崎遺跡出土縄文土器における器種による胎土の相違
阿部嘉幸(立命館大学卒業生)・○塚原秀之(立命館大学大学院)・矢野健一(立命館大学)
- A-09 縄文後・晩期の黒色化手法の伝播過程
○小林正史(北陸学院短期大学)・鐘ヶ江賢二(鹿児島国際大学)
- A-10 縄文時代におけるベンガラ の獲得と利用に関する基礎的研究
—新潟県中越地域の集落遺跡をモデルケースとして—
○西野摩耶(慶應義塾大学大学院)・上條朝宏(東京都埋蔵文化財センター)・佐藤雅一
(津南町教育委員会)・建石 徹(文化庁)

- A-11 土器付着炭化物の微細構造の検討
○村本周三（総合研究大学院大学博士課程）・永嶋正春（国立歴史民俗博物館研究部）
- A-12 千葉県下太田貝塚における安定同位体比による食性の検討：単独埋葬と集団埋葬の比較
○米田 穰（東京大学・大学院新領域創成科学研究科・先端生命科学専攻）・菅谷通保（茂原市立美術館・郷土資料館）・松村博文（札幌医科大・医学部・解剖学第2講座）・柴田康行（独立行政法人国立環境研究所・化学環境研究領域）

『文化財科学一般』

- A-13 世界の黒曜石研究の現状
鈴木正男（立教大学）
- A-14 東北地方のへら状石器の石材と移動について
～石器素材に対するレーザー波の伝達速度測定～
○須田富士子・藤巻宏和（東北大学理学研究科）
- A-15 石造文化財の劣化状態を知るための打音試験法の応用 I
－打撃音の周波数解析と浮き・空洞の検出－
○高妻洋成・脇谷草一郎・降幡順子・肥塚隆保（奈良文化財研究所）
- A-16 微量不純物分析による日本刀の「科学的鑑定」
○松本圭一朗・宮本雄介・志村史夫（静岡理工科大学）
- A-17 亀山古墳調査における物理探査の活用
○阿児雄之・亀井宏行（東京工業大学）・菱田哲郎（京都府立大学）・加西市教育委員会
- A-18 大規模3次元モデル上の情報の編集・表示システム
○岡本泰英・高松 淳・影沢政隆（東京大学生産技術研究所）・岡田 健（東京文化財研究所）・池内克史（東京大学生産技術研究所）
- A-19 3次元モデルを用いたカンボジアバイヨン寺院尊顔の解析考察
～尊顔の分類とその制作背景～
○鎌倉真音・大石岳史・高松 淳・池内克史（東京大学生産技術研究所）
- A-20 砂岩材の帯磁率から推定されるアンコール遺跡の建造過程(その2)
プラ・コーク期からアンコール・ワット期
内田悦生（早稲田大学理工学術院）・オリヴィエ・クニン（Center of Khmer Studies）・須田千幸・○上野晃世・中川 武（早稲田大学理工学術院）
- A-21 農耕地遺構の農耕地としての評価法に関して(第4報)
○須永薫子（東京農工大学農学部国際環境農学）・坂上寛一（星槎大学共生科学部）
- A-22 水分蒸発を抑制する遺構保存用のシリコンポリマーが土壌中の水分移動に与える影響に関する研究
○三石正一・宮崎 毅・溝口 勝（東京大学大学院農学生命科学研究科）
- A-23 銅石器～ローマ時代における中央アナトリア地域の遺跡立地解析
－GISを用いた一般調査成果の標準化と遺跡存在の評価－
○鈴木慎也（千葉大学大学院）・津村宏臣（同志社大学）・大村幸弘（中近東文化センター）

◎ 口頭発表【B会場】(C401) ◎

『保存科学』

- B-01 壁画の保存環境 —レバノンのローマ時代壁画地下墓から高松塚古墳壁画の保存を考える—
西山要一 (奈良大学文学部文化財学科)
- B-02 熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価 (5)
—TJ04 地下墓内崩落物による“その場”評価の検証—
○林 國郎・西山 要一 (奈良大学文学部文化財学科)
- B-03 カンボジア・西トップ寺院遺跡の保存科学的研究 1
○脇谷草一郎・高妻洋成・杉山 洋・肥塚隆保 (奈良文化財研究所)
- B-04 リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理Ⅱ
—強度の向上および寸法変化の抑制について—
○片岡太郎 (秋田県立大学大学院博士後期課程生物資源科学研究科・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 (独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所)

『古環境』

- B-05 酸性土壌と骨格の保存 札幌市遺跡群を中心とした土壌 pH の研究
○富岡直人 (岡山理科大学総合情報学部)・仙庭伸久・藤井誠二 (札幌市埋蔵文化財センター)・谷村 彩・畑山智史 (岡山理科大学総合情報学部)
- B-06 古代中国における栽培コムギのルーツを探る
—新疆ウイグル自治区小河墓遺跡出土コムギ種子の DNA 解析—
○西田英隆 (岡山大学)・中村郁郎 (千葉大学)・李 軍 (新疆ウイグル自治区文物局)・イディリス・アブドラスル (新疆文物考古研究所)・加藤鎌司 (岡山大学)・佐藤洋一郎 (総合地球環境学研究所)

『年代測定』

- B-07 縄文時代前半期における ^{14}C 年代測定
○小林謙一・今村峯雄・春成秀爾・西本豊弘・坂本 稔 (国立歴史民俗博物館)
- B-08 遺跡の時間情報の解読 (Ⅱ) —炭化材のウイグルマッチング—
○國木田大・吉田邦夫・宮崎ゆみ子・遠藤 文・松崎浩之 (東京大学)・加藤博文 (北海道大学)・松田 功 (斜里町立知床博物館)
- B-09 鎌倉由比ヶ浜遺跡から出土した人骨・獣骨の ^{14}C 年代
○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・星野敬吾 (聖マリアンナ医科大学)・西本豊弘 (国立歴史民俗博物館)・鶴澤和宏 (東亜大学)
- B-10 炭素 14 ウィグルマッチ法による歴史資料の高精度年代測定
○今村峯雄・尾寄大真 (国立歴史民俗博物館)・光谷拓実 (奈良文化財研究所)・中尾七重 (武蔵大学)
- B-11 ^{14}C 年代測定によるカンボジア、プラサート・スープラ遺跡テラスの変遷過程と実年代
○中松万由美・コウ・ベット (早稲田大学大学院理工学研究科)・佐々木由香 (株式会社パレオ・ラボ)・中川 武 (早稲田大学理工学術院)・山本信夫 (金沢大学埋蔵文化財調査センター)・小川英文 (東京外国語大学)

- B-12 ¹⁴C年代測定を用いた定点調査による文化変遷の解明
○大森貴之（名古屋大学）・松村公仁（中近東文化センター附属日本アナトリア考古学研究所）・中村俊夫（名古屋大学）
- B-13 旧石器遺跡形成史解明のためのルミネッセンス法による鍵層テフラ年代測定の必要性
○下岡順直（日本学術振興会特別研究員 PD）・長友恒人（奈良教育大）・西村誠治・小畑直也（奈良教育大・院）
- B-14 新潟県阿賀町現明嶽遺跡出土試料の RTL 年代測定
○伊庭 毅（新潟大学院自然科学研究科）・橋本哲夫（新潟大学理学部）
- B-15 平城京跡から発掘された瓦片試料の赤色熱ルミネッセンス（RTL）年代測定
○橋本哲夫・玉城美津穂（新潟大学理学部）
- B-16 奈良市大安寺西塔関連試料の年代測定
○西村誠治・長友恒人（奈良教育大学）・奈良市教育委員会
- B-17 黒曜岩中の元素の挙動 —産地推定のための指標選択—
○国武貞克（日本学術振興会）・大屋道則（埼玉県埋蔵文化財調査事業団）・田村 隆（千葉県立中央博物館）・島立 桂（山武郡市文化財センター）・横山一己（国立科学博物館）・望月明彦（沼津工業高等専門学校）・平尾良光（別府大学）
- B-18 礼文島船泊遺跡、千歳市キウス4遺跡から出土した天然アスファルトの産地同定
小笠原正明（東京農工大学）・○加藤晃一（北海道大学大学院）
- B-19 土器胎土の産地推定に関する一方法
○大屋道則（埼玉県埋蔵文化財調査事業団）・安田奈央（別府大学大学院生）・横山一己（国立科学博物館）・平尾良光（別府大学）
- B-20 関東地域の窯跡出土須恵器、埴輪の化学特性
○三辻利一（大阪大谷大学）・高橋一夫（埼玉県立博）
- B-21 和歌山県熊野大社が所蔵する鉄湯釜の補修銅の鉛同位体比
○平尾良光・角川 茂（別府大学）・石井里佳・雨森久晃（元興寺文化財研究所）
- B-22 韓国嶺南地域出土資料、東大所蔵楽浪土城出土資料、宮内庁所蔵資料などの鉛同位体比測定結果
○齋藤 努（国立歴史民俗博物館）・土生田純之（専修大学）・亀田修一（岡山理科大学）・福尾正彦（宮内庁）・鄭仁盛（東京大学）・高田貫太（岡山大学）・風間栄一（長野市教育委員会）・藤尾慎一郎（国立歴史民俗博物館）・柳昌煥・趙榮濟（慶尚大學校博物館）
- B-23 タイおよびラオスに分布するクメール遺跡の砂岩材供給源
内田悦生・伊藤公範・○清水信考・小田彰彦（早稲田大学理工学術院）

23rd

J.S.S.C.P Congress



Tokyo Gakugei University

◎ ポスターセッション（芸術館1・2階展示室） ◎

- 第1日● 6月17日（土） 11:00～17:00 展示
解説時間 13:00～14:00
展示作業 9:30～11:00
- 第2日● 6月18日（日） 10:00～15:30 展示
解説時間 14:30～15:30
撤収作業 15:30～16:30

【年代測定】

- P-001 学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア」による高精度年代測定の集成
学術創成研究グループ（代表者：西本豊弘（国立歴史民俗博物館）・○坂本 稔
（国立歴史民俗博物館）
- P-002 岩手県北上市大橋遺跡の炭素14年代測定
○遠部 慎・小林謙一・宮田佳樹・尾寄大真・新免歳靖・坂本 稔（国立歴史民俗博物館）・八木勝枝（岩手県文化振興事業団埋蔵文化財センター）・松崎浩之（東京大学大学院工学系研究科）
- P-003 竜ヶ崎A遺跡（滋賀県）の土器付着炭化物ー西日本最古のキビの発見
○宮田佳樹・遠部 慎・坂本 稔・今村峯雄・西本豊弘（国立歴史民俗博物館）・小島孝修（財団法人滋賀県文化財保護協会）
- P-004 日本産樹木年輪試料の炭素14濃度測定：黄幡1号遺跡出土加工木材(820BC～436BC)
尾寄大真・○今村峯雄（国立歴史民俗博物館）・松崎浩之（東京大学大学院工学系研究科）・光谷拓実（奈良文化財研究所）
- P-005 炭素14法および考古地磁気法による窯跡の年代推定
○中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）・酒井英男（富山大学理学部）・広岡公夫（大谷女子大学文学部）
- P-006 須恵器出現期の土師器付着炭化物の較正年代ー尾張・三河を中心にしてー
○菅野裕之（名古屋大学文学研究科）・赤塚次郎（愛知県埋蔵文化財センター）・山本直人（名古屋大学文学研究科）・中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）
- P-007 ^{14}C 年代測定における酸アルカリ酸法の処理条件の検討
ー中央アナトリア、カマン・カレホユック遺跡における青銅器時代を事例にしてー
○渥美 晋（東京理科大学 大学院理学研究科）・米田 穰（東京大学 大学院新領域創成科学科）・柴田康行（国立環境研究所化学環境研究領域）・今井章雄・小松一弘・松重一夫（国立環境研究所水圏環境研究領域）・中井 泉（東京理科大学大学院理学研究科）

【古環境】

- P-008 京都府宇治川周辺の河川・土砂災害史料に関するGISを用いた地形学的検討
○松田順一郎（史跡 鴻池新田会所管理事務所）・西田倫子（宇治市教育委員会）
- P-009 先史時代・テペ堆積に関する遺跡形成論的アプローチ
ーサラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡における堆積土の分析ー
○高林弘実（理化学研究所）・津村宏臣（同志社大学）・三宅 裕（東京家政学院大学）

- P-010 オマーン先史海洋民族に関する動物考古学・情報考古学的アプローチ
 - Ras Jibsh 貝塚周辺的一般調査とバーチャルアーカイブに関して-
 ○津村宏臣 (同志社大学)・樋泉岳二 (早稲田大学)・Enrico, R. Crema (ボローニャ大学)・
 Hassan, M. A. Al-Lawati (オマーン国文化遺産省)
- P-011 遺跡出土獣骨の部位組成解釈に関する基礎的研究
 植月 学 (山梨県立博物館)
- P-012 日本在来イネの機動細胞珪酸体形状特性について
 宇田津徹朗 (宮崎大学)
- P-013 出土イネ種子のサイズのばらつきからみた遺伝的多様性
 佐藤洋一郎 (人間文化研究機構総合地球環境学研究所)
- P-014 鉄製遺物を埋蔵する土壌環境の腐食に対する影響の相対的評価の試み
 ……登呂遺跡と青谷上寺地遺跡の比較に基づいて…
 ○村上 隆 (奈良文化財研究所)・岡村 渉 (静岡市役所)・野田真弓 (鳥取県埋蔵文化財
 センター)
- P-015 古代窯業における燃料材
 ○小林克也・松田泰典・米村祥央・北野博司 (東北芸術工科大学)
- P-016 レプリカ法による土器圧痕の調査① ～多量観察のための方法論～
 ○比佐陽一郎・片多雅樹・山崎純男 (福岡市教育委員会)
- P-017 レプリカ法による土器圧痕の調査② ～縄文農耕論へのアプローチ～
 山崎純男・○片多雅樹・比佐陽一郎 (福岡市教育委員会)

【材質・技法】

- P-018 長野県善光寺平における古墳出土ガラス玉の自然科学的研究
 ○新免歳靖 (総合研究大学院大学博士課程後期)・木下正史 (東京学芸大学)・佐藤信之
 (千曲市森將軍塚古墳館)
- P-019 種々のタイプの蛍光X線分析装置を用いた考古試料のX線分析
 仁頃丈二郎・○藤原 学 (龍谷大理工)・池田重良 (立命館大 SR セ)・井田博之・
 石井秀司・河合 潤 (京大院工)
- P-020 大谷コレクションにおけるせん類の蛍光X線分析
 ○仁頃丈二郎 (龍谷大理工)・中野達弘・藤原 学 (龍谷大理工)・池田重良 (立命館大
 SR セ)
- P-021 ハンディー型蛍光X線分析装置によるブロンズ像の多点分析
 ○片多雅樹・比佐陽一郎・三木隆行 (福岡市教育委員会)・鳥越俊行・志賀智史・
 今津節生 (九州国立博物館)
- P-022 ハンディー型蛍光X線分析装置を用いた彩色石棺の非破壊調査と装置の特性
 ○鳥越俊行・今津節生・志賀智史・市元墨 (九州国立博物館)・桑原康郎 (MIHO MUSEUM)

- P-023 古墳時代の金属工芸 ―兵庫県川西市勝福寺古墳出土の象嵌大刀と装身具の機器分析から―
○西山要一（奈良大学文学部文化財学科）・岡野慶隆（川西市教育委員会）・福永伸哉（大阪大学大学院文学研究科）
- P-024 太宰府市宮ノ本遺跡出土平脱鏡の調査
○下川可容子（NPO 法人文化財保存活用支援センター）・城戸康利（太宰府市教育委員会）
- P-025 鹿児島県湧水町が保管する中世銅鏡の蛍光 X 線分析
○内田俊秀（京都造形芸術大学芸術学部）・河野益近（京都大学工学部）
- P-026 PIXE による中世銅銭の金属組成分析
松波静香（広島大学文学部）・河野益近（京都大学工学部）・西山文隆（広島大学工学部）
○内田俊秀（京都造形芸術大学芸術学部）
- P-027 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
○橋本俊範（奈良大学大学院）・西楽寺・杉本和江・杉本圭祐（古美術修理すぎもと）
袋井市教育委員会
- P-028 EPMA による名古屋城天守閣鉄釘の材質調査
○加藤将彦・平井昭司（武蔵工業大学工学部）
- P-029 大阪城跡出土刀装具の材質、構造的調査
清水梨代（(財)大阪府文化財センター）
- P-030 倉科將軍塚古墳 2 号墳出土短甲復元にとまなう調査研究
○服部哲則（東京学芸大学）・矢島宏雄（千曲市教育委員会）・木下正史（東京学芸大学）
- P-031 姫路市宮山古墳出土鑲轡の復元模造品製作
○塚本敏夫（(財)元興寺文化財研究所）・大谷輝彦（姫路市教育委員会）・菅野成則・撫養健至（(株)スタジオ三十三）・中村栄順（中村工芸）
- P-032 前近代大鍛冶工程の再現にむけた予備実験
○高塚秀治（国立歴史民俗博物館）・服部晃央（国際基督教大学）・齋藤 努（国立歴史民俗博物館）
- P-033 静岡県の遺跡から出土する建築材の樹種構成
西尾太加二（(財)静岡県埋蔵文化財調査研究所）
- P-034 木工による刃こぼれ痕の形状比較分析 ―建築部材における事例研究―
○藤井裕之（京都大学大学院人間・環境学研究科博士後期課程）・竹口泰生・長谷川晋平（奈良県文化財保存事務所）
- P-035 平安京出土の壁土の材質について
○竜子正彦・東 洋一（(財)京都市埋蔵文化財研究所）・北野信彦（くらしき作陽大学）
- P-036 原の辻遺跡出土楽浪系土器の黒色付着物についての検討
○鐘ヶ江賢二（鹿児島国際大学博物館）・中牟田義博（九州大学総合研究博物館）
上野禎一（福岡教育大学）

- P-037 筑波三村寺出土塑像片に認められた銅系顔料の意義
朽津信明（東京文化財研究所）
- P-038 奈良絵本「竹取物語」挿絵の顔料分析
高馬英樹・○野口高史（龍谷大学理工学部大学院生）・上田智也（同理工学部学生）・藤原 学・江南和幸（龍谷大学 AFC）・河野益近（京都大学大学院工学研究科）
- P-039 根津美術館所蔵燕子花図屏風の X線調査
○早川泰弘・三浦定俊（東京文化財研究所）・松島朝秀（東京芸術大学）
- P-040 武雄鍋島家所蔵絵具の材質分析
○丹沢 穰・加藤将彦・平井昭司（武蔵工業大学工学部）・早川泰弘・三浦定俊（東京文化財研究所）
- P-041 南関東地方における弥生時代終末期のベンガラ利用
ー西相模地域の集落と墓域を対象としてー
○西野摩耶（慶應義塾大学大学院）・上條朝宏（東京都埋蔵文化財センター）・建石 徹（文化庁）・若林勝司（平塚市教育委員会）・中嶋由紀子（平塚市教育委員会）
- P-042 集落遺跡における土器原材料のデポに関する自然科学的アプローチ（その2）
ー岩倉忠在地遺跡・住居址出土粘土塊および土器片の薄片観察による解析ー
○矢作健二（パリノ・サーヴェイ株式会社）・若林邦彦・高林弘実（同志社大学）
- P-043 カマン・カレホック遺跡出土の鉛土器と金雲母土器の製法の解明
○熊崎千恵美・保倉明子・中井 泉（東理大理）
- P-044 出土埋木玉の科学分析について
植田直見（(財)元興寺文化財研究所）
- P-045 出土鉄製品に付着する劣化繊維製品の情報について
○山岡奈美恵・塚本敏夫・井上美知子（(財)元興寺文化財研究所）
- P-046 飾り弓の材質と技法 ～北海道北斗市押上1遺跡の事例から～
○小林幸雄（北海道開拓記念館）・森 靖裕（北斗市教育委員会）
- P-047 大槌代官所跡遺跡出土漆器の調査 ～クロスセクション観察による製作技法の検討～（2）
○小館昭子（東北芸術工科大学大学院）・手代木美穂（東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター）・松田泰典（東北芸術工科大学大学院）・松井敏也（筑波大学大学院）・鎌田精造（大槌町教育委員会）
- P-048 中世出土漆器に使用された火山ガラスを含む下地材について（1）
○武田昭子（昭和女子大学）・赤沼英男（岩手県立博物館）・土谷信高（岩手大学）
- P-049 シルクロード交流館所蔵コプト織断片の化学分析 その2 赤色染料分析
○佐々木良子（京都工芸繊維大学）・松原淳子・岡田文男（京都造形芸術大学）・土橋理子（ならシルクロード博記念国際交流財団）・佐藤昌憲（奈良文化財研究所）・佐々木健（京都工芸繊維大学）

【産地同定】

- P-050 動物遺存体の産地同定に関する基礎研究 ―現生魚類の炭素・窒素同位体分析―
○石丸恵利子（京都大学大学院人間・環境学研究科博士後期課程）・海野徹也（広島大学大学院生物圏科学研究科）・陀安一郎（京都大学生態学研究センター）
- P-051 石器・玉類の原材産地分析（22）
藁科哲男（遺物材料研究所）
- P-052 神津島産黒曜石の産地推定に関する基礎的研究 ―蛍光 X 線による定量・定性分析から―
○杉原重夫（明治大文化財）・長井雅史（日本大文理、明治大文化財）・鈴木尚史（明治大文化財）・柴田 徹（考古石材研究所）・小森次郎（日本大文理、明治大文化財）・大田陽介・金成太郎（明治大・院）
- P-053 縄文時代における新潟県内の黒曜石の流通
○菅頭明日香（東京学芸大学大学院）・建石 徹（文化庁）・佐藤雅一（津南町教育委員会）・二宮修治（東京学芸大学）
- P-054 中世、大分県豊後府内遺跡から出土したメダイの産地推定
○魯 禎玟・平尾良光（別府大学）・後藤晃一（大分県教育庁）
- P-055 弥生時代における九州北部の青銅製品の産地推定
○原 彰吾・渡辺智恵美・平尾良光（別府大学）・井 英明・森下靖士（古賀市教育委員会）
- P-056 鉛同位体比から見た鎌倉大仏周辺遺構から出土した銅滓
○角川 茂・平尾良光（別府大学）・福田 誠・永田勝久（鶴見大学）
- P-057 原始古代青銅製品の鉛同位体比分析について
廣坂美穂（岡山理科大学大学院総合情報研究科）
- P-058 島根県の遺跡から発見された朱
○今津節生（九州国立博物館）・渡辺貞幸（島根大法文学部）・岩橋孝典（島根県埋文調査センター）坂本豊治（出雲市文化観光部文化財課）・柴崎晶子（島根県埋文調査センター）・南 武志（近畿大理工学部）
- P-059 弥生時代墳墓に使用された粘質土の由来
○中園 聡・大濱春代・川宿田好見・河越彩子・折尾真紀・黒木梨絵（鹿児島国際大学）
- P-060 薩摩半島における弥生土器胎土の化学特性
○中園 聡・三辻利一・河越彩子・川宿田好見・大濱春代・折尾真紀・黒木梨絵・鬼塚勇樹・花田寛典・本田 望（鹿児島国際大学）
- P-061 生出塚、馬室窯群の埴輪の供給先
○三辻利一（大阪大谷大学）・山崎 武（鴻巣市教委）・新井 端（埼玉県甲南町教委）・太田博之（埼玉県本庄市教委）
- P-062 東海地域の窯跡出土中世陶器の化学特性
○三辻利一（大阪大谷大学）・柴垣勇夫（静岡大学）

P-063 古墳時代後期の小地域における須恵器生産と流通
ー岡山県津山市内の須恵器生産地と消費地の胎土分析からー
○白石 純 (岡山理科大学自然科学研究所)・石井悠子・小林博昭 (岡山理科大学総合情報学部)・小郷利幸 (岡山県津山市教育委員会)

P-064 ポータブル蛍光X線分析装置を用いた初期イスラーム陶器釉薬の考古化学的研究
○田代哲也・保倉明子・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)

【保存科学】

P-065 フラットパネルディテクターを用いた文化財の엑스線構造調査
沓名貴彦 (山梨県立博物館)

P-066 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)・李 榮篤 (東京都立大学)

P-067 文化財の透過X線撮影におけるマンモグラフィ用フィルムの特性
○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-068 糖アルコール含浸処理における固化・乾燥工程の検討
ー最終含浸濃度と結晶化の環境についてー
伊藤幸司 ((財)大阪市文化財協会)

P-069 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2
ーPEG含浸法による収縮木材の回復試験ー
○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)・赤田昌倫 (奈良大学大学院)

P-070 ポリエチレングリコールの分子量分布変動に伴う保存処理済み木製遺物への影響
○米村祥央・布施明子 (東北芸術工科大学)

P-071 薬剤含浸処理した資料の接着の力学的研究 (5)
○川本耕三・江野朋子・石井里佳・中越正子 ((財)元興寺文化財研究所)・中村晋也 (金沢学院大学)

P-072 正福寺遺跡出土植物性編組品の科学的保存処理の研究
山田 広幸・西山要一 (奈良大学大学院)

P-073 古墳出土金属器表面に残る有機物痕跡の一事例 ～ハエ困蛹殻から見えるもの～
○比佐陽一郎 (福岡市埋蔵文化財センター)・大澤元裕 (日本考古学協会会員)・大塚恵治 (八女市教育委員会)

P-074 腐食生成物の形状と陰イオンとの関係 ～腐食生成物データベースの構築～
○松井敏也 (筑波大学)・渡辺淑恵 (山形県埋文センター)

P-075 弁慶ヶ穴古墳における表面水分量の変化と壁画の見え
朽津信明 (東京文化財研究所)

P-076 静岡県袋井市西楽寺所蔵 銅製不動明王像の修復略報
○杉本和江・杉本圭祐 (古美術修理すぎもと)・西楽寺・袋井市教育委員会

- P-077 和壁の熱ならびに湿気特性について
○宮野則彦（日本大学）・宮野秋彦（名古屋工業大学）
- P-078 古瓦の熱ならびに湿気特性について
○宮野則彦（日本大学）・小林章夫（瓦宇工業所）宮野秋彦（名古屋工業大学）
- P-079 歴史的近代建造物における展示室と収蔵室の環境改善
○武田昭子（昭和女子大学）・田村朋久（国立療養所長島愛生園）・小嶋康子（神山復生記念館）・赤沼英男（岩手県立博物館）・深山 満（関東港業(株)）・若木和雄（(独法)建材試験センター）・増田勝彦（昭和女子大学）・宮野秋彦（名古屋工業大学）
- P-080 山形県河北町における漆喰壁土蔵の劣化現状と保存対策
○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-081 二次元検出付き高分解能X線回折法による地衣類の石造文化財に及ぼす影響
ー山形に残る日本最古の凝灰岩製石鳥居群を事例としてー
○張 大石（東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター）・田辺優子・松田泰典（東北芸術工科大学大学院）
- P-082 山形に残る日本最古の石鳥居群の赤外線サーモグラフィによる劣化解析
○張 大石（東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター）・松田泰典（東北芸術工科大学大学院）
- P-083 逗子市名越切通の崩落対策(2) ー砂岩に対する保存対策ー
○小林 恵・橋口 稔（応用地質株式会社）・橋本直樹（逗子市教育委員会）・沢田正昭（国土館大学）
- P-084 マハタート寺院煉瓦建造物の劣化評価に関するモニタリング
ー建造物の3次元構造アーカイブ技術でのCADから4D-GISへの移行ー
○二神葉子（東京文化財研究所）・津村宏臣（同志社大学）
- P-085 高松塚古墳石室周囲の環境変化による石室内温湿度変化の検討
○小椋大輔・銚井修一（京都大学大学院）・北原博幸（トータルシステム研究所）・石崎武志・犬塚将英（東京文化財研究所）
- P-086 高松塚古墳墳丘部の地盤特性に関する調査
三村 衛（京都大学・防災研）・○石崎武志・犬塚将英（東京文化財研究所）
- P-087 高松塚古墳から採取されたカビ・酵母の発育温度試験
○高鳥浩介・相原真紀・朴奉柱（国立医薬品食品衛生研究所）・佐野千絵・木川りか・三浦定俊（東京文化財研究所）
- P-088 高松塚古墳から採取されたカビ・酵母の発育に対する温度および湿度の影響
○阿部恵子（環境生物学研究所）・杉山純多（テクノスルガ）・木川りか・佐野千絵・三浦定俊（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）
- P-089 高松塚古墳・キトラ古墳における微生物調査
○佐野千絵・木川りか・間淵創・三浦定俊（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）・喜友名朝彦・小出知己・杉山純多（株式会社テクノスルガ）

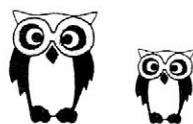
- P-090 古墳の保存と活用のための生物等被害状況アンケート調査 ー九州ー
○佐野千絵・石崎武志・三浦定俊（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）
- P-091 文化財の生物被害防除手法に関するアンケート集計結果
ー2005年臭化メチル全廃を迎えてー
○佐野千絵・木川りか（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）
- P-092 文化財所在地点における大気環境調査 ー金沢城三十間長屋・成巽閣を中心にー
○中村晋也（金沢学院大学文化財学科）・滝沢千恵子（金沢学院大学文化財学科卒業生）
- P-093 熊本県天草市立歴史民俗資料館におけるIPMの取り組み（1）
○早田絃子・渡辺智恵美（別府大学）・本多康二（熊本県天草市立歴史民俗資料館）

【文化財科学一般】

- P-094 地中レーダ探査法による古墳の研究
ーその様相と盛土量の推定
○岸田 徹・酒井英男（富山大学理学部）・菅頭明日香（富山大学理学部・東京学芸大学教育学部）・二宮修治（東京学芸大学教育学部）
- P-095 古代土器に残留する有機物の検討
○山下倫子・堀内晶子（国際基督教大学・教養学部）
- P-096 登呂遺跡の再発掘調査に伴う炭化したコメの分析
○花森功仁子（岐阜大学連合大学院・株式会社ジェネテック）・大角信介（岐阜大学連合大学院・株式会社ベックス）・望月峰子（株式会社ジェネテック）・岡村 渉（静岡市役所文化財課）・佐藤洋一郎（総合地球環境学研究所）
- P-097 ポータブル・マルチLED分光装置の試作と蛍光スペクトル法による水彩絵の具同定への応用
○岡村秀樹・北見周子（国際基督教大学理学科）・佐野千絵（東京文化財研究所）
- P-098 漆工品における藍の分光学的手法による非破壊的検出法（2）
ー最適測定条件および定量性についての検討ー
○吉田直人・三浦定俊（東京文化財研究所）
- P-099 TL法を用いた陶磁器の美術史的研究資料としての有効性検証法の可能性
○青木智史（大阪大学大学院）・長友恒人（奈良教育大学）
- P-100 重要文化財「広島県草戸千軒町遺跡出土品」の保存処理後遺物の現状と今後の課題（1）
○伊藤健司・山田哲也・尼子奈美枝（財団法人元興寺文化財研究所）・上田千佳穂・鈴木康之（広島県立歴史博物館）
- P-101 文化財修理における自然科学的調査の利用について
○渡辺智恵美・原 彰吾・平尾良光（別府大学）・井 英明（古賀市教育委員会）・小松 譲（佐賀県教育委員会）・今西寿光（京都科学（株））
- P-102 臼杵磨崖仏における凍結破砕防止策の検討
○森井順之、川野邊渉（東京文化財研究所）

- P-103 火災住居跡調査からの実証的な上屋構造復元の取り組み
○村本周三（総合研究大学院大学博士課程）・松田功（斜里町立知床博物館）
- P-104 GISによる遺跡評価の可能性（1） ～近畿地方の金属生産遺跡において～
○島津 功（奈良大学大学院修士課程）・碓井照子（奈良大学）
- P-105 三角縁神獣鏡「同範鏡」における三次元デジタルアーカイブの考古学研究への応用
○水野敏典・樋口隆康・岡林孝作・山田隆文・奥山誠義・森本国宏（奈良県立橿原考古学研究所）・今津節生（九州国立博物館）
- P-106 茶すり山古墳第1埋葬主体部の3Dデジタルアーカイブと縮小デジタルレプリカ製作
○塚本敏夫（（財）元興寺文化財研究所）・岸本一宏（兵庫県教育委員会）・田端 基（朝来市教育委員会）
- P-107 遺跡分布情報の大規模データベースの構築と文化と環境の時空間相関
－“馬高文化”と“信濃川”という時空を結ぶヒト行動を探る－
○寺村裕史・津村宏臣（同志社大学）・佐藤雅一（津南町教育委員会）・建石 徹（文化庁）
- P-108 文化財科学情報の統合的情報システムの構築に関する研究
－テキストデータアーカイブから時空間情報アーカイブへ－
津村宏臣（同志社大学文化情報学部）

23rd J.S.S.C.P Congress



Tokyo Gakugei University

弥生時代の青銅原料について再び考える

馬淵久夫（くらしき作陽大学）

いまから 30 年前に始まった文部省科学研究費特定研究「自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究」（1976～78 年度）および「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」（1980～82 年度）は、人文科学と自然科学の相互乗り入れを促進し、日本文化財科学会を生んだ。筆者の鉛同位体比研究はこの新分野形成の波の中で育てられ、推進力を与えられた。

1. 鉛同位体比による青銅器研究の始まり

鉛同位体比が地球上でかなり大きく変動することは、1914 年 T.W. Richards の報告から分かっており、1950 年までには鉱床・岩石などの生成年代に応用され始めていた。

遺物の産地推定に応用した最初の人には R. Brill で 1960 年代半ばである。上記の文部省科学研究費特定研究が始まる数年前から山崎一雄氏は室蘭工業大学の室住正世氏と測定を開始し、1976 年には予備的結果を得ていた。

筆者は 1970 年頃から東京大学理学部化学教室で大学院生の野津憲治氏（現・東大教授）と、未開発の Sm-Nd 年代系（現在はポピュラーな年代測定法）に挑戦していたが、当時の日本にある質量分析計では精度の違いのため勝負にならず（日本±0.3%、米国±0.03%）、方法の可能性を最初に提示したことで終わってしまった。しかし、精度の重要性の認識は後の鉛研究に役立つ。

このころ（故）江本義理氏から、東京国立文化財研究所（当時）へお誘いを受け、未知分野で若干の不安を感じながらも、よく分かった鉛の同位体比に切り替えようと決心した。マイケル・ギボンズらのモード論で言えば、このとき研究形態がモード 1 からモード 2 に移行したことになる。

2. 有意のデータが得られるまで

東京国立文化財研究所に移ってすぐ提出した科研費一般 A が採択されて 1976 年度に固体用質量分析計（日本電子製）を購入できたことは幸いだった。この機器は 1977 年 3 月に設置されたが、恒温・無塵・連続運転など、当時の東文研にとっては大変厄介なハイテク機器だった。これを解決してくれたのが当時の事務部長・松原尚躬氏で、いまでも忘れられない方である。

特定研究「青銅器班-樋口隆康班長」の中で研究費が頂けたことも有難かった。青山学院大学（当時）の平尾良光氏が実験の協力を申し出てくれたこと、東京国立博物館の西田守夫氏が鉛同位体比に関心を示されたことも研究を推進する大切な要因になった。

当時の鉛同位体比測定は分析化学の中で最も難しいものの一つで、機器が運転開始されても容易に満足すべきデータが得られるわけではない。藤井清志氏（現・苫小牧工業高専教授）のご尽力で、精度を上げるためのコンピュータを装備することができた。一方、Re フィラメント上の試料作成にも大変苦労したが、結局、国際標準の±0.03%の精度に達して青銅器を測定できた日は、1980 年 3 月 11 日で、機器設置からちょうど 3 年後であった。

3. 考古学者に導かれて

(1)漢式鏡：最初の指針は西田守夫氏によって与えられた。「中国製の鏡を測りなさい。鏡には紋様や文字が刻み込まれている。そのデータは他の資料の物指しになる。また鏡には三角縁神獣鏡という問題の鏡がある」。西田氏は西日本各地の出土鏡のサビを貰ってきて下さった。それらの測定結果によって、前漢鏡と後漢以降の鏡が明瞭に区別できることがわかり、最初の物

指しができ上がった (MUSEUM 第 370 号、1982 : 第 382 号、1983)。

(2)銅鐸：銅鐸の測定は東京国立博物館の本村豪章・(故)野口義麿両氏のお世話になった。20 資料くらい測定したところで、不思議なことに気付いた。静岡県出土の銅鐸が全く同じ数値を示すことである。これが近畿式・三遠式の画一原料発見のはじめである。さらに測定をすすめるうちに鳥取県泊出土銅鐸がとんでもなく外れた数値を示すことがわかった。「銅鐸には前漢鏡のような中国の鉛が入っている」と納得していた時だけに、このデータはショックだった。しかし冷静になって考えると、いま持っている尺度は中国鏡だけ。なにか足りない。そうだ朝鮮半島ではないかと思いついた。もう一つ、泊銅鐸は見たところ早い時期のもののような気がした。この 2 点を本村氏に話すと、氏は直ちに多鈕細文鏡と細形銅剣、さらに最古段階・古段階の銅鐸を手配して下さった。すべてのデータを KJ 法でまとめた結果、銅鐸の原料は鉛からみると、《佐原真の編年と整合性をもって、古いものは朝鮮半島遺物タイプ、次に前漢鏡タイプ、新しいものは画一的前漢鏡タイプと 3 段階になる》ことが明確になった。

これらの結果は、特定研究会の機会に、坪井清足・樋口隆康・田中琢・(故)佐原真・小田富士雄などの諸先生に話し、頂戴したご意見を参考にして書いた論文が「鉛からみた銅鐸の原料」(考古学雑誌、第 68 巻、1982)で、筆者にとって最も重要な報告になった。

(3)三角縁神獸鏡：西田氏の最初の指針に含まれていた大切な課題であるが、原料産地と製作地の問題は微妙に難しい。東アジアの鉛鉱石の論文(考古学雑誌、第 73 巻、1987)の中に、鉛は日本産ではないことを示すために 100 余点プロットしてあるが、数値の公表は差し控えている。

(4)古代日本の初期銅生産：木下正史氏が奈文研時代に発掘された飛鳥・水落遺跡の銅管が別子型銅山の鉛を含むこと、および松本岩雄氏肝いりの島根県出土の銅鈴と耳環(7 世紀前半)が日本の鉛を含むことを報告した。このテーマは、最近、亀田修一氏が総合的に論じている(研究代表者 齋藤努：歴博日韓共同研究報告書、2006 年 3 月)。

4. 弥生時代後期の青銅原料を再び考える

銅鐸の研究結果の中で奇妙に感じたのは、突線鈕式銅鐸 18 個(近畿式・三遠式)の鉛同位体比がほとんど 1 点に集中することである。この特異な鉛同位体比は弥生時代後期の多くの国産青銅器(小形仿製鏡、広形銅矛、銅鋤先、銅鏃、銅環、小銅鐸など)において認められ、原料産地から鑄造に至るまでの特別な状況を反映しているものと考えられる。

もう一つ重要なポイントは、すでに最初の銅鐸論文(1982)でも記述したことだが、近畿式・三遠式銅鐸の化学成分が青銅というよりは銅といった方がいいことである。残念なことに資料の関係で分析値が非常に少ないが、有名な近重真澄の昭和初期の分析でも突線鈕式銅鐸はスズ 3~5%、鉛 3~5%と小さい値であり、山崎一雄の原子吸光分析ではスズ 0.52%、鉛 1.27%(砂山鐸)と極めて微量のものもある。銅鐸以外の弥生時代後期青銅器の良い分析値を筆者は入手していないが、サビや金属の色からみてスズが多いとは思えない。

筆者はこの画一原料を 17 年前に「限りなく銅に近い青銅がインゴットとして中国から将来された」と表現した(季刊・考古学、第 27 号、1989)。しかし現在では、「漢代に中国で製錬された銅が将来された」とするほうが合理的に説明できると思っている。6)でそれを説明したい。

5. 岡山市高塚遺跡出土の棒状銅製品

1988-89年、岡山市高塚遺跡（弥生後期遺跡）の方形土壙から「棒状銅製品」が出土した（担当：岡山県古代吉備文化財センター・松本和男氏）。長さ134mm、中央の最大径5mmのペンシル形で、一方の端は尖り、もう一方は先端がやや丸みを帯びている。重量94.42g。出土例がないので、古代吉備文化財センターは、明治43年11月の陸軍大演習のときに発射した銃弾が混入した可能性を考え、防衛庁陸上自衛隊にその可能性を打診したが、明確な答は出なかった。

筆者は同センターから依頼を受けて東京国立文化財研究所（当時）の平尾研究室で分析をしてもらい、岡山県埋蔵文化財発掘調査報告150『高塚遺跡・三手遺跡2』（2000）に報告した（馬淵久夫・平尾良光・榎本淳子・早川泰弘：高塚遺跡出土の銅鐸・貨泉・棒状銅製品の鉛同位体比）。

棒状銅製品はスズ～0.05%、鉛～5%を含む銅であり、鉛同位体比は近畿式・三遠式の数値であった。別の土壙から出土した流水文銅鐸（近畿式、突線鈕2式）も全く同一の鉛同位体比を示した。装状土壙（貯蔵穴）埋土の上層から出土した貨泉11点（25点のうち）の鉛同位体比は近畿式・三遠式の近くにばらつく分布を示した。結局、高塚遺跡の青銅遺物は期せずして以下のような重要な示唆を与えることになった。

- ①棒状銅製品は、弥生後期の特徴ある鉛同位体比をもつ青銅器群（近畿式・三遠式銅鐸、小形仿製鏡、広形銅矛、銅鋤先、銅鏃、銅環、小銅鐸など）の原材料とみてよいのではないか。
- ②銅鐸論文で予測したとおり、三遠式・近畿式銅鐸などの原材料が漢王朝（王莽の新を含む）の中央から来たものであることが貨泉の鉛同位体比（須玖坂本遺跡出土品も含む）から裏付けられる。

6. 近畿式・三遠式銅鐸の鉛同位体比はなぜ画一的か

この問いを裏返して、近畿式・三遠式より古い扁平鈕式はなぜ前漢鏡の領域内でばらつくのかと問う方がいいかもしれない。むしろ、「一つの鉱山では鉛同位体比は一定」を謳い文句にしてきたのだから、この方が自然である。いままでの測定で、一種類の遺物がある範囲内でばらつくのに慣れたために起こった錯覚だということもできる。この逆転の論理を使うと次のようになる。

《扁平鈕式銅鐸の鉛同位体比がばらつくのは異物が混ざったからで、突線鈕式銅鐸が画一的なのは製造時に異物を混ぜなかったからである》

となる。この場合の異物とはスズである。さらに少量の鉛の可能性もある。つまり、製品の鉛は《銅原材料中の鉛+スズの中の鉛+製造用の鉛》の混合した鉛同位体比を示す。

古代のスズは多少なりとも鉛を含む。重金属鉱床の種類からいうと、銅とスズはしばしば別系統の鉱床から採掘する。したがって、含まれる鉛の同位体比も全く違う。これが、スズを混ぜた場合、その量に応じて鉛同位体比がばらつく原因と考えられる。

筆者は過去に弥生時代の“銅”釧（福岡市カルメル修道院出土）を3点測定した（考古学雑誌第75巻、第4号、1990）。のちにこの資料は銅ではなく、スズであることが判明した（本田光子氏、比佐洋一郎氏の私信）。スズ釧は少量の鉛を含み、鉛同位体比は従来の青銅器の範疇に入らず、3者がかなり異なる値を示した。この事実も青銅器の鉛同位体比を考えると参考になると思う。

7. 高塚遺跡出土の棒状銅製品はインゴットか

筆者は高塚遺跡発掘調査報告書にはインゴットの可能性を記述した。しかし、素材であること

は確かにしても、形状や重さが、持ち運んで鑄造するために適していることを証明する必要がある。現在の考えを述べてみたい。

(1) 形状と大きさ：

両端が細くなったペンシル型は、坩堝の底に置くのに適した形である。成分はほとんど銅なので、融点は 1000℃を越す。熱の伝導効率からも溶解するときの形として合理的ではないか。春日市須玖坂本遺跡、福岡市比恵遺跡で出土した弥生後期の坩堝が参考になるので、春日市奴国の丘歴史資料館の境靖紀氏に教えていただいた。比恵遺跡調査報告（1994）によると、取瓶の大きさと内容量は棒状銅製品の数個分に相当するので、規模としては概略合致するように見える。坩堝類の報告書（計画中）の発表を待って検討したい。

(2) 重量：

棒状銅製品の 100g 弱という重量は、1 本で銅鏃（5g 程度）、銅鋤（30g 程度）、小形仿製鏡（30-50g）など小形の青銅器を複数個作るのに適している。銅鋤先（200g）、銅劍、銅矛、銅戈（500-2000g）には数本の棒状銅製品で足りる。近畿式・三遠式銅鐸は 50-200 本を必要とする。しかし運搬には、この形状と大きさは都合がよい。もちろん、もっと大きい棒状銅製品があってもおかしくない。王仲殊氏（漢代考古学概説、中華書局出版、1984）が紹介する長安城遺跡付近から出土した漢代の銅インゴット（長方形 34kg）では大きすぎて運搬が難しい上に、倭国にもってきても融解に困難を生じたに違いない。

要約すると、近畿式・三遠式銅鐸の原材料は、中国の 1 鉱山から採掘され製錬された銅そのものであり、高塚遺跡の棒状銅製品は鑄造し易いように成型された銅インゴットと推定される。

8. ブロンズロード

1988 年、陝西省考古研究所西安半坡博物館成立三十周年記念討論会で、筆者は長安から倭国までのブロンズロード（製品だけでなく素材の移動という意味で）が漢代に存在した可能性を示唆した。いまその存在がほぼ証明されたと言ってよい。

本稿を用意しているとき、国立歴史民俗博物館の日韓共同研究報告書（東アジア地域における青銅器文化の移入と変容および流通に関する多角的比較研究）が届いた。研究代表者の齋藤努氏は、

①金海良洞里古墳群（2-4 世紀）の馬形帯鉤など 9 点（Group A）が近畿式・三遠式銅鐸と同じ鉛同位体比を示し、

②楽浪土城出土の青銅器のほとんどが前漢鏡タイプのものである、という結果を報告している。齋藤氏は、氏の定義する Group A が日本出土の近畿式・三遠式銅鐸と時期的に重なり合うことを認めながらも、「ただし両者には地理的な隔りがあり、また楽浪出土青銅器がどのような原料調達を行い、どこで製作されたかという検討も要するが、いずれにしても中国の鉱床との関連の可能性については考慮しておいた方がよいと思われる」と慎重な表現をとっている。

筆者は、齋藤氏らの研究によって、2000 年前の朝鮮半島の状況が分かり始め、
長安 → 楽浪 → 金海 → 福岡 → 岡山 →
と、ブロンズロードの Missing Link がつながり始めた思っている。

絹文化財のセリシン層に関する顕微赤外分析の基礎検討

○佐藤昌憲（奈良文化財研究所）、一田昌利（京都工芸繊維大学）、三村 充（京都工芸繊維大学）

1. はじめに

絹繊維は製作後の長年月の埋蔵あるいは保管により劣化が進行して元の状態から著しく変化していることが多いが、顕微赤外分析法を使用すれば現代参照品とのスペクトルの相違を知ることができる。しかし、その変化状態を2次構造のレベルで説明しようとするとき精練糸と未精練糸とではどのような差があるかを明確に指摘することはまだ難しい。

実際、現代の絹繊維で両者の赤外スペクトルを測定比較しても、透過法、全反射吸収法（ATR）ともに顕著なスペクトルパターンの差を見出すことは容易でない。これは未精練糸の表面に存在するセリシン層の厚みが薄く、感度が十分でないことも一因である。

さらに絹繊維が青銅製品の表面に付着した出土試料では、見かけ上、絹織物組織が明瞭に残存しているように見えても、赤外スペクトルを測定すると外観は織物状であるにもかかわらず実態は無機物化した結晶となっている場合や、逆に繊維形態をしている微小破片の断面をSEMで観察すると絹の単繊維断面形（ほぼ三角形）の空洞だけが多数存在している場合がある。両者の変化はともに金属表面の腐食により生成した銅イオンが絹分子内部に浸透し、アミノ酸と錯体形成することが劣化の初期過程であると考えられるが、なぜ上に記した二つの劣化分解形態があるのかということについて現在まで説明できていない。

演者らは、このような絹繊維に関する劣化分解の機構を解明する手がかりを模索しているが、ここでは遺伝的にフィブロイン分泌線の退化したセリシン蚕という品種が生産するほとんどセリシンからなる絹糸を用いて比較検討を行った。

2. 実験と考察

セリシン蚕の作る繭は厚みが大変薄く内部の蛹が透けて見え、繭全体を両手で引っ張ると二つにちぎることができるくらい強度が弱い。この繭糸と通常の蚕の繭糸について赤外スペクトルを比較すると約 1500 cm^{-1} 以下の波数領域で幾つかの異なる吸収帯を見出した。（図1、図2参照）各吸収帯の帰属については現在検討を続けている。

さらに最近、偶然にタイ国産の黄色繭（通常熱帯性家蚕系）の絹糸を測定している際に、金属台上で未精練繊維をプレスして薄層にすると、黄色に着色したセリシン層と思われる部分が内部のフィブロイン層とはきれいに分かれて存在することを見出した。（図3参照）この試料について、白色透明部分（A）と黄色部分（B）を別々に測定したところ前者は通常の家蚕精練糸のスペクトルと、後者はセリシン蚕のスペクトルとそれぞれ良く一致することが分かった。

周知のとおり古代から絹繊維の精練法はよく知られているが、どの程度精練された糸が使用されているか詳細は不明である。さらに現存する絹文化財試料についてもその度合いを赤外スペクトルからだけでは正確に知ることは容易ではない。

また現在の絹繊維についても精練により除去したセリシンを溶液から再び取り出した試料の2次構造は元の状態のものとは異なっているとされており、顕微赤外分析による絹繊維中のセリシン層の2次構造について解析が必要である。

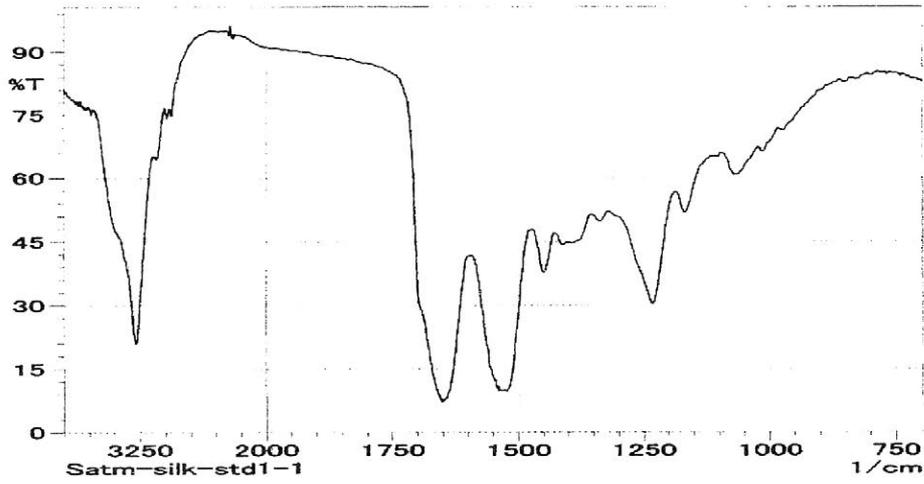


図1 現代家蚕の精練糸

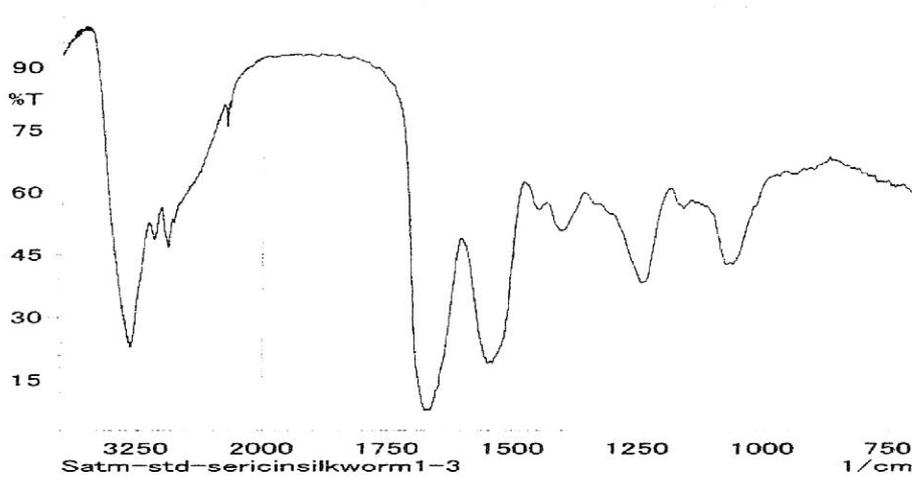


図2 セリシン蚕の絹糸

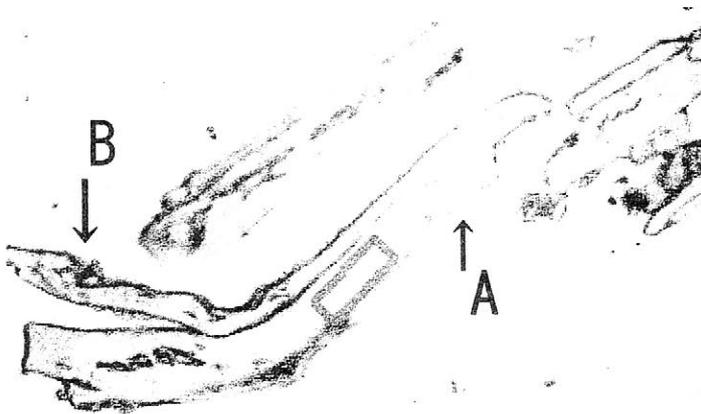


図3 タイの家蚕糸

A) フィブロイン層、 B) セリシン層

(註) 赤色方形はアパーチャー範囲

縄文時代の編組技術と漆技術

-赤色漆塗糸玉を中心に-

永嶋正春¹⁾ 村本周三²⁾ 小林青樹³⁾

1)国立歴史民俗博物館研究部

2)総合研究大学院大学博士課程

3)國學院大學栃木短期大学

はじめに

漆芸は日本を代表する工芸であり、縄文時代の初期より高い水準に達していたと考えられている。編組技術もまた編布、箆、籠などとして非常に完成された水準にあった可能性が高い。その2つの技術が融合した籃胎漆器や漆塗糸玉といった漆塗りの編組製品は、単に2つの技術が用いられているにとどまらず、独特な発展した技術が用いられた可能性が高い。本報告では、赤色漆塗糸玉を観察し、それらの技術の内容について整理した。また、その結果を用いて復元を試みることでその検証を行った。

赤色漆塗糸玉の観察

(a)、(b)に新潟県大武遺跡出土の事例を示す。(a)横断面からは繊維は繊細で、非常に細かく分離しており、その繊維の束が2束で1本の糸が構成されている(1段の撚り)ことがわかる。漆は糸の外側より浸透しており、糸の外縁と2束の繊維の間を中心によく浸透している。また、その漆の外側にベンガラ漆が塗布されている。(b)縦断面からは、それぞれの繊維束に撚りをかけた上に、更に2束を撚って糸としていることがわかる。

(c)、(d)に新潟県青田遺跡の事例を示す。糸は0段の撚りで、撚りそのものが非常に弱い。また、繊維の調整も大武遺跡の事例に比べると繊細ではない。

(e)、(f)、(g)に新潟県分谷地A遺跡の事例を示す。(f)横断面からは、繊維の分離は不均一で大武遺跡の事例に比べると繊維の加工は繊細ではないことがわかる。糸は0段ないしは1段の撚りであると考えられる。漆は糸の中心まで浸透しており、その上に3層の朱漆が塗布されている。(g)縦断面から撚りは大武遺跡の事例と同程度で、漆の浸透は良いものの、朱漆塗布時に微細なクラックが入っていた可能性が示唆される。

以上の事例に共通する点として、繊維が比較的繊細であること、繊維を加工して糸にした後に漆が塗布されていること、漆を塗布した後に「結ぶ」等の変形が行われていること、表面の漆に指紋等の加工時の痕跡がないことが上げられる。また、大武遺跡と分谷地A遺跡の事例では複数層の塗りが確認された。

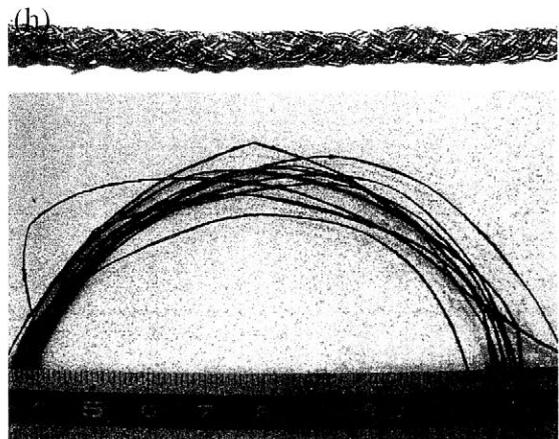
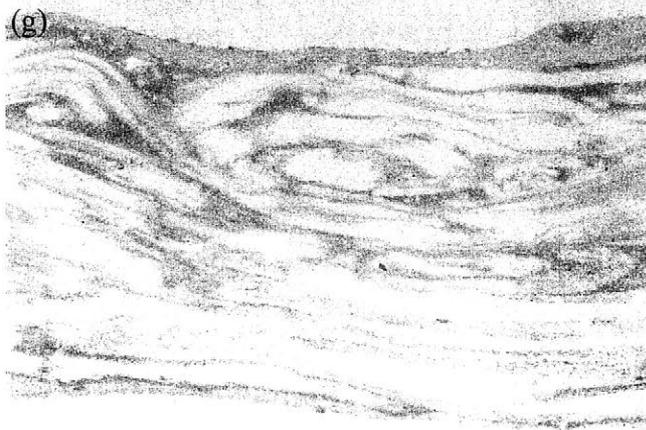
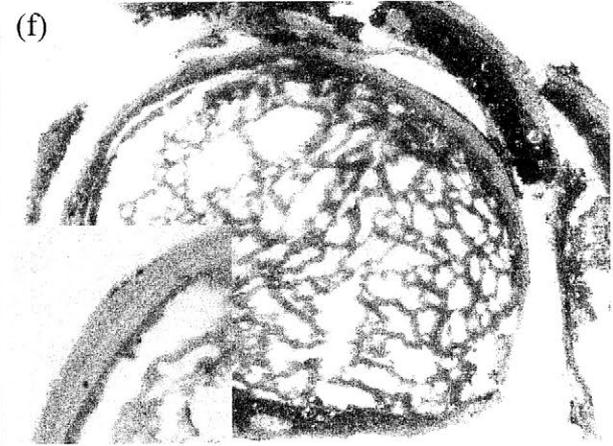
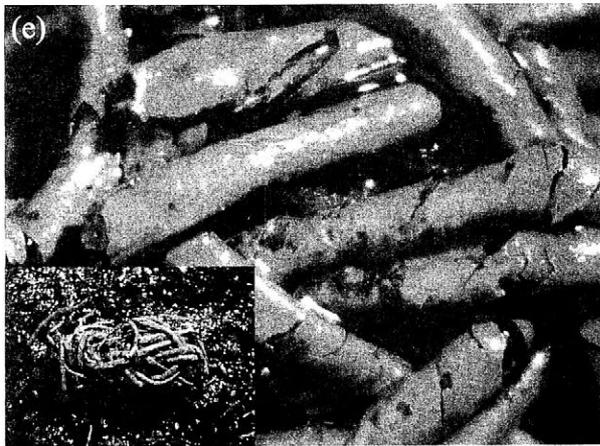
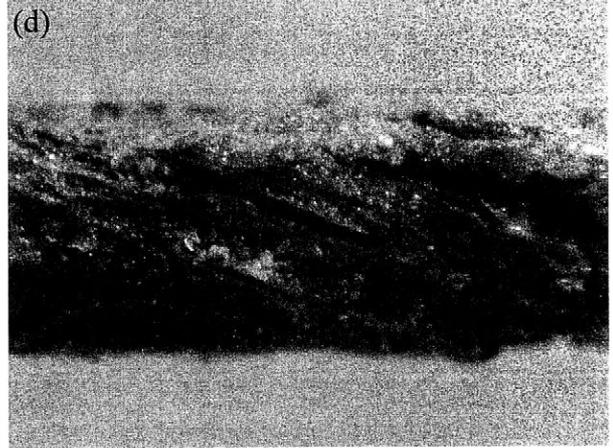
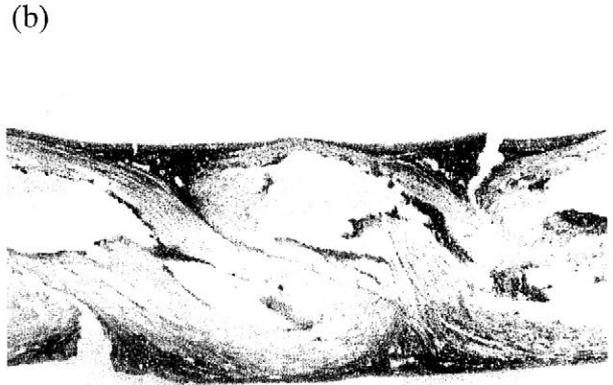
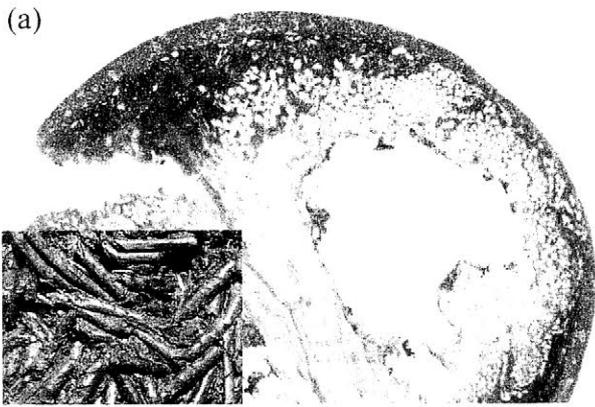
復元へ向けた考察

いずれの事例もシナノキ科などの木本の繊維よりは繊細な、イラクサ科などの草本の繊維である可能性が高い。特に、大武遺跡の事例は繊維が長く、単繊維への分離がよいこと、断面形状の特徴などからカラムシと判断したい。

大武遺跡の事例では2層、分谷地A遺跡の事例では4層の漆が塗布されており、漆の塗布後に結ぶ等の成形、加工が行われている。重合、固化後の漆膜はガラス状の硬質な膜となることを考えると、「柔軟」ではあるが、「さわっても指につかない」程度に硬質である状態で加工されたと考えられる。しかし、純良の生漆や黒目漆ではそのような状態を長時間維持することは不可能であり、何らかの素材を用いた漆の調整が行われていた可能性が高い。(h)は試みに生漆へ乾性油(エゴマ油)を加えた例である。漆塗布後およそ、半年程度は十分な柔軟性が維持された。

おわりに

本報告で取り上げた赤色漆塗糸玉では、繊維の加工技術と漆塗の技術の他に、漆の柔軟性を長期間維持する技術が用いられている可能性が高いことが分かった。本来、重合が完了すれば硬質な膜となる漆に対して、全く逆の柔らかい状態を維持するという技術が開発されていたという点に驚かされる。復元の試みは始めたばかりであるが、復元と遺物の観察を繰り返すことで、今後とも縄文時代の技術の推定を試みていきたい。



蝨色仕上げした漆塗膜における紫外線照射の影響

○神谷嘉美・宮腰哲雄（明治大学理工学部）

1. 緒言

漆は古来より知られる天然材料であり、塗膜は優れた耐水性・耐久性に加え、独特の質感を持つなどの利点から、漆工品をはじめ建築物の塗装や接着に広く用いられてきた。しかし漆塗膜は紫外線に反応して劣化しやすいことでも知られ、光沢の低下、亀裂、膜厚の減少などが報告されている。

そこで本研究は文化財を想定して、下塗り、中塗り、上塗りをしたのち蝨色磨きの工程を行った高光沢を持つ漆塗膜に着目し、漆塗料として屋内外に使用される漆から、上塗り漆として利用されること多い素黒目漆と黒漆を選択して、劣化要因となりうる紫外線照射による促進劣化試験を行った。精製加工の異なる漆液を上塗りに使用した場合、紫外線照射が塗膜の劣化状態に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

2. 実験試料および方法

アクリル板に刷毛で黒漆を3回塗布したのち上塗りを1回行った後、蝨色磨きの工程により艶を上げた漆塗膜を作製した。以下、黒漆上塗り試料を黒漆試料、素黒目漆上塗り試料を素黒目漆試料と記述する。強制促進劣化試験は紫外線オートフェードメーターを使用し、紫外線照射は48時間を一区切りとして最長384時間（東京新宿 屋外約2年分紫外線積算量）継続した。塗膜の表面観察にはマイクロスコープ、色彩と光沢の測定には60度鏡面反射測定機能搭載の色彩計を用いた。測色条件はD65光源・視野角10度、CIELAB式で測定した。また塗膜表面の可視領域における吸光度の測定を、分光光度計によって行った。塗膜の分析は、フーリエ変換付赤外分光光度計（全反射測定法を使用）およびX線光電子分光法にて行った。ATR-IRスペクトル測定は、積算回数64回、分解能 4cm^{-1} で行った。また紫外線照射にともなうガラス転移点の変化を見るため、示差走査熱量計による測定をした。

3. 結果および考察

3-1. 光沢と色彩の変化

図1に漆塗膜の初期光沢を100とした残存光沢率、および明度変化を示す。素黒目漆試料では照射時間の経過とともに徐々に変色していく傾向となるが、黒漆試料では紫外線照射の初期色が大きいものの、一定時間以上で変動がほぼ一定になることが分かった。

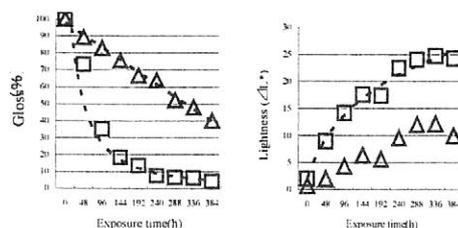


図1 紫外線照射時間ごとの光沢と明度の変化
□：黒漆試料、△：素黒目漆試料

3-2. 吸光度の変化

各劣化塗膜がもつ色彩の違いを詳細に見るために、可視領域における吸光度測定を行った。図2に黒漆試料（左）と素黒目漆試料（右）として示す。両試料においても、紫外線照射時間が増えると吸収量も多くなっていることがわかる。光を多く吸収するということは、積算する紫外線量も黒漆試料のほうが多くなり、劣化へ及ぼす影響があるものと推測する。

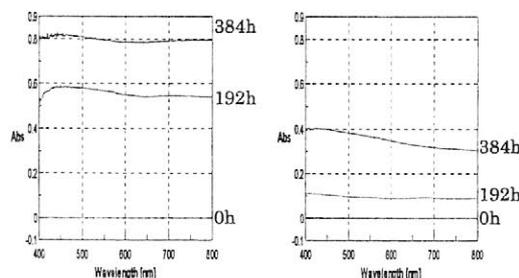


図2 紫外線照射時間ごとの吸光度
（左：黒漆試料、右：素黒目漆試料）

3-3. 塗膜表面の変化

写真1に紫外線照射ごとの塗膜表面の顕微鏡画像を示す。表面観察の結果から劣化の過程を以下のように推測した。まず紫外線照射によって塗膜表面には粒子状物質(素黒目漆試料の場合、初期段階においては半球状物質の凹凸として観察される)の突出が起こる。そして照射時間が増えると、粒子物質の突出による塗膜表面の荒れや円周が白色である環状形の増加、亀裂やピンホールが出現していく。このようにして紫外線による塗膜表面の平滑度の低下が、光沢を減少させる要因の一つと考えられる。

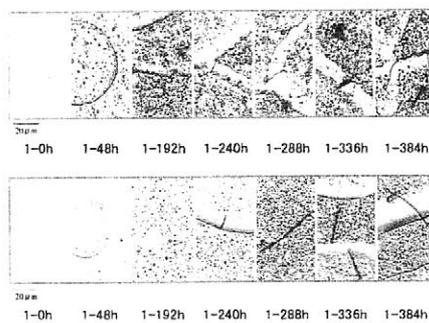


写真1 紫外線照射時間ごとの塗膜表面
(黒漆試料：上、素黒目漆試料：下)

3-4. 赤外線吸収スペクトル(ATR-IR)の変化

図3には紫外線照射時間ごとの黒漆試料表面における ATR-IR スペクトル、図4には素黒目漆試料表面における ATR-IR スペクトルを示す。上塗り漆の種類にかかわらず 2850cm^{-1} 、 2920cm^{-1} の吸収は減少し、 990cm^{-1} の吸収は紫外線照射によって消失していることがわかる。この結果は従来の報告にある漆塗膜としての劣化現象と一致する。

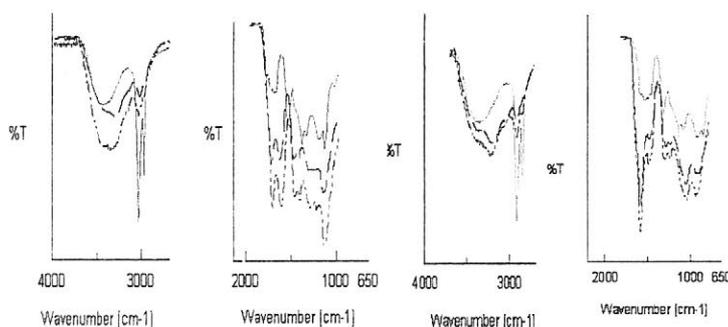


図3 黒漆試料の紫外線照射時間における塗膜の IR スペクトル

(照射0時間→—、192時間→---、384時間照射→-.-.-)

図4 素黒目漆試料の紫外線照射時間における塗膜の IR スペクトル

3-5. XPS による黒漆塗膜の表面構造解析

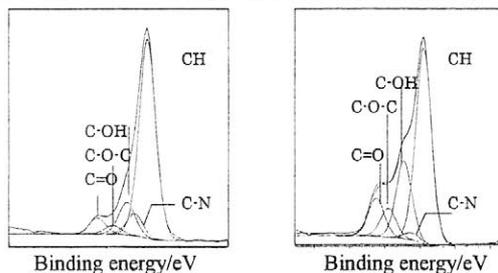


図5 黒漆試料における紫外線照射時間 (左：0h、右：384h) の C1s スペクトルの波形分離結果

表1 紫外線を照射した漆塗膜表面とバルクの各官能基の比率

UV exposure time (h)	C=O	C-O-C	C-OH	C-N	C-H
0	5.828	3.191	11.693	8.035	71.250
192	8.973	8.012	19.410	4.023	59.579
384	10.996	8.224	22.387	2.105	56.285

紫外線照射試験によって劣化程度の大きい黒漆試料について、劣化が最も生じていると考えられる表面構造について検討するため、XPS を用いた測定を行った。これにより ATR-IR 測定とほぼ同様の結果を得られた。

4. まとめ

精製加工の異なる漆液を用いて紫外線照射試験を行った結果、大きな傾向としての劣化現象は黒漆塗膜にも素黒目漆塗膜にも同様に生じていることが分かった。しかしながら変化の速度や程度の違いは結果として、塗膜に発現する劣化現象に大きな差異をもたらす可能性があることを見出した。

[謝辞]促進劣化試験では、東京文化財研究所修復技術部 加藤寛氏のご協力を頂きました。記して深く感謝いたします。

桃山文化期の漆塗料に関する新知見

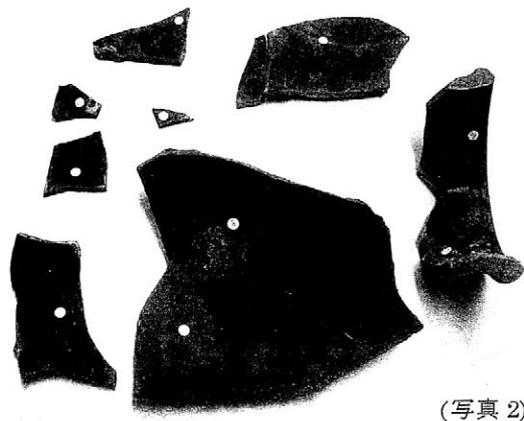
○ 暮らしき作陽大学・（兼）京都市埋蔵文化財研究所 北野信彦
 京都市埋蔵文化財研究所 上村和直、小檜山一良、竜子正彦
 奈良文化財研究所 高妻洋成、明治大学 理工学部 宮腰哲雄

1、はじめに

（財）京都市埋蔵文化財研究所では、2003年8月～2004年9月にかけて、京都市中京区御池通富小路西入東八幡町に所在する御池中学校・複合施設整備事業に伴う事前の発掘調査を実施した。発掘調査の結果、近世初頭～江戸時代前期（17世紀初～中期）頃に年代観が比定される町屋跡の遺構が検出され、調査区北側の大型ゴミ廃棄土壌からは、大量の生活用具や初期京焼の生産関連資料、真鍮などの冶金生産関連の炉跡や坩堝用具などとともに、肩部の四方に馬蹄形状の取っ手を持つ「四耳壺」と呼称される焼〆陶器片（一体はほぼ完形）が多数出土した。同様の四耳壺は、南蛮図屏風にも描かれており、内容物として硫黄が充填されて検出された堺環濠都市遺跡出土壺や伝世品の器形類例などから、これまで東南アジア（タイ）産の壺と推定されてきた。本資料群の場合、黒色もしくは赤褐色系の漆様樹脂が、内面全体と外面の壺口縁部から体部にかけて液垂下を伴い付着固化している特徴を有する（写真1,2）。現在最終段階まで進捗している本遺跡出土遺物の整理作業では、この漆様樹脂に関する文化財科学的調査も行っており、一定の知見を得た。本発表では、その内容を報告する。

2、試料

漆様樹脂は、艶光沢があり黒い色調が極めて強い塗膜層と艶光沢が少なく茶褐色の色調を呈する塗膜層の2種類に肉眼観察では大別されるため、壺口縁部と胎部から数ミリ角程度の剥落小片をそれぞれ4サンプルずつ注意深く採取して分析試料に供した。



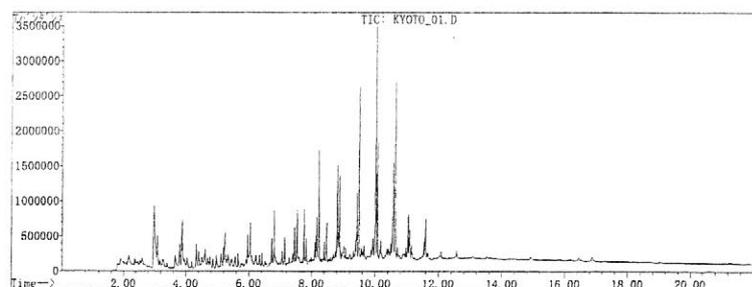
3、分析方法

- (1) フーリエ変換型赤外分光光度計（日本電子製 JIR-6000 型）による漆様樹脂の同定
- (2) 肉眼観察および日立製作所製 S3000N 型および S3200N 型走査電子顕微鏡による漆様樹脂表面状態の観察
- (3) 漆様樹脂塗膜断面の薄層プレパラート観察による内部状態の観察
- (4) 熱分析装置(フロンティア・ラボ製 PY-2010D)、ガスクロマトグラフ(HP 製 HP689)、および質量分析装置(HP 製 HPG5972A)で構成され、分離カラムには Ultra Alloy PY-1(100% methylsilicone, 30mx0.25mm i.d., film 0.25um)を使用した漆様樹脂の主要脂質成分の分析

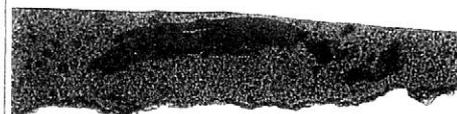
4、結果

壺内面に付着した漆様樹脂は、通常の本産漆の固化に伴う「ちぢみムラ」とは若干異なり、肉厚で平滑な膜層を形成していた。FT-IR 分析の結果、漆成分が検出され、さらに PY-GC/MA 分析では、黒色系・茶褐色系いずれの試料からも日本産漆や中国産漆、ベトナム産漆には含まれない側鎖に芳香環を持つ *Melanorrhoea usitata* 樹液に特有の成分が検出された(図 1)。またこれらには、0.5～数マイクロメートル程度のピンホール状の球状抜け穴が比較的均一に分散されて観察され、樹皮かすなどの夾雑物も多数混入していた(写真 3)。そのためこれらは、タイ、カンボジア、ミャンマー原産であるブラックツリーの生漆塗料の原液であると理解した。文献史料にも、寛永 16 年(1639)の鎖国令以前のいわゆる「桃山文化期」には、南蛮交易や御朱印交易を通じて漆塗料の原液をタイ・カンボジア・ベトナム・中国から日本へ大量に輸入したことが記録されていた。

以上の結果から、本資料群はタイやカンボジアなどから東南アジア交易を通じて調達された物資の一つであり、今回、少なくとも当時の京都市中では、日本産漆以外のこのような東南アジア産漆塗料も使用されていたことが『物的証拠』として確認された。



(図 1) 四耳壺付着の漆様樹脂の PY-GC/MA 分析結果



(写真 3) 漆様樹脂の断面観察 (X200)

三角縁神獸鏡の金属学的研究

…樺井大塚山古墳出土鏡を中心に…

○村上 隆 (奈良文化財研究所)

山崎一雄 (名古屋大学)

樋口隆康 (奈良県立橿原考古学研究所)

1. 研究の経緯

1953年、京都府相楽郡山城町樺井大塚山古墳から出土した青銅鏡に対して、京都大学考古学研究室の梅原末治氏から化学分析の依頼を受け、山崎は、樋口から32面の分析用資料の提供を受け、化学成分分析と鉛同位体比測定を実施した¹⁾。測定後に残った24面の資料を、2002年に山崎から提供を受けた村上は、三角縁神獸鏡5面に対して、資料内部の金属組織の光学顕微鏡観察、電子線プローブ微小部分分析(E P M A)による元素マッピングと定性・定量分析を行うと共に、腐食状態についても検討を加えた²⁾。その後、新たに分析を実施し、合わせて三角縁神獸鏡22面に対する考察を本報で論じる。また、これまでに同様の分析を実施した滋賀県雪野山古墳³⁾出土の2面、兵庫県西求女塚古墳⁴⁾出土の4面を加えた、計28面の三角縁神獸鏡の金属組織の比較検討も行なった。今回検討を加えた28面中には、文様を同じくする兄弟鏡が3古墳間で5組存在する。これらの兄弟鏡に対しても、金属組織の比較検討を行なったので、合わせて報告する。

2. 分析に供した資料

樺井大塚山古墳出土から出土した青銅鏡中、化学成分分析と鉛同位体比測定後に残った小断片の中で、断面観察が可能と判断した三角縁神獸鏡22面と、雪野山古墳出土の三角縁神獸鏡2面、西求女塚古墳出土の三角縁神獸鏡4面の計28面を分析に供した(腐食のため、実際にデータ化できたのは26面)。なお、同一の鏡で複数個の試料が作成できた場合もあり、また三角縁神獸鏡以外の鏡式の鏡に対しても同様の分析を行ったので、全試料数は41点となる。三角縁神獸鏡の形式と番号は、基本的に文献⁵⁾に従うが、ここでは簡略化し、樺井大塚山古墳出土鏡22面は、T3~T25(T12のみ除く)、雪野山古墳出土鏡2面は、Y3、Y4、西求女塚古墳出土鏡4面は、N2、N3、N8、N10と表示する。この内、兄弟鏡は、樺井大塚山古墳内で3組(西求女塚古墳出土鏡を含む)、雪野山古墳間で1組、西求女塚古墳内で1組、計5組である。

- ①[T3-Y4]:三角縁唐草文帯並列式四神四獸鏡 ②[T7-T8-N8]:三角縁銘帯並列式四神四獸鏡
 ③[T9-T10]:三角縁櫛目文帯並列式四神四獸鏡 ④[T13-T14-T15]:三角縁獸帯並列式四神四獸鏡
 ⑤[N3-N10]:三角縁獸帯並列式三神五獸鏡

3. 資料調整・分析方法

各試料は、鏡面と鏡背をあわせて観察できるように樹脂埋め後、研磨した。光学顕微鏡による金属組織の観察に加えて、EPMAによる試料断面の元素カラーマッピングと定性・定量分析を行った。分析は、(株)コベルコ科研にて実施した。使用装置は、JEOL製EPMA(WDS)JMA8900。分析元素は、O、Cu、Sn、Cl、S、Pb、Bi、Ag、Br、As、Sbである。また、相同定に、マイクロフォーカスX線回折を行った。なお、試料すべての母相の金属相のCu、Sn、Pb主要3元素の分布を、SEM-EDXによって半定量分析によって求めた。用いた装置は、SEM部:フィリップス製Quanta200FEG、分析部:Oxford Inst.製INCA Energy⁺、加圧電圧15keVにて、一定領域[400 μ m \times 600 μ m](\times 200視野)における分析である。

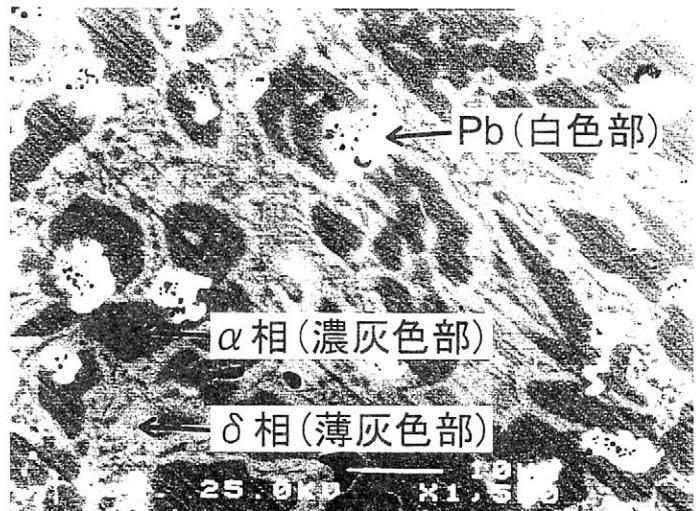


図1:T3の金属組織(反射電子線像)²⁾

4. 三角縁神獣鏡の母相の金属組織と主成分元素

T8 と **T21** は、作成した試料の中心部まで腐食しており、詳細な分析を断念した。その他の 26 試料は、いずれも表面からの腐食を認めるが、中心部には健全な母相を残す。

三角縁神獣鏡の母相の金属組織は、いずれも、鉛入り高スズ青銅 (high-tin bronze) に特有の α 相 [Cu + Sn (~15%) の固溶体] と α 相と δ 相 [Cu₃₁Sn₂₂] の共析組織を示す。代表的な金属組織の事例として、**T3** の金属組織を示す (図 1)。今回の分析で、各元素の存在箇所を明らかにすることができた。Pb は Cu には固溶せず、粒界に細かく分散した球状の単独相を形成、核に Bi の酸化物を持つ。また、Pb 相には O や S、Ag を伴う。一方、Sb は、 δ 相中に存在。As は均一に分布。鑄込み時のガス抜け不良で生じたボイド (空孔) が所々認められる。

次に、三角縁神獣鏡すべての健全な母相の一定領域に対する SEM-EDX 半定量分析による主要 3 元素、Cu、Sn、Pb の平均値は、**Cu:72.5%、Sn:23.0%、Pb:4.5%** (各元素の標準偏差: 1.4%、1.4%、0.9%) となった。試料によっては、健全な母相が、厚さ 400 μ m に及ぶ腐食層の下に存在する場合もある。この腐食層は、銅よりスズが高濃度になる傾向があり、さらに他の微量元素にも移動が生じることが認められる²⁾。従って、得られた分析値の検証は十分慎重を要するが、本報における分析結果は、サンプリングの際に懸念される表面の腐食層の影響を最大限排除していることが特徴である。出土地と形式は異なるが、今回分析データを得た三角縁神獣鏡 26 面はいずれも古いグループに相当し、この安定した配合比には製作時の意図を秘めている可能性が高い。また、製作地を考える上でも重要な知見とみられるが、この点については他の観点からの考察を含め、今後さらなる総合的な検証が必要となる。

5. 金属組織による三角縁神獣鏡の分類と兄弟鏡との相関

26 面の三角縁神獣鏡の主要 3 元素の配合比は安定し、その金属組織の基本は α 相と δ 相で構成されることがわかった。しかし、金属組織の単位に着目すると粗・密の 2 タイプが存在する。例えば、母相の主要 3 元素の組成がほぼ同様な値をとる **T17** と **Y3** の組織を比べると、**T17** は、荒く大きな組織単位をとり、**Y3** は、細かく精緻な組織単位をとる。すなわち、平均組成が同じでも、金属組織の様子は大きく異なることを示す。ここで、金属組織の粗・密を論じるために、各試料の反射電子線像 ($\times 400$) に基づき、**I** [α 相]、**II** [$(\alpha$ 相 + δ 相)]、**III** [Pb 相] に領域分けをした。そして、この配合比に、主成分元素の分析値を加えて、多変量解析の主成分分析を行った。なお、データは標準化した。この結果、大きく 2 つのグループに分類できることがわかった。兄弟鏡 5 組は、この分類で分けてみると、全部が同じグループに納まるとは限らない。また、同一の鏡で 2 個の試料が作成できた場合でも、同じグループをとらないものも多い。領域分けして、比較した事例を示す。例えば、②[**T7-T8-N8**]では、**T8**は、腐食のためデータが取れず、**T7**に対しては、2 個の試料に対して金属組織を観察できたが、2 つはまったく様相を異にし、兄弟鏡 **N8** とは一つだけが同じグループになった。図 2 は、③[**T9-T10**]の比較である。金属組織の粗密の違いが、よくわかる事例である。なお、**T10** も、2 個試料を得たが、ほぼ同じ様相を呈した。

金属の凝固組織は、鑄込み時における熔湯の温度、鑄型の材質、金属凝固時の冷却速度など、さまざまな因子に左右されるものであり、同一固体でも全体が均一な組織を保障されるものではない。今回の三角縁神獣鏡 26 面の金属組織観察でも、このことを再確認する結果となった。これが、兄弟鏡でも、金属組織からみた統一感を形成できない理由と考えられる。しかし、今回得た金属組織の詳細を精査し、比較検討していく中で、製作技術の検証を行なえる可能性は十分残されているであろう。

【参考文献】

- 1) 山崎一雄・室住正世・馬淵久夫・平尾良光:「付論 椿井大塚山出土鏡の化学成分と鉛同位体比 (改訂)」(1998)『昭和 28 年椿井大塚山古墳発掘報告』
- 2) 村上 隆・山崎一雄:椿井大塚山古墳出土三角縁神獣鏡の金属学的キャラクターゼーション」文化財保存修復学会第 25 回大会発表要旨集 (2003)
- 3) 村上 隆・肥塚隆保・沢田正昭:「雪野山古墳出土の青銅鏡に対する科学的調査研究」『雪野山古墳の研究』(1996) 八日市市教育委員会
- 4) 村上 隆:「西求女塚古墳から出土した青銅鏡に関する科学的調査」『西求女塚古墳』(2004) 神戸市教育委員会
- 5) 樋口隆康:「三角縁神獣鏡綜鑑」(新潮社) (1992) 付編: 山崎一雄・室住正世・馬淵久夫「椿井大塚山出土鏡の化学成分と鉛同位体比」

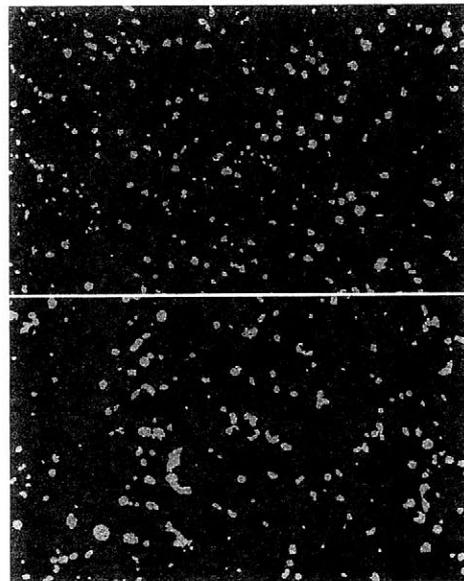


図 2: 領域分けした兄弟鏡の金属組織: ③[**T9-T10**]の事例 (上: **T9**、下: **T10**)
赤: I 相、青: II 相、緑: III 相 ($\times 400$)

西安市より出土した漢代鉄劍の鞘の構造について

—西安市文物保護考古所との共同研究(1)—

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

はじめに

中国西安市では、近年の発掘調査の成果により大量の鉄劍が出土し、その保存対策は文化財保護分野において早急に解決すべき課題の一つとなっている。そこで、本研究では漢代の遺跡から出土した鉄劍の保存処理法の検討を前に、鉄劍に錆着した有機質の分析を行ない、鞘の調査を試みた。その結果、漢代鉄劍の鞘の材質及び構造の一端が明らかになったので報告する。

1. 調査試料と調査方法

調査試料は、西安市文物保護考古所の許可を得て採取させていただいた。試料は、いずれも西安市内の遺跡から出土した西漢時代の鉄劍である（前期2点、中期6点、中晩期1点、晩期7点の計16点）。これら鉄劍の表面に錆着した有機質の切片を採取し、木質については木口・柾目・板目の3断面を、布・繊維についても各断面を樹脂にて包埋・研磨し、薄片試料を作製。光学顕微鏡により断面構造を観察した。

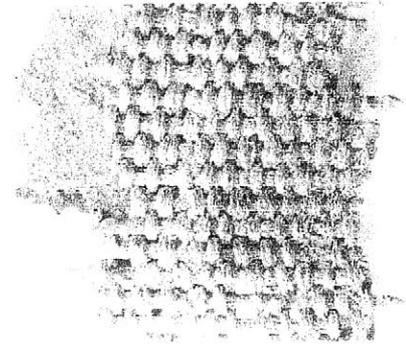


Fig1 : 布破片(約10倍)

2. 結果

2-1. 樹種

マメ科(Leguminosae)

環孔材で同性放射組織をもつ。

1～4細胞幅、3～30細胞高。

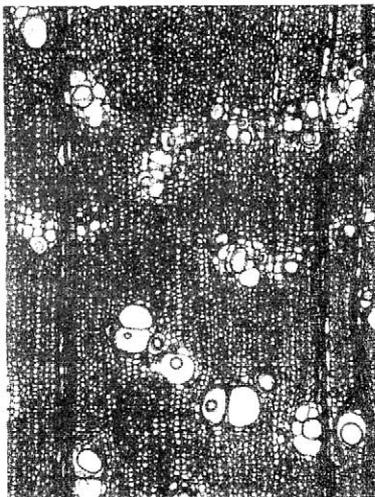


Fig2 : 西漢中期 木口面(約30倍)

2-2. 布

布は絹布が一般的で、西漢中期以降の試料には麻布も見られた。繊維組織については平織が最も多いが、中には斜文織(綾織)のように複雑な織組織も確認できた。

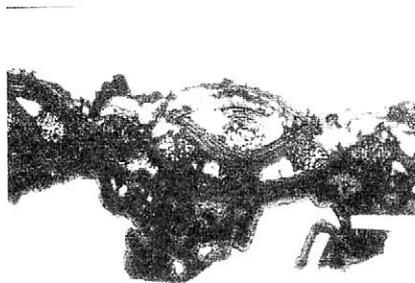


Fig3 : 西漢前期 綾織
(約30倍)

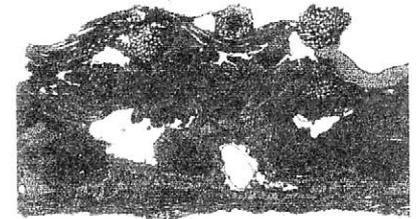


Fig4 : 西漢晩期 布(約30倍)

2-3. 鞘の構造

西漢前期（紀元前 206～前 141）

- 第 8 層・・漆
- 第 7 層・・下地（鉍物）
- 第 6 層・・絹布
- 第 5 層・・下地（鉍物）
- 第 4 層・・漆
- 第 3 層・・下地（炭化物）
- 第 2 層・・絹糸
- 第 1 層・・木質



Fig 5 : 西漢前期（約 30 倍）

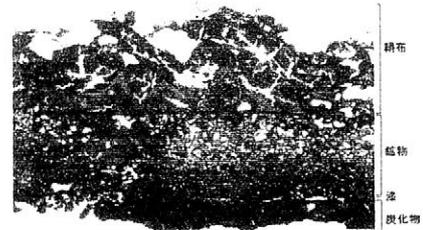


Fig 6 : 西漢前期（約 30 倍）

30 倍)

西漢中期・中晩期（紀元前 140～前 74）

- 第 6 層・・漆
- 第 5 層・・絹布、麻布
- 第 4 層・・絹糸
- 第 3 層・・木質
- 第 2 層・・繊維
- 第 1 層・・下地（鉍物）

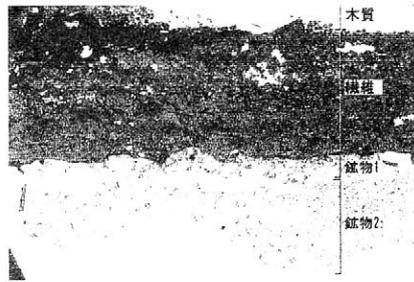


Fig 7 : 西漢中期（約 30 倍）

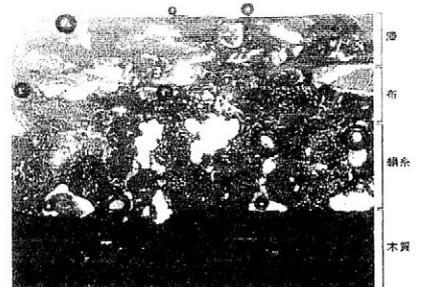


Fig 8 : 西漢中期（約 30 倍）

西漢晩期（紀元前 73～後 7）

- 第 6 層・・漆
- 第 5 層・・下地（炭化物）
- 第 4 層・・麻布
- 第 3 層・・絹糸
- 第 2 層・・木質
- 第 1 層・・下地（鉍物 or 繊維）

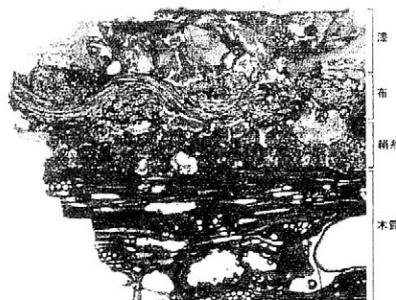


Fig 9 : 西漢晩期（約 30 倍）



Fig10 : 西漢晩期（約 30 倍）

まとめ

西安市より出土した漢代鉄劍の鞘は、非常に緻密な多層構造をもつことが明らかになった。本報告では各時期における典型的な構造例を挙げたが、上記以外にも様々なバリエーションが確認できた。今後とも分析を進め、より詳細なデータを蓄積・報告する予定である。

集落遺跡における土器原材料のデポに関する自然科学的アプローチ（その1）

—岩倉忠在地遺跡・住居址出土粘土の X 線分析法による材質評価—

理化学研究所 ○高林弘実

パリノ・サーヴェイ株式会社 矢作健二

同志社大学 若林邦彦

1. はじめに

遺跡に残された土器製作にまつわる痕跡から、複雑な土器製作のプロセスを復元することは、考古学において重要とされる。本研究が対象とする岩倉忠在地遺跡・住居址より出土した粘土塊は、土器の原材料であった可能性があり、粘土塊と土器製作プロセスとの関係を明らかにすることは、集落における土器製作を考察する上で重要な意味をもつと考えられる。自然科学的分析手法は、土器の材質評価法として広く適用されており、土器との材質比較を行なえるという点で、粘土塊の評価法としても有意と期待されるが、その適用例はきわめて少ない。そこで本研究では、出土粘土塊の自然科学的分析手法による材質評価を行ない、同遺跡より出土した土器との比較を物質的視座から行なった。

2. 資料*および分析方法

本研究の対象は、岩倉忠在地遺跡（京都市左京区岩倉忠在地町）の弥生時代後期末～古墳時代初頭（3世紀前半）と考えられる集落跡より出土した遺物である。検出された竪穴住居内およびその周辺の土坑より粘土塊が出土しており、そのうち4点について、組成の均一性を検討するため1点より2箇所ずつ試料を採取して分析に供した（表1）。分析に先立ち実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡（SEM）による試料の観察をおこない、エネルギー分散型蛍光 X 線分析（XRF）による元素分析（励起 X 線；Rh、50kV、雰囲気；真空、標準試料；JR-1、定量元素；Si、Ti、Al、Fe、Mn、Ca、Mg、K、Na）、X 線回折分析（XRD）による鉱物の同定を行なった。また、粘土塊の化学組成と比較することを目的として、同遺跡内より出土した土器9点*について同様の分析を行った。

表1 分析に供した出土粘土塊一覧*

試料名	出土遺構	内容
1	竪穴住居 230	粘土 1
2	竪穴住居 230	粘土 1
3	土坑 509	粘土 2
4	土坑 509	粘土 2
5	土坑 471	粘土 1
6	土坑 471	粘土 1
7	土坑 471	粘土 2
8	土坑 471	粘土 2

3. 結果および考察

3.1 粘土塊の化学組成

粘土塊は、実体顕微鏡観察では、微細な粘土粒子と共に多くの砂屑粒子を含んでおり、その粒子構成は、粘土粒子が焼結した基質と砂屑粒子からなる土器と類似している。SEMによる観察では、粘土塊に含まれる粘土粒子は不定形の板状の粒子であった（図1）。XRFによる定量分析では Al_2O_3 は 20wt%程度にあるのに対し、 MgO はほとんど検出されなかったため、粘土塊は Al 質の粘土によると考えられる。XRD では、一般的な測定法である不定方位試料の測定によって、石英、カリ長石、斜長石、粘土鉱物に帰属できる回折ピークが検出された。粘土塊の砂屑粒子を構成する主要な結晶性鉱物は、石英、カリ長石、斜長石と考えられる。粘土鉱物の同定を行なうために、粒子の方位を揃えた定方位試料の測定を実施した。定方位法で得られた X 線回折パターンを図2に示す。定方位法では、粘土鉱物の層状構造による底面反射が大きく検出され、図2の X 線回折パターンには、雲母(▽)、



図1 粘土塊の粒子の SEM 像

カオリン鉱物 (▼) および 14Å 鉱物 (○, ●) による底面反射がみられた。検出された 14Å 鉱物の族を検討するためにエチレングリコール処理した定方位試料の測定をしたところ、14Å 鉱物の回折ピークは底面間隔が 17Å に広がったため、これらのピークは膨潤性をもつスメクタイトによると考えられる。したがって、XRF および XRD からは、粘土塊の粘土鉱物は Al 質の 2 八面体型雲母、カオリン鉱物、スメクタイトの混合物と考えられる。これらの鉱物粒子は一般的に板状であることが知られているため、分析により同定された粘土鉱物組成は電子顕微鏡による観察結果 (図 1) とも合致する。

XRD は 1 点の遺物につき 2 箇所測定をおこなっているが、同一遺物より得られた X 線回折パターンのプロファイルはよく一致しており、遺物内の粘土鉱物の組成は均一と考えられる。一方、出土地点の異なる遺物間では、14Å 鉱物の回折プロファイルは異なっており、粘土鉱物の組成に違いがみられる。原材料粘土の採取地点の違いが、組成の違いの原因となっている可能性が考えられる。

3.2 粘土塊と土器の化学組成の比較

出土粘土塊と土器製作の関係を検討するために、出土土器についても粘土塊と同様の分析をおこない、結果の比較を行なった。XRD では、粘土塊と土器の間に含まれる砂屑粒子の鉱物種に顕著な違いは見出されなかった。図 3 に粘土塊および土器試料の XRF による元素組成の分布を示す。粘土塊 (○) および土器 (●) の分布ほぼ重なっている。蛍光 X 線分析で得られた元素組成について、粘土塊群と土器群の母平均の差を、多変量データの群間の変動を表現するウィルコクスの A 統計量を用いて検定した。その結果、有意水準 $\alpha=0.05$ で 2 群の母平均には有意な差はなく、統計学的に粘土塊と土器の元素組成には差がみられない。素地の焼成により製作された土器は、焼成前の素地とは化学構造が異なる。だが、焼成による素地の化学変化は、有機物の焼失や粘土鉱物の脱水反応が主要なものであるため、XRF による土器の元素組成は、原材料となった素地の元素組成を反映したものと考えられる。したがって、粘土塊と土器の元素組成の比較から、分析した土器の原料となった素地は、粘土塊試料に近い元素組成を持っていたと考えられる。

4. まとめ

岩倉忠在地遺跡より出土した粘土塊の土器の理化学分析をおこない、以下の結果を得た。

(1) XRF および XRD では、粘土塊に含まれる粘土は Al 質の複数種の粘土鉱物から成る。粘土鉱物の組成比は出土地点によって若干異なっている。原材料粘土の採取地点が遺物によって異なる可能性が考えられる。

(2) XRF による分析結果の比較では、粘土塊と土器の元素組成に有意な差はみられなかった。土器の原材料となった素地は、粘土塊に近い元素組成を持っていたと推察される。

参考文献: 『岩倉忠在地遺跡-同志社小学校建設に伴う発掘調査報告書-』(2006) (印刷中)

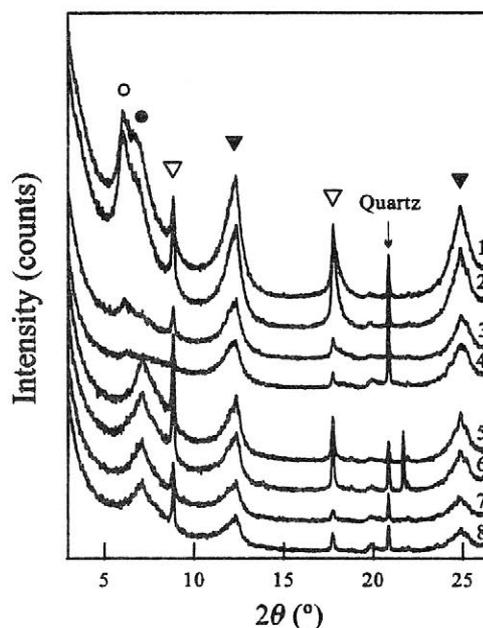


図 2 定方位法による粘土塊の X 線回折パターン (CuK α 線, 45kV, 400mA)

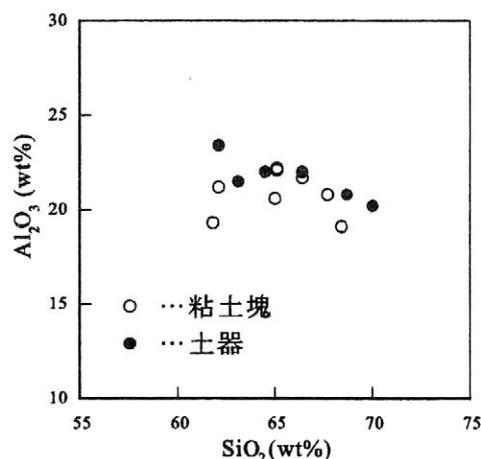


図 3 粘土塊および土器の元素組成

長野県宮崎遺跡出土縄文土器における器種による胎土の相違

阿部嘉幸*・○ 塚原秀之**・矢野健一***

(*立命館大学卒業生・**立命館大学大学院・***立命館大学)

1. はじめに

これまでの土器胎土研究では肉眼による観察や、偏光顕微鏡による鉱物同定をもとにした産地同定の研究が多い。しかし、偏光顕微鏡を用いた方法は胎土分析の前作業として土器の一部を完全に破壊しなければならない、多くの資料を分析することは困難である。一方の肉眼観察法では正確な鉱物同定は困難である。本研究は産地同定ではなく、土器胎土の器種による相違について様相を把握することを目的とした。また、肉眼観察による胎土観察では、砂粒含有量を数値で示した研究は少ない。本研究では砂粒含有量を数値で示すことにより、肉眼観察法の客観性を高めた。

2. 対象資料と方法

対象としたのは立命館大学考古学コースが1994～2003年にかけて7次にわたって発掘調査した長野市宮崎遺跡出土の土器である。本遺跡では石棺墓などの遺構群とともに、縄文時代晩期の土器群がコンテナ約200箱出土している。そのうち、佐野Ⅰ式土器：14点・佐野Ⅱ式土器22点・浮線文土器：53点・佐野Ⅰ式から浮線文土器に伴う無文土器：49点を抽出し、実体顕微鏡（ニコンビジョン(株)製 ファーブル 倍率：20倍）を用いて土器胎土に含まれる砂粒の観察を行った。観察にあたっては、土器表面の一部を紙ヤスリで研磨したうえで1cm²の観察領域を設定し、その領域に含まれるA：黒色光沢粒（角閃石・輝石類が主と考えている）、B：金色光沢粒（黒雲母が主と考えている）、C：透明～半透明粒（石英・火山ガラスが主と考えている）、D：不透明白色粒ないしは灰色粒（長石が最も多いと考えている）、E：赤色粒（所謂くさり礫が主と考えている）の実数を粒径別（φ0.2～0.5mm未満・φ0.5mm以上）にカウントした。佐野Ⅰ式・Ⅱ式は晩期前・中葉の土器型式で、浮線文土器は晩期後葉の土器型式である。文様モチーフの無い無文土器は、これらの各時期に供伴し、有文土器を量的に凌駕する。また、無文土器は有文土器よりも厚手で大型の土器が多い。

3. 結果と考察

対象とした土器に含まれる砂粒の大きさは、いかなる砂粒もφ1mmを超える粒子は非常に少なく、φ0.5mm以下の細かい粒子が多い。すなわち、縄文土器としては精緻な胎土で、粒径の大きさが比較的均一である。ただし、Cについてはφ0.5mm以上のものがφ0.2～0.5mm未満のものよりも多く含まれる土器が存在する。

AとCはすべての土器に含まれる。Aは20～50点程度カウントされるものが多く、Cは20～100点程度カウントされるものが多い。いずれの土器もAよりCが多くカウントされる場合が多い。

BとDは多量に含まれる土器とそうではない土器に分かれる。Bが多量に含まれる土器におけるDの含有量はほとんどの場合、少ない。また、Bを多量に含む土器の比率は有文土器よりも無文土器の方が高い。ただし、佐野Ⅱ式においては、有文土器でもBを多量に含む土器の比率が比較的高い。Bを多量に含有する土器のうち、有文土器と無文土器を比較するとBの含有量に相違が見られる。有文土器の場合、Bを20～100点程度含むものが多いが、無文土器の場合、Bを100点以上含有する土器の比率が高い。すなわち、Bの含有量自体が、有文土器よりも無文土器の方が多いと言える。

Bの含有量の多さはAやCの含有量の多さとは関係がない。また、Bの含有量とDの含有量との関係も、Bが増えれば増えるほど、Dが減る関係にあるわけでもない。つまり、Bの含

有量は A や C、あるいは D の含有量と何らかの相関関係を持っているわけではない。B を多量に含有する土器は、その多量さに拘らず、D の含有量がおしなべて少ない、という点のみが指摘できるわけである。したがって、特に無文土器において顕著に現れる傾向として、B を比較的多く含む土器胎土における総砂粒量は、主に B の含有量と相関することが指摘できるわけである。

また、土器胎土は、B を多く含む土器胎土と D を多く含む土器胎土に二分されるわけではなく、B・D どちらもほとんど含有しない土器、あるいは B・D どちらも比較的多量に含有する土器も、少数ながら存在する。

有文土器と無文土器双方において存在する、B を比較的多量に含有する土器における B の含有量は無文土器の方が多い傾向にある。しかも、B の含有量が多いものは総砂粒量が多い傾向にあるため、この違いは、両者に共通する原料に対する B の添加量の違いとして、解釈することが可能である。一方で、B と A や C の比率が一定している砂粒を混和材として添加し、その添加量の差が総砂粒量の差として現れた可能性は否定される。問題は、本来的に B を多量に含む粘土ないし砂粒を異なる産地から入手し、その粘土ないし砂粒を器種により使い分けた可能性を否定できない点にある。この点については、薄片資料の分析などから、解釈を加えていきたい。なお、E については、B を多量に含む土器には非常に少なく、D を多量に含む土器には多いものが認められる傾向にある。

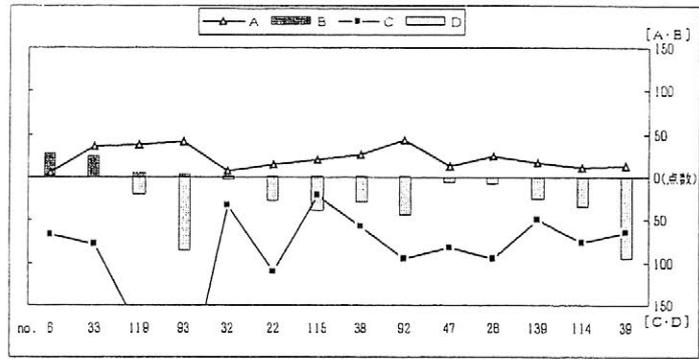


図1 砂粒A～Dの含有量(佐野I式土器)

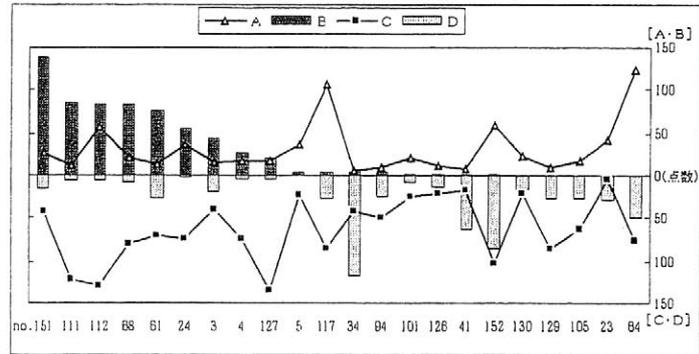


図2 砂粒A～Dの含有量(佐野II式土器)

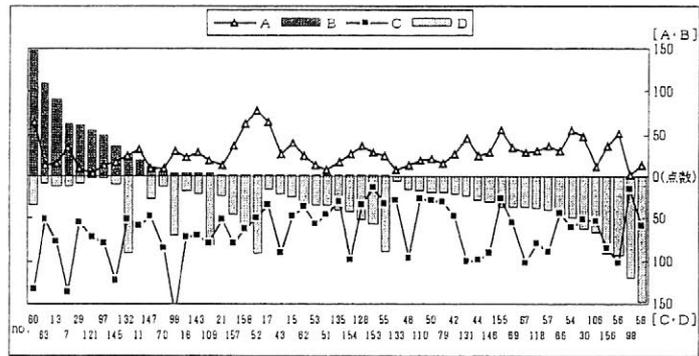


図3 砂粒A～Dの含有量(浮線文土器)

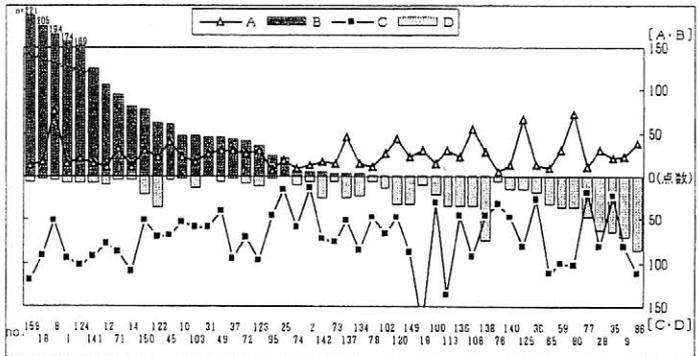


図4 砂粒A～Dの含有量(無文土器)

《参考文献》

家根祥多 2000 『長野市宮崎遺跡-第1次～5次調査概報-』立命館大学文学部学芸員課程研究報告第9冊

縄文後・晩期の黒色化手法の伝播過程

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： 本稿の目的は、縄文土器から弥生土器への彩色手法（黒色化と赤彩）の変化について定量的データを提示し、かつ、変化を生み出した理由について土器の使い方や作り方（特に野焼き方法など）との関連から明らかにすることである。黒色化については、西日本の縄文後・晩期の黒色研磨土器が古くから注目を集めてきたのに対し、東日本の縄文後・晩期土器の褐色化は西日本ほど黒みが強くないためか、久保田 1989 などの少数例を除いて言及されてこなかった。また、赤彩についても、縄文後・晩期土器の焼成後赤彩は堆積中に剥がれ落ちやすいことから、赤彩比率が定量的に示された分析は少なかった。

分析方法： 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（灰）褐色、50 以上は淡橙色～橙色にほぼ対応する。本稿では図 1 に示した遺跡の精製土器（口縁部を含む破片資料と復元可能資料）を対象として計測した。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 0.1mm 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。

黒色化程度の地域間比較（図 1）： 6 地域の各時期において普遍的に存在し、黒色化が施される浅鉢を用いて地域間の比較を行った。浅鉢の L^* 値の平均値（内面と外面のうち黒みが強い方）をプロットした図 1 より、以下の特徴が指摘される。第 1 に、「後期中葉から晩期前・中葉にかけて黒みが強まる」という傾向が北部九州、近畿、東北南部、東北中部の 4 地域に共通してみられる。東北地方中部、東北地方南部、近畿の 3 地域では大洞 C1 式期において前後の時期よりも一時的に黒みが弱まる変化がみられるが、摩耗度の違いによるサンプリングエラーと思われる。一方、北陸では、後期中葉から後葉へと一時的に黒味が弱まった後、晩期前葉・中葉へと黒味が強まる。

第 2 に、晩期前・中葉から晩期後葉（夜臼・板付式期）にかけて黒味が弱まる傾向が、南関東（測定資料なし）を除く全ての地域においてみられる。

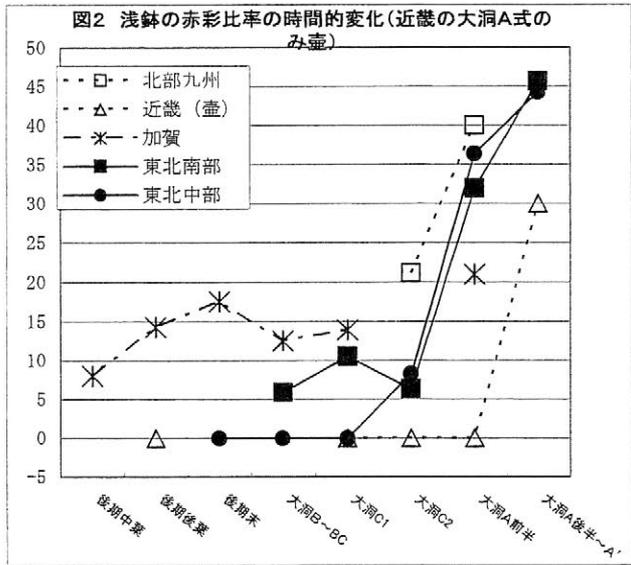
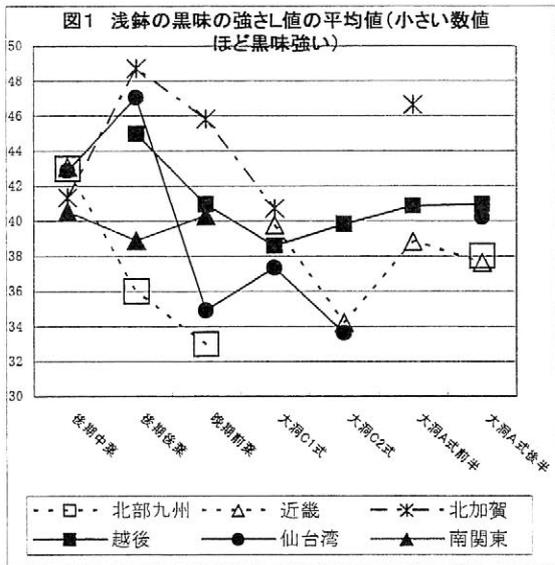
第 3 に、黒色化が普及し始める縄文後期中葉では地域間の黒みの違いが小さいのに対し、それ以降の晩期では北陸の方が西日本と東北地方に比べて黒みが明瞭に薄い。このように、東北地方と西日本がほぼ共通した黒みをもつものに対し、その中間地域である北陸では黒みが弱い独自の作り方をしている。南関東は北陸と東北の中間の黒味を示す可能性がある。これは、黒色化についての情報は九州から東北まで広範囲に行き渡っているが、各地域が独自の受け入れ方を選択したことを示す。

赤彩比率の時間的変化との関連（図 2）： 加賀を除く 4 地域では、縄文晩期前・中葉までは赤彩比率が低い（1 割未満）が晩期後葉になると 3 割以上に急増する。ただし、加賀では縄文後期後葉から晩期中葉までは西日本と東北よりも赤彩比率がやや高い（15%程度）が、晩期後葉における赤彩比率の増加が他地域ほど顕著にみられない。このように、加賀地方は、黒色化程度と同様に、赤彩比率においても西日本や東北とはやや異なる傾向を示す。

以上より、精製土器の彩色手法として黒色化と赤彩が強い関連を持つことが明らかである。縄文晩期後葉（夜臼・板付式期）になると全国的に黒味が弱まり、かつ、赤彩比率が急増する事実は以下のように解釈できる。北部九州では、水田稲作の受け入れに伴い、土器作りにおいても貯蔵用の壺や全面スリップ赤彩（丹塗り磨研）手法が取り入れられ、それらの製作に適した覆い型野焼きに変化する。全面スリップ赤彩の採用は水田稲作の代表される大陸の文化へのあこがれ意識の表れと考

えたい。一方、東日本では、水田稲作が定着する前段階である晩期後葉から「精製土器の黒味が弱まり、赤彩（焼成後に文様帯の一部を赤彩）比率が高まる」という変化がみられるが、これは文様帯幅の縮小に伴い、沈線モチーフが区画文様（充填縄文手法や縄文地文が特徴）から非区画文様（三つ又文系や平行沈線系の工字文など）に変化した結果、「沈線文様がシンプルになった分、黒地に赤彩という彩色による装飾が重視されるようになった」と解釈できる。

新しい技術を受け入れる要因： 縄文後・晩期の黒色化手法の分析では、後期後半から弥生早期（東日本では晩期後葉）にかけて黒色化程度（黒味の度合い）は西日本と東北地方で連動した時間的変化を示すことが明らかにされた。また、赤塗りの比率が弥生早期（東日本では晩期後葉）になると高まる傾向が、覆い型野焼きを受容した西日本（焼成前のスリップ赤彩）と開放型を維持している東日本（焼成後に漆やニカワを接着剤にしてベンガラを塗る）において共通してみられる事実も明らかとなった。このように、文様の種類（沈線文様の東日本と無文ミガキの西日本）や赤彩手法が全く異なるにも関わらず、西日本と東日本がほぼ共通した彩色を採用している事実は、「彩色手法についての情報は、考古学者が想定するよりも広範囲に行き渡っていること」を示唆している。即ち、「新しい情報が伝わったから受け入れた」というよりも「かなり広く行き渡っている情報について、受け手側が受け入れる条件が整った（受け入れる意志をもった）時に受け入れた」と考える方が実体に近い場合が多いと考えられる。



	後期中葉	後期後葉	晩期前葉	大洞C1式	大洞C2式	大洞A式前半	大洞A式後半		後期中葉	後期後葉	後期末	大洞B~BC	大洞C1	大洞C2	大洞A前半	大洞A後半~A'
近畿	n/a	向出	n/a	恩智の篠原式	鬼塚	宮ノ下	山賀	北部九州					菜畑	雀居		
北加賀	米泉・シンデン	藤江C	御経塚・御経塚式	米泉の中屋式	n/a	乾	n/a	近畿	向出	向出			恩智	鬼塚	宮ノ下	山賀の壺
越後	n/a	中野	中野大洞B式	村尻	館ノ内	鳥屋ST区	青田、鳥屋VW区	加賀	米泉、シンデン	御経塚の井口II式	藤江C	御経塚の御経塚式	米泉の中屋式		乾	
仙台湾	(田柄)	沢上	田柄	田柄	里浜	n/a	田柄	越後	(中野)	(中野)	(中野)	村尻	村尻	館ノ内	鳥屋ST区	鳥屋VW区
南関東	雅楽谷・3住	雅楽谷1住	雅楽谷包含層(安行3a・b式)	雅楽谷包含層(安行3c・d式)	n/a	n/a	n/a	仙台湾		(田柄)	沢上	田柄	田柄	里浜	九年橋B4区	九年橋H5区

縄文時代におけるベンガラの獲得と利用に関する基礎的研究 —新潟県中越地域の集落遺跡をモデルケースとして—

○西野摩耶（慶應義塾大学大学院）・上條朝宏（東京都埋蔵文化財センター）
佐藤雅一（津南町教育委員会）・建石徹（文化庁）

1. これまでの経緯

新潟県中魚沼郡津南町では、遺跡から赤色塗彩資料とともにベンガラ原料が多数出土している。遺跡の周辺に広がる河岸段丘崖面からは、ベンガラ原料が大量に染み出ている。遺跡の周辺地質を調査・分析したところ、「パイプ状ベンガラ」が検出され、それには地点を違えて大型・小型の「パイプ状ベンガラ」と「らせん状ベンガラ」とが染み出ているのを確認した。この分析により「パイプ状ベンガラ」の細分化、ベンガラ産出の地域別の傾向の把握が可能となった（西野・上條・佐藤・建石 2005）。

以上をふまえ、本発表では、新潟県津南町における縄文時代中期と縄文時代晩期の集落遺跡出土の考古資料との比較検討をおこない、赤色顔料の獲得・利用のあり方およびその時期別差異について検討を試みた。

2. 考古資料と分析方法

分析資料（試料）は、赤色塗彩土器、出土ベンガラ原料、周辺産出ベンガラ原料の3点である。その中で、道尻手遺跡出土資料は中期中葉から末葉の時間幅、正面ヶ原A遺跡出土資料は晩期前葉のものとしている。周辺産出ベンガラ原料については、津南町地域およびその周辺地域において検出されたものとする。

これらを、光学顕微鏡により100倍から200倍で色と形状を観察し、さらに、1500倍の電子顕微鏡で形状を詳細に観察しベンガラの形状分類を行なった。同時に、これらの分析試料がベンガラであるかどうか判断するために、エネルギー分散型X線分析装置で赤色部の主成分としてFeが検出されたものをベンガラとした。なお、ベンガラの可能性が考えられる黄褐色の物質については、電気炉で800度に加熱し赤く変色するのを確認した上で、上記の分析を行なった。

3. 結果と考察

(1) 分析結果

道尻手遺跡では、赤色塗彩土器には近隣で獲得できる小型の「パイプ状ベンガラ」と「らせん状ベンガラ」が検出され、耳飾には近隣での獲得が困難な大型の「パイプ状ベンガラ」が検出された。一方、正面ヶ原A遺跡では、赤色塗彩土器・耳飾には近隣で獲得困難な大型の「パイプ状ベンガラ」が検出された。

(2) 道尻手遺跡と正面ヶ原A遺跡の比較

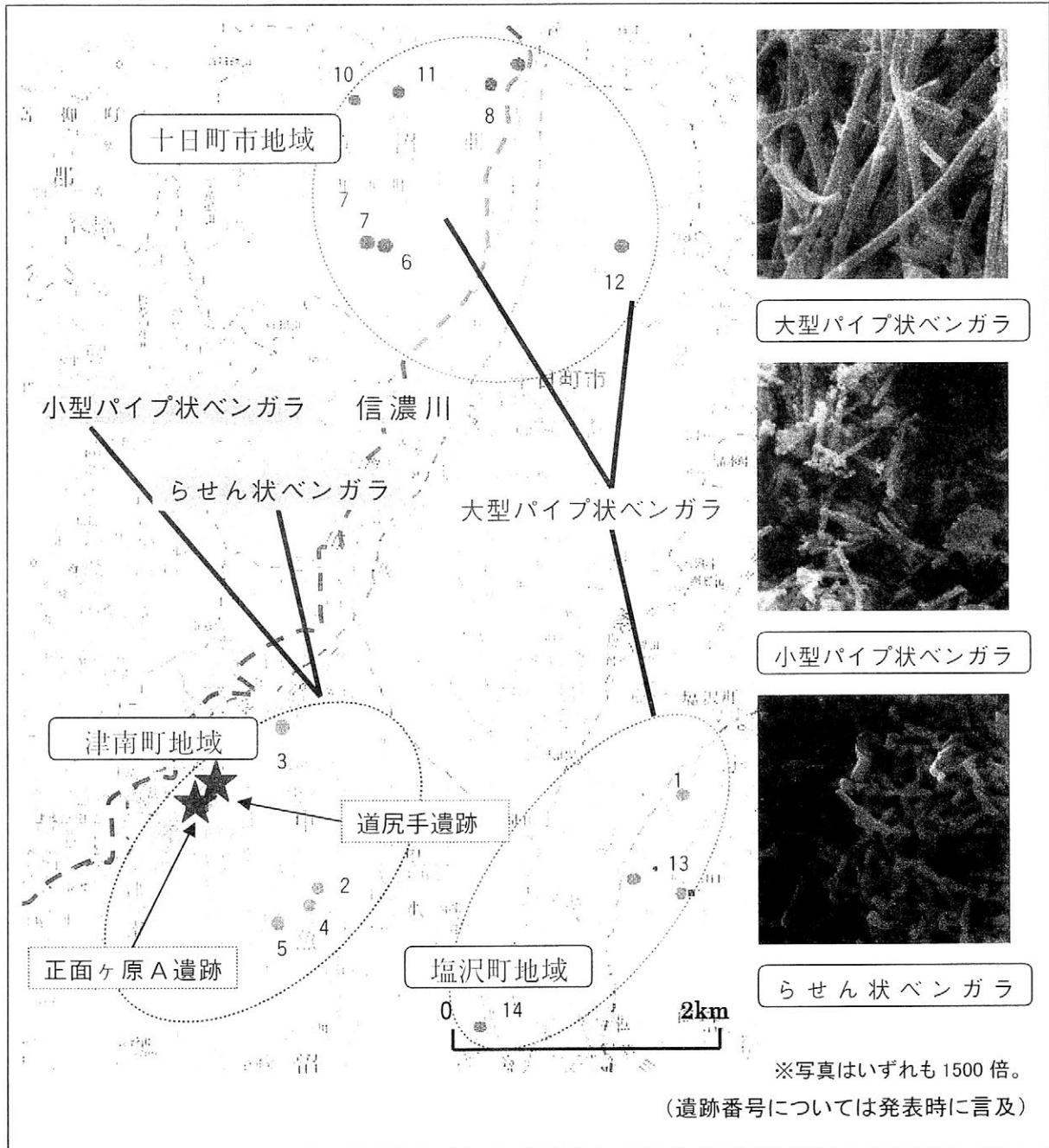
道尻手遺跡では、近隣で採取可能なベンガラを土器・土製品に塗布し、正面ヶ原A遺跡では近隣で採取不可能なベンガラを選択的に利用していたことが解明できた。

これらから、縄文時代中期と晩期の二つの遺跡の間では、ベンガラの獲得と利用のプロセスに違いが存在していたことが指摘できる。

引用文献

西野摩耶・上條朝宏・佐藤雅一・建石徹 2005「新潟県中越地域における縄文時代中期のベンガラ採集・消費形態に関する基礎的研究―遺跡出土ベンガラと遺跡周辺採集ベンガラの比較―」『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

本発表は、公益信託基金吉田学記念文化財科学研究助成金(平成17年度)「縄文時代におけるベンガラ資源の獲得と流通に関する基礎的研究」による研究成果の一部である。



第1図 中越地域で確認されるベンガラ原料の分布

土器附着炭化物の微細構造の検討

村本周三¹⁾ 永嶋正春²⁾

1) 総合研究大学院大学博士課程

2) 国立歴史民俗博物館研究部

はじめに

先史時代の食料・調理内容を知る手段として、附着炭化物(スス、コゲ)の附着部位に着目した研究は従前より行われており、一定の成果をあげている。また、近年では14C年代測定用の試料として有用であることが認められており、その年代測定の他に、安定同位体の測定等の理化学的な手法を用いた内容物の推定が進められている。本報告で試みた微細形態の検討はその両者の中間に位置し、土器附着炭化物そのものの構造や土器への附着状況に着目し、より微視的に観察するものである。そのため、安定同位体の分析等では見いだせない、調理内容物の残滓が直接見いだせると共に、その状態から調理法などの情報が得られることが期待される。

土器附着炭化物の多様な状態

(a)、(b)は調理実験を行った土器の炭化物の附着状況である。(a)外面の口縁部文様帯には薄くススが、(b)内面の頸部(内容物の喫水線上)と底部にはコゲが附着した。頸部のコゲは1mm以下と薄く、内容物から溶け出した比重の軽いものに由来する(この実験では雑穀を用いたため、澱粉)。底部のコゲは約1cm厚でほぼ内容物の形態を留めていた。

(b)は縄文時代中期の土器の炭化物附着状況である。附着部位は調理実験から予想される箇所が主体である。肉眼観察では、調理実験の結果と比べ外面のススは厚く、内面のコゲは薄い。また、調理実験では差異が見られた頸部のコゲと底部のコゲは、肉眼観察の範囲では差異が見られなかった。

土器附着炭化物は、調理内容物や燃料の残滓を主体として調理時に形成されと考えられる。しかし、埋没中に若干の変形、変成が起きると考えられる。そのため、土器附着炭化物は内容物や調理法の多様さ以上に多様な状態にあることが予想される。

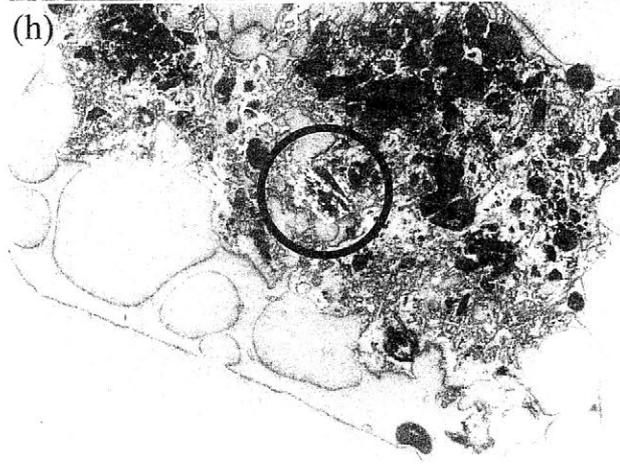
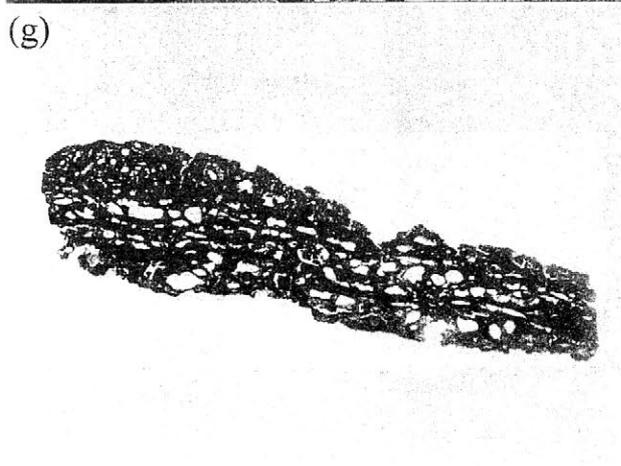
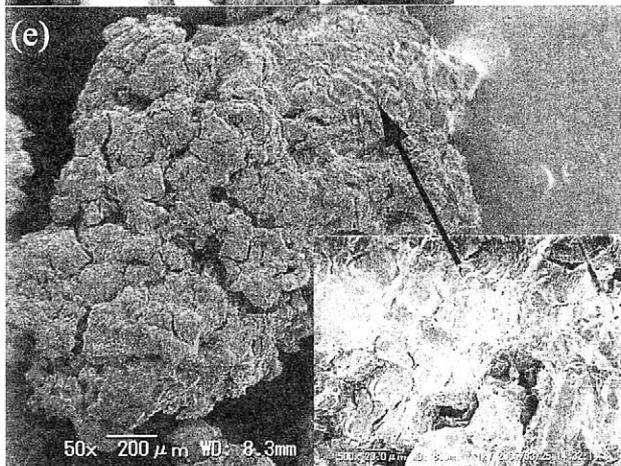
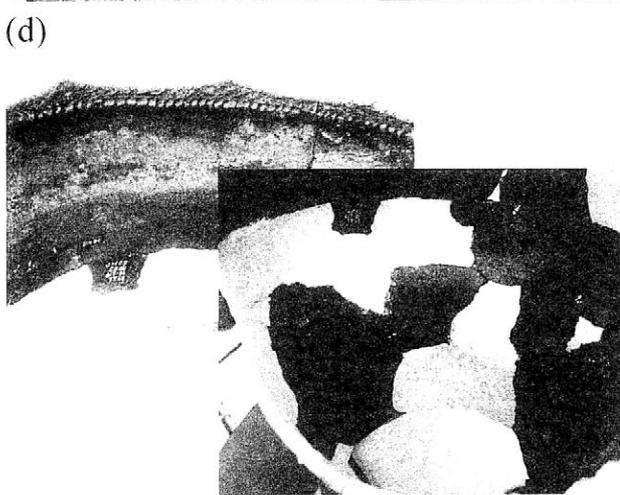
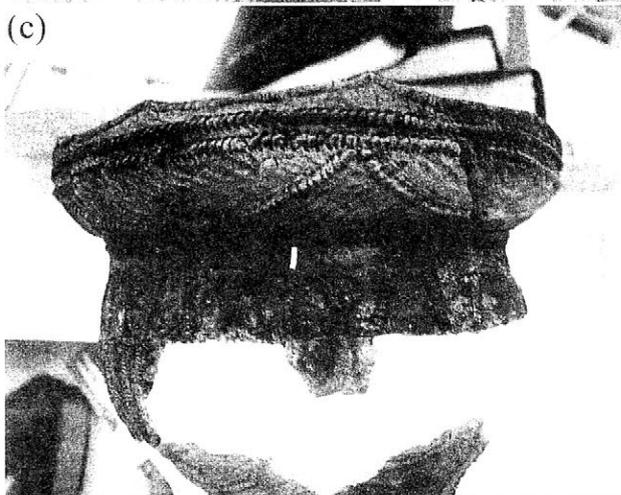
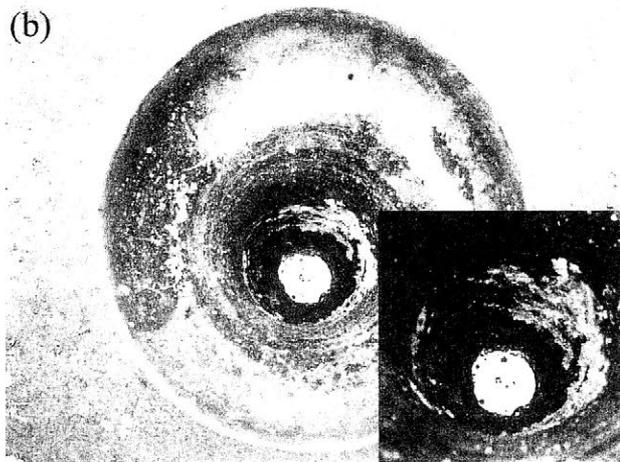
顕微鏡による観察

(e)、(f)に電子顕微鏡による反射電子像を示す。(e)土器底部から採取したコゲの表面である。表面は荒い質感で、拡大すると細かい凹凸がある。(f)は別個体の土器の外面に附着していたススである。粉末状となった試料は拡大するとガラス状の表面が観察できる。

(g)に口縁部内面コゲの断面、(h)に平面の薄片を示す。複数の土器の口縁部内面コゲについて断面の薄片を観察しているが、層構造で、空隙があるという共通点がある。平面方向の薄片では組織片が検出されており、現在同定中であるが、このような成果の積み重ねがいずれ内容物の特定へと結びつくと考えている。

おわりに

現時点では、出土遺物の附着炭化物と、調理実験によって得た附着炭化物の比較を開始したばかりで、形態の差が埋没中の変形であるのか、内容物や調理方法の差異であるのかは完全に把握できてはいない。しかし、内容物に由来すると考えられる組織片や形成過程に関わる知見をいくつか得ており、今後の研究で調理法、土器の使用法の知見へと昇華させることができると期待している。なお、本報告は千葉市立加曽利貝塚博物館、加曽利貝塚土器づくり同好会との共同研究の成果の一部である。研究を支援してくださった関係者の方々に厚くお礼申し上げたい。



千葉県下太田貝塚における安定同位体比による食性の検討:
単独埋葬と集団埋葬の比較

○ 米田 穰 (東京大学・大学院新領域創成科学研究科・先端生命科学専攻)・菅谷通保 (茂原市立美術館・郷土資料館)・松村博文 (札幌医科大学・医学部・解剖学第2講座)・柴田康行 (独立行政法人国立環境研究所・化学環境研究領域)

はじめに

本研究では、縄文時代の社会に食生活の側面からせまることを目的として、千葉県茂原市下太田貝塚から出土した人骨資料に関して、残存するコラーゲンの炭素・窒素同位体比を測定した。当遺跡では、縄文時代中期から後期にかけての約300体にのぼる縄文時代人骨が出土している。とくに中期後葉では屈葬中心の単独葬だった葬制が、後期になると伸展葬を中心とした単独葬と、数十個体の一部交連した人骨が収められた多数遺骸集積土坑(集団葬)とに分化する点が特徴的である。後期における埋葬の違いは、生前のどのような相違を意味するのだろうか。3つのグループについて、放射性炭素年代と炭素・窒素安定同位体比を指標とする食性を比較する。

試料と方法

分析に供した人骨試料は、単独葬の個体からは肋骨を中心に、多数遺骸集積では四肢骨の個体同定が困難だったので頭蓋骨から、金属製カッターを使用して採取した。分析個体数136個体のうち、21個体では有機物が残存しないか、抽出された有機物の化学的指標(C/N比、炭素含有率、窒素含有率、コラーゲン残存率)が異常値を示しており、生体由来の同位体情報が失われている可能性が高い。残りの115個体で、Finnigan MAT252を用いて炭素・窒素安定同位体比を測定した。その内訳は、縄文時代中期の単独葬が44体(大人36体)、後期の単独葬が28体(大人23体)、後期の集団葬が43体(大人27体)である。幼児のコラーゲンには、授乳の影響があるため、食性に関する検討からは除いた。

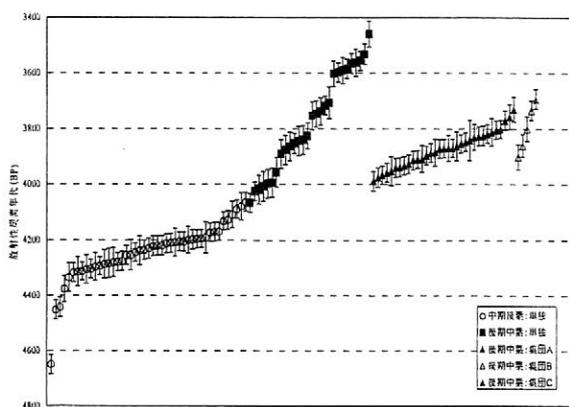


図1. 放射性炭素年代測定の結果

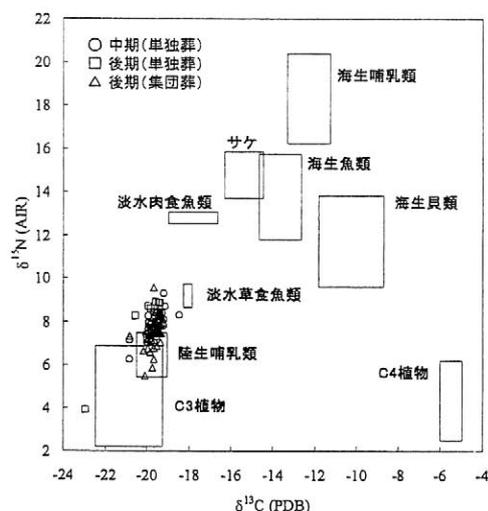


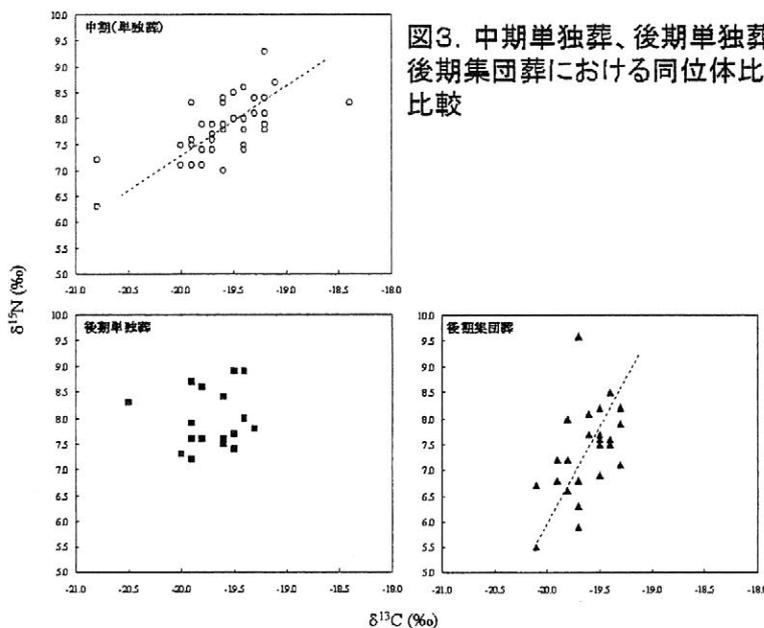
図2. 古人骨コラーゲンの同位体比と食料資源の比較

放射性炭素年代測定は、中期単独葬 45 体、後期単独葬 27 体、後期集団葬 38 体の合計 110 体について行った。低湿地遺跡であり、層序学的な判断が困難な土坑がしばしば認められたからである。年代測定された試料には、子供も含まれる。測定は独立行政法人国立環境研究所加速器分析施設 (NIES-TERRA) を用いた。

分析結果と考察

図 1 に人骨の放射性炭素年代を示すが、海洋リザーバー効果の影響を考慮する必要がある。下太田遺跡では、 C_4 植物が主要なタンパク質源として利用された可能性が低いので、炭素同位体比を基準として補正を試みた。その結果、後期前葉に属する埋葬は甕棺に埋葬された幼児のみと発掘時には考えられていたが、後期中葉と想定された単独葬の一部や集団埋葬の個体が後期前葉に由来する可能性が示された。この結果は、海洋リザーバー効果の補正を行わない場合でも同様である。後期前葉には、伸展葬で単独に埋葬されたグループと集団埋葬されたグループが同時に生存していた可能性が極めて高い。また、集団埋葬に含まれる年代のばらつきは、70~290 ^{14}C 年に相当しており、数世代にわたる個体が同一の土坑に葬られたと考えられる。一部交連という遺骸の得意な保存状態を考えると、死亡してから一定期間たった遺骸を土坑に順次追葬していたのかもしれない。

炭素・窒素同位体比の分析結果を図 2 に示す。参考のために、コラーゲンでは同位体比が食物タンパク質より炭素で 4.5‰、窒素で 3.4‰濃縮すると仮定して、食物群の同位体比もあわせて示す。利用したタンパク源に着目すると、中期単独葬、後期単独葬、後期集団葬の 3 群では、明確な食性の差異は観察されない。いずれも陸上の C_3 生態系と窒素同位体比の高い淡水魚あるいは海産物を利用していたと考えられる。これは、下太田貝塚から出土した動物遺存体の分析結果と矛盾しない。一方、グループ内の個人差に着目すると、3つのグループでは様相が異なるといえる。中期単独葬と後期集団葬では炭素同位体比と窒素同位体比で有意な相関が認められるが、後期単独葬では認められない (図 3)。これは前者ではタンパク源が 2 種類に限定されていたのに対し、後者では 3 種以上のタンパク源を利用していたことを示唆する。単独葬の後期集団と集団葬の後期集団では、食性が異なった可能性がある。今後、動物考古学的情報とともに動物遺存体の同位体比データを加えて、この同位体分布の違いが、具体的などのような食料群の有無によってもたらされたかを検討する必要がある。それによって、グループ間での生業の相違が検討可能となる。



葬の後期集団では、食性が異なった可能性がある。今後、動物考古学的情報とともに動物遺存体の同位体比データを加えて、この同位体分布の違いが、具体的などのような食料群の有無によってもたらされたかを検討する必要がある。それによって、グループ間での生業の相違が検討可能となる。

鈴木 正男 (立教大学)

黒曜石は、産地が著しく限定され（産地推定－空間系）、石器制作時に生じた破砕面から化学変化（水和）を起こす（年代－時間系）特性があり、多様な情報が得られる研究材料である。その研究のため国際的な組織（IAOS: International Association for Obsidian Studies）が設立されている。

また、近年黒曜石研究に特化した国際研究集会やシンポジウムが、Melos (2002, ギリシャ)、日本 (2004, 立教大学・明治大学: Obsidian Summit 2004)、米国 (2005)・フィリピン (2006) などで開催されている。

さらに、黒曜石研究に関する単行本も、Taylor (ed., 1976) 以降、長い空白期間において、近年改めて刊行され、また刊行が予定されている。主なものを挙げると、

Shackley, M. S. ed., 1998: *Archaeological Obsidian Studies – Method and Theory*. Plenum Press, New York and London, pp. 243.

Shackley, M. S., 2005: *Obsidian – Geology and Archaeology in the North American Southwest*. The University of Arizona Press, Tucson, pp. 246.

Suzuki, M., Ambrose, W., and Summerhayes, G. eds., 2006: *Obsidian Summit*. (In preparation) 等がある。

世界の黒曜石産地

世界には概算で約 800 カ所の黒曜石産地があり、環太平洋沿岸部、地中海、東欧、アフリカに集中している。我が国にも 100 カ所を超える産地がある。つい近年まで手が着いていない研究の空白地域（ニューギニア・インドネシア、フィリピンなど）があったが、それも徐々に埋められつつある。

産地推定－空間系：

黒曜石の産地推定には EDXRF（7 元素比）、FT、INAA（23 元素）、LA/ICP-MS（52 元素）、PIXE、PIGME、TXRF、WDXRF など多種類の分析方法が適用され、推定される黒曜石の産地の単位は、露頭（広義に採取地点を含む）、露頭群、地域など、方法間で産地判別されるレベルは一様ではない。

一般によく用いられる EDXRF、INAA、LA/ICP-MS を同一試料に適用して比較検討した結果 (Suzuki *et al.*, 2006) では、産地推定精度は高い方から LA/ICP-MS、INAA、EDXRF の順になって、より個々の露頭の識別に近づくことができる。

今年 3 月にマニラで開催された IPPA の黒曜石セッションでは、それぞれの発表者が自分が用いている方法がいかに優れているか強調することに終始していたが、黒曜石の産地推定では、単に推定精度だけではなく、必要経費・所要時間・非破壊法か破壊法か、といった他の条件もあり、それぞれの方法の利点と限界を見きわめる必要がある。

産地推定において重要なことは、化学分析には必ず前提条件があり、産地推定のための判別分析では、対照試料として用いた（地質学的）産地リストの中に（考古学的）黒曜石の産地があるとすれば、ということが前提となっている。すなわち、新たに産地が発見された場合に、判別結果が変化する。このことは、産地推定に当たって、その地域の産地が網羅されているかどうか判別結果の精度を大きく左右することを意味する。関東中部地域は産地調査が比較的充実して行われている地域であり、新たに発見される産地は道路建設などともなって発見されることが多い。このような場合には、先史時代の人々はその産地にアクセスできた可能性は低いといえる。しかし、北海道や九州南部では林業関係者などによって新たな産地の発見が相次いでいて、肉眼観察で判断すると遺跡で使用されている可能性が高いという。このような地域では、新たな産地の追加によって、産地判別結果が大幅に変化する可能性がある。つまり、それぞれの地域ごとに研究の進捗状況に濃淡があることを考えておく必要がある。

年代－時間系：

黒曜石は石器制作に当たって破碎された表面から次第に水が内部に拡散し、水和層が形成される。これにともなって、当初の自然光沢(natural polish)は次第に失われる。黒曜石水和層年代測定法とは、黒曜石表面に形成される水和層の厚さを測定し、水和速度定数を用いて年代を求める方法である。化学変化は温度によって左右される。従来はある一定の温度環境下では水和速度は一定であるという前提に基づいて年代が算出されてきた。

この水和層の厚さを利用した年代測定法は、1960年頃に開発され、試料の入手が容易なこともあって、同じくその10年ほど前に開発されたC-14年代測定法と比肩しうる年代測定法として期待され、とくに米国で盛んに測定が行われた。その後研究が進展するにつれて、観察される水和層の厚さは、黒曜石表面における形成と融解の競争的変化の結果であるという事例の報告や、とくに、Anovitz(1999)がSIMS H(+)プロファイリングによって、水和層と新鮮な内部との間の屈折率の違いによって生じるベッケ線(Becke's line)を光学的に観察する従来法によって得られていた結果と矛盾する結果を報告したことはとくに重要であった。

最近の注目される一・二の事例：

現生人類は、約20万年前にアフリカで誕生し、125,000年前には紅海沿岸にまで達し(第2次出アフリカ)、海産資源を開発し黒曜石を使用していた証拠は既に報告されているが、「ホモ・エレクトス時代からホモ・サピエンス時代へ移行する時期に黒曜石の開発・利用にかかわる人類活動がどのような変化をしたのか」という興味深い研究内容の報告がある(Ambrose, S., 2006)。

Watanabe *et al.* (2006)は、促進水和リアクターを用いて人工的に形成した水和層のSIMS H(+)プロファイルを検討した結果、①水和層の深さが時間依存・温度独立、②水素イオン濃度が温度依存し、一方、愛鷹山遺跡群の30,000 a BP～4,500 a BPの文化層から出土し、産地がEDXRF, INAA, 及びLA/ICP-MSで神津島恩馳島産と推定された黒曜石では、水和層の深さは、遺跡文化層の時間シーケンスと整合的であることを指摘した。これらの結果を総合すると、SIMS H(+)プロファイリングによる黒曜石水和層研究は、年代測定法としての再生と、古気候復元の可能性を示している。

今後の課題：

世界の黒曜石研究を概観した上で、産地推定をはじめとする黒曜石研究に関連して、とくに我が国で今後なすべきことを列挙すると、

- ① 産地の探査、
- ② 産地の種別(露頭、転礫集積など)の特定、
- ③ 産地のデータベースの構築、
- ⑤ 最適分析フローの確立、
- ⑥ アーカイブ機能をもった分析センターの設立、

などがある。

Ambrose, A., 2006: Obsidian Dating and Source Exploitation Studies in Africa: Implications for the Evolution of Human Behavior. In Suzuki *et al.* eds.: Obsidian Summit (in preparation)

Suzuki, M., 2006: What are prerequisites and limitations of source identification of archaeological obsidians? Programs and Abstract, 103, 18th Indo-Pacific Prehistory Association Congress, University of the Philippines, Manila, 20 - 26 March 2006.

Suzuki, M. *et al.*, 2006: Comparison of EDXRF, INAA, and LA/ICP-MS for Sourcing Archaeological Obsidians. In Suzuki *et al.* eds.: Obsidian Summit (in preparation)

Taylor, R. E. ed., 1976: Advances in Obsidian Glass Studies – Archaeological and Geochemical Perspectives. Noyes Press, Park Ridge, New Jersey, pp. 360.

Watanabe, K., Suzuki, M., Liritzis, I., Ganetsos, T., Novak, S. W., Laskaris, N., Sasaki, K., and Ikeya, N., 2006: Hydrogen ion profiling of obsidian hydration layer using secondary ion mass spectrometry. Programs and Abstract, 108, 18th Indo-Pacific Prehistory Association Congress, University of the Philippines, Manila, 20 - 26 March 2006. (いずれも Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association に掲載される)

東北地方のへら状石器の石材と移動について

～石器素材に対するレーザー波の伝達速度測定～

○須田富士子 藤巻宏和 (東北大学理学研究科)

はじめに

考古学において岩石学は石器素材や石棺の記載、産地の同定に貢献してきた。本研究では、レーザー波の伝達速度を測定し岩石の物理的特徴を捉え、その結果の考古学的意義を考察した。石器素材岩石に打撃を加えたときに、その衝撃を視覚化し定量的な解析を行うためレーザー波をもちいた照射実験を行った。実験に用いた石器原料は、縄文期東北地方においてへら状石器として多用された中新世の草薙層・女川層の代表的珪質頁岩である。山形県尾花沢市の大道寺遺跡出土のへら状石器に見られる岩石を代表として、それが分布している地域から珪質頁岩を集め実験に使った。実験結果から岩石の物理的性質がへら状石器に与える影響について考察する。大道寺遺跡は尾花沢盆地の中央部に位置する縄文時代前期の遺跡である。周辺には縄文時代各時期の遺跡が多い。2003年の県道建設工事の事前調査で200点を超えるへら状石器が出土した。完形は109点あった。へら状石器の岩石種の第一岩石種は珪質凝灰岩で次が珪質頁岩である。完形はこの二種で79点を数える。遺跡は丹生川の低位段丘上に位置し、河床には両者の転礫が豊富である。実験方法：岩石種の薄片標本をもとに、露頭や河床から採取した草薙層珪質頁岩と珪質凝灰岩、太平洋沿岸の黒色頁岩、比較試料として北海道白滝産黒曜石を、実験用試料とした。試料調整は岩石カッターと研磨によって厚さは1cmに統一した。測定誤差0.01mm精度のノギスを用い許容範囲0.01~0.03mmまで研磨剤を用いて削った。照射面と測定面は#3000の研磨剤で仕上げの研磨をした。試料の水分調整は実験室の常温20~24℃、湿度50~60%に放置したものを標準状態とした。調整した試料を工学部電子制御工学講座金井研究室のレーザー波発生装置をもちいて、一定のパルスでレーザー波を片面から照射し、試料の1cmの厚さを伝わって反対側に到達した時間(縦波音速)を測定した。試料の音速と密度から次式により各岩石の弾性率を求めた。

$$\text{弾性率} = (\text{縦波音速の2乗}) \times \text{密度}$$

結果：レーザー波実験からもとめた石器素材岩石の弾性率と縦波音速の関係

レーザー波の伝達速度は速い順に黒曜石>黒色頁岩>珪質頁岩>珪質凝灰岩である。密度は珪質凝灰岩1.63~1.81は珪質頁岩1.57~1.76より少し大きい。また、黒曜石の密度1.74は珪質頁岩と珪質凝灰岩の中間に位置し、黒色頁岩の密度は最も低い。密度と縦波音速から求められた石器素材岩石の弾性率は最も高いのが黒曜石で、ついで黒色頁岩、珪質頁岩、珪質凝灰岩となった。縦波音速と弾性率の関係は、速度の速いものが弾性率も上位に位置し、遅いものは下位であることから、相関が見られる。すなわち、弾性率が高いものは、縦波が早く到達するという結果である。珪質頁岩は弾性率が珪質凝灰岩より小さく、珪質凝灰岩は珪質頁岩より伝達速度が遅い。

考察1：密度と縦波速度の関係

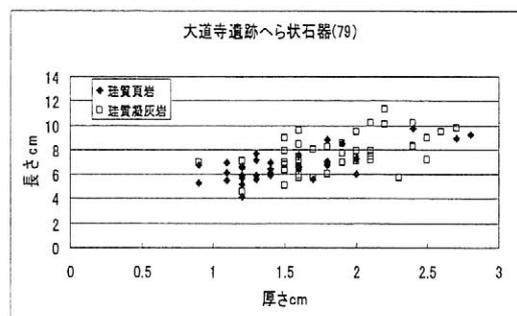
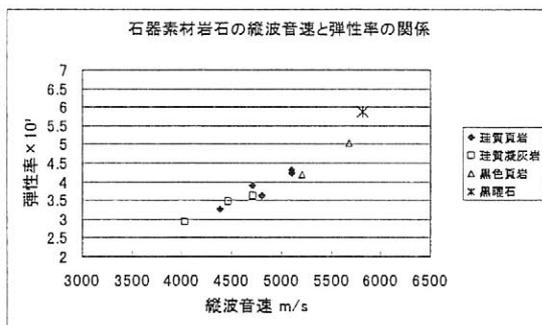
各岩石の薄片観察では、最も細粒均質ものが珪質凝灰岩で、ついで珪質頁岩、黒色頁岩である。密度は粒子の大きさと緻密さによっている傾向が確かめられたが、ほとんど透明のガラスである黒曜石の密度は珪質頁岩と同じ程度であった。しかし縦波音速の測定結果では黒曜石が最も早く、

最も粒度の大きい黒色頁岩がそれに次ぐので、粒度のみが縦波音速を支配しているとはいえない。珪質凝灰岩はもっとも細粒であるが、その縦波音速は珪質頁岩のような火山灰と砂の混合物より、更に均一であるにもかかわらず遅い。

考察2：弾性率と石器の大きさ

大道寺遺跡の完形へら状石器のサイズの分布から、珪質頁岩より珪質凝灰岩製の石器がやや大きめであることがわかった。石器を製作するときの作り方に両者の差異はなく、素材レキの一端から剥ぎ取った一次剥片をハードハンマーで加工している。素材岩石の密度には粒度に起因する差があるが、レーザーによる縦波音速は珪質頁岩がより細粒均質な珪質凝灰岩より速い。石器では弾性率の最も低い珪質凝灰岩は大きく、弾性率の高い珪質頁岩はやや小柄である。最も弾性率が高いものは黒曜石だが、へら状石器にはまったく利用されず、ついで弾性率の高い黒色頁岩もわずかである。珪質凝灰岩製へら状石器のサイズと珪質頁岩のへら状石器の大きさを比べると後者は前者の8割程度になる。宮城県へのら状石器には珪質凝灰岩はほとんどなく、珪質頁岩製のサイズ分布は大道寺とほぼ同様である。

まとめ：珪質頁岩産地ではへら状石器として、珪質凝灰岩と珪質頁岩が多用された。製作技術、推定される機能からは両者の差は認められないが、石器サイズ、弾性率、密度、縦波音速の伝達時間に差があることが実験によって明らかになった。ハードハンマーによって製作されたへら状石器は、素材の性質がわずかに違うということが定量的に示された。弾性率の低い珪質凝灰岩のものが珪質頁岩より約2割ほど大きい。弾性率が低く衝撃の伝達が少し遅いということは、ハードハンマーによる打撃は珪質頁岩ほど正確さを要求しないかもしれない。珪質頁岩のへら状石器に観察されるエッジなどのステップは珪質凝灰岩では出現頻度が低い。このことは、弾性率が高く伝達速度が少し速い珪質頁岩の岩質に起因する可能性がある。以上のように本研究では素材岩石の物理的な性質が石器製作に影響を与えている可能性が明らかになった。また、歴史的解釈からいうと、珪質頁岩製へら状石器は峠を越えた宮城県からほとんど同じ規格のものが出土している。しかし宮城県側では珪質凝灰岩製のものはほとんど見つからないということから、珪質頁岩地帯から流出したへら状石器は、山形県に分布する珪質頁岩製が主体であったと考えられる。わずかな大きさの違いは機能には影響しないと判断されるが、大量の珪質凝灰岩製のへら状石器は、弾性率の少し高い、珪質頁岩製を製作するための習作であった可能性はないだろうか。黒色頁岩については、珪質頁岩より高い弾性率がありながら、密度が低く、粒度が荒いことがへら状石器に想定されるスクレイピングという機能上、敬遠された可能性がある。



石造文化財の劣化状態を知るための打音試験法の応用 I

— 打撃音の周波数解析と浮き・空洞の検出 —

○高妻洋成・脇谷草一郎・降幡順子・肥塚隆保（奈良文化財研究所）

1. はじめに

石造文化財の保存修復は、1) 劣化状態（劣化の種類、程度、分布）の調査と環境および劣化原因の調査、2) 劣化原因の除去と必要な科学的保存処置、および3) モニタリングとメンテナンスの3つのプロセスが不可欠である。この中でも、1) の劣化状態の調査と劣化原因の解明は、保存修復の方向性を決定する上できわめて重要である。石材の力学的性質や構造的な欠陥は種々の試験法により知ることができるが、サンプリングの可否、必要となる精度なども必要であるが、石造文化財の全体にわたる劣化診断調査も重要である。本研究では、石造文化財の全体にわたる劣化診断法のひとつとしてトンネルなどのコンクリートの欠陥検出などに用いられている打音試験法が石造文化財の診断技術のひとつの手法としてどのように応用できるかの検討を行っている。

2. 原理と調査方法

打音試験法は、石材をハンマーで打撃した時に発生する音の周波数特性から石材内部の損傷状態を推定する手法である。健全な石材では観測される周波数が高いほど強度が大きいこと、内部に損傷がある石材では低周波数成分が顕著に観測されるようになること、また、浮きなどの内部に空洞を有する場合には特定周波数の減衰時間が長くなることが知られている。

調査に際しては、ハンマーによる打撃で発生した音をマイクロフォンで集音し、デジタルデータとして記録した。録音装置からデータを wave 形式のファイルとし、解析ソフトを用いて周波数解析をおこないソナグラムを作成し、劣化状態を会席を試みた。ソナグラムとは、横軸に計測時間を、縦軸に周波数を取り、周波数別にその音圧を諧調表示したものである。

3. 調査事例

調査の一例として大分県日田市ガランドヤ古墳の石室石材についておこなった打音試験の結果を示す。ガランドヤ古墳はその墳丘がほとんど失われ、石室石材が露出した状態にある（図1）。石材は安山岩質の熔結凝灰岩で構成されており、小さいもので20cm大、大きいものでは1mをこえる大きさのものが積み上げられている。奥壁は石室内面で確認できる限りにおいて上端幅2m、下端幅3m、高さ2.5mにおよぶ1枚岩となっており、その表面には緑色および赤色の顔料で描かれた装飾が施されている。今回は、石材の浮きや強度が低下していると推定される箇所の検出にこの打音試験法が適用できるかどうかを試みた。図2に測定をおこなった石材を示す。このうち、一例として測点11と12を有する石材（図3、4）について結果を示す。図5左は測点11のソナグラム、同右は測点12のソナグラムである。本来ならば、打撃エネルギーを一定にするか、あるいは加えた打撃エネルギーを計測し、欠陥に関する定量的な取り扱いをおこなうことが可能であるが、今回は、打撃により発生した「音」の周波数分布と特定周波数における減衰時間の長短をみることで、定性的に検討をおこなうこととした。測点11では高周波数域が特に強く観測されていないことから、強度的に大きいとは言えないが、著しい欠陥を生じているわけではない。それに対し、測点12では測点11に近接しているものの、2.5 kHz 近傍に約100 msec程度の減衰時間が観測されており、浮きが存在していることが推定される。

4. まとめ

今回は、打撃により岩石から生じた音を解析し、定性的ではあるが、相対的な劣化状態を比較し、さらに石材表面の浮きを検出することができた。これまで、浮きが認められる花崗岩、安山岩、熔結凝灰岩などについての基礎的な実験および数箇所の遺跡におけるフィールド調査においても同様の浮きの検出をおこなうことができています。今後、打撃エネルギーをもとに振幅比や実効値比などを検討することにより、定量的な取扱も可能となるものと期待できる。



図1 日田市ガランドヤ1号墳

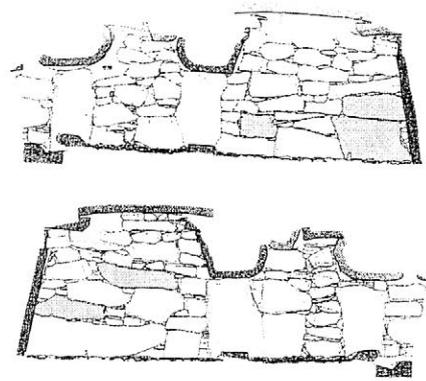


図2 打撃試験をおこなった石材

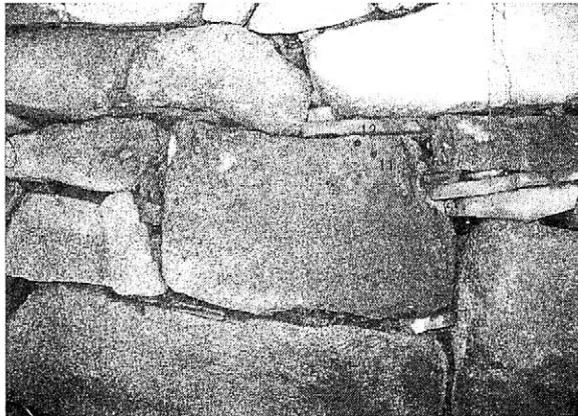


図3 測点11と12の石材

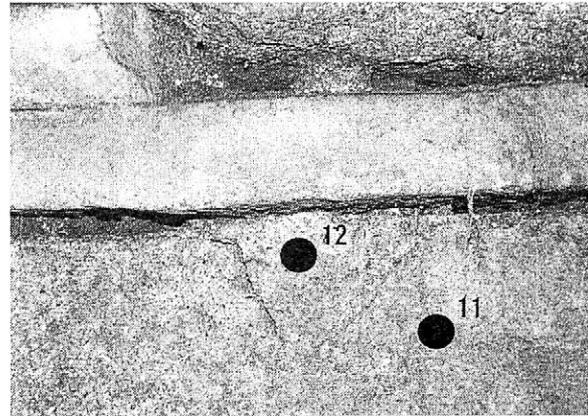


図4 測点11と12の拡大

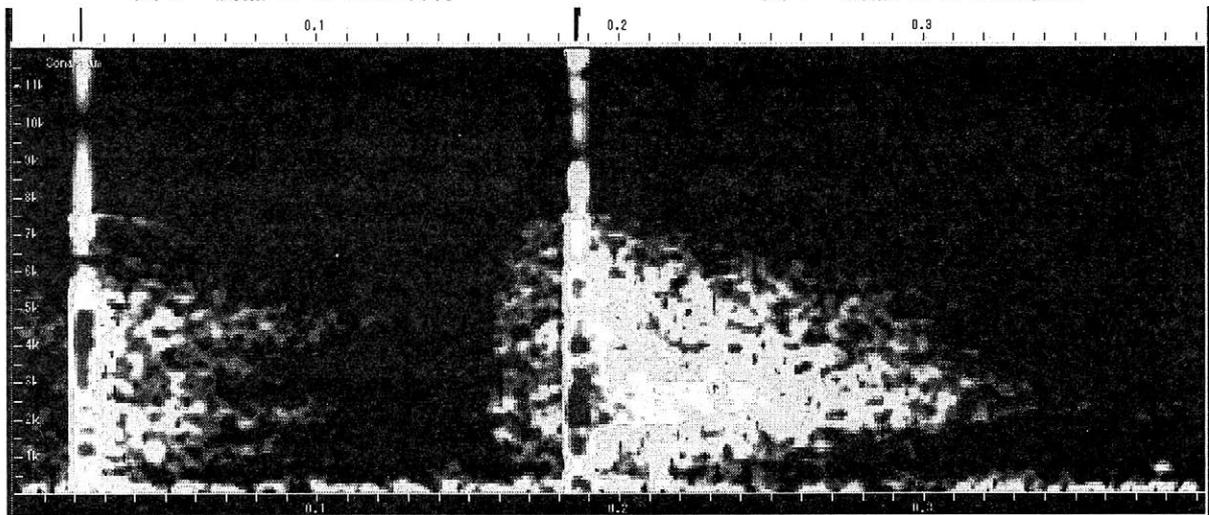


図5 ソナグラム (左: 測点11、右: 測点12)

微量不純物分析による日本刀の「科学的鑑定」

○ 松本圭一朗、宮本雄介、志村史夫

静岡理科大学

1. 序

日本刀は、日本古来の武器である。また、“姿”“地鉄”“刃文”に美しさを併せ持つ美術品でもある。この美は、機能を追求したために生まれた機能美である。日本刀は、「折れず、曲がらず、よく切れる」機能を生み出すために、日本古来の製鉄法「タタラ製鉄」によって製鉄された和鋼を使用している。特に不純物の少ない良質の和鋼は「玉鋼」と呼ばれ、日本刀の主原料と考えられている⁽¹⁾。現在は、「美術刀剣」として扱われる日本刀は、「鑑定家」の「目」により「姿、地鉄、刃文」が鑑定され、作者や美術的価値が判断される。これは、現在の文化財クラスの本日本刀の多くに、刀匠の銘が切られていないためである。しかし、人の目による鑑定は、評価が曖昧であり、偽物も多数ある。そこで本研究の目的は、作刀に使用されていたと考えられる原料(以下原料鉄)、日本刀の微量不純物を分析し、日本刀を科学的に「鑑定」しようとするものである。本発表では、日本刀「長義(在銘)」と「伝長義」について、「外観検査」に加え、刀中の微量不純物の分析結果から「伝」についての「科学的鑑定」結果について報告する。また、「以南蛮鉄」と添銘されている「康継」が実際に南蛮鉄を用いて作刀されたものかどうかについての「科学的鑑定」結果も報告する。

2. 実験

原料鉄と考えられる「玉鋼」、「南蛮鉄および同一刀匠の作と考えられる「長義(在銘)」と「伝長義」3振、「南蛮鉄」を主原料に用いたとされる刀匠「初代康継」2振中の微量不純物を蛍光X線分析法により定量分析した。

なお、本研究で調査した日本刀はいずれも日本美術刀剣保存協会の鑑定を得ているものである。

本研究で測定した原料鉄を表1に、測定した日本刀を表2に示す。測定に用いた装置は、蛍光X線分析装置 OURSTEX140 (0.01mass% オーダーまで測定可能)で、測定対象不純物元素はAl、P、As、Cu、Tiである。

一般的に刀剣の成分は、約99%が鉄であり、不純物の含有量は、約0.8%が炭素、残り約0.2%がその他の不純物である。そこで、低濃度不純物合金標準試料から検量線を作り、検量線法⁽²⁾で、微量な不純物の定量分析を行った。

原料鉄の不純物濃度は、場所依存性があるため、数点測定し平均値を求めた。日本刀の測定点は、なかご(A点)、刀身の中央部(刃部B点、皮鉄部C点)、切先から10cmの皮鉄部(D点)である(図1)。

表1. 測定原料鉄一覧

原料	時代	参考事項
菅谷玉鋼	江戸	出雲菅谷タタラ(田辺家所蔵)
日刀保玉鋼	現代	一級品
南蛮鉄	江戸	佐野美術館所蔵

表2. 測定日本刀一覧

国	刀剣	時代	参考事項
備前	長義	貞治	薙刀直し 在銘 重要刀剣
	伝長義1		重要刀剣
	伝長義2		特別重要刀剣
伝長義3			
武蔵	初代康継1	慶長	重要刀剣
	初代康継2		重要刀剣

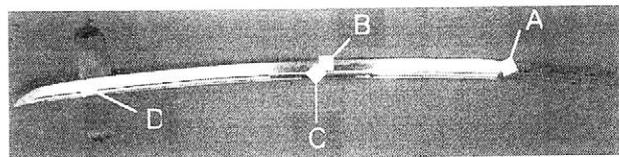


図1. 日本刀の測定点 (「伝長義3」)

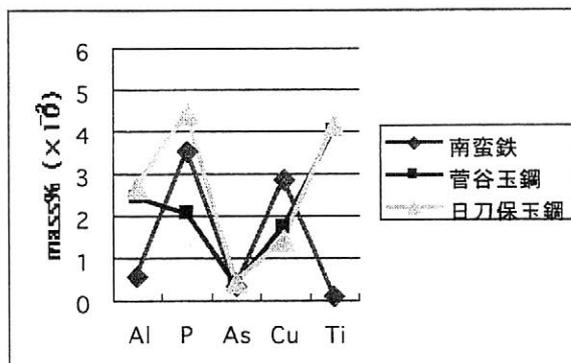


図2. 原料鉄の不純物分析結果

3. 結果・考察

原料鉄の不純物分析結果を図2に示す。図2より、玉鋼の純度は使用原料、砂鉄、製鉄技術の差によって異なると考えられる。原料に砂鉄を用いた玉鋼の一般的特徴的はTiが多く含まれることであり、南蛮渡来の南蛮鉄との顕著な違いである。南蛮鉄のTiの含有量が少ないのは、鉄鉱石を原料に用いているためだと考えられる⁽³⁾。

測定した刀剣の一例として、「長義」の長さ、幅方向の不純物濃度分布を、図3、4に示す。幅方向のAlの含有量に差がみられたほかは、不純物の分布はほぼ均一といえる。他の試料でも同様の傾向であった。よって測定点A,C,Dの定量値を平均し、各試料の不純物濃度とした。

図5に「長義(在銘)」および「伝長義」の不純物分析結果を示す。無銘の「長義」は、その外観から「伝長義」と鑑定されたのであるが、図5の結果によれば、「長義(在銘)」と「伝長義」の含有不純物濃度傾向は酷似しており、これらが同一刀匠によって同様の原料鉄を用いて製作されたものであることを示す科学的証拠となり得よう。

図6は「康継」刀2振の分析結果を原料鉄の分析結果(図2)に重ねて示すものである。これらに分析結果によれば、「康継」刀に含まれる不純物濃度の傾向は「玉鋼」のものとはほぼ一致するものの、「南蛮鉄」のものとは明らかに異なる。これらの結果から、「康継」刀には「以南蛮鉄」と添銘されてはいるものの、「康継」が「南蛮鉄」のみを使用して作刀されたとは言い難い。もちろん、この結果をもって、康継が「南蛮鉄」を使用したことは否定するものではないが、いずれにせよ「南蛮鉄」は主要材料ではなく、玉鋼などさまざまな鋼を混ぜ合わせて作刀したと考えるのが妥当である。

4. 結論

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

- ・ 微量不純物の分析により、さまざまな日本刀の特徴の概要を知ることができる。
- ・ 原料鉄と刀剣を分析することによって、主原料を判断することが出来る。

以上のことから、日本刀の厳密な調査には、内部多層構造(造り込み)や内部の不純物分析など、他の手段によっても分析する必要があることはいうまでもないが、非接触・非破壊検査法である蛍光X線分析法による微量不純物の分析は、日本刀の「科学的鑑定」に極めて有力な一手段となり得ることが確認できた。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、数々の貴重な試料を提供してくださいました佐野美術館 渡邊妙子館長、また多くの有益な助言を頂きました尾上高熱工業 尾上卓生社長の方々に深く感謝します。

参考文献

- (1) 俵国一『日本刀の科学的研究』日立評論社(1953)
- (2) 中井泉『蛍光X線分析の実際』朝倉書店(2005)
- (3) 窪田蔵郎『鉄の民族史』雄山閣出版(1986)

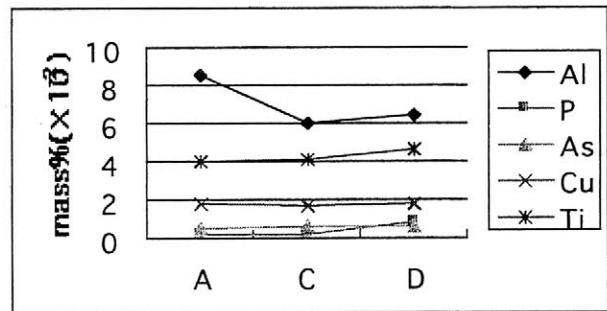


図3. 「長義」の長さ方向の不純物濃度分布

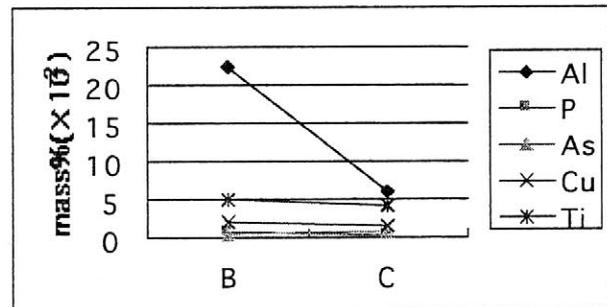


図4. 「長義」の幅方向の不純物濃度分布

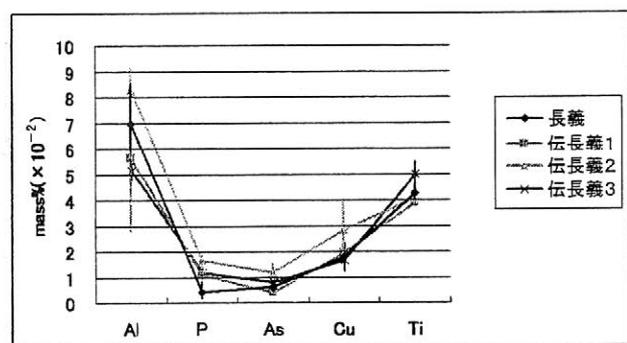


図5. 「長義」の不純物分析結果

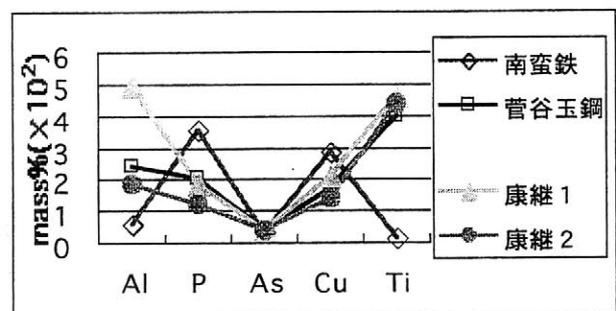


図6. 「康継」と原料鉄の不純物分析結果

亀山古墳調査における物理探査の活用

○阿児雄之*、亀井宏行*、菱田哲郎**、加西市教育委員会
 (*東京工業大学、**京都府立大学)

Keyword：地中レーダ探査（GPR）、磁気探査、副葬品箱、遺跡調査法

1.はじめに

物理探査は、現在主に発掘調査の事前調査として利用されている。しかしながら、発掘調査後の発掘成果と探査結果との検証が少なく、遺跡調査の中で有効的に活用されていないのが現状である。

本発表では、兵庫県加西市所在の亀山古墳において実施された調査を通じて、遺跡調査における物理探査の活用について検討をおこなう。

2.亀山古墳における調査

亀山古墳は、昭和12年に梅原末治氏らにより調査がなされ、2基の埋葬部と副葬品が発見されている[1]。そして、平成15年から加西市教育委員会を主体として多角的な第2次調査がおこなわれた[2]。第2次調査では、新たに多数の鉄製品を納めた埋納施設が発見され、貴重な資料群を得る事ができている。この第2次調査の初段階において、測量調査と併せて地中レーダ探査と磁気探査がおこなわれた。そして、それ以降も調査の各段階において探査結果との検証がおこなわれながら、発掘調査が進められた。

3.物理探査の活用

3-1.発掘前：古記録の再生

第1次調査では、2基の埋葬部が発見され、図1の様に報告されている。その報告には基準点などの記載がないため、現在では正確な記録図としての資料的価値が下がっていた。しかし、レーダ探査の結果、図2の様に埋葬部を推定できる結果を得る事ができ、第1次調査記録で報告されている遺構の正確な位置を特定することができた。過去の調査記録の資料的価値を再生でき、効率的な発掘範囲の設定をおこなう事が可能になった。

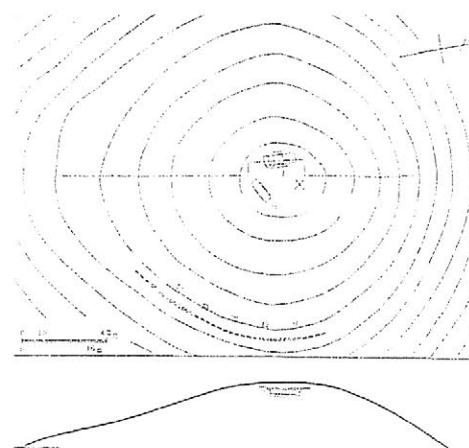


図1. 第1次調査平面略図(梅原1939)

3-2.発掘中：発掘調査方針の決定

探査結果を有した事により、範囲の設定だけではなく、調査目的も明確になる。本調査では、埋葬部の詳細な再調査が主たる目的となった。探査により第1埋葬施設（西側）には、流入土が少なく空間が存在している事が明らかになった。また、磁気探査により、磁気異常が観測され、鉄製品が残存していることが予測された。第1次調査では鉄製品が採集されており、磁気探査結果と合わせ、埋め戻し土にそれらの残片が混入している可能性が高いと判断された。よって、埋蔵部付近の廃土については篩かけがなされ、その結果、大量の鉄製品の残片を見いだすことができた。

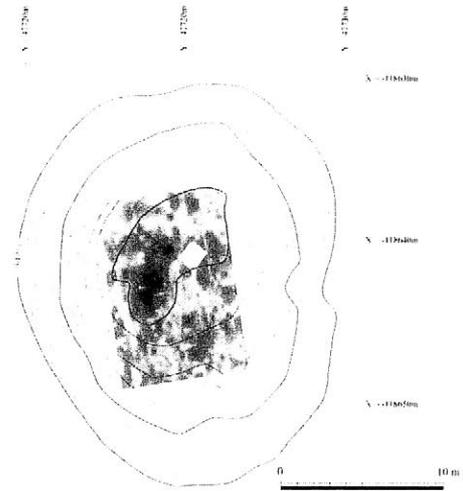


図2. タイムスライス図(G.S.S.I.レーダ)
Time Window=16.5-17.5[nsec]

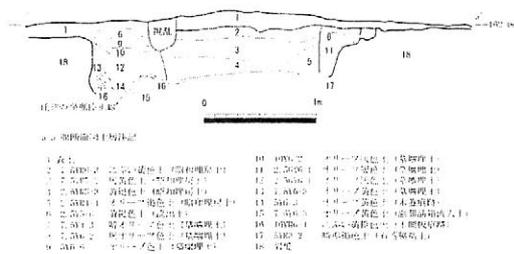


図3. 埋葬部土層断面図
([2]第25図再掲)

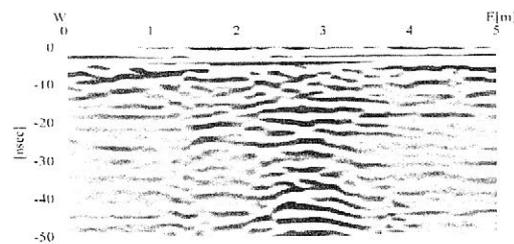


図4. レーダ断面図(第11測線)

3-3.発掘後：探査への還元

第2次調査で特筆される成果は、副葬品を埋納した施設の発見である。しかし、この存在を探査結果から推定することができなかった。レーダ探査結果からは、埋葬部の掘り方が対称的な形をなしていないということが判明していた。発掘結果からもそれは証明されている(図3,4)。しかし、大量の鉄製品の存在を磁気探査で推定することができなかった。その原因として、埋葬部の空間と鉄製品が近接して存在していたことが挙げられる。それぞれが作り出した磁気異常が重複し、分離ができなかったのである。今後、発掘結果から磁気探査に提示された課題として取り組む必要がある。

4.おわりに

本調査では、遺跡調査における物理探査の活用方法について検討をおこなうことができる機会を得た。今後、物理探査の可能性と有用性を議論する為にも、物理探査が遺跡調査過程の中に取り組みされた事例を報告することが必要であると考えます。

[1] 梅原末治「播磨加西郡龜山の古墳と其の遺物」, 考古學論叢, 第十四輯, 考古學研究會, 1939

[2] 兵庫県加西市教育委員会「玉丘古墳群 I-龜山古墳-」, 加西市埋蔵文化財報告 55, 2005.3

大規模 3 次元モデル上の情報の編集・表示システム

○岡本 泰英[†] 高松 淳[†] 影沢 政隆[†] 岡田 健[‡] 池内 克史[†]

[†] 東京大学生産技術研究所 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 駒場 II キャンパス E 棟

東京大学生産技術研究所 第 3 部 池内研究室

[‡] 東京文化財研究所 〒110-8713 東京都台東区上野公園 13-43

E-mail: [†] {okamoto, j-taka, kagesawa, ki}@cvl.iis.u-tokyo.ac.jp, [‡] kokada@tobunken.go.jp

あらまし 近年、文化財などの実物体を計測などにより高精細な 3D モデルとして保存することが可能となり、得られたモデルを対象の文化財に関する付加情報と共に提示するコンテンツへの応用が考えられている。しかし、非常に大規模なモデルと多様な付加情報を扱うには、様々な制約により従来の手法では困難である。そこで、本論文では大規模な文化財 3D モデルと他形式の情報との関連付け、及びそれらの閲覧作業を一般の PC でも容易に行えるシステムの提案を行う。本システムでは、情報の関連付け・情報へのアクセスなどを簡単なマウス操作によって行えるインタフェースを提供している。情報の関連付け対象となるモデル上の領域定義には、Lazy Snapping 法を利用することで、大規模・複雑なモデルでも少ないユーザの労力で実現でき、加えて、大規模な 3D モデルを多重解像度メッシュを用いてリアルタイムに描画することを可能としている。

キーワード 文化財の 3D モデル化、付加情報の編集・提示、多重解像度 3D モデル表示、領域分割

1. はじめに

実物体の 3 次元モデル化の分野において、近年では計測技術等の発達により非常に大規模かつ高精細なモデルを得ることが可能となり、例えば建造物の文化財などの、より大規模な対象の高品質なデジタル保存[1]が可能となっている。同時に、文化財などに関しては考古学的な調査などにより学術的に価値の高い情報が蓄積されている。そこで、これらの学術データを高精度な 3 次元グラフィックス画像と連携させて提示することにより、一般の人々に対して直感的かつインタラクティブな形で提示することで、これらのデータを有効に活用したいというニーズがある。しかし、このようなモデルや情報の利用に関しては一部の専門家のみ利用されているのが現状である。一般ユーザの利用を妨げる原因としては、専門的なソフトウェアの操作は複雑で多くの知識や技術が必要になりがちなのが

一つにある。また、学術的データには画像、テキスト、数値など多くのデータ形式で記録され、それらをサポートするためにシステムが複雑になりやすい。それに加え、近年の 3 次元モデルの大規模化・高精細化によりデータ量が増大し、そのようなモデルを一般ユーザの環境において扱うにはメモリ容量やハードウェアの処理能力の制約を解決しなければならないという問題がある。

そこで我々はユーザが容易に他の付加的な情報を 3 次元モデル上に関連付けることができ、そしてそれらの情報へ 3 次元モデルを閲覧しながらアクセスすることが可能であるシステムを提案する。このシステムでは関連付け・アクセスなどの作業を簡単なマウス動作によって実現することで、よりユーザにとって使いやすい環境を提供している。また非常に大規模な 3 次元モデルであってもストレス無く閲覧できるよう、多重

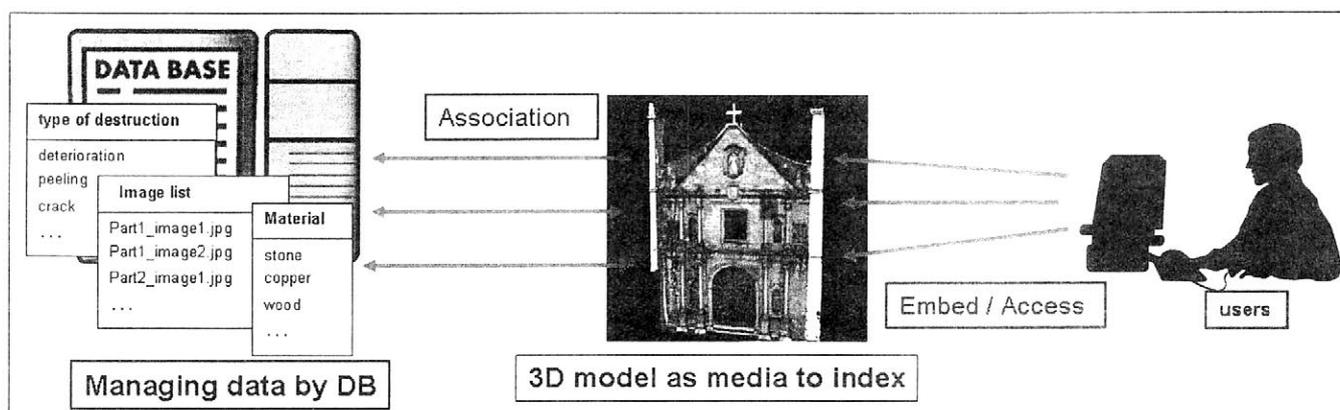


図 1 3 次元モデルと他のデータの関連付け

解像度表現を用いた効率性の高い描画アルゴリズムを用い、リアルタイムな描画を実現している。

2. システムの概要

我々のシステムは大きく分けて 2 つの機能がある。一つは 3 次元モデルと他の情報との関連付けをユーザが行うことができる機能、もう一つはユーザが 3 次元モデルを閲覧しながら関連付けした情報へアクセス及び情報の編集を行うことができる機能である。

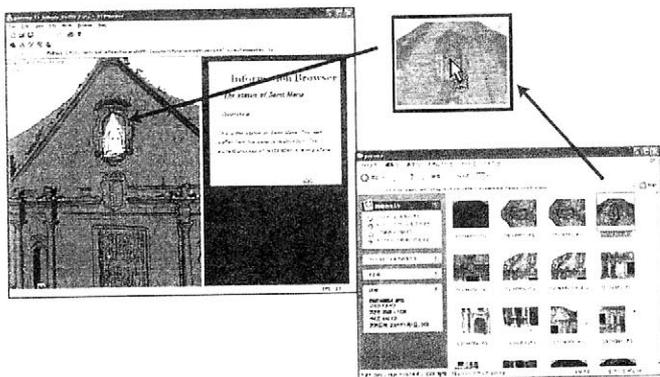


図 2 ドラッグアンドドロップによりデータを付加

モデル・情報リンクシステム

ユーザは 3 次元モデル上の特定領域に、様々な形式のデータを関連付けることが可能である。

ユーザはモデルを関連付けする前に、その対象となる領域を定義することが可能である。この領域選択の際のインターフェースについては、複雑な形状の領域に関してもユーザの付加が最小限となるような直感的な操作法を提供する。Lazy Snapping[2]は画像上に前景と背景を意味するマーカーを引くことで特定領域を選択できるインターフェースだが、これを 3 次元モデルに応用したインターフェースを提供する。

関連付けはデータのファイルやデータベース上のレコードに対して行うことができる。関連付け対象のデータはエクスプローラのウィンドウから、もしくはシステムからデータベースへアクセスし表示したテーブルから、3 次元モデル上の領域にマウスによってドラッグアンドドロップすることにより容易に関連付けが可能となっている。関連付け情報は、モデル上の対象領域に関連付けされたデータへのポインタの形で記録される。そのためシステムはデータの形式に依存することなく関連付けができる。また、関連付けされたデータへのリンクは既存のデータベースシステムによって管理される。また、ユーザは関連付けしたデータに必要であれば ID や説明を加えることができる。このとき加えた情報もデータへのリンクと共にデータベース内に記録される。

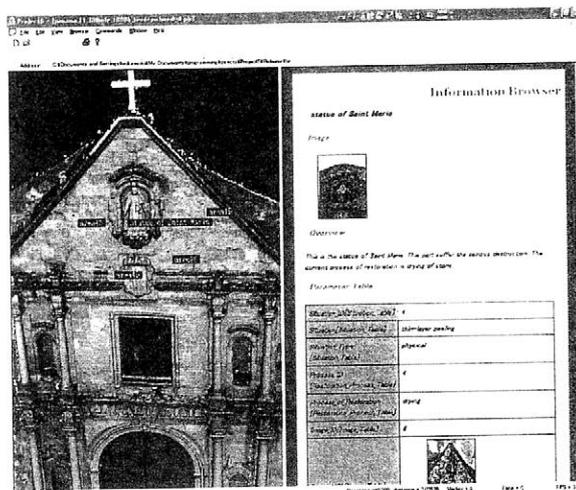


図 3 3 次元モデルと関連情報の閲覧

モデルと情報の閲覧システム

本システムを用いてユーザは 3 次元モデルを様々な視点から閲覧することが出来る。この際の描画処理は非常に大規模なデータを描画可能とするため、多重解像度表現を用いたアルゴリズム[3]により、必要最小限のデータのみをロードし、描画を行っている。これによりメモリ消費、描画処理コストを抑えることが出来、ポリゴン数が 1000 万を超えるような巨大なモデルもリアルタイムに描画可能となっている。また、ユーザは 3 次元モデルの閲覧をすると同時に、関連付けされた情報へもアクセスすることが出来る。この際ユーザは関連付けの際に定義したモデル上の領域をクリックすることによって関連付けした情報へ容易にアクセスすることができる。アクセス時に表示される情報は HTML 形式で自動的に出力され、システムのブラウザ上で閲覧できる。このブラウザ上では画像やテキストのほか関連情報のウェブページの参照もこのブラウザで行えるようになっている。また、各情報のキャプションなどの編集もこのブラウザから行える。

参考文献

- [1] K. Ikeuchi, K. Hasegawa, A. Nakazawa, J. Takamatsu, T. Oishi, and T. Masuda, Bayon Digital Archival Project, In Proceedings of Virtual Systems and Multimedia, pp334-343, 2004
- [2] Yin Li, Jian Sun, Chi-Keung Tang, and Heung-Yeung Shum, Lazy Snapping, In ACM Trans. Graph, volume23, 3, pp303-308, 2004
- [3] P. Cignoni, F. Ganovelli, E. Gobetti, F. Marton, F. Ponchio, and R. Scopigno, Adaptive Tetrapuzzles: Efficient Out-of-Core Construction and Visualization of Gigantic Multiresolution Polygonal Models, In ACM Trans. On Graphics, Volume23, 3, pp796-803, 2004

3次元モデルを用いたカンボジアバイヨン寺院尊顔の解析考察

～尊顔の分類とその制作背景～

○鎌倉真音 大石岳史 高松淳 池内克史

東京大学 生産技術研究所

E-mail: mawo@cvt.iis.u-tokyo.ac.jp

あらまし 歴史的な建造物や文化遺産から取得した3次元モデルは、現状を永久に保存できること、修復作業のガイドラインに使用できることなど非常に有用性が高い。また、このような3次元モデルを用いた形状の比較や様々な手法による分類などは考古学にとっても有益であるとされている。大小52の塔からなるバイヨン寺院は、カンボジアアンコール遺跡群の代表的な寺院の一つであり、塔の東西南北に尊顔が刻まれているというユニークな特徴を有する。日本国政府アンコール遺跡救済チーム(JSA)の調査によると尊顔は全部で173現存し3種類に分類できるといわれていた。また、多数の職人で形成されたグループが複数存在したと推測されていた。我々はレーザレンジセンサを用いた計測により取得した尊顔の3次元形状モデルを用いて定量的な尊顔の分類・分析を行った。この結果、JSAの3分類とほぼ同様の分類がなされた。また、尊顔制作の背景について同一のグループによって制作された尊顔は類似しているという結果を得た。本論文では、レーザレンジセンサを用いた計測により取得した尊顔の3次元形状モデルを用いて、定量的な尊顔の分類・分析を行う。そして、この分析から尊顔の制作背景を考察する。

1. はじめに

カンボジアバイヨン寺院の52の塔の4面には尊顔が刻まれており、全部で173現存している。この尊顔は、JSA(日本国政府アンコール遺跡救済チーム)の研究によって、アシュラ(悪魔)、デーヴァ(男神)、デーヴァター(女神)の大きく3種類に分類できると言われている(図1)^[1]。分類は、顔の輪郭、目や鼻などの特徴に基づいて行われている。また、多数の職人で形成されたグループによって制作され、同一のグループによって制作された尊顔は類似していると言われている。

本論文では、レーザレンジセンサを用いた計測により、尊顔の3次元形状モデルを取得し^{[2][3]}、このモデルを用いて定量的な尊顔の分析を行う。そして、この分析から尊顔が制作された背景を考察する。

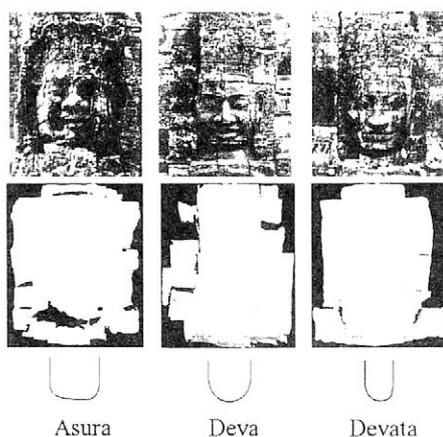


図1 尊顔の分類

2. 分析手法

2-1 距離画像の作成(正規化)

基準となる尊顔を選択し、画像領域に正面から表示されるように3次元モデルの姿勢を求める。すべて

の尊顔の基準点を取得し、基準顔に合うように縮尺と姿勢を求め、正面からの距離画像を作成する^{[4][5]}。



図2 正規化

2-2 判別・分類手法

判別、分類には以下の2つの手法を用いる。

①線形判別解析

JSAの研究をもとにすべての尊顔を3種類に判別する。線形判別解析法を用い、JSAの分類結果をもとにした代表的な3種類の3つの尊顔(35N,51S,50E)を教師画像として判別を行った。

②階層クラスター解析

このような教師画像を与えず、距離画像間の差によってすべての尊顔を分類する。

3. 分析結果

デーヴァとデーヴァターを識別する線形判別関数を求めた結果、デーヴァの誤認識率は $15/58 \approx 25.9\%$ 、デーヴァターは $5/20 = 25\%$ であった。デーヴァとアシュラを識別した場合は、誤認識率がそれぞれ $14/58 \approx 24.1\%$ 、 $5/16 \approx 31.3\%$ であった。線形判別解析の結果を可視化したものを図2示す。黒い部分は、タイプの変化にともない膨らむ領域、白い部分はへこむ領域を表している。特徴的な領域はJSAの分類の基準にほぼ合致している。



デーヴァター→デーヴァ デーヴァ→アシュラ

図3 線形判別分析結果

図4は階層クラスター解析の結果を示している。これは、類似度の高い顔同士を順に結んでいき、顔のタイプごとに色分けして可視化した図である。この結果より、同じ色同士が固まっている傾向がうかがえ、解析に使用したデータ数はデーヴァが多いたことがわかる。アシュラにはばらつきが見られるが、これは破損や欠損などにより、分析に使用できるアシュラのデータが少ないことを示している。また、同じ塔の顔、また位置的に近い塔でクラスが形成されていることがわかった。

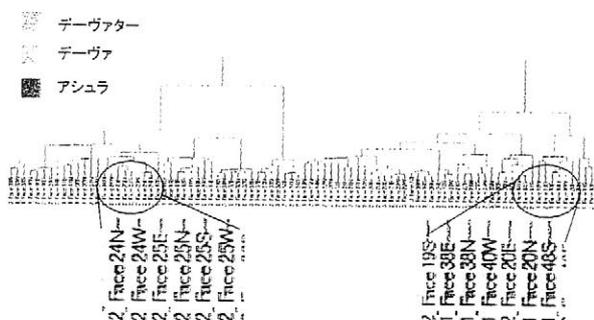


図4 階層クラスター解析結果

4. 制作背景の考察

尊顔は多数の職人で形成されるグループにより制作され、同一グループが制作した尊顔は類似しているとされる。JSAの説によると、バイヨン寺院は、多数の職人たちが短時間にほぼ同時に制作した可能性が高いとされている。その中でも特に尊顔は、職人たちがいくつかのグループを形成し、1つの塔の4面について同一のグループによる制作が推測され、さらにそのグループが複数塔の制作を受け持った可能性も大きいとされる。尊顔はその顔の特徴により大きく3種類に分類されているが、職人それぞれの持つ技術は異なり、すべての尊顔に対して同一のものが存在しないことになると考えられている。それと同時に、職人ごとの技術の特徴があるため、同じ職人やグループが制作した尊顔は類似度が高くなると言われている。^[1]

我々は、階層クラスター解析の結果から、この職人のグループごとに同じ塔や位置的に近い塔の尊顔を制作した可能性がうかがえる。この結果から類似度が高いとされた尊顔の配置を図5に示す。同じ色で示されている塔が類似度の高い尊顔のある塔を示している。これにより、同じ塔の顔同士や位置的に近い塔の顔でクラスが形成されていることを表している。この図の同じ色の分布に注目すると、位置的に近い塔の尊顔の類似度が高いことが明らかとなり、また、JSAの職人のグループによる制作の説を裏付けることになる。

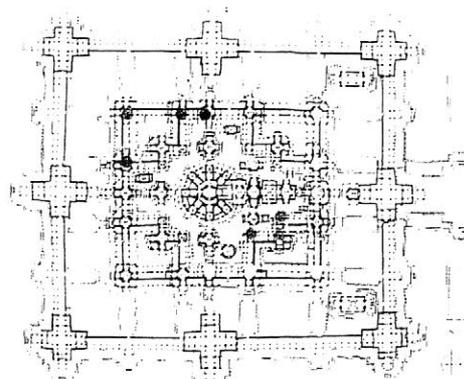


図5 類似尊顔の配置

5. 結論

本論文では、3次元モデルを用いたバイヨン寺院尊顔の解析結果を示した。線形判別による解析では、判別基準はJSAの研究に近くなることがわかった。

また、階層クラスター解析では、尊顔の制作過程に関するJSAの説を裏付けるとともに、定量的な分類結果を得ることができた。そして、この階層クラスター解析の結果より、寺院建造当時の尊顔の制作状況を知る可能性がうかがえた。

6. 謝辞

本研究は、文部科学省科学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」の支援を受けて行った。また、本研究はJSA（日本国政府アンコール遺跡救済チーム）の協力のもとで行った。

参考文献

- [1] 朴亨國, 浅井和春, “バイヨンの四面塔に関する二・三の考察—彫刻史的アプローチによる—,” アンコール遺跡調査報告書1998, 中川武(監修), pp.275-306, (財)日本国際協力センター, 東京, 1998.
- [2] K. Ikeuchi, K. Hasegawa, A. Nakazawa, J. Takamatsu, T. Oishi, T. Masuda, “Bayon Digital Archival Project,” 10th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM 2004), Nov. 2004.
- [3] Katsushi Ikeuchi, Atsushi Nakazawa, Kazuhide Hasegawa, Takeshi Oishi, “The Great Buddha Project: Modeling Cultural Heritage for VR Systems through Observation,” The second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2003), Oct 2003.
- [4] Berthold.K.P.Horn, “Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions”, Journal of the Optical Society of America A, vol.5, no.7, pp.1127-1135, 1987.
- [5] Shinji Umeyama, “Least-Squares Estimation of Transformation Parameters Between Two Point Patterns”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.13, no.4, April 1991.

砂岩材の帯磁率から推定されるアンコール遺跡の建造過程

(その2) プラ・コー期からアンコール・ワット期

内田悦生*、オリヴィエ=クニン**、須田千幸*、○上野晃世*、中川武*

(*早稲田大学理工学術院、**Center of Khmer Studies)

1. はじめに

アンコール遺跡では、灰色～黄褐色砂岩がほぼ共通して使用されており、その鉱物組成および全岩化学組成には遺跡による違いが認められない。しかしながら、その帯磁率には時代による変化が見られ、7つの石切り場があったことが推定された。また、砂岩の帯磁率に関する詳細な研究により、バイヨン期の遺跡における増改築過程を解明することができた(Uchida et al, 2003)。本研究では、バイヨン期以前のプラ・コー期～アンコール・ワット期の建造物の砂岩材に対し、帯磁率の詳細測定を実施し、それらの建造過程および石切り場の変遷に関する推定を行った。

2. 各遺跡における砂岩材の帯磁率

プラ・コー期～アンコール・ワット期までの主要遺跡において、各箇所 50 個以上の砂岩材に対して帯磁率測定を行い、それらの平均値と分布から時代順に、I～Vのステージに分けることができた(表1)。ただし、ステージIVとVの間では、帯磁率の分布より、2箇所の石切り場から石材が供給されたと推定されるため、ステージIVをステージIVaとIVbに分けた。その結果、バイヨン期のものを加えると、全体として11のステージに建造時期を分けることができる。以下にI～Vの各ステージにおける砂岩材の帯磁率に関する特徴を示す。

- (I) 平均帯磁率は低く、 $1.1\sim 2.3\times 10^{-3}$ SI unit (以後、省略)の値を示す。
- (II) 平均帯磁率は0.9～9.1の広い範囲を示し、後期ほど低くなる傾向が見られる。同じ伽藍配置を持つPhnom BokとPhnom Kromでは、同様の帯磁率変化が認められ、両者がほぼ同時期に基壇(ステージIの砂岩材を含む)、祠堂、南経蔵、北経蔵の順に建造されたことが推定される。また、Phnom BakhengではステージIの砂岩材が使用されていないことから前二者よりも若干遅れて建造が開始されたと推定される。
- (III) 2.3～3.0のかなり均質な平均帯磁率を示す。
- (IVa) 平均帯磁率は低く、1.1～2.4の値を示す。
- (IVb) 平均帯磁率はほぼステージIVaとVの間の1.1～5.6である。Chau Say Tevodaではやや高いものが存在し、建造物による平均帯磁率の違いが大きいため、同時期に建造されたThommanonよりも建造期間が長かったと考えられる。両者ともに初期の建物で帯磁率が低く、時代とともに高くなる傾向が見られる。
- (V) 平均帯磁率はやや高く、2.8～4.3の値を示す。アンコール・ワットはその規模にも係わらず各箇所における砂岩材の平均帯磁率は均質である。

3. 石切り場に関する考察

プラ・コー期～アンコール・ワット期までの遺跡建造において、ロリュオス期、バケン期、漸移期、クレアン～バプーオン期、およびアンコール・ワット期に対応する5箇所の石切り場（表1の下部A～E）が存在したことが、砂岩の帯磁率から明らかとなった。アンコール・ワット期の前期（IVb）では、石切り場DとEの両方から砂岩材の供給があり、石切り場Eからの供給が時間とともに多くなり、平均帯磁率が後期ほど高くなる傾向が認められる。このように帯磁率から解釈した遺跡の建造順序は、Remusat (1940)により推定されている建造順序と矛盾しない。

表1 アンコール主要遺跡における建造時期および石材供給源

Stage	I	II	III	IVa	IVb	V	VIa-c	VI d	VI	VIIa	VIIb
Style	Preah Ko style	Bakheng style	Transition stage	Khleang to Baphuon style	Angkor Wat style		Bayon Style				
	1st stage				Early	Main	Early	Main	Late		
Preah Ko 879	1st stage 1.7										
Bakong 881	1st stage 1.3-2.3									Sanctuary 1.7	
Lolei 893	1st stage 2.1										
Phnom Bok	1st stage 1.1	2nd stage 1.7-9.1									
Phnom Krom	1st stage 1.5	2nd stage 1.8-5.2									
Phnom Bakheng		1st stage 0.9-8.8									
Prasat Kravan 921			1st stage 3.0								
Baksei Chamkrong			1st stage 2.5								
East Mebon 952			1st stage 2.3-3.0								
Pre Rup 961				1st stage 1.7-2.4							
North Khleang				1st stage 1.6-1.7						2nd stage 1.6-1.8	
Ta Keo				1st stage 1.3-2.0							
South Khleang				1st stage 2.0							
Phimeanakas & Royal Palace				1st stage 1.8-2.3							
Baphuon				1st stage 1.1-2.1							
West Mebon				1st stage 1.6-2.0							
Chau Say Tevoda					1st stage 1.1-5.6						
Thommanon					1st stage 2.0-2.9						
Wat Athvea					1st stage 1.9-4.2						
Banteay Samre					1st stage 3.5-4.3	2nd stage 2.5-2.9	3rd stage 2				4th stage 1.9-2.3
Prasat Suor Prat					1st stage 2.8-3.9					2nd stage 1.0-2.5	
Angkor Wat					1st stage 3.1-4.0						2nd stage 2.3
sandstone quarries	A										
		B									
			C								
				D							
					E						
						F					
							G				

農耕地遺構の農耕地としての評価法に関して(第4報)

○須永薫子*、坂上寛一**

(*東京農工大学農学部国際環境農学、**星槎大学共生科学部)

1. 背景および目的

農耕地遺構は、かつて農作物の収穫に利用されていたと考えられる。それぞれの農業は、時代や環境によりさまざまな制約があったことは容易に推測される。今日、農耕地の遺跡の報告も増えてきており、その重要性も認識されつつある。しかしながら、これまで考古学的手法で重要と考えられてきた土器等の遺物や、明瞭な遺構を伴う遺跡は極少なく、作物を推定するための植物遺体や微化石等、作物や農法を検討できる要素が限られており、さらにそうした情報を明らかにできる遺跡も少ないのが実情である。また、水田などのように比較的作物や栽培方法が限定できる場合を除いて、一般に畑では連作障害が生じることから栽培作物は意図的に変更されていたことが十分に考えられ、栽培作物は固定あるいは限定されていなかった可能性が高い。

本研究は、農耕地遺跡および遺構研究への考古学的な研究手法に農学的観点を取り入れることによって、新たに農耕地として評価する手法を検討することを目的とする。しかしながら、埋没農耕地を評価するためには、現在一般に行われている評価方法をそのまま当てはめる方法では十分とはいえない。そこで本方法では、土壌の性質や立地環境等、当時のその地点の自然環境に起因し、農業を行う上で重要かつ基本的な能力を地力として埋没した畑遺構土壌の埋没以前の地力を推定・評価する方法を検討した。

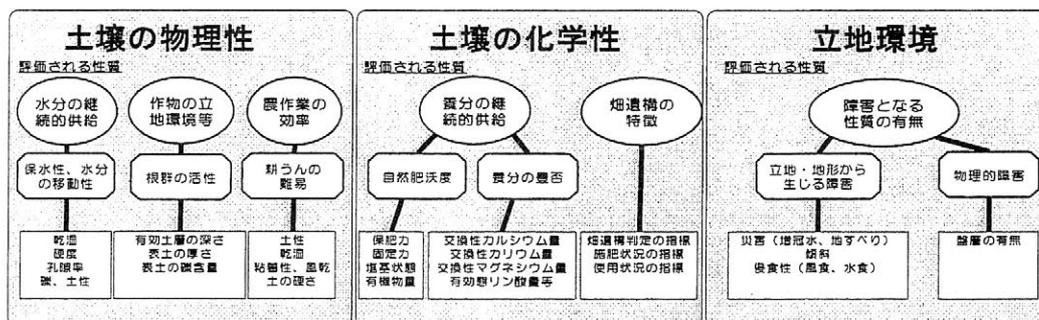
一方、多様な農耕地の中でも水田は栽培作物も農法もある程度推定することができるが、畑遺構ではそうした情報が水田にくらべ明瞭ではない場合が多い。本方法は限られた情報の中で特に農業に関連する要因を評価することを目的とすることから、これまで不確定要因の多い畑について検討を行ってきた。

発表者らは、2003年度大会において畑遺構土壌の農耕地としての評価法について概要を発表し以降2004年度大会では化学性、2005年度大会では物理性について論じてきた。本報告では、埋没畑遺構の農業に関連する立地環境の特徴を中心に、埋没畑遺構をかつての農耕地として評価する項目および評価方法を検討したので報告する。

2. 評価項目の概要

作物が健全に生育するには、適度な光、温度、空気、水分、養分、障害因子のないことの6つの要因が必要である。これらのうち光をのぞいた要因について、土壌は重要な役割を果たしており、畑遺構土壌においてもこうした要因を評価する必要がある。現代の農業で用いられてきた総合的な土壌評価法である生産力可能性分級(土壌保全調査事業全国協議会編,1991)の評価基準を参考に、畑遺構を評価するのに適切な評価項目および基準を検討した。

本発表では、立地環境に着目して、畑遺構で確認できた特徴と評価項目、評価基準について報告する。(検評価項目を下図にまとめた。)



3. 立地環境の評価について

これまで発表してきた土壌理化学性に関する評価では、現地調査とともに実験室での分析試験が必要だった。本報告で用いた立地環境の評価項目は、これらとは異なり発掘調査によって明らかになる地形や断面観察等を元に評価を行った。評価項目は、農業を行う上で障害になる要因がどの程度影響する可能性を有した立地であるかを5段階評価し、より安定して農耕地として利用に適する環境つまり障害が少ない立地であることを5点満点として①障害性、②地すべり、③増冠水、④傾斜、⑤耐風食性、⑥耐水食性の6項目について評価した。

4. 項目の検討

①障害性: 今日の評価法では、重金属や塩分、有害物質の有無(塩素、硫化物)について評価する化学的障害性と、基岩・盤層・礫層などを評価する物理的障害性があるが、本研究では重金属等の移動集積が何時の時代に起因するか明確ではないことから、物理性を評価した。

②地すべり、③増冠水: 一般に遺跡発掘調査では、目的とする層位の上位層を剥ぎ取り、目的の層位もしくはその下位層の地形を明らかにする。これを用いて、かつての地形等を観察・推定することが可能である。また、遺跡調査の際に層位中に残された痕跡から洪水や地すべりの跡を調査することができる。それらの観察結果を基に、埋没畑遺構での増冠水の危険度について判定基準、地すべりの危険度判定基準を作成しこれに基づき評価をした。

④傾斜: 遺跡調査では発掘により埋没当時の地形が確認できる。確認された地形の傾斜について評価基準を作成しこれに基づき評価した。

⑤耐風食性、⑥耐水食性: 表土の流失程度や検出された状況、および耐水食性、耐風食性に関する要因を考慮して評価基準を作成し評価した。

5. 今後の研究に関して

本発表で報告した立地環境に関する要因は遺跡調査によって明らかにできる項目が多く、かつ実験室での分析実験を要さないことからより多くの遺跡で検討できる項目である。このためすでに調査が済んでいる遺跡についても報告書等から情報を収集できる。そこで、本年度はすでに報告された多くの遺跡について検討し、評価項目や評価基準の見直し、さらに遺跡調査ならではの項目の検討を行うことを予定している。

今後の検討課題の一つとして水環境等農耕に欠かせない要因を積極的に評価する方法を検討中である。さらに、其々の時代の表土であった土壌の理化学性から、当時の土壌浸食量を推定する物理モデルのコンピューターシミュレーションを用いた結果を、新たに立地環境の評価項目として加えることを検討中である。

水分蒸発を抑制する遺構保存用のシリコンコポリマーが 土壌中の水分移動に与える影響に関する研究

○三石正一[※] 宮崎毅[※] 溝口勝[※]

1. はじめに

発掘調査が終了した遺構を露出しながら保存する時に、遺構の乾燥による崩壊および塩類の析出という問題が起きている。これらの問題を克服して遺構を恒久的に露出展示するためには、露出している遺構中の土壌水分移動の把握および制御が必須であるが、土壌水分の移動に着目した研究は少ない。遺構の乾燥による崩壊を防ぐために、土壌からの水分蒸発を抑制するシリコンコポリマーを散布する方法が普及した。その結果、遺構の乾燥による崩壊は防げたが、塩類の析出を防ぐことはできていない。遺構を露出しながら恒久的に保存するためには、ポリマーによる遺構表面処理後の土壌中の水分移動の挙動を把握することが重要である。

そこで本研究では、土壌の水分蒸発を抑制するシリコンコポリマー散布後の土壌中の水分移動過程を解明することを目的とした。

2. 実験方法

供試土壌は 2mm 篩を通過させた立川ロームを、供試ポリマーにはシリコンコポリマー（分子量 700, 以下 SCP）と、対照ポリマーとしてポリエチレングリコール（分子量 400, 以下 PEG）を用いた。内径 5cm, 高さ 10cm のアクリルカラムに立川ロームを 0.46Mg m^{-3} で均一に充填した。充填後、脱イオン水で 24 時間飽和し、排水を 24 時間おこなった。その時の水分量を初期水分量とした。排水後、供試ポリマーを 4g（推奨散布量 2kg m^{-2} に相当）カラム表層にシリンジで散布した。供試ポリマーを散布したカラムを温度 25°C, 相対湿度 70% に設定した恒温恒湿チャンパー内の回転台に静置して、試料表面から自然蒸発させた。24 時間毎にカラム試料の質量を測定して蒸発速度を算出した。1, 2, 4, 6, 10, 15 日間を経過したカラムを分解して各深さの含水比、乾燥密度、水ポテンシャル分布を測定した。カラム

所属：※東京大学大学院農学生命科学研究科

キーワード：シリコンコポリマー、ポリエチレングリコール、水ポテンシャル、水通過抵抗係数

試料の水ポテンシャル分布の測定にはデカゴン社の WP4-T を使用した。また熱電対を深さ 0.25cm, 1.5cm, 3.5cm, 5cm, 9cm に挿入して地温を測定した。

3. 結果と考察

3.1 蒸発速度

各試料の蒸発速度を図 1 に示す。無散布試料（Control）、PEG 散布試料の蒸発速度は時間の経過とともに低下した。SCP 散布試料は 5 日目まで蒸発速度は低下したが、5 日目以降は一定の蒸発速度となった。15 日目のポリマー散布試料と無散布試料の蒸発速度を比較してみると、ポリマー散布試料の蒸発速度は無散布試料の 50~60% まで低下した。

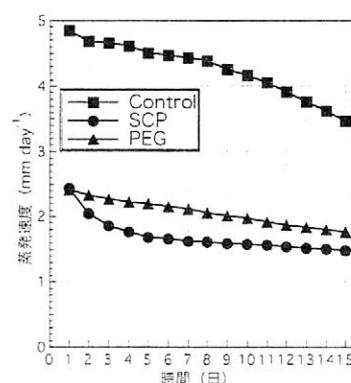


図 1. 各試料の蒸発速度

3.2 含水比分布

各試料の含水比分布を図 2~4 に示す。無散布試料の含水比分布は直線的な分布となり、ほぼその分布を維持しながら大きく低下した。ポリマー散布試料は表層の含水比が大きく低下した分布となった。これは含水比を測定した際、供試ポリマーが分解されずに残留したためである。SCP 散布試料は表層の含水比分布はほとんど変わらず、深さ 2cm 以下の含水比が低下した。PEG 散布試料は 1 日目の含水比分布を保ったまま徐々に低下した。含水比の低下も無散布、PEG 散布、SCP 散布試料の順で小さくなった。

3.3 供試ポリマーの浸透深さ

土壌の水分蒸発に影響を与えている供試ポリマーの浸透深さをあきらかにするために、WP4-T によるカラム試料の水ポテンシャル分布の測定をおこなった。供試ポリマーは親水性なので、土壌水の水ポテンシャルを大きく低下させるためである。測定結果を図5~7に示す。無散布試料は6日目まで水ポテンシャルに変化はなかったが、8日目を経過すると全層の水ポテンシャルが急激に低下した。SCP, PEG 散布試料は15日を経過してもある深さの水ポテンシャルは変化しなかった。この水ポテンシャル分布から、SCPは深さ1cm, PEGは深さ1.5cmまで浸透していたことがあきらかになった。

3.4 供試ポリマー浸透層中の水通過抵抗係数

供試ポリマーの浸透深さから、乾土質量と供試ポリマーの比率があきらかになった。SCPの混合比は0.44, PEGは0.30となった。次に供試ポリマー添加土壌の保水特性を求め、供試ポリマー浸透層の水通過抵抗係数の算出をおこなった。図8に無散布試料の不飽和透水係数と、ポリマー混合試料の水通過抵抗係数を示す。無散布試料は体積含水率の低下とともに不飽和透水係数も低下したが、ポリマー散布試料では水通過抵抗係数の低下はみられなかった。またSCP混合試料の水通過抵抗係数は $1 \times 10^{-13} \text{ cm s}^{-1}$, PEG混合試料は $1 \times 10^{-12} \text{ cm s}^{-1}$ となり、SCPが浸透している層ではPEGよりも水が移動し難くなっていることがあきらかになった。その理由として、SCPは土壌水分を吸着してミセルを形成して土壌間隙を塞いでいるため、SCP浸透層中の水分移動が妨げられたと考えられる。

4.まとめ

遺構を露出して恒久的に保存をおこなう技術確立するために、土壌の水分蒸発を抑制する親水性ポリマー散布が土壌中の水分移動に与える影響をあきらかにする研究をおこなった。その結果、親水性ポリマー散布後の土壌中の水分移動の変化、親水性ポリマーの浸透深さ、親水性ポリマー混合土壌の保水特性、親水性ポリマー混合土壌中の水通過抵抗係数をあきらかにすることができた。またこれらの実験結果から、土壌の水分蒸発を抑制する親水性ポリマーには、水分子を吸着する親水基の数の多さよりも、土壌水分を吸着して土壌間隙中でミセルを形成する

特徴を有することが重要であることが示唆された。今後の課題として、土壌間隙中のポリマーの存在形態や水分子との関係、土壌の初期水分量と親水性ポリマーの浸透深さ、親水性ポリマー散布後の微生物分布を把握することが挙げられる。

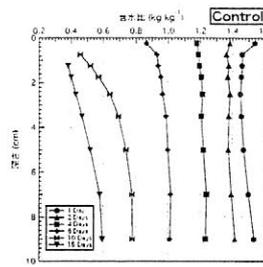


図2 無散布試料の含水比分布

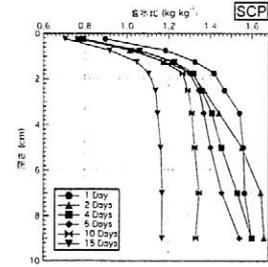


図3 SCP散布試料の含水比分布

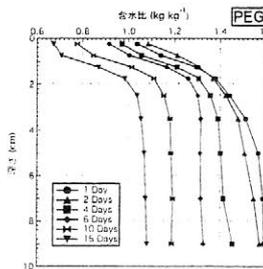


図4 PEG散布試料の含水比分布

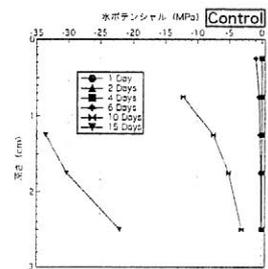


図5 無散布試料の水ポテンシャル分布

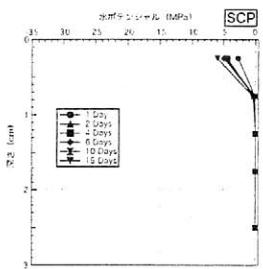


図6 SCP散布試料の水ポテンシャル分布

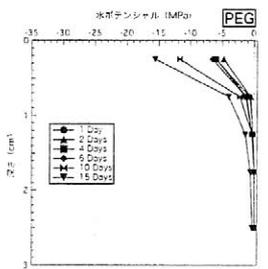


図7 PEG散布試料の水ポテンシャル分布

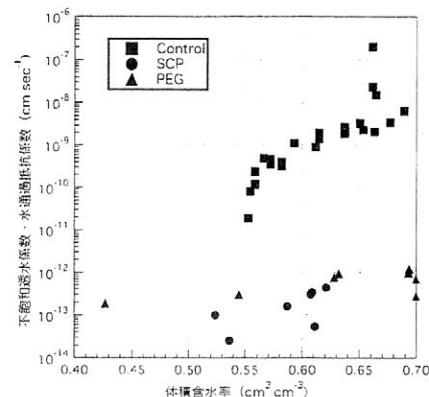


図8 無散布試料の不飽和透水係数とポリマー散布試料の水通過抵抗係数

銅石器～ローマ時代における中央アナトリア地域の遺跡立地解析
 —GISを用いた一般調査成果の標準化と遺跡存在の評価—

○鈴木慎也*・津村宏臣**・大村幸弘***

(*千葉大学大学院 **同志社大学 ***中近東文化センター)

1. はじめに

1986年から約20年間、アナトリア考古学研究所では中央アナトリア地域を中心とした一般調査(分布調査)を実施してきた。本研究では、この蓄積された定性的情報をデジタルデータ化し、GISに標準化したデータとして格納遺跡空間データベースの構築を実施した。従来のアナトリア高原における遺跡立地に関する議論は基本的に経験論に基づかれた議論であり計量的に遺跡立地を定量分析する視点での論考は行われていない。ここでは、NASAにより準備されたSRTMデータを用いてアナトリア高原の先史時代の地形を再構築し、これを用いた地形解析を実施、遺跡空間データベースとリンクさせた遺跡存在の評価を実施した。GISによる解析で、考古学的には、先人の集落立地に関する環境への指向性の時系列動態を明らかにすることが可能となった。

2. カマン・カレホユック遺跡を中心とした遺跡空間データベースの構築へ

本年度より、カマン・カレホユック遺跡を中心とした地域を対象とした遺跡空間データベース構築に着手した。まず92～04年度の一般調査で確認された800遺跡の遺跡空間データベース化から開始し、取得された緯経度情報の座標系をUTM座標系90m格子データとしてラスターデータ化、SRTM標高行列データ(DEM)に合わせて空間情報を格納した。また、遺跡属性情報については、カードに記載された情報をテキストデータとして入力し、IDにより空間情報とリンクを確立した。今後は、遺跡というマクロ情報だけでなく遺構平面図や遺物分布図などを1つのシステムの中に格納し、時空間のスケールを越えた各種時空間解析を可能とするシステム(AISDAS: Archaeological Informatics and Spatio-temporal Data Archiving System via GIS, Tsumura and Suzuki 2006)の随時実装を継続していく。

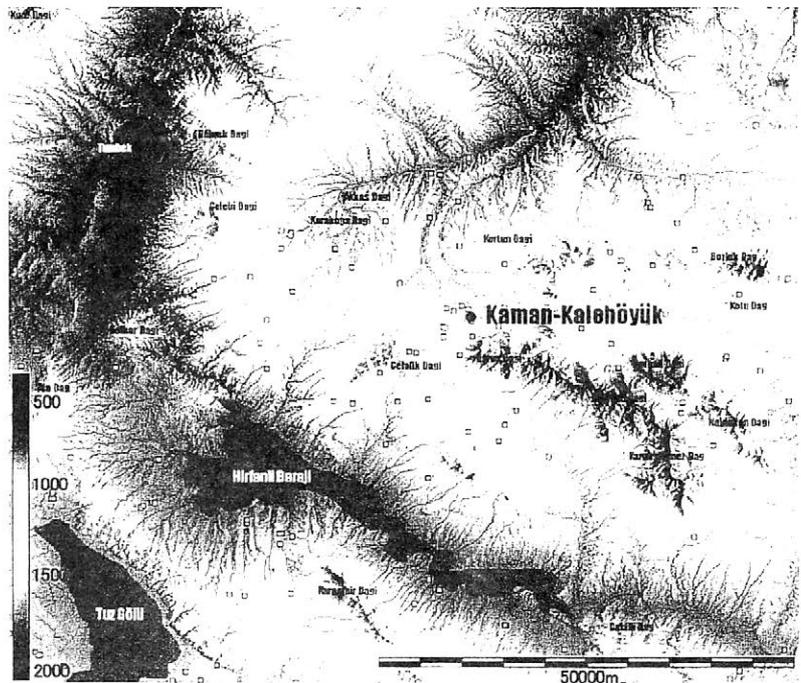


Fig.1 Site distribution map draped the classed slope grade map layer on DEM

3. 遺跡空間データベースによる遺跡立地解析

本研究では、まず準備した DEM を用いて遺跡周辺の地形量を評価し、その傾向の時期別での推移の把握を実施した。遺跡立地については、析出される地形量の内、バルクでの傾向を把握しやすい(津村 2002)標高・傾斜角・傾斜方向・日照時間の 4 要素に注目した。遺跡の所在地情報については、台帳に記載された GPS により取得された経緯度データを用いた。遺跡の時期については、同じく台帳に記載された採集土器に基づく年代に準じ、前・中・後期青銅器、鉄器、ヘレニズム、ローマ時代の 4 大別での時期区分を採用した。

3-1. 標高値について

- 1-全時代を通して遺跡の出現頻度が急激に増加するのは 900m 付近からであり、アナトリア高原内でみると相対的にみて低地の空間が居住地として選地されることが多い。
- 2-前期青銅器から後期青銅器時代にかけて徐々に標高 1000m 付近へ集中していく傾向が看取された。これは時代を追うごとに、標高値に対する志向性がアナトリア高原に住む住人の中で均一化していった可能性を示唆する。
- 3-ヘレニズム・ローマ時代において、それまでの時代に共通して見られた傾向が看取されなくなる。これは居住地の選地に関する志向性が大きく変化したことを示唆するもので、社会に大きな変動があったと想定できる。

3-2. 傾斜方向について

全時代の傾向としては、南南西～西北西方向へ傾斜している地形への遺跡の出現頻度が極端に低く、北北東～東北東方向、南南東～南南西方向へ傾斜している地形では常に高い。このうち南南東～南南西方向にみられるピークはアナトリア高原域の全地形傾向を反映している可能性が高い。この二つの傾向の要因に関しては、現段階で考えられる可能性として、1-日照条件(植物の育成、住居の耐久年数)、2-風除け、などが考えられるが、これは今後当時の古環境・古気候と照らし合わせながら見ていく必要がある。

3-3. 傾斜角度について

全時代の傾向としては、特に 0～2 度の地形への志向が強く 2 度以上になると急激にその出現頻度が減少する。低斜度地形が居住空間として好んで選択されていたことが分かる。

銅石器時代から鉄器時代にかけての遺跡の出現頻度を見てみると、若干、緩傾斜地の地形に出現するものもあるが、基本的には平坦地に遺跡が立地する傾向が強い。それに比べ後代のローマ、ビザンツ時代は 2 度以上の緩傾斜地における出現頻度が比較的高い。これはローマ時代以降、山岳部に築かれた砦の性格の強い集落が出現することに因るものと考えられる。

4. まとめ

一般調査のデータベースと準備した DEM を用いて各遺跡の遺跡周辺の地形量(標高・傾斜角・傾斜方向)を評価し、その傾向の時期別での推移の把握を行った。各地形要素によって傾向がことなり、ある時期に劇的に変化するものもあれば全時代を通してほぼ同様の傾向を示すものも存在した。これによって、各時代の人々の集落を築く際の、地形に対する志向性がいかなるものであったのか、断片的ではあるが見ることができた。今後は一般調査への貢献として Predictive Modeling のための変数としてこの評価をモデル化し、実践的に応用していく必要がある。

壁画の保存環境

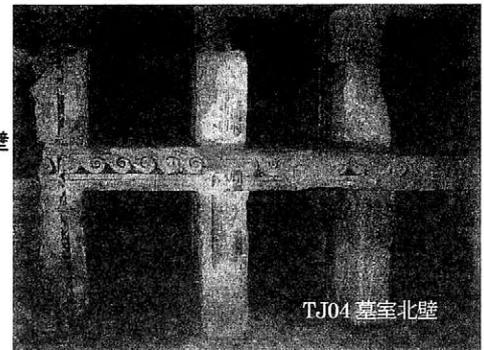
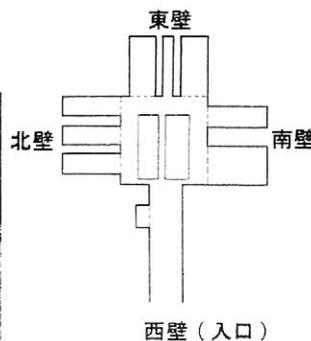
ーレバノンのローマ時代壁画地下墓から高松塚古墳壁画の保存を考えるー

西山 要一 (奈良大学文学部文化財学科)

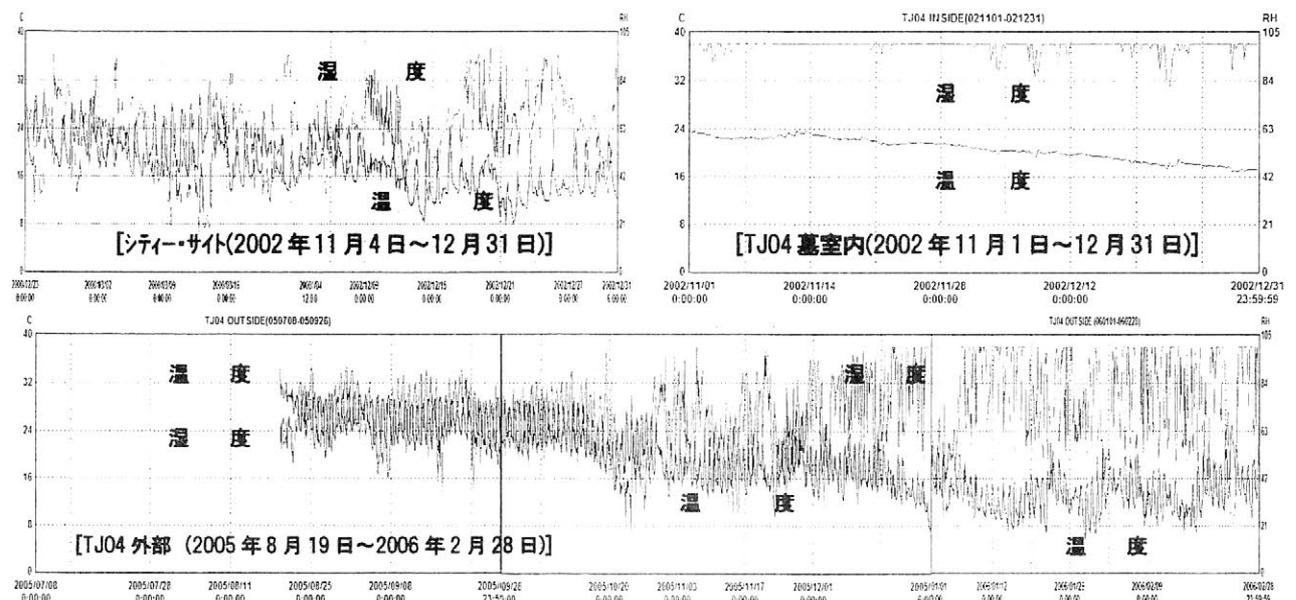
1 はじめに レバノン共和国ティール市郊外マリ地区所在のローマ時代地下墓TJ04は、石灰岩丘陵の岩盤におよそ7m四方の空洞を掘り、そこに3m四方、高さ3mの墓室を石灰岩切石で構築している。墓室北壁に6、南壁に7、東壁に6、床に2、合わせ21の納体施設をもつ。墓室は既に開口し損傷もあったが、壁面に石柱・献火台・波形・ホープ枝束、天井に花形の、赤・緑・黄・黒などに彩色された壁画が残されている。

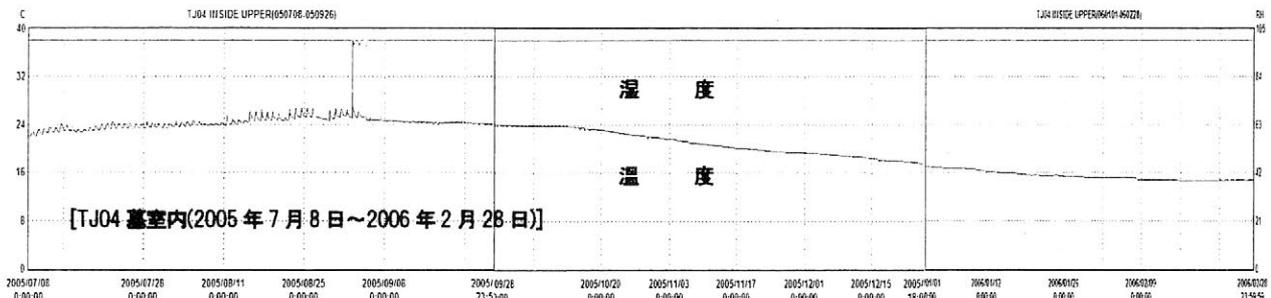
2002年以来、温湿度・照度・紫外線強度・大気汚染等の環境調査を継続し、2004年には墓室床堆積の土砂除去と納体室石材の調査、2005年には墓室修復の70%を終了し、2006年度には修復完了の予定である。

本発表では、レバノンの地下墓で収集したデータと経験を分析するとともに、近年話題となっている高松塚古墳の壁画の保存問題を考える。



2 TJ04の温湿度変化 2002年には、墓室床に崩落した納体室石材と土砂が約1.5m堆積し、入口扉は鉄格子であった。2002年11月1日～12月31日の外気(シー・サイト)は温湿度ともに日較差は大きいですが、墓室内では温度日較差2～3度、湿度較差は大きい日で15%、小さい日で5%である。外気流入と太陽光遮断のために鉄格子扉に暗幕を張り、床の堆積物を除去した2004年1月1日～1月31日には、温度の日較差は1℃未満、湿度は100%で安定する。2005年8月11日から9月初めの墓室修復中、温度の日較差は3℃、湿度は100%で一定しているが、鉄格子扉に断熱用発泡ウレタン板と暗幕を取り付けた2005年9月2日以降は温度の日較差は1℃以下、湿度は100%の安定した状態にある。

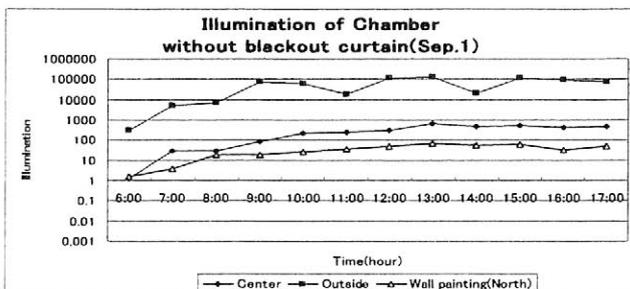




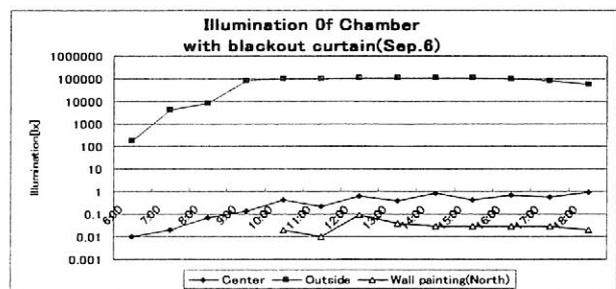
(2006年9月2日の急激な温湿度変化は墓室写真撮影の際にデークガを外部に移したため)

3 TJ04の照度変化 100000lxの強い日射下のTJ04外部に対し、墓室には13時頃から日没まで500~800lxの入射がある(2005年9月1日)。鉄格子扉に断熱ウレタンと遮光暗幕の取付措置によって、墓室中央で1lx以下、壁画面で0.1lx以下となり、紫外線強度も0で壁面の光劣化は解消されたといつてよい(2005年9月5日)。

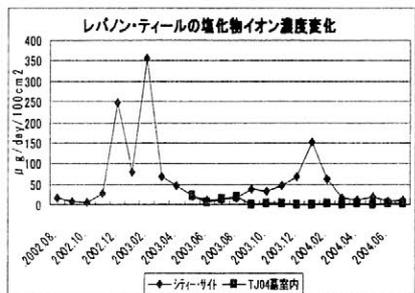
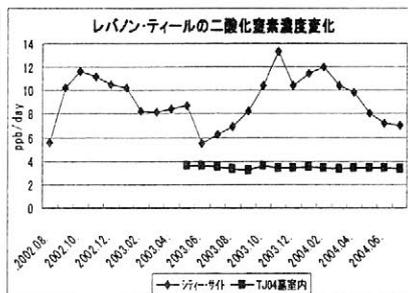
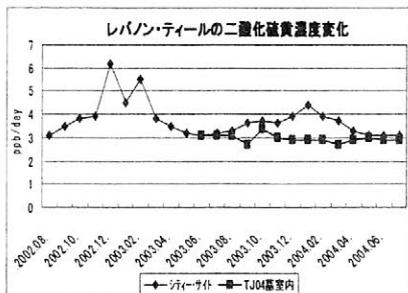
[墓室中央・壁面表面・外部の照度変化(暗幕なし・2005年9月1日)]



[墓室内・壁画面・外部の照度変化(暗幕あり・2005年9月5日)]



4 TJ04の大気汚染濃度 トリエタールアミン円筒濾紙法による二酸化硫黄・二酸化窒素・塩化物イオンの濃度測定を、TJ04墓室内と外部(シーサイト)で行っている。外部では、3物質共に冬季に増加する季節変化を示しているが、墓室内には季節変化は及ばず低濃度であり、現在のところ壁面劣化への影響は少ないと思われる。ただし、墓室内に人間が滞在すると二酸化炭素量が増加するので、注意が必要である。



5 地衣類の防止 2003年9月までの昼間に500lx程度の自然光が入射していた時期は、光が当たる壁や落下石材を緑色の地衣類がうすく覆っていた。暗幕で遮光した後は緑色の地衣類は広がっていない。2003年に試験的に温水による地衣類のクリーニングを行った部分は、2年後の2005年9月でも地衣類の再発はない。光を遮断した効果であろう。2003年夏に南壁納体室奥壁が破壊された際に、その周辺に白カビが発生したが、土嚢で閉塞することによってカビの成長を防止することができた。外気の流入と光の遮断の効果である。

6 高松塚古墳壁画の環境 TJ04墓室内の温度は1年間に14°Cから25°Cの間を緩やかに変動し、湿度は100%に一定、自然光の入射しない環境下において、地衣類・カビは大きく成長しない。このバランスが失われた2003年夏には、納体室の奥壁が破壊されて外気と光が流入するような急激な変動がもたらされ、その周辺部の石材表面に地衣類・カビが発生した。高松塚古墳の壁画にカビが発生し広がったのは、環境の変化、すなわち、最近30年間で外気の平均温度が1°C上昇したのに対し、石室内平均気温が2°C上昇して最高は20°Cを超えていることから推測される前室等の空調システムがもたらす温度上昇、石室と保存施設の取り合い部での外気流入とそれがもたらす温度上昇、調査・修復者の頻繁な出入りによる光の供給などが、環境のバランスを壊しカビの被害をもたらした原因の可能性として考えられよう。

(レバノン地下墓の修復研究はアジア福祉教育財団、日本私立学校振興・共済事業団等の助成により実施した)

熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価(5)

—TJ04 地下墓内崩落物による“その場”評価の検証—

○林 國郎*, 西山要一

奈良大学文学部文化財学科

1. はじめに

前報¹⁾では、レバノン共和国スール市の東郊外に点在するローマ時代の地下墓の一つである TJ04 の納体室北側棺槨の壁画が残存する石材表面を中心に、可搬型熱伝導率計により熱伝導率の“その場”測定を行い、表面層の劣化度の評価を試みた。本報では、地下墓内から採取した崩落物の熱伝導率を測定し、“その場”測定結果と比較することにより、本評価法の妥当性について検討した結果を報告する。

2. 測定

図 1 に示した崩落物 4 個の所定の箇所に熱伝導率測定用ポイント加熱プローブを押し当て、ヒーター部に 0.2A の電流を印加した際の、プローブの温度上昇（最大 25℃）を 5 分間測定した。得られた時間-温度曲線から、“その場”測定で 1 分間測定の結果に相当する測定初期部分、及び 5 分間測定の結果に相当する測定中間部分の直線回帰から熱伝導率を算出し、それらの値から推測した表面層、並びにその近傍の状態を今年の測定結果と比較した。

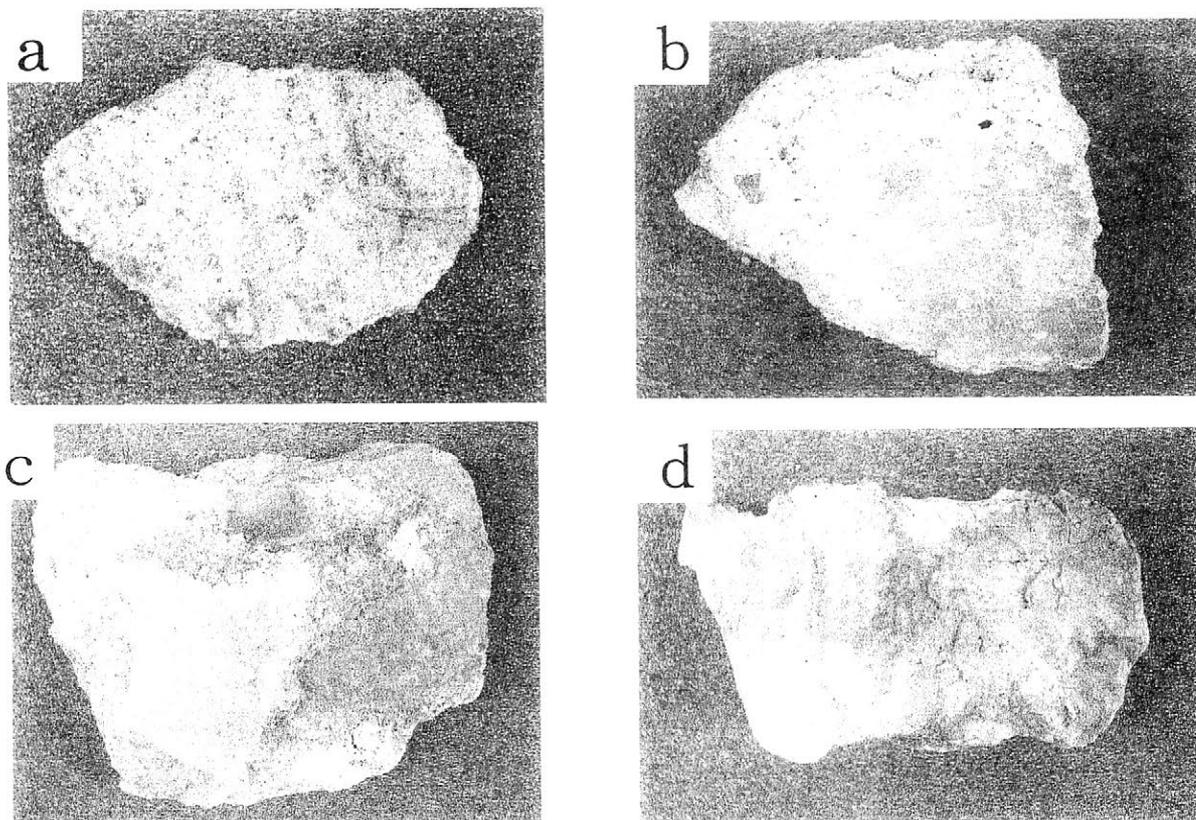


図 1 地下墓内の崩落物の外観

* 保存科学研究室共同研究員，元京都工芸繊維大学工芸学部物質工学科

3. 結果と考察

図2は、TJ-04内で“その場”測定を行った昨年の結果に今回の崩落物の測定結果(a～d)を加えたものである。崩落物の表面状態や組織の肉眼観察から、地下

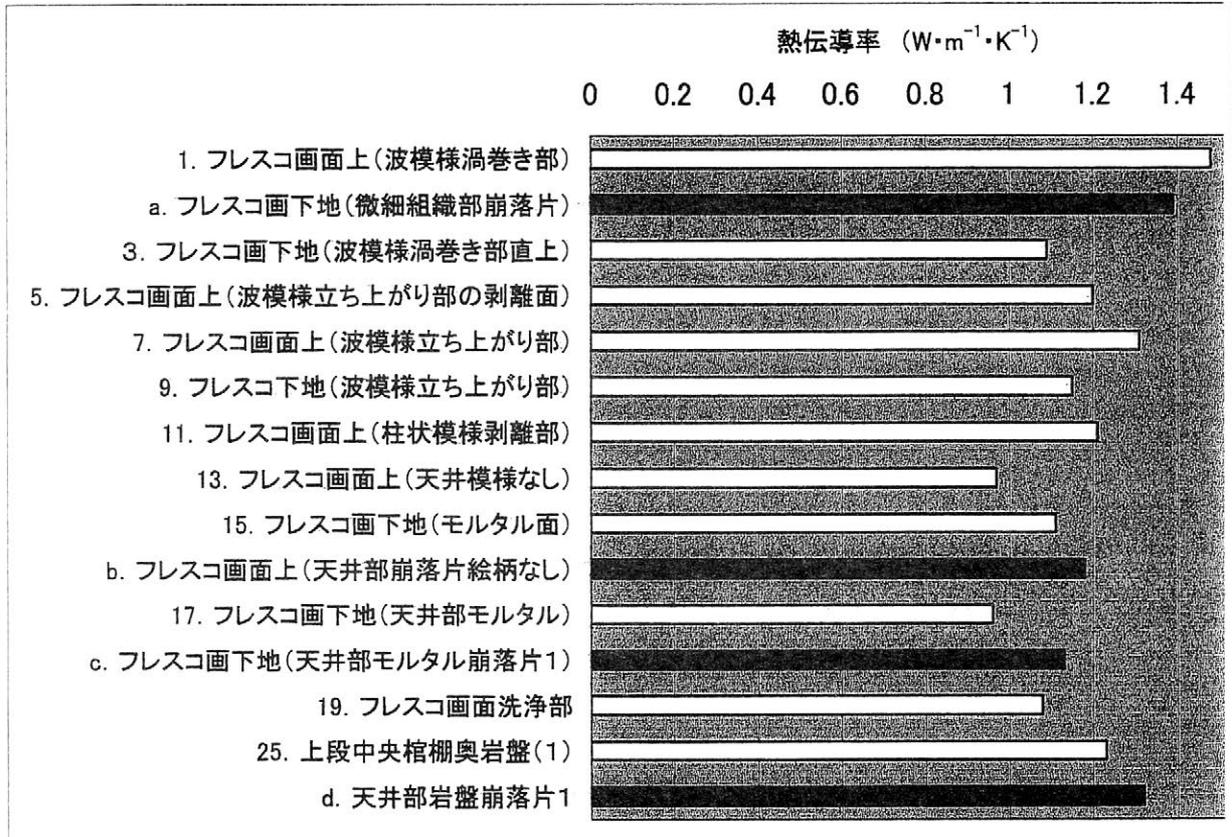


図2 TJ04内崩落物と“その場”測定した熱伝導率の結果の比較

墓内のそれに近い部分の熱伝導率の測定値と比較すると、崩落物(a)の測定値は Fresco画面が残る(1)と(7)の測定値の間に存在することがわかる。このことは、崩落物(a)の断面から見て表面層の構造が Fresco画の描かれた表面のような緻密性のないことに起因しているものと考えられる。

天井部の絵柄のない Fresco画面(13)及びその下地部分(17)と、その崩落物と思われる(b)及び(c)、および棺棚上段中央奥の岩盤表面の測定値(25)と天井部の岩盤と思われる崩落物(d)では、いずれも崩落物の熱伝導率の方が若干大きいことがわかる。このことから、崩落物が地中に埋もれていた期間がどの程度であったかは定かでないが、大気中より劣化速度の小さい環境にあったことが伺える。

4. おわりに

崩落物ではそれらの断面からある程度内部構造が把握でき、熱伝導率の測定結果の類似性から表面層直下の状態の推測に妥当性のあることがわかった。なお、本研究は、(財)谷川熱技術財団の研究助成金により遂行されたことを付記する。

1) 西山, 林, 西山: 日本文化財学会第22回大会発表要旨集, 2005, p.198.

カンボジア・西トップ寺院遺跡の保存科学的研究 1

○脇谷草一郎*・高妻洋成*・杉山 洋*・肥塚隆保*

(*奈良文化財研究所)

はじめに

奈良文化財研究所では国際遺跡調査研究事業としてアンコール文化遺産に関する研究をおこなっている。現在、当研究所はアンコール・トム内の西トップ寺院遺跡を対象遺跡として研究を実施している。前回大会では2005年2月に実施した西トップ寺院遺跡の調査結果について発表した。その調査結果を受けて、2006年1月に引き続き西トップ寺院遺跡において調査を実施した。今回の調査では遺跡内における水の挙動を把握することを主な目的として調査を実施したので、その調査結果について報告する。

調査方法および結果

観察所見 西トップ寺院遺跡を構成する3塔のうち、南北の小塔2塔はそれぞれ南、北へと著しく傾斜している。中央塔は四方から中央へ向かって若干落ち込んでいると同時に、上部に着生した樹木が大きく成長しており（2005年夏に伐採済み）、この樹木の成長に伴う石材の移動や、強風によって引き起こされる樹木の振動が遺跡崩壊の要因として考えられる。西トップ寺院遺跡を構成する石材は主に灰色から黄褐色を呈する砂岩とラテライトブロックである。砂岩では板状の剥離や長石の粉状化が、ラテライトブロックでは塊状に細片化していることが認められた。これらは岩石の物理的および化学的風化要因が相補的に影響をおよぼすことにより引き起こされているものと考えられる。

石材の強度試験 西トップ寺院遺跡に用いられている砂岩8点、およびラテライトブロック7点の真密度、空隙率、最大含水比を調べた。さらにP型シュミットハンマーを用いてそれら使用されている石材の強度試験を実施した。比較的水平な面を有する石材を選び出して測定対象石材とした。測定対象石材点数は砂岩が25点、ラテライトブロックが12点である。得られた反発硬度から経験式を用いて圧縮強度を算出した。これらの測定結果を表1に示す。

測定の結果、砂岩とラテライトブロックでは圧縮強度が大きく異なり、強度の不均衡が生じているものと推察される。また両石材ともに空隙率が高い値を示したことから、降雨時には石材が高い含水比を示すことが推察される。

遺跡内の水の挙動について 石材の物理的、化学的劣化や樹木による遺跡の生物的劣化には、すべて水が関与しているものと考えられる。そこで遺跡内における水の挙動に関する調査をおこなった。TDR 土壌水分計により遺跡内の土壌表層における水の分布を調べた。また自然電位法による調査によって遺跡内の土壌表層約2m以浅における水みちの有無について検討をおこなった。

TDR 土壌水分計による測定の結果、遺跡内土壌表層の含水比は全体的に低い値を示した。しかし建造物周辺の土壌表層は他に比べて高い含水比を示した。また自然電位法による調査の結果、自然電位の異常箇所は検出されなかった。すなわち西トップ寺院遺跡内においては、少なくとも乾季では土壌表層を移動することによって遺跡内へと供給される水は殆ど無く、水の供給は殆どが降雨や露によるものと推察される。西トップ寺院遺跡に用いられている石材は最大含水比が大きな値を示すことから、降雨によって供給された水は西トップ寺院遺跡を構成する石材によって

保持されていることが示唆された。

遺跡内における石材の暴露試験 アンコール遺跡は過酷な自然環境下にあることから、西トップ寺院遺跡の保存修復処置を実施する際に用いる石材に対しては、強化・撥水処置を施すことが望ましいと考えられる。そこで西トップ寺院遺跡内において各処置を施した試験体の暴露試験をおこない、超音波伝播速度を測定することにより強化剤および撥水剤の有効性を検討した。試験体に用いた石材は白浜産砂岩（新第三紀、15Ma）、多胡砂岩（新第三紀、17Ma）の円柱試料である。これらの試料に対して Wacker 社製の強化剤 OH100、撥水剤 280、および強化撥水剤 OM20 の3種の強化・撥水剤をそれぞれ含浸したもの、そして無処理のものを試験体とした。暴露開始時および暴露後 11 ヶ月経過した各試験体の超音波伝播速度から計算された弾性係数を図 1 に示す。

図 1 に示した結果から、強化処置、撥水処置を施した試験体ではいずれも暴露後 11 ヶ月間で弾性係数が減少しているものの、無処理の試験体に比べて弾性係数が高い値を示すことが認められた。弾性係数が大きく減少した原因として、強化・撥水剤の溶出や劣化の他に、調査の日程上、それらを試験体に含浸した後、加水分解反応が終了するまでの十分な時間を設けることが出来なかったためと考えられる。すなわち暴露開始時の値が実際よりも大きく測定されたものと考えられる。今後も暴露試験を引き続き実施して、各処置法の有効性について検討をおこなう予定である。

まとめ
西トップ寺院遺跡において調査を実施した結果、乾季においては遺跡内土壌表層に含有される水は建造物周辺に偏在していることが認められた。石材の劣化に伴い、石材の最大含水比が大きな値を示すことから、降雨などにより供給された水が建造物を構成する石材中に含有され、周辺の土壌へと供給されているものと推察される。

表 1 砂岩およびラテライトブロックの物性値

	真密度 (g/cm ³)	空隙率	最大含水比	圧縮強度 (kgf/cm ²)
砂岩	2.63 - 2.66	12.9 - 23.7	4.7 - 11	330 - 580
ラテライトブロック	2.96 - 3.00	17.0 - 17.5	7.2 - 9.9	130 - 300

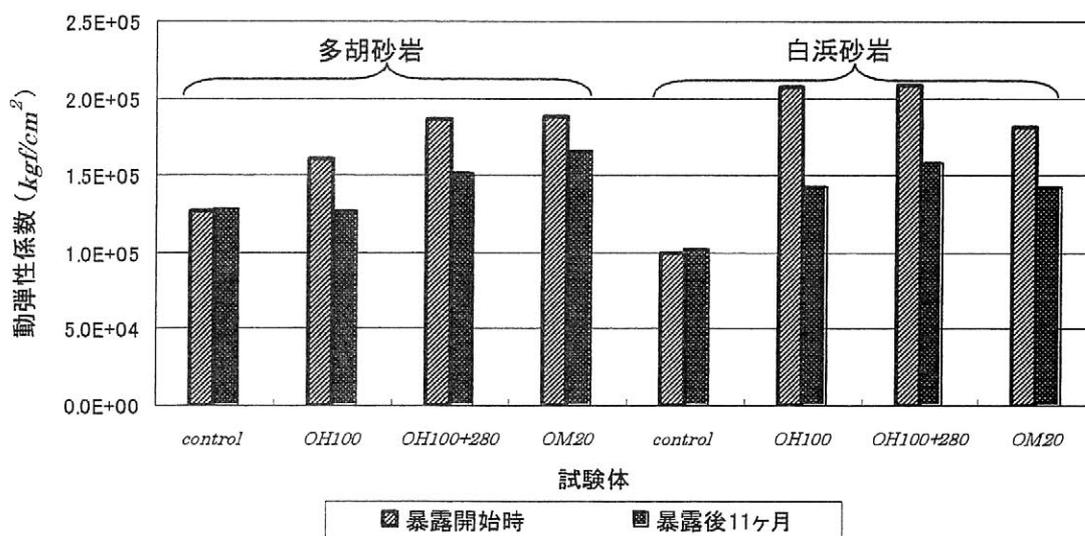


図 1 各暴露試験体の弾性係数

リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理Ⅱ

—強度の向上および寸法変化の抑制について—

○片岡太郎¹⁾、栗本康司²⁾、高妻洋成³⁾

¹⁾秋田県立大学大学院博士後期課程生物資源科学研究科・学術振興会特別研究員 DC、²⁾秋田県立大学木材高度加工研究所、³⁾独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所

1. はじめに

本研究は、出土木材の細胞壁をリグノフェノールを用いて強化することで、軽量でありながら強度が高くなる保存処理方法を開発することを目指すものである。これにより、出土木製遺物の展示や運搬などの利活用性が向上するものと思われる。

前報では、最大含水率(MMC)が284%の出土トチノキ (*Aesculus trubinata* Blume) と MMC が 559% の出土ムクノキ (*Aphananthe aspera* (Thunb.) Planch.) を用いてリグノフェノールの吸着特性および強度特性を検討した。その結果、リグノフェノールはポリエチレングリコール (PEG4000) よりも出土木材の細胞壁への吸着量を多くすることができ、このことにより、リグノフェノール吸着処理後の試験片の強度が PEG4000 のそれよりも大きく向上することが明らかとなった²⁾。

出土する木製遺物の樹種や劣化程度は様々である。今後リグノフェノールを用いた保存処理方法を実用化するためには、検討する樹種を増やすとともに、劣化程度の違いが吸着特性や強度特性へ及ぼす影響を考察する必要がある。

本報では、MMC が 902% または 1178% のドロノキ (*Populus maximowiczii* A. Henry) へのリグノフェノールの吸着量を PEG4000 のそれと比較検討するとともに、リグノフェノールあるいは PEG4000 吸着処理後の試験片の強度特性および寸法安定性を評価した。

2. 実験

供試材：山形県山形市「梅野木前1遺跡」より出土したドロノキを用いた。

吸着実験：MMC が 902% または 1178% の出土木材を脱脂した試料 (60-80mesh) を吸着実験に供した。吸着質には PEG4000 または定法³⁾に基づき調製した Ligno-*p*-cresol の *t*-ブチルアルコール (TBA) 抽出画分をリグノフェノールとして用いた。溶媒は TBA または脱イオン水、吸着温度は 55°C、吸着時間を1週間に設定し、吸着等温線を作成した。飽和吸着量は得られた吸着等温線から Langmuir plot を行うことによって求めた。

保存処理：出土木材から 5×20×20mm (T×R×L) の試験片 (MMC1157%、N=3) を切り出し、TBA または脱イオン水に飽和させた後、寸法 (処理前) を測定した。試験片を機能性木質新素材技術研究組合から提供されたリグノフェノールまたは PEG4000 の TBA または脱イオン水溶液に所定時間浸漬した。真空凍結乾燥した後、3日間 20°C、65%RH 環境下で調湿した後、寸法 (処理後) を測定した。なお、溶液の最終溶質濃度 C (%) は 5%、10%、20% とし、溶液浸漬時の温度は 55°C とした。

強度試験：調湿後の試験片に圧縮ジグ (Φ7mm) を一定の速度 (0.5mm/1min) で負荷させた。測定から得られた荷重-変位量曲線から、変位量 0.2mm になる時の荷重値を表面硬さ H (N) と定義し、この値を強度特性の評価に供した。

3. 結果と考察

吸着特性：表1に MMC902%、1178% 試料へのリグノフェノールと PEG4000 の飽和吸着量をそれぞれ示す。MMC902% 試料への PEG4000 の飽和吸着量は、TBA 系では 103mg/g であり、水系よりも

39mg/g 多かった。リグノフェノールの飽和吸着量は 149mg/g であり、PEG4000 (TBA系)よりもさらに 46g/mg 増大した。MMC1178%試料への溶質、溶媒の違いによる飽和吸着量の増減へ及ぼす影響は 902% 試料へのそれと同様であり、PEG4000 の飽和吸着量は水系よりも TBA

系の方が多く、リグノフェノールの飽和吸着量は PEG4000 (TBA系)よりもさらに増大した。

寸法変化と強度特性：表 2 に最終溶質濃度 C (%) をそれぞれ 5%、10%、20%とした試験片の保存処理前後の寸法変化と表面硬さ H を示す。

C が 5%の場合、水系で PEG4000 を用いて処理した試験片の H は 2.1N であり溶質無し (TBA系または水系)と同等であった。一方、TBA系でリグノフェノールまたは PEG4000 を用いて処理した試験片は水系のそれに比べてそれぞれ 2 倍以上高くなった。

C が 10%の場合、リグノフェノール処理した試験片の H は 4.9N であり、水系または TBA系で PEG4000 を用いて処理したそれよりそれぞれ 2.0N、0.9N 増大し、C を 20%として PEG4000 (TBA系)処理した試験片の H (4.8N) と同等の値が得られた。また、リグノフェノール処理した試験片の収縮率が 3%以内であり、他の条件で処理した試験片の中で最も低い値を示した。

以上から、リグノフェノールを用いた保存処理は、PEG4000 を用いるよりも出土木材をより少ない量の薬剤を用いて強度の向上と保存処理にともなう寸法変化の抑止ができるものと考えられる。

表 1 MMC902%、1178%の出土ドロノキへの飽和吸着量

吸着質	溶媒	飽和吸着量 (mg/g)	
		MMC902%	MMC1178%
リグノフェノール	TBA	149	169
PEG4000	TBA	103	123
PEG4000	脱イオン水	64	58

表 2 保存処理条件ごとの処理前後の収縮率と表面硬さ

最終溶質濃度 C (%)	溶質	溶媒	収縮率			表面硬さ H (N)
			T (%)	R (%)	L (%)	
0	なし	TBA	14	1	3	2.4 (0.6)
0	なし	脱イオン水	10	2	6	2.0 (0.9)
5	リグノフェノール	TBA	10	1	4	4.8 (2.2)
5	PEG4000	TBA	6	4	2	4.5 (1.0)
5	PEG4000	脱イオン水	6	1	3	2.1 (0.4)
10	リグノフェノール	TBA	3	1	1	4.9 (0.8)
10	PEG4000	TBA	5	0	1	4.0 (0.6)
10	PEG4000	脱イオン水	10	2	1	2.9 (0.4)
20	PEG4000	TBA	5	0	1	4.8 (1.3)
20	PEG4000	脱イオン水	11	4	1	3.2 (0.0)

表面硬さ H の隣の括弧内は標準偏差を表す。

文献 a)片岡太郎、栗本康司、高妻洋成：日本文化財科学会第 22 回大会要旨集, 60-61 (2005)

b)船岡正光：熱硬化性樹脂 16 (3)、35-49 (1995)

謝辞 出土ドロノキは、福島県文化振興事業団小林啓氏より提供いただきました。また、保存処理に用いたリグノフェノールは、機能的木質新素材技術研究組合「木質資源循環利用技術開発」事業により提供いただきました。以上を記して心より深く感謝申し上げます。

酸性土壌と骨格の保存 札幌市遺跡群を中心とした土壌pHの研究

○富岡直人*・仙庭伸久**・藤井誠二**・谷村彩*・畑山智史*

* 岡山理科大学総合情報学部、**札幌市埋蔵文化財センター

はじめに

可視的な遺物の研究はもとより、不可視のデータに関する論究も、考古学の進展・検証に資するものである。中でも土壌 pH は、カルシウム分や花粉の保存に影響することが理解されながら、詳細な報告や論考の蓄積に乏しい。本発表では、酸性土壌から骨格が検出されることを札幌市出土資料を中心に例示し、その特徴を考察するとともに、土壌 pH 分析の重要性を指摘する。

1. 動物遺存体の保存環境記載の客観化

渡辺直経 (1950a,b) は、明石人骨の検証の為に骨格の保存状況を分析し、土壌や骨格の化学的特性を検討した。この研究は、骨格の遺物化過程を客観的に示した先駆的研究として高く評価される。この研究において、渡辺は骨格の保存状態と土壌 pH に関するデータ蓄積の重要性をいち早く指摘していた。

須藤隆を主体とした東北大学文学部考古学研究室による発掘においては、骨格の保存性と土壌 pH の関わりを検討するため、遺跡包含資料の悉皆採集と土壌 pH 分析データの蓄積を行った (須藤他 1995,1997)。

札幌市を主体とする遺跡調査では、0.42mm メッシュ幅の金属フルイを利用することと、花粉やプラントオパール対象の非水洗土壌サンプルを実施することによって、微小動植物遺存体をほぼ網羅する「分析条件の標準化」を図り、1990年代より遺物包含土壌の pH 分析も実施してきた。

2. 土壌 pH 分析

土壌中における動物骨格の主体であるリン酸カルシウム類の溶解度は、化学的に第 1 図 (Lindsay 1979) のように求められる。ここに示されるように、溶解度が最も小さく保存性が高い条件は pH8 程度の土壌であり、このような土壌は、貝塚や焼土を多量に伴う開地性遺跡で確認されている (第 2 図)。一方で、酸性土壌の遺跡からも、動物遺存体が検出されていることが指摘できる。

第 4 図のように動物遺存体が上・下層で発見され、中間の層位で発見されなかった場合、その土壌が骨格の保存に適しているか否かは、骨格の本来の存否、あるいは消失を論じる上で重要な鍵である。さらに微量元素分析・脂肪酸分析・DNA 分析のような脆弱な資料体を分析する場合も、埋存時の土壌 pH は影響を持つ可能性が想定されることから、検討すべき条件として重要である。

土壌 pH の測定方法にはいくつかの手法があるが、筆者らは 10g の土壌を 25ml の蒸留水で攪拌し、約 20 度の室温で 24 時間沈殿して得た上澄液を電導率計で測定する方法を採用して来た。やむを得ない場合には乾燥した土壌を利用するが、その際には固まりとなった土壌塊を選択し、露出部分を切削した後、測定に供する。また、貝殻や礫等、本来の土壌 pH にノイズを与えるような含有物は取り除き、定量する。いずれの場合もサンプルが乾燥状態か湿潤状態か、サンプリング後どれほど時間が経過して測定を実施したか等、条件を記すべきである。このような測定条件の微妙な変化は、測定値に反映することが知られており、我々も追実験でこの傾向を把握している (渡辺 1950b)。

遺物化過程の把握という目的からすると、本来の埋存環境に近い状態の条件を把握することが必要である。このため、サンプリングは動物遺存体を検出しているすぐ側の土壌—三次元座標も把握されることが望ましい—を対象として、酸化を避けるために検出後の早い時点で実施し、採集後できるだけ早く密封容器に収納し、数日のうちに測定に供するべきであろう。ただし、この測定によって得られた pH はあくまで抽出液の pH で、埋存時の土壌 pH の傾向を間接的に示すものであり、埋存状況の pH と完全に一致しているとは言い切れない。例えば、日光や空気中への暴露は、測定結果にバイアスを生じることが把握されている。

第 3 図に示す通り、札幌市 K39 遺跡の場合、同一遺跡内の同一標高の地点であっても、土壌 pH には明確な違いが生じる場合がある (富岡 2001)。また、この遺跡では酸性土壌中からもリン酸カルシウムを主体とする動物遺存体が検出されている。これらの保存には酸性土壌はマイナス要因であったものの、豊富な湧水と細粒の堆積層による酸素の遮断、焼土や灰の集積による部分的なアルカリ環境の存在により、個別に良好な保存環境が得られたものと推定される。

結語

動物遺存体に影響する埋存条件には、①土壌 pH、②土壌や水分の化学的組成 (硬組織については特にカルシウム分や鉄分の含有量、酸素の量等の影響が大きいと考えられる)、③土壌中の水分の量 (および遺跡における湧水の標高)、④土壌の温度、⑤埋存直前直後の自然の営為によるダメージ、があげられ、これらの把握に対する積極的取り組みが今後望ましい。また、土壌微細形態学のアプローチも遺跡形成過程分析には欠くことが出来ないものとなっていくであろう。さらに、複数のサンプリングスポットの設定も今後の研究の促進に資するものと期待される。

現在、遺跡土壌の記載では、標準土色帳による土壌色彩の客観的記録が一般化している。将来は、土壌 pH の記録も併せて実施されるようになることを切望する。また、酸性雨や酸性排水は、貝塚をはじめとする貴重な遺跡の遺物保存環境を脅かす存在として、大いに危惧される。

須藤 隆 他 1995 『縄文晩期貝塚の研究 2 中沢貝塚Ⅱ』 [東北大学文学部考古学研究室]

須藤 隆 他 1997 『中神遺跡の調査』 [東北大学文学部考古学研究室・岩手県花泉町教育委員会]

渡辺直経 1950a 「遺跡における骨格の保存」『人類学雑誌』 61:pp67-74

渡辺直経 1950b 「明石西郊含化石層に於ける骨の保存可能性」『人類学雑誌』 61:pp.183-190

Lindsay, W. 1979 "Chemical Equilibria in Soils" (John Wiley & Sons)

○西田 英隆 (岡山大学)、中村 郁郎 (千葉大学)、李 軍 (新疆ウイグル自治区文物局)、イディリス・アブドラスル (新疆文物考古研究所)、加藤 鎌司 (岡山大学)、佐藤 洋一郎 (総合地球環境学研究所)

古代中国における栽培コムギのルーツを探る

—新疆ウイグル自治区小河墓遺跡出土コムギ種子の DNA 解析—

タクラマカン砂漠東部、新疆ウイグル自治区の小河墓遺跡の棺に副葬されていたコムギ種子の分析を行い、その種を特定した。これは 3000 年から 4000 年前の栽培コムギと推定され、形態・遺伝学的に詳細な解析を行えばシルクロードを通して東方に伝播した古代コムギの種(しゅ)を明らかにできるだけでなく、当時の地球環境の推定に結びつくと考えられる。これらの観点から、本研究ではこのコムギ種子 5 粒の核および細胞質ゲノム遺伝子の解析を行った。

[材料および方法]

小河墓遺跡・南面第 2 層 (推定 3000 年前) および北面第 4 層 (推定 4000 年前) の墓の副葬品としてそれぞれ埋葬されていたコムギ種子 3 粒および 2 粒を供試した (第 1 図)。DNA は 2 種類の方法 (TE+SDS および TEN8+SDS+ゲル濾過) で抽出し、核および葉緑体ゲノム遺伝子・領域を PCR 増幅した。プライマーは核ゲノムの Pos-ID 領域、*Ubiquitin*、*Vrn-2*、*Vrn-A1*、*Wx-D1* 遺伝子、*rDNA*-IGS 領域、葉緑体ゲノムの PS-ID 領域の DNA 断片 (100 ~ 2000 bp) を特異的に増幅できるように設計した (第 1 表)。なお、*rDNA*-IGS 領域の増幅産物は制限酵素 *Mse*I で切断した。これらの増幅産物を 1.5% アガロース電気泳動し、エチジウムブロマイド染色して検出した。

[結果および考察]

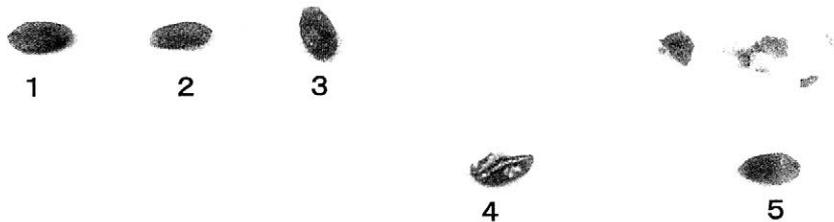
コムギ種子はいずれも炭化していなかった (第 1 図)。特に 3000 年前の種子は硬く、保存状態は極めて良好であった。一方、4000 年前の種子は脆く、保存状態がやや悪かった。形態は丸みを帯び、サイズが大きいことから、4 倍体栽培種 (ゲノム: AABB) あるいは 6 倍体栽培種 (ゲノム: AABBDD) であると推定された。

PS-ID および Pos-ID 領域に特異的なプライマーで PCR 増幅を行ったところ、1 回目の PCR ではバンドを検出できなかった (第 1 表)。遺物に残存する DNA 量は極少と思われたので、全 7 領域・遺伝子について 2 回以上の PCR 増幅を行い、バンド検出を試みた。その結果、3000 年前の種子 3 粒中 2 粒において 2 回目の PCR でバンドを検出でき、サンプル 3 は Pos-ID、*rDNA*-IGS、PS-ID 領域、サンプル 5 は Pos-ID 領域のバンドを検出できた。増幅がみられた DNA サンプルはともに TEN8+SDS+ゲル濾過で抽出したものであり、この方法が遺物コムギの DNA 抽出に極めて有効であることを示している。

rDNA-IGS 領域用プライマーは D ゲノムを特異的に増幅させる (第 1 表)。D ゲノムの同領域は、A および B ゲノムがもたない制限酵素 *Mse*I 切断部位をもつことから、切断の有無によって区別できる (第 2 図)。本研究の *rDNA*-IGS 増幅産物は *Mse*I によって完全に切断され、D ゲノム由来であることが確かめられた。したがって、このコムギは日本でも広く栽培されている 6 倍体種 (D ゲノム保有) と特定できた。今後、本領域および Pos-ID 領域の

塩基配列を解析することにより確かめる。

以上の結果から、3000年前の遺物コムギ種子がもっていた、核ゲノムのシングルコピー遺伝子・領域の解析が可能であることが明らかになった。農業形質（草型、品質、適応性）に関わる遺伝子の多くは核ゲノム中にシングルコピーで存在しており、本研究の結果は遺物コムギの特性および当時の地球環境の推定が可能であることを示している。



第1図 小河墓遺跡の墓に埋葬されていたコムギ種子

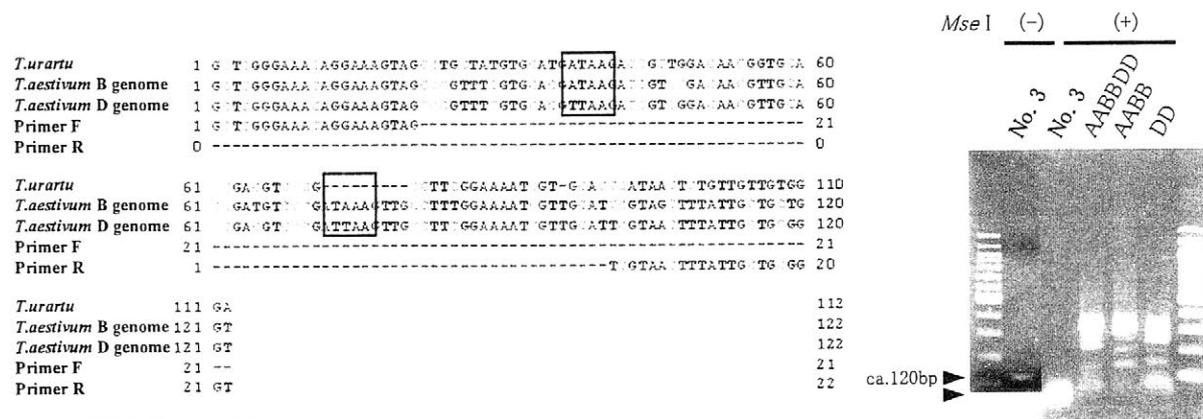
1~3:南面第2層の墓(約3000年前)に埋葬されていた種子

4、5:北面第4層の墓(約4000年前)に埋葬されていた種子

第1表 解析遺伝子・領域とPCRバンドの期待サイズ

ゲノム	遺伝子・領域	ゲノム	期待サイズ(bp)	PCR増幅			
				1回目	2回目	3回目	
核	シングルコピー	Pos-ID	A, B, D	100	nt	○	
			A, B, D	400	nt	○	
		<i>Ubiquitin</i>	A, B, D	450+1000	nt	×	×
		<i>Vrn2</i>	A, B, D	231	nt	×	×
		<i>Vrn-A1</i>	A	800	nt	×	×
		<i>Wx-D1</i>	D	2000	nt	×	×
	マルチコピー	<i>rDNA-IGS</i>	D	150	nt	○	
		D	231	nt	×	×	
葉緑体	マルチコピー	PS-ID	-	200	nt	×	×
			-	400	×	○	○
			-	600	×	×	×

nt: not tested



TTAA: 制限酵素Mse I認識配列

第2図 *rDNA-IGS*領域の塩基配列およびPCR産物の電気泳動

縄文時代前半期における ^{14}C 年代測定

小林謙一（国立歴史民俗博物館）・今村峯雄（同）・春成秀爾（同）
 ・西本豊弘（同）・坂本稔（同）

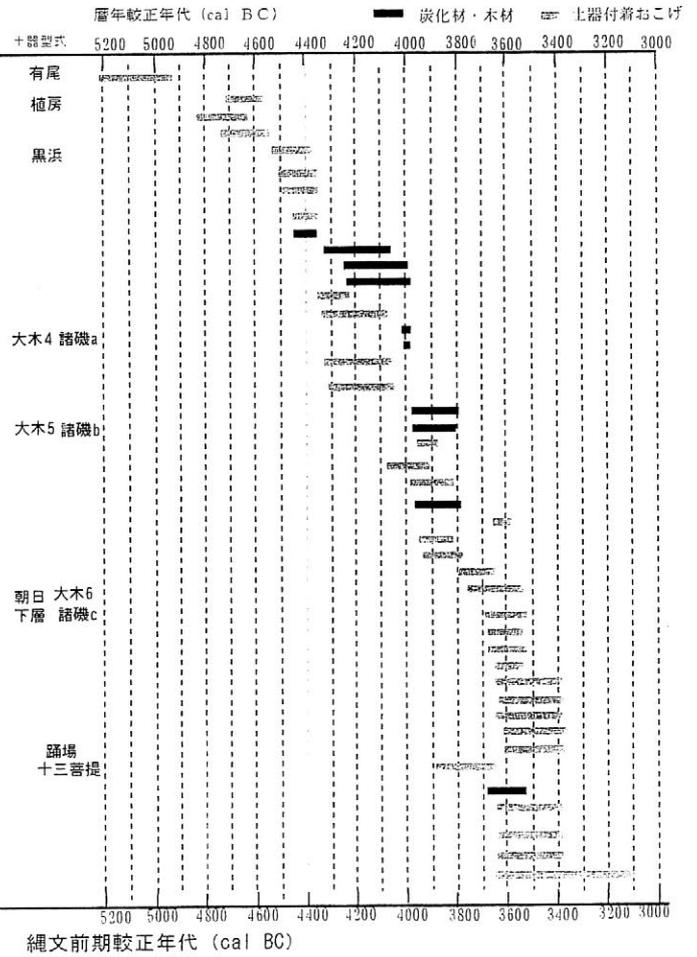
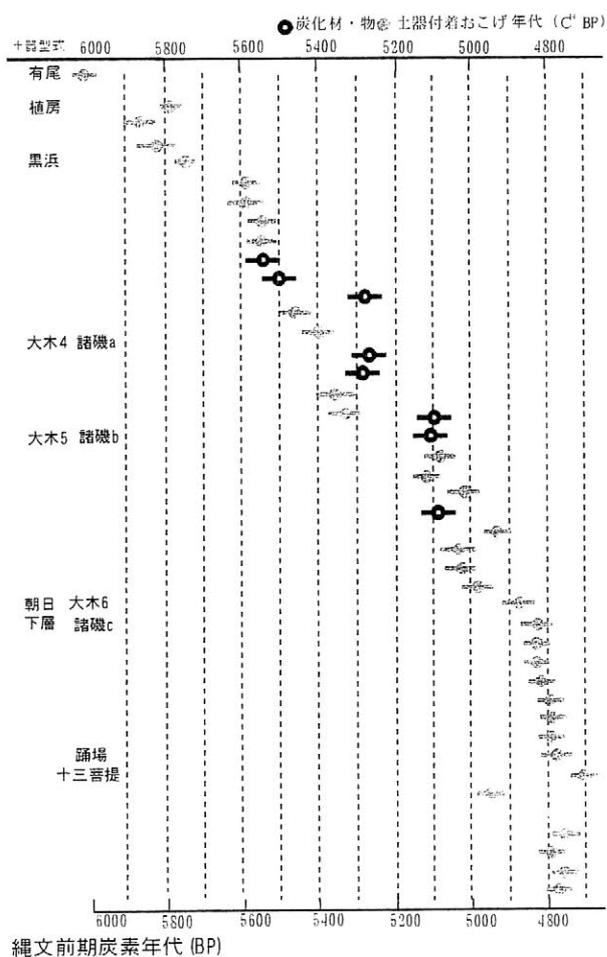
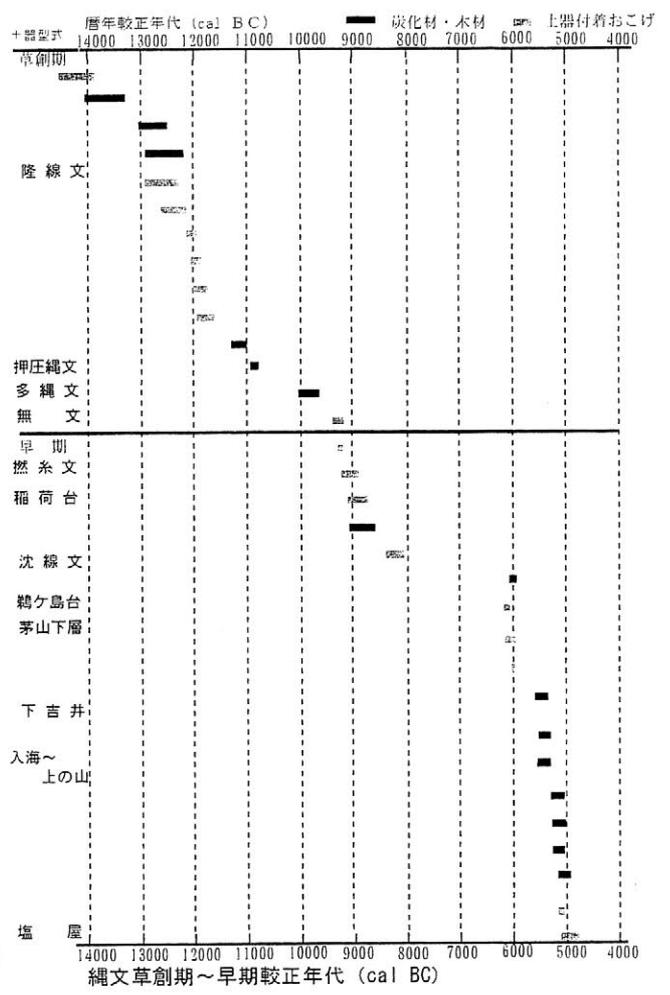
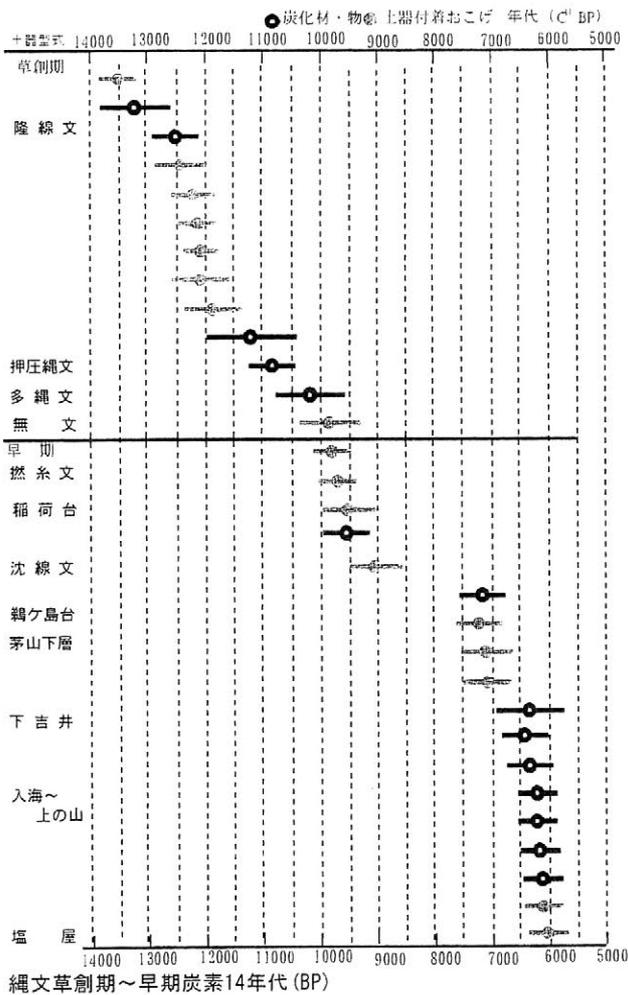
関東、中部、北陸、東北地方（草創期から早期初頭については九州・四国を含む）の、縄文時代草創期、早期、前期に属する土器付着物、土器と共伴した炭化材・種実の炭素 ^{14}C 年代測定について検討する。特に、歴博が 2001 年度以降に収集し処理した試料、155 測定例を中心に分析し、それ以外の測定例は、重要な事例（大平山元 I 遺跡例など）や、歴博での測定が不足な時期（爪形文期など）について、補足的に扱う。

それらの事例について、土器型式・出土状況・ $\delta^{13}\text{C}$ 値を含む測定結果を検討し、信頼できる結果を集成し、暦年校正年代を算出して、土器型式との関係を確認し、型式ごとの実年代を推定する。その結果、縄文時代草創期は 15,500～16,000 年前から、おおよそ 11,600 年前まで、縄文時代早期はおおよそ 9,000 年前まで、前期は 5,470 年前までと推定された。また、大平山元 I 遺跡の測定結果の IntCal04 での再検討と、新たな草創期遺跡の測定結果によって、縄文時代の始まりの時期の校正年代がおおよそ 16,000～15,500 年のあいだには求められることが確認され、IntCal04 に従えば、縄文時代初期の隆線文土器が、北海道・沖縄を除く日本列島全体に、1,500 年におよぶ可能性がある長期のあいだ、連続して存在していたと推定される。ただし、IntCal04 は、年輪試料を用いる部分は 12400 年前（10,450cal BC）までで、それ以前は海底堆積物やサンゴを試料としており、海洋リザーバー効果を補正して使っているため、精度は一樣ではなく年代推定の確度は落ちる。

関東地方を中心に、縄文時代の草創期～前期についての年代推定を行う。

- 草創期（無文、隆線文～多縄文） 15700～11600 年前（cal BP）ころ（13750?～9600 cal BC）
 隆線文 15700 年前ころ（cal BP?）～13200 年前（cal BP）ころ（13700～11200cal BC）
 押圧縄文 13000 年前～12300 年前（cal BP）ころ（1100～10300cal BC）
 多縄文・無文 12000～11000 年前（cal BP）ころ（10000～9000cal BC）
 早期（撚糸文～条痕文） 11500～6750 年前（cal BP）ころ（9500～4800cal BC）
 撚糸文系 11500～10500 年前（cal BP）ころ（9500～8500cal BC）
 （稻荷台式） 11090～10690 年前（cal BP）ころ（9140～8740cal BC）
 沈線文系 10450～（8500 ころ）年前（cal BP）ころ（8500～（6500 ころ）cal BC）
 条痕文系 （8500 ころ）～7000 年前（cal BP）ころ（（6500 ころ）～5000cal BC）
 前期（花積下層～十三菩提） 7000～5470 年前（cal BP）ころ（5000～3520cal BC）
 黒浜式 6450～6050 年前（cal BP）ころ（4500～4100cal BC）
 諸磯 a 式 6050～5950 年前（cal BP）ころ（4100～4000cal BC）
 諸磯 b 式 5950～5750 年前（cal BP）ころ（4000～3800cal BC）
 諸磯 c 式 5750～5600 年前（cal BP）ころ（3800～3650cal BC）
 十三菩提式 5600～5470 年前（cal BP）ころ（3650～3520cal BC）

本研究は、国立歴史民俗博物館平成 17 年度基盤研究「高精度年代測定法の活用による歴史資料の総合的研究」（研究代表今村峯雄）・平成 17 年度科学研究費補助金（学術創成研究）「弥生農耕の起源と東アジア—炭素年代測定による高精度編年体系の構築—」（研究代表西本豊弘）・同基盤 C「AMS 炭素 ^{14}C 年代測定を利用した東日本縄文前半期の実年代の研究」（研究代表小林謙一）の成果である。国立歴史民俗博物館年代測定実験室スタッフや東京大学工学研究系松崎浩之氏ほか共同研究者各位および資料提供者各位に感謝します。



遺跡の時間情報の解読（Ⅱ）－炭化材のウイグルマッキング－

○國木田大*、吉田邦夫*、宮崎ゆみ子*、遠藤文*、松崎浩之*、加藤博文**、松田功***、
（*東京大学、**北海道大学、***斜里町立知床博物館）

1. はじめに

近年、土器付着炭化物の炭素14年代値を用いた研究が盛んに行われている。土器付着炭化物は、使用時に煮炊きした食物穀物片や油脂などの有機物やその炭化物、吹きこぼれや加熱時のススなどで構成されていると考えられ、土器使用時の年代情報を直接得ることができる点で有用である。しかし、一方で土器付着炭化物の由来がまだ究明されていないことや、想定年代よりかなり古い年代や新しい年代を示すことなどの問題が指摘されている。とりわけ北海道・東北地域においては海洋リザーバー効果の影響が深刻であり、想定年代より古い年代値が報告されている（坂本ほか 2005：北海道 生渕2・対雁2遺跡、本庄ほか 2005：北海道 神居古潭遺跡群など、臼杵ほか 2005：北海道 モヨロ貝塚・雄武川尻・相泊・常呂川河口遺跡）。現在、土器付着炭化物の海洋リザーバー効果の有無は、 $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値・C/N比などからの推定が試みられているが、その補正值が詳細に明らかになっていない。地域海洋リザーバー効果補正值が大きい北海道・東北地域では、土器付着物を用いた年代測定は困難であることが予測される。

まずは、遺構との関係が明確な植物遺体と土器付着炭化物の年代値を比較し、その年代差の詳細な状況を把握しなければならない。そしてそれらのデータを基に、海洋リザーバー効果の補正が可能かどうか検討を行う必要がある。遺構の年代を最も高精度で測定する方法としてウイグルマッキング法がある。これまでの遺跡報告事例は、秋田県払田柵跡、青森県三内丸山遺跡、新潟県青田遺跡、奈良県唐子・鍵遺跡、大阪府池上曾根遺跡、岡山県鬼ノ城、島根県出雲大社境内遺跡で報告されている。本発表では、北海道斜里郡チャシコツ岬下B遺跡2号住居址出土の焼失建築材のウイグルマッキングの結果を報告する。また、2号住居址出土土器の付着炭化物を測定し比較検討を行う。

2. 測定資料

上記の観点から、2005年度に実施された北海道斜里郡チャシコツ岬下B遺跡の調査に参加し、年代測定資料を採取した。チャシコツ岬下B遺跡は、北海道大学と斜里町立知床博物館との共同調査が行われており、オホーツク文化期の住居址やヒグマ祭祀遺構が検出されている。測定資料は、2号住居址（オホーツク文化期貼付文系・藤本e群、文献参照）出土の炭化材2点、土器付着物11点（2号住居址出土10点・すべて藤本e群、ヒグマ祭祀遺構出土1点・トビニタイ前期）である（図1参照）。

3. 試料の調製と測定

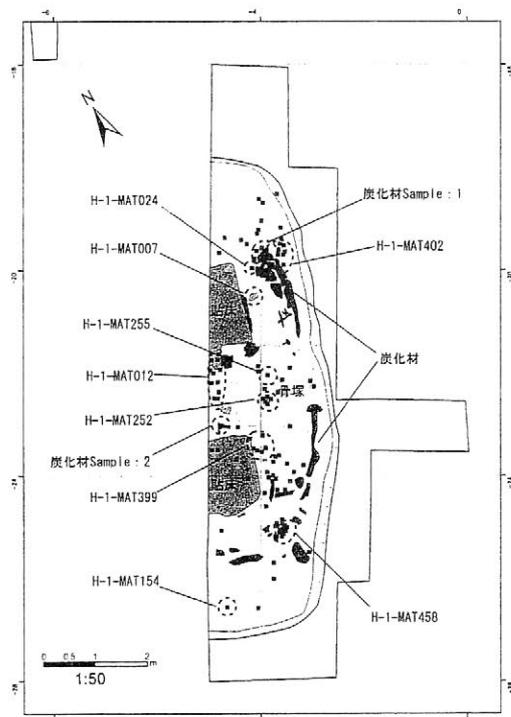
測定試料の調製は通常の方法に従って行った。炭化材は 80°C ・ 1.2MNaOH 水溶液で処理した。土器付着炭化物の処理は、試料が全て溶解しない程度にとどめた。測定は、東京大学大学院工学系研究科加速器研究設備に設置されているAMS装置を用いて行い、各試料について600秒の測定を4回、もしくは300秒の測定を6回繰り返した。炭化材資料1（Sample1）は、住居柱材の可能性が高い資料で、外側から1年目、5年目、10年目、15年目の4資料について測定を行った。

4. 測定結果

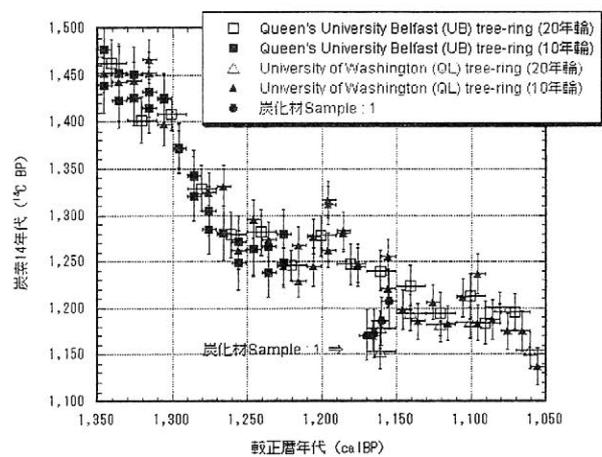
ウイグルマッキング法は、試料樹木の年輪数に応じた炭素14年代の変動を、較正曲線と照らし合わせる方法である。較正曲線との一致度が高ければ、炭素14年代を ± 10 年以内で暦年に較正することも可能になる。炭化材資料1の四つの年代値（最外年輪から1年目、5年目、10年目、15年目）を、IntCal04 raw data、IntCal04と照らし合わせた結果を図2・3に示した。IntCal 04は、IntCal 98をベースに

Random Walk Model を用いてスムージング化された較正曲線である。1350～1050 cal BPの範囲はクイーンズ大学（ベルファースト）とワシントン大学で測定された年輪データで構成されている（10年輪・20年輪、図2）。

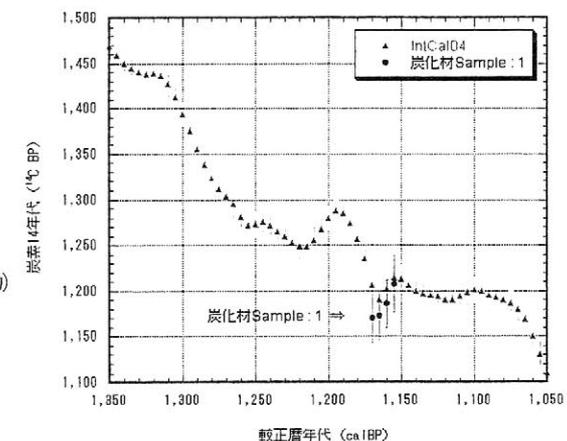
較正手法（OxCal v3.10）を用いて年代値を較正・検定した結果は、最外年輪が1130～1065 cal BP（1σ・820～885 cal AD）である。1170～1150 cal BPの較正曲線が逆行する範囲と非常によく一致した結果となっている。OxCal v3.10で算出された最も一致度の高い場合の最外年輪年代は805 cal AD前後（図1）になる。しかし、図2におけるIntCal04 raw data のばらつきを考慮すると、1120～1100 cal BPの較正曲線が小規模に逆行する領域や、1150～1070 cal BPの平行する領域の可能性も残る。また、炭化材に樹皮がなく正確な伐採年を評価できない点も考慮しなければならない。現段階での2号住居址の年代解釈は、9世紀初頭～後半の範囲内で、9世紀初頭の可能性が最も高いとする見解が妥当である。この年代は、現在考えられているオホーツク文化期貼付文系（藤本e群）の時期と非常に整合性がある。本稿では、ウイグルマッチング法を利用することで、オホーツク文化期の住居址の年代を高精度で暦年に較正できた。発表では土器付着物との比較検討も加えた総合的な年代を紹介したい。



(左上) 図1 測定資料の分布（2号住居址、数字は土器付着炭化物）



(右上) 図2 炭化材資料1の測定値とIntCal04 raw dataとの比較



(右下) 図3 炭化材資料1の測定値とIntCal04 との比較

【参考文献】

坂本穂 ほか (2005) 「土器付着炭化物に見られる海洋リザーバー効果」、『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, p8-9
 本庄かや子 ほか (2005) 「擦文時代の遺跡から出土した遺物の14C年代測定 -旭川市の擦文遺跡から出土した土器の付着炭化物を中心に-」, 『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, p124-125
 臼杵勲 ほか (2005) 『北海道における古代から近世の遺跡の暦年代 科学研究費補助金基盤研究成果報告書』, p50
 藤本強 (1966) 「オホーツク土器について」, 考古学雑誌, 51 (4), p28-44
 Reimer, P. J. et al. 2004 IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon* Vol.46, p1029-1058
 Ramsey, B. 2005 OxCal v3.10

*ウイグルマッチング関連文献は紙面の都合上割愛した。

鎌倉由比ヶ浜遺跡から出土した人骨・獣骨の ^{14}C 年代

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・星野敬吾（聖マリアンナ医科大学）
 西本豊弘（国立歴史民族博物館） 鵜澤和宏（東亜大学）

【はじめに】

鎌倉市には多くの遺跡が存在し、これまでに多くの中世人骨が発掘されていることから、中世都市鎌倉の埋葬地として使用されたと考えられている。近年では、由比ヶ浜南遺跡（1995年から1997年にかけて発掘調査）、中世集団墓地遺跡（2000年から2001年にかけて発掘調査）、静養館遺跡（1992年に発掘調査）などの遺跡から大量の中世人骨が出土している。人骨の埋葬形態は遺跡間、また同一遺跡内の各墓坑内間においても異なっていることから、身分の差による違いや、疫病や災害、戦による大量死と自然死の違いなどが指摘されている。そこで本研究においては、人骨の埋葬形態の違いの原因を明らかにするために、由比ヶ浜南遺跡、中世集団墓地遺跡から出土した人骨の ^{14}C 年代、炭素・窒素同位体比を測定するとともに $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比を測定し、年代、食性、土着性の点において両者の人骨に違いがみられるかどうかを調べた。本報告では、由比ヶ浜南遺跡から出土した獣骨の結果も含めて、これまでに得られた結果を紹介する。

【由比ヶ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡】

由比ヶ浜南遺跡は市街地の南縁、由比ヶ浜海岸に隣接し、667体が単体埋葬墓から、3108体が集積埋葬墓から出土している。分析に使用した試料はすべて単体埋葬墓から出土した人骨である。男女比は1:1、成人と未成年の比率は2:1であり、当時の人口構成をある程度反映していると考えられる。一方、滑川河口の北西部に位置する中世集団墓地遺跡からは592体の人骨が出土している。分析に使用した試料は全身集積埋葬墓から出土した人骨である。集積埋葬墓は墓構に複数の人骨が折り重なっており、亡くなった後に骨になるまで放置された可能性がある。男女比は2:1、成人と未成年の比率は5:1であり、成人男子の占める割合が大きい。

【実験方法】

骨試料の表面の汚れをドリルで除去した後、超純水中で繰り返し超音波洗浄し、さらに0.2M NaOH中で超音波洗浄した後、超純水で洗浄し、凍結乾燥した。その後、ステンレス乳鉢を用いて粉砕し、粉砕された骨試料を0.6M HClによって脱灰した。内容物を遠心分離し、酸に不溶な脱灰成分は0.1M NaOH処理を行った後、酸性に戻してから凍結乾燥し、弱酸性の温水（80℃）で一晩ゼラチン抽出を行った。酸可溶成分はエバポレーターで濃縮を行った。ゼラチン成分はガラス管に真空封管して加熱（850℃, 4hr）し、 CO_2 、 N_2 を真空ラインにて精製し、 CO_2 の一部は水素還元法によりグラファイト化して、名古屋大学年代測定総合研究センターの加速器質量分析計（HVEE）によって ^{14}C 年代測定を行った。 CO_2 の一部と N_2 は気体用質量分析計（MAT-252）により炭素・窒素安定同位体比を測定した。一方、脱灰時の酸可溶成分は2.4M HClに溶解した後、陽イオン交換カラムでSrフラクションを分離し、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）によって $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比測定を行った。

【実験結果】

得られた ^{14}C 較正年代結果 (INTCAL04 を用いて算出、ただしクジラ、イルカ骨に対しては MARINE04 を用いて算出) を図 1 に示す。 ^{14}C 年代の誤差は 1σ である。由比ヶ浜南遺跡、中世集団墓地遺跡から出土した人骨試料間で炭素・窒素同位体比の違いは見られなかったが、年代に関しては、中世集団墓地遺跡の人骨の方が由比ヶ浜南遺跡の人骨よりも約 100 年古く、分析した 5 試料が同じ年代を示す傾向が見られた。中世集団墓地遺跡から出土した人骨にだけ海洋リザーバー効果が強くあらわれるというのは考え難いため、中世集団墓地遺跡の人骨は大部分の由比ヶ浜南遺跡の人骨よりも約 100 年古く、年代のほぼ同じ骨が集積されている可能性が考えられる。一方、由比ヶ浜南遺跡の人骨は同じ年代を示すものが多いが、年代幅が比較的広い。これらの結果は、中世集団墓地遺跡はある集中した時期に埋葬地として使われたのに対し、由比ヶ浜南遺跡は、長期間埋葬地として使われたことを示唆している。

図 2 に $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比の結果を示す。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比の誤差は 2σ である。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比に関しては、由比ヶ浜南遺跡の人骨の方が中世集団墓地遺跡の人骨の値より高い値を示した。獣骨は個体ごとに大きく異なる値を示した。骨の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は、その動物が死んだ頃に住んでいた土地の地質を反映すると言われている。得られた結果は、由比ヶ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡に埋葬されている人の出身地が異なる可能性を示している。しかし、今回分析した酸可溶成分には炭酸塩や変質した骨成分が含まれており、得られた $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比値が何を意味するの、酸リーチングした後の骨中の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比結果と比較することにより考察する予定である。

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。骨試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比測定に際しては、名古屋大学大学院環境学研究科の田中剛教授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。

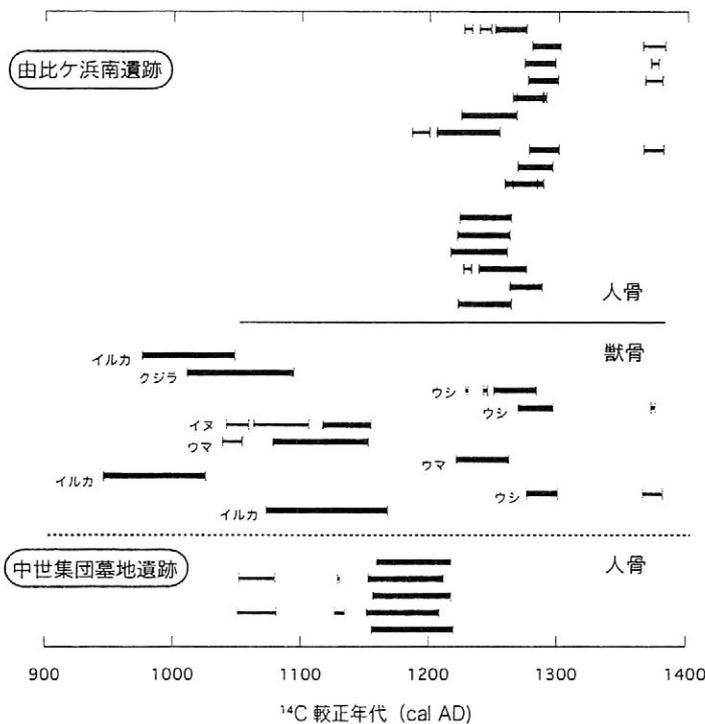


図 1 由比ヶ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡から出土した人骨、獣骨の較正暦年代

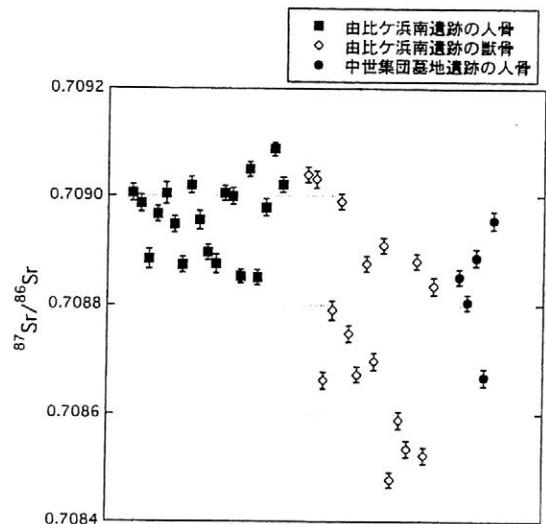


図 2 由比ヶ浜南遺跡と中世集団墓地遺跡から出土した人骨、獣骨の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比

炭素 14 ウィグルマッチ法による歴史資料の高精度年代測定

○今村 峯雄、尾寄 大真、光谷 拓実*、中尾七重**
(国立歴史民俗博物館、奈良文化財研究所*、武蔵大学**)

1. はじめに

AMS 炭素年代測定法は、近年、高精度を要する歴史資料についてもその有用性が認識されるようになってきた。特に、ウィグルマッチ法 (Wiggle-matching) とよばれる、年代間隔が既知の複数試料 (木材など) の炭素 14 測定によって、 $\pm 10\sim 20$ 年あるいはそれ以下の精度での実年代が比較的容易に得られるようになり、年輪年代法を補完する方法として建築物や木製品などへの測定例が増加している。本報告では、古民家資料への応用例として神奈川県・関家住宅の測定例、後者の例として京都府・宇治市街遺跡下層 (宇治市妙楽 5 5) より出土した、加工木片の高精度年代測定を行った結果について紹介する。

2. 資料と分析試料の採取

2-1. 宇治市街遺跡下層出土木片

本調査研究で用いた資料は、ヒノキ材の未製品から得た小木片 (43 年輪) である。韓半島に由来を持つ土器遺物などとともに出土したことで注目されたものである。ここでは、特に年輪年代と炭素年代との比較を行うことを目的の一つとして測定を行った。資料は、奈良文化財研究所を通じて歴博に提供され、年輪年代についての情報は伏された。最外層を第一層として 5 年輪ずつ (最後は 3 年輪)、計 9 試料を採取した。

2-2. 重要文化財・関家住宅

建築時期については、室町期から江戸中・後期まで諸説があり定まっていない。03-05 年度の主屋の解体修理に伴って得られた旧柱材 3 点、る 9 (トガサワラ)、る 11 (トガサワラ)、へ 19 (マツ) と、書院の修理に伴って得られた旧柱材 1 点、又ニ 26 (ツガ) を年代測定資料とした。それぞれ写真撮影等の記録を行い、最外年輪を第一年輪として、10 年輪をひとかたまりとしてほぼ連続的に試料採取を行った。

3. 試料の前処理

宇治市街遺跡下層木片試料では、それぞれの年輪層について粉碎した乾燥試料、数十ミリグラムを取り、酸・アルカリ・酸による化学洗浄 (AAA 処理) を行った。推定年代域が若いことから、塩素漂白による α -セルロースの抽出は必要ないと判断し行わなかった。前処理を行った後の乾燥試料の一部、3-4 ミリグラムを使用して、二酸化炭素化・精製を行った。具体的には、酸化銅によって試料を酸化し (二酸化炭素化) し、ガラス製の真空ライン装置中で精製して不純物を除去する。精製ガスを二分し、それぞれガラス管に溶封する。また、NIST 標準試料 (蓚酸)、IAEA 標準試料 (木材、蔗糖) 1-2 ミリグラム炭素量相当を採り、同様な処理を行った。AMS による炭素 14 測定では、炭素をグラファイトの固体試料の形で測定するが、このため、溶封した二酸化炭素試料 (試料および標準) を鉄触媒のもとで水素還元しグラファイト炭素に転換し、生じたグラファイト炭素を鉄触媒とともにプレスし測定ホルダーに充填し、試料とした。炭素 14 測定は、パレオラボ (株) へ分析依頼した。

関家住宅試料では、数十ミリグラムの試料を使い、標準的な酸・アルカリ・酸による洗浄処理 (AAA 処理)、二酸化炭素変換、グラファイト化作業、 ^{14}C 測定を含めパレオ・ラボ社に委託した。

4. ^{14}C 測定値とウィグルマッチ法による年代解析

AMS 測定の結果は、炭素 14 同位体比 ($^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$) の結果を炭素 14 年代に換算した値で得られる。解析では ^{14}C 濃度の測定値と暦年較正曲線の凸凹が一致する点を求めて年代決定を行う。次ページの図に関家住宅の書院のデータ (又ニ 26) の結果と解析の例を示した。炭素年代の単位は BP で表記され $\delta^{13}\text{C}$ の同位体効果補正 (-25% に規格化) を行った値である。誤差は統計誤差の 1 標準偏差に相当する値である。解析は、暦年較正データ IntCal104 を用い、ベイズ統計の方法で 95.4% の確率密度まで算出し、較正年代を cal AD または cal BC で表す (プログラム RHC3.1w で解析)。

5. 結果及び考察

5-1. 宇治市街遺跡木片

9 試料の測定データと標準校正曲線とを統計的に比較するウィグルマッチ法で最外層（表皮に接する層）に該当する年代値を判定した。その結果、年代は、下に示す二つの年代域のいずれかに該当すると判断された。

294cal AD～326cal AD、または 359cal AD～395cal AD（信頼限界 95%）

このうち、294cal AD～326cal AD は、年輪年代分析からは全く可能性がなく、後者の 359cal AD～395cal AD が年輪年代で得られた伐採年紀元 389 年と整合した。

5-2. 重要文化財・関家住宅

4 点の柱材から得た、各々年輪 5～7 試料の炭素 14 濃度の測定を行い、ウィグルマッチ法によって最外層年輪に対する年代推定を行った。信頼限度 95% で評価すると、最外層の年代は、主屋の 3 点については、各々

1609cal AD～1642cal AD、1510cal AD～1538cal AD、1545cal AD～1606cal AD、

書院の柱材については、

1625cal AD～1649cal AD となった（図参照）。

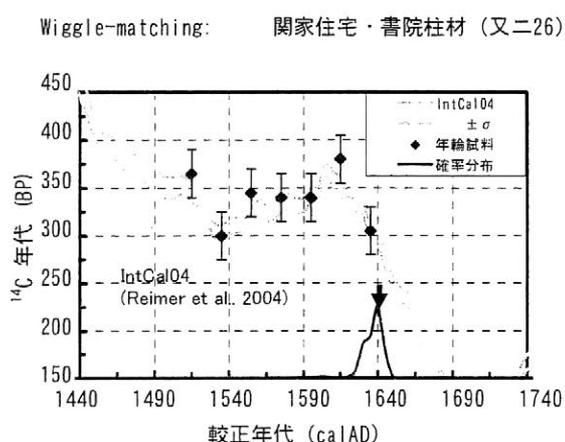
これらの柱材は、いずれも表皮や白太に相当する年輪層は検出されていないとされる。木材の伐採年を推定するには、さらに加工によって切り取られた部分の年輪数を加えなければならない。木材から柱材を採取する際の加工過程が、現代と大きく異ならないとすれば、白太として切り取られた辺材部分は約 30 年と推測され、これを加算した年代を建築年代と推定できよう。主屋は 2 点が 17 世紀前半、1 点は 16 世紀で古材の再利用の可能性を示す年代といえる。また、書院は 17 世紀中頃の材と考えられる。

6. おわりに

本報告で紹介したように、炭素 14 ウィグルマッチ法を用いることで、炭素 14 年代測定法は歴史研究に有効な高精度年代測定法となる。いうまでもなく、建築物や木製品の年代測定を行う方法としては非破壊法である年輪年代法が優れている。しかし、年輪年代法には適用上のいくつかの制限があるため現実に適用が限られることもまた事実である。日本の木材に関しては、1. 中心部を除いて年輪数が 100 以上の保存の良好な年輪、2. 樹種は、スギ・ヒノキ・コウヤマキ・ヒバのいずれか、3. マスターカーブの年代範囲（スギで前 1313 年まで、ヒノキで前 912 年まで、など）、の諸条件である¹⁾。このため、年輪年代法では困難なスギ・ヒノキ以外の樹種が用いられる古民家の場合や、年輪年代測定が困難な、年輪数が少ない木材について、炭素 14 ウィグルマッチ法は有効である。また、宇治市街遺跡で出土した加工材の年代測定を行ったが、炭素 14 ウィグルマッチ法と年輪年代法とを相互補完的に用いることで、年輪数の少ない試料で信頼性の高い年代が得られたことは大きな収穫であったといえる。

謝辞：本研究は、関家住宅で関恒三郎氏および財団法人文化財建造物保存技術協会井上祐司氏、宇治市街遺跡で宇治市教育委員会から資料の提供を受けた。また、新免歳靖・南部逸枝の両氏には宇治市街遺跡の AMS 測定試料調製で、測定でパレオラボ（株）の御協力を得た。本研究の一部（宇治市街遺跡）で日本学術振興会・学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア」（西本豊弘代表）の援助を受けた。記して感謝する。

参考文献：1) 光谷拓実『年輪年代法と文化財』日本の美術 6 (No. 421) (2001)、2) 今村峯雄「考古学における 14C 年代測定 高精度化と信頼性に関する諸問題」『考古学と化学をむすぶ』東京大学出版会 (2000) pp. 55-82、など



¹⁴C年代測定によるカンボジア、プラサート・スープラ遺跡テラスの変遷課程と実年代

○中松万由美、コウ・ベット（早稲田大学大学院理工学研究科）
 佐々木由香（株式会社パレオ・ラボ）、中川武（早稲田大学理工学術院）
 山本信夫（金沢大学埋蔵文化財調査センター）、小川英文（東京外国語大学）

keywords: アンコール、遺構の構築・変遷年代、¹⁴C年代測定、中国陶磁

1. はじめに

本研究は、カンボジアのアンコール地域にあるプラサート・スープラ遺跡（以下 PSP=Prasat Suor Prat）テラスの変遷過程とその実年代を考古学的な手法に加え、AMS法による放射性炭素年代測定を用いて明らかにするものである。

PSP遺跡はアンコール・トム内の王宮前広場に展開する12基の塔とテラスからなる複合建築群である。PSPでは1995年から2004年まで日本国政府アンコール遺跡救済チーム（以下 JSA、団長：中川武）により発掘調査が行われ、この成果によりテラスは遺構の切り合い関係と層序の解釈から第1期から第4期まで4段階にわたる増改築を経て現状に至ったと推定された（図1）。

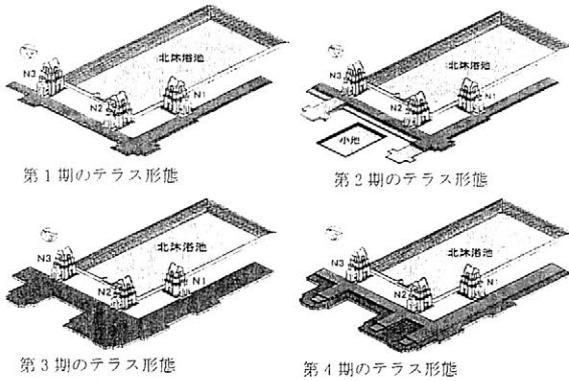


図1 PSPテラス形態の変遷過程（3D模式復原図）

PSP塔の構築年代については諸説あり、建築様式・美術様式の研究からフランス人建築史学者グレイズはジャヴァルマン7世期（1181~1220AD）の造営とし（Glaize, 1997）、フランス人碑文学者ジャックはその後継者であるインドラヴァルマン2世期（1220~1243AD）の造営としており（Jacques, 1997）、既往研究では、PSPは塔の構築年代から12世紀後半~13世紀前半のバイヨン期に構築されたとする説が一般的であった。また、未だ4期にわたるテラスの変遷段階の各時期については不明である。その大きな要因としては、遺構から出土する在地系土器の編年が確立されていないことが挙げられる。従ってここではPSP北群のN1~N2~N3塔を結ぶテラス周辺を調

査地区として、層序と遺構、遺構出土の年代観がある程度確立している中国陶磁の解析に加え、今回炭化物の年代測定を行い、それらの成果を総合的に解釈して、テラスの構築時期と各段階のテラス形状及び実年代を検討する。

2. 試料と方法

PSPテラスの各層位・遺構から出土した①貿易陶磁を整理し、時期の比定を行った。次に②遺構出土の層位が明らかな炭化物を抽出して、AMS法による放射性炭素年代測定を実施した。

②は、炭化物4点について行った。いずれの試料も、試料調整を行った後、(株)パレオ・ラボ、コンパクトAMS: NEC製、1.5SDHを用いて測定した。得られた¹⁴C濃度について加速器で同位体分別効果の補正を行った後、¹⁴C年代を算出し、暦年代較正を較正曲線INTCAL04、暦年較正プログラムOxcal3.10を用いて行った。4点の測定試料のデータ及び処理の詳細に関しては、以下の通りである（表1）。

第1期の試料としてテラスの地山直上の砂地業層に含まれる炭化材No.1（PLD-4598）、第2期の試料として第1期の砂地業層に掘りこまれた第2期テラスの砂地業層の地山直上層にあった炭化材No.3（PLD-4597）を抽出した。また、出土層位と遺構の切り合い関係から第3期よりも後、第4期よりも前に堆積した盛土層から出土した炭化材No.4（PLD-5407）を抽出した。また、JSA考古班によって第1期テラスは、遺構の切り合いから塔の造営前、第2期以降のテラスは塔の造営後に造られたと考えられた（清水、2001）。そのため、N1塔基壇の地業層内から出土した炭化物No.2（PLD-5408）を第1期テラス構築後から第2期テラス造営前頃の試料と推定し、抽出した（図2：試料1,3~4）。

3. 結果

試料No.1（第1期）の暦年代（PLD-4598）は、1σ（68.2%の確率）でcalAD1080-1160（50.4%）、2σ（95.4%の確率）でcalAD1020-1160（95.4%）で、試料No.3（第2期）の暦年代（PLD-4597）は同様に1σでcalAD1170-1220（68.2%）、2σでcalAD1160-1255（95.4%）であった。つまり、第1期テラスから出土した炭化物の年代は、11

表1 測定試料及び処理¹⁾

試料No.	試料検出地点	変遷過程	試料データ	前処理	測定番号
1	アンコール・トム内グリッド：N2E2a3 位置：N2塔前方、1トレンチ、砂地業層 層位：地山直上（砂層）	第1期	試料の種類：炭化物 状態：dry カビ：無	超音波煮沸洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄 （塩酸1.2N、水酸化ナトリウム1N、塩酸1.2N）	PLD-4598
2	位置：N1塔、基礎、地業層 層位：ラテライトの床面敷石の下、 深さ215-265cm地点の砂層	第1期後～第2期	試料の種類：炭化物 状態：dry カビ：無	超音波煮沸洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄 （塩酸1.2N、水酸化ナトリウム0.1N、塩酸1.2N）	PLD-5408
3	アンコール・トム内グリッド：N2E2a4 位置：N2塔前方、1トレンチ、砂地業層 層位：地山直上（砂層）	第2期	試料の種類：炭化物 状態：dry カビ：無	超音波煮沸洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄 （塩酸1.2N、水酸化ナトリウム0.1N、塩酸1.2N）	PLD-4597
4	アンコール・トム内グリッド：N2E3a1 位置：PSP-N2塔前方、1トレンチ、テラス盛土最下層 層位：III d（JSA報告書では、a1-6層）	第3期後～第4期前	試料の種類：炭化物 状態：dry カビ：無	超音波煮沸洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄 （塩酸1.2N、水酸化ナトリウム1N、塩酸1.2N）	PLD-5407

世紀後半～12世紀中頃となり、第2期のテラスから出土した炭化物の年代は、12世紀後半～13世紀前半となったため、第1期と第2期の試料の年代値は、100年程度離れた。試料 No.4 の暦年代 (PLD-5407) は、1σ で calAD1080-1160 (43.1%)、2σ で calAD1020-1160 (95.4%) であった。従って、第3期よりも後、第4期のテラスが構築される前の年代は、11世紀後半～12世紀前半という結果が得られた。また試料 No.1 の暦年代は、1σ で calAD990-1025 (68.2%)、2σ で calAD980-1040 (95.4%) であった。N1 塔基壇の砂地業層中の炭化物の年代は、10世紀後半～11世紀前半であった (表2)。

4. 中国陶磁の分類

遺構の編年を推定するため、各層位・遺構から出土した中国陶磁を解析した。

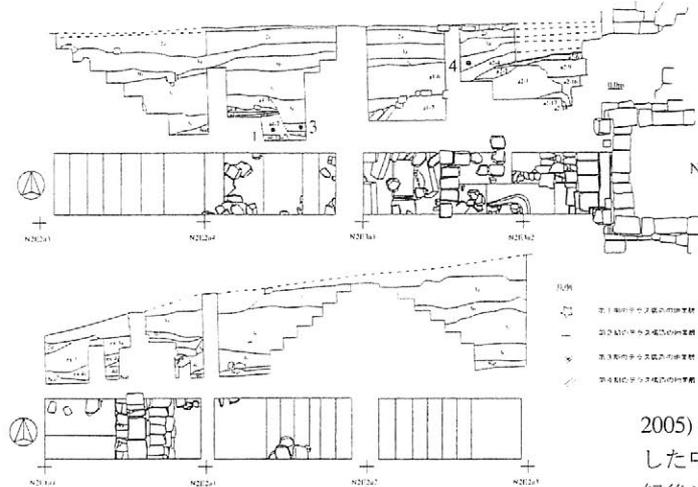


図2 試料抽出地点 (試料 No.1,3-4)

第1期の構築年代を示す遺物としては、N2 塔前室砂地業層から出土した龍泉・同安窯系青磁0類があり、これは11世紀後半～12世紀前半に位置づけられる。第2期テラスの構築に由来する時期が判別可能な中国陶磁片は出土していないため、不明である。第3期は、テラス擁壁の地業層から出土した龍泉窯系青磁碗II類の破片を13世紀初頭～13世紀後半と比定した。また第4期は、テラス表層に構築されたラテライト製のペーヴ下から出土した龍泉窯系青磁碗IV類があり、14世紀初頭～14世紀中頃と比定した。中国陶磁の分類に関しては、山本信夫による大宰府編年を採用した (山本、2000)。

5. 考察

中国陶磁の分類と炭化物の年代測定の結果を総合的に解釈すると、テラスの構築時期と変遷過程について次のような年代が推定される (表3)。

表2 放射性炭素年代測定及び暦年校正の結果

試料 No.	測定番号	δ ¹³ C (‰)	¹⁴ C 年代 (yrBP±1σ)	¹⁴ C 年代を暦年代に校正した年代範囲		暦年校正用年代 (yrBP±1σ)
				1σ 暦年代範囲	2σ 暦年代範囲	
1	PLD-4598	-26.52±0.12	950±25	1020AD(17.8%)1050AD 1080AD(50.4%)1160AD	1020AD(95.4%)1160AD	948±26
2	PLD-5408	-26.09±0.13	1020±20	990AD(68.2%)1025AD	980AD(95.4%)1040AD	1018±22
3	PLD-4597	-25.97±0.10	845±20	1170AD(68.2%)1220AD	1160AD(95.4%)1255AD	844±21
4	PLD-5407	-26.45±0.12	960±20	1020AD(25.1%)1050AD 1080AD(43.1%)1150AD	1020AD(95.4%)1160AD	960±22

註
1: 表内の遺跡データ (グリット、トレンチ名等) に関しては、日本国政府アンコール遺跡救済チーム年次報告書『アンコール遺跡調査報告書 1995-2005』及び『プラサート・スープラ塔修復工事報告書、2005、JSA』を参照のこと。

表3 PSPのテラス変遷年代と編年資料

変遷過程	資料	時期
第1期	龍泉・同安窯系青磁片0類	11世紀後半～12世紀前半
	炭化物 (試料No.1)	11世紀前半～12世紀前半
第1期～第2期	炭化物 (試料No.2)	10世紀後半～11世紀前半
第2期	炭化物 (試料No.3)	12世紀後半～13世紀前半
第3期	龍泉窯系青磁碗II類 白磁合子、青白磁合子	13世紀後半～14世紀初頭
第3期～第4期	炭化物 (試料No.4)	11世紀前半～12世紀後半
第4期	龍泉窯系青磁碗IV類 白磁合子、青花碗	14世紀頃～16世紀後

第1期: 11世紀後半～12世紀前半 (中国陶磁の年代≠¹⁴C測定結果の年代)

第2期: 12世紀後半～13世紀前半 (¹⁴C測定結果の年代)

第3期: 13世紀後半～14世紀初頭 (中国陶磁の年代)

第4期: 14世紀頃～16世紀後半 (中国陶磁の年代)

第2期の試料 No.3 の測定結果から、第2期のテラス造営が12世紀後半～13世紀前半の年代値が得られたため、第1-2期の試料 No.2 の測定結果に対して少なくとも1世紀以上の時間的なラグが生じた。また、第3-4期の試料 No.4 は、中国陶磁の年代よりも古い年代値を示した。試料 No.4 に関しては、クメール建築特有の砂による掘り込み地業層を構築する際に、古い時代の炭化物が混入してしまう可能性も十分に考えられ、今後も測定点数を増やすなどの検討を要する。従って現段階では、解析した中国陶磁の年代を第3期、第4期のテラスの年代とした。また、塔の造営年代は、JSA 岩石班の成果 (内田、2005) と同様、年代測定による年代値と基壇下から出土した中国陶磁の編年観から、従来説のバイオン期 (12世紀後半～13世紀前半) より100年程古い、アンコール・ワット期 (11世紀末～12世紀前半) に属す可能性が高い。従来のクメール建築は、主に碑文や美術様式により編年されてきたが、本研究は大規模な発掘と自然科学分析の総合的解釈から長期的な遺構の実年代を得た研究としてカンボジア国内では初の成果であるといえる。

なお本研究は、JSA、財団法人日本国際協力センター (JICE) による国際協力調査、及び平成17年度財団法人日本科学協会笹川科学研究助成金 (代表コウ・ベツト) による研究成果の一部である。

参考文献

- 中川武監修 1995-2004『アンコール遺跡調査報告書』日本国政府アンコール遺跡救済チーム (以下JSA)
- 中川武監修 2005『プラサート・スープラ塔修復工事報告書』JSA
- 内田悦生 2005『岩石学』『プラサート・スープラ塔修復工事報告書』pp. 121-126, JSA
- 清水菜穂 2001『2000年度の考古学調査』『アンコール遺跡調査報告書 2001』pp.98-99, JSA
- 山本信夫 2000『太宰府条坊跡 XV- 陶磁器分類編』大宰府市教育委員会
- Glaize, M. 1997 *A Guide to the Angkor Monuments*. Translation from the Fourth French Edition, p.122, EFEO, Paris
- Jacques, C. and M. Freeman. 1997 *Angkor Cities and Temples*, River Book, Bangkok

¹⁴C年代測定を用いた定点調査による文化変遷の解明

○大森貴之*、松村公仁**、中村俊夫*

*名古屋大学、**中近東文化センター附属日本アナトリア考古学研究所

1 はじめに

アナトリア（トルコ共和国の84%）では、今日までにトロイ、ゴルディオオン、アリシャル、タルススなど、いくつかの遺跡をもとに文化編年の構築が行われ、これらがアナトリア考古学における一つの指標として扱われてきた。しかし、近年の研究によりこれらの編年に矛盾が指摘され、大幅な修正が必要とされている。

トルコ共和国カマン・カレホユックでは、中央アナトリアにおける高精度な文化編年構築のため、発掘調査が20年間継続的に行われている。本遺跡は、多くの文化層が相互に堆積して形成した多層遺跡であり、大別してオスマントルコ時代（第I層）から、鉄器時代（第II層）、中期後期青銅器時代（第III層）、前期青銅器時代（第IV層）までに至る4つの文化層が確認されている。各文化層を詳細に調査することで、アナトリアにおける文化変遷についての様々な研究が、これまでに報告されている。

本遺跡を対象とした年代測定に関する研究についても、いくつか報告がなされている。しかしながら、いずれの研究結果も検出された文化層の層序分析を行うに至っていない。本研究では、各層の数値年代を¹⁴C年代測定により明らかにし、今日までに中央アナトリアにおいて構築された相対編年に対して数値年代を導入するものである。

また、人骨からは、数値年代を軸とした $\delta^{13}\text{C}$ 、および、 $\delta^{15}\text{N}$ による食性解析を行うことで、人類学的な観点から文化変遷を明らかにする。

本研究を通して、中央アナトリアにおける標準としての文化編年構築をめざす。

2 測定試料

本研究では、炭化物（木炭、穀物）、人骨、および、獣骨を測定試料とし、2004-2005年度カマン・カレホユック発掘調査にて自ら試料採取を行った。試料は、各文化層の特徴的な遺構に属し、攪乱の可能性が極めて低い、明確な出土状況を有するもののみが選定された。採集した試料は、木炭5点、炭化穀物41点、人骨114点、および獣骨3点の計163点である。測定は、この中からさらに、試料の状態が良いものを選定して行った。これまでに測定した試料の詳細を表1に示した。

3 試料調製と測定

炭化物は、酸（1.2M塩酸）、および、アルカリ（1.2-0.1M水酸化ナトリウム水溶液）を用いた酸・アルカリ・酸処理を行い、二次汚染を除去した。また、骨試料は、セルロースチューブを用いたコラーゲン抽出を行い、ゼラチンコラーゲンを得た。

それぞれの試料は、ガラス管に封じて燃焼した後、真空ガラスライン中で精製し、 $\delta^{13}\text{C}$ 、あるいは、 $\delta^{15}\text{N}$ 測定用試料を用意した。¹⁴C年代測定用は、精製されたCO₂を鉄触媒で水素還元でグラファイトを生成した。

名古屋大学年代測定総合研究センターにて、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 測定は、Finnigan MAT-252、¹⁴C年代測定は、タンデトロン2号機により行った。

4 結果と考察

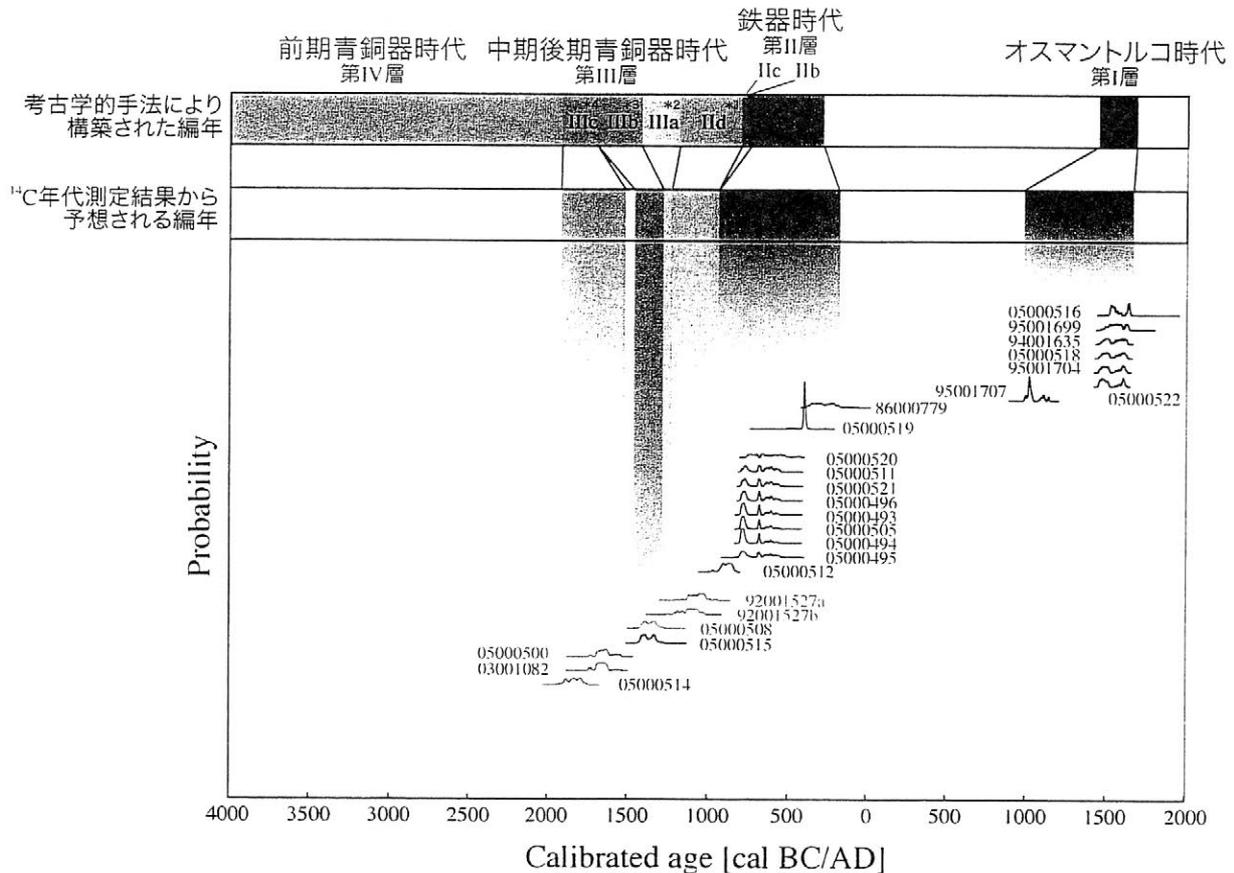
得られた数値年代を考古学的な手法により構築された編年と比較し図1に示した。¹⁴C年代測定結果から予想される編年は、各試料が、それぞれの出土層位に属するとし、各文化層ごとに得られた年代幅を包括する範囲を示したものである。較正年代は、測定誤差2σにより較正し出力した。

各層位の年代は、相対的に整合性のよい結果が得られており、およそ個々の年代も、考古学的手法により構築された各文化層の年代範囲内を示している。ただし、オスマントルコ時代は400年程度、鉄器時代も200年程度古い年代値が得られた。

本報告では、人骨の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ も考慮し、得られた年代から本遺跡における文化変遷を論じ、一つの遺跡を詳細に調査することで得られる情報について言及したい。

表1 測定試料詳細 (一部)

試料名	区域	発掘区	グリッド	仮層	遺構情報	層位	試料
94001635	South	XXVII	XLVI-52(65)	-	P1156	I	Human Bones
95001699	South	XXX	XLVIII-51(78)	2	-	I	Human Bones
95001704	South	XXVIII	XLVIII-52(69)	1	-	I	Human Bones
95001707	South	XXVIII	XLIX-53(72)	-	Grave No.23	I	Human Bones
05000516	South	LVI-LVI	-	6	Hearth No.137	I	Charred grains
05000517	South	LVI-LVI	-	7	Hearth No.138	I	Charred grains
05000518	South	LIX-LIX	-	6	Hearth No.139	I	Charred grains
05000522	South	LVI	LIII-49(88)	7B	Hearth No.62	I	Charred grains
86000779	North	V	XXXVII-54(K)	21-22	Pit	IIa	Human Bones
05000493	North	XVI	XXXV-53(12)	35	Hearth No.256	IIa	Charred grains
05000494	North	XVI	XXXV-53(11)	46	Hearth No.260	IIa	Charred grains
05000495	North	XIV	XXXIII-52(1)	29	Hearth No.271	IIa	Charred grains
05000496	North	XVI	XXXV-53(12)	35	Hearth No.256	IIa	Charred grains
05000505	North	XV	XXXVI-52(5)	9	Pit No.1671	IIa	Charred grains
05000511	North	XXXI	XLIV-50(81)	39	Pit No.2860	IIa	Charred grains
05000512	North	XXIX	XLVII-50(75)	13	Hearth No.154	IIa	Charred grains
05000519	North	XXV	LX-53(V)	12	Pit No.607	IIa	Charred grains
05000520	South	LV	LX-51(82)	1	Pit No.564	IIa	Charred grains
05000521	South	XXV	LX-52(V)	11A	Pit No.543	IIa	Charred grains
92001527a	North	VII	XXXIII-55(T)	13a	Burnt floor	III	charcoal
92001527b	North	VII	XXXIII-55(T)	13a	Burnt floor	III	charcoal
05000508	South	LV	LX-50(81)	-	Hearth No.590	IIIa	Charred grains
05000515	South	L	LII-55(64)	-	Pit No.715	IIIb	Charred grains
03001082	North	VIII	XXX-55(WW)	21	Burnt Floor	IIIc	charcoal
05000500	North	VIII	XXXI-55(WW)	19	Burnt Floor	IIIc	Charred grains
05000514	North	VIII	XXXI-55(YY)	85	Pit No.2860	IIIc	Charred grains



*1 暗黒時代、*2 ヒッタイト帝国時代、*3 古ヒッタイト王国時代、*4 アッシリア商人居留地時代

図1 考古学的手法により構築された編年と¹⁴C年代測定結果に基づく較正年代から予想される編年

旧石器遺跡形成史解明のためのルミネッセンス法による鍵層テフラ年代測定の必要性

○ 下岡順直（日本学術振興会特別研究員 PD）、長友恒人（奈良教育大）、
西村誠治、小畑直也（奈教大・院）

1. はじめに

旧石器時代の遺跡研究では、石器集中部、礫群、炭化物集中部といった遺物の分布状況の研究が基本であった（野口、2005）。広域テフラを時空指標としたテフロクロロジーによる遺跡間層序の対比やジオアーケオロジーの導入は、遺跡構造論的研究を遺跡が立地する地形およびその土壌の形成過程の変遷や形成後の変遷をふまえた総合的な研究へと深化させつつある、と考えられる。我々は韓国臨津江・漢灘江流域における溶岩台地上の旧石器遺跡について、地形学を加味した予察を行い、新しい年代学的枠組みを提示する試みを行った。また、岩手県金取遺跡では、遺跡内の堆積物やテフラとこれらに関連する地層の年代測定結果を加味した遺跡の年代推定を行った。

我々は、1995年以来、光ルミネッセンス（OSL）年代測定法の基礎研究をもとに、日本各地の旧石器遺跡の堆積物に適用してきたが、その中で、（1）石器が包含される層のタフォノミーがきわめて複雑であること、（2）石器包含層の年代推定のためには、包含層を単一に測定するのではなく、その隣接する層も測定を行うことによって測定結果を相対的に評価すること、（3）当該地層の測定結果のみではなく、関連地層の年代などを考慮した総合的な判断が必要であること、などを認識するに至った。

特にテフラについては、遺跡内で検出されたテフラ層に加えて、給源に近い露頭の一次堆積のテフラ層を年代測定することで、最終的に遺跡内で堆積したテフラの堆積過程を推察すべきであると考えている。また、様々な手法による広域テフラの年代測定データを蓄積していく必要がある。現状では後期旧石器時代初頭の編年の指標となり、遺跡の形成過程を知る上で重要なテフラに関する年代測定例は少ない。このようなテフラの噴出年代と最終的に遺跡内で堆積した年代を押さえしていくことは、テフロクロロジーによる遺跡間の対比やジオアーケオロジーによる遺跡の地質編年を行っていく上で重要となりうるであろう。

2. 測定例

宮城県南部における旧石器遺跡編年研究に関連したテフラの、給源と遺跡における年代測定結果について報告する。宮城県南部の旧石器遺跡の概要は、宮城県村田町に位置する新川流域遺跡群における賀籠沢遺跡の発掘を契機としてまとめられた（大場、2004）。宮城県南部において発掘され、地層層序の状況が明らかになっている主要遺跡は6遺跡と必ずしも多いとは言えない。これらの遺跡の大部分は、名取川水系に位置しているが、この流域における地形学的考察は、豊島ら（2001）や幡谷ら（2005）によって行われてきている。宮城県南部における旧石器遺跡層序で鍵層になるテフラは、安達愛島テフラ（Ac-Md）と蔵王川崎スコリア（Za-Kw）である（Fig. 1）。今回は、Za-Kwについて山田上ノ台遺跡と宮城県川崎町荒羽賀露頭でサンプリングを行った試料を用いて、ルミネッセンス（TLおよびOSL）法を用いて年代測定を行った（Table）。また、賀籠沢遺跡において、Za-Kwについては層厚が薄かったため測定しなかったが、Za-Kwより上位の堆積物についてOSL年代測定を行った。

TL測定による山田上ノ台遺跡のZa-Kw（10層）の蓄積線量は $69.6 \pm 7.3 \text{ Gy}$ となり、IRSL測定による蓄積線量 $38.8 \pm 10.8 \text{ Gy}$ より誤差の範囲を超えて大きかった。年代値として見積もると $42.2 \pm 5.0 \text{ ka}$ となるが、これは下層にあたる15層のIRSL年代値 $35.2 \pm 5.0 \text{ ka}$ よりも古い年代である。一方、TL法で測定した荒羽賀露頭Za-Kwの年代は $27.6 \pm 15.8 \text{ ka}$ であり、山田上ノ台遺跡Za-KwのIRSL年代 $29.4 \pm 8.3 \text{ ka}$ とほぼ一致

Table 山田上ノ台遺跡地層と荒羽賀露頭川崎スコリアのルミネッセンス年代

試料	蓄積線量 (Gy)	総年間線量 (mGy/y)	ルミネッセンス年代 (ka)
7層	34.8 ± 4.4	2.44 ± 0.08	14.3 ± 1.9
10層（川崎スコリア）	38.8 ± 10.8	1.32 ± 0.04	29.4 ± 8.3
15層	97.9 ± 13.6	2.78 ± 0.08	35.2 ± 5.0
荒羽賀露頭川崎スコリア	30.9 ± 17.6	1.12 ± 0.04	27.6 ± 15.8

する結果を得ることができた。山田上ノ台遺跡の Za-Kw の TL 年代が見かけ上古い年代を示したのは、ブロックの形成時またはその後何らかの作用によって熱でゼロイングされていない微粒の鉱物が混入したことが原因であると考えられる。また、両地点における Za-Kw の TL グローカーブの形状が 300℃ 付近で異なることがわかる (Fig. 2)。よって、ブロック状の山田上ノ台遺跡 Za-Kw には、熱ではゼロイングが不完全であるが光ではゼロイングしている微粒の鉱物がスコリアの隙間を埋める状態で存在したと考えられる。このため、山田上ノ台遺跡 Za-Kw の TL 年代は見かけ上 IRSL 年代より古くなり、その IRSL 年代は給源に近い荒羽賀露頭の川崎スコリアの TL 年代と一致したと考えられる。Za-Kw は板垣ら (1981) により C-14 年代測定が実施されており、遠刈田付近の露頭において川崎スコリア下位亜角一亜円礫層上部の木片に 31500+2610/-1970 年 BP (TH-365)、仙台市街地の有機質黒色粘土層基底部 (段丘レキ層直上部) の木片に 26240 +1360/-1160 年 BP (TH-309) の C-14 年代が与えられているが、報告されている限りにおいては仙台市街地で Za-Kw は明瞭な層を成しては検出されていない。また、青葉山露頭において検出された Za-Kw は、AT の火山ガラスが検出された層と鳴子-柳沢火山灰 (Nr-Y) 層の間に挟まれた状態で存在している (古環境研究所、2001)。AT の年代はまだ確定的なものではなく、我々も AT の測定例を増やしているところであるが、おおむね 26-27ka と見積もっている。Nr-Y は、67.8±12.0ka という TL 年代が得られている。今回、得られた Za-Kw の数値年代は、こうしたテフラ層序とそのテフラの年代からみても整合性のある数値である。

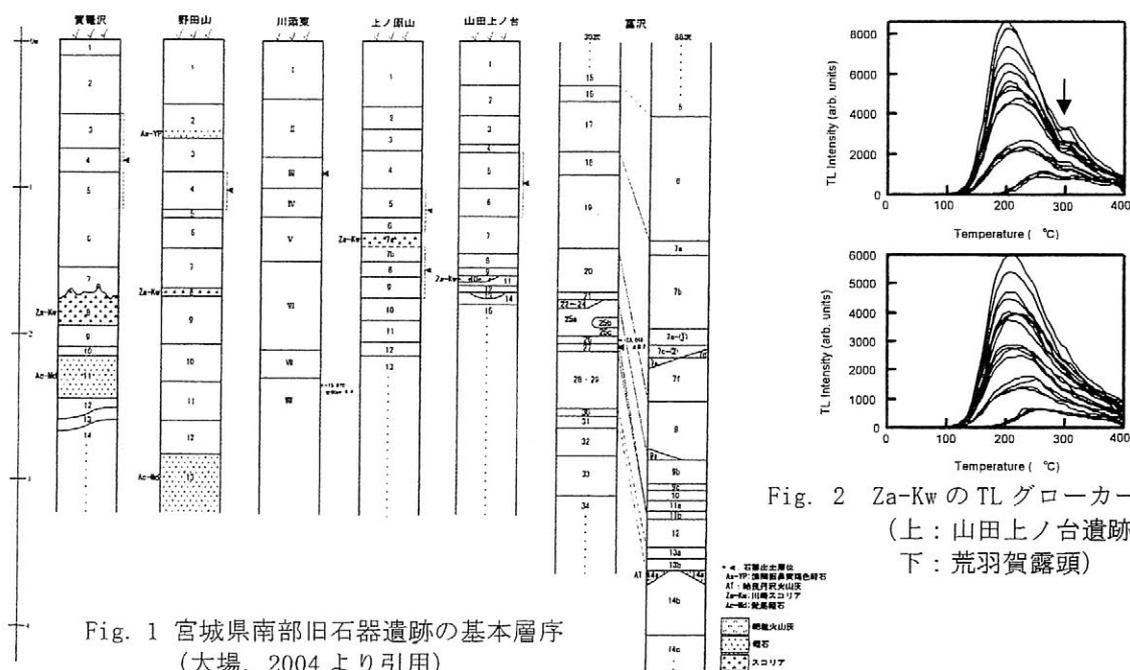


Fig. 1 宮城県南部旧石器遺跡の基本層序 (大場、2004 より引用)

Fig. 2 Za-Kw の TL グローカーブ (上: 山田上ノ台遺跡、下: 荒羽賀露頭)

賀籠沢遺跡の遺物包含層である3-5層と6層のOSL年代測定の結果は、約9-16kaとなり、8層のZa-Kwとの層序から見ても矛盾のない結果が得られた。宮城県南部における旧石器遺跡研究は、新川流域遺跡群を中心とした地域的な枠組みによる取り組みが行われはじめたところであり (佐川他、2005)、今後地質学、地形学や自然科学的的年代測定などのデータを蓄積しつつ、展開していくことが望まれる。

3. おわりに

今回は、宮城県南部における遺跡とその関連地層におけるルミネッセンス年代測定例を示したが、長野県南部や東中国山地において地域的な枠組みの中で同様の試みを展開し、宮城県南部においても継続的な測定を計画している。今後、こういった総合的な研究事例による旧石器遺跡形成史の復原の報告が増加することを期待したい。

参考文献 大場正善 2004 『宮城考古学』第6号 pp. 1-34

新潟県阿賀町現明嶽遺跡出土試料の RTL 年代測定

○伊庭 毅*、橋本 哲夫*,**

*新潟大学大学院自然科学研究科、**新潟大学理学部

1. はじめに

石英等の鉱物は電離放射線との相互作用の後、熱による刺激を与えると熱ルミネッセンス (thermoluminescence ; TL) と呼ばれる発光を示す。TL 強度は焼成後に試料が受けてきた放射線線量に比例することが知られており、この性質を利用して焼成考古遺物の年代測定に応用されている。焼成考古遺物は焼成時や暖房用のための火気の使用時にそれまで蓄積していたルミネッセンス源を消失する。それ以降、試料が受けてきた自然界中の放射線線量に対する TL 強度を測定し、X 線を用いて作成したルミネッセンスの線量応答曲線に内挿することで蓄積放射線線量を評価する。この値を一年間に試料が受ける天然放射線量 (年間線量) で除することで焼成時から現在までの経過年代を評価できる。我々の研究室では TL や光励起ルミネッセンス (OSL) 等の測定の中で赤色 TL (RTL) が年代測定に一番適していることを新潟県縄文時代の遺跡である奥三面遺跡より出土した土器片の TL 年代測定から見出してきた¹⁾。

新潟県阿賀町現明嶽遺跡はバイパス道路工事の事前調査により発掘された縄文時代の遺跡で、発掘跡からは土器片とともに炉跡より焼土や焼石が数多く出土しており、その付近では沼沢火山灰層 (約 5,000 年前) の堆積層も確認された。本研究では沼沢火山灰層上下で堆積した層から発掘された焼成考古遺物の RTL 年代値を測定し、火山灰層の堆積と調和した年代値を与えるかを調査したので報告する。

2. 実験方法

2-1. TL 測定

試料は新潟県阿賀町から出土した土器片 2 片、焼石 2 点、炉跡の焼土 2 点と沼沢火山灰層を用いた。土器片や焼石は試料採取時の光曝の影響を取り除くため表面層を数 mm 除去した。水洗、磁石による磁鉄成分の除去、酸アルカリ処理を行い、重液を用い、比重 2.63~2.67 の石英粒子成分を抽出した。 α 線の影響を除去するためにフッ化水素酸によるエッチングを行い、篩い分けにより 75~150 μm の粒径に整えたものを TL 測定用の試料とした。石英試料の発光特性を確認するために TL 写真撮影と TL 三次元スペクトル測定を行った。この結果、今回のすべての試料に含まれている石英粒子が RTL 特性を有していることを確認できたので RTL 測定に適した光電子増倍管とフィルターを決定した。RTL 測定は小型 X 線発生装置を搭載したルミネッセンス自動測定システムで行い、蓄積放射線線量評価は単分画再現 (SAR) 法を用いた。SAR 法は天然放射線由来のルミネッセンスを測定した後、X 線による既知線量の人工照射とルミネッセンス測定を繰り返すことで線量応答曲線を作成した。その線量応答曲線に天然放射線由来のルミネッセンス強度を内挿することで試料が焼成作用を受けてからの蓄積放射線量を評価した。

2-2. 年間線量測定

粉碎した試料及び周辺土壌約 30g を U-8 容器に入れ、Ge 半導体測定装置により 80,000 秒 γ 線スペクトル測定を行った。そして、ウラン系列・トリウム系列・ ^{40}K の含有量から β 線・ γ 線の寄与を求め、宇宙線の寄与 0.15mGy/year を加え年間線量を算出した²⁾。土器片は β 線の寄与を試料の値、 γ 線の寄与は周辺土の値を用いて年間線量を求めた。焼土・焼石・火山灰層は β 線・ γ 線ともに試料の値を用いて年間線量を求めた。

3. 結果・考察

年代測定結果を表に示す。沼沢火山灰層(約 5,000 年前)より上から出土した土器片 A、火山灰層より下から出土した土器片 B は火山灰の層順に従った年代を示した。土器片 B は紋様から大木 6 式と考えられその形式年代に合う RTL 年代値を与えたが、紋様から加曾利 B2 式と考えられる土器片 A は土器の形式年代より若い年代となった。この RTL 年代値は測定試料数や分画数を増やすことでより良い値に近づくと考えられる。一方、焼石と焼土の RTL 年代値は 3 号炉焼土以外で予想される沼沢火山灰層の上部の年代幅に収まる結果が得られた。3 号炉焼土の年代値が古く出たのはおそらく焼けていない上層部の土が土崩れ等で混入したために蓄積放射線線量を過大に評価したためであろうと考えた。以上の結果から、火山灰層の上下から出土した試料の RTL 年代値は火山灰を指標とした予想年代に調和した年代値を与えることが確認された。現在はより高精度な TL 測定へ向けて RTL 測定においてバックグラウンドとなる黒体放射の影響を低減するため、低い昇温速度で TL 測定を行うことによる年代測定の有効性を検討している。

表 現明嶽遺跡より出土した試料の RTL 年代測定結果

試料	RTL蓄積放射線線量 (Gy)	年間線量 (mGy / year)	算出経過年代 ($\times 10^3$ year)	予想経過年代 ($\times 10^3$ year)
焼石A	14.3 \pm 1.3	3.81 \pm 0.06	3.8 \pm 0.4	3.5
焼石C	13.8 \pm 1.6	3.82 \pm 0.05	3.6 \pm 0.4	3.5
3号炉焼土	10.9 \pm 0.9	1.96 \pm 0.03	5.6 \pm 0.5	3.5
23号炉焼土	9.0 \pm 1.2	2.42 \pm 0.04	3.7 \pm 0.4	3.5
土器片A	4.2 \pm 0.6	1.44 \pm 0.03	2.9 \pm 0.4	3.5
沼沢火山灰層	7.1 \pm 0.5	1.52 \pm 0.03	4.7 \pm 0.4	5.0
土器片B	6.6 \pm 0.5	1.31 \pm 0.04	5.1 \pm 0.4	5.0

参考文献

- 1) Hashimoto, T. et al., 2005. *Geochem.J.*, **39**, 201-212
- 2) Adamiec, G. and Aitken M., 1998. *Ancient TL*, **16** (2), 37-50

平城京跡から発掘された瓦片試料の 赤色熱ルミネッセンス (RTL) 年代測定

○橋本 哲夫・玉城 美津穂

新潟大学理学部

1. はじめに

絶縁性白色鉱物である石英や長石中で、自然放射線の電離作用で生成し準安定状態で蓄積する捕捉電子を加熱により励起することで、元の正孔と再結合することで発光現象を示す。これは熱ルミネッセンス (thermoluminescence; TL) と呼ばれ、TL 強度は焼成によるゼロセット後に受けた蓄積放射線線量に比例することが知られている。蓄積放射線線量を天然放射線由来の年間線量で除することにより、焼成考古遺物の年代を見積もることが出来る。年間線量は試料や周辺土壌の U, Th 系列および ^{40}K 濃度から求められる。これら天然放射性核種の濃度は地質状態に依存しており、従って地域依存性を示す。

我々の研究室では、ルミネッセンス特性の地域依存性による考古遺物の産地推定や縄文土器片 (3000~6000 年) から抽出した石英粒子へ赤色熱ルミネッセンス (RTL) 年代測定を適用し、BTL・OSL・IRSL 等よりも信頼性が高い結果を与えることを確認できた¹⁾。本実験では、より若い焼成考古遺物試料である平城京跡で発掘された寺院の瓦について RTL 年代測定を行った。また、同試料から抽出した長石粒子に対して、最も有効とされている遠赤色熱ルミネッセンス (far-RTL) による年代測定も試みた。

2. 実験

2.1. 年間線量測定

試料は西隆寺 (奈良県、推定建立年代 771 年) 跡付近の土溝中より発掘された屋根瓦片を用いた。瓦片粉碎物と周辺土壌試料を一定検出効率で、Ge 半導体検出器による γ 線スペクトル測定を行い、U 系列、Th 系列、 ^{40}K を定量した。これらの値から、各瓦片中の石英粒子の年間線量を見積もった。

2.2. TL 測定

試料抽出は光によるブリーチングの影響を避けるため、赤色微弱光下で処理を行った。瓦片の表面部分を除去し、中心部分のみを使用した。試料を粉碎後、水洗・風乾し、磁性成分を除去した。続いて 6M NaOH 処理、6M HCl 処理を行い、重液により石英粒子 (比重 2.63~2.67)、正長石粒子 (2.53~2.58)、曹長石粒子 (2.58~2.63)、灰長石粒子 (2.67~2.78) に分離した。その後、抽出石英分画は 48% HF 処理を、長石分画に対しては 10% HF 処理を行い、乾燥後篩い分けにより 75~150 μm 径の粒子分画を測定に用いた。

次いで、石英、長石各分画からの TL 発光波長を確認するため、微弱光オンライン分光システム (IPDA) により TL 波長分光測定を行った。得られた発光波長から TL 測定に適した光電子増倍管、光学フィルターの組み合わせ測定条件を整えた。

TL 測定は我々の研究室で開発した小型 X 線発生装置を搭載したルミネッセンス自動測定システムを用い、石英分画は赤色領域 (580~650 nm)、一方長石分画は異常 fading が無いと考えられている遠赤色領域 (680~750 nm) の発光を観測した。プレヒート後、測定条件を昇温速度 1 $^{\circ}\text{C}$ / 秒、測定温度範囲 50~450 $^{\circ}\text{C}$ とし、TL グローブを得た。ピーク領域の温度範囲のルミネッセンス強度を積算した。同一分画に対して X 線による人工照射と

TL 測定を繰り返し行う単分画再現 (SAR) 法を主に適用し、幾つかの分画には既知の放射線線量を分画毎に付加する多分画付加線量(MAAD)法を適用して天然蓄積放射線線量を見積もった。この値を年間線量で除することにより年代値を求めた。

3. 結果と考察

Table 1 に試料中の U, Th および ^{40}K 濃度を示す。瓦片中の U, Th、 ^{40}K 濃度から 2 群に分別できる傾向が見られ、含有放射性核種濃度から瓦の生産地推定の可能性が示唆された。Table 2 に TL 測定により見積もられた蓄積放射線線量と年代値を示す。石英について、放射性核種濃度が似た値を示した 2 試料からは、SAR 法によりほぼ同じ蓄積放射線線量が得られ、予想経過年に近い年代値が得られた。このことから 1300 年程度の若い試料に対して石英分画への SAR 法適用による RTL 年代測定が有効であることを確認できた。

瓦片 1, 2 と異なる放射性核種濃度を示した試料瓦片 3 からの抽出石英分画は SAR 法が適用出来なかった。この石英分画からのグローカーブは Fig. 1 に示したように線質依存性を示した。そこで、多分画を用い付加する人工放射線線量を変化させて TL 測定する多分画法付加線量法を適用した。その結果、Table 2 に示すように他の瓦片試料とほぼ同じ年代値が見積もられる傾向へ変化していた。この様な放射線線質への異なった依存性は、石英分画の性質を反映していると考えられる。このことから、これらの瓦の生産地は 2 箇所以上に及んでいることが確認できた。

長石分画からの far-RTL は、曹長石、灰長石分画からは天然のルミネッセンス発光を確認できなかった。一方、正長石分画でも発光強度は微弱であり、一応蓄積放射線線量を見積もったが、ルミネッセンス年代に関しては石英分画からの RTL 測定より若い年代値が評価された。これは長石分画が石英分画よりも fading 効果の影響を受け易いためと考えられる²⁾。従って、本実験からも長石分画からは正確な年代評価が困難であることを再確認できた。

1) Hashimoto, et al., *Geochem. J.*, **39**, 201-212 (2003). 2) Hashimoto, et al., *Radiat. Meas.*, in press.

Table 1 各試料中の放射性核種濃度と年間線量

	U / ppm	Th / ppm	^{40}K / ppm	年間線量/mGy year ⁻¹
西隆寺瓦1	3.7 ± 0.1	14.7 ± 0.2	4.8 ± 0.08	3.1 ± 0.12
西隆寺瓦2	3.3 ± 0.1	15.7 ± 0.2	4.7 ± 0.08	3.0 ± 0.11
西隆寺瓦3	2.0 ± 0.1	11.6 ± 0.2	4.8 ± 0.09	2.8 ± 0.12

Table 2 TL 測定により見積もられた蓄積線量と経過年代

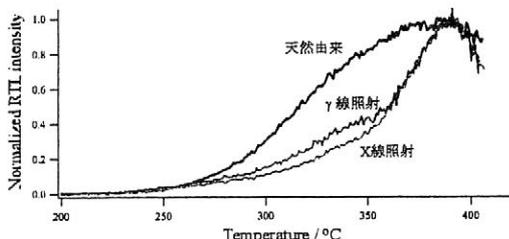


Fig.1 天然被曝、人工照射のグローカーブの挙動の違い

	蓄積線量 / Gy	年間線量/mGy year ⁻¹	経過年数 / year
石英			
西隆寺瓦1	4.1 ± 0.6	3.1 ± 0.12	1340 ± 210
西隆寺瓦2	3.6 ± 0.3	3.0 ± 0.11	1200 ± 100
西隆寺瓦3*	3.0	2.8 ± 0.12	1070
正長石			
西隆寺瓦1	5.5 ± 0.4	5.4 ± 0.31	1020 ± 80
西隆寺瓦2	4.7 ± 0.2	5.3 ± 0.28	880 ± 70

*多分画法により求めた

奈良市大安寺西塔関連試料の年代測定

○西村誠治、長友恒人（奈良教育大学）、奈良市教育委員会

1. はじめに

奈良市大安寺西塔関連試料についてルミネッセンス法により年代測定を行った。大安寺西塔は、奈良時代末から平安時代にかけて造営され、その後天暦 3 年（西暦 949 年）に雷火によって焼失したと考えられていた。しかしながら、平成 15 年度の保存事業に伴う発掘調査により、火災の痕跡の下から、瓦を敷きつめ整地をした層が検出された。この整地層の瓦が「塔の損壊」に伴う瓦であるとすれば、塔は火災による崩落以前に、なんらかの原因で損壊していたことになる。今回は、状況の異なる試料の測定結果を参照しつつ、西塔の火災の年代を正確に測定することを主目的とした。

2. 試料

図 1 にサンプリング地点の土層断面図を示す。年代測定試料は、火災の痕跡のある層（以下、被火災層）と、そこから出土し、火災によって赤色化したと推定される瓦（以下、被火災瓦）3 点、同層の赤色化していない瓦（以下、対照試料瓦）3 点、さらに火災の痕跡より下層の人為的に整地した層（以下、整地層）と、そこから出土した瓦（以下、整地層瓦）3 点を試料とした。これらの試料処理および測定は石英粗粒子（以下 CG）による熱ルミネッセンス年代測定法（以下 TL 法）と多鉱物微粒子（以下 FG）による赤外光ルミネッセンス年代測定法（以下 IRSL 法）に従って行い、瓦については、TL 法を、被火災層に関しては TL 法と IRSL 法を用い、整地層については IRSL 法のみを用いた。試料ごとの推定する年代と方法を以下にまとめる。

①西塔が火災にあった年代（被火災瓦：TL 法、被火災層：TL 法および IRSL 法）

②対照試料瓦が焼成された年代（対照試料瓦：TL 法）

③整地層から出土した瓦が焼成された年代（整地層瓦：TL 法）

④整地層が整地された年代（整地層：IRSL 法）

それぞれの測定について、検出波長を変え、複数回測定を行うことで結果の正確度を高めることを目指した。

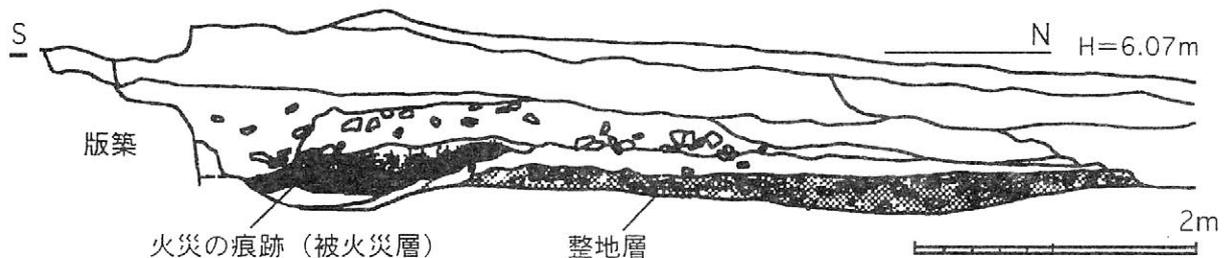


図 1. 大安寺西塔基壇外周堆積土断面図（現地説明会資料より抜粋）

3. 結果と考察

図 2、3 に対照試料瓦の TL 測定結果を、表 1 に TL 年代測定結果を、さらに、表 2 に年代測定結果のまとめを示す。整地層の IRSL 年代測定結果は、過去における試料への露光（ゼロイング）が不完全であったため年代を評価できなかった。表 2 は測定結果をそれぞれ若い順に並べたもので、各試料の平均値±1σを超える年代値を棄却し平均値を求めた。また最終的に求めた誤差は、加重平均を用

いず単純な誤差伝播式に従って求めたものである。ここで、被火災層は、開放系の試料であるため、測定誤差が大きくなっている。そのため、西塔の火災の年代は被火災瓦の年代を採用すべきであろう。

以上より2で示した年代、①～④は以下のように求められた。

- ①西塔が火災にあった年代は、西暦950±50年である。
- ②対照試料瓦が焼成された年代は、西暦840±40年ごろである。
- ③整地層瓦が焼成された年代は、西暦750±70年ごろである。
- ④整地層が整地された年代は、西暦750±70年ごろ以降から西塔火災までの間である。

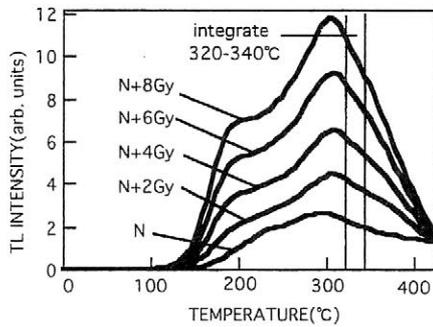


図2. 対照試料瓦の等価線量測定結果

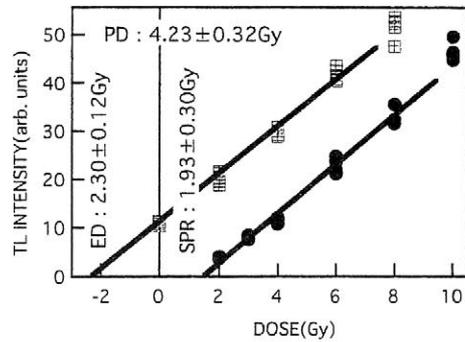


図3. 対照試料瓦の蓄積線量測定結果

表1. TL年代測定結果

試料名	$\beta + \gamma$	条件1: TL		条件2: TL	
	CG-年間線量 (mGy/y)	CG-蓄積線量-01 (Gy)	CG-蓄積線量-02 (Gy)	CG-西暦年-01 (年)	CG-西暦年-02 (年)
被火災瓦①	3.51 ± 0.09	3.72 ± 0.23	3.73 ± 0.29	940 ± 70	940 ± 90
被火災瓦②	3.72 ± 0.11	3.89 ± 0.51	3.86 ± 0.50	950 ± 140	960 ± 140
被火災瓦③	3.64 ± 0.09	3.76 ± 0.33	3.61 ± 0.36	970 ± 90	1010 ± 100
被火災層	3.32 ± 0.13	3.66 ± 0.60	3.76 ± 0.42	900 ± 190	870 ± 130
対照試料瓦①	3.68 ± 0.10	4.23 ± 0.32	4.11 ± 0.31	850 ± 90	880 ± 90
対照試料瓦②	3.47 ± 0.10	4.15 ± 0.33	3.50 ± 0.61	800 ± 100	990 ± 180
対照試料瓦③	3.55 ± 0.09	4.26 ± 0.28	3.96 ± 0.41	800 ± 80	880 ± 120
整地層瓦①	3.47 ± 0.08	4.81 ± 0.27		610 ± 80	
整地層瓦②	3.58 ± 0.07	4.57 ± 0.25	4.63 ± 0.60	720 ± 80	710 ± 170
整地層瓦③	3.70 ± 0.07	4.48 ± 0.63	4.49 ± 0.38	790 ± 170	790 ± 110

(年間線量はすべて直接測定)

表2. 年代測定結果まとめ

	被火災瓦 (西暦年)	被火災層 (西暦年)	対照試料瓦 (西暦年)	整地層瓦 (西暦年)
	1010 ± 100	1080 ± 190	990 ± 180	790 ± 170
	970 ± 90	900 ± 190	880 ± 90	790 ± 110
	960 ± 140	870 ± 130	880 ± 120	720 ± 80
	950 ± 140		850 ± 90	710 ± 170
	940 ± 70		800 ± 100	610 ± 80
	940 ± 90		800 ± 80	
平均	950 ± 50	950 ± 100	840 ± 40	750 ± 70

黒曜岩中の元素の挙動
 —産地推定のための指標選択—

○国武貞克・大屋道則・田村隆・島立桂・横山一己・望月明彦・平尾良光

1. はじめに

考古遺物の産地推定において、黒曜岩製石器の産地推定は最も頻繁に行われ、かなりの精度で産地を推定することが可能となっている。なかでも蛍光X線分析法による産地推定は、装置の普及により分析事例が増加しており、今後もその傾向は続くものと考えられる。しかしながらその一方で、黒曜岩に含まれる各元素の挙動や元素組成に関する測定データの信頼性についての問題は、分析者間で議論される機会が少なかったといえる。蛍光X線分析法により黒曜岩の産地推定が成立するための基礎的な条件についても同様である。この理由としては、ある程度の誤差を含む測定値から産出した元素組成を用いたとしても、産地を一応推定することが可能であるという黒曜岩特有の性質が挙げられる。たしかに、大雑把な産地名を得るという目的に限定するならば、現状で行われているように基礎的な諸課題を棚上げしたままの測定および分析でも不足はないと言う立場もあり得る。しかし現状で既に数万点以上も累積されている黒曜岩製石器の産地推定結果を相互に比較し検証するという科学の基本に関する問題や、産地内の細別という先史考古学上、今後必ず問題となる課題を視野に入れるならば、現時点で基礎的課題を検討することが不可欠である。

蛍光X線分析法では、測定に際して様々な光学的条件と試料の表面状態を適切に整備しなくては正確な元素組成は得られない。遺物のように形状変更が不可能な試料は最適条件とはほど遠い条件下での測定となるため、正確な元素組成を得ることは難しい。更に、最適な条件を満たしていない状況でFP法により得られた値は必ずしも正確とは言えないために、試料の元素組成として用いるには問題が多い。

また研究者によって産地推定の指標に用いる元素に違いがあるが、それではなぜそれぞれが固有の元素を選択したのかという地球化学的根拠が明示されたことは、これまでほとんどなかった。本研究では、各元素の挙動についてハーカー図により検討した。

ここでの検討は、埼玉県埋蔵文化財調査事業団の保存処理室に設置されている波長分散型蛍光X線分析装置を利用し、栃木県高原山各地で採取した黒曜岩原石の測定値を主として用いて行った。JA-2を標準試料としてターゲット上に設置したセット毎に1回、冒頭でこれを計測し、このJA-2から得たネット強度を基にしてYとZrに対して重なり補正を行い、JA-2の元素組成に関する推奨値、及びICPの分析値による補正を行った後に指定元素で規格化して各元素の濃度を得た。測定元素は、Na、Mg、Al、Si、P、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Rb、Sr、Y、Zr、Baの15種であり、計測は真空雰囲気中で行った。

2. 分析値の検討

分析値は酸化物濃度に換算し、横軸にSiO₂をとり、縦軸に各元素の酸化物をとるいわゆるハーカー図として検討した。元素毎の測定値の特徴は次のとおりである。

SiとAlは軽元素であり、蛍光X線分析法では定量が必ずしも容易ではないが、他の元素と比べれば黒曜岩中に含まれる濃度が著しく高いため、比較的安定した値が得られる。Tiは蛍光X線分析法の定量限界に近い濃度であるために、その分析値には大きな誤差が含まれている可能性が高い。Na、Mg、Pについては軽元素である上に含有量が低いため、著しく定量性が悪い。Kは黒曜

岩中に含まれる濃度範囲では、Siと正の相関関係を示す元素である。他の元素にみられるSiの低濃度側でのばらつきも少ない。Rb、Sr、Y、Zrについてはいずれも黒曜岩中に含まれている濃度が極めて低いが、ある程度の測定は可能である。またKと同様にSiの低濃度側のばらつきも少ない。

3. 元素の挙動

元素組成により黒曜岩の産地推定を行うためには不可欠な条件としては特に次の2点が挙げられる。まずその元素が産地間の違いを十分に表す程度の精度で検出できることが必要であり、分析時の誤差を上回る産地間の差異が検出できる必要がある。次に、産地内での変動が少なく、これと比べて産地間の差異が大きい元素であることが必要である。つまり産地ごとの分析値のまとまりが必要である。以上の条件を満たした上で、さらにSiO₂の濃度との関係から、各元素の挙動を検討すると次の4種に区分される。

- ① SiO₂と強く相関して濃度が増減し、産地間での差が少ない…Al、Na、Mg
- ② ばらつきが激しく産地間での差が不鮮明……………P、Y、Zr、Ba
- ③ SiO₂と相関関係があるものの、産地間での差が認められる…Ca、Ti、Mn、Fe、Rb、Sr
- ④ SiO₂と相関するが産地間での差が大きい……………K

- ・ SiO₂と強く相関して大きな増減傾向を示す①のような元素は黒曜岩の石質に強い影響を受ける元素である。石質を反映するため同一産地内でも石質の違いに起因する大きな変動が予測されるので、産地推定の指標としては、必ずしも好ましいものではない。
- ・ ②は今回の測定条件の下では、定量性が悪く産地推定の指標には不適であった。
- ・ SiO₂に連動して多少の増減傾向を示す③のような元素は、メルトの本来の性質と石質の両方を反映する元素である。産地間での濃度差が認められるため、指標としては利用可能である。
- ・ ④のような元素は、メルト本来の性質を反映する元素であり、石質の違いによる変動が小さく、産地間の違いを良く反映する元素である。

以上より、黒曜岩の産地推定に適した元素はSiO₂の濃度に関わらず濃度の増減が少ないCa、Ti、Mn、Fe、Rb、Srであり、測定が良好に行えるならば、Y、Zr、Baもこれに加えることが可能である。

4. 黒曜岩の産地推定に関する基本的な問題点

最後に黒曜岩の産地推定に関連して、いくつかの基本的な問題点を述べておきたい。

- ①用語の概念規定が不明瞭であるとともに、分析過程に関する論理的な分析が不十分である。
- ②個別遺物の分析値が十分に公表されない。
- ③産地推定の際の根拠となった産地試料についての分析値が十分に公表されない。
- ④個別遺物についての測定値を産地試料と比較して産地への帰属を推定する際の、手続きや基準が不明瞭である。
- ⑤個別遺物についての測定値を産地試料と比較して産地への帰属を推定する際の、確からしさの目安が、考古学研究者が利用可能な形で明示されない。
- ⑥各測定者毎の誤差や精度が明示的でない。
- ⑦成分の分析と産地の推定が同一の研究者によって連続的に行われているため、誤った判定をした際の原因が不明瞭である。
- ⑧データに共通性がないために、他の研究者により検討ができない。

礼文島船泊遺跡、千歳市キウス4遺跡から出土した天然アスファルトの産地同定

小笠原正明*、 ○ 加藤晃一** (*東京農工大学、 **北海道大学大学院)

【はじめに】

遺跡から出土するアスファルトの産地の系統には、秋田、新潟、サハリンの3種類がある。北海道南部で出土するアスファルトは秋田系統であることが明らかにされてきたが、道央に近い千歳市キウスの遺跡から出土するアスファルトは多様で、これまで産地を特定できなかった。さらに北端の礼文島船泊遺跡から出土したアスファルトの起源は、全く不明であった。この問題を解決するために、天然アスファルトのパラフィン成分に注目し、その組成傾向によって由来を解明しようと試みた。

【試料】

分析および統計解析に供した資料(以下試料とする)は、総計108点である。このうち油井や露頭から採取した試料は、秋田県潟上市昭和町豊川油田の原油試料(豊川油田試料)が16点、秋田県二ツ井町アスファルト露頭のアスファルト試料(二ツ井油田試料)が10点、秋田県秋田市黒川油田の原油試料(黒川油田試料)が3点、新潟県新津市大入油田のアスファルト試料(大入油田試料)が33点、ロシアサハリン州ヌトボのアスファルト試料(ヌトボ油田試料)が5点の計67点であり、遺跡から出土した産地不明のアスファルト試料は、函館市南茅部町磨光B遺跡の出土分(磨光試料)が2点、同市南茅部町豊崎N遺跡出土分(豊崎試料)が2点、木古内町新道遺跡の出土分(新道試料)が3点、八雲町野田生遺跡の出土分(野田生試料)が5点、同町浜松2遺跡出土分(浜松試料)が4点、千歳市キウス4遺跡の出土分(キウス試料)が20点、同市美々4遺跡出土分(美々試料)が1点、礼文町船泊遺跡出土分(礼文試料)が4点の計41点である。

【分析】

ベンゼン-メタノール混合溶媒とn-ヘキサンによって抽出した試料のオイル分を、高速液体クロマトグラフ(HPLC)によってパラフィン成分、1芳香環成分、2芳香環成分および極性成分に分割した。このうち、パラフィン成分のみをFI-MSによって質量スペクトル測定をおこなった。分子量(m/z)の範囲は、200~800であった。7種のパラフィン成分それぞれのスペクトル強度を解析変数として、油田試料67点と出土試料41点は、5カ所の油田に帰属させるため、判別分析された。

【結果】

出土試料は、5カ所の油田のうち3カ所の油田の試料に判別された。南部の磨光試料、豊崎試料、新道試料、野田生試料および浜松試料16点は、15点が豊川油田試料、1点が大入油田試料に、道央のキウス4遺跡および美々4遺跡の出土試料21点は、15点が豊川油田試

料、2 点が大入油田試料、4 点がヌトボ油田試料に、北端の礼文試料 4 点は、3 点が大入油田試料、1 点がヌトボ油田試料にそれぞれ判別された。これらの分布を図に示す。

【考察】

FI-MS 分析は、気体状態のパラフィン成分を強電界の中へ導入してイオン化し、分子イオンを検出する。飽和炭化水素イオンの価数は 1 であるため m/z と質量数は等価である。したがって、質量スペクトルには、測定試料本来の飽和炭化水素の分子量分布が反映される。炭素骨格構造が基本的に変化しないパラフィンの分子量分布は、起源原油の特定には客観的な指標となり得る。

最南端の油田試料である新潟県の大入油田試料が縄文後期中葉以降の船泊遺跡 (3/4) に偏っているのは、他の油田試料に先駆けて北海道に移入したことを示している。さらに、日本海岸沿いの長距離移動ルートが存在を推測させる。サハリンのヌトボ油田試料、秋田県の豊川油田試料は、後発組であるといえる。豊川油田試料については、その出土数は多く、縄文後期後半の道央、道南部で支配的であった可能性が高い。3 カ所の油田試料は、時期と地域が重複する部分があり、それぞれの影響圏は交錯していた可能性が高い。

興味深いのは、油田試料が、それぞれの油田から最遠端の遺跡で最も出土数が多いことである。新潟県の大入油田試料は最遠端の礼文島で全出土数の 1/2、サハリンのヌトボ油田試料はキウスで 4/5、豊川油田試料は同じくキウスで 1/2 がそれぞれ出土している。これは、アスファルトを可能な限り遠方に移動させようとした意図の表れであり、アスファルトが、需要の高い交易品目であったことを意味している。それぞれの油田から最遠端の地域は、移動距離の限界や競合する他地域産のアスファルトとの境界域を示唆している可能性がある。その意味で、キウス 4 遺跡は関心を引く。この遺跡は、最多の出土数 20 点のうち 15 点を豊川油田試料が占め、かつ 3 カ所の油田試料全てが出土している。縄文後期後半、キウス 4 遺跡を含む地域一帯は、豊川産天然アスファルトが支配的な交易力をもった交流地であり、サハリン産天然アスファルトに象徴される北方文化勢力との緩衝域であった可能性が生じる。

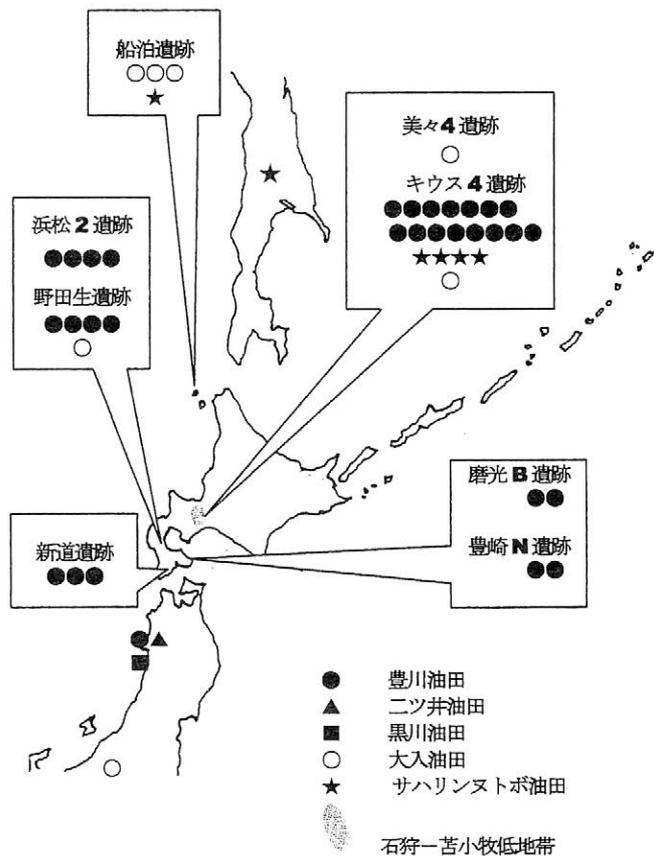


図 油田別試料の出土分布

土器胎土の産地推定に関する一方法

○大屋道則・安田奈央・横山一己・平尾良光

1. はじめに

従来から行われてきた胎土分析は、方法に着目すると元素組成によるものと鉱物組成によるものに大別でき、対象に着目すると窯業生産物と非窯業生産物に分類可能である。

元素組成によるものは再現性のある値が期待できるが、差異化に利用可能な元素の種類がさほど多くないため、判別結果として定義可能な種類の数も決して多くはなく、また、「粘質土」や「混和剤」を混合して用いた場合、具体的な原料を想定することが困難となる。その一方で、三辻による須恵器の産地推定に見られるように、限られた数の窯跡群に対して実施する場合には、迅速な方法でありながら相当の有効性を持つことが研究史的に明らかである。窯業生産物に適した方法といえる。

鉱物組成による類型化は、元素組成に比べればより実体的であり、判別可能な種類の数を多く設定することが可能であり、混合物に対しても有効な分析が可能である。窯業生産物に比べれば極めて多くの場所で製作されている縄文土器や土師器に対する原料の推定にも、一定の有効性を持つと考えられるので、非窯業生産物にも適用可能な方法といえる。

2. アルカリ溶解法の提案

ここではこのような鉱物組成に着目した土器類胎土の分析方法の前提として、特に土器類胎土から砂粒を分離する方法としてのアルカリ溶解法を提案する。

アルカリ溶解法は、土器類胎土を苛性アルカリ水溶液に浸漬し、粘質土起源の物質を除去し、砂粒を得るものである。具体的には、土器胎土を加圧破碎した後に、10mass%程度のNaOH水溶液に投入して、60℃の恒温槽でこれを1ヶ月程度作用させる。途中、1日1回程度NaOH水溶液を交換する。この様な処理を行うことによって、土器類胎土に含まれている砂粒を粘質土起源のマトリクスから分離することが可能となる。

従来方法で見られるように土器片を樹脂で固定して薄片を作成する方法では、任意の一面の観察となり、検出できる鉱物の数も少ない。また、鉱物の粒径も任意断面で観察している限り、正確な取り扱いはできない。

物理的に胎土を破壊して砂粒を得る方法もあるが、これでは鉱物粒子自身が破碎され、粒径と粒数に着目した取り扱いは困難となる。それでも重鉱物は重液分離してマトリクスからの分離が可能であるが、軽鉱物ではマトリクスからの分離は困難なままである。

この様な従来方法に対してアルカリ溶解法を利用すると砂粒が分離できるので高い密度での観察が可能となり、更に観察に先立って重液分離や磁気分離などの前処理も利用できる。また、篩い分けによって粒度別の試料を得ることも可能であり、土器胎土に含まれている砂粒について、粒径毎の組成を調べることも容易になる。これは、粘質土起源の粒子と混和剤起源の粒子が識別できる可能性を示していることに他ならない。

今回はこの様にして得た砂粒の各粒子に対して、EPMAを利用して元素組成のプロファイルを得て、これを基にして鉱物種を推定した。更に比重が類似した鉱物種について出現率を検討し、これを基にして土器類の類型化を行った。また、遺跡周辺から採取した粘質土についてもデカンテーションにより鉱物粒子を得て、土器胎土から分離した砂粒と鉱物出現率で対比を行い、河川砂についても同様の検討を行った。

3. 井上巖の方法について

ここで、井上巖の一連の研究を検討してみた。

鉱物の同定根拠：X線回折によって得られたプロファイルに対して、鉱物名を決定している根拠が必ずしも明確ではない。その典型例がしばしば井上の分析の中で同定されているpyriteである。例えば、表1に示したように、埼玉県新屋敷遺跡C区の遺物についての井上の報告を見ると、須恵器からはmulliteとともに、pyriteが検出されている。須恵器は高温で焼成された陶器であり、mulliteも高温で生じる鉱物である。一方のpyriteは高温で分解する鉱物であり、還元性の雰囲気とは言えmullite生成する環境の中でpyriteが分解せずに残存する状況は考えにくい。また、土器類の胎土中にX線回折で検出可能な濃度でpyriteが入っていること自体、説明が困難であり、この様な土器からは定量分析によって相当量の硫黄が検出されなければならない。いずれにしても井上の鉱物種の同定は、quartzとplagioclase以外は、根拠が必ずしも明確ではない。

鉱物の定量根拠：井上の定量値は、1989年以前と1990年以降で大きく異なっている。ここで注目する必要があるのは、1990年以降では、粘土鉱物の値が極端に高くなっていることである。これは、1989年以前の回折X線強度はバックグラウンドを差し引いた後の値が示され、1990年以降の回折X線強度では、バックグラウンドを差し引かず計量しているためである。図1に新屋敷遺跡C地点のピークプロファイルを示した。この図に典型的に表れているように、1990年以降の報告中では、強度算出にあたってバックグラウンドが差し引かれていない。その影響は低角度側で粘土鉱物と推定されている弱いピークについて極端に表れ、これらの値を異常に高くしている。

表1 埼玉県新屋敷遺跡C区の分析結果(井上 1996 より一部転載)

試料 No	タイプ 分類	焼成 ランク	組成分類			粘土鉱物および遊離鉱物													備考
			Mo-Mi-Hb	Mo-Ch-Mi-Hb	Mont/Mica	Hb	Ch(Fe)Ch(Mg)	Qt	Pl	Crist	Mullite	K-feld	Halloy	Kaol	Pyrite	Au	ガラス		
新屋敷C-1	K	14	20						1925	76	383	174					194	須恵器壺	4号墳
新屋敷C-2	K	14	20						1870	87	237	172					198	須恵器壺	4号墳
新屋敷C-3	K	14	20						1435	67	287	204					209	須恵器壺	4号墳
新屋敷C-4	K	14	20						2350	66	178	165					157	須恵器ハソウ	2,2号墳
新屋敷C-5	K	14	20						1652	80	139	139					111	須恵器壺	2,3号墳
新屋敷C-6	K	14	20						1909	79	163	153					128	須恵器壺	2,6号墳
新屋敷C-7	K	14	20						1862	79	392	184					149	須恵器高坏壺	3,5号墳
新屋敷C-8	K	14	20						1560	86	262	216					176	須恵器高坏	3,5号墳
新屋敷C-9	K	14	20						2851	57	161	136					119	須恵器高坏	3,5号墳
新屋敷C-10	K	14	20						1768	60	247	185					204	須恵器壺	3,5号墳
新屋敷C-11	K	14	20						1360	79	187	191					154	須恵器壺	3,5号墳
新屋敷C-12	K	14	20						2258	65	508	163					144	須恵器ハソウ	4,6号墳
新屋敷C-13	B	5	20				59		2113	226	112							白陶埴輪	1号墳
新屋敷C-14	K	14	20						1325	278	134							白陶埴輪	1号墳
新屋敷C-15	B	5	20				111		3914	288	80							白陶埴輪	4号墳
新屋敷C-16	K	14	20						2959	118	196	47						白陶埴輪	4号墳
新屋敷C-17	B	5	20				92		3484	181	119							白陶埴輪	4号墳
新屋敷C-18	A	5	11				77	190	3771	329	94							白陶埴輪	4号墳

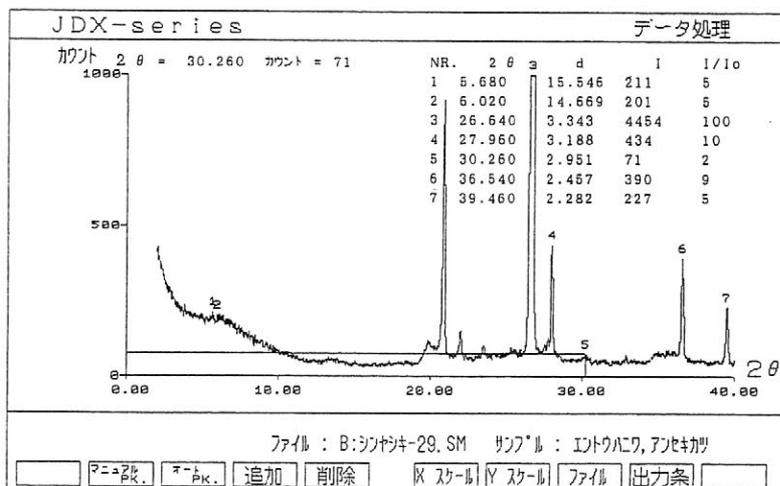


図1 埼玉県新屋敷遺跡C区の遺物についてのピークプロファイル

関東地域の窯跡出土須恵器、埴輪の化学特性

O 三辻利一（大阪大谷大学）、高橋一夫（埼玉県立博）

1) はじめに

須恵器、埴輪の伝播に関する研究をしようとする、生産地である窯跡出土の土器製品の破片を前以て大量に分析し、化学特性を求めておかなければならない。

関東地域では須恵器の窯跡は西日本各地に比較すれば、それほど多くはないが、それでも、埼玉県を中心に多数の窯跡が発見されている。すべての窯跡の破片を分析することは困難であるが、数 10 基以上の窯跡が集中する大規模窯跡群の須恵器の化学特性を把握することは不可欠である。同様に、10 基程度の中規模窯跡群の須恵器の化学特性もほぼ把握されている。数基程度の小規模窯跡の分析データは必ずしもすべて把握されている訳ではないが、目下のところ、須恵器の伝播に関する研究では重要な役割を果たしていない。

関東地域では埴輪の窯跡は他地域ではみられないくらい異常に多い。50 基を越える窯跡を擁する大規模窯跡群は埼玉県では生出塚窯跡群、茨城県では馬渡窯跡群、小幡北山窯群が発見されている。その他にも中規模窯跡群は埼玉県、群馬県などで 10 ヶ所を越える。これらの生産地で製作された埴輪が何処に、どのように供給されていたかを追跡することは関東地域の古代社会を考える上にはきわめて重要である。

以上の観点から、これまでに各地の県、市、町、村の教育委員会の報告書に報告されているデータを含めて、関東地域の大規模窯跡群の須恵器、埴輪の化学特性まとめることにした。さらに、これらのデータを使って、関東地域の消費地遺跡から出土する須恵器、埴輪の産地推定に 2 群間判別分析法を適用した結果についても報告する。

2) 分析法とデータ解析法

土器片試料は表面を研磨したのち、タングステンカーバイド製の乳鉢の中で 100 メッシュ以下に粉砕した。粉末試料を塩化ビニル製のリングを枠にして、10 トンの高圧をかけてプレスし、内径 20mm、厚さ 5mm の錠剤試料を作成し、蛍光 X 線分析用の試料とした。

蛍光 X 線分析には理学電機製、RIX2100（波長分散型）を使用した。Rh 管球の使用条件は 50kV、50mA である。Na、K、Ca、Fe、Rb、Sr の 6 元素を測定した。分光結晶には TAP、Ge、LiF を使用した。検出器はガスフロー比例計数管とシンチレーションカウンタである。標準試料には岩石標準試料、JG-1 を使用した。分析値は蛍光 X 線強度をつかって JG-1 で標準化された値で表示し、K-Ca、Rb-Sr の両分布図の作成や、マハラノビスの汎距離の二乗値の計算に使用した。

3) 結果

a) 須恵器の地域差

埼玉県内には 3 ヶ所に大規模な窯跡群がある。南比企、末野、東金子窯跡群という。県北の末野、東金子窯跡群の須恵器に比べて、南部の南比企窯跡群の須恵器には K、Rb が比較的少ないことがわかった。東京都の南多摩窯跡群の須恵器には南比企群の須恵器に比べて K、Rb がやや多い。茨城県には小野窯跡群がある。他方、関東地域南部の千葉県には永田・不入窯跡群という中規模窯跡群があり、K、Rb が比較的少ないこともわかった。

この他に、小規模窯跡群はこれらの県はもちろん、群馬県、栃木県内にも多数発見されている。いずれの窯群の須恵器も K-Ca、Rb-Sr の両分布図上で微妙な地域差が認められた。関東地域全体を眺めると、北部では K、Rb が高く、南部では少ないという一般的傾向があることがわかった。Ca、Sr にはそのような一般的傾向は認められなかった。また、関東地域の須恵器は近畿地方や東海地方の須恵器に比べて、Fe は多いという一般的傾向もあることもわかった。

b) 須恵器の伝播

これまでの研究では古墳時代の須恵器については地元産か、陶邑からの搬入品かを問う 2 群間判別分析法が各地の古墳出土須恵器の産地研究に適用され、多数の有意な情報を得ているが、関東地域でもこの方法が適用された。群馬県高崎市の堀米前遺跡、藤岡市の温井遺跡、埼玉県のみさたま古墳群、神奈川県横浜市の綱島古墳、日吉矢上古墳、東京都足立区の伊興遺跡、千葉県市原市の稲荷台 1 号墳、茨城県のヤツノ遺跡などから陶邑産と推定される須恵器が検出された。平安時代の須恵器については例えば、埼玉県内では 3 ヶ所の大規模窯群を母集団とする 2 群間判別分析法が適用された。これらの窯群の製品がどのように伝播しているかが興味深い。さらに、これらの窯群の製品が国を越えて伝播するかどうかとも今後の問題である。

c) 埴輪の地域差

須恵器の場合と同様、窯跡出土埴輪でも関東地域南部では北部に比較して、K、Rb が少ないという一般的傾向があることが判明した。各窯群間で微妙な地域差があることも認められた。2 群間判別分析法で関東地域内の各窯群間の相互識別も検討された。

d) 埴輪の伝播

埴輪窯の数が多いので、2 群間判別分析法をどのようにして適用するかが重要な問題となる。観点は幾つかある。生出塚窯群、馬渡窯群、小幡北山窯群の 3 大窯跡群の製品がどこまで伝播しているかを問うのも一つの見方である。まず、生出塚窯群の埴輪の伝播を取り上げた。東京都品川区の大井林町 1、2 号墳の埴輪は生出塚窯群の製品であることが判明した。さらに、少数派ではあるが、埼玉県本庄市の宥勝寺窯群の製品も検出された。栃木県佐野市の八幡山古墳でも生出塚群の製品が検出された。また、千葉県市原市の山倉 1 号墳でも生出塚窯群の埴輪が多数検出された。しかし、横浜市の綱島古墳の埴輪は地元、白井坂窯の埴輪であり、生出塚群の製品ではなかった。生出塚群の製品はまだ、茨城県側では検出されていない。茨城県には馬渡窯群、小幡北山窯群という大規模窯群があるので、これらの窯群の製品が大量に伝播していることが予想される。両窯群の製品が茨城県内でどのように伝播しているのかは大変興味ある問題である。これらの窯群の製品は埼玉県側では目下のところ、検出されていない。

もう一つの観点は多数の古墳が集まる大古墳群の各古墳の埴輪の産地問題に着目し、2 群間判別分析法を適用することである。埼玉県美里町の生野山古墳群の例がある。生野山 7 号墳、11 号墳、72 号墳からは生出塚群の埴輪が検出された。また、65 号墳からは宥勝寺窯群の埴輪が検出された。しかし、9 号墳、12 号墳、14 号墳、15 号墳からは別の産地の埴輪が検出された。今後、各古墳でも数 10 点といった多数の破片を分析し、また、多数の古墳の埴輪破片を分析対象として取り上げることによって、これまでに報告されていない興味深いデータが確実に得られることが予想される。今後の大問題である。

和歌山県熊野大社が所蔵する鉄湯釜の補修銅の鉛同位体比

○平尾良光、角川 茂(別府大学)、石井里佳、雨森久晃(元興寺文化財研究所)

はじめに

和歌山県熊野本宮大社には、神事に利用された鉄製の湯釜が残されている。この湯釜は1198年(建久9年)に奉納され、約800年伝世したと伝えられる。この鉄湯釜には亀裂が走っており、銅で補修されている。湯釜は境内に露出安置されていたため、金属の腐食が著しく進んでいた。この腐食劣化部分に関して元興寺文化財研究所で保存処理が行なわれた。保存処理の参考とするため、補修銅に関して化学組成と鉛同位体比を測定した。その結果、少なくとも2種類以上の材料が利用されていると推定された。

資料採取と科学的測定

鉄製湯釜の外観は写真で示される。鉄湯釜には亀裂があり、鑄掛により銅で補修されている。大きな亀裂は2カ所あるので、測定試料はこの2カ所からと、もう1カ所は一つの補修部分で入り組んだ、色味が異なる部分から採取された。化学組成を蛍光X線法で、鉛同位体比を質量分析法で常法通り測定した。

結果と考察

化学組成は表のように、3カ所測定のうち2カ所が類似しており、色の異なる1カ所が明らかに異なっていた。補鑄材料が異なることから、異なった材料がなぜ利用されたのか問題である。そこで鉛同位体比値を測定すると図となった。2カ所の材料は中国産材料、色味が異なるもう1カ所は日本産材料(神岡鉱山に近い値)と推定された。これらの値を今までの平安時代から江戸時代までの資料と比較した。

銅あるいは青銅材料に含まれる鉛の産地に関して、平安時代の資料はその初期～中期には日本産の材料であったが、後期になると中国産材料が利用されるようになった。鎌倉時代にはほとんどの材料が中国産となった。室町時代には中国産材料が多く利用された。戦国時代(室町時代後期)の資料に関してはよくわからないが、日本産の鉛が利用されているが、外国産材料も流入した。江戸時代になると、鎖国や外国銭の利用禁止などで日本産の材料が主となった。

材料の利用に関するこのような時代の流れの中で、熊野大社の鉄湯釜補修銅から得られた3試料の鉛同位体比は次のように考えることができる。すなわち2つの試料の鉛同位体比は鎌倉大仏鑄造材料あるいは室町時代の雲版などと近い中国産材料領域に含まれた。もう一つの色味が異なる補修材料は神岡鉱山と類似した鉛同位体比を示した。これらのことから、この鉄湯釜は製作されてから割合に早い時期(鎌倉・室町時代)に壊れ、補修が行われた可能性を示唆することができる。そしてこの亀裂補修部分が壊れ、再度補修したのが江戸時代であり、神岡鉱山産の材料が用いられた可能性を示唆できる。

表 熊野大社所蔵鉄製大湯釜補修銅の
化学組成 (XRF 測定)

	化学元素 (質量%)				
	銅	スズ	鉛	ヒ素	鉄
試料 1	83	6.2	9.2	1.0	0.1
試料 2	84	6.5	8.9	0.7	0.1
試料 3	91	0.4	8.6	0	0.1

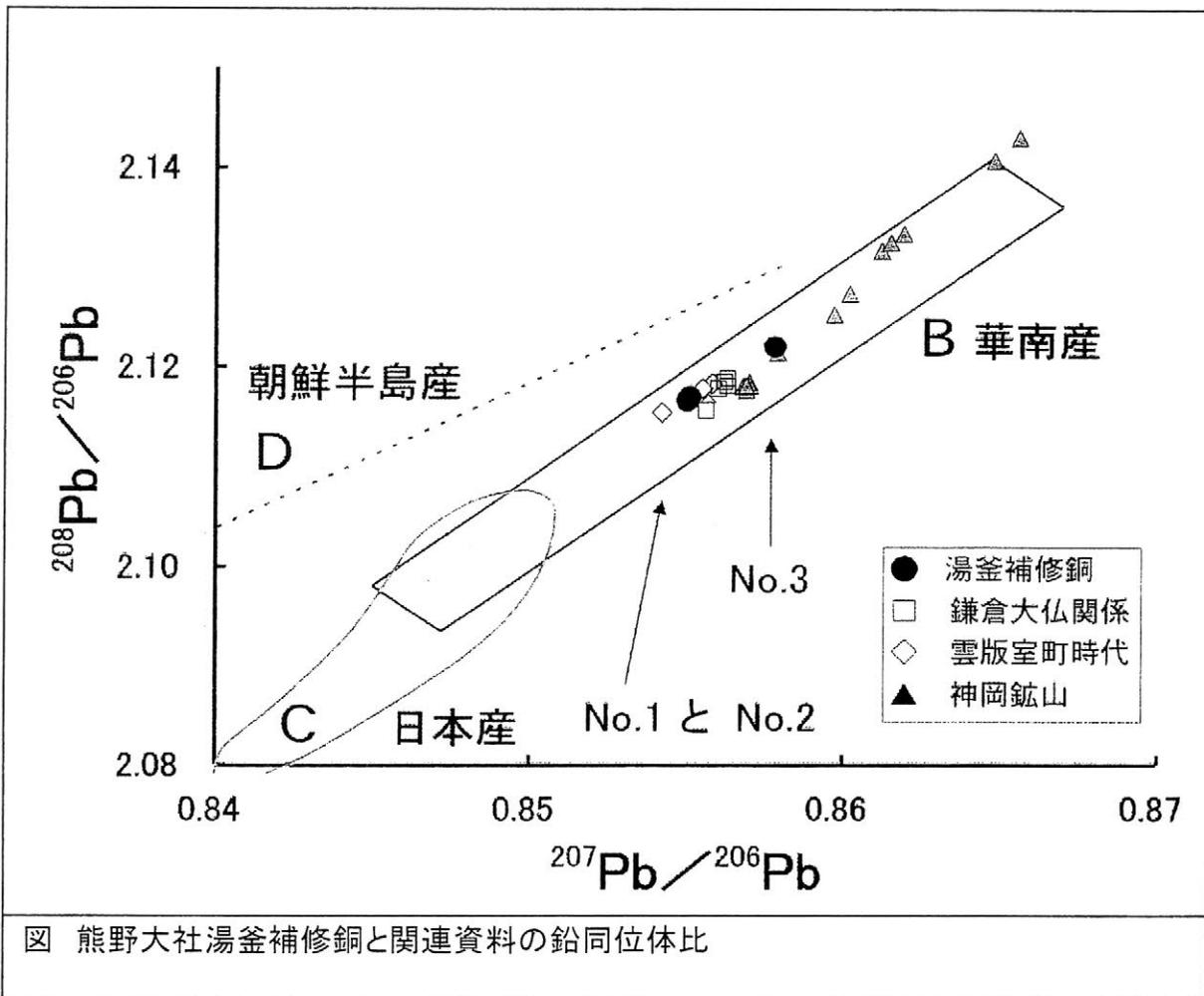
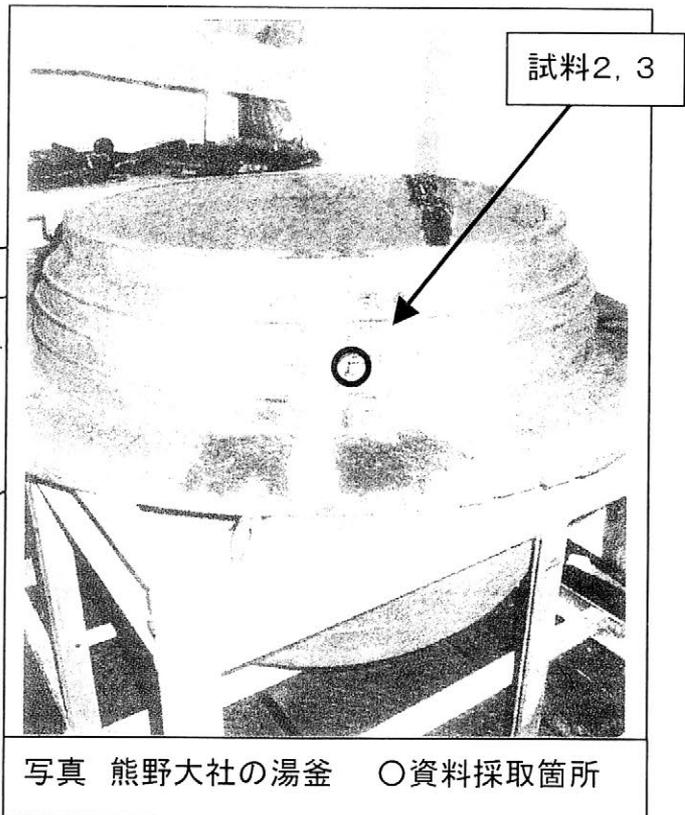


図 熊野大社湯釜補修銅と関連資料の鉛同位体比

韓国嶺南地域出土資料、東大所蔵楽浪土城出土資料、宮内庁所蔵資料などの鉛同位体比測定結果

○ 齋藤努 (国立歴史民俗博物館)、土生田純之 (専修大学)、亀田修一 (岡山理科大学)、福尾正彦 (宮内庁)、鄭仁盛 (東京大学)、高田貫太 (岡山大学)、風間栄一 (長野市教育委員会)、藤尾慎一郎 (国立歴史民俗博物館)、柳昌煥 (慶尚大學校博物館)、趙榮濟 (同)

1. はじめに

古代の朝鮮半島における青銅資料などの原料産地と、朝鮮半島と日本との交流関係を明らかにするための端緒として、韓国の三国時代前後の青銅製品やそれに関連すると考えられる日本国内出土資料などについて、日韓両国の考古学研究者による系統的な資料選定を行い、測定をし、その結果に対して自然科学と考古学の両側面から考察を加えた。

2. 資料と分析方法

測定した資料は、韓国慶尚道・釜山地域出土青銅製品 (金銅製品の青銅部分を含む) 126 点、銀製品 7 点、熔融物 8 点、方鉛鉱 2 点、東京大学所蔵楽浪土城出土青銅製品 44 点、方鉛鉱 6 点、宮内庁所蔵青銅製品 34 点、長野市教育委員会所蔵青銅製品 (馬形帯鉤) 1 点、国立歴史民俗博物館所蔵青銅製品 (馬形帯鉤、真物・贗物とも) 12 点の、計 240 点である。

分析試料の採取後、歴博において高周波加熱分離法によって鉛を分離し、200ng を分取して表面電離型質量分析装置 (Finnigan MAT 262) で鉛同位体比を測定した。

3. 結果と考察

測定の結果、特にデータの集中する 2 つのグループ (グループ A および B) を見出すことができた。

グループ A に含まれる資料は、数としてはそれほど多くない (9 点、近接するものを含めて 14 点) が、データの一貫性がきわめて高いことと、日本で出土した「規格品の原料」と称される近畿式・三遠式銅鐸の鉛同位体比とよく一致していること、楽浪出土資料 44 点中 8 点の数値がこれと重なり、また 28 点がこの周辺の数値領域に分布していること、宮内庁所蔵資料からもこれと一致、もしくは近似した数値を示すものが検出されたこと、などから、韓国青銅器の原料産地や日韓の交流を考える上で注目すべき結果と考える。資料の年代も、韓国出土資料が 2 世紀後半～4 世紀、近畿式・三遠式銅鐸が 1～2 世紀末、楽浪資料が紀元前 2 世紀～紀元 4 世紀、またその他にこれに重なる数値を示す既報告資料として広形銅矛が 2 世紀、弥生時代小形仿製鏡が 2～3 世紀と、全体としてほぼ重なり合う年代におさまっている。

グループ B は、グループ A と比べると分布に多少広がりがあるが、測定を行った韓国出土青銅製品 143 点中 43 点、宮内庁所蔵資料 34 点中 13 点、国立歴史民俗博物館所蔵資料 (真物の馬形帯鉤) 6 点中 5 点と多くの資料がここに含まれており、この時期における朝鮮半島南部地域青銅製品の鉛原料の主要な産地を反映していると推測できそうである。グループ B は、2 点を除き、4 世紀～7 世紀初めと、全体としてグループ A よりも新しい年代の資料で構成されている。またグループ A の資料が多く含まれる楽浪土城出土資料で、このグループ B に含まれるものはわずか 3 点であった。

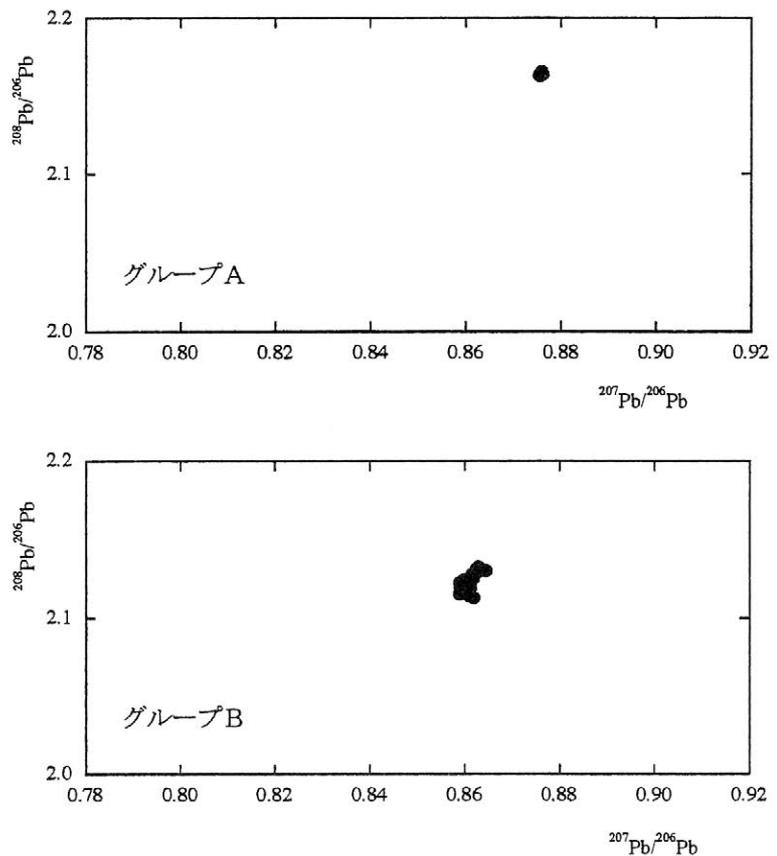
本研究で見出された A、B それぞれのグループの原料産地については、今後の慎重な考察が必要である。しかしながら、これまでに報告されている鉱山のデータや出土遺跡の性格などからみるとグループ A は、前漢鏡の数値範囲内にあることや、またこれまで報告されている朝鮮半島の鉱床でこれに近いデータを示すものがないことから、産地の候補としては中国の鉱床との関連性がまず考えられるであろう。

またグループBについては、これまでの鉛同位体比研究の結果に従えば、中国の華中―華南産原料の数値範囲内にあるため、まだ測定されていない中国の鉱床が原料の産地である可能性が考えられるが、一方で、慶尚北道の漆谷鉱山の数値がこれと近接していることや、その近くに位置する鉱山の鉱石産出状況（すなわち周辺の地質状況）などから、原料が朝鮮半島南部地域の鉱床からもたらされた可能性についても考慮しておく必要がある。その場合、グループBが基本的に4世紀以降のものであることを考えると、313年の楽浪郡の滅亡による銅関係技術者たちの朝鮮半島南部地域への流入の可能性と、朝鮮半島南部地域における古代国家形成の大きな動きが4世紀にあるということは気になることである。

またさらに、いわゆる倭系遺物の出自をめぐる議論への影響にも注意を払っておかなければならないだろう。この点を、本研究で特に意識して調査対象に含めた代表的な倭系遺物である馬形帯鉤と筒形銅器を例に考えてみる。馬形帯鉤は出土地が圧倒的に朝鮮半島に多く日本では2遺跡でしか見つかっていないという量的な問題や、4世紀には基本的には日本には馬がほとんどおらず精緻な造形や装飾を日本で行えたとは考えにくいことなどから、朝鮮半島製（百済・加耶系）であることが研究者の共通認識になっている。それらの鉛同位体比については、グループBに属するものが多いという測定結果が得られ、これは時期的な知見とも合致する。一方、筒形銅器については、近年朝鮮半島での出土例が増加し、現在、量的にはどちらで製作されたものか判断が下せない状況にある。鉛同位体比では、測定した25資料のうち11点もがBグループに属しているが、この結果からは、同位体比の共通性から馬形帯鉤と同様に朝鮮半島製である可能性も、また朝鮮半島から素材をもちこんで日本で製作された可能性も考えることができるため、鉛同位体比の数値から出自を決めることも困難である。この点は今後の考古学的な解析が必要であろう。

研究の遂行にあたり下記の方々、機関にご協力いただいた。記して感謝の意を表す。

慶尚大學校博物館、東義大學校（林孝澤、趙顯福、郭東哲、金東阮）、釜山大學校博物館（鄭澄元、申敬澈、金斗喆、全玉年）、慶星大學校博物館（金宰佑）、嶺南文化財研究所（韓道植、李那榮）、慶南發展研究院歴史文化センター（尹昊弼、李凡泓）、東國大學校慶州キャンパス博物館（金吉雄、安在皓、姜賢淑、曹宰榮）、福泉博物館（李美也、洪潛植、河炳嚴、董眞淑、李賢珠）、釜山市立博物館（宋桂鉉）、長野市教育委員会、東京大学文学部（後藤直）、宮内庁書陵部（廣幡建之、清喜裕二）、岡山理科大学、国立歴史民俗博物館（永嶋正春）。本研究は科研費「東アジア地域における青銅器文化の移入と変容および流通に関する多角的比較研究」（研究代表者：齋藤努、課題番号：09208103）によって実施された。



タイおよびラオスに分布するクメール遺跡の砂岩材供給源

内田悦生*、伊藤公範*、○清水信考*、小田彰彦*

(* 早稲田大学理工学術院)

1. はじめに

アンコール・ワットを代表とするクメール遺跡は、カンボジア国外にもタイ東北部やラオス南部を中心に多く点在している。これらカンボジア国外のクメール遺跡に対しては考古学、建築学的手法に基づく調査が進められているが、岩石学的手法を用いた調査はほとんど行われていない。

本研究ではタイおよびラオスのクメール遺跡に使用されている砂岩材の調査を行い、顕微鏡観察、帯磁率及び化学組成に基づき砂岩の記載・分類を行った。また、砂岩材の供給源を明らかにするために、これらの遺跡が多く点在するコラート高原のコラート層群（三疊紀～白亜紀）を構成する砂岩の調査を行った。

2. 遺跡に使用されている砂岩材の特徴と分類

主要な遺跡に使用されている砂岩材は、顕微鏡観察、帯磁率及び化学組成に基づき、下記の3グループに分類することができる。

Group 1 の砂岩材：石質砂岩であり、細粒～中粒の石英と岩石片からなり、長石を多く含む。また、少量の白雲母、黒雲母、不透明鉱物が見られる。平均帯磁率は 0.11×10^{-3} SI unit である。

Kamphaeng Noi、Kamphaeng Yai、Prasat Sikorphum、Prasat Yai Ngao、Prasat Ban Phluang、Phum Phon の一部、Phimai、Phnom Wan、Non Ku、Muang Khaek の砂岩が Group 1 に属する。

Group 2 の砂岩材：白色～淡黄褐色を呈する石英質砂岩であり、中粒～粗粒で、主として石英から構成され、若干不透明鉱物を伴う。平均帯磁率は 0.029×10^{-3} SI unit であり3つのグループの中で最も低い値を示す。

Phum Phon の一部、Ta Muen Thom、Ta Muen Toch、Ta Muen、Bai Baek、Ban Bu、Muang Tam、Sdok Khok Thom、Wat Mahathat、Prang Sam Yod、Khao Phra Wihan、Phnom Rung の砂岩が Group 2 に属する。

Group 3 の砂岩材：長石質砂岩であり、主として石英、長石からなり、その他に岩石片、黒雲母、白雲母、不透明鉱物を伴う。平均帯磁率は3つのグループの中でもっとも高い 0.27×10^{-3} SI unit を示す。アンコール遺跡で多用されている灰色～黄褐色砂岩と同じ砂岩である。

ラオスの Wat Phu と Hong Nang Sida の砂岩がこのグループに属する。

3. コラート層群の特徴と識別法

上記遺跡が点在するコラート高原南部に分布するコラート層群は下位から Huai Hin Lat、Phu Kradung、Phra Wihan、Sao Khua、Phu Phan、Khok Kruat、Maha Sarakham 層に分けられる。各層の特徴および各層に見られる砂岩の特徴は下記の通りである。

Huai Hin Lat 層：基底礫岩と石灰石から構成され、上部 50m は泥岩を伴った砂岩よりなる。砂岩構成粒子の大きさは不揃いであり、角張っている。主要構成鉱物は石英、長石類、岩石片で、雲母類を伴うことがある。平均帯磁率は 0.39×10^{-3} SI unit で、高い Sr 濃度を示す。

Phu Kradung 層：赤味を帯びたシルト岩、砂岩、礫岩よりなる。所々に層厚 5～10m の灰色砂岩を伴う。砂岩構成粒子は細粒で、長石質であり、主として石英、長石類、岩石片より成り、少量の雲母類や不透明鉱物も見られる。平均帯磁率は 0.26×10^{-3} SI unit である。

Phra Wihan 層：黄褐色～白色を呈する正珪岩、シルト岩、泥岩より構成される。砂岩構成粒子は細粒～粗粒である。主として石英より成り、若干の白雲母が認められる。平均帯磁率は 0.016×10^{-3} SI unit である。

Sao Khua 層：シルト岩、細粒～中粒砂岩、礫岩を挟んだ赤褐色のシルト質粘土岩より構成される。砂岩は、赤褐色を呈し、石英質であり、主として石英より成り、斜長石や雲母類を若干含むことがある。平均帯磁率は 0.042×10^{-3} SI unit である。

Phu Phan 層：中粒～粗粒の礫質砂岩、シルト岩より構成される。砂岩は、白色を呈し、ほぼ石英より成る。平均帯磁率は 0.010×10^{-3} SI unit であり、最も低い値を示す。なお、Ban Kruat と Si Kheu の砂岩材石切り場は Phu Phan 層中に位置する。

Khok Kruat 層：赤褐色の砂岩、シルト岩、泥岩および礫岩より構成される。砂岩は、細粒で石英質であり、主に石英、岩石片、長石類からなり、少量の雲母類、不透明鉱物が認められる。平均帯磁率は 0.077×10^{-3} SI unit である。

Maha Sarakham 層：岩塩、ハライト、硬石膏からなる蒸発岩を主とし、泥岩、シルト岩および砂岩層を挟む。砂岩は濃い赤褐色を呈する。細粒で石英質であり、主に石英、岩石片、長石類より成り、少量の雲母類、不透明鉱物も認められる。平均帯磁率は 0.053×10^{-3} SI unit である。

上記の岩石学的特徴から、これらコラート層群は以下のように分類・識別することができる。

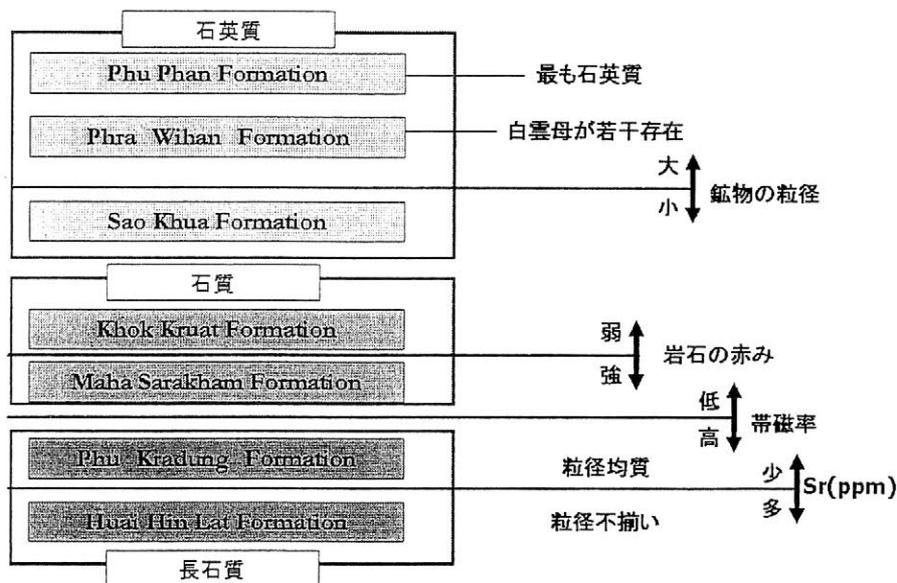


Fig.1 コラート層群の分類・識別

上記岩石学的特徴および化学組成分析結果に基づき、Group 1 の砂岩は Khok Kruat 層、Group 2 の砂岩は Phu Phan 層あるいは Phra Wihan 層、Group 3 の砂岩は Phu Kradung 層に相当すると推定される。これらのことから、クメール遺跡に使用されている砂岩材は周辺地質によって支配されていることが明らかになった。