

日本文化財科学会第 19 回大会研究発表要旨集

2002 年 7 月 6 日(土)～7 日(日)

明 治 大 学



19th J.S.S.S.C.P Congress

日本文化財科学会

日本文化財科学会第19回大会・2002年度総会日程

日 時 : 2002年7月6日(土)～7日(日)
会 場 : 明治大学和泉校舎(東京都杉並区永福1-9-1)
懇親会会場 : 第1校舎6階会議室
評議委員会 : 第1校舎6階会議室
理 事 会 : 第1校舎6階会議室
記念講演 : 第2校舎3番教室
口頭発表 : 第2校舎3番教室・5番教室(2会場同時進行)
ポスターセッション : 第2校舎1階廊下
機器展示・図書販売 : 第2校舎1階廊下

日程 :

第1日 : 7月6日(土)

12:30 受付開始
13:00～13:10 開会挨拶
13:10～14:30 記念講演 : 三辻利一会長〈胎土分析30年をかえりみて〉
14:45～16:15 口頭発表 *2会場同時進行*
A会場(3番教室) : 文化財一般[発表1～6]
B会場(5番教室) : 文化財一般[発表7～12]
16:00～17:00 ポスターセッション解説 *ポスター展示12:00開始*
産地推定・保存科学・文化財一般[発表P1～P36]
17:30～19:30 懇親会

第2日 : 7月7日(日)

9:00～11:30 口頭発表 *2会場同時進行*
A会場(3番教室) : 古環境・材質技法[発表13～21]
B会場(5番教室) : 産地推定[発表32～40]
11:30～12:30 総 会
13:00～14:00 ポスターセッション解説 *ポスター展示10:00開始*
年代測定・古環境・材質技法[発表P37～P72]
14:00～16:45 口頭発表 *2会場同時進行*
A会場(3番教室) : 材質技法[発表22～31]
B会場(5番教室) : 年代測定・保存科学[発表41～50]
16:45～16:50 閉会挨拶

ポスターセッション・機器展示・図書販売

設置作業 : 7月6日(土) 11:00～12:00

提示時間 : 7月6日(土) 12:00～17:00 及び 7日(日) 10:00～15:00

撤去作業 : 7月7日(日) 15:00～15:30

研究発表要旨目次

記念講演

三辻 利一 (日本文化財科学会会長・大谷女子大学)

胎土分析30年をかえりみて

----2

口頭発表

[文化財科学一般]

1. 地中レーダー探査による郡衙正倉の検出 -福岡県大刀洗町所在・下高橋遺跡の例- ----10
○西村 康(奈良文化財研究所) 赤川秀正(福岡県大刀洗町教育委員会) 西村智道(同)
2. ボアホールレーダによる石垣根入れの調査例 ----12
○峠 美穂(応用地質株式会社) 田村晃一(同) 後藤宏樹(千代田区立四番町歴史民俗資料館)
3. 地理情報システムを利用した縄文時代集落の生態的研究 ----14
西本豊弘(国立歴史民俗博物館) ○津村宏臣(総合科学大学院大学) 小林謙一(同)
4. GroundPenetrating Radar Investigation at Sultan Al-Nasser Ibn Qalawoon Mosque and Madrasa(School), Islamic Cairo, EGYPT. ----16
○Abbas A. M. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT. Tokyo Institute of Technology), Helal A. M. (Ain Shams University, EGYPT), Kamei H. (Tokyo Institute of Technology) and Atya M. A. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT. Tokyo Institute of Technology)
5. Complementary Integrated Geophysical Investigation around Al-Zayyan Temple, Kharga Oases, Al-Wadi Al-Jadeed (New Valley), EGYPT. ----18
○Atya M. A. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT. Tokyo Institute of Technology), Kamei H. (Tokyo Institute of Technology), Shabaan F. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT), Abbas A. M. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT. Tokyo Institute of Technology), Hassaneen A. Gh. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT), Marukawa Y. (Tokyo Institute of Technology), Ako T. (Tokyo Institute of Technology) and Kobayashi Y. (Nara University of Education)
6. 可搬型蛍光X線分析装置によるシナイ半島遺跡出土遺物のその場分析 ----20
○中井 泉(東京理科大学) 山田祥子(同) 沢田貴志(同) 保倉明子(同) 寺田靖子(JA SRI, SPring-8) 真道洋子(中近東文化センター)
7. 三角縁神獣鏡の復原製作研究の目的と成果(1) ----22
○鈴木 勉(工芸文化研究所) 今津節生(奈良県立橿原考古学研究所) 河上邦彦(同)
8. 三次元デジタルデータベースを活用した同範・同型鏡における差異の解析 ----24
○今津節生(奈良県立橿原考古学研究所) 増田智仁(東京大学大学院) 古谷 毅(東京国立博物館) 鈴木 勉(工芸文化研究所) 平井孝憲(奈良県立橿原考古学研究所)

9. 文化財資料に対するレーザーラマン分光分析法の開発研究(2) —ラマンスペクトルに及ぼす吸収と蛍光の影響— ----26
 ○高妻洋成(奈良文化財研究所) 肥塚隆保(同) 脇谷草一郎(京都大学大学院) 劉阿妮(同) 沢田正昭(奈良文化財研究所)
10. 水田土壌の微細形態学的解析(1) —奈良県箸尾遺跡・大阪府池島・福万寺遺跡の例— ----28
 ○宮路淳子(奈良文化財研究所) 平山良治(国立科学博物館筑波実験植物園) 吉村和昭(奈良県立橿原考古学研究所) 廣瀬時習(財大阪府文化財調査研究センター) 井上智博(同)
11. 年間線量評価の改良による陶磁器真贋判定法の高精度化 ----30
 ○長友恒人(奈良教育大学) 青木智史(同)
12. 国宝源氏物語絵巻にみられる彩色材料について ----32
 ○早川泰弘(東京文化財研究所) 三浦定俊(同) 四辻秀紀(徳川美術館) 徳川義崇(同) 名児邦明(五島美術館)

[古環境]

13. 実験考古学的手法による骨角器製作技法の研究 ----34
 ○石丸恵利子(京都大学大学院人間環境学研究所)
14. 高知県居徳遺跡群出土の人骨に見られる人為的損傷 ----36
 ○松井 章(奈良文化財研究所) 曾我貴行(高知県埋蔵文化財センター) 中橋孝博(九州大学)
15. 炭素窒素同位体による食性解析にもとづくイノシシの家畜化様式の判別 ----38
 ○南川雅男(北海道大学・地球環境) 松井 章(奈良文化財研究所)
16. 縄文時代における水産資源利用システムの変化—荒川下流域の中・後期の事例から— ----40
 ○植月 学(東京芸術大学) 樋泉岳二(早稲田大学)
17. 守山市下之郷遺跡から出土した編物に使われた材料のDNA分析に基づく推定 ----42
 ○大角信介(静岡大学・岐阜大学大学院) 村上由美子(京都大学大学院) 川畑和弘(守山市教育委員会) 佐藤洋一郎(静岡大学)
18. 栃木県関谷断層の最新の活動と集落の移転 ----44
 ○寒川 旭(産業技術総合研究所活断層研究センター) 下川浩一(同) 宮下由香里(同) 杉山雄一(同) 丸山直樹(株ニュージェック) 齊藤 勝(株ダイヤコンサルタント) 鈴木泰浩(栃木県教育委員会)
19. 1945年長崎原爆の「黒い雨」降下物とその影響の解説 ----46
 ○吉川周作(大阪市立大学) 中垣玲子(同) 稲野伸哉(同) 山崎秀夫(近畿大学) 後藤敏一(同) 長岡信治(長崎大学)

[材質技法]

20. 周波数解析を用いた手すき紙の簀の目の画像解析 ----48
 ○加藤雅人(龍谷大学AFC) 木村陽一(龍谷大学理工学部) 江南和幸(同)
21. 中央アジア西域将来経典の元素分析に関する研究 ----50
 ○冨増 喬(龍谷大学理工学部) 加藤雅人(龍谷大学AFC) 江南和幸(龍谷大学理工学部) 河野益近(京都大学大学院工学研究科) Susan Whitfield (the British Library), Mark Barnard (the British Library) and Kumiko Matsuoka (the British Library)
22. 鴨都波1号墳出土靱の復原(1)—矢筒部の構造と編み上げ技術— ----52

- 押元信幸(工芸文化研究所) 鈴木 勉(同) 河上邦彦(奈良県立橿原考古学研究所) 今津節生(同) 福田さよ子(同) 藤田和尊(御所市教育委員会) 木許 守(同) 中川正人(安土城考古博物館)
23. 顕微FT-IR法による唐墓壁画材料中の有機物の検出 ----54
○佐藤昌憲(奈良文化財研究所) 沢田正昭(同) 申 秦雁(中国陝西歴史博物館)
24. 縄文土器材料の材料科学研究 ----56
○松原雅昭(群馬大学工学部) 坂本賢治(同)
25. 縄文土器製作における粘土と混和材の選択性に関する基礎的研究 -阿玉台式土器の事例を中心として- ----58
○建石 徹(東京芸術大学) 北田正弘(同) 小林謙一(総合研究大学院大学) 二宮修治(東京学芸大学)
26. 山茶碗胎土の化学的評価 ----60
○小村美代子(パレオ・ラボ) 藤根 久(同)
27. 佐世保周辺の窯跡出土白磁および陶石の蛍光X線分析 ----62
○三辻利一(大谷女子大学) 井上麻耶(同) 久村貞男(佐世保市教育委員会)
28. 弥生・古墳時代の"mutisalah"に関する考古科学研究 ----64
○肥塚隆保(奈良文化財研究所) 大賀克彦(京都大学大学院) 比佐陽一郎(福岡市埋蔵文化財センター) 高妻洋成(奈良文化財研究所)
29. 名古屋城天守閣の瓦鉄釘の材質 ----66
○平井昭司(武蔵工業大学) 岡田往子(同) 岩崎 廉(神奈川高度技術支援財団)
30. 和洋銃砲の材質と製作技法に関する比較研究 ----68
○齋藤 努(国立歴史民俗博物館) 高塚秀治(東京工業大学) 宇田川武久(国立歴史民俗博物館)
31. 福井県上中町向山1号墳から出土した金製垂飾付耳飾の材質と製作技術 ----70
○村上 隆(奈良文化財研究所) 高橋克壽(同)
- [産地推定]
32. イオウ同位体より見た朱の産地推定 ----72
○南 武志(近畿大学理工学部) 今津節生(奈良県立橿原考古学研究所) 今井 亮(東京大学大学院理学系研究科) 高橋和也(理化学研究所) 豊 遥秋(地質標本館) 本田光子(別府大学)
33. 中国夏商周時代青銅器の鉛同位体比 ----74
○平尾良光(東京文化財研究所) 早川泰弘(同) 金 正耀(中国社会科学院) 鄭 光(同) 楊錫璋(同)
34. カマン・カレホック出土印影の蛍光X線分析による特性化 ----76
○真田貴志(東京理科大学) 中井 泉(同)
35. ベリリウム同位体と鉱物組成による長野県川原田遺跡出土縄文土器のグルーピング ----78
○坂本 稔(国立歴史民俗博物館) 水沢教子(長野県立歴史館) 今村峯雄(国立歴史民俗博物館)
36. 9~10世紀の北海道中部出土ロクロ土師器の産地推定 -産地推定に有効な新しい3つの指標- ----80
○松本建速(筑波大学大学院歴史・人類学研究科)
37. 北海道の擦文時代後期の穂香窪穴群から出土したガラス製管玉の非破壊分析と産地分析 ----82

- 加藤晃一(北海道大学大学院工学研究科) 干谷洋平(北海道大学工学部) 小笠原正明(北海道大学高等教育機能開発総合センター)
38. 阿蘇地域遺跡の黒曜石石器はどこからきたのか? -化学組成による検討- ----84
 ○福岡孝昭(立正大学地球環境科学部) 中井弥生(同) 渡辺一徳(熊本大学教育学部) 小畑弘己(熊本大学文学部)
39. 東北地方の黒曜石の蛍光X線分析と岩石学的分類 ----86
 ○井上 巖(株第四紀地質研究所)
40. 石器・玉類の原材産地分析(18) ----88
 ○藁科哲男(京都大学原子炉実験所)
41. 愛媛県犬伏遺跡から出土した縄文時代石器石材の産地検討 ----90
 ○小林 恵(応用地質株式会社) 石沢一吉(同) 池田小織(同)
42. 山口県妙徳寺山古墳の石室に使われた岩石の産地分析とその考古学的意義 ----92
 ○今岡照喜(山口大学理学部) 中村徹也(山口県埋蔵文化財センター) 松里英男(山陽町教育委員会) 飯泉 滋(島根大学総合理工学部) 板谷徹丸(岡山理科大学自然科学研究所)
- [年代別定]
43. 旧石器遺跡文化層のルミネッセンス(TLおよびOSL)年代測定 ----94
 長友恒人(奈良教育大学) ○下岡順直(奈良大学大学院) 森 丈幸(奈良教育大学) 津川理恵(同) 疋田麻理江(同) 佐藤宏之(東京大学) 人吉市教育委員会
44. 噴砂の古地磁気測定による古地震の年代推定 ----96
 ○広岡公夫(富山大学理学部) 長瀬晶子(同) 越前慎子(富山県文化振興財団) 町田賢一(同) 田中昌樹(同)
45. 縄文土器片(奥三面遺跡群出土)より抽出した石英粒子を用いたルミネッセンス年代評価 ----98
 ○橋本哲夫(新潟大学理学部) 高野雅人(同)
46. AMS¹⁴C年代を利用した東日本縄文前期～後期の土器・集落の研究 ---100
 今村峯雄(国立歴史民俗博物館) ○小林謙一(総合研究大学院大学) 西本豊弘(国立歴史民俗博物館) 坂本 稔(同)
47. 年輪年代から見た国宝三仏寺投入堂・木彫仏等の年代 ---102
 ○光谷拓実(奈良文化財研究所) 大山幹成(同)
- [保存科学]
48. ケラチン加水分解物を用いた出土木材の保存処理 ---104
 ○遠藤利恵(京都工芸繊維大学大学院先端ファイブロ科学) 河原 豊(同)
49. 超臨界二酸化炭素を用いた出土水浸木製品の保存処理 ---106
 ○手代木美穂(東北芸術工科大学) 田島栄一郎(東北大学) 菊池幹夫(同) 猪股 宏(同) 高妻洋成(奈良文化財研究所)
50. 北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査 ---108
 ○石崎武志(東京文化財研究所) 高見雅三(北海道立地質研究所)

ポスターセッション

[産地推定]

- P 1. 原石産地不明石器・玉類の組成分析による使用圏(3) ---112
○藁科哲男(京都大学原子炉実験所)
- P 2. Jomon Craft Specialization :Evidence from the Chemical Analyses of Atamadai Pottery. ---114
○Mark E. Hall (Niigata Prefectural Museum of History)
- P 3. 蛍光X線分析による九州地方の黒曜石の検討(4) -太宰府市宝満山遺跡群第23次調査に伴い出土した黒曜石の原石産地- ---116
○高橋 豊(沼津工業高等専門学校) 望月明彦(同)
- P 4. 長崎県原の辻・カラカミ遺跡出土弥生土器の胎土分析 ---118
○鐘ヶ江賢二(九州大学) 三辻利一(大谷女子大学) 中園 聡(鹿児島国際大学) 上野禎一(福岡教育大学)
- P 5. 古墳から出土した資料の鉛同位体比 ---120
○榎本淳子(東京文化財研究所) 早川泰弘(同) 平尾良光(同)
- P 6. 微量元素組成による石棺石材の産地推定 ---122
○中井弥生(立正大学地球環境科学部) 福岡孝昭(同) 高木恭二(宇土市教育委員会)
- P 7. 非破壊分析による出土水銀朱の産地推定方法の可能性 ---124
○柴崎晶子(奈良大学保存科学研究室)
- 「保存科学」
- P 8. 窒素封入型展示ケースを用いた展示 -設計・活用の実例- ---126
○神庭信幸(東京国立博物館) 和田 浩(同) 望月幹夫(同) 古谷 毅(同)
- P 9. 分離合体型支持台による甲冑の復原と展示 ---128
○塚本敏夫(財元興寺文化財研究所) 尾崎 誠(同) 菅野成則(株スタジオ三十三) 増田 啓(同)
- P10. 燻蒸剤、温度処理等、各種殺虫処理が標本資料DNAに及ぼす影響 ---130
○木川りか(東京文化財研究所) 後出秀聡(株液化炭酸) 木村 広(同)
- P11. 防霉剤の紙に対する効果と影響 ---132
○間瀬創(東京芸術大学) 稲葉政満(同) 木川りか(東京文化財研究所) 佐野千絵(同)
- P12. 「こけら経」保存処理のための予備実験と考古学的調査 ---134
○西尾太加二(財静岡県埋蔵文化財調査研究所) 岩本貴(同) 大森信宏(同)
- P13. 水漬け出土木材の生物劣化抑止法について-天然成分を中心に- ---136
○吉村佐紀恵(財元興寺文化財研究所) 山田哲也(同)
- P14. 保存処理後遺物の経年調査(2) ---138
○伊藤健司(財元興寺文化財研究所) 藤田浩明(同) 米村祥央(同) 尾崎 誠(同) 植田直見(同)
- P15. 真空凍結乾燥処理におけるPEG濃度による出土木材への影響(1) ---140
○福土明日香(東北芸術工科大学大学院) 松田泰典(同) 松井敏也(東北芸術工科大学)
- P16. 出土木製品の保存処理に用いられるPEGの分子量分布の変化 ---142
○米村祥央(財元興寺文化財研究所)

- P17. 力学的試験法による水浸出土木材保存処理法の評価 ---144
 ○川本耕三(財元興寺文化財研究所) 中村真仁(同) 中村晋也(金沢学院大学)
- P18. 前期難波宮遺構の保存処理(2)ー大阪歴史博物館・NHK大阪放送会館地下での遺構保存ー ---146
 ○伊藤幸司(財大阪市文化財協会) 鳥居信子(同) 池之上晃敏(株アクト) 合志 修(大阪化成株式会社)
- P19. 鎌倉のやぐら群の劣化と環境の関係について ---148
 ○高 東亮(中国洛陽龍門石窟研究院) 朽津信明(東京文化財研究所) 秋山純子(同) 森井順之(同)
- P20. 史跡志波城跡築地塀の劣化調査 ---150
 ○武田一夫(MT S 雪氷研究所) 石崎武志(東京文化財研究所) 登尾浩助(岩手大学)
- P21. シルクロード古銅印の三次元デジタルデータ保存と複製 ---152
 河嶋壽一(龍谷大学理工学部) ○江南和幸(同)
- P22. インスタントシートフィルムのX線ラジオグラフィへの応用 ---154
 ○村上 隆(奈良文化財研究所) 井上直夫(同) 小野澤亮子(同) 岡田 愛(同)
- [文化財科学一般]
- P23. Contribution of Geophysics to Outline the Foundation Structure of the Historic Islamic Museum, Cairo, EGYPT. ---156
 Helal A. M. (Ain Shams University, Abbassia, EGYPT), ○Abbas A. M. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT. Tokyo Institute of Technology), Atya M. A. (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, EGYPT. Tokyo Institute of Technology) and Kamei H. (Tokyo Institute of Technology)
- P24. 市販データを用いた簡易的立体モデルの作成ー地形と遺跡立地の関係を探るー ---158
 木村寛之(株イビソク) ○生方美菜子(同) 兼康保明(同)
- P25. 屋外用レーザーレンジファインダーによる遺跡のリアルタイム三次元デジタル計測ー島根県大社町出雲大社境内遺跡発掘での事例を中心としてー ---160
 ○塚本敏夫(財元興寺文化財研究所) 佐藤宏介(大阪大学) 多井健一郎(同) 石原 聡(大社町教育委員会) 松尾充晶(島根県教育庁文化課) 松田重雄(株リーグルジャパン) 多湖真市(株守屋商会)
- P26. 活断層に起因する国宝文化財の地震危険度評価ー国宝文化財所在地データベースの構築と活断層データベースとの連携ー ---162
 ○二神葉子(東京文化財研究所) 隈元 崇(岡山大学理学部地球科学科)
- P27. 弥生時代前期の畑の土壌微細形態学的解析ー福岡県三沢蓬ヶ浦遺跡の例ー ---164
 ○宮路淳子(奈良文化財研究所) 平山良治(国立科学博物館筑波実験植物園)
- P28. 上ノ平遺跡の土壌ブロックのCTスキャン分析と出土した炭化米のDNA分析 ---166
 ○花森功仁子(静岡大学農学部・株ジェネテック) 松井文孝(財静岡県埋蔵文化財調査研究所) 西尾太加二(同) 錦野光浩(錦野クリニク) 佐藤洋一郎(静岡大学農学部)
- P29. 墳墓出土赤色顔料の分析方法に関する基礎的研究 その2 ー古墳の石室、石棺からのサンプルリングと分析事例ー ---168
 ○本田光子(別府大学文学部) 志賀智史(同) 大澤元裕(行橋市歴史資料館) 朴 智鈴(別府大学大学院)

- P30. 脊椎動物遺存体画像と切創に関するデータベース構築 ---170
 ○富岡直人(岡山理科大学) 上岡眞帆(同) 藤田美美(同) 水野尊之(同) 塩谷勇一郎(同)
 太田 謙(同) 宮本 葵(同) 辻 貴之(同)
- P31. 東アジア産青花白磁における釉と着色成分による時代分類について ---172
 ○張 大石(東京芸術大学大学院) 北田正弘(同) 建石 徹(同) 桐野文良(同)
- P32. 考古遺物高精度三次元デジタルアーカイブスシステムの評価とデータ活用法 ---174
 ○塚本敏夫(財元興寺文化財研究所) 佐藤宏介(大阪大学) 伴 好弘(神戸大学) 藤沢典彦
 (大谷女子大学) 小林謙一(奈良文化財研究所) 難波洋三(京都国立博物館) 古谷 毅(東
 京国立博物館) 糊田寿夫(ミノルタ高槻研究所) 今井重晃(同)
- P33. 美術品輸送における基礎的研究 -出土金属製品をモデルケースとして- (1) ---176
 雨森久晃(財元興寺文化財研究所) ○塚本敏夫(同)
- P34. 文化財科学研究史の断面 -Schliemannの場合- ---178
 ○大沢真澄(昭和女子大学)
- P35. 可搬型蛍光X線分析装置を用いた古陶磁伝世品に関する研究 ---180
 ○三浦 裕(東京理科大学大学院理学研究科) 中井泉(東京理科大学理学部) 田村 哲(愛知
 県陶磁資料館) 仲野康裕(同)
- P36. 長野県鷹山遺跡における黒耀石の生成過程と噴出年代について ---182
 ○杉原重夫(明治大学文学部) 福岡孝昭(立正大学地球環境科学部) 中村利廣(明治大学理工
 学部) 島田和高(明治大学考古学博物館) 安蒜政雄(明治大学文学部)

[年代測定]

- P37. 風化層分析による石器の新旧判定 ---184
 ○長友恒人(奈良教育大学) 宮崎利靖(同) 西村誠治(同) 柳田俊雄(東北大学総合学術博物
 館)
- P38. ¹⁴C年代測定の国際比較研究 ---186
 ○中村俊夫(名古屋大学年代測定センター) 小田寛貴(同) 丹生越子(同) 池田晃子(同)
 南 雅代(名古屋大学大学院環境学研究科) 高橋 浩(産総研) 太田友子(名古屋大学年代測
 定センター)
- P39. 焼成考古遺物研究のためのルミネッセンス(OSL/TL)自動測定システムの開発と性能 ---188
 中川貴博(新潟大学理学部) 薄田隼人(同) 八幡 崇(同) 橋本哲夫(同)
- P40. 第4回C-14年代測定国際比較研究(FIRI)に参加して ---190
 ○柴田せつ子(大阪府立大学先端科学研究所放射線総合研究センター) 川野瑛子(同)

[古環境]

- P41. 先史時代集落立地の環境的背景の検討 ---192
 ○津村宏臣(総合研究大学院大学) 西本豊弘(国立歴史民俗博物館) 樋泉岳二(早稲田大学)
- P42. 縄文時代クリ収穫量復元のための愛知県小原村における野生クリ調査 ---194
 ○新美倫子(名古屋大学博物館) 坂平文博(名古屋大学大学院人間情報学研究科)
- P43. 走査電子顕微鏡による土壌中のウルシ属花粉の形態と保存 ---196
 ○関口千穂(明治大学大学院) 叶内敦子(明治大学) 杉原重夫(同)
- P44. 弥生時代の開析谷底域におけるイネと水田雑草の植物珪酸体化石の分布要因 ---198

- 江口誠一(千葉県立中央博物館)
- P45. 地形環境と土地利用の関係からみた平城京の立地特性 ---200
○河角龍典(立命館大学大学院)
- P46. 古代水田稲作における収穫様式の変遷に関する研究 ---202
○松田隆二(榊古環境研究所) 河西克造(長野県埋蔵文化財センター)
- P47. 宮崎県・坂元A遺跡における稲作の変遷について ―プラント・オパール形状解析による検討― ---204
○宇田津徹朗(宮崎大学農学部) 藤原宏志(同) 橋本将幸(同) 鄭雲飛(奈良文化財研究所)
- [材質・技法]
- P48. 縄文遺跡から出土した石製品の非破壊同定 ---206
○加藤晃一(北海道大学大学院工学研究科) 渡邊輝夫(同理学研究科) 小笠原正明(北海道大学高等教育センター)
- P49. 土器残存塗膜の自然科学的研究 ---208
○赤沼英男(岩手県立博物館) 武田昭子(昭和女子大学) 中村美杉(青森県教育庁文化財保護課) 渋谷孝雄(山形県教育庁文化財保護室) 上條朝宏(東京都埋蔵文化財センター) 門倉武夫(同)
- P50. 秋田県戸平川遺跡出土縄文漆器の塗装技法について ---210
○片桐清恵(京都造形芸術大学大学院) 高橋忠彦(秋田県埋蔵文化財センター) 成瀬正和(宮内庁正倉院事務所) 岡田文男(京都造形芸術大学)
- P51. 漆状塗膜の経年変化に関する一考察 ―鎌倉やぐら群における黒色物質を例に― ---212
○早川典子(東京文化財研究所) 朽津信明(同)
- P52. 鎌倉市の「やぐら」に用いられた装飾材料について ---214
○朽津信明(東京文化財研究所)
- P53. 中国の古代塑像・壁画材質の顕微FT-IRによる迅速同定 ---216
○劉阿妮(京都大学大学院人間環境学研究科) 佐藤昌憲(奈良文化財研究所) 高妻洋成(同) 肥塚隆保(同) 沢田正昭(同)
- P54. フレスコ画制作に関する材料学的考察(Ⅰ) ―手作りの石灰焼成窯による石灰焼成― ---218
大野 彩(東京芸術大学美術学部) ○佐野千絵(東京芸術大学大学院システム保存学)
- P55. フレスコ画制作に関する材料学的考察(Ⅱ) ―手作りの石灰焼成窯で得られた石灰の特質― ---220
大野 彩(東京芸術大学美術学部) ○佐野千絵(東京芸術大学大学院システム保存学)
- P56. 白描画像の書写技法と料紙加工技術に関する研究 ---222
和田 浩(東京国立博物館) ○沖松健次郎(同)
- P57. X線分析顕微鏡によるネパール写本挿絵の分析 ---224
○加藤雅人(龍谷大学AFC) 江南和幸(龍谷大学理工学部) 佐久間恵子(堀場製作所分析センター)
- P58. 媒染剤による布上の付着成分と染色布の色について ---226
○上原瑞穂(共立女子大学) 齊藤昌子(同)
- P59. 中世の甲冑に用いられた組紐の染料分析 ---228
○佐々木良子(奈良文化財研究所) 佐藤昌憲(同) 沢田正昭(同) 小村真理(財元興寺文化財研究所) 植田直美(同) 井上美知子(同) 木沢直子(同) 佐々木 健(京都工芸繊維大学)

- P60. 出土繊維鑑別のための基礎的研究—釧路市北斗遺跡出土炭化繊維と北海道自生植物繊維の比較— ---230
 ○伊藤美香(昭和女子大学) 小原奈津子(同) 松田 猛(釧路市埋蔵文化財センター)
- P61. 胡篋製作に用いられた平絹 ---232
 ○小村眞理(財元興寺文化財研究所) 井上美知子(同) 尼子奈美枝(同) 菅井裕子(同) 大野究(氷見市立博物館)
- P62. 古墳時代の結歯式堅櫛の構造調査と製作法試案 —兵庫県和田山町梅田1号墳を例として— ---234
 ○本吉恵理子(榊吉田生物研究所) 岡田文男(京都造形芸術大学) 岡田章一(兵庫県教育委員会) 菱田淳子(同) 水嶋正稔(同)
- P63. 出土木製品における樹種選択とその変遷 —大阪府下の遺跡を中心として— ---236
 ○井上美知子(財元興寺文化財研究所) 佐藤亜聖(同) 木沢直子(同)
- P64. 山形市石田遺跡出土木質遺物の樹種同定 ---238
 ○小林 啓(東北芸術工科大学大学院) 松井敏也(東北芸術工科大学) 北野博司(東北芸術工科大学大学院) 松田泰典(同)
- P65. 松山平野における耳環の様相 ---240
 ○渡辺智恵美(財元興寺文化財研究所) 菅井裕子(同) 梅木謙一(財松山市埋蔵文化財センター) 平尾良光(東京文化財研究所) 榎本淳子(同)
- P66. 興福寺中金堂より出土した小金塊の分析 ---242
 ○肥塚隆保(奈良文化財研究所) 井上和人(同) 高妻洋成(同) 川越俊一(同) 脇谷草一郎(京都大学大学院)
- P67. 9世紀前半の平安京で使用されたヒ素を含む銅材料について—淳和院跡出土遺物を中心として— ---244
 ○長谷川雅啓(榊和蘭画房) 河野益近(京都大学) 西山文隆(広島大学) 内田俊秀(京都造形芸術大学)
- P68. エジプト・アコリス出土金属精練遺物の分析 ---246
 ○梅田寛(明治大学理工学部大学院) 中村利廣(明治大学理工学部)
- P69. 百濟時代脱炭鉄斧の製作技法研究 ---248
 ○鄭 光龍(韓国大田保健大学博物館学科) 姜 大(韓国伝統文化学校保存科学科) 韓 允熙(奈良大学大学院)
- P70. 古墳時代出土鉄器の形態と組成についての—考察 ---250
 ○関 博充(岩手県立博物館)
- P71. 茨城県片岡遺跡における飛鳥時代の鉄・鉄器製作活動について —出土鉄関連遺物の形状と組成を通して— ---252
 ○関 博充(岩手県立博物館) 木下正史(東京学芸大学) 風間和秀(財鹿嶋市文化スポーツ振興事業団) 石橋美和子(同) 赤沼英男(岩手県立博物館)
- P72. 北属期のヴェトナムの古窯址から出土した陶片の化学分析 ---254
 ○山崎一雄(名古屋大学理学部) 森本朝子(福岡市教育委員会) 肥塚隆保(奈良文化財研究所) 降幡順子(同)

記 念 講 演

胎土分析30年をかえりみて

三辻 利一

1) はじめに

私の考古学に関する研究は昭和43年(1968年)、東北大学から奈良教育大学に転出した時に始まりました。それまでは考古学に特別興味をもっていた訳ではありませんでした。新任地の奈良教育大学では熱ルミネッセンス法による年代測定法の開発研究を行っていた故市川米太教授を中心に考古遺物の自然科学的研究で地方大学の研究エネルギーを結集しようとする雰囲気がありました。非常勤講師として来ておられた京都大学理学部の東村武信教授もこの運動の背後を強力に支えておられました。こんな雰囲気の中へ飛び込んできた私は当然、古代土器の化学分析を受け持つことになりました。最初に分析したのが須恵器でした。しかも、和泉陶邑窯群の須恵器だったのです。今にして思えば不思議な縁としかいいようがありません。陶邑にはいくつかの谷筋に沿って多数の須恵器窯跡が発見されており、化学分析によって、谷筋ごとに須恵器を相互識別できるかどうか、また、周辺の高塚から出土する須恵器が朝鮮半島産かそれとも陶邑産か判断できるかどうかというのが考古学者の問題でした。この時、初めて「産地推定」という言葉を知りました。この須恵器の分析を契機にして私の研究方向は大きく変換してしまっただけです。

当時、私は甲南大学の日下 譲教授、京都大学理学部の故小山睦夫助手(その後、京大原子炉教授)らと海水中の微量元素の放射化分析を行っていました。当然、分析対象は間もなく須恵器に変わりました。放射化分析は当時としては最新の分析法であり、土器などのケイ酸塩試料の同時多元素分析には最適の分析法と考えられていました。しかし、どの元素を使ってデータ解析をすればよいのか、どのようにして相互識別や産地推定をすればよいのか全く見当が付きませんでした。須恵器の分析を重ねるうちに、産地問題の研究にはこれまでの常識を越える大量の試料の分析が必要であり、放射化分析よりもっと簡便に分析でき、大量の試料の分析処理ができる方法が必要であることがわかりました。丁度そのころ、原子炉実験所でのコーヒープレイクの折り、エネルギー分散型の蛍光X線分析装置が市販されるらしいこと、この装置を使用すれば、年間数千点の試料処理ができることを聞きました。早速、奈良教育大学へ帰り、市川教授と相談して文部省に予算請求することになりました。昭和50年(1975年)ころのことです。こうして、「須恵器産地問題の解明」を目指して、本格的な蛍光X線分析が奈良教育大学で始まったのです。

2) 窯跡出土須恵器の蛍光X線分析

産地問題の研究では生産地の須恵器の化学的な特性(今日、化学的指紋と言っております)を化学分析のデータを通して十分把握しておかなければなりません。窯跡はまさに須恵器の生産地です。窯跡出土須恵器を大量に分析することによって、生産地の須恵器の化学的指紋は把握できるのです。

窯跡出土須恵器の蛍光X線スペクトルを測定してみました。短時間の測定で大きな強度の蛍光X線が観測されるのはSi、K、Ca、Fe、Rb、Sr、Y、Zrの8元素でした。私が最初に使用した2次ターゲット方式のエネルギー分散型の装置では分解能が十分ではなく、AlとSiのピークは重なっていました。また、YにはRbの $K\beta$ 線が、ZrにはSrの $K\beta$ が重

なっていました。そのため、Si、Y、Zr をすて、K、Ca、Fe、Rb、Sr の5元素を測定することになりました。この中に地域差をうまく表示する元素があるかどうかです。完全自動式の蛍光X線分析装置が最初に市販されたのはエネルギー分散型の装置でした。この装置ではTVモニター上に観測中の蛍光X線スペクトルが表示されているのです。さらに、2次ターゲット方式の装置を使用したため、波長分散型の装置では観測される連続スペクトルの大きなバックグラウンドは除去されており、スペクトル線は見やすくなっていました。また、Moを2次ターゲットとして使用したため、Moの蛍光X線よりも少しエネルギーが低いRb、Srの蛍光X線の励起効率が上がり、両元素のスペクトル線は含有量に比較して感度は上がっていました。実は、RbとSrが最も有効に地域差を示す元素だったのです。そのことは各地の窯跡出土須恵器の蛍光X線スペクトルを比較した結果、容易にわかったのです。地域差を有効に表す元素としてRbとSrの発見が須恵器産地推定法の開発への第一歩を開いたのだと言っても過言ではありません。この発見はMoを2次ターゲットとして使用したエネルギー分散型の装置を使ったという偶然が幸いしたのです。間もなく、K、Caも地域差を有効に表すことがわかりました。こうして、これら4元素の蛍光X線強度が求められ、K-Ca、Rb-Srの両分布図上に分析データはアナログ化されることになったのです。研究の準備は整いました。次は全国各地の窯跡出土須恵器片試料を大量に集めることです。この時期に全国各地の県、市町村の教育委員会にお願いして試料を提供していただくことになりました。東奔西走の日々が繰り返されました。窯跡出土須恵器に地域差があることがわかり、心の中では毎日、進軍ラッパを吹いていました。提供された試料は次々に分析されていきました。新しい事実が次々と見つかることで疲れることを知りませんでした。こんな毎日が10年余り続きました。窯跡出土須恵器の分析データは両分布図上で星雲状にまとまって分布すること、窯ごとに若干分布はずれるが、同じ窯群の須恵器は類似した化学的指紋をもつこと、したがって、この結果を活用すれば、多数の窯跡は窯跡群として集約できることがわかりました。この事実は大変重要です。多数の窯跡を少数の窯跡群に整理しておかない限り、産地推定の作業には入れないからです。窯跡群の相互識別は両分布図上で定性的におこなわれました。自然科学者ならば、もう少し定量的に考えておくことは必要です。京大原子炉で藁科哲男氏からしばしば指摘されていたことです。彼は物理学の出身だから当然のことであったのでしようが、化学出身の私は数量化することは苦手で、アナログ化して図形化することを得意としていました。自分の弱点を指摘されることは誰でも、気持ちの良いものではありません。しかし、この弱点を乗り越えない限り、研究を前進させることができなければ、その指摘を受け入れざるを得ません。この時から統計学の勉強を始めました。この結果は後々、2群間判別分析法を導入し、須恵器産地推定法を作り上げる上に大きく役立ちました。この方法の開発には藁科氏の助言が大きく役立っており、改めて、友人の有難味を感謝しています。

さて、窯跡出土須恵器に地域差があるとわかった段階で、もう一つ、重要な問題を解決しておかなければなりません。それは「地域差の原因は何か」という問題です。須恵器の素材の粘土は岩石が風化して生成したものです。粘土に地域差があるということは母岩にも地域差があることを示唆しています。岩石を全国的に分析してみることは不可欠であると考えました。問題はどの岩石を分析するかです。ここで日本列島の地質の土台を構成する岩石、花崗岩類を分析対象として選択しました。花崗岩類はマントル対流が活動を開始

し、大陸が隆起する段階で出現する岩石です。地球上にしかない岩石です。水星、金星や火星の表面は地球上の海洋低を構成する岩石同様、玄武岩でできています。花崗岩類を構成する主成分鉱物の中で最も主要な鉱物は長石類です。長石類の中でも最もありふれた長石がカリ長石と斜長石で、それぞれ、K と Ca を含有しています。K-Ca 分布図で地域差を示すということは、もしかしたら、花崗岩類にも地域差があるかもしれないのです。ここで、私が学部学生であったところに、地質鉱物学科に在籍したことが幸いました。先輩の伊藤晴明島根大学理学部教授や後輩の広岡公夫富山大学理学部教授が日本列島内の重力異常を測定するために各地の花崗岩類の試料をもっておられることを知って、大量の試料をいただきました。近畿地方の花崗岩類は学生たちの車に乗って大量の試料を採集しました。4000 点ほどの試料を分析しました。その結果、近畿地方では北部の敦賀半島や比良山の花崗岩類には K,Rb 量が比較的多く、逆に、Ca、Sr 量は比較的小さいこと、南部の葛城山、金剛山の花崗岩類は北部の花崗岩類とは対照的に K、Rb 量が少なく、Ca、Sr 量が比較的多いこと、中間地域にある比叡山、生駒山の花崗岩類は両者の中間に分布することなどが明らかになりました。一般的に、K、Rb 量が多く、Ca、Sr 量が少ない花崗岩類は新潟県五頭山、福井県敦賀半島、鳥取県倉吉市周辺、広島県三次市周辺、山口県長門銅山周辺など日本海側に偏って分布しており、対照的に K、Rb 量が少なく、Ca、Sr 量が多い花崗岩類は東北地方では太平洋側の北上山脈、阿武隈山脈を構成する花崗岩類にみられます。このように、日本列島の基盤を構成する花崗岩類は K、Ca、Rb、Sr の 4 因子からみて一様ではなく、地域差があることがわかりました。そして、微量元素 Rb は主成分元素 K と、また、Sr は Ca と正の相関性があることもわかりました。このことは微量元素 Rb と Sr はそれぞれ、主成分元素 K、Ca と花崗岩類を生成する段階で同じ挙動をしたことを示しています。すなわち、Rb と Sr はそれぞれ、K、Ca と同じ鉱物中に存在することを意味します。このことから、これら 4 元素は花崗岩類中の主成分鉱物である長石類（カリ長石と斜長石）中に主として存在すると考えられます。さらに、重要なことはこれらの花崗岩類を後背地とする地域の窯跡出土須恵器にはこれと対応するかのような化学的指紋をもつことがわかりました。つまり、窯跡出土須恵器のもつ化学的指紋は窯跡の後背地を構成する花崗岩類が支配しており、その化学的指紋は粘土を高温で焼成し須恵器を作っても、変動しないのです。まさに、素材粘土の出所を示す指紋をもっていることとなります。この指紋と対照することによって、消費地遺跡出土須恵器の産地を知る手掛かりがえられるのです。

このようにして、須恵器の生産地に関する情報は次第に集積されていったのです。しかし、このままでは産地推定の作業には入れません。古代最大の窯業生産であった須恵器の窯跡は余りにも多すぎます。いかにしてこれらの生産地を整理し、産地推定の方法を導入するかです。これが次の重要課題なのです。

3) 須恵器産地推定法

私は須恵器産地推定法の開発研究では根底に統計学の考え方が必要であること、もう一つは複雑な系を研究対象とするとき、最大単純性の原理を根底に置くことは不可欠であると考えていました。まず、統計学の考え方の導入です。須恵器を分析するにしても、また、花崗岩類を分析するにしても、1 基の窯跡から出土する須恵器を、また、一山の花崗岩をすべて分析することは不可能なことは明白です。これらをそれぞれ母集団と呼びます。自然科学の分野ではこのような場合、母集団から一部の試料をサンプルとして抜き取り、そ

の分析データから母集団の性質を推計するという考え方をもちます。上述してきたように、私は1基の須恵器窯跡や一山から一部の須恵器片や花崗岩片をサンプルとして採集し、分析したにすぎないのです。このような一部の試料集団の分析データを使って母集団間の相互識別をしたり、母集団への対応（産地推定）を考えると、統計学の考え方の導入は不可欠のことは明白です。具体的には判別分析という統計学の方法を導入することになります。もう一つは最大単純性の原理の導入です。母集団間の判別には二つの母集団を取り上げ、2群間判別分析に持ち込むのは最大単純性の原理が根底にあるからです。何らかの形で母集団を二つに絞り込んでくるのです。指紋元素を四つにしたのは最大単純性の原理からではありません。窯跡出土須恵器の蛍光X線スペクトルの比較から経験的に引き出されたのですが、その結果は生産地（窯跡）の分類と整理に活用されました。良く考えると、考古学者は土器の特定の箇所に注目して観察し、土器を分類しています。分析化学者も地域差を有効に示す特定の元素に着目して土器を分類すればよいのです。K、Ca、Rb、Srの4元素を使えば窯としてまとめ、さらに、窯群としてまとめたのです。分類の考え方は考古学者も分析化学者も同じなのです。Feを入れなかったのは折角、4因子で分類した結果がFeを入れたばかりに、崩される場合あるからです。Fe量は火山地域にある窯跡出土須恵器の特徴を示しているようですが、これはまた、別の場合に活用できそうです。放射化分析によるScはこの因子だけで福岡県甘木市にある朝倉窯群の初期須恵器の検出ができるくらいです。これからも有効に使える因子は見つかるかもしれません。もし、考古学者が肉眼観察で全国の須恵器窯の分類に成功すれば、考古学的な産地推定もできるかもしれません。しかし、自然科学の方法のように、データを数量化できない弱点があるかと思えます。

さて、4因子を使って分類すると、全国の大規模窯群（数10基以上の窯跡からなる窯群）は40ほどあります。この他に、数基単位の小規模窯群もあります。産地推定の作業に入るにはさらに分類が必要です。分析化学の方法による分類には年代観が入っていません。年代観をいれた分類が次に必要になります。ここで、考古学側からの情報が必要になるのです。平安時代の須恵器窯跡の数は古墳時代に比べて圧倒的に多いです。平安時代には須恵器は日常用具として普及したのでしょう。須恵器生産は古代最大の窯業生産に成長します。窯跡の数が多いのはそのためでしょう。これに対して、祝部土器として古墳での祭祀道具としても使用された古墳時代には須恵器窯跡は少ないです。この点に着目して古墳時代と平安時代に分けて須恵器産地推定法は提案されています。古墳時代でもとくに須恵器製作技法が導入された5世紀代の須恵器窯跡は限定されてしまいます。まず、須恵器産地推定法はこの時期の須恵器の産地推定に適用されました。ここで、最大単純性の原理を適用するのです。まず、地方窯周辺の古墳出土須恵器の産地問題が取り上げられました。最大の地方窯は福岡県甘木市の朝倉窯群です。朝倉窯群周辺の古墳出土須恵器が最初に取り上げられたのです。地元、朝倉窯群の製品が出土することが十分期待されます。朝倉窯群が第一母集団として取り上げられました。さて、ここで第二母集団として何処の窯群を取り上げるかです。5-6世紀代の須恵器窯跡の数を比較すると、圧倒的に和泉陶邑に多いことがわかります。このこと自体重要な意味をもっているのだと思いますが、ここでは窯数が圧倒的に多いという点に着目して、もし、朝倉窯群の周辺の古墳に外部地域からの搬入品があるとすれば、陶邑産の可能性が高いと考え、第二母集団として陶邑群を選択

しました。朝倉群と陶邑群の2群間判別分析が適用されることになったのです。分析結果は予想通り、地元、朝倉群の製品は検出されました。しかし、驚いたことに、陶邑産と推定される須恵器も相当数検出されたことです。一方、佐賀市にも神籠池窯という初期の須恵器の窯跡が見つけられています。神籠池窯周辺の古墳出土須恵器の産地推定に地元、神籠池群と陶邑群間の2群間判別分析が適用されました。地元、神籠池窯の製品は少数しか検出されませんでした。それは神籠池窯での須恵器生産量がそれほど多くなかったためと考えられました。ここにも多数の陶邑産と推定される須恵器が検出されました。さらに、興味深いことには、神籠池群と朝倉群との2群間判別分析の結果、朝倉群産と推定される須恵器も検出されたことです。しかし、神籠池群の製品は朝倉窯群の周辺の古墳からは検出されず、また、朝倉群産と推定される須恵器は陶邑窯群の周辺の古墳からは検出されないことです。このことは陶邑から一方的に陶邑産の須恵器は朝倉窯群や神籠池窯の周辺の古墳へ、また、朝倉窯群の製品も一方的に神籠池窯周辺の古墳へ供給されたことを示しています。このことをどう理解したらよいのでしょうか？ 興味深い問題です。こうして、地元産か陶邑産かをどう2群間判別分析法が全国各地の古墳出土須恵器の産地推定に適用され、初期の古い須恵器については北は岩手県から南は鹿児島県に至るまでの各地の古墳から陶邑産の須恵器が検出されています。また、畿内や四国の古墳から出土した硬質土器については朝鮮半島産の陶質土器か陶邑産の須恵器かが問題にされているようです。しかし、陶邑群と伽耶群間の2群間判別分析では朝鮮半島産と推定されるものはほとんどありません。陶邑からの搬入品が殆どです。恐らく、形式的には朝鮮半島産であっても、胎土は陶邑産なのです。大庭寺窯の製品のように、外見上は朝鮮半島産と推定される陶邑産の須恵器なのでしょう。しかし、もう少し古い時期の住居跡からは朝鮮半島産の陶質土器は出土するかもしれません。こうして、古墳から出土する初期の須恵器については、地元産か陶邑産からの搬入品かをどう2群間判別分析法で大部分の須恵器の産地問題は解決できそうです。6世紀代の古墳からは地元産と推定される須恵器が次第に多く検出されています。

律令体制下の須恵器の産地問題については隣接する地域の大規模窯群間での2群間判別分析が適用されています。大規模窯群の経営には地方の役所が何らかの形で関わっている可能性があり、大規模窯群の製品の供給は地方行政の展開と関連があるかもしれません。例えば、周防の長門銅山跡から出土する須恵器の多くは周防陶窯群の製品と推定されていますが、山陰側の須恵器も若干検出されています。防人の墓があるといわれる日本海の見島のジーコンボ古墳群の須恵器の産地は石見地域であろうと推定されていますが、まだ、データは少数で今後の研究の成果に待ちたいところです。

埴輪、土師器などの窯跡（生産地）が残っていない土器の胎土研究にも、考古学的な何らかの条件をつけて2群間判別分析に持ち込み、情報を引き出そうとする試みがおこなわれており、ここでも、一定の成果をあげています。

30年をふりかえって、予想以上に仕事は進展したと思っています。ここまで到達することができたのも、今は鬼籍に入られた方々も含めて、多くの先輩、後輩たちの助力のお陰であると深く感謝しています。

4) 今後の課題

上述してきた須恵器産地推定法は化学分析のデータを自然科学の考え方でまとめたものです。しかし、この方法が適用されるのは考古学の試料であり、その成果は考古学側がつ

み取るものです。もともと、考古科学の目的は肉眼観察を中心としてきた考古学が目には見えない情報を自然科学の方法で引き出し、新しい方法論を提示することにあります。遺物をとおして過去を再現する学問が考古学であるとすれば、しかも、ごく一部しか出土していない遺物をとおして過去を再現することは至難の業です。単に、遺物を分析するだけの検査行為で過去は再現できるものではありません。きちんとした方法論を作り上げておかない限り、考古学に有意な情報を提供できるものではないのです。この方法論の開発こそが自然科学者側に求められたものです。方法論の開発には大量の基礎データが必要です。方法論の開発に長い年月を要するのはそのためです。さらに、重要な点は方法論の開発で自然科学者の役割が終わるものではありません。この方法を若手の考古学者が活用し、明日の考古学への歩みをはじめのお手伝いをするのも自然科学者の義務です。複合領域の研究であるからです。具体的にどうするかが次の問題です。須恵器産地推定法は自然科学側が中心となって開発されたものではありませんが、土器形式による年代観が入らない限り、方法論としてまとまらなかったはずで、土器の素材はどこにでも産する粘土です。当然、その生産地はものすごく多い。土器の形式論だけでも、土器の化学分析のデータだけでも土器の生産地を容易に整理できるものではなかったのです。完璧な整理は今なお、困難ですが、少なくとも、土器形式と化学分析の合作で生産地の整理が進み、従来の成果を上回る結果をだせるはずで、化学分析で陶邑産、地元産と推定された古墳出土須恵器は今一度、形式的に再度検討すべきです。考古学者の須恵器を見る日は一層詳細になるはずで、その結果、須恵器編年がさらに詳細になれば、幸いです。形式による再検討から再度分析が必要であれば、当然分析しなければなりません。考古学者と自然科学者の間でこのようなボールの投げ合いこそがいま、必要なのです。このようなプロセスをとおして須恵器産地推定法は考古学者にも共有されていき、化学分析と土器形式が融合された新しい方法論として定着することになるでしょう。自然科学系、文化系といった学問間の障壁は今世紀には取り除かなければなりません。すでに、自然科学の産物であるコンピュータは学問領域を乗り越えて広く普及しているではありませんか。同様のことは環境科学などの複合領域でおこることが予想されます。複合領域にわたる新しい方法論の開発こそが新しい時代のニーズに応えることができるでしょう。

5) 引用文献

三辻利一ほか、「統計学の手法による古代、中世土器の産地問題の研究（第一報～第十五報）、情報考古学、X線分析の進歩、人類学研究、考古学と自然科学など。

三辻利一、「初期須恵器の産地推定法」 X線分析の進歩 第21集、p 205~224 (1992)

三辻利一、伊藤清明、広岡公夫、杉 直樹、黒瀬雄士、浅井尚輝、「K、Ca、Rb、Sr 因子からみた花崗岩類の地域差」 X線分析の進歩 第31集、p109~124(2000)

三辻利一、松井敏也、「K、Ca、Rb、Sr による須恵器窯の分類」 X線分析の進歩 第33集、p73~90(2002)

高木 晃、三辻利一、「岩手県中半入遺跡出土須恵器の胎土分析」 考古学ジャーナル 4, No.471、p15~18(2001)

中井正幸、東方仁史、大野寿子、「昼飯大塚古墳の埴輪配置と胎土分析」 同上、p19~22 (2001)

など。

口 頭 発 表

地中レーダー探査による郡衙正倉の検出

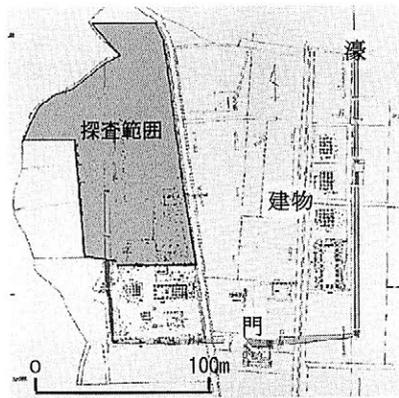
—福岡県大刀洗町所在・下高橋遺跡の例—

○西村康（奈良文化財研究所）

赤川秀正、西村智道（福岡県大刀洗町教育委員会）

はじめに

下高橋遺跡は福岡県三井郡大刀洗町にある筑後国御原郡衙と推定される遺跡で、1991年に発見されて以降、継続的に発掘調査が実施されている。ここは、郡庁と思われる下高橋馬屋元遺跡と正倉院と推定される下高橋上野遺跡の二カ所に分かれているが、後者の上野遺跡の方では、東と南部を中心に発掘調査が進行して、濠と建物遺構が検出された結果、東西幅は確定できたが、内部における建物の全体配置や規模の詳細、北の限界などは不明であった。そこで、下高橋上野遺跡の範囲と内部構造を探ることを目的に探査を実施した（第1図）。



第1図 遺構配置と探査範囲

1. 探査の方法

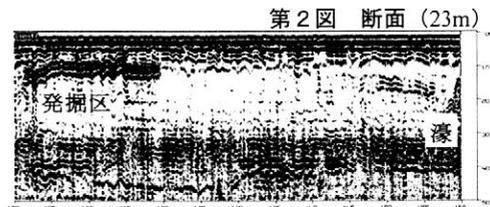
ここで採用した方法は地中レーダー探査である。この方法はアンテナを走査するだけで迅速に広範囲を測定できるという利点を持っており、本例のように広い面積を占める遺跡における探査に適している。従来の発掘調査の知見によれば、建物遺構は1m未満の浅い位置にあると判明しており、分解能に優る波長が短く高い周波数のアンテナで、必要な深さまでの情報を得ることが可能とみられた。使用した装置はアメリカ G.S.S.I.社製の SIR-2P型で、アンテナは400MHz（30cm 四角）である。

2001年11月に探査対象とした範囲は南北135.5m、東西93mであるが、水田の形状にしたがって測定したので、実際に測定した範囲は不正形で狭い。アンテナは東西方向に走査した。測線間隔は0.5mである。走査の総延長距離は16kmほどになるが、実質作業日数は3日間弱であった。データの記録時間は50ns（ナノ秒）である。これでは地下約1.5mまでくらいを探ったことになると思われる。

2. 探査の結果

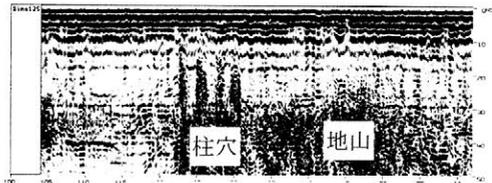
2-1. 断面図

東西に走査した画像の一例である南から23m目の「断面」画像をみると、左すなわち東側三分の一ほどの範囲で、床土直下の深さに反射の強い層がある。この範囲は試掘した部分である。濠は西端（右端）にあり、電波の反射面が低く下がっていく形状として観



第2図 断面 (23m)

察できるが、構造としてはそれほど明瞭ではない（第2図）。南から62m目の画像では、中程よりやや東側（左）にある上下に長く連続する4筋の反射異常が注意される。これが、柱穴による反射である（第3図）。



第3図 断面（62m）柱穴の反射

2-2. 平面図

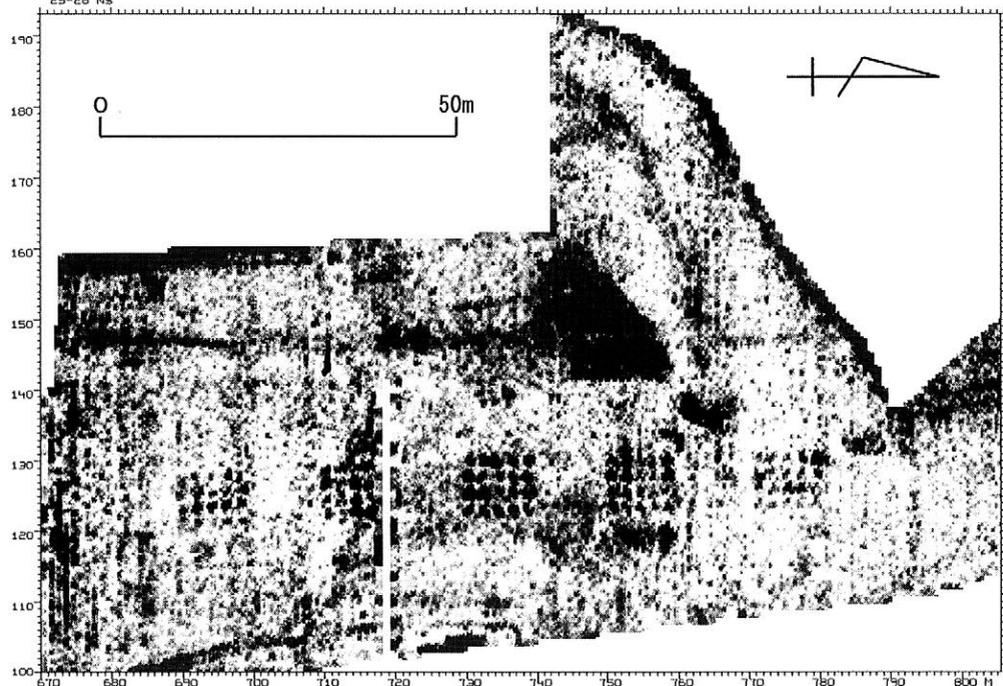
50 ns の時間で収録した「断面」画像すべてを用い、それを20すなわち2.5 ns 毎にスライスして「平面図」を作る処理をした。この平面図のうち、22-25、25-28の2スライスを重複表示した結果をみると、測定区のほぼ中央を南北に走る線状の構造がある。これが西を限る濠で、門はなくどうやら連続しているようである。正倉院の構造を考える上での今後の検討課題であろう。この濠と平行するように、東側には小規模な反射の集まりがある。それらは東西に4、南北には5の点のまとまりで合計5箇所へのぼる。これらは総柱建物で郡衙の正倉と考えた。それぞれは南北4間、東西3間ですべて同一規模であるが、南側2棟は他と方位が違うように見える（第4図）。

おわりに

ここで紹介した下高橋遺跡における地中レーダー探査では、柱穴を検出できるという成果を上げることができた。本遺跡のように土壌の条件が適当であれば、柱穴など土と土を判別しなければならない探査において、わが国でも成果をあげることができるという確かな可能性を示せたという点で重要である。

Sinotakahashi 700MHz
Overlay 10-11
25-28 ns

第4図 探査結果（平面図）



ボアホールレーダによる石垣根入れの調査例

○峠 美穂、田村 晃一（応用地質株式会社）

後藤 宏樹（千代田区立四番町歴史民俗資料館）

1. はじめに

城郭のなかで比較的残存している場合が多く、城郭らしさを示すものに石垣がある。安土城以降、各大名が築城工事の中で力を注いだのも石垣であると言われている。近年、史跡整備にともなって石垣の調査および改修工事がおこなわれる事例が増えている。この場合の調査の多くは、石積みの技法や石材の産地の調査、解体時の内部調査である。

今回我々は、地中に埋没している石垣の深度の把握を試みた。これは、地下構造物（地下通路）工事計画が石垣の埋没部分と近接するため、遺跡（石垣）の保存計画に必要な石垣の先端深度を事前に把握する必要性が生じたためである。発掘調査以外の方法で把握した非常に稀な調査例であるので本稿で紹介する。

2. 調査地について

調査地は文部科学省内（東京都千代田区霞ヶ関）に所在する江戸城外堀の石垣である。堀は埋め立てられ、地上の石垣の大半は削平されて道路や建物の下に埋もれた状態となっている。部分的な発掘調査により、石垣想定ラインはかなり詳しく把握されている。文献によると、江戸城外堀の石垣は各大名に分割して造らせている様子がうかがえ、今回調査地として選定した箇所は、「石垣方場割図」（立花家文書）によると、豊後佐伯藩毛利市三郎が築いたとされている。また築造者のみならず、その規模についても記載されているが、それによると調査地付近はおよそ 8.39m の高さの石垣があったとされている。現在史跡として指定され地上にわずかに残された石垣の高さが 2.2m であることから、計算上約 6.1～6.2m 分の石垣が地中に埋没していると想定されていた。

3. ボアホールレーダについて

ボアホールレーダは地上で一般的におこなわれている地下レーダ探査のアンテナ部をボーリング孔内に入れられる形状(円筒形)にしたものである(写真 1)。ボーリング孔の周囲にある地中構造物や異物などの反射波を捉え、その深度範囲や形状を把握する。



写真 1
ボアホールアンテナ

4. 調査方法

ボアホールアンテナの測定距離はおよそ 1m 程度である。そこで石垣の先端部（最下端）の脇 0.5～1.0m 以内にボーリングを削孔しその中でボアホールレーダを実施する。傾斜する石垣の面は徐々に孔に近づくため、記録上でも石垣の反射面が徐々に孔壁側に近づき石垣の先端部で途切れることが期待される。この反射面の途切れた深度が石垣の先端（根入れ）深度に相当する。石垣の根入れ深度は約 6.1～6.2m と想定されていたため、現在地上に残存する石垣の傾斜角度から計算して、石垣先端部で孔との距離を 0.5m とする位置(地表の石垣の位置から 2.8m 離れた地点)に予想深度+2m

以上(10m)の深さまで削孔し測定を実施した。

測定は孔底よりアンテナを引き上げる形でおこない、10cm間隔で測定深度をマーキングした(写真2)。

5. 調査結果

得られた測定記録を図1に示す。この記録は背景除去処理(記録上横縞模様として現れる不要な成分の除去処理)等を施している。横軸は孔からの距離、縦軸は深度である。横軸の距離については、電磁波が送信されてから反射し戻ってくるまでの伝搬時間に一般的な地盤の電磁波伝搬速度値を乗じて距離に換算した値である。

この記録によると、地下水位は4m付近に位置している。地下水位の前後は、地下水面での電磁波の反射が著しいため強く乱れた反射像となっている。ポアホールレーダでは地下水位以深の記録が有意な記録となる。深度4.5m付近から深度6.5m付近にかけて徐々に孔に近づく連続した反射面が存在している。深度6.5mでこの反射面は途切れており、目的とした石垣先端部分に相当すると思われる。よって、石垣の根入れ深度は現地表から深度6.5mと判断した。

6. まとめ

このような調査は、今後都市部の地下開発に伴って必要性が生じると予想される。今回の石垣は傾斜角度が一定であったことや文献資料からおよその深度を想定できたため、石垣に損傷を与えることなくかつ有効な記録を取ることができる範囲に削孔することができた。しかし、そのような埋蔵深度等の予想がつかず、また石垣に反りや変状がある場合も多いとみられることから、今後さらにこの調査方法を改良し検討していきたい。

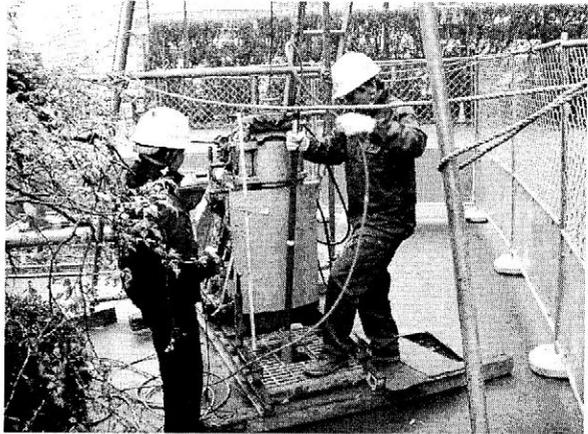
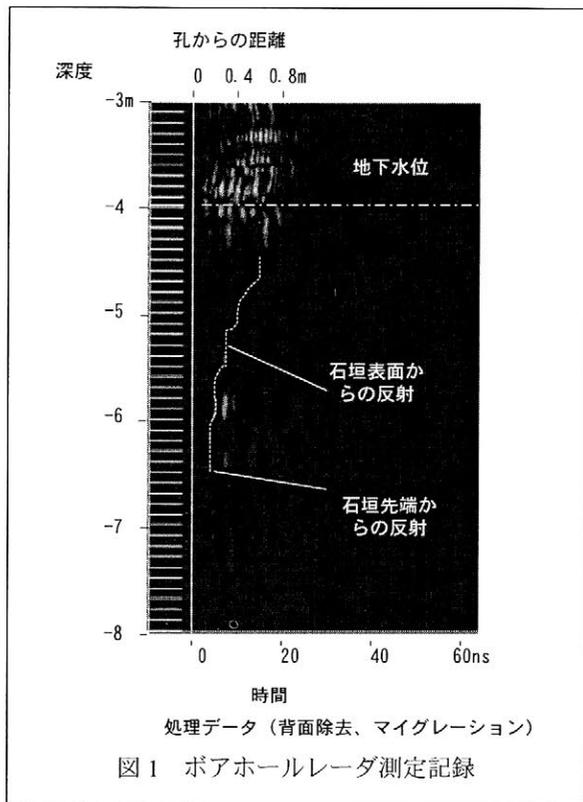


写真2 調査状況



地理情報システムを利用した縄文時代集落の生態的研究

—武蔵野台地東部の縄文時代中期集落をケーススタディーとして—

西本豊弘（国立歴史民俗博物館考古研究部）

○津村宏臣（総合研究大学院大学文化科学研究科）

小林謙一（総合研究大学院大学文化科学研究科）

1 はじめに —地理情報システムと集落研究—

地理情報システム (Geographic[al] Information System: 以下 GIS) は、空間事象情報を扱うコンピュータシステムで、近年、考古学や文化財学での適用が顕著になりつつある。筆者らは、GIS のデータベース機能と解析機能に注目し、縄文時代集落研究への応用を試行した。集落研究には、遺跡の空間属性を評価する立地論と、分布位相を評価する分布論があり、前者は遺跡の自然的背景を、後者は社会的背景を評価する視座といえる。両者の総合的理解が、人類の居住地選択に関する生態的特性の抽出を可能とする。GIS の適用で、遺跡の空間属性や分布位相を計量的に評価し、遺跡“存在”の複合的背景を考察する。

2 対象と方法 —武蔵野台地縄文時代遺跡分布と大橋遺跡—

武蔵野台地東部の縄文時代中期遺跡を対象とした (Fig. 1)。発掘調査や分布踏査により、多くの遺跡が確認され、対象情報の遺漏は少ないと考えた。また、本地域は集落研究の先行事例が充実しており、これらの研究成果を再検証する意義も大きい。

本研究では、遺跡“存在”にアプローチするため、個々の遺跡や遺跡間関係を評価する方法と、遺跡を個々の遺構や遺物存在の総体として捉えて評価する方法を実施した。後者については、拠点的性格の集落遺跡の1つである大橋遺跡を対象とした。

3 遺跡の空間評価 I *Inter-site Analysis*

まず、対象地域の個別の遺跡立地と空間属性 (河川や湧水) の相関を抽出した。さらに、ボロノイ (Voronoi) 分割により分布位相を評価し、その背景を、Viewshed Analysis を応用した視認ネットワーク分析から推察した (Fig. 2)。従来から指摘されるように、①遺跡立地は“水場”環境と相関があるが、②この自然的背景だけでは、分布位相は評価できず、③ボロノイ領域の隣接個体対の位相と視認ネットワークとの相関から、④その背景に社会的背景が想定される、ことなどが明らかとなった。

4 遺跡の空間評価 II *Intra-site Analysis*

5cm 間隔の等高線から 10cm メッシュの DEM を作成し、住居址の空間的配置を検討した。さらに、集・排水分析 (Run-off modeling) を実施し、これと住居址との空間的關係を評価した (Fig. 3)。また、集落内景観を再構築する方法として、個別の住居址からの眺望分析を実施し、集落内道路を想定した (Fig. 4)。居住地選択の背景に、①離水の良い空間が選択され、②その指向性に時系列動態がある、ことなどが明らかとなった。

5 展望

遺跡や遺跡周辺の地理・空間情報をデジタル化し、GIS などに格納することで、従来は煩雑で困難だった様々な空間分析や評価が実施できる。また、3 次元的に情報を扱うことで、人類の生態的特性を反映した理解が可能となるだろう。

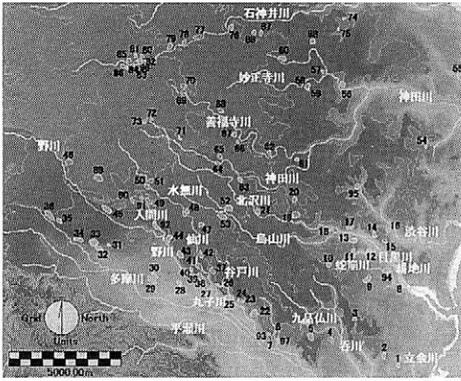


Fig. 1 遺跡分布・河川流路とDEM

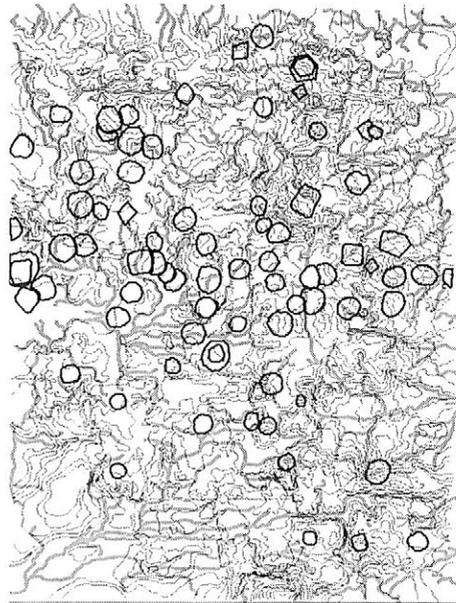


Fig. 4 集落内での集・排水状況復原
(○は住居址配置, 等高線は5cm間隔)

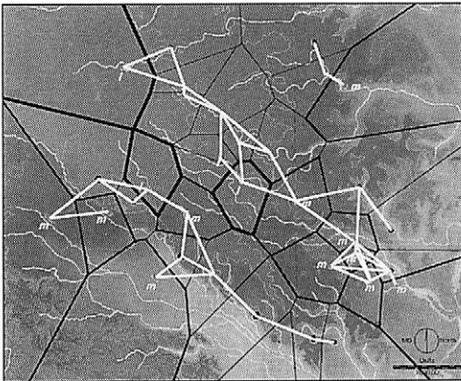


Fig. 2 ポロノイ分割と視認ネットワーク
(9b期)

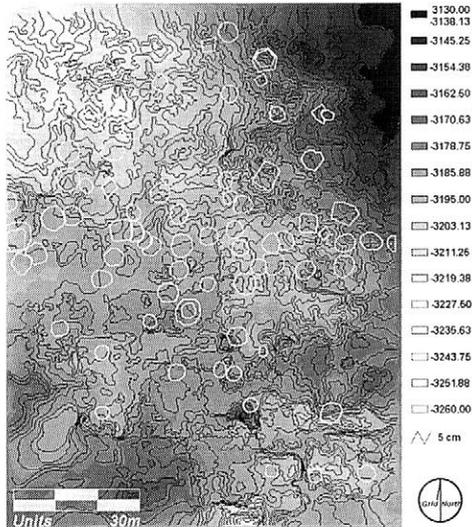


Fig. 3 大橋遺跡のDEM・等高線
・住居址配置

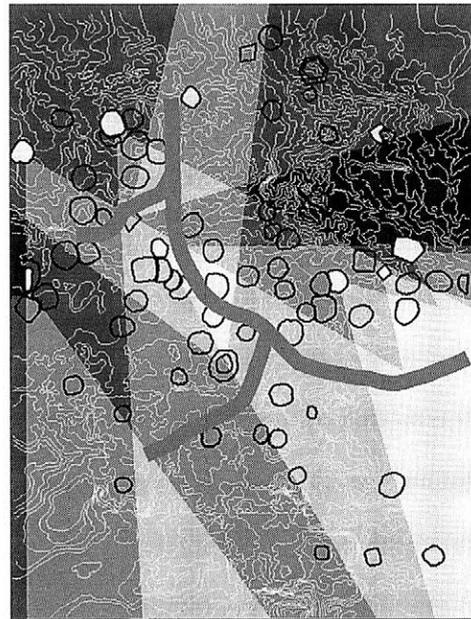


Fig. 5 各住居からの眺望範囲とその重複

※大橋遺跡については、目黒区大橋遺跡調査会
1998 『目黒区大橋遺跡発掘調査報告書 上巻』
を参照した。

Ground Penetrating Radar and Resistivity Imaging Investigation at Sultan
Al-Nasser Ibn Qalawoon Mosque and Madrasa (School), Islamic Cairo,
Egypt.

A. M. Abbas^{1&3}, A. M. Helal², H. Kamei³ and M. A. Atya^{1&3}

¹ National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Egypt.

² Ain Shams University, Abbassia, Egypt.

³ Tokyo Institute of Technology, Japan.

ABSTRACT

The Sultan Ibn Qalawoon Mosque and madrasa (School) is considered as one of the most outstanding Islamic monuments in Egypt (Fig.1). The building was constructed for Sultan Ibn Qalawoon in 1256 AD as a mosque and religious school. The dominant architecture style at that time was to construct a net of water supply system that consists of water tank, water passages and hidden vault. Generally, this net was to be carved out in its underneath soil or rocks to transfer the water from location to another. Nowadays, this system is acting as an active parameter for undergroundwater invasion process that may cause disintegration for the stones of the mosque and leads to harmful results. As a result, outlining such net is important for conservation and restoration of the valuable mosque.

Ground penetrating radar (GPR) and resistivity imaging geophysical techniques have been applied to the building to trace the hidden vault, water passages (channels) and main water tank that pass through the courtyard of the mosque. 44 GPR profiles and 19 dipole-dipole resistivity sections have been carried out in the accessible zones of the mosque. The survey was affected by the moist clayey soil that interferes the shallow layer.

The results of the geophysical study can be concluded in the delineation of two channels that are connected directly to the main water tank at the eastern part of the courtyard of the mosque. Also, a vault to the north from the fountain (at courtyard center) has been traced (Fig. 2). Meanwhile, some other features has to be closely inspected, like the anomaly of Fig.(3), which could be a tunnel at intermediate level (about 2~3 m depth). Finally, the underground water that invades the shallow mosque soil is highly contaminated which reflected clearly on the resistivity values. Accordingly, a dewatering net based on detailed hydrogeological study is highly recommended for the site and its surrounding.

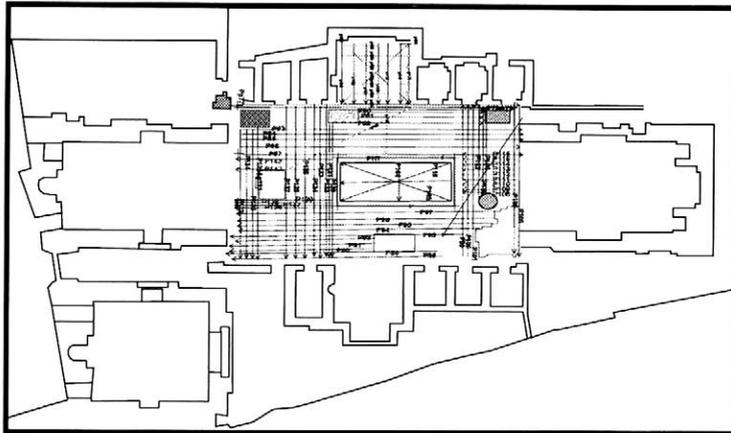


Fig. 1: Sketch for the mosque and the conducted GPR survey.

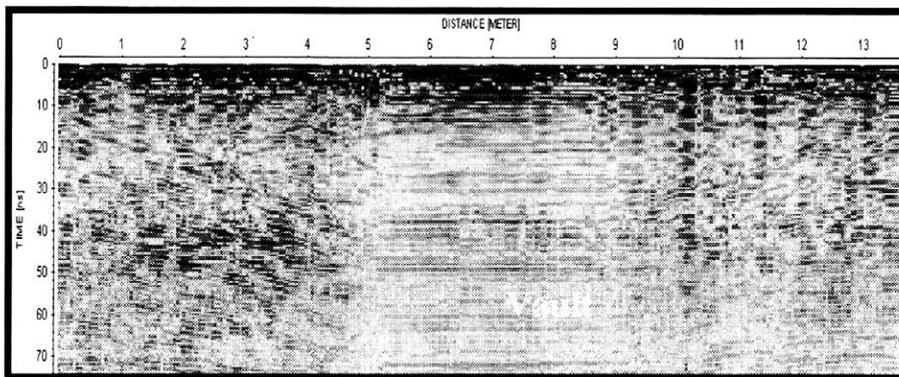


Fig. 2: Vault has been traced at the northern part of the courtyard.

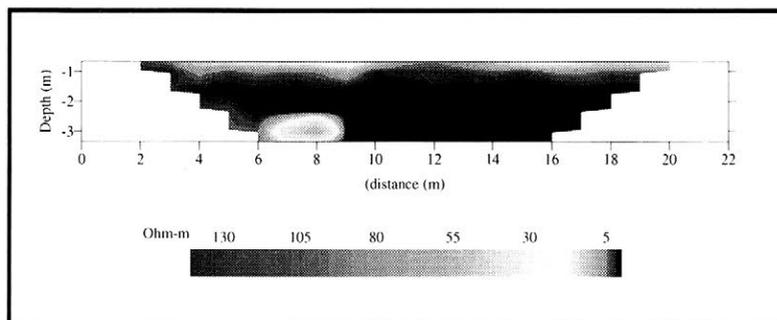


Fig. 3: Geo-electric pseudo-section shows anomaly that need more inspection.

Complementary Integrated Geophysical Investigation around Al-Zayyan Temple, Kharga Oasis, Al-Wadi Al-Jadeed (New Valley), Egypt

Atya^{*&**} M.A., Kamei^{*} H., Shabaan^{**} F., Abbas^{*&**} A. M., Hassaneen^{**} A. Gh., Marukawa^{*} Y., Ako^{*} T., and Kobayashi^{***} Y.

* Tokyo Institute of Technology

** National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Egypt

*** Nara University of Education

Al-Kharga oasis, the biggest oasis in the western desert, is one of the very important places; that the Egyptian government gives concern in its reform program. Al-Zayyan temple or Qasr Al-Zayyan (Fig. 1) is documented as a node in the fortress chain that has been built by the Romans to secure Darb Al-Arbain; the slaver's trade caravan route between Assiut and Sudan. The temple is located at about 25km from the main city of Al-Kharga (capital of the New Valley), deviated some 2 km from Al-Kharga-Paris main road to the west, at Al-Zayyan-Arif sub road. The historical and archaeological background of the temple is very scarce, while the known information is neither clear nor accurate. Some indications have ascribed it to Amenebis and shown that it was restored during the reign of Emperor Antoninus (138-161 AD).

In March 2001, an integrated ground penetrating radar (*GPR*) and magnetic survey to the west of temple showed the possibility of an existing structural complex. It was interpreted as a multi-gate structure or a tomb complex. The natural extension of the prospected structure is intersecting with 45° to the present temple, which constituted a big question mark. In March 2002; a complementary integrated geophysical survey was conducted to the northern and western extensions of the prospected structure in the survey of 2001. The survey was designed to achieve the following targets; to confirm the previously explored structure, to define the possible extensions of this structure in the northern and western sides to help in defining its identity, and to decide the possibility of excavation.

The fieldwork program (Fig.2) was designed as follow; 1) mapping the visible archaeological features and the topographic elevations, 2) frequency domain electromagnetic (*FEM*) survey using GEM-300 (GSSI), 3) measuring the three component magnetic field using TRM-70D (Tokin) gradiometer 4) applying the fluxgate gradiometer GeoScan FM36 to the northern and western extensions of the prospected structure, and finally 5) GPR survey using SIR-2000 system (GSSI) as follow; a test area to confirm the formerly prospected structure in 2001 using 200 MHz antenna and surveying the northern and southern parts with 400MHz antenna.

A huge amount of data was processes and represented in many ways to visualize the possible features in the site. The integrated results have confirmed the formerly prospected structure of 2001; some of its particular feature also has been detected. Additionally, towards its north and its west, there are other objects of the same orientation. Some of them may not be related to the formerly prospected structure. It includes closures in either rectangular or circular shapes. Although, the old thinking of multi-gate structure still exist, the idea of a tomb complex became greater. The northern and northwestern parts may form the extension of the formerly prospected structure in 2001. The western side has two big depressions, which raise the suspect of the existence of buried tombs.

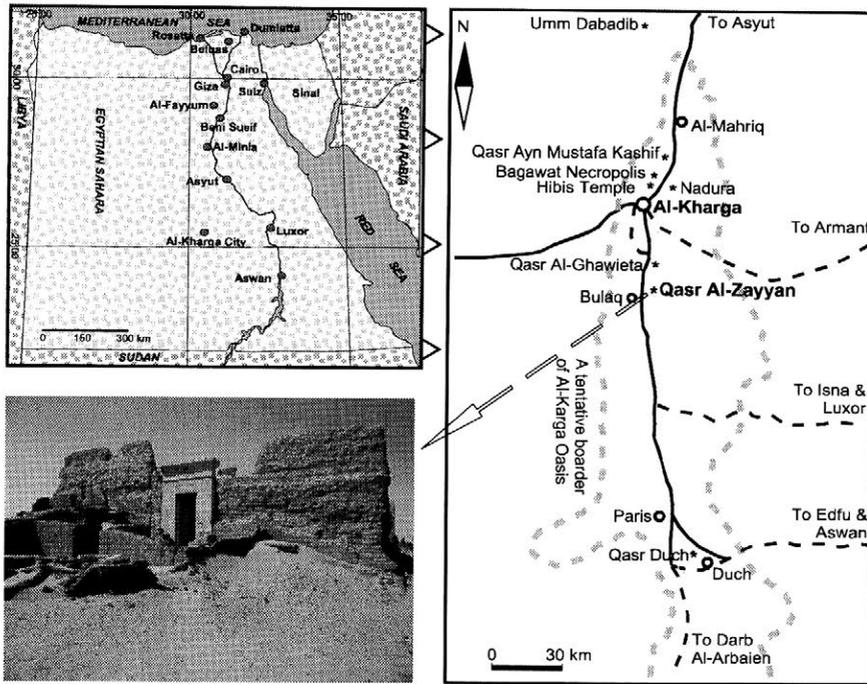


Fig. 1, shows a map of Egypt, the site, and photograph for Al- zayyan temple.

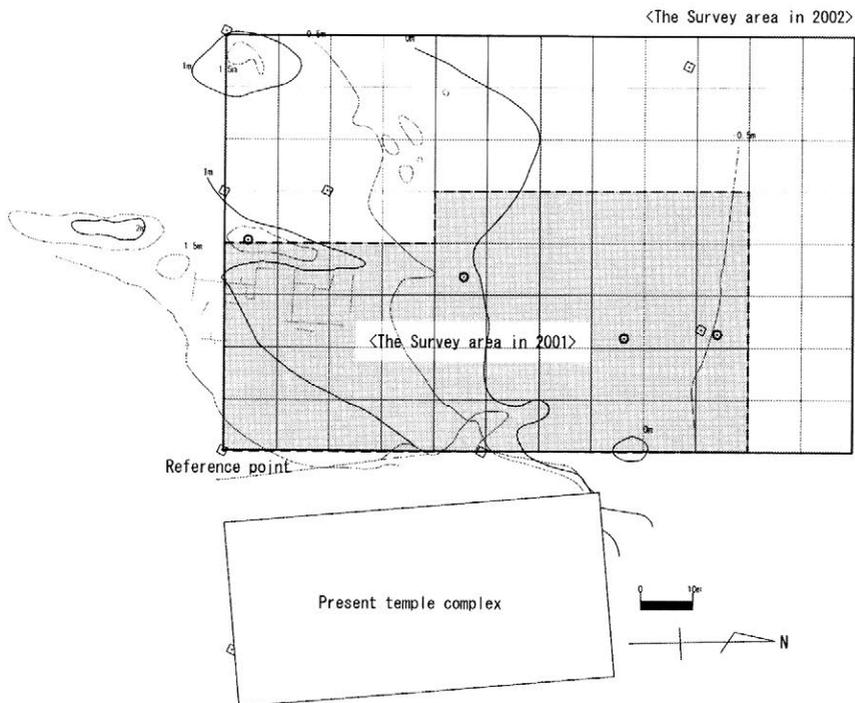


Fig. 2. a location map for the surveyed sites in the two seasons 2001 and 2002.

4. 結果及び考察

出土ガラスについて分析を行ったところ、消色剤としてマンガンを用いた無色のガラス、着色剤を用いたガラス、そして青緑色系のガラスの3つに大別された。ラーヤ遺跡で最も多く見られるのは青緑色系のガラスである。青緑色系ガラスの深皿の分析を行ったところ、マンガン含有量により3種に分かれ、大多数はマンガンをほとんど含まないタイプに分類された。よってこの組成をもつガラスが、当時ラーヤで最も一般的に流通していたことがわかった。微量重元素の特徴としては大多数の有色ガラスがストロンチウム<ジルコニウムであるのに対し、無色ガラスはほとんどがその量が逆転していた

イスラーム期のガラス工芸品として特徴的なラスター彩（ステイン）ガラスもラーヤ遺跡から180点余り出土している。ラスター彩部分とベース部を分析して得られたスペクトルの例を図2に示す。ベースとの違いにより銅による着色であることがわかる。さらに、銀を含むものも多くみられた。そこで、ラーヤ出土25点、デール出土10点についての分析結果から、色と銅、銀の組成比との関係をプロットしたものを図3に示す。黄色～オレンジ色では、銅が多く、褐色ラスターは銀が多く、銅と銀の混合比が発色に大きな影響を与えていることがわかった。

コインの分析により、金貨、銀貨、銅貨、白銅貨が検出された。コインには文字などが書かれていることから、年代を特定することが比較的容易であり、重要な遺物である。金貨や銀貨には銅や鉛が混ぜられており、時代とコインの純度の関係について重要な知見が得られた。ラーヤ遺跡出土銀貨の多くは表面に黒色の物質が析出しており、この黒色物質を分析したところAgBrであった。これは、ラーヤ遺跡が海岸にあるため、海水による特徴的な腐食生成物が付着したことがわかる。

イスラーム教の礼拝堂であるモスクには、聖地メッカの方角の壁にミフラブと呼ばれるアーチ形に窪んだ部分がある。ラーヤ遺跡で発掘された遺構は調査の結果イスラーム時代初期のモスクであると考えられ、発見されたミフラブはおそらくイスラーム史上、最古のもののひとつである可能性がある。今回はミフラブの周りを囲んでいたと考えられる彩色されたプラスターの顔料分析を行った。対象とした顔料は黒色、赤茶色、白色、薄黄色、緑色の5色で、分析の結果それぞれ、硫化鉛、ベンガラ、硫酸カルシウム、鉄および銅の塩が検出された。

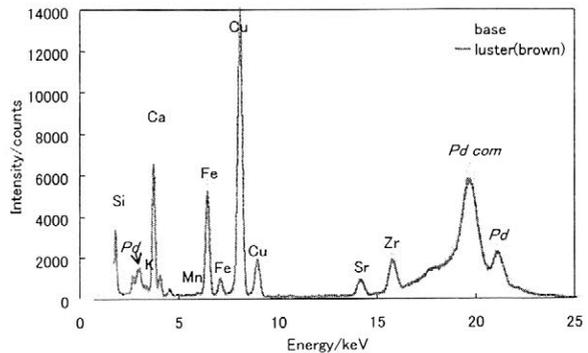


図2. ラスター彩ガラスのラスター彩部とベース部の蛍光X線スペクトル

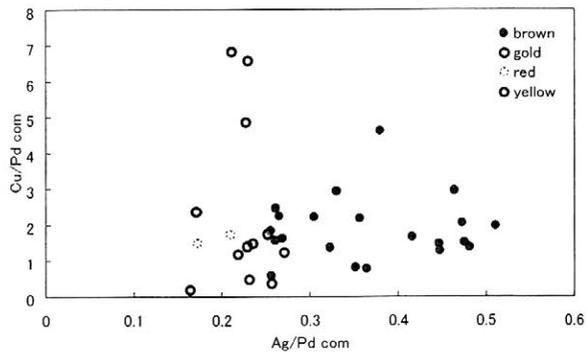


図3. ラスター彩ガラスの色とラスター彩部の銅、銀の含有量との関係

三角縁神獣鏡復元製作研究の目的と成果（1）

同範法の可能性とその鏡群の特徴

鈴木 勉（工芸文化研究所）・今津節生（糧考研）・河上邦彦（同）

1. 三角縁神獣鏡研究の製作技術に関わる問題と復元研究の必要性

500面を越える三角縁神獣鏡には、同じ文様のものが多数ある。梅原末治が兄弟同士とも言うべきそれらを「同一範から出た三神三獣々帯鏡」などと呼んでその関係を明らかにしようとして以来[梅原 1944]、多くの鏡の研究者がこの問題を取り上げてきた。また、中には一部の文様と同じである鏡同士もあり、単なる兄弟鏡ばかりではなく、もっと複雑な関係にあるものもあるようだ。そうした鏡達がどのような生産体制下で作られたか、そしてその生産体制をいかなる社会体制が支えたかを明らかにしようとしてこれまで様々な議論が展開されてきた。

一つの鋳型を何回も使う「同範法」や、一つの原型から複数の鋳型を作り1つの鋳型は1度しか使わないとする「同型法」や「踏み返し法」などが提案されてきたのであるが、その全てが、観察や計測に基づいて製作技法を推測するということに終始していると言える。観察結果については、精密な写真を示して証明する「写真証明」の手法を採る論文も少なく、著者が自ら描く模式図や考古学的実測図で示す報文が多い。そうした図版は著者の主観に基づくものであるため、論文・報文を読むだけでは他の研究者が検証できない。言い換えれば再現性、客観性に欠けることになってしまう。また、計測結果についても何を使ってどういった条件で計測したかが示されることがないため、計測の数値でさえも全く検証できないのである。このように、これまでの鏡の製作技法に関する論文や報文を検証しようとしても、著者と全く同じ条件で原資料を調査し直す他に方法がなかったのである。そうした研究環境の課題を踏まえて筆者らはこれまでに以下のような研究の手法が不可欠であることを提案してきた[鈴木・今津 1998][鈴木・今津 1999][鈴木 2000]。

① 三次元精密計測 ② 立体的観察 ③ 復元実験

復元製作の研究手法では、＜観察→推定→実験→検証（観察）→推定→再実験→・・・＞という際限ないループ状の研究過程があるが、鏡の研究では、その最初の2工程だけで完結してしまうことが多く、問題は大きい。観察に基づく推定は仮説でしかないので、「同範法」論も「同型法」論も仮説のまま止まっていることになる。同様に大きな課題となるのは観察と検証の手法である。鏡の収縮や反りなど製作技法の考究のための観察と検証であるとすれば、0.1 mm単位の計測はどうしても必要になる。筆者らが提案、実施してきたのが「三次元精密計測」である。その本当の効果は仮説を復元実験によって検証しようとする時に真価を発揮することになる。そうした観点から筆者らは三角縁神獣鏡の復元製作の必要性を唱えていたところ福島県文化課との共同で復元研究に取り組むことになった。

2. 復元研究の課題と実験計画

三角縁神獸鏡に対する観察と推定に基づいて福島県文化課と筆者らが掲げた同範法に関する復元研究の課題と実験の条件は以下の通りである。

(課題 1) 同範法は可能か

(課題 2) 同範法・同型法・踏み返し法で作られた鏡群にはどのような特徴があるか

(条件 a) 三角縁神獸鏡の 1 / 2 の大きさの原型を真土と粘土だけで作る

(条件 b) 銅合金は、銅 72.2%、錫 22.8%、鉛 5.0%の割合とする(甌炉で溶解)

3. 復元鑄造実験と成果

3.1 同範法の可能性を探る

真土を 4 種、14 組の 2 分の 1 の大きさの鑄型を作り第 1 回目の鑄込みをした。12 組の鑄型で全て文様が出なかったが、最後に表面だけに細かい真土を使い、その他の所は粗い真土を使った 2 組の鑄型で鑄造したところ 2 組共成功した。鑄型の残りも良かったので、再使用して鑄込みを行ったところ、2 つ目の鏡も出来上がった。初めて見る正真正銘の同範鏡である(2001 年 1 月 19 日)。その後復元実験を繰り返して一つの鑄型から最高 4 面、合計 8 組 20 面の同範鏡を得た。鑄型のほとんどはまだ使える状態で残った。また同年 6 月には、原寸大で 1 組 2 面の同範鏡の復元に成功した。

3.2 鏡の凸線の長短や文様の鮮明さの違いは鑄造の順序を反映するか

実験に用いた鑄型は乾燥の工程でヒビが生じたものがあつた。これまでは鑄型のヒビの部分に溶湯が流れ込んで凸線となり、ヒビの拡大と共に凸線も成長するものと考えられてきた。しかし復元実験では次のことなどが明らかになった。

後の鑄造の方がヒビが短いことがあり、湯流れ具合によって細かいヒビは必ずしも鏡の表面にあらわれるとは限らないことがわかつた。従つて三角縁神獸鏡の凸線の長短が同範法や同型法における鑄造の順序を反映するという研究の前提については見直さなければならぬ。また、同範の鏡では後に鑄造するほど文様が不鮮明になるという仮説も、実験では後に鑄造した方が文様が鮮明に鑄上がる事もあつた。文様の不鮮明さも鑄造順序の後先を推定する根拠にならない。その他同範法に関する詳細な報告と考察は、本実験の報告書[鈴木 2003 予定]を参照されたい。また、他の鑄造法に関する詳細な報告も同様である。

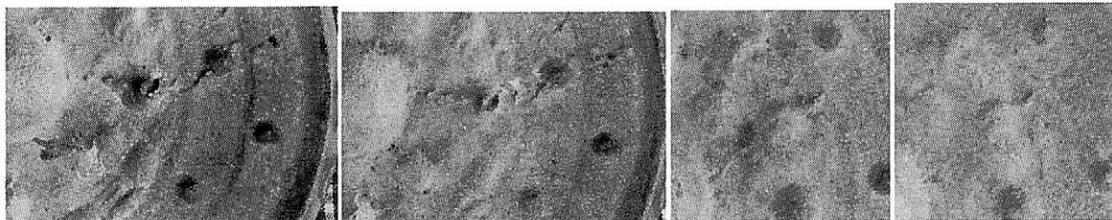


図 1 同範鏡 U 組の 1 面目(左)と 2 面目

図 2 同範鏡 V 組の 1 面目(左)と 2 面目

- (1) 梅原末治 1944「上代鑄鏡に就いての一所見」『考古学雑誌』第 34 卷第二号
- (2) 鈴木勉・今津節生 1998「三角縁神獸鏡の精密計測の必要性について」、『青陵』99 号
- (3) 鈴木勉・今津節生 1999「レーザーを使った三角縁神獸鏡の精密計測」『黒塚古墳調査概報』
- (4) 鈴木勉 2000「オーバーハング鏡が投げかける問題」『大古墳展ヤマト王権と古墳の鏡』
- (5) 鈴木勉 2003「三角縁神獸鏡の復元研究報告(仮題)」『福島県文化財センター白河館紀要 2002』(2003.3 刊行予定)

三次元デジタルデータベースを活用した 同範・同型鏡における差異の解析

○今津節生(榎原考古学研究所)、増田 智仁(東京大学大学院情報理工学系研究科)、古谷 毅(東京国立博物館)、鈴木 勉(工芸文化研究所)、平井孝憲(榎原考古学研究所)

1. はじめに

三角縁神獣鏡の研究は、図像の形式学的研究や、同範鏡の分有関係の研究など、これまでに多くの研究成果が蓄積されている。しかし、同範・同型鏡論争に見るように、鑄造技術については定説がなく、加工技術についても、これまでほとんど議論されなかったのが現状である。これは、古鏡の実物資料を一同に集めて比較検討することが難しいために、平面写真や拓本・図などの二次元情報を基礎に研究が行われてきたためと考えられる。このような従来の研究に対して、われわれは、近年著しい進歩を遂げる精密光計測技術、デジタル化技術を応用して、三角縁神獣鏡の三次元データベース化を進めており、すでに140面以上の古鏡を計測している。

計測は、レーザーレンジセンサーを用いた非接触の三次元精密計測機(MATUO社 Mercury J)を用いて鏡背面を計測して立体画像を作成する。この立体画像に任意の方向から陰影をつけて観察し、任意の位置で断面図を作成する(Golden Software社 Surfer7)。さらに、この立体画像に透過X線による内部欠陥の比較検討やデジタルマイクロスコープによる加工痕跡の観察などを加えて、三角縁神獣鏡の鑄造技術や加工技術に関する研究を進めている。

今回は、増田らが開発した差異自動的検出プログラムを用いて、同範・同型鏡における三次元の差異を検出し、これまでの調査結果と合わせて三角縁神獣鏡の製作技術を検討した。

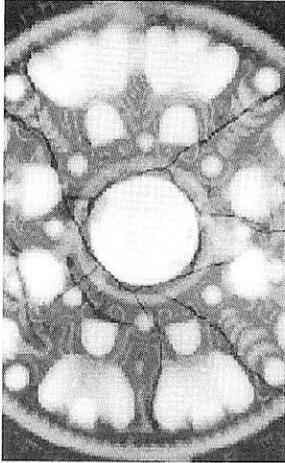
2. 解析手順と誤差の検証

最初に、鏡の表面形状の三次元データをレーザーレンジセンサーによって取り込んだ。次に、比較対象となる二枚の同範・同型鏡のデータから、位置・姿勢(銅鏡の向き)を正確に合わせるアライメント処理を行った。この処理は、まず、肉眼で大まかに二枚の銅鏡の位置・姿勢を揃え、その後、共役勾配法と黄金分割による囲い込み計算を繰り返し用いることによって最終的な位置・姿勢を決定した(註1)。このアライメントの後、お互いの最近傍点間の距離を計算した(註2)。その後、設定した閾値に従って、閾値より距離が大きい場合には形状に差異があると判断し、グラデーション処理して視覚化した。

解析によって生じる差には、1. 形状そのものの違いによって生じる差異、2. 数値計算による誤差、3. 計測された際に生じる計測誤差、4. アライメントによって生じる誤差、などが考えられる。レーザーレンジセンサーの計測誤差の公証値は0.02mmであるので、際立つ差は形状の違いによって生じる差異とアライメントの際に生じる誤差と考えられる。そこで、全く同じ銅鏡のデータ同士を、位置・姿勢をいったん大きくずらして再びアライメントを行った。その結果、アライメントの際に生じる誤差は0.001mm以下であることが判明した。したがって、上記方法で検出された差は、形状そのものの違いによってのみ生じる差異と判断した。

3. 解析結果

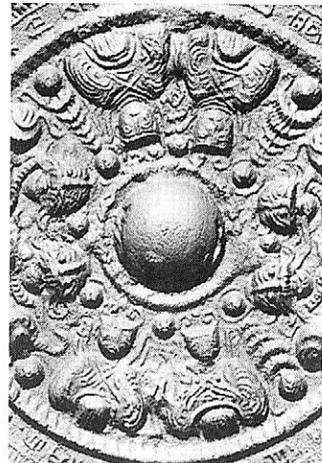
2枚の同範・同型鏡について、三次元の陰影像、X線透過撮影像、差異が0.6mm以上と1.0mm以上の像を示す。差異1mm以上の像は、黒塚13号鏡から黒塚26号鏡に拡大した欠陥を確実にとらえている。差異0.6mm以上の像では、鈕の修正や鈕周辺の僅かな鑄崩れも捉えている。しかし、鏽や亀裂による変形と判断が付きにくい場合もあり、多角的な判断が必要である。



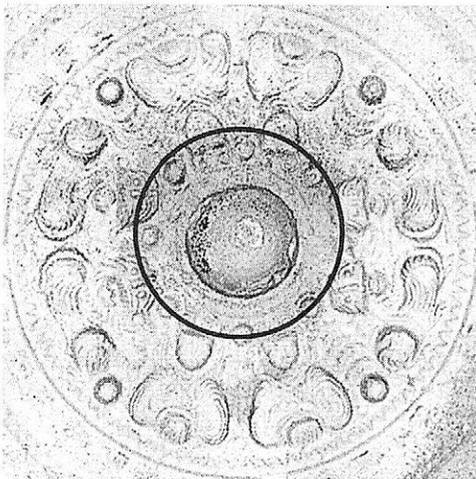
黒塚13号X線透過写真



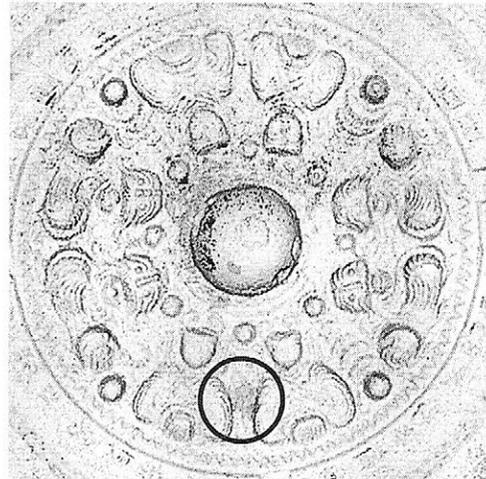
黒塚13号鏡の立体画像



黒塚26号鏡の立体画像



0.6mm以上の差異の範囲（黒塚13-黒塚16）



1.0mm以上の差異の範囲（黒塚13-黒塚16）

4. まとめ

三次元計測データを利用した差異の解析は、肉眼では認識できない微細な差を含めて示唆してくれるので、同範・同型鏡の鑄造欠陥を検討するときに極めて有効な手段となりうる。ただし、微妙な差異を検討するには錆や亀裂の有無による差を十分に考慮する必要もある。したがって、本解析方法をこれまでの肉眼観察と併用することによって、同範・同型鏡の差異とその原因を、より明確にすることができると考えられる。

なお、本研究は平成14年度 科学研究費 基盤研究 (A) 『三次元デジタル・アーカイブを活用した古鏡の総合的研究』の研究成果の一部である。

註1 K.Nishino and K.Ikeuchi, "Robust Simultaneous Registration of Multiple Range Images", Proceedings of the 5th Asian Conference on Computer Vision, vol.2, No.4, pp.454-461, January, 2002.

註2 J.H.Friedman, J.L.Bentley and R.A.Finkel, "An Algorithm for Finding Best Matches in Logarithmic Expected Time", ACM Transactions on Mathematical Software, vol.3, No.3, pp.209-226, September, 1977.

註3 『大古墳展 ヤマト王権と古墳の鏡』図録 権原考古学研究所・京都大学, 2001. X線写真は『大古墳展』図録 62頁より転載

文化財資料に対するレーザーラマン分光分析法の開発研究（2）

ーラマンスペクトルに及ぼす吸収と蛍光の影響ー

○高妻洋成（奈良文化財研究所） 肥塚隆保（奈良文化財研究所）

脇谷草一郎（京都大学大学院） 劉阿妮（京都大学大学院） 沢田正昭（奈良文化財研究所）

1. はじめに

本研究では、文化財資料に対して非破壊非接触分析法としてレーザーラマン分光分析法を適用するための開発研究をすすめており、これまで、種々の標準資料および考古遺物からそのラマンスペクトルを収集・蓄積してきている。しかしながら、これまで分析してきた試料の中には、著しいバックグラウンドの増大によりラマンスペクトルを得ることができないものやきわめて S/N 比の低いスペクトルとなるものがある。これらは、主として蛍光などの強い散乱光が発生していること、あるいは分析試料による照射レーザーの吸収に起因するラマン散乱効率の低下によるものと考えられる。そこで、今回は、顔料に焦点を絞り、それぞれの蛍光スペクトルと反射スペクトルを測定し、蛍光および吸収の影響の有無を検討した。

2. 蛍光スペクトル、吸収スペクトルおよびラマンスペクトルの測定

測定に用いた試料のうち代表的な試料を表 1 に示す。反射スペクトルは 200 nm - 850 nm の範囲で走査速度 300 nm/min で反射法により測定した。蛍光分光分析は、200-800 nm(15 nm 間隔)の範囲で励起して生じた蛍光スペクトルを 200-800 nm(5 nm 間隔)の範囲で反射法により測定した。また、ラマンスペクトルは、励起レーザーに 532 nm、633 nm あるいは 785 nm の照射レーザーを用いて測定した。

3. 結果と考察

図 1～3 に孔雀石、赤鉄鉱および辰砂のラマンスペクトルを、図 4 に反射スペクトルを示す。辰砂の場合、吸収の少ない 633 nm と 785 nm のレーザーを用いた場合、強いラマンスペクトルを得ることができるが、532 nm では S/N 比の悪いラマンスペクトルとなっている。これは、辰砂が 580nm より長波長側に吸収をもつため、532 nm のレーザーが辰砂に吸収された結果、ラマン散乱の効率が低下したものと考えられる。一方、赤鉄鉱は 540 nm から長波長側での吸収が少ないが、吸収の程度は今回測定をおこなった全波長領域にわたってベンガラの方が大きく、ラマン散乱の強度も小さかった。孔雀石は 520 nm 付近に吸収の少ない波長領域を有しており、532 nm のレーザーを用いることで効率よく良好なラマンスペクトルを得ることができる。一方、海緑石は 320 nm 付近に吸収極大を

もつが、可視領域全般にわたって吸収があり、今回の測定条件では良好なラマンスペクトルを得ることができなかった。200 nm から 800 nm の範囲では明瞭な蛍光スペクトルが検出されなかったことから、励起レーザーにより蛍光が発生しているとは考えられない。これらのことから、良好なラマンスペクトルを効率よく得るためには、材質に応じて吸収の少ない波長領域のレーザーを選択する必要があると考えられる。

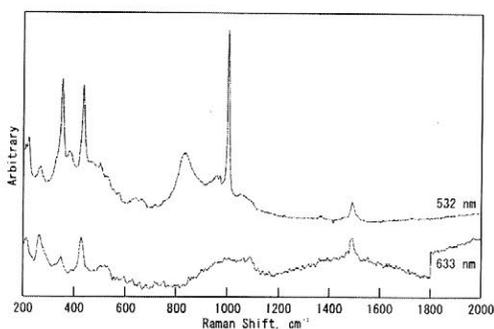


図1 孔雀石のラマンスペクトル

表 1 分析試料
鉱物名 (顔料名)
孔雀石 (緑青)
海緑石 (-)
赤鉄鉱 (ベンガラ)
辰砂 (朱)

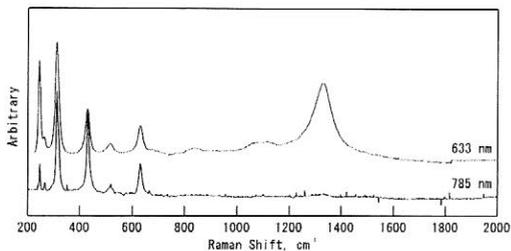


図2 赤鉄鉱のラマンスペクトル

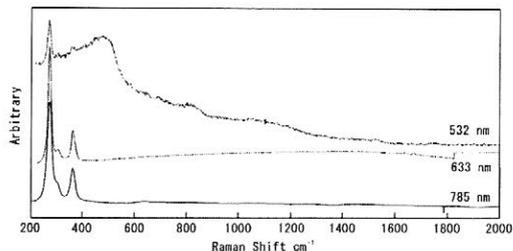


図3 辰砂のラマンスペクトル

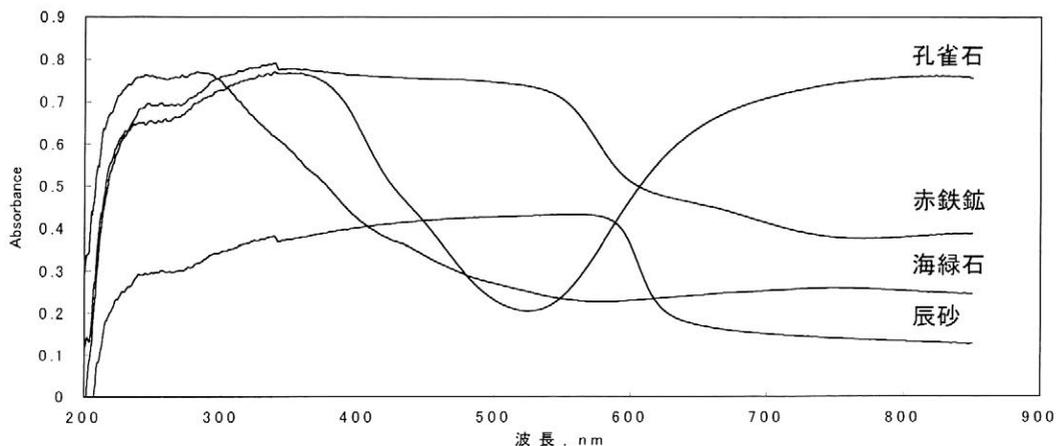


図4 孔雀石、海緑石、赤鉄鉱および辰砂の反射スペクトル

水田土壌の微細形態学的解析（1）

—奈良県箸尾遺跡・大阪府池島・福万寺遺跡の例—

○宮路淳子（奈良文化財研究所） 平山良治（国立科学博物館筑波実験植物園）

吉村和昭（奈良県立橿原考古学研究所） 廣瀬時習・井上智博（大阪府文化財調査研究センター）

1. はじめに

古水田土壌についてはこれまでに、断面形態調査や粒土分析などの報告が行われてきた。今回、水田の各時期における灌漑技術や施肥などの水田稲作技術の進展を明らかにするために、古水田土壌について微細形態学的解析を行い、これらの情報を視覚的また数値的にデータ化した。奈良県箸尾遺跡および大阪府池島・福万寺遺跡は、弥生時代以降近年にいたるまで、累々と水田が営まれて続けてきた地域であり、現在でも条理の区割りが残ることで知られている。両遺跡では、河川の氾濫による多量の堆積物によって弥生後期・古墳・平安・中世・近世・近代の各時期の古水田地表面が覆われて、連続して埋没している。河川堆積物を取り除くと旧地表面が良好な状態で検出されるため、各時期の遺構面（旧地表面）を中心に土壌試料を採取した。古水田土壌について微細形態学的に斑紋・内容物を解析し、当該各時期の灌漑技術や施肥などの水田稲作技術の進展が明らかになった。解析には、実体顕微鏡・岩石顕微鏡での観察およびコンピューターによる画像解析を用いた。画像解析によるデータは数値化し、水田土壌のデータベースを構築しつつある。

2. 分析の方法

土壌の微細形態学的分析とは、土壌構造を崩すことなく、現地のままの状態で顕微鏡観察を行うことができる分析法である。方法としては、専用の金杵を用いて遺跡から不攪乱の土壌を切り取り、樹脂によって固化し大型の薄片試料（8×15 あるいは 8×20 cm）を用いて形態的に分析する。観察には実体顕微鏡・岩石顕微鏡を用い、画像をコンピューターに取り込んで画像解析を行う。この分析方法を用いることによって、古水田耕作土に特有のいくつかの特徴および内包される有機物・無機物の観察・同定が可能となった。

3. 古水田耕作土壌の微細形態

写真1は、箸尾遺跡 29 次調査の上層水田から採取した土壌断面である。ファブリックは、褐色～茶褐色（PPL）の細砂～中砂と鉱物粒子などから構成される。粒径は小さく全体にほぼ揃っている。不整形の孔隙が下半に多い。孔隙の径は 3-5mm であり、線状の孔隙の長さは 2～3mm から 10mm 前後である。下半部にみられる孔隙には鉄の斑紋がほとんどみられない。

写真3は、池島・福万寺遺跡の第2黒色粘土層上面（弥生時代後期）で検出された水田から採取した土壌断面である。径 1mm 以内、長さ 15-20mm の線状の孔隙がみられ、その周囲への鉄・マンガンの集積が著しい。これは、この水田が耕作されていた時、地下水位が高く、しかも頻繁に湛水・落水を繰り返す灌漑が行われていたことを示している。写真4は、上部が透水性の良い砂質であるのに対して下部は粘土質であるが、生きている根の周りに鉄の集積が見られる。根は酸素を供給するため、水稲耕作の場合このようになりやすく、イネの根に特有な形態であるといえる。

*用語は土壌薄片記載ハンドブック（Bullock, P.etal. 著、平山良治ほか訳 1989）による。

松井章・平山良治・宮路淳子・リチャード・マックフェイル 1996「炭石および水田土壌の微細形態学研究所」『日本文化財科学会第 13 回大会発表要旨』日本文化財科学会

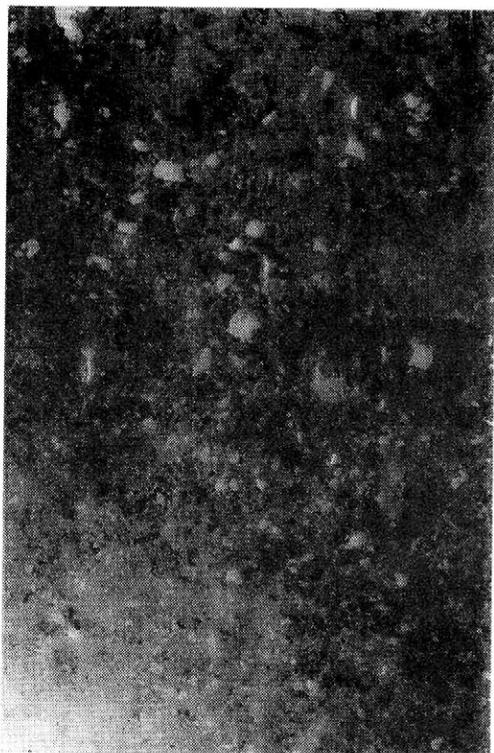


写真1 箸尾遺跡 水田(1)



写真2 箸尾遺跡 水田(2)



写真3 池島・福万寺遺跡 水田(1)

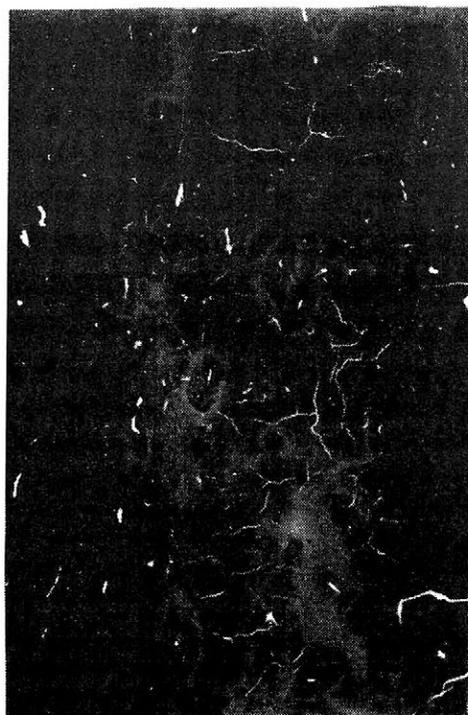


写真4 池島・福万寺遺跡 水田(2)

年間線量評価の改良による陶磁器真贋判定法の高精度化

○長友恒人（奈良教育大学） 青木智史（奈良教育大学）

1 はじめに

熱ルミネッセンス法(TL法)による陶磁器の真贋判定はこれまでも行われてきた。真贋判定では資料の美術品としての価値を損なわないために非破壊で測定することが理想であるが、実際には数100mgの胎土を採取して蓄積線量を測定し、年間線量は経験に基づいた推定値を用いる方法が一般的である。このため、従来の真贋判定ではきわめて大ざっぱな新旧判定にとどまらざるを得なかった。何らかの方法で年間線量を試料ごとに測定できるならば、年代測定に準じる正確さで真贋判定の信頼性を高めることができる。今回、我々は非破壊で年間線量を評価する方法を採用することによって判定の信頼性を画期的に向上させることができた。

年間線量の評価では新たに軟シリコン樹脂で作成した型に放射性元素含有量を定量した粘土標準試料を封入したものを標準比較試料として、 γ 線スペクトル法で測定した。従来の方法と今回開発した方法との比較を行い、年代測定に近い正確さで真贋判定が可能であることを報告する。

2 年間線量評価法の開発

年間線量の評価には、高純度Ge検出器(Fig.1 ②)を用いた γ 線スペクトル法を応用した。陶磁器胎土中の放射性同位体の含有率は、胎土と標準試料を定形のケースに入れてその計数率の比較を行うことで求められるが、従来の方法では試料を粉砕して測定する必要があるため少なくとも数gの試料が必要であり、真贋判定には不適であった。そこで本研究では、陶磁器片と同形状・同体積の軟シリコン樹脂製(GE 東芝シリコン TSE350)の型(Fig.1 ①)を製作し、その型内に陶磁器片および標準試料を封入した後に測定することで、検出器に対して陶磁器片と標準試料を同じ幾何学的条件とすることを実現した。これにより、年間線量を評価する目的で陶磁器片を破損させることなく、測定によって年間線量を評価することを可能とした。なお、本研究において使用した標準試料は、日本粘土学会から配布されている粘土参考試料中の放射性元素含有量を産業技術総合研究所(旧地質調査所)岩石標準試料を用いて定量したものを標準試料とした。

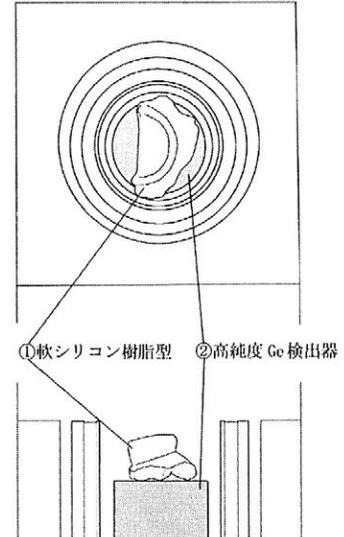


Fig.1 軟シリコン樹脂型と検出器の幾何学的関係

3 真贋判定への適用

本研究において測定対象とした中国古陶磁器片は、考古学的・美術的に年代をある程度与え得る試料3

片(SJ-02,SJ-03,SJ-04)と考古学的・美術史的に判断が困難な試料1片(SJ-01)である。前者の3片の陶磁器片は、型式的に越州窯の晩唐～五代末に分類されるものである。後者の1片の陶磁器片は、型式的には北宋の汝窯の特徴を備えているが、出土地が不明であるなど必要な情報が不明確であるため年代に関する情報は無い。前者は本研究の年間線量評価法の正当性の検証に、後者はその有効性の検証に用いた。蓄積線量の評価は、TL年代測定法と同様の方法で100～200mgの胎土を削り取って測定した。

Table.1 年間線量の測定により評価して得られたTL年代

試料名	蓄積線量(Gy)	年間線量(mGy/y)	TL年代(年前)
SJ-01	1.54±0.56	7.12±0.15	200±100
SJ-02	8.49±1.07	7.34±0.19	1150±200
SJ-03	12.53±2.09	10.33±0.19	1200±250
SJ-04	8.54±1.29	7.99±0.14	1050±200

4 判定結果の比較

下記のTable.2に示されるように、年間線量に推定値(日本における平均的な値である3.5mGy/yを評価)を用いた時と、本研究で測定によって評価された年間線量を用いた場合に得られるTL年代には非常に大きな差違が認められる。

Table.2 年間線量評価法の相違による得られるTL年代の差違と真贋判定の結果

試料名	推定値を用いたTL年代(年前)	測定値を用いたTL年代(年前)	真贋判定結果
SJ-01	約450	200±100	倣造品
SJ-02	約2400	1150±200	真品*)
SJ-03	約3600	1200±250	真品*)
SJ-04	約2450	1050±200	真品*)

*)は後世の倣造品ではない

5 判定結果の解釈と本研究における年間線量評価法の有効性の検証

Table.2で示したように、従来の年間線量に推定値を用いた方法では「古物」という評価しか与え得ない。しかも、陶磁器片SJ-01に関していえば、「真品」という評価を与える可能性がある。一方、本研究で測定によって求められた年間線量を用いたTL年代は、SJ-01を中国の清代にあたる時期のものとして評価する。また、測定により年間線量を評価した場合のSJ-02、SJ-03、SJ-04のTL年代は、考古学的・美術史的な評価と整合性がある。このことから、本研究で用いた年間線量評価法は正常なものを見なすことができ、SJ-01は北宋代の汝窯の製品ではなく、清代に汝窯を倣って造られたものであることが示唆される。この結果は美術史的にも納得しうるものである。このような倣造品の評価は、従来の年間線量に推定値を用いる真贋判定法では正確に判定することが不可能であり、本研究の測定法の有効性を示す測定結果であるといえる。しかしながら、この年間線量評価法はγ線測定装置の遮蔽容器内に収納できる程度の小品に限定される。大型の陶磁器の年間線量評価法、シングルアリコット法の適用による試料採取量の軽減などを検討している。

国宝源氏物語絵巻にみられる彩色材料について

○早川泰弘・三浦定俊（東京文化財研究所）

四辻秀紀・徳川義崇（徳川美術館）

名見耶明（五島美術館）

1. はじめに

東京文化財研究所では 1999 年度初めから、徳川美術館・五島美術館と共同で両美術館が所蔵する国宝源氏物語絵巻の調査・研究に取り組んできた。各場面に用いられている顔料や染料の同定、あるいはその使われ方等について、様々な光学的手法を利用した科学的な調査を実施してきた。その中の一つが、ポータブル蛍光 X 線分析装置による彩色材料の分析である。調査はほぼ 3 年にわたって継続的に実施され、これまでに膨大なデータを取得した。その中には、これまで知られていなかった新たな知見も含まれ、その分析結果の一部はすでに報告した^{1,2)}。今回は、これまでに得られた測定データの中から、人物の肌部分の測定結果を抽出してデータ解析を行った結果を示すとともに、緑色部分の測定から得られた特徴的な結果について報告する。

2. ポータブル蛍光 X 線分析装置による調査

ポータブル蛍光 X 線分析装置による源氏物語絵巻測定の様子を写真1に示す。すべての測定は徳川美術館・五島美術館の館内において下記の条件で行われた。これまでに測定した総数は約 700 ポイントに達する。

装置：セイコーインスツルメンツ(株)SEA200

管電圧・管電流：50kV・50 μ A

測定時間：1 ポイント 100 秒

X 線照射領域： ϕ 2mm

装置から源氏物語絵巻までの距離：約 10mm

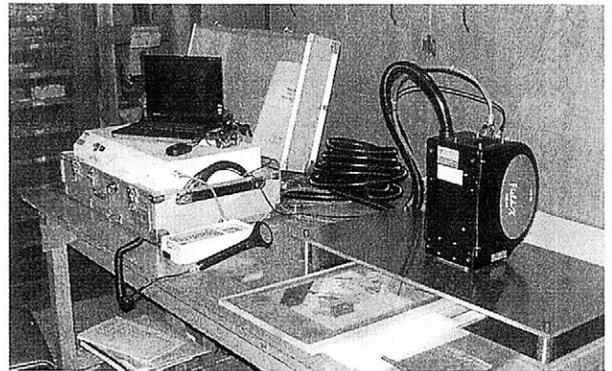


写真1 国宝源氏物語絵巻測定の様子(五島美術館)

3. 人物の肌にみられる白色について

徳川美術館に所蔵される絵 15 面および五島美術館に所蔵される絵4面の計 19 面全面の調査を行った結果、人物の顔や肌を表現するために次に示す 4 種類の白色材料が用いられていることが明らかになった。

(1)Pb を主成分とする白色

人物の顔や肌を表現するために、最も多用されている材料である。多くの場面の多くの登場人物から見出された。この材料が見出された箇所の多くからは、微量の Hg が検出された。

(2)Ca を主成分とする白色

徳川美術館所蔵の<早蕨>の場面の「赤衣女房の顔」および「弁尼の目尻」の 2ヶ所だけで見出された。他の場面では一切見られなかった。

(3)Hg が大量に検出される白色

徳川美術館所蔵の<橋姫>および五島美術館所蔵の<夕霧>の2場面だけで見出された。両場面とも登場人物すべてで見られるわけではなく、<橋姫>では「大君の顔、手」、「中君の顔」、「薫の顔」から、<夕霧>では「夕霧の顔」、「雲井雁の顔」から見出されただけである。

(4)主成分元素が検出されない白色

見出された場面は多くはないが、いくつかの場面の登場人物に見られる。徳川美術館所蔵の<蓬生>の「老女の顔、手」、<宿木(二)>の「勾宮の顔」、「六宮の顔」、「左下女房の顔」、<東屋(二)>の「弁尼の顔」、それに五島美術館所蔵の<鈴虫(二)>に登場する 6 人の「男性の顔」すべてから見出された。これら以外の場面では見られなかった。

人物の顔や肌部分の測定において検出された Pb と Hg 強度の関係を図1に示す。全体的には、Pb 強度が大きくなると Hg 強度も増加する傾向にある。図の左上方に見られるプロットは、Hg が大量に検出される白色の箇所である。

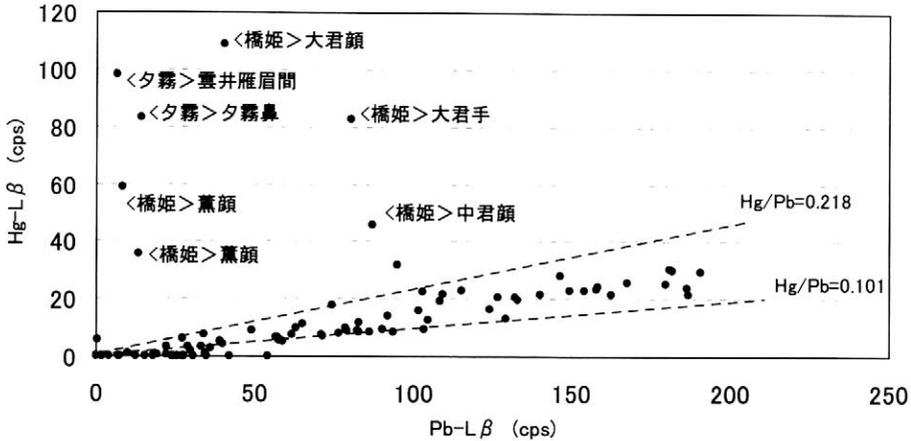


図1 国宝源氏物語絵巻の人物の顔・肌部分の測定から得られた Pb-Hg 強度の関係

4. 特徴的な緑色について

源氏物語絵巻の中で緑色は畳、御簾、装束、草、透垣などに用いられている。また、その色使いも薄緑色から濃緑色まで用途によって幅広く使い分けられている。緑色の彩色材料として、これまで考えられていたのは緑青 ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) であり、その粒度を変えたり、熱処理を加えることによって薄緑色から濃緑色までを表現していると考えられていた。緑青を今回の条件で測定したとき、検出できる元素は Cu だけである。

これに対し、今回の調査の中で、徳川美術館所蔵の<宿木(三)>に描かれた薄緑色の御簾の部分測定したところ、銅(Cu)とともに亜鉛(Zn)を検出した。これに隣接して描かれている濃緑色の帽額の部分からは Zn は検出されなかった。それぞれの測定結果を図2に示す。源氏物語絵巻の中にはこれとほぼ同じ表現、色使いがされている場面があるが、これまでの調査で Zn を検出したのは、<宿木(三)>に描かれた薄緑色の御簾の部分、ただ一箇所である。

現在のところ、Zn がどのような形で存在しているのかはわからないが、ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた様々な彩色文化財の調査の中で、これとほぼ同じ結果が得られた緑色の例がある。大倉文化財団(東京)所蔵の国宝普賢菩薩騎象像の蓮弁に残存している緑色部分から、Cu が比較的多く検出されるとともに、少量の Zn が検出された³⁾。源氏物語絵巻と普賢菩薩騎象像は絵画と彫刻という違いはあるにしろ、ともに 12 世紀の製作とされ、しかも両者とも国宝に指定されている作品である。12 世紀を代表する両作品から Zn が検出される緑色という、これまで知られていない彩色材料が見出されたという事実をどう解釈するか、今後さらなる調査とともに、詳細な検討が必要とされる測定結果である。

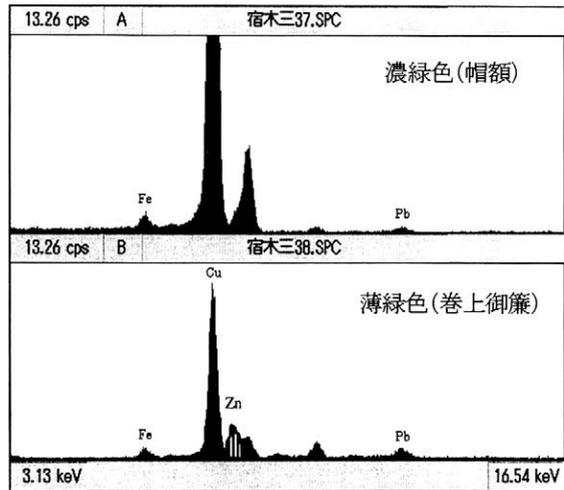


図2 宿木(三)に描かれた2種類の緑色部分の測定結果

1) 早川、平尾、三浦、田村、杉原、佐藤、四辻、徳川:ポータブル蛍光 X 線分析装置の開発と文化財試料への適用、日本文化財科学会 第 16 回大会要旨集、p22(1999)

2) 早川、平尾、三浦、四辻、徳川:ポータブル蛍光 X 線分析装置による国宝源氏物語絵巻の顔料分析、保存科学、39、1-14(2000)

3) 早川:大倉文化財団普賢菩薩騎象像の表面彩色の蛍光 X 線分析、MUSEUM 東京国立博物館研究誌、574、32-36(2001)

実験考古学的手法による骨角器製作技法の研究

石丸恵利子（京都大学大学院 人間・環境学研究科）

1. はじめに

考古遺跡から出土する動物骨は、完形のものはいままで、ほとんどが破損した状態である。それらは動物の解体、骨髄の抽出、また骨角器製作のために打ち割られた結果である。したがって、骨の割れ方の分析から、解体技法や骨角器製作技法の解明に迫ることが可能だと考えられる。本研究では、そのような観点から、骨角器の素材として利用されることの多いシカの中手骨、中足骨の剥片の形態分類を行い、実験考古学的手法を併用しながら研究を進め、骨角器製作技法の解明を試みる。

2. 方法

遺跡出土剥片の形態を理解するために、打割実験を行なった。実験には、シカの中手骨、中足骨をそれぞれ 15 本使用した。骨は生の状態のものとして 5 時間以上煮沸したものを用い、打割には台石とハンマーストーンに河原石を、楔に安山岩の剥片を使用した。打割実験は様々な条件を設定し、その一部を第 3 図に示した。

実験によって生じた剥片の形態および打点の形状を記録分類し、遺跡出土の剥片と比較して、その類似性や相違性を抽出した。さらに、出土したシカの中手骨、中足骨の剥片の形態や、残存長、残存幅、打点の位置を遺跡ごとに分類整理した（第 4・5 図）。

3. 分析

滋賀県栗津湖底遺跡第 3 貝塚（以下栗津遺跡）：縄文時代中期（滋賀県教育委員会ほか 1997）、広島県帝釈観音堂窟窟遺跡（以下観音堂遺跡）：縄文時代後期（帝釈峡遺跡群発掘調査室 1978 ほか未報告分を含む）、長崎県伊木力遺跡：縄文時代前期主体～弥生時代（多良見町教育委員会ほか 1990）出土の中手骨、中足骨の分析を行なった結果、次のことが明らかになった。

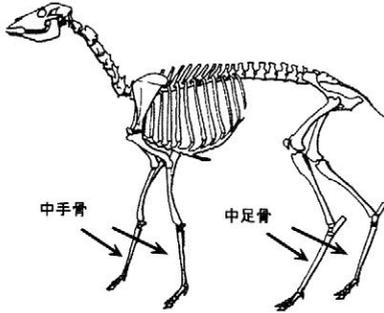
近位部の剥片の残存長は様々であるが、幅については一定の傾向が認められる。観音堂遺跡や伊木力遺跡では、ほぼ完形時の幅（数値 2.8～3.5cm）に近いが、栗津遺跡は、幅の狭いものが多く認められる（数値 2.0～2.9cm）。遠位部は、骨端まで割れたものが少なく、残存幅はほぼ完形時の幅である。打割される部分はいずれの遺跡においても、近位部に近くなるほど内・外側面で、遠位部では前・後面が多い。遺跡別にみると、観音堂遺跡や伊木力遺跡の近位部は内・外側面が多く割られているが、栗津遺跡では前・後面も多く割られている。これが、栗津遺跡の近位部の残存幅に狭いものが多く存在する理由である。また、観音堂遺跡では、遠位部も内・外側面が割られるものが存在する。

以上のような点から、骨角器製作工程の初段階には、遺跡間で異なる素材の取り方が認められる。観音堂遺跡や伊木力遺跡では、主に近位部の内・外側面を打割することによって素材を得、栗津遺跡では、前・後面を打割することによって素材を得ている（第 6 図）。またいずれの遺跡においても、骨の長軸に対して垂直方向に打割されるという傾向が認められた。同軸方向（MC-03, MT-03）から打割された痕跡は確認できず、そのような素材の取り方は行なわれなかったと考えられる。この打割方法は非常に困難であることが、実験によっても確かめられた。

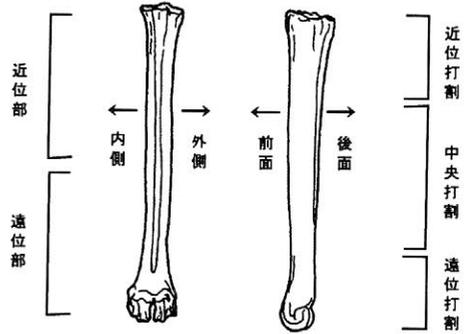
4. まとめ

動物骨の剥片の形態を遺跡間で比較することによって、打割方法が遺跡によって異なることを明らかにできた。このような中手骨、中足骨の割りに差があることは、すでに林（1974 「縄文期の集団領域」『考古学研究』20-4）らが指摘したことであるが、本研究においてもそ

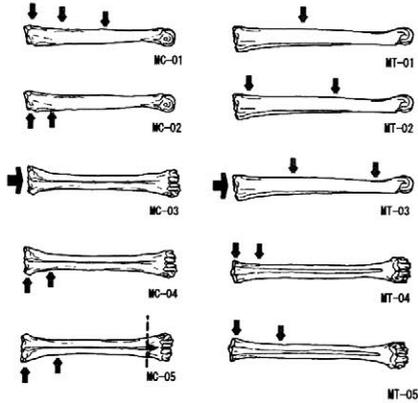
のことが確認できた。今後この分析方法を、他の地域や時代に拡張すること、その他の骨の部位で試みることによって、その背後にある地域的、時代的な特徴を明らかにすることができる見通しを得た。



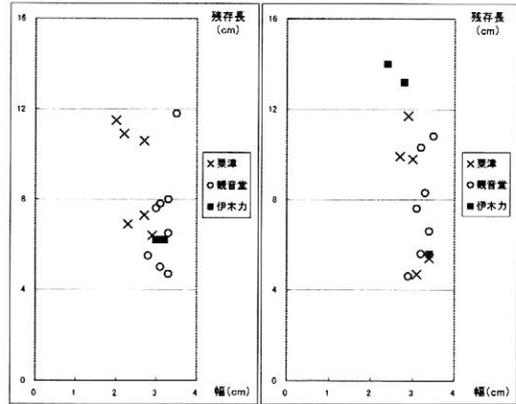
第1図 シカの中手骨・中足骨位置図
(八谷・大森司1994より)



シカ：中足骨左
第2図 打割に関する部分名称

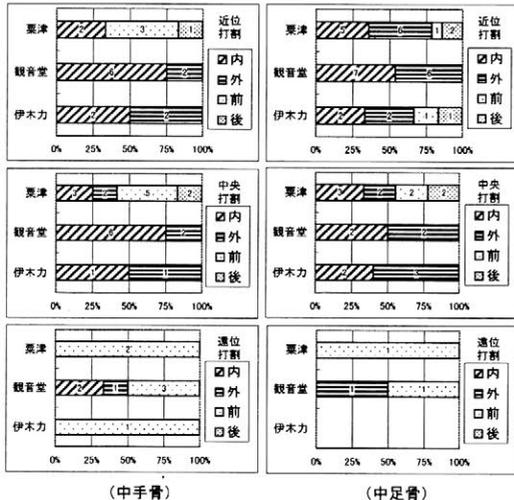


第3図 打割実験の打割位置図
(MC:中手骨, MT:中足骨)

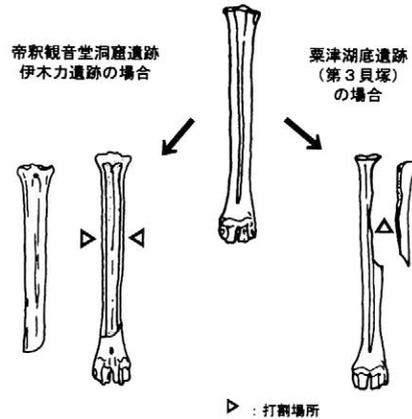


(中手骨:近位部) (中手骨:遠位部)

第4図 遺跡出土のシカの中手骨の残存長と幅



第5図 シカの中手骨・中足骨の打割場所別打点面



第6図 骨角器製作初段階の復元工程

高知県居徳遺跡群出土の人骨にみられる人為的損傷

○松井章（奈良文化財研究所）・曾我貴行（高知立埋蔵文化財センター）・中橋孝博（九州大学）

1. 遺跡の概要

居徳遺跡群は高知県土佐市高岡町所在の縄文後期から中世に渡る複合遺跡で、高知県立埋蔵文化財センターは、1997、98年に四国横断自動車道建設のための発掘を行った。この遺跡群からは、これまでも晩期後半の突帯文土器と共に、花卉をモチーフとするクスノキ製の漆塗り木胎漆器、木鋏、また東北地方から搬入された大洞A式の土器が出土したことで著名である。今回、報告するのは、縄文晩期後半の刻目突帯文土器を含む窪地の堆積層から出土した動物遺存体、約3,000点中に含まれていた人骨、計15点に関する所見である。出土した動物遺存体は、ヒトの他には、イノシシが最多で、ニホンジカ、イヌが続く。その他には、ニホンザル、ツキノワグマ、カモシカ、タヌキ、ノウサギ、クジラ類、ウミウ？、ミナミクロダイ、サメ類が出土している。

2. 人骨に見られる損傷痕

部位別には、大腿骨が左6点、右3点、計9点と過半数を占め、いずれも別個体のもので、最小個体数は9人となる。出土した人骨、特に大腿骨の断面形状、および筋肉の発達具合の特徴は、縄文人骨の特徴を備えている。幼児骨は含まれず、大腿骨、脛骨には頑丈な個体と小型で華奢な個体とがあり、男女差によるものと考えられる。

a) 骨鏃の貫通痕(No.2)

膝のやや上部を正面、斜め上方より幅9ミリ、厚さ4ミリの断面半月形の孔が貫通する。この断面はシカの中手骨、または中足骨の後位の外側、内側の厚みのある素材による骨鏃の断面と一致する。患部がめり込んでいることから、生前の軟性を持っているときの傷であることがわかり、衝撃の激しさを示す。裏面は衝撃のため、広い範囲に渡って吹き飛ばされ、これは弾丸の貫通した骨の特徴にも共通する。

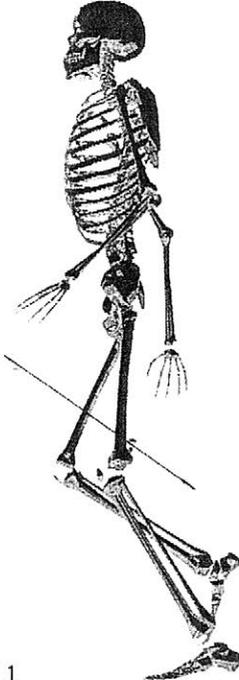


図1

b) 創傷痕(No.2)

貫通痕が見られる同じ大腿骨の近位部には、鋭利な刃物によってまっすぐに切り込まれた創傷が残る。創傷は骨体の表面、裏面ともに残存部全周にわたり、太股を付け根付近で切断しようとする一撃で切り込んだものの切断には至らず、刃を抜いた後、残存部の弾力によって傷は閉鎖し一条の線として観察されるのみである。頑丈な管状骨をゴムホースのように斬り込めるのは薄くて鋭利な刃でなければ不可能である。

c) 刺突痕 (No.4,15)

大腿骨の遠位端、近位端を欠損した骨幹部で、形状から骨が弾力を失って乾いた後に中央部で折れたことがわかる。骨幹部の前位表面に計8箇所ノミ状の工具による刺突痕が残る。それぞれ1センチから2センチ内外の間隔で、あるいは2つずつ対で並び、連続的に突き刺されたと考えられる。刃の形状は、幅約1センチの爪形を呈し、一か所で刃が欠けている特徴が共通し、同じ刺突具によるもことを示す。傷の形状からすると、骨がまだ生の弾力のある状態で刻まれたと考えることができる。

3. 他の骨に見られる損傷痕

a)ニホンジカの橈骨の遠位部、後位に見られる骨鏃による貫入孔

シカの後方から射かけたもので、骨幹部の後位から貫入するも貫通せず、前位部の骨体を内側から膨隆させるにとどまっている。孔の断面は人骨で見ると同様で、骨鏃によるものと考えて矛盾はない。

b)イノシシ上腕骨遠位部に見られる刺突痕

上腕骨遠位部の両側位の脛の位置に何度も刺突を加えて上腕部の筋肉を取っている。この位置には縄文時代以来、カットマークが付くことが多く、一般的な解体技法であったといえる。爪形の刺突痕には、人骨で見たのと同じ場所に刃こぼれが観察でき、同一の工具によるものであることがわかる。

4. 考察

いずれの骨も風化の痕跡は見られず、死後、さほど間をおかずしてこの窪地に投棄され埋没したものである。同時に出土したイノシシやシカの傷と、人骨に見られる創傷、刺突傷とを比較すると、前者が筋肉を取ることを目的としたことが明かであるのに対し、後者は四肢を損壊させる意図を窺わせる。したがって、人骨の傷は、食人を目的としたものではなく、犠牲者に対する畏怖、憎悪を窺わせるものであろう。発表者の一人、中橋は明白な人為的な損傷痕は3体分で、これらの傷はいずれも明かに鋭利な道具で付けられたものと考え。それに対して松井は、それ以外の傷や、割れ口、切り口も人為的な損傷、切断痕と考える。少なくとも9人以上という死者の数に対して、頭蓋骨の破片2点を除けば、椎骨をはじめとする中軸骨や四肢骨の関節部が皆無であるという特異な出土部位の偏りも指摘できる。今後、さまざまな道具による骨の切断や破断実験を併用しながら、骨の傷の成因について研究を深めていきたい。

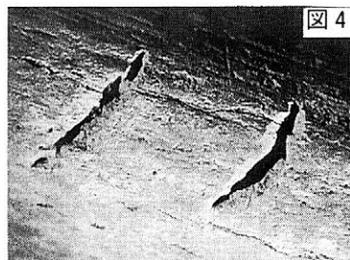
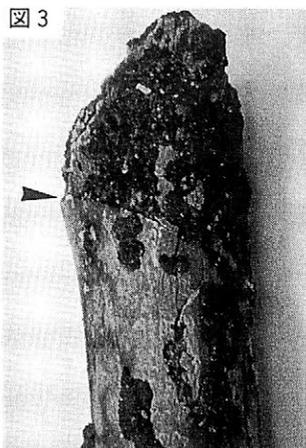
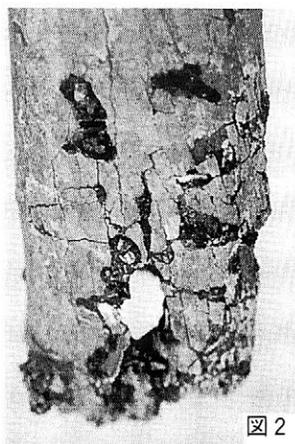


図1. 骨鏃で射抜かれた人（想像図）
 図2. 骨鏃による貫通傷
 図3. 刃物による創傷（三角形）
 図4. ノミ状刺突具による傷
 下表：出土人骨一覧

No.	分類	部位名	左右	部分	備考
1	ヒト	脛骨	右	体部	残存長208mm；大きく頑丈
2	ヒト	大腿骨	左	体部	遠位部を骨鏃が貫通；近位部の創傷；残存重310mm；女？
3	ヒト	大腿骨	左	体部	女？
4	ヒト	大腿骨	右	体部	外側に鋭利なノミ状刺突痕；男？
5	ヒト	大腿骨	左	体部	中央部を直線的に切断し、裏面は割れる；女？
6	ヒト	大腿骨	右	体部	残存長206mm；斜めに切断；男？
7	ヒト	大腿骨	左	体部	男？
8	ヒト	大腿骨	左	体部	残存長73mm；女？
9	ヒト	大腿骨	左	体部	粗線上に横方向3カ所、外側に横方向の打撃痕
10	ヒト	大腿骨	右	体部	残存長95mm；
11	ヒト	基節骨	左		
13	ヒト	脛骨	左	体部	後面に斜め方向1カ所の打撃痕；女？
14	ヒト	頭蓋骨		破片	厚さ6mm；残存長62×50mm；四角形；（頭頂骨？）
15	ヒト	上腕骨	左	体部	遠位に近く、ノミ状の刺突痕3カ所；残存長84mm；男？
16	ヒト	頭蓋骨		破片	厚さ7mm；34×31mm；5角形

炭素窒素同位体による食性解析に基づくイノシシの家畜様式の判別

○南川雅男（北海道大学・院・地球環境）、松井 章（奈良文化財研究所）

1. 目的

イノシシは西アジアで約1万年前に家畜化されてブタとなり、ヨーロッパ、アジアに広がったと考えられている。日本におけるブタの移入は、弥生時代からという説が有力であるが、否定論もあって決着を見ておらず、さらにその時期や導入経路、飼育形態などは今後の研究にゆだねられている。われわれは骨コラーゲンの同位体分析によってイノシシ属の食性変化を調べ、野生・飼育の判別や生育環境の違いを推定する目的で、沖縄、九州を中心に縄文時代以降の出土獣骨を分析してきた。一昨年の本学会では縄文前期以降の琉球列島各地から出土したイノシシ属の炭素・窒素同位体組成に本州の野生イノシシに見られない特徴があることを報告したが、今回は西日本から九州の島嶼、および弥生時代以降の琉球列島や韓国の家畜についての食性分析を行い、それらを比較することによって、先史時代における家畜化の判別と飼育のパターンについて考察した。

2. 試料と方法

新たに分析したのは原の辻（長崎県壱岐、弥生中期）、大浜（長崎県福江島、弥生中期）、帝釈峽弘法滝（広島県、縄文早期）、粟津湖底遺跡（滋賀県、縄文中期）、大里城（沖縄、グスク期）、および韓国江原道の江門洞 Kangmug Dong（AD 1世紀）、忠清南道の安眠島古南里貝塚（Anmyundo Konam-ri、青銅器時代）など約50点である。比較のために可能な限り同じ遺跡のシカや人骨の分析も行った。骨の分析は定法でゼラチンを抽出し、同位体比マスで測定した。分析精度は±0.1%である。

3. 結果と考察：

沖縄県伊江村の具志原貝塚（弥生時代のイノシシには多くの窒素同位体組成（ $\delta^{15}\text{N}$ ）の高い個体（図1の上方）に混じって、 $\delta^{15}\text{N}$ の低い個体と（図1の下方）とは、炭素同位体組成（ $\delta^{13}\text{C}$ ）の大きな少数の個体が見つかった（図1の右の2点）。前者は琉球に移入された後、島内で野生化（あるいは放牧）された個体と推定していたが、後者については不明だった。今回分析した韓国東海岸の江門洞遺跡出土のブタ（イノシシ）はこれに近い値を示した（図3■）。これは弥生併行期には韓国方面から琉球に移入されるブタがいた可能性を示唆する。一方、九州の島嶼（壱岐、福江島）、中国山地の帝釈峽では同様の個体は見られず、野生の草食動物に近い値しか確認できなかった（図2）。原の辻では $\delta^{13}\text{C}$ がややC4植物（雑穀類の可能性）の影響を示すようにも見えるが大きな寄与は考えられなかった。これらは基本的にシカと同様に山野のC3植物に依存した食性をもつと考えられ、琉球における前回の結果とも矛盾がなかった。次に明らかに家畜（牛やブタ）を飼養した時期であるグスク時代のイノシシ属の分析結果は、韓国東海岸のイノシシと近く、西海岸ではC3植物食の範囲であった（図3）。これらのことからイノシシの移入経路と飼養のパターンについて次のような仮説を立てることができる。

琉球諸島では縄文前期の野国貝塚で見ると、イノシシが飼養されていた可能性がある。移入元はまだ特定できないが、中国大陸南部が台湾、または東南アジア方面が考えられる。ここでは集落内で人間の残飯や排泄物などを与える飼養法が成り立っていた。弥生併行期になると、さらに韓国東北部から出土したイノシシ属に見るように、雑穀か水産物の飼料で生育された個体に移入されるようになった。しかし、本州諸島、壱岐や五島列島、韓国西海岸では、イノシシ属が飼養されていたとしても、基本的には放し飼いで、自然食に近い植物資源で飼育され野生種と

は区別が付かない。琉球でも野生のリュウキュウイノシシとともに、ブタも利用された。その後、琉球諸島に定着した家畜の飼養法は雑穀などのC4植物と水産物を中心とする飼育様式だったと考えられる。今後、これらの仮説の妥当性を検証していく予定である。

図1 沖縄（野圃、縄文前期）、伊江島・久米島（弥生期）のイノシシと人の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$

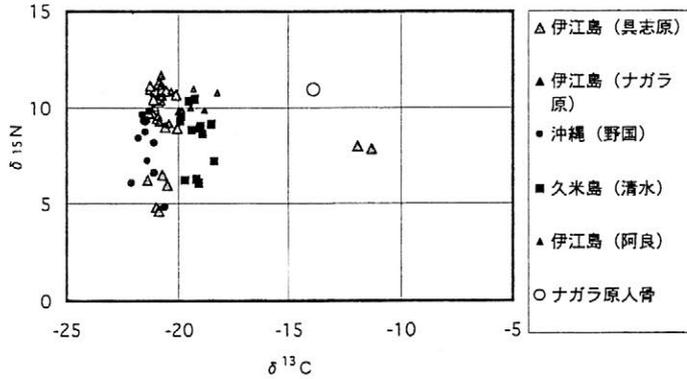


図2 本州（関東、東北、中国）、九州島嶼地域のイノシシの $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$

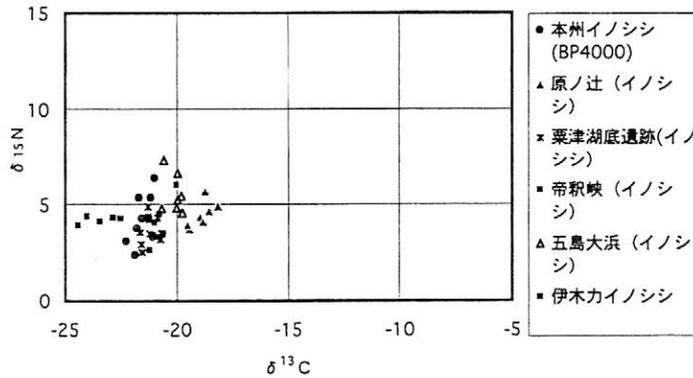
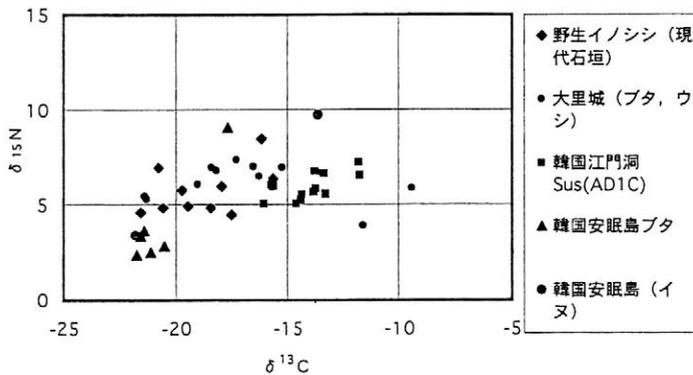


図3 弥生期以降の琉球、韓国の家畜の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$



縄文時代における水産資源利用システムの変化

— 荒川下流域の中・後期の事例から —

○植月 学（東京芸術大学） 樋泉岳二（早稲田大学）

1. 目的

縄文時代における水産資源利用システム、特に資源の獲得領域と、処理、消費、廃棄の場の配置、さらには集落との関係といった空間的構造の一端を明らかにすることを目的とする。また、この構造の時期的変化を明らかにし、その原因について検討を行う。

2. 資料と方法

分析対象としたのは荒川下流域の縄文時代中期～後期の貝塚群（東京都北区七社神社裏貝塚、中里貝塚、西ヶ原貝塚）である。これらを中期中葉、後期前葉、後期中葉の3時期に大別し、①貝塚の形成パターンと貝類組成、②魚類組成の変化を検討した。

3. 分析結果

①貝塚形成パターンと貝類組成

中期中葉は台地上に小規模な貝塚を伴う集落（七社神社裏）が、低地には大規模な水産加工場の貝塚（中里）が形成される。集落では汽水産のヤマトシジミが高い比率を占めるのに対し、低地はほぼ鹹水産のマガキ・ハマグリのみにより構成される。後期前葉になると、低地の貝塚形成は低調となり、台地上の集落に規模の大きい貝塚（西ヶ原貝塚）が形成される。集落の組成はハマグリがヤマトシジミを上回る。後期中葉も引き続き台地上に貝塚が形成されるが、ヤマトシジミが主体となる。

②魚類組成

中期中葉の集落では淡水魚と海水魚がほぼ同率で含まれる。後期前葉はウナギ以外の淡水魚はほとんど見られなくなる。海水魚の内容にも変化が見られ、イワシ類、アジ類などの表層回遊種が顕著となる。後期中葉には再び淡水魚の増加が見られる。また、海水魚のうち表層回遊種は激減する。

4. 考察

中期の集落内貝塚と低地の貝塚とで貝類組成が異なるのは、資源によって処理の場が異なっていたことを示す。交易用に価値の高い種（マガキ・ハマグリ）を主に浜辺で加工、流通させ、そうした価値の低い種（ヤマトシジミ）を自家消費用に集落内に持ち込んだと考えられる。一方、後期前葉になり、低地の貝塚形成が低調になると、ハマグリが多く集落に持ち込まれるようになる。これは中期のような処理・流通システムが崩壊し、主に集落内に自家消費の結果として貝塚が形成されたためと考えられる（1）。

魚類についても中期の淡水魚＋海水魚から後期前葉の海水魚主体への変化が見られた。特に後期前葉におけるアジ類の増加は東京湾西岸に一般的な傾向であるとされる（2）。この時期に大きな海水準の変化は指摘されておらず、こうした変化は環境的要因では説明しにくい。したがって、漁労活動自体の内的変化が関わっている可能性が高い。

一方、後期前葉から中葉にかけては貝塚形成パターンに変化は見られず、処理システムの変化のような大きな文化・社会的変化は想定しにくい。この時期の貝類・魚類の海産主体から汽水・淡水産主体への移行については、むしろ海退に伴う漁労環境の変化によると解釈するのが合理的であろう。ただし、海水魚のうち表層回遊種のみが特に激減していることは、やはり漁労活動自体の内的変化による可能性がある。

(1) このことについてはすでに阿部、樋泉らの指摘がある。

阿部芳郎 1998 「西ヶ原貝塚の形成過程と遺跡群の構成」『都内重要遺跡等報告書』

〃 2000 「縄文時代の生業と中里貝塚の形成」『中里貝塚』

樋泉岳二ほか 2000 「中里貝塚における人間の活動」『中里貝塚』

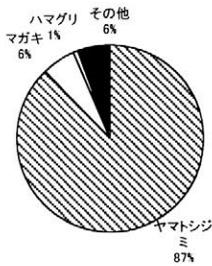
(2) 樋泉岳二 1998 「貝塚と人々の生活」『新編 千代田区史 通史編』

貝類

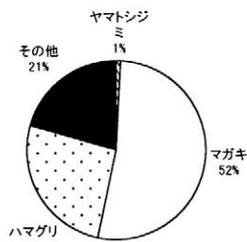
魚類

中期中葉(勝坂式期)

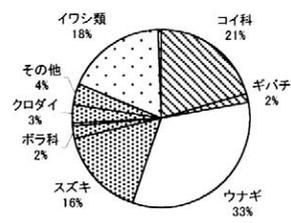
七社神社裏 1号住



中里

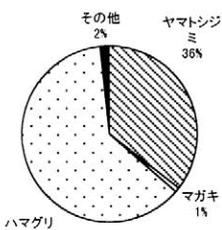


七社神社裏 1号住

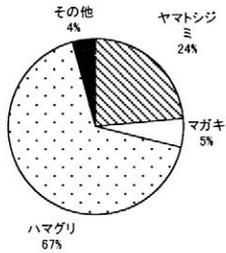


後期前葉(堀之内式期)

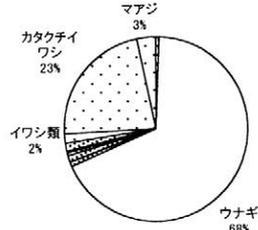
七社神社裏 4号土坑



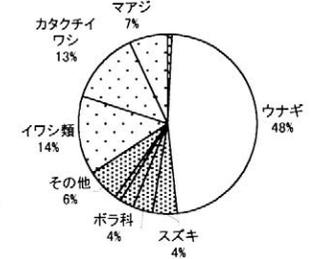
西ヶ原 IV地点



七社神社裏 4号土坑

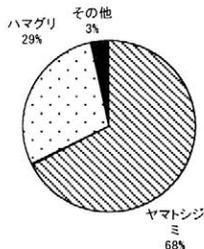


西ヶ原 IV地点

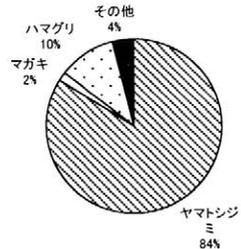


後期中葉(加曾利B式期)

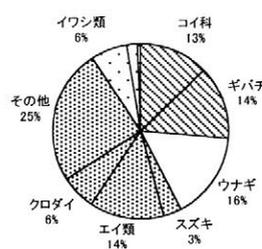
西ヶ原 VI地点



西ヶ原 VII地点



西ヶ原 VII地点



- ▣ 淡水産魚類
- ウナギ
- ▤ 海産魚類
- ▥ 海産魚類(表層回遊)

*NISP(同定資料数)による

守山市下之郷遺跡出土の編物に使われた材料の DNA 分析に基づく種の推定

○ 大角信介（静岡大学・岐阜大学大学院） 村上由美子（京都大学大学院）
川畑和弘（守山市教育委員会） 佐藤洋一郎（静岡大学）

考古遺跡からは植物繊維で編まれたさまざまな編物が出土している。しかし、これらを編んだ繊維の種や品種レベルでの報告例はない。DNA 分析によってこれら繊維の種の同定ができれば、種の同定のほかにも、当時の遺跡周辺の植生推定、編物に使用された植物と編み目の関係など様々な知見が得られると考えられる。今回、滋賀県守山市の下之郷遺跡から出土した編物の繊維断片から DNA を抽出し、種の推定を行うとともに、DNA 分析の有効性を評価した。

分析試料は、第 42 次調査区 SD-3 第 4 区から出土した 2 点の編物(SA-I および SA-III)を分析した(図 1a および b)。SA-I からは編物の横の繊維(SA-Ia)、縦の繊維(SA-Ib)および口縁部(SA-Ic)の 3 箇所からそれぞれ小断片をとり DNA を抽出した。また、SA-III からは縦の繊維から 2 サンプル(SA-IIIa および b)および口縁部(SA-IIIc)から小断片をとり DNA 抽出を行った。これらの材料 20mg から DNA を抽出したのち、Polymerase chain reaction(PCR法をもとに葉緑体 DNA の PS-ID 領域を増幅した。増幅の確認されたサンプルは、サイクルシーケンス法によるダイレクトシーケンスによって各サンプルの PS-ID 領域の塩基配列を決定した。また種の推定を行うために、現生のアオツツラフジ(*Cocculus trilobus*)およびガマ(*Typha latifolia*)の PS-ID 領域の塩基配列も決定した。

表 1 に 4 個の編物断片および現生植物の PS-ID 配列を示す。編物遺物では SA-I の 3 箇所すべての配列が決定できた。また、SA-III では縦の繊維の一方のみ配列を決定できた。遺物から得られた 4 つの配列はすべて異なっており、すべてのサンプルが異なる植物であることが判明した。また遺物のサンプルと現生の植物との PS-ID 配列を比較したところ、SA-Ia とガマの PS-ID 配列が 100% で一致した。そのため、SA-I の横の繊維はガマもしくはその近縁種の植物であったことがわかった。

ガマは現在、湖沼や池、河川のふち、山間の湿地などに見られる植物である。下之郷遺跡は三上山を頂点として広がる野州川下流域扇状地のほぼ中央に位置する遺跡である。ここは伏流水が地表に湧き出るような水源地帯にあたり、ガマの生育に適した環境であったと考えられる。またガマは葉が長く丈夫なため、ござやすだれを編むのに利用されてきた植物であり、素材としての条件も具備している。

今回、遺物で得られた 4 つの配列をつる性の植物であるアオツツラフジとガマの 2 種の配列と比較したところ、遺物の 1 サンプルがガマと一致した。その他の断片については現生種に類似の配列を示したものがなかったため、種の推定は出来なかった。現在、クス(*Pueraria lobata*)、サネカズラ(*Kadzura japonica*)など、上記の 2 種以外のつる性植物の現生標本からの PS-ID 配列の決定を試みているところである。今後、これらの植物の配列を蓄積・データベース化していくことによって、遺跡から出土した編物遺物の種の推定がより容易になっていくことが考えられる。また、より正確な種の推定を行うために PS-ID 以外の葉緑体 DNA 領域も同様に配列を調べていくことを予定している。



図1a



図1b

図1 下之郷遺跡から出土した編み物

表1 編み物および現生の植物のPS-ID配列

サンプル	PS-ID 配列 (5'-3')*
SA-I a ガマ	TAGAGATGTAGA ACTAAACAAAAAGGGGTATTGAGGATGAAAAACA ACTG TAG.....
SA-I b	TAAAAATGGAGAATAGACTAAAAGGAAAAATAGACGAATAAGGAAAAATA
SA-I c	TAGAGACATAAAAAAAGATATTCAAAAATGAAAAACA ACTGCAAGTTTATT
SA-III a	TAATCATTAGAACGAAAGGAAAGAGGTCCTTTAGTATGAAAAAAAATTGCAA
アオツツラフジ	AAGAGGTGTGATGAAAACAAGCAACCAACCGCAAGTTTTTTGATTTCTGAAC

*: 配列中の・(ドット) はSA-I aと同じ配列であることを示す。

栃木県関谷断層の最新の活動と集落の移転

寒川 旭・下川浩一・宮下由香里・杉山雄一¹⁾

丸山直樹²⁾・斉藤 勝³⁾・鈴木泰浩⁴⁾

1) 産業技術総合研究所活断層研究センター 2) 株式会社ニュージェック

3) 株式会社ダイヤコンサルタント 4) 栃木県教育委員会

1. はじめに

栃木県北部を南北に縦断する関谷断層（全長約 30km）は、西側が上昇する活動を繰り返してきた。独立行政法人・産業技術総合研究所活断層研究センター（旧通産省地質調査所）では、2000 および 2001 年度に、この断層の最新活動時期などを明らかにするためにトレンチ調査を行い、最新の活動に伴う被害についても考察した。

2. トレンチ調査

2000 年度は黒磯市百村（図 1）の低位段丘面上の 3 カ所で実施し、低角度の逆断層を検出した（写真 1）。断層は、6 世紀中頃に降下した榛名二ツ岳伊香保軽石（町田・新井, 1992）を含む地層を変位させており、変位を受けた地層の最も新しい放射性炭素年代測定値は 520 ± 60 yBP（暦年で AD1400~1440 年）であった（宮下他, 2001）。

2001 年度は塩原町関谷（図 1）の低位段丘面上の 2 カ所で実施し、低角度の逆断層を検出した（写真 2）。いずれの断層も、榛名二ツ岳伊香保軽石を含む地層を変位させており、放射性炭素年代測定値から 1,040 yBP（暦年で AD970~1030 年）以降に最新の活動が生じたことがわかった（宮下他, 2002）。

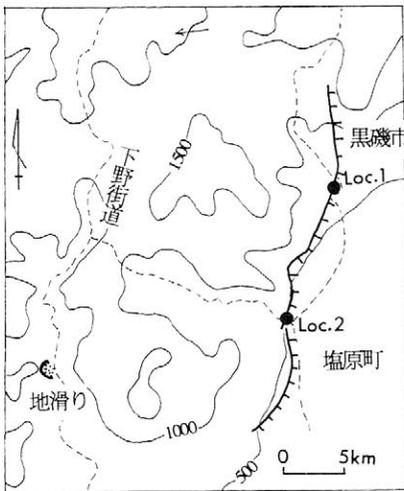


図 1 関谷断層と街道

太実線が関谷断層、破線は街道を示す。
Loc.1 は百村トレンチ、Loc.2 は関谷トレンチ



写真 1 百村トレンチで検出された活断層

人が指さしている位置に低角度の逆断層があり、
左側の地層が右斜め上方に乗り上げている。
断層の位置と地面の食い違いはほぼ一致している。

また、これらのトレンチの観察結果と放射性炭素年代測定値から、一つ前の活動時期はBC2000年頃と推定される（宮下他，2002）

3. 該当する歴史地震と集落の移転

トレンチ調査の結果、関谷断層は15世紀以降に最も新しい活動を行い、その際の垂直変位量が1~2mであることがわかった。調査地域周辺では1659年と1683年に大きな地震が発生した記録があり、これらが関谷断層の最新活動によって生じた地震の候補にあげられる。特に、地震史料からM7クラスの規模が想定される1683年の日光地震では、地滑りによって下野街道（図1）が通行不能になり、直後に周辺地域の街道・宿場が整備されている。関谷断層沿いには古宿（通称：古屋敷）が存在し、街道と共に移転して関谷宿の原形を形成したと考えられており（寒川・室井，1989など）、古宿の存在を探る試掘調査（図2）も平行して行った。この結果、小規模な建物の柱穴と思える遺構（写真3）などが検出されたが、年代を示す遺物は認められなかった。



写真2 関谷トレンチで検出された活断層（図2のb）

左側の地層が右斜め方向に乗り上げている。
右側の地層は引きずりを受けて大きく変形している。



図2 関谷断層と関谷宿

太実線が関谷断層、a・bはトレンチの位置



写真3 検出されたピットの一部

図2のaトレンチの北東にある▲印

1945年長崎原爆の「黒い雨」降下物とその影響の解説

○吉川周作（大阪市大） 中垣玲子（同） 稲野伸哉（同）
山崎秀夫（近畿大） 後藤敏一（同） 長岡信治（長崎大）

1945年8月の広島・長崎原爆についての自然科学的現地調査・研究は、被爆直後に数多く実施され、膨大な研究結果が報告されているが、残された課題も多い。特に、原爆にともなう「黒い雨」については文書・見聞記録しかなく、その実態は不明瞭である。本研究では、長崎原爆（プルトニウム原爆）の「黒い雨」を記録した証拠として水源池堆積物に注目した。西山水源池は爆心地から東へ約3kmにある。爆発当時、毎秒3mの東ないし東北東の風が吹いていたと推定され、西山地区周辺では原爆投下後20分ほどしてから、放射性物質や灰・塵・微粒炭などをまじえた「黒い雨」が多量に降った（図1）。

1999年12月、西山水源池で、長さ約330cmの柱状試料を採取した。この試料を厚さ3〜2cmごとに切断し、放射能測定、微粒炭分析、蛍光X線分析、珪藻分析などを行った。

放射能測定の結果、人工放射性核種である ^{137}Cs は、深度289〜305cm間で44Bq/kg以上の高濃度、深度298cmにおいて90Bq/kgのピークを示す。また、 ^{241}Am はほとんどの層準で検出限界以下であるが、 ^{137}Cs が高濃度を示す深度292〜300cmでは、 ^{241}Am も検出される。 ^{137}Cs については、日本周辺の堆積物からはこのように高濃度で明瞭なピークを示す例は報告されていない。このことは、 ^{137}Cs を高濃度に含有し、 ^{241}Am も検出できる深度289〜305cmの層準は、原爆の「黒い雨」降下物である可能性が高い。さらに、微粒炭分析によると、この「黒い雨」降下物の層準、深度293〜295cmに表面反射率の高い大微粒炭の濃集層準がある。大微粒炭は近接した地域の火災と密接に関連することが指摘されている。

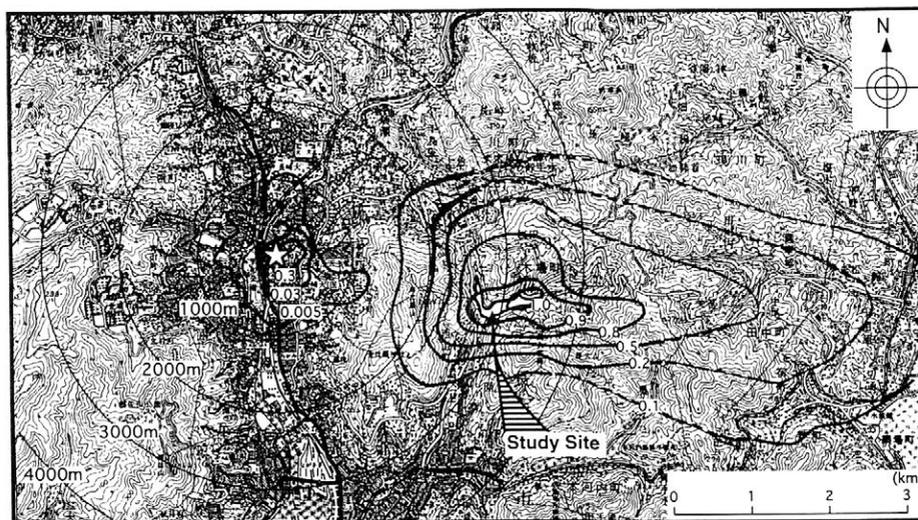
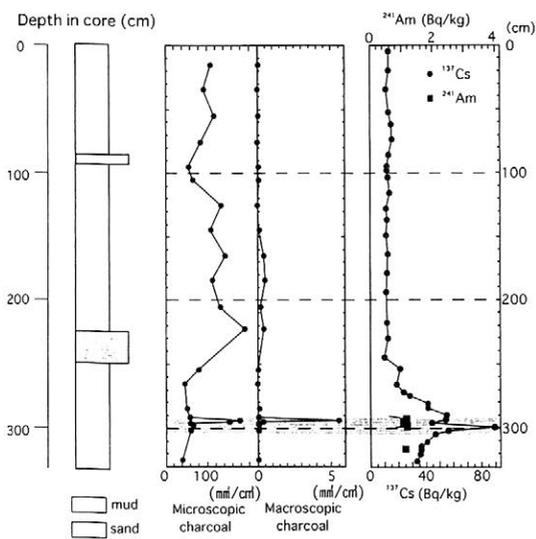


図1 調査位置図

（吉川ほか，2001，国土地理院2.5万分の1「長崎東北部」，「長崎西北部」を使用）

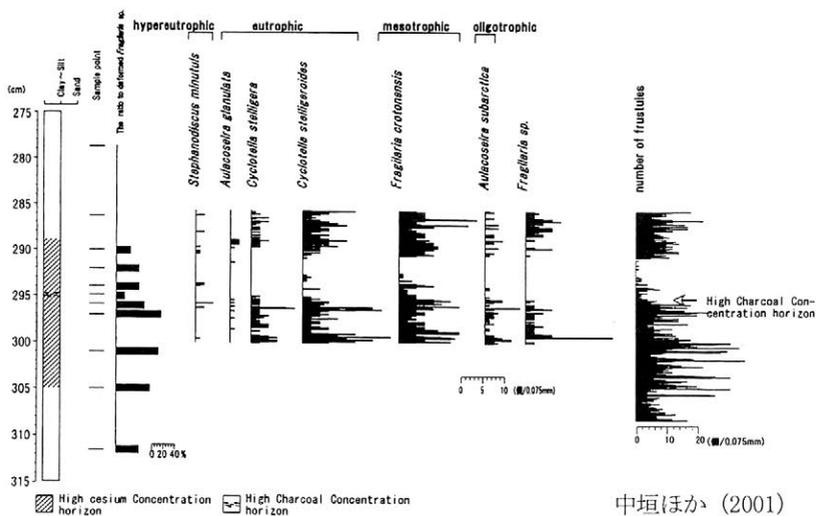


吉川ほか (2001)

図2 放射能測定および微粒炭分析結果

西山水源池を含む長崎市周辺では、被爆時以外では大規模な火災は知られていないことから、この層準が「黒い雨」降下物であると判断できる(図2)。

蛍光X線分析結果を見ると、この「黒い雨」降下物にはPb, Zn, Cuの濃集が認められる。これらの重金属元素は、原爆の熱線・爆風・火災のいずれかが原因で生成・飛散したものと推定できる。また、珪藻分析によると、「黒い雨」降下物の層準およびその前後で、珪藻殻数が激減し、外殻に形態異常の見られる珪藻(*Fragilaria* sp.)が増加する。この結果は「黒い雨」降下物との関連を予想させる(図3)。



中垣ほか (2001)

図3 「黒い雨」降下物層準の珪藻分析結果

今回、長崎原爆の証拠である「黒い雨」が西山水源池堆積物中に記録されていることを明らかにした。長崎周辺には多くのダム・溜池があり、これらの堆積物について、同様の研究を進めることによって、原爆に伴う降下物の分布範囲や環境への影響などの検討が可能である。

周波数解析を用いた手すき紙の簀の目の画像解析

○加藤雅人 (龍谷大学AFC)

木村陽一、江南和幸 (龍谷大学 理工学部)

1 緒言

文化財が製作された条件を知ることは重要である。紙の場合、外観に影響する製作条件の一つに、使用された簀(繊維を濾す簾状の道具)の形状がある。使用された簀の情報は、紙に簀(さい)の目と呼ばれる縞状の模様として残る。一般に簀の目の計測は、1寸=約3.03cm当たりの目数を、目視あるいは簀の目測定帳^[1]と言った器具で測定している。しかし、これらの手法では目数の平均値を測定するのみであり、目数のゆらぎ、二次元情報を得ることはできない。

そこで本研究では、近年、地合(シート中でのパルプ繊維の分布の均一さの度合いを表す指標)の評価法として製紙業界で紹介された、廉価で簡便なパーソナルコンピュータ(PC)とスキャナを使用した光透過法^{[2][3]}を基に、紙の画像に二次元フーリエ変換処理を行って周波数解析を行い、画像中の輝度変化の周期すなわち簀の目を計測する手法を検討した。さらにこの手法を用いて、江戸から明治期に製作された試料の簀の目を分析し、簀の目の間隔の変化、変動を分析した。

2 実験

2.1 試料

圓悟人碧巖集(1694年(元禄6年))、瑞應塵露集(1734年(享保18年))、大蔵封校録(1784年(天明3年))、増評八大家文読本(1875年(明治8年))、観世流改訂謡本(1917年(大正6年))、教誡律儀簡釋(昨年不明)に使用された、各ページおよび表紙の裏打ち紙を測定した。ただし、ここに表記した年代は著書の発行年であり、厳密には紙の製作年代ではない。

2.2 画像の取り込み

画像の取り込みにはIBM PC/AT互換機およびスキャナ(CanoScan D2400UF、キヤノン(株))を使用し、添付のソフトウェアを用いて透過画像をPCに取り込んだ。画像取り込み条件は、カラーモードを8bit(256階調)のグレースケールとし、自動露光調整を行い、輪郭強調は行わなかった。また取り込み解像度は、75dpiあるいは100dpiとし、取り込み範囲は256pixel×256 pixelとした(つまり、75dpiでは86.7 mm×86.7 mm、100dpiでは65.0 mm×65.0 mmとなる)。

2.3 画像解析

画像周波数解析はScionImage Beta4.02Win(Scion Corporation製フリーウェア)を用いた。取り込んだ画像に二次元フーリエ変換処理を行い、結果をパワースペクトルとして出力した。周期性は、パワースペクトル上ではピークと呼ばれる白い点で表され、中心から見たピークの位置は周期の繰り返しを示す。また波長すなわち簀の目の間隔はパワースペクトルの中心からピークまでの距離に反比例する。本研究では、同一シート内の3ヶ所以上で画像を取り込み、それぞれの個所で6回の測定を行い平均値をパワースペクトルの中心からピークまでの距離とした。

3 結果と考察

3.1 取り込み画像の角度、描画物がパワースペクトルに及ぼす影響

0-90° まで15° 毎に角度を変化させて試料の画像を取り込み測定を行ったが、全ての角度で明瞭なスポット状のピークが得られた。このことから、角度によらず測定が可能であることが確認された。

Fig. 2に瑞應塵露集に使用された紙の透過画像とそのパワースペクトル図を示す。垂直に近い方向に、罫線に由来する明確なスポット状のピークが連続して観察される(矢印1)。この結果は、罫線と簀の目の方向が同一である場合には簀の目の測定が困難であることを示しているが、罫線と簀

の目の角度が異なっていれば、それぞれの角度を特定することにより、簀の目と罫線を区別して測定することが可能である。一方、文字に関しては周期性が低いためにパワースペクトル中にはスポット状のピークとして表れてこなかった。その他に鳥の絵などが書いてある試料に関しても測定を行ったが、文字と同様にスポット状のピークは現れなかった。

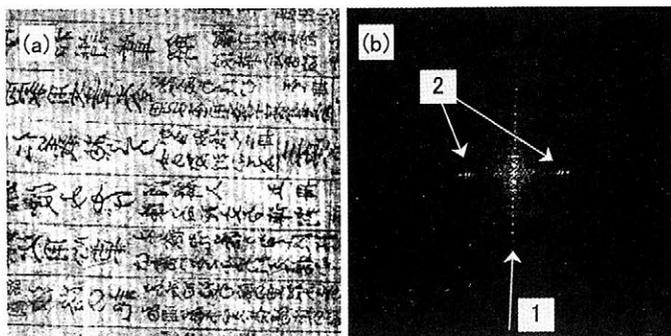


Fig. 2 瑞應塵露集に使用されていた紙の透過画像(a)およびそのパワースペクトル図(b)

また、簀の目由来のピーク(矢印2)が水平方向に広がっているが、これは簀の目の間隔に変動があることを示している。これは使用された簀の不均一さ、製作中あるいは保存中に起きた紙のゆがみによると考えられる。

3.2 同一書物内で使用された紙の簀の目の計測

全ての試料で、同じページ内で得られた目数の値に最大で3%程度の差が見られるが、これは測定箇所による簀の目の間隔の差によるものと考えられる。このような差は製作あるいは保存時における紙の変形、簀の不均一さが原因であると考えられる。また、同一書物内の各ページ間で簀の目数の変動が存在したが、この変動も紙の変形および簀の不均一が理由で起きたと考えられる。

一方、増評八大家文読本、瑞應塵露集表紙の裏打ちに使用された紙は、それぞれの書物の各ページの簀の目数の値と10%以上異なっていることから、異なる簀を使用して製作された紙であると判断できる。この様に、使用場所などに応じて異なる紙を使用していたことが確認された。特に表紙の裏打ち部分は、後世に修復を施したり、装丁をし直した可能性もある。

3.3 書物に使用された紙の簀の目数の時代による変化

1600年代から1900年代までに製作された書籍の簀の目を計測したが、1600年代から1700年代にかけては、文章の書いてあるページに使用された和紙の簀の目の数は、約20本/寸程度であったが、時代が新しくなるにつれ簀の目が密になる傾向があり、大正期の試料ではその傾向が顕著に表れた。発行年が不明である教誠律儀簡釋は18.5本/寸と、おおよそ他の江戸期の書物と同様であり、特に1694年に製作された書籍と数値的には最も近い。

4 結論

市販のPCとスキャナを使用して取得した紙の透過画像を画像処理することにより、ある程度の面積が確保できれば、簀の目の角度、文字あるいは記号などの描画の有無によらず、簀の目数、品質、簀の編み方と言った、使用された簀の情報が得られることが明らかになった。簀の目の形状は、簀の製作技術、紙の製作技術、時代による嗜好、製作する紙の使用目的などにより異なることから、この手法により得られた簀の情報をデータベース化することにより、年代、使用目的などの推定が行える可能性が示唆された。

5 参考文献

- 1 増田 勝彦, 計測と制御, 28(8), 37 (1989)
- 2 江前 敏晴, 空閑 重則, 第47回日本木材学会大会 研究発表要旨集, 325 (高知, 1997)
- 3 篠崎 真, 田島 洋, 宮本 誠一, 繊維学会誌, 55(8), 383 (1999)

中央アジア西域将来経典の元素分析に関する研究

○富増喬¹、加藤雅人²、江南和幸¹、河野益近³、Susan Whitfield⁴、Mark Barnard⁴、Kumiko Matsuoka⁴

1: 龍谷大学 理工学部、2: 龍谷大学 AFC、3: 京都大学大学院 工学研究科、4: the British Library

1 緒言 文化財に関する様々なデータを収集することは、保存・修復・復元、デジタル博物館の構築等にとって重要である。電子プローブマイクロ分析 (EPMA) は文化財の分析にしばしば用いられる。これまで EPMA を適用することが困難であった紙の分析を試み、その基礎データを元に大谷コレクション、スタインコレクションの経典に使用された紙中の無機物質の定性・定量分析を行った。

2 実験 試料は、龍谷大学大宮図書館所蔵の大谷コレクション(敦煌経典)からの12点、大英図書館所蔵のスタインコレクションからの24点を用いた(Table 1)。EPMA測定のために試料の紙は、導電処理の目的で片面につき10nmずつの金コーティングによる導電処理を施し、樹脂製のサンプル台に貼付した。

本研究では、紙中に保持されたカルシウム、カリウム、ケイ素、および鉄を定量するための検量線作成を行なった。各元素を含む試薬を5種類の混合比で、セルロースパウダー1gと充分に混合して標準試料を作製した。混合試料をカーボンシート上に均一になるように試料台に貼付して測定を行い、検量線を作成した。アルミニウムに関しては、標準試料としてアルミニウム量が既知である手すき紙を使用した。測定条件は、加速電圧を15.0kV、電流値を 1.0×10^{-9} A、定量時の倍率を100倍、測定時間を300秒とした。

3 結果および考察

3.1 紙中に保持された無機元素の同定 紙は、無機物質からなる材料とは異なりEPMAを適用することが困難であったが、金コーティングを紙試料の両面に施すことで、導電性が向上し、EPMAによる分析が可能となった。

各コレクション試料は、検出された元素を元に(1)カルシウム、カリウム、ケイ素、アルミニウム、マグネシウム、鉄、ナトリウム、塩素、(2)(1)に加えて硫黄、(3)(2)に加えてヒ素、の3つに分類できた。その中でカルシウム、カリウム、ケイ素、マグネシウム、鉄は製紙材料として加えられたか、あるいは製紙工程の中で周囲の物質が混入し、紙中に保持されたと考えられる。また一部の試料は、硫黄、ヒ素等の特徴的な元素が検出された。このような検出元素の違いは同じコレクション内の紙試料でも、異なる材料が使用されたことを意味する。

3.2 定量分析による無機物質の分析 定性分析の結果を元に、いくつかの元素について定量した結果、紙1g中にアルミニウムは0.3~9.0mg、マグネシウムは0.5~8.0mg、カルシウムは7.0~75mgが保持されていた。この結果、無機物質の大部分は人為的に添加された粘土質鉱物、あるいは磨砕した鉱物であると考えられる。そこで、上記の元素を含む鉱物を推定し、その元素構成比を検討した。

各コレクションの紙中に保持されたアルミニウムとケイ素は、元素組成比Al(mol)/Si(mol)の値が約3/5のAグループ、Aグループよりケイ素の絶対量が多いBグループに分類できた。Aグループの紙中には、アルミニウムとケイ素が一定の比率で存在しているので、アルミニウムとケイ素を共に含む化合物が保持されたと考えられる。そのような化合物としては、カオリナイト($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)などのケイ酸アルミニウム類がある。またBグループの紙中に保持されているアルミニウムを含む化合物について、Al/Siの値がAグループより低い。これは、Aグループとは異なるケイ素を含む化合物が保持されていると考えられる。Cグループの紙には、微量のアルミニウムが保持されているのでケイ酸アルミニウムを添加したのではなく、他の物質の不純物であると考えられる。

紙中に保持されたマグネシウムとケイ素は、元素組成比Mg/Siの値が約2/5のaグループ、aグループの試料に比べて紙中に保持されたマグネシウム比が高いbグループに分類できた。ケイ酸アルミニウムと同様の理由でaグループ試料の紙中には、ケイ酸マグネシウム類が保持されている可能性がある。bグループ試料の紙中には、aグループに比べてマグネシウム絶対量が多いことから、異なるマグネシウム化合物が添加されたと考えられる。

カルシウムを含む化合物として石灰(CaCO₃、CaO、CaOH)、石膏(CaSO₄)が考えられる。そこで紙中に保持されたカルシウムと硫黄の組成比について検討を行なった。その結果、元素組成比Ca/Sの値が約3/1で紙中に保持されているαグループ、約1/1で保持されているβグループに分類できた。αグループの紙中には、カルシウムと硫黄を一定の比率で含む化合物、つまり石膏が保持されていると考えられる。また石膏のみの場合、Ca/Sの値が1/1であるはずなので、同時に石灰なども保持されていると考えられる。βグループのようにカルシウムに対する硫黄の量が多い試料中では、石灰に対する石膏の量が多いと考えられる。

スタインコレクションの紙中に保持されたヒ素は、製紙材料としては使用されず、また各種のケイ酸塩鉱物の不純物としても含まれないので、黄色顔料である石黄(As₄S₄)が使用された可能性がある。

以上の結果をまとめてTable 1に示す。大谷コレクションの紙中に保持された製紙材料は、アルミニウムとケイ素、石膏と石灰が同じ比率で試料中に含まれており、それぞれの化合物が同じ配合量で使用された可能性が高い。一方、スタインコレクションの紙試料は、それぞれの化合物の配合量が異なった。

Table 1 大谷コレクションおよびスタインコレクションの紙試料に保持された元素と元素比

	試料No	ヒ素	Al/Si	Mg/Si	Ca/S
	1	—	A	a	α
	2	—	A	a	α
	3	—	C	a	α
経典紙片	4	—	A	a	α
大谷	5	—	A	a	α
コレクション	6	—	A	a	α
1902~1914	7	—	A	a	α
	8	—	A	a	α
	9	—	A	a	α
	10	—	A	a	α
	11	—	A	a	α
	12	—	A	a	α
	13	—	B	a	α
	14	—	A	a	α
第二次探検隊	15	—	A	a	α
デブリ	16	—	A	a	β
スタイン	17	—	A	a	α
コレクション	18	—	A	a	α
1906~1908	19	—	A	a	α
	20	—	A	a	α
	21	—	A	a	α
	22	—	A	a	α
第三次探検隊	23	—	C	a	α
デブリ	24	—	C	a	α
スタイン	25	+	A	a	α
コレクション	26	+	A	a	α
1913~1916	27	—	A	a	α
	28	+	A	a	α
	29	+	A	a	α
第三次探検隊	30	+	A	a	β
経典紙片	31	+	A	b	α
スタイン	32	+	B	a	β
コレクション	33	+	A	a	β
1913~1916	34	—	A	a	α
	35	+	A	b	α
	36	+	A	a	α

4 結論 試料の導電処理を両面(測定面および裏面)に行なうことにより、EPMAによる紙試料の分析が可能になった。標準試料を作製することで、紙試料中のアルミニウム、カルシウム、ケイ素、鉄等の定量が可能になった。同じ製紙材料でも構成元素の比率で系統分類できることが示された。構成元素の比率が異なることは、それぞれの材料が採取された場所および時間、様々な材料の配合量、などが異なる可能性を示唆している。ヒ素が検出されたスタインコレクションの経典の一部では、黄麻紙を模造するために石黄が使用された可能性がある。

鴨都波 1 号墳出土鞆の復元 (1)

-- 矢筒部の構造と編み上げ技法 --

○押元信幸（工芸文化研究所）鈴木勉（同）河上邦彦（樞考研）今津節生（同）
福田さよ子（同）藤田和尊（御所市教委）木許守（同）中川正人（安土城考）

1 御所市鴨都波遺跡出土鞆の調査結果

実物観察

鴨都波 1 号墳から出土した鞆は漆膜が遺存していた。しかし漆の下地については消失していて、表側と裏側の 2 枚の漆膜が重なり合った状態であった。漆膜には下地の状態が転写されており、私たちはそれを手がかりに以下のように形状と構造を明らかにしていった。

1. 漆膜のすぐ下には、なんらかの繊維状有機質（5～8mmに 7～8 本）の存在が推定でき、どこにも縫い目が検出できなかったので、管状の編み物であろうと考えた。
2. 蓋の上部と鞆本体の下部には、それぞれ木質の構造物に取り付けられ、幾何学的な格子文などが彫られていた。これらと編み物の部分は、丸い釘によって接合されていたと思われる直径約 3mm の孔が開いていた。両脇の紐通し部編み物と鞆本体の編み物との接合方法は検出できなかった。
3. 横糸を編み上げていった時にその張力に負けない程度の硬く強い経糸？の存在が想定できた。
4. 経糸 2 本に対して横糸を交互に編んでいくことで経糸が製品の表面に現れないようになり（畳の構造と似ている）横糸を 14～16 周（見えるのは 7～8 段）編み上げると、経糸 1 本だけずらして編み上げることが繰り返され、縦 5～8mm 横約 8mm の市松文様を表現していた。（図 1 参照）
5. 鞆本体に 6、蓋に 2 カ所設けられた横帯部では経糸 1 本に対して横糸 1 本を交互に編んでいく平織り式編み物であり、横帯部の上・中央・下に直径約 2mm の特殊な糸（一本の絹糸に別の絹糸を巻き付けて制作されている。）が 2 本一組で重ねて巻かれていることが観て取れた。（写 3 参照）

顕微鏡観察

上記の実物観察と平行して、剥落した漆膜の一部を採取してプレパラートを作り、顕微鏡を使った断面観察を行った（写 4 参照）。その結果次のことが明らかになった。

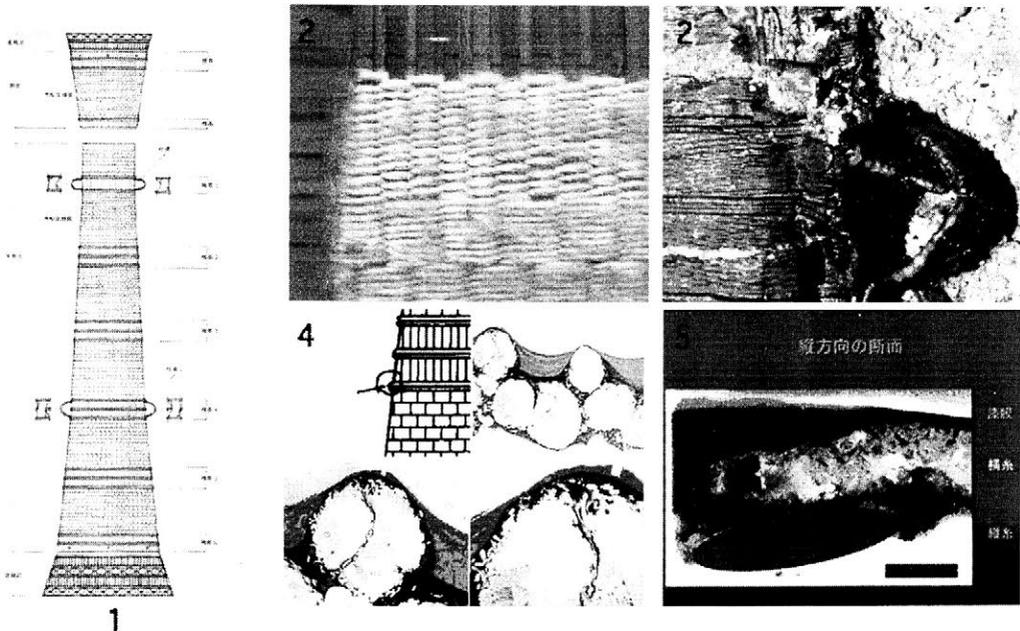
1. 絹糸特有の三角形の断面形状が認められたので、横糸の繊維状有機質は絹糸と考えられる。
2. 黒漆を 1 回薄く塗り、生漆（きうるし）を 2 回厚く塗り重ねている。
3. 絹糸の下の素材は確定できない。

比較調査

会津大塚山古墳と雪の山古墳から出土した鞆を調査した。

会津大塚山鞆の構造や使用材料は鴨都波遺跡出土鞆とよく似ている。横糸は約 5mm に 11～15 本でより緻密であった。

雪の山古墳出土の鞆本体の構造体は革製である。その上には絹糸を使って大きい目の斜格子状に装飾が施されている。表面は黒色の漆塗り仕上げである。



2 復元試作品の検討

試作品と出土漆膜との比較調査により、問題点を明確にしていった。

1. 制作上では絹糸編みの下には何らかの構造体が必要で、それがないとカッチリした箱形には編み上げられない。木の箱の構造体を想定したが、出土漆膜と同様に試作品の漆は構造体までしみこまなかったので編み上げをして漆塗りが乾燥した後なら抜き取ることも可能である。構造体の木質については、3～4mmの薄い板が必要なので針葉樹が適していると想定した。
2. 経糸に絹糸を使い編み上げてみたが、経糸が横糸の張力に負けて寄り合ってしまったので、出土漆膜と同じ形状になるように籐を使用した(写2参照)。(断面形状は、厚さ0.5mm、幅2mmである)出土物との比較外観調査は良好な結果であった。また、顕微鏡観察を再度試みたところほぼ同じ断面形状の縦糸が検出された。(写5参照)

3 まとめ

復元研究は、漆膜に転写された漆膜内の有機物の状態の調査と他遺跡出土鞆とを比較することから始めたが、失われた情報を得るには、仮定・実験試作・比較検証という一連の研究作業に加えて製作技術上の必然性を考究する方法が有効であった。

鴨都波鞆は、太さ6番手(1gあたり6メートル)程度の絹糸を気の遠くなるような手間をかけて編み上げられたことが明らかになった。純粋な編み上げだけで1段15周を50分で終わるとして、1754周=97時間となり段取りや糸の製作その3倍の時間がかかるとして291時間、つまり約7週間が必要である。その後漆塗りに7～8週間として合計14～15週間となる。

また、この鞆が複数の編み上げ手法を巧みに組み合わせ、光を効果的に演出した象徴性の高い遺物であったことを推定した。漆を塗る際にも不適当な程鋭い端の処理をしている点や、紐通しの漆膜の保存状況を考えると実際には背負って使っていた物ではないと思われた。

顕微 FT-IR 法による唐墓壁画材料中の 有機物の検出

○ 佐藤昌憲（奈良文化財研究所） 澤田正昭（同）
申 秦雁（中国 陝西歴史博物館）

1 はじめに

中国における古代壁画や彩色顔料の材質に関しては最近研究が進んできているが、無機顔料の壁面に対する固着剤などに関しては、まだ科学的研究が進んでいない。奈良文化財研究所では中国から提供を受けた唐墓壁画の小破片を用いて壁画顔料の材質研究を進めているが、その際、固着剤についても調査する機会があった。採取資料は、乾陵、昭陵、秦陵、恵陵などいずれも著名な場所から採取されたものである。顕微 FT-IR 法による調査で明らかに動物性膠と推定できる結果を得たので報告する。

2 調査方法

あらかじめ断片から極少量の試料を採取することは了解を得ていたが、いずれも文化財として価値の高い資料であるため、できるだけ非破壊分析に近い研究が望ましいと考え、顕微 FT-IR 法を用いることにした。

まず低倍率の実体顕微鏡で試料表面を視察したところ、資料の一つに彩色顔料と壁画母体の間に極めて小さくて少し盛り上がった部分が点在していることがわかった。その部分を選別しながら針で採取し、金属台上でプレスして薄片試料を作成した。なお手で試料をプレスする際に、すこし展性がある（有機物として良好な状態）ことがわかった。

3 結果と考察

図1に試料の赤外スペクトルを示す。動物性分子に特有のアミド I および II の強い吸収が約 1650 および 1550 cm^{-1} に見られ、全体のスペクトルパターンからも良好な状態の膠と推定できる。現代標品の膠として日本画材料の「三千木」のスペクトルも参考に示した（図2）。しかし、この商品は幾種類かの動物の膠の混合物であり、スペクトルを比較して特定の動物種を同定することはできない。

なお図1についての問題点を述べる。周知のように動物性分子は各種アミノ酸の重合体であり、アミド I, II 以外にも各種の特性吸収帯が低端数側に存在する。しかし演者らの経験によると動物性考古遺物は劣化に伴って低端数側の吸収帯は複雑に変化し、その詳細についての検討ができていない。現時点ではアミノ酸を連結するペプチド結合に由来するアミド I, II による吸収を指標とする説明が妥当であると考えている。

さらに考古遺物のスペクトルを現代標品のものと比較するという問題点がある。演者らの経験によると、考古遺物のアミド I,II の吸収波数は劣化によって大きく変化することはない。むしろ現代品を強いエネルギー源、たとえば中性子線、電子線などの照射により劣化させた場合には、考古遺物の劣化と異なる状況が生じる場合がある。

4 要約と展望

まだ少数の事例について調査したに過ぎないので、当時、膠の使用というような技法が一般的であったかどうかに関しては、さらに多くの資料を調査する必要がある。しかし、いままで、推定あるいは定性的な所見にとどまっていた状況に対し、実験的な証拠が得られたことはひとつの手がかりになるであろう。

図1 試料8 (昭陵無名官女墓)

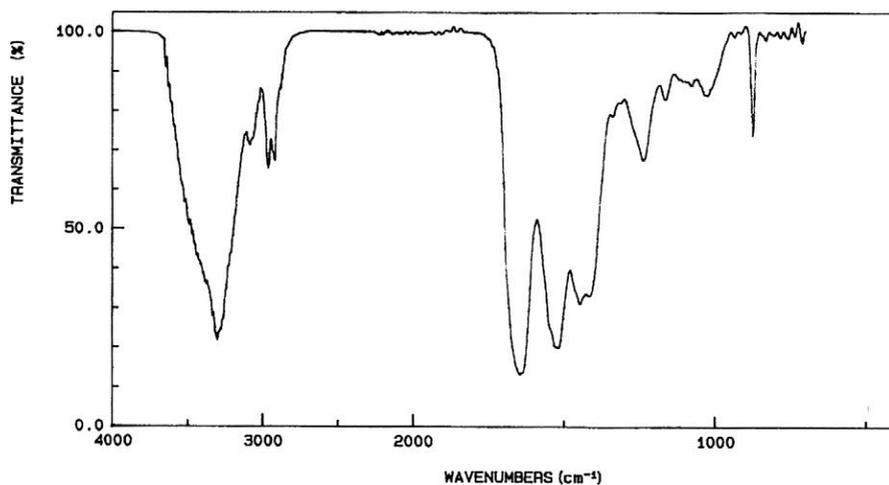
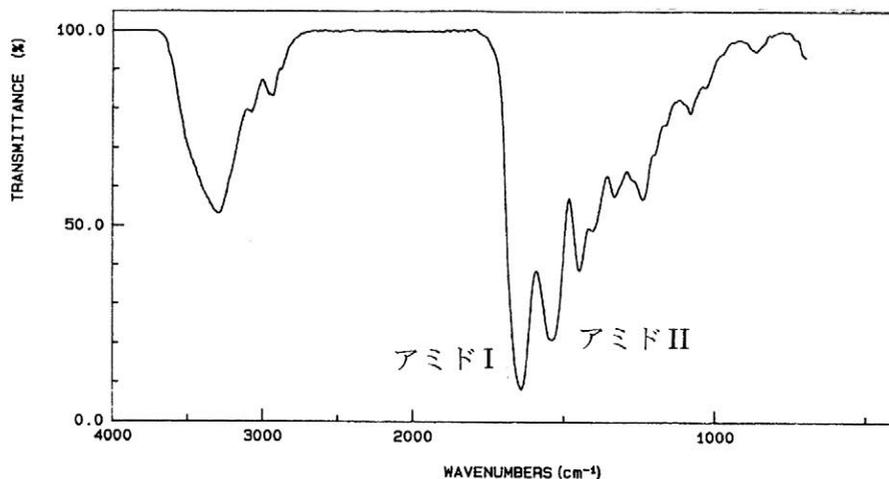


図2 現代標品 (日本画用膠「三千本」)



縄文土器材料の材料科学研究

○松原雅昭（群馬大学） 坂本賢治（群馬大学）

1. 緒 言

昨今、青森県の三内丸山遺跡等の比較的大規模な縄文遺跡の発見が相次いでいる。縄文遺跡内で発見された事物から、縄文時代の人々が従来考えていた以上に高度な文明および技術を有していたことが明らかとなりつつある。これまで実験考古学の分野においては、縄文土器の製作過程を再現することが可能となってきた。実験考古学の分野におけるこれまでの製作過程復原は、試行錯誤の結果として縄文時代の人々が行っていた作業を再現しようとするものであった。縄文土器に関しては年代の推移に伴って古代の人たちがどのような材料調合を行って土器の製作方法を工夫してきたか等について定性的な考察がなされている。しかし、これまでの縄文土器製作に関する検討は実験考古学の範囲に限られていた。縄文土器材料については用いる粘土の質を変えて強度や機能の向上を図った可能性がうかがわれ、この過程は現在のセラミックス開発過程に通ずるものがある。本研究ではこのような背景を考慮して、縄文土器の製作過程を材料科学の観点から検討を加えるという着想に至った。

そこで、再現製作した縄文土器材料について、焼成条件の変化や雲母等の添加物によって材料強度および熱物性の観点からどのような材料科学的配慮がなされているかを定量的に検討する。具体的にはまず縄文土器材料に対して材料強度学の観点に立ち、4点曲げ試験およびシャルピー衝撃試験を実施し、材料強度と靱性の側面からの検討を行う。次に縄文土器材料の熱伝導率を測定し、熱物性の観点から検討を加える。以上の結果を取り纏め、縄文時代の人々が経験的に修得し、潜在的に有していた材料科学技術のレベルを定量的に明らかにする。

2. 実 験 方 法

粘土と砂の重量比が7：3のもの（以降雲母なし材と呼ぶ）およびこれに5重量%の雲母を添加したもの（以降雲母入り材と呼ぶ）を供試材料として用いた。4点曲げ試験およびシャルピー衝撃試験には長さ115mm、幅11.5mm、厚さ9mmの棒状試験片を、熱伝導率測定には直径60mm、厚さ15mmの円盤形試験片をそれぞれ用いた。焼成温度としては実際に縄文土器製作時に想定される温度範囲である700℃、800℃および900℃の3通りとし、焼成時間は何れの場合も30分とした。

4点曲げ試験およびシャルピー衝撃試験については、雲母なし材、雲母入り材共に各焼成条件で作られた試験片30本についてそれぞれの試験を行った。熱伝導率の測定については本学にて独自で開発した実験装置を用い、熱伝導率が既知のセラミックス試験片を試験対象の試験片の両側に挟み、一方向の熱流れ場での温度勾配を比較することによって供試材料の熱伝導率を決定した。

3. 実験結果

図1にシャルピー衝撃値と4点曲げ強度の関係を示す。図より700および900℃の焼成温度では、雲母を添加することに明確にシャルピー衝撃値が大きくなること、すなわち靱性が向上していることがわかる。図2には熱伝導率の測定結果を示す。図より何れの焼成温度でも雲母添加により熱伝導率が大きくなっており、雲母添加によって土器の熱伝導特性が向上することがわかる。

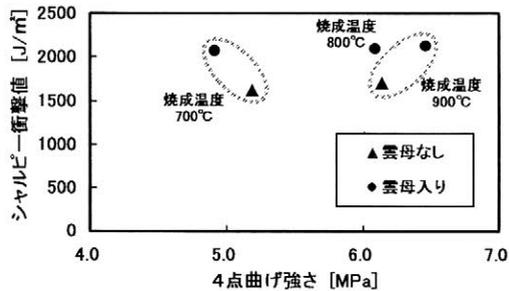


図1. 靱性と強度の関係

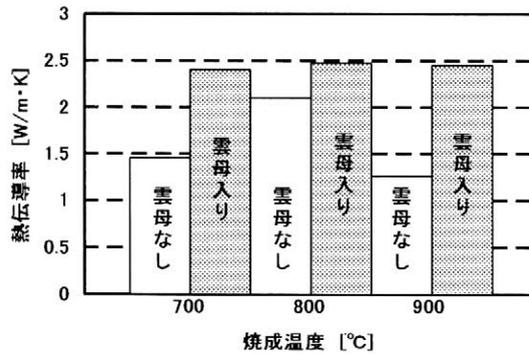


図2. 熱伝導率測定結果 (雲母の影響)

4. 結 言

縄文土器材料を再現製作し、土器材料の強度、熱物性に及ぼす雲母添加の影響について実験的検討を行った。その結果以下の知見を得た。

- 1) 雲母を添加することによって土器材料の靱性が向上する。
- 2) 雲母を添加することによって熱伝導特性が良好となる。

縄文土器製作における粘土と混和材の選択性に関する基礎的研究 —阿玉台式土器の事例を中心に—

○建石 徹*・北田正弘*・小林謙一**・二宮修治***

(*東京芸術大学・**総合研究大学院大学・***東京学芸大学)

1. 目的

縄文土器の原料を粘土と混和材の混合土と仮定し、阿玉台式土器（胎土に雲母類等を多量に混入することで知られる）をはじめとする縄文時代中期前半土器群の胎土分析を実施した。古鬼怒湾周辺地域（花崗岩地質が主体。雲母類は花崗岩の代表的な造岩鉱物。）の代表的な当該期遺跡である茨城県阿見町宮平遺跡出土土器群と、武蔵野台地（玄武岩地質が主体。雲母類を一般的には含まない。）の代表的な当該期遺跡である東京都立川市向郷遺跡出土土器群について、それぞれ、粘土の在り地性、混和材の在り地性を検討した。

2. 試料

胎土分析に供した試料は、宮平遺跡出土縄文土器 18 点、向郷遺跡出土縄文土器 41 点。いずれも阿玉台式土器および並行する土器群（勝坂式、「中峠式」等）の破片と考えた。

3. 分析方法

胎土分析は、いずれも非破壊法を採用した。

粘土（マトリックス）の分析は、エネルギー分散型蛍光 X 線分析によって行なった。分析条件等は以下の通り。分析装置 セイコー電子工業製エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 SEA-2001、加速電圧 15kV、X 線照射径 3mm 以下、試料室雰囲気 真空。分析対象元素は、Si、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、K、Mn の 8 元素。

混和材（大粒粒子）の分析は、実体顕微鏡観察によって行なった。

4. 分析結果および考察

各遺跡出土の縄文時代中期土器群の粘土の母岩を推定するため、粘土化の過程で比較的溶脱しにくいと考えられる Si と Fe の重量濃度をプロットした（図 1・2）。

宮平遺跡試料の全てが、比較的 Si に富み Fe に乏しい粘土を持つ（図 1）。混和材分析の結果、多くの試料に大粒の雲母類や花崗岩片等、花崗岩（またはその影響を受けた地質）に由来する鉱物・岩片が含まれていることが観察された。

向郷遺跡試料では、阿玉台式を中心とする一部の土器群が宮平遺跡試料の分析結果と重なるが、多くのものは、比較的 Si に乏しく Fe に富む粘土を持つ（図 2）。混和材分析の結果、阿玉台式をはじめとする多くの試料に大粒の雲母類や花崗岩片等、花崗岩（またはその影響を受けた地質）に由来する鉱物・岩片が含まれていることが観察された。

これらの結果と各遺跡周辺の地質学的特徴をあわせて粘土と混和材に関する概要をまとめれば、宮平遺跡出土土器は粘土・混和材いずれも遺跡周辺での調達が可能であることが理解できた。一方、向郷遺跡出土土器の阿玉台式の一部（Si に乏しく Fe に富むグループ）のうち、大粒の雲母類や花崗岩片を含む一群は、遺跡周辺の粘土と他地域（東関東など）由来の混和材を原料とした可能性が高い（写真 1）。また、向郷遺跡では、粘土・混和材いずれも遺跡周辺での調達が難しく他地域（東関東など）から搬入された可能性が高い試料も確認できた（写真 2）。

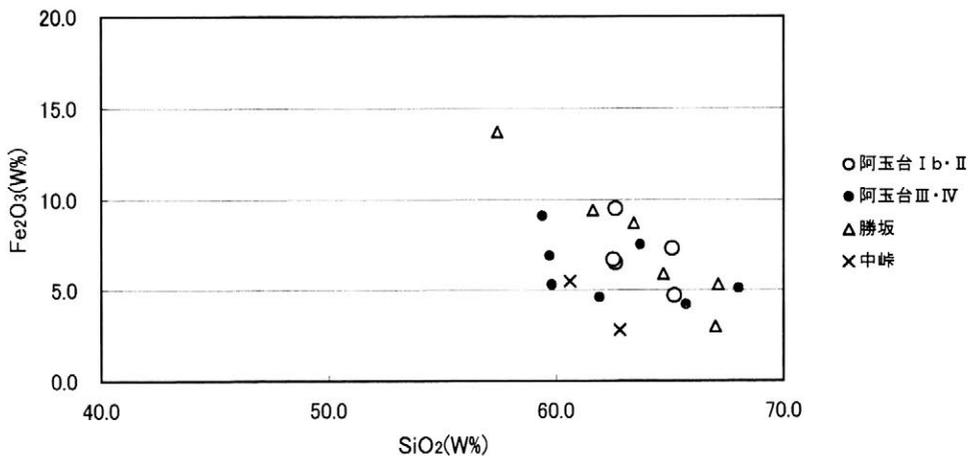


図1 宮平遺跡出土縄文土器の胎土分析結果 (Si-Fe 比)

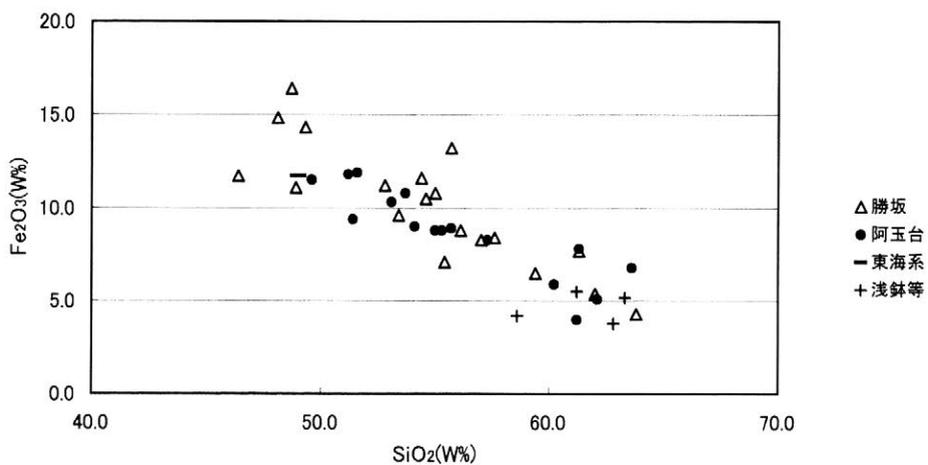


図2 向郷遺跡出土縄文土器の胎土分析結果 (Si-Fe 比)

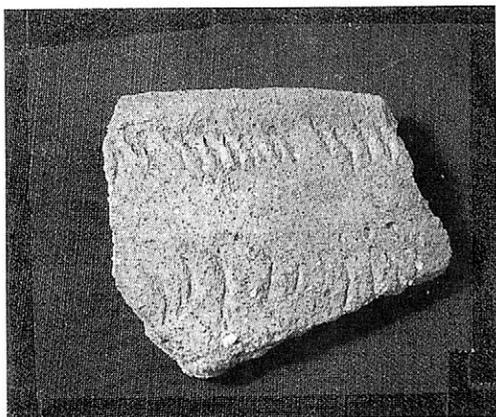


写真1 向郷遺跡例 (実物の長軸 6.0cm)
mafic な粘土に大粒の雲母類・花崗岩片。

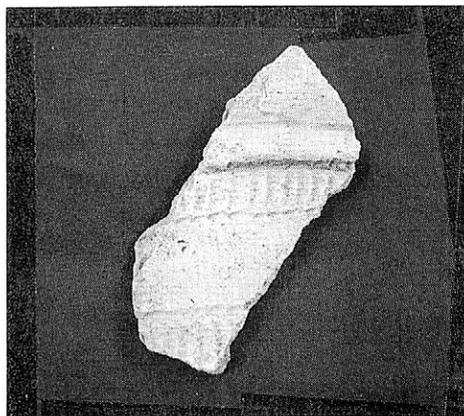


写真2 向郷遺跡例 (実物の長軸 8.7cm)
felsic な粘土に大粒の雲母類等。
(7枚イ科の貝による施文。)

山茶碗胎土の化学的評価

○小村美代子、藤根 久 (パレオ・ラボ)

1. はじめに

山茶碗は、平安時代末期に須恵器の製作技術から派生し中世まで続いた、東海地方で生産された施釉されていない焼物である。

瀬戸市及びその周辺地域では、焼物に適した良質の粘土が分布する為、山茶碗窯跡が多く見られる(瀬戸市史編纂委員会、1988)。こうした地域では、新第三紀鮮新世の瀬戸陶土層や矢田川累層(下位層から水野砂礫相・尾張夾炭相・猪高相)が分布し、良質の粘土を産出することが知られている(瀬戸市史編纂委員会、1986)。

ここでは、前回の発表(小村・藤根、2001)に引き続き、瀬戸市内に分布する瀬戸陶土層及び矢田川累層の堆積物を採取し化学組成を調べ、川合K窯跡出土山茶碗の材料について比較・検討した。

2. 試料と方法

[蛍光X線分析]

試料は、瀬戸市川合町の川合K窯跡出土山茶碗、川合K窯跡基盤の水野砂礫層中の粘土及び砂粒、太子町の(株)藤井窯業採土場内瀬戸陶土層の粘土及び砂粒、上水野町の愛知県陶磁器工業協同組合採土場内水野砂礫相(?)の粘土及び砂粒、東安戸町の窯神山採土場内瀬戸陶土層の粘土である。

試料は約3g程採取し乳鉢により粉末化した。更に電気炉で750℃、6時間焼成を行った。これら粉末を塩化ビニール製リングに詰めて油圧プレス約17tの圧力をかけて粉末ブリケットを作成した。測定装置は、(株)リガク製波長分散型蛍光X線分析装置 system3080E である。定量分析は、標準試料により作成した検量線により定量計算した。測定元素は、主成分元素 (Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 P_2O_5 、 K_2O 、 CaO 、 TiO_2 、 MnO 、 Fe_2O_3) と微量元素 (Rb、Sr、Y、Zr) である。

[薄片分析]

試料は、川合K窯跡から出土した焼きの甘い山茶碗2点である。これら試料は偏光顕微鏡観察用の薄片を作成した。

これら薄片は、全面について微化石類(珪藻化石、骨針化石、胞子化石)や大型粒子などの特徴について観察し記載を行い、任意の場所における粒子組成を調べた。更に、ポイント・カウント法(20 μm 間隔、約2000ポイント、閾値5 μm 以上)を行い、砂粒や粘土あるいは微化石類等の体積%を求めた。

なお、瀬戸市内で採取した粘土試料は珪藻分析と同じ方法で処理を行い、顕微鏡観察用のプレパラートを作成し観察した。

3. 結果

[蛍光X線分析]

蛍光X線分析より得られた分析値から、図1に SiO_2 - Al_2O_3 分布図を作成した。粘土分が多くなると Al_2O_3 の含有量が高くなり、砂粒分が多くなると SiO_2 の含有量が高くなる。前回分析した山茶碗の分析結果と比較すると、山茶碗の線形上に位置する試料はS1のみである。

[薄片分析]

山茶碗胎土薄片の顕微鏡観察による粒子組成を図2に示す。図2より、骨針化石や沼沢湿地生珪藻化石が最大60%近く含まれていた。その他では、深成岩類や堆積岩類起源の砂粒が含まれていた。

ポイント・カウント法の結果は、粘土分が約38~39%含まれ、微化石類が約5~8%、その他砂粒が約53~56%であった。

粘土試料の珪藻用プレパラートの観察では、いずれも珪藻化石や骨針化石といった微化石類は全く含まれていなかった。

4. 考察

前回の山茶碗と比較した場合、この線形(川合K窯跡出土山茶碗の化学ライン)上に位置する堆積物はS1のみであり、粘土と砂を結んだ複数の線形に類似した線形は見当たらない。なお、このS1試料は前回混合実験に使用した粘土であり、実験試料の線形上に位置する。

一方、山茶碗の薄片の顕微鏡観察では骨針化石が多く含まれ、かつ植物珪酸体化石や珪藻化石も含まれていた。先の山茶碗の線形と実験試料あるいは周辺域から採取した堆積物の線形との違いは材料に関する本質的な違いと

理解される。先の実験試料の線形が示すように粘土と砂粒のみの混合による場合にはこの線形上に位置するが、これら山茶碗は、これらいずれの線形上にも位置しないことから粘土と砂以外の成分が大きく関わっているものと推定される。これらの要因は先の薄片観察による微化石類の多過の可能性が最も高い。

発表では、この点についての詳細な検討を加えたい。

引用文献

小村美代子・藤根 久(2001)、須恵質土器胎土中の砂粒分の化学的評価、日本文化財科学会第18回大会研究発表要旨集、114-115p.

瀬戸市史編纂委員会(1988)、瀬戸市史陶磁史篇二付図3 瀬戸窯分布図、420p.

瀬戸市史編纂委員会(1986)、瀬戸市史資料編二自然、460p.

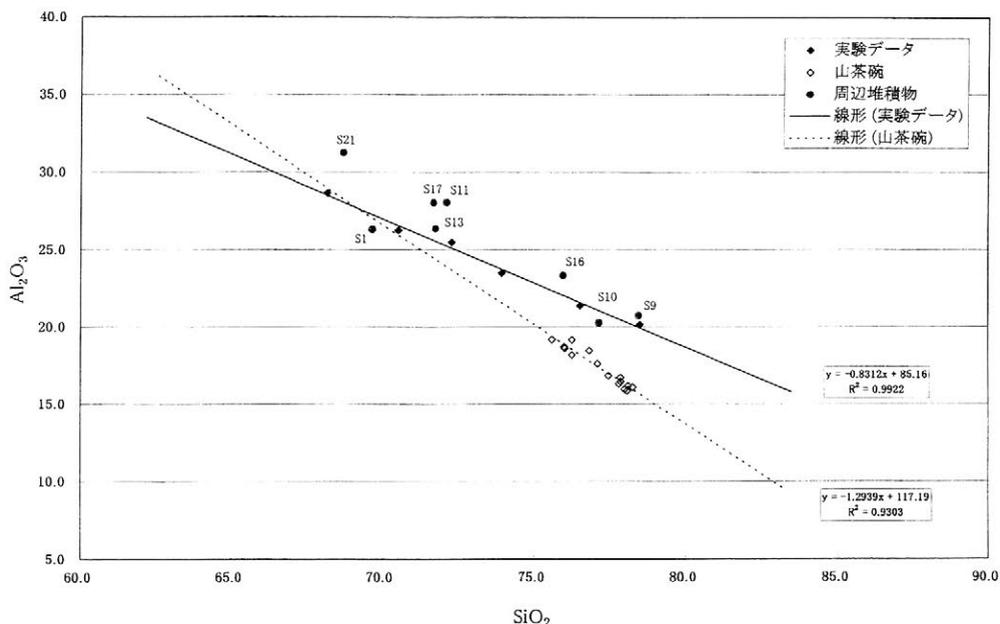


図1 SiO₂-Al₂O₃分布図(単位：%)

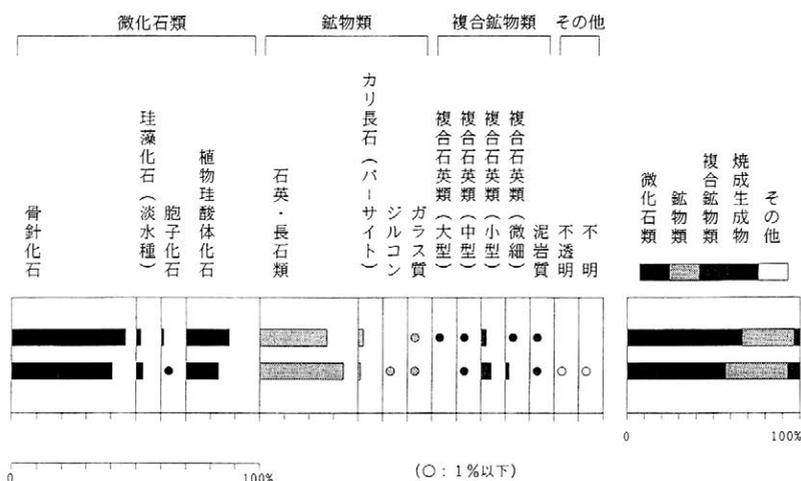


図2 川合K窯跡から出土した生焼け山茶碗胎土中の粒子組成(50 μm以上の粒子)

佐世保市周辺の窯跡出土白磁および陶石の蛍光X線分析

○三辻利一（大谷女子大） 井上麻耶（同） 久村貞男（佐世保市教委）

長崎県佐世保市三川内は長崎県東彼杵郡波佐見および、佐賀県有田、唐津と並ぶ肥前窯業地帯の一角を占めており、いずれも、16世紀末から17世紀はじめに創業し、今日に至るまで400年間陶磁器を生産してきた。発掘された創業期の窯は三川内三皿山のうち、木原皿山の地蔵平窯跡、葎の本窯跡と江永皿山の江永窯跡、それに、三川内皿山の長葉山窯跡である。いずれも、白磁の創始期の窯跡と考えられている。しかし、これらの窯はいずれも民窯であり、最も重要な藩窯については未調査であった。今回、佐世保市政100周年を記念して藩窯跡である三川内西、東窯跡および代官所跡を調査した。出土した白磁片および陶石、並びに、網代陶石、波佐見陶石、天草陶石、有田泉山陶石などの原産地の陶石を蛍光X線分析法で分析した結果について報告する。

2) 分析結果

はじめに、陶石の分析結果をK-Ca、Rb-Srの両分布図を使って説明する。図1, 2には網代陶石の両分布図を示す。よくまとまって分布することがわかる。これらの点を包含するようにして網代領域を描き、他の陶石の分析データと比較することにした。図3, 4には波佐見陶石の両分布図を示す。三股1, 2の陶石はよくまとまって分布しており、両者の区別はできない。陶石の採集位置が近接しているため、当然の結果である。しかし、三股グラウンド周辺で採集した陶石にはCa, Sr量が少なく、K軸、Rb軸に沿って分布し、K量、Rb量のバラツキが大きいことを示している。波佐見陶石には4元素からみて2種類の陶石があることが明らかになった。図5, 6には天草陶石の両分布図を示す。網代陶石に比較して、Ca, Sr量が少ない陶石であることがわかる。もちろん、波佐見陶石のうち、三股陶石とも異なるが、三股グラウンド周辺の陶石には類似する。しかし、K量、Rb量が少ない点で異なる。図7, 8には有田泉山陶石の両分布図を示す。網代領域にも、天草領域にも対応せず、その化学的指紋は異なることがわかる。以上の結果、網代陶石、波佐見陶石、天草陶石、有田泉山陶石の化学的指紋はすべて異なっており、その相互識別は十分可能であることがわかった。このことは白磁の製作場所に陶石が集積してあれば、分析データからどこの陶石を素材として使用したかがわかることを示唆している。実際、代官所跡にも陶石が集積されていた。その陶石の両分布図を図9,10に示す。比較のために、網代領域と天草領域を描いてある。18世紀以降と推定される陶石の大部分は網代領域に分布し、網代陶石が藩窯での白磁の素材として使用されていたことがわかった。一部に天草領域に分布したものもある。一方、17世紀後半と推定される陶石はCa, Sr量が少なく、三股グラウンド周辺の陶石に対応することもわかった。従来の定説では網代陶石と天草陶石が素材として考えられてきたが、波佐見陶石が素材として使用されていたことが新たに見つけられたことになる。なお、Naの分析データは図11に比較されている。網代陶石、三股1, 2陶石、有田陶石にはNa量が多く、波佐見三股グラウンド陶石、天草陶石には少なく、Na量でも両者は対照的であることがわかる。代官所跡の陶石もNaからみて2種類の陶石を使用したことを示している。その他、白磁片の分析結果についても報告する。

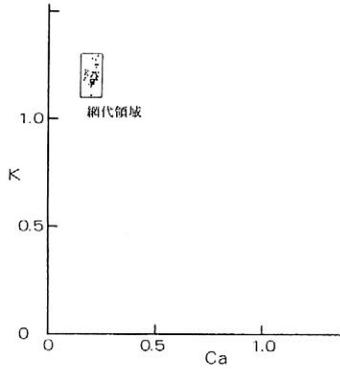


図1 網代陶石のK-Ca分布図

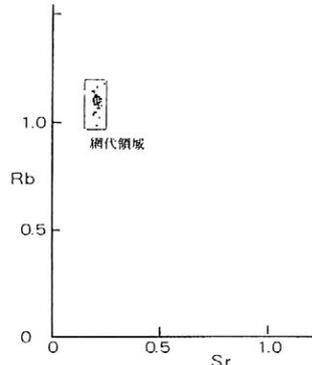


図2 網代陶石のRb-Sr分布図

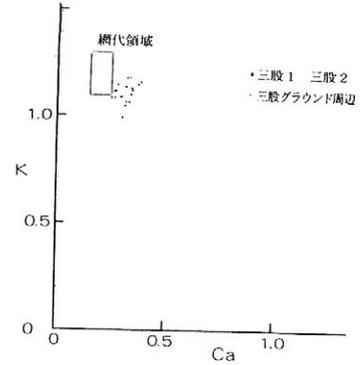


図3 波佐見三股陶石のK-Ca分布図

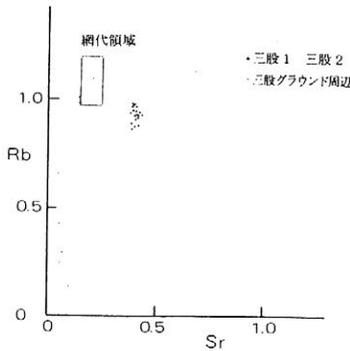


図4 波佐見三股陶石のRb-Sr分布図

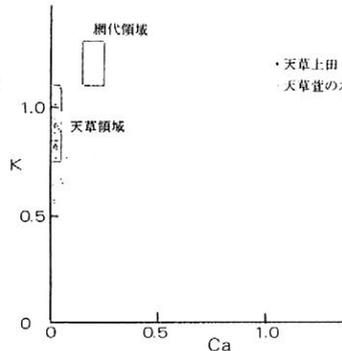


図5 天草陶石のK-Ca分布図

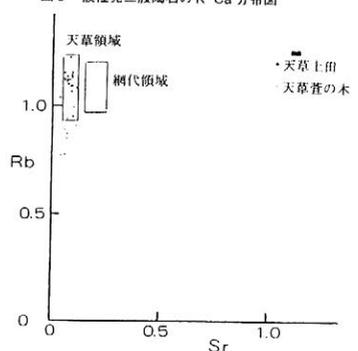


図6 天草陶石のRb-Sr分布図

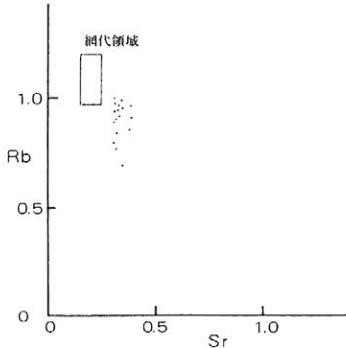


図8 有田泉山陶石のRb-Sr分布図

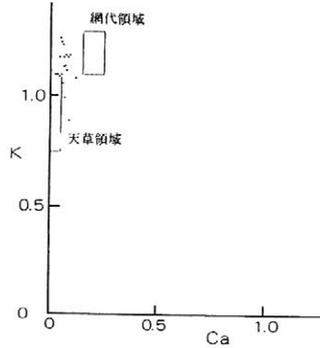


図7 有田泉山陶石のK-Ca分布図

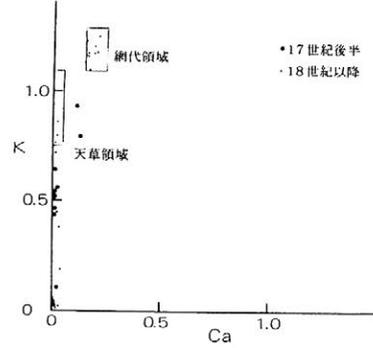


図9 代官所出土陶石のK-Ca分布図

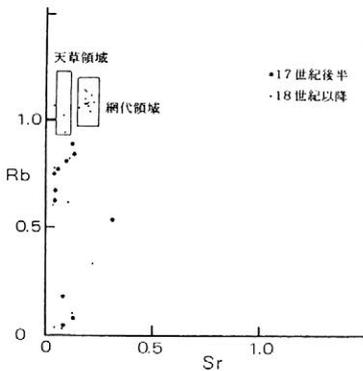


図10 代官所出土陶石のRb-Sr分布図

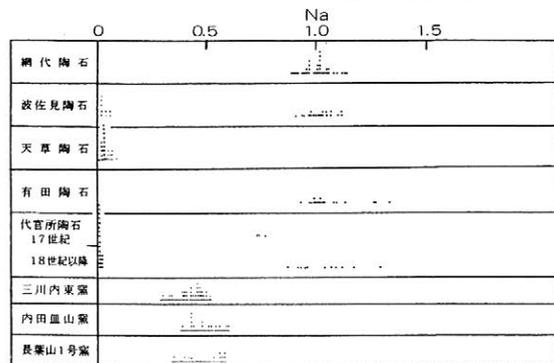


図11 Na因子の比較

弥生・古墳時代の *Mutisalah* に関する考古科学研究

○肥塚隆保(奈文研) 大賀克彦(京都大学) 比佐陽一郎(福岡市埋文) 高妻洋成(奈文研)

1. はじめに

Mutisalah とはインドネシア語で“偽真珠”を意味し、独特な赤褐色を呈する不透明な小玉をさしている。この小玉はインドパシフィックビーズの一種で、*lada technique* による引き伸ばし法によって作られており、インドを中心に西アフリカから日本に至る広範囲に流通した小玉である。アフリカでは *Trade Wind Beads* とよばれている。

2. 列島における *Mutisalah*

弥生～古墳時代の遺跡から出土する *Mutisalah* は形状、製作技法、法量に関して斉一的な様相を示す。形状は稜の鈍い円筒形を呈し、基本的に端面が研磨されることはない。色調は茶褐色不透明で仔細に観察すれば、表面に黒色を帯びた縞を認めることができる。直径はほとんどが 1.5～4.0 mm の範囲に収まり、直径が 6 mm を越えるような大型品は極めて僅かしか認めることができない(図 2)。製作技法は、軟化したガラス塊から引き伸ばしながらガラス管を作り、それを切断する引き伸ばし法による。完全には切断を終えていない、全長 10～20 mm 程度のガラス管も若干の出土が知られる(南八幡遺跡：福岡市など)。同様なガラス管は Arikamedu 遺跡(インド)から多数出土している。以上の点からは、*Mutisalah* が典型的なインド・パシフィックビーズであることがわかる。

3. *Mutisalah* の分布

Mutisalah の空間的、及び時期的分布は特徴的な傾向を示す。弥生時代後期～終末期(後 1～2 世紀)には北部九州周辺に限って散見される。点数は僅かである。確実に古墳時代前期(後 3～4 世紀)に比定される例は存在しない。古墳時代中期～後期前葉(後 5～6 世紀前葉)には最も多量の流通が確認され、本州南半まで分布域が拡大する。ガラス玉として *Mutisalah* のみが大量副葬される状況は当該期に特有である。ただし、内容的に目立たない比較的下位の古墳からの出土が多く、*Mutisalah* が特別に重視された様子は認められない。古墳時代後期中葉以降(後 6 世紀中葉～)になると、一層分布が拡散するが、奈良県藤ノ木古墳を唯一の例外として、非常に僅かな点数が混在して出土するに過ぎない。

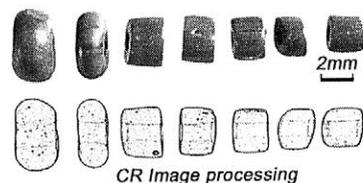


図 1. *Mutisalah*

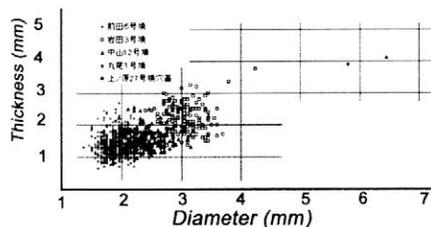


図 2. 古墳時代の *Mutisalah* の寸法

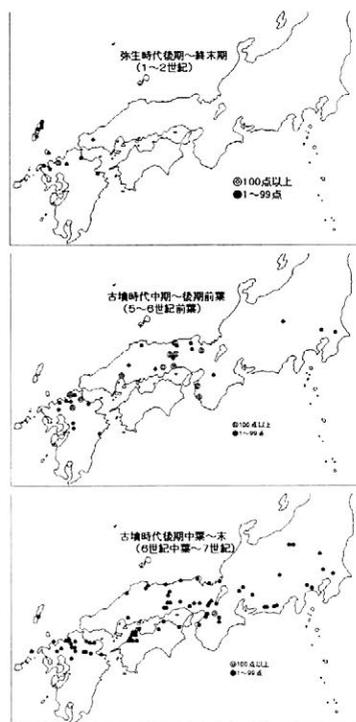


図 3. 時期的別の分布地域図

4. *Mutisalah* の化学組成

本研究では、現在品や日本列島以外の出土品を含めて10遺跡の65点余りの試料について材質・構造調査をおこなった。測定方法は従来からおこなっているEDXA法、CR法(1999,2000)などによった。

その結果、*Mutisalah*の基礎ガラスは、酸化アルミ含有量の多いソーダガラス($\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系)が大半を占めているが、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系もしくは($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$)- $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系も存在し、材質は一定ではないことが明らかとなった(図4)。赤褐色の着色にはCuが関与しているが、淡青色カリガラスに見られるようにCu-Pbが相関を示すことはない(図5)。Pbを微量(0.01mol%以下)しか含有せずCuOの含有量が高い試料中にNiO含有量の高い(0.3-0.4mol%)遺物が存在するなど、不純物として含有する金属元素の種類と量にも変化があり、複数の産地の製品が日本へ伝えられていた可能性がある。また、カリガラスで作られた*Mutisalah*も存在することが確認された(楽浪土城址出土)。今回発見されたカリガラス製*Mutisalah*は、MgOを3.4mol%含有しており弥生時代の遺跡から発見される青色のカリガラス小玉とは、やや組成が異なるようにも考えられた。同様な組成を有する*Mutisalah*は、中国広西自治区・昭平県楽群5号墓などで確認されているが、数例である。これらの*Mutisalah*はコロイド技術によって着色されていると言われていたことから、中国で製造されていないことは確実で、今後カリガラスの製造地をめぐって新たな知見が得られる。

図6は*Mutisalah*などのガラス小玉をIPに接触させて72時間鉛製暗箱中で暴露した。ガラス中の ^{40}K の濃度によって濃淡の異なる画像が構築されたと考えられ、材質や産地の識別ができるかもしれない。



図6. IP(イメージングプレート)を使用してガラス遺物からの自然放射線(蓄積線量)を画像化したところ、材質の差が明瞭に表れた

5. 結語

インド・パシフィックビーズの生産は南インドで成立し、その後、東南アジア各地へと拡散する。こうして成立した複数の生産地における製品が日本列島へと舶載されたと考えられる。色調を除けば、一見、齊一的にみえるインド・パシフィックビーズも、詳細な材質の分析によって重要な相違が確認される。今後は、生産地を特定するためにも、より詳細な分析結果の蓄積が必要である。

表1. 日本出土*Mutisalah*の化学組成(46点)

	(mol%)											
	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	MgO	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	NiO	CuO	MnO	PbO
Ave	67.5	6.4	16.2	1.6	2.0	3.5	0.3	0.88	0.03	1.27	0.11	0.10
Std	5.1	2.9	4.8	0.5	1.4	1.0	0.1	0.36	0.10	0.51	0.08	0.08

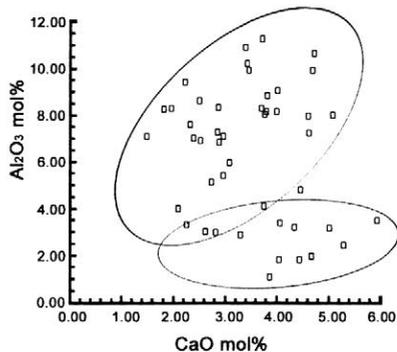


図4. *Mutisalah*に含有するCaOと Al_2O_3

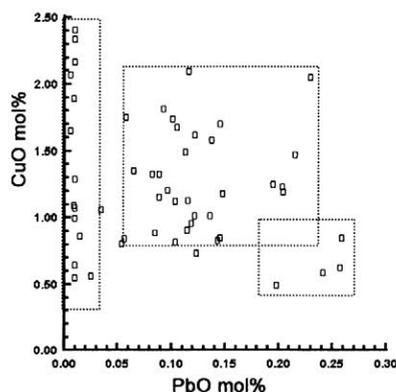


図5. *Mutisalah*に含有するPbOとCuO

名古屋城天守閣の瓦鉄釘の材質

○平井昭司（武蔵工大）、岡田往子（武蔵工大）
岩崎 廉（神奈川高度技術支援財団）

1 はじめに

徳川家康により慶長 15 年（1610 年）に築城された名古屋城は、慶長 17 年（1612 年）に天守閣（大天守）が完成し、寛文 9 年（1669 年）には創建以来初めて天守閣は大破し、修理が行われた。その後も破損の度ごとに幾度かの大小の修理が行われてきたが、特に、宝暦 2 年（1752 年）には大修理が行われ、小修理を行いながら明治を迎える。明治 24 年（1891 年）に濃尾大地震により城内の建造物に被害が出ているが、天守閣に

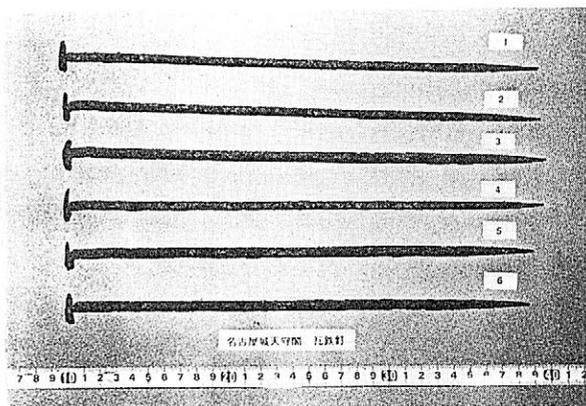


写真 1 名古屋城瓦鉄釘

についての被害は不明である。その後昭和 20 年（1945 年）には戦災により全てが焼失してしまったが、現在の大天守は、昭和 34 年（1959 年）に新たに再建された。焼失されるまでの大天守に用いられた瓦鉄釘の 300~400 本は回収され、民間に払い下げられ長期にわたって保存されていた。これらの瓦鉄釘は、天守閣の端部分にある直径約 20cm 程の巴瓦を止めるのに使われていた。今回、それらのうちの 6 本を中性子放射化分析法（NAA）、グロー放電質量分析法（GDMS）および燃焼赤外線吸収法（IR）により鉄釘中に含有する元素濃度を定量することができたので、含有する微量元素から鉄釘材質の評価を行った。

2 分析試料

焼失のため鉛のように曲がった鉄釘は、払い下げられた後油の中に約 4 ヶ月保管され、その後 1 本 1 本ハンマーで打ち延ばしが行われた。分析に用いた鉄釘 6 本を写真 1 に示す。鉄釘（46~56g/本）は、約 5mm 角で長さ約 300mm の細長い釘で、表面はすでに褐色に錆化していた。釘の形状としては長さの割には細長く感ぜられ、頭部は胴部を平らに叩き半楕円状になっている。分析箇所は、頭部から 60mm、180~200mm、240~260mm のところをダイヤモンドカッターにより表面の錆を除去して、内部の金属部のみを切削した。NAA では試料量約 50mg で 53 元素、GDMS では試料量が約 4g（ピン状）で 61 元素、IR では試料量約 100mg で C と S を定量した。GDMS では 61 元素のうち、鉄材質を評価するに大事な元素 C、Si、P、S 等も同時に定量できた。NAA および GDMS において共通に定量された Na、Al、Cl、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ga、As、Mo、Sb、W、Au の 17 元素のうち標準物質で感度係数 RSF を補正できた 12 元素については、大部分の元素は土約 10% 以内で値の一致が見られたが、Al、Mo、As、Sb は多少ばらついていた。また、C と

Sについても IR と GDMS で相関を取ったが、S は良好な相関があった。以上のことから、元素濃度は、NAA と IR の分析値を選択したが、NAA で定量されていない元素は GDMS の分析値を示した。

3 結果及び考察

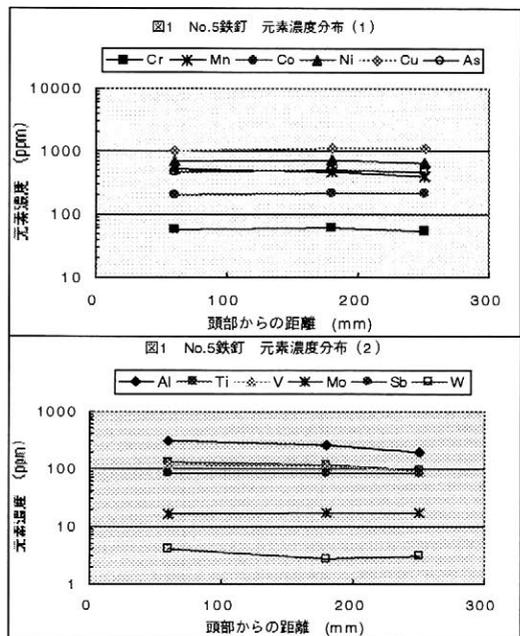
6本の釘のうち3本が3箇所、3本が2箇所分析している。一例として図1に示すように釘も1本の釘での元素濃度分布の変動は小さく、ほぼ均一であった。そのため、表1には頭部から180mmのところの元素濃度を示した。各釘毎の元素濃度の分布及び鉄原料の産地推定の指標となるAs/Sb比をみると3~4種類に分類できるように思われる。炭素濃度は、0.002~0.054%と純鉄あるいは低炭素鋼に分類されるが、特筆できることはMn濃度が0.04~0.4%と濃度範囲が広いことと、砂鉄を原料にしては0.4%と非常に高かった。さらに、Ni濃度が0.04%~0.07%、Cu濃度が0.01%~0.11%とNi及びCu濃度が共に高い鉄釘があった。また、Pについても、0.08~0.3%とMn同様に多くの鉄釘で高い濃度であった。このような元素濃度になる鉄原料は砂鉄にはみられないので、鉄鉱石由来のように思える。特に、MnおよびPの濃度が同時に高い鉄鋼資料は、前近代の和鉄あるいは和鋼においてほとんど見出されていない。そのため、焼失した大天守に使われていた瓦鉄釘がいつの時代のものか不明であるが、このようにMnおよびPの濃度が同時に高い鉄釘が作られていることは非常に興味深いことである。名古屋の周辺の岐阜県の大垣市赤坂には金生山があり、赤鉄鉱を産出することが知られている。ここからの鉄鉱石はAs濃度が高いことが知られているが、本鉄釘は0.05%前後でそれほど高くなく、また、Mn濃度が高い。長野県にも多くの鉄鉱山があるが、必要とする元素の分析値が無いいため、比定が困難である。

表1 鉄釘中の元素濃度

		(ppm)					
元素	分析法	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
Li	GDMS	0.008	0.007	2.3	0.0097	8.0	4.7
B	*GDMS	0.0063	0.003	2.5	0.0043	1.5	0.86
C	IR	530	340	540	310	22	76
N	GDMS	1.5	1.1	0.34	0.50	0.25	0.14
O	GDMS	68	50	1320	37	1070	590
Mg	GDMS	0.16	0.11	100	0.29	44	20
Al	NAA/GDMS	2.1	1.7	200	6.5	260	250
Si	*GDMS	7.1	4.4	2600	5.7	2800	1100
P	*GDMS	940	840	3100	830	2300	1700
S	IR	700	680	280	940	540	370
K	GDMS	0.43	0.29	41	0.36	75	28
Ca	GDMS	4.1	3.3	420	7.4	270	200
Ti	NAA/GDMS	0.32	0.24	110	0.28	120	72
V	NAA	6.0	5.5	66	5.1	110	78
Cr	NAA	190	200	28	200	62	39
Mn	NAA	3800	3800	710	3800	460	360
Fe	*GDMS %	99.2	99.2	99.1	99.2	99.0	99.3
Co	NAA	160	160	150	170	220	200
Ni	NAA	500	420	380	510	710	630
Cu	NAA	130	120	300	170	1100	770
Zn	GDMS	0.52	0.50	0.41	0.71	1.3	0.25
As	NAA	520	500	340	620	500	570
Rb	GDMS	0.039	0.022	0.23	0.012	0.24	0.085
Sr	GDMS	0.72	0.42	2.8	0.26	3.6	2.9
Y	GDMS	0.015	0.007	0.18	0.004	0.24	0.14
Zr	*GDMS	1.7	1.7	2.8	1.7	2.9	2.8
Nb	*GDMS	0.39	0.37	1.9	0.38	1.5	1.1
Mo	NAA/GDMS	12	12	11	13	18	20
Sn	*GDMS	4.3	4.5	21	12	74	94
Sb	NAA	7.9	7.4	28	11	85	130
Ba	GDMS	<0.1	<0.1	7.5	<0.2	36	60
La	GDMS	0.002	<0.001	0.14	<0.002	0.23	0.13
W	NAA/GDMS	0.65	0.63	4.8	0.61	2.8	3.0
Pb	GDMS	0.082	0.089	0.012	0.13	2.3	0.71
As/Sb		66	68	12	56	6	4

*標準試料により補正あり

未補正



和洋銃砲の材質と製作技法に関する比較研究

○齋藤 努（国立歴史民俗博物館） 高塚秀治（東京工業大学）
宇田川武久（国立歴史民俗博物館）

1.はじめに

鉄砲は16世紀なかばに日本に伝えられ、その直後の戦国時代から製作が開始され、その後江戸時代におよんだ。この間、鉄砲は各地の鉄砲鍛冶や、刀鍛冶あるいは野鍛冶によって製作された。現存の鉄砲を一見して明らかのように、その形状や法量はまちまちであるが、これは砲術の流派の反映である。

ここでは、日本の火縄銃と、幕末に移入された外国銃の両者の銃身部分の金属組織や、介在物の形状・方向および鉍物組成を分析した結果を報告する。

2.分析方法

銃身底部など銃床に隠れる箇所を選び、表面の錆を落として鏡面研磨して、大型試料室（2 m長）を取り付けたエネルギー分散型特性X線検出器付走査型電子顕微鏡（SEM-EDS）を用いて金属組織、介在物の分析を行なった。

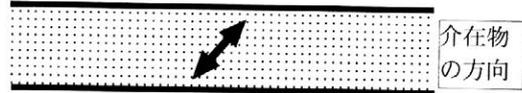
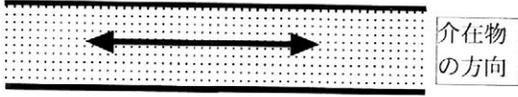
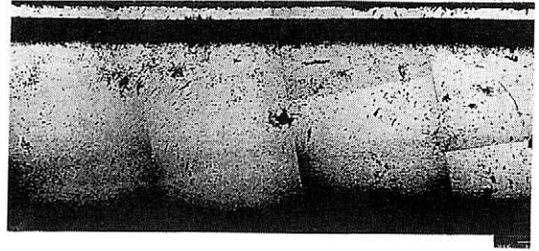
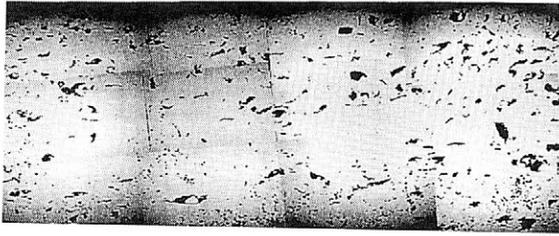
3.分析結果

3.1.日本の火縄銃

図1は日本の火縄銃の分析結果の例である。介在物の方向から銃身は二種類に大別でき、一つは銃身の長軸方向に伸びているもの（図1a）、他の一つは銃身の長軸に斜めの方向に伸びているものである（図1b）。砲術史料に記されている銃身の製法からみると、前者は鉄板をたてに筒型に鍛接する「うどん張」（図1c）、後者はうどん張の筒の上に細長い鉄板を螺旋状に巻く「巻張」（図1d）に対応すると考えられ、本研究の分析法によって二者の製法が識別できることがわかった。

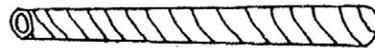
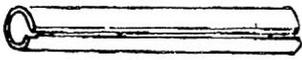
鉄砲の多くは、銃身の介在物は鉄を多く含むケイ酸塩が大部分を占めており、チタンを含む鉍物はほとんど検出されない。しかし、分析資料の中に、明らかに介在物中に鉄-チタン酸化物を主要鉍物として含むものが見つかった（TSG-1-05）。この資料は岡山県に伝世した無銘の鉄砲である。関連する史料から荻野流の鉄砲と考えられる。岡山藩では荻野流が行なわれていたことからこの判断は裏付けられ、製作地も同藩領内とみなされる。現在福山城に所蔵されている刀鍛冶銘（備前長船鍛冶作）の荻野流鉄砲と形態が酷似することから、資料TSG-1-05もまた刀鍛冶によって製作されたと推定される。

今回の分析結果によると、資料TSG-1-05の材質が日本刀のそれと共通しているのに対し、大半の鉄砲の材質が日本刀とは大きく異なっていることから、次のように考えることができる。1) 刀鍛冶によって製作された資料TSG-1-05は、江戸中期以降、刀の需要が減り一方で鉄砲の需要が増大したことから、刀鍛冶の中に鉄砲の製作を行なうようになった者が出てきたことの反映である。2) 鉄砲鍛冶による鉄砲の製作と刀鍛冶によるそれでは、その材料調達および製作技法の面で相違があった。



a. 資料TSG-1-05 (×15)

b. 資料TSG-1-04 (×15)



c. 砲術史料にある「うどん張」

d. 砲術史料にある「巻張」

図1 日本の火縄銃の分析結果 (c, dは「中嶋流砲術管窺録」より)

3.2. 外国銃

銃身表面に観察される介在物は和銃に比べて圧倒的に少ない(図2)。介在物は長軸方向に伸びており、鉄板をたてに筒型に鍛接して製作されたと考えられる。その鉱物組成は鉄マンガン硫化物とケイ素が大部分を占めており、コークスを燃料とした高炉によって銑鉄を製錬したのちに炭素濃度を下げることによって鉄素材をつくったと思われる。

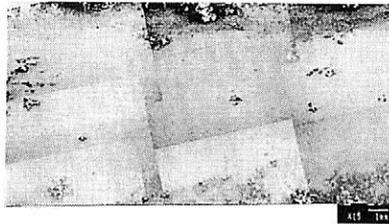


図2 幕末に移入された外国銃の分析結果 (×15)

福井県上中町向山1号墳から出土した金製垂飾付耳飾の材質と製作技術

○村上 隆（奈良文化財研究所）・高橋克壽（ 〃 ）

1. 福井県上中町向山1号墳

福井県遠敷郡上中町に所在する向山1号墳(5世紀中頃)は、48mの前方後円墳である。墳丘は2段築成で葺石、埴輪をそなえる。後円部中央に長さ 3.6mの横穴式石室があり、墓道が前方部方向へのびる古式の形態をもつ。この石室は本州で最古の横穴式石室であり、形態的特長から九州地方との直接的なつながりが読み取れる。1987～88年に行われた発掘調査によりこの石室から金製垂飾付耳飾のほか、鏡2面や短甲2両を含む多くの武器武具、装身具などがみつかった。この古墳は武器・武具を納めた施設が前方部にある点でも注目される。向山1号墳のある若狭地域は、西塚古墳、十善の森古墳をはじめ、九州や大陸との関係を考えさせる多くの古墳が集中する地域であることがこれまでも指摘されてきている。

2. 向山1号墳から出土した金製垂飾付耳飾

図1に、福井県上中町の向山1号墳石室から出土した金製垂飾付耳飾を示す。なお、出土は、一体である。

遺存状態は大変良好であるが、オリジナルには存在したと想定される主環部の存在は認められない。

全長 10.5cm。径約 6.0mm の小環に径約 5.0mm の球体部を繋げ、続いて兵庫鎖 19 単位、球体部、兵庫鎖 16 単位、球体部と連なり、最後に刻み目を入れた覆輪を持つ心葉形垂飾が取り付け。球体部は、いずれも中空である。

3つの球体部には、径1mm以下の金の細粒が装飾的に配して接合されている、また、兵庫鎖のつくりは巧みで、鎖の動きもスムーズである。一見シンプルで簡素な佇まいを持つが、卓越した金工技術がさりげなく冴える逸品である。対称性を意識してはいるが、細部の破綻に拘らない古代工人のおおらかさが現れている点が興味深い。

この金製垂飾付耳飾に対する最新の科学的分析法による研究から、これまでも議論されてきている製作地や入手経路などを具体的に検討していくための基礎的知見を得ることになり、歴史的解釈に大きな裏づけを与えることが期待される。また、耳飾を含む金製、金銅製品の従来集成的作業を中心とした考古学的検討に加えて、本研究がもたらす新たな知見が新しい研究の境地を開く魁となるものと期待される。



図1. 福井県向山1号墳から出土した金製垂飾付耳飾

3. 向山1号墳から出土した金製垂飾付耳飾の材質

福井県上中町の向山1号墳石室から出土した金製垂飾付耳飾を非破壊的手法を用いた蛍光X線分析法によって分析した。用いた装置は、(株)テクノス製TREX640S。ターゲットは、モリブデン(Mo)。分析条件は、管電圧 45kV、管電流 0.3mA、測定時間 100~300 秒。照射面積 300 μ m Φ 、1mm Φ 。測定値は、標準資料を用いた半定量分析による。平面性が高く、非破壊的手法でも比較的安定した分析結果が得られる垂飾の部分での測定値は、金 70.8%、銀 28.3%、銅 0.9%であった。ここでは、これをこの耳飾を代表する組成としておく。球体部の部分も、よく似た測定値を呈した。また、兵庫鎖や小環部では、銀が若干高めの値を示す傾向があったが、測定面の平面性の問題など、非破壊的手法での測定であることを考慮すると、これが材質的な違いを反映していると積極的に判断できない。いずれにしろ、この金製垂飾付耳飾には、約 17K(純金は 24K)が使われていたとしてよいだろう。これは、古代の金製品としては一般的な組成と考えてよい。

4. 向山1号墳から出土した金製垂飾付耳飾の製作技術

向山1号墳石室から出土した金製垂飾付耳飾を走査型電子顕微鏡によって観察した。用いた装置は、(株)フィリップス製XL-30である。

図2は、中位置にある球体部を中心に据えた観察である。中空の球体部は、径約5.0mm。曲率の少し大きめのカップを合わせたやや扁平形。連珠文様を刻んだカマボコ状細線を接合部に巻く。また、球体部の曲面を凹ませ、細粒の安定を図っていることが窺える。細粒は、径1mm以下。場所によって、3~4個を連珠に接合。接合は、おそらく熔着か。際どく接点が1個所のみで保持しているものも見受けられる。球体部の内部構造の観察から、中空の球体部を串刺しにするように径約0.5mmの細い金線を折り曲げたものを貫通させ、両端を兵庫鎖に繋げていることを確認した。今回特に注目したのは、この金線に「線引加工」されたと思われる痕跡が認められることである。もしこの観察が妥当であれば、わが国最古の確認事例となる。さらに精査をしたい。

兵庫鎖のつくりは見事である。0.4~0.6mmの細い金線(これは、線引加工ではない)を細工し、鎖に連ねているが部分的に破綻がなく、動きはスムーズである。球体部の接合部を巻く連珠文様を刻んだカマボコ状細線の接合は、鑢付けの可能性が高いが、熔着の可能性も残されている。今後さらに精査の機会を持ちたい。また、心葉形垂飾を縁どるカマボコ状細線は熔着と考えてよからう。

以上、福井県向山1号墳出土の金製垂飾付耳飾に対する電子顕微鏡観察を中心に、この耳飾の製作技術を探り、これまでの肉眼観察ではわからなかった古代金工技術に関する新たな知見を提示することができた。さらに、マイクロフォーカスX線CTを用いて、球体部内部の観察を行うなど、継続して詳細な情報の蓄積を試みている。

〔謝辞〕本稿を纏めるにあたって、比佐陽一郎、片多雅樹の諸氏には電顕撮影の際にご協力を頂いた。ここに記して謝辞とする。

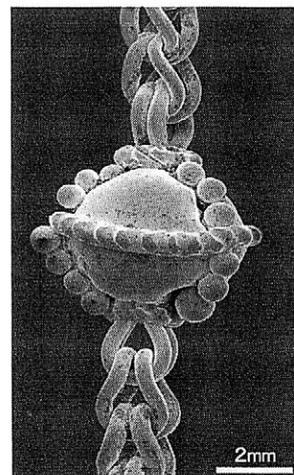


図2. 電子顕微鏡で観察した向山1号墳出土の金製垂飾付耳飾(部分)

イオウ同位体より見た朱の産地推定

- 南 武志（近畿大学理工学部）・今津節生（橿原考古学研究所）・今井 亮（東京大学大学院理学系研究科）・高橋和也（理化学研究所）・豊 遙秋（地質標本館）・本田光子（別府大学）

1. はじめに

弥生後期から古墳時代にかけて日本全国の様々な遺跡から朱が発見されている。朱は遺跡内いたるところにばら撒かれたと思われるものから、壁面に塗布されたものや、埋蔵体に塗布されていたと思われるものまで、いろいろな状態で観察される。このことから埋葬儀式に朱は重要な役割を果たしていたと考えられる。

朱を重要な儀式に用いることは古代中国より伝来した可能性が高いが、朱は日本国内で埋蔵量が多い鉱物の一つであり、日本国内で朱は縄文時代より土器の装飾に用いられていたことから、埋葬儀式に用いられた朱も国内で調達した可能性が高い。しかしながら、一度の埋葬儀式に少なくとも数kg、多い場合数十kgの朱を用いたと考えると、大規模な朱産地より集積した可能性が高い。古代日本においてこのような大規模な朱産地を推定すると、奈良県大和水銀鉱山、三重県丹生鉱山、徳島県水井鉱山の三箇所が考えられる。これらの水銀鉱山は初期大和政権の周辺に所在し、多数の初期大和政権遺跡からも朱が発見されている。

初期大和政権の風習が前方後円墳の全国普及したのと同じように、朱を埋葬儀式に用いる風習も初期大和政権の勢力拡大と関係がある可能性が高い。しかしながら遺跡から出土した朱の産地がどのなのか、いまだに明らかでない。われわれは朱に含まれる微量元素に注目し、遺跡から出土した朱と鉱山の朱に含まれる微量元素を比較した。その結果、丹生鉱山と大和水銀鉱山の微量元素分布に違いがあること、遺跡の朱にも分布の違いがあり丹生鉱山か大和水銀鉱山のどちらかの可能性が高いことなどを明らかにしている。

しかしながら微量元素は朱本体の構成成分ではなく、周辺土壌からのコンタミの可能性なども否定しきれない。そこで今回、朱構成成分であるイオウに着目し、イオウ同位体に違いがあるかを水銀鉱床からと遺跡から採取した朱と比較検討した。

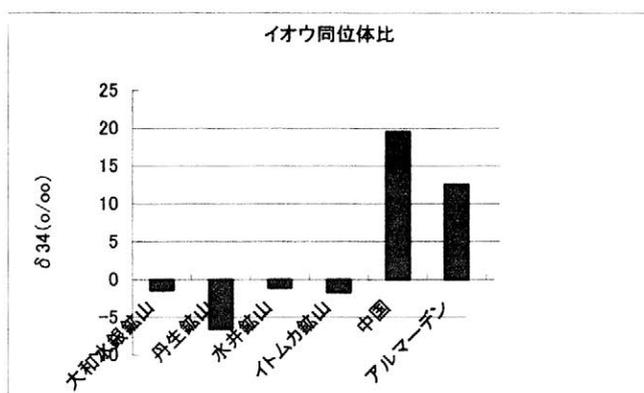
2. 測定方法

測定試料：鉱山サンプルは、大和水銀鉱山（奈良県）、丹生鉱山（三重県）、

水井鉍山（徳島県）、イトムカ鉍山（北海道）、中国湖南省、アルマーデン鉍山（スペイン）より採取され地質標本館に保管されていた鉍石を用いた。遺跡朱は、大和地方を中心とした遺跡より採取した標品を用いた。

試料調整および測定方法：試料より朱部分を分別し、五酸化バナジウムと二酸化ケイ素を加え真空中で加熱し、発生した二酸化硫黄をフィニガン社製 MAT-262 で ^{32}S と ^{34}S を測定した（サンプルの $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 比を A とする）。標準物質には Canyon Dablo 隕石中の硫化鉄鉍物中の ^{32}S と ^{34}S を測定した（標準物質の $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 比を S_t とする）。測定データは $(S_t - A) / S_t * 1000$ で表し、これを $\delta 34$ とした。測定誤差は 0.1 以下であった。

3. 結果および考察



中央構造線に沿った変成岩や花崗岩の鉍脈はマイナスの値を示し、火山性の鉍脈はプラスの値を示すことは鉍物学の分野では知られている。今回、中国産、スペイン産の朱鉍石は大きくプラスの値を示した。このことから、中国産と日本産の区別は容易に可能であると判断できる。また、大和水銀鉍山と丹生鉍山では値に大きな差が生じており、両者を区別できる可能性が示唆された。一方、火山性であるイトムカ鉍山はマイナスの値を示しており、大和水銀鉍山と水井鉍山の間にも大きな差が見られなかったことから、測定サンプル数を増やす必要がある。現在、各鉍山のサンプル数を増やし、近畿および北九州地域の遺跡より出土した朱とともに測定中であり、より信頼できる結果が得られつつある。

中国 夏商周時代青銅器の鉛同位体比

○平尾良光，早川泰弘（東京文化財研究所）

金正耀，鄭光，楊錫璋（中国社会科学院）

古代中国の夏商周時代における青銅器の化学組成や鉛同位体比から、その生産技術や産地を推定し、当時の銅材料の流通や人間の交流を明らかにしようとした。これらの結果を今までの考古学的な考察に加えて、各王朝の推移を銅材料という側面から理解しようとした。

古代の中国においては紀元前 2000 年以前の遺跡で銅製遺物が発掘されている。しかし、一つの遺跡における文化の流れの中で銅製品が連続的に発見されるようになるのは黄河流域の河南省にある二里头遺跡からといわれている。この遺跡は紀元前 1900 年頃から 1600 年頃まで活動していたとされ、文献上に現れた「夏」時代（前 2070 年—前 1600 年）の主要な遺跡の一つと比定されている。その後、この文化は商時代（—前 1046 年）に受け継がれ、青銅器全盛の時代を迎える。そして次に周時代（—前 771 年）へと受け継がれるが、だんだんと衰退し、その後、金属としての重要性は銅から鉄へ変わってゆく。

最近になって、これら夏商周時代における青銅器の化学組成や鉛同位体比が少ないながらも測定され、公表されるようになってきた。たとえば、夏時代の資料は河南省洛陽市郊外の二里头遺跡から、商時代の資料は河南省鄭州市の鄭州商城・二里崗・湖北省武漢市郊外の盤龍城など数地点や河南省安陽の殷墟から、周時代の資料は河南省曲陽県にある墳墓から得られている。本研究ではこれら総数約 400 資料の鉛同位体比を集めて考察した。

その結果、青銅器に含まれる鉛の同位体比は各王朝毎に特徴ある分布を示すことがわかった。二里头遺跡は洛陽近くに位置しているにもかかわらず、山東半島方面の銅材料を輸送（約 500km）したように推測される。細部として、各王朝の中で前期と後期では系統的に銅の材料産地が異なるなどの特徴も見いだされた。特に商時代後期に都があった殷墟では中国北部産の銅材料だけでなく、1500 km も離れた揚子江上流域の四川省付近から銅材料を運んでいたように推測される。そして四川省産材料の減少と共に商王朝は衰退したようにも思われ、王朝の成立とその後の経緯が青銅器の鉛同位体比にも現れているかのようである。

このように系統的に多くの資料の測定が進むと、鉛同位体比法は単に銅材料の産地推定だけでなく、銅材料全体の生産と流通という側面を通じて、古代国家の興亡を密接に反映しているとも推測される。

図1 二里頭遺跡出土青銅器の鉛同位体比

測定値はB領域下辺からL領域に広がった。

この分布から、銅材料の産地は二里頭近隣地域から、山東半島までの可能性を示唆する。

この図からは四川省産の銅材料が含まれているとは言えない。

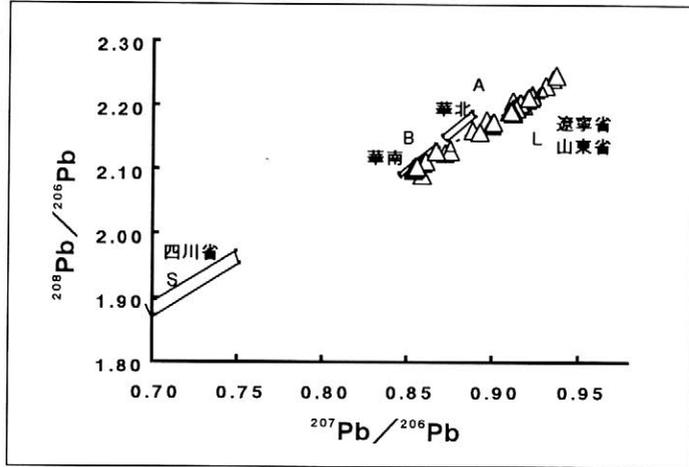


図2 殷墟出土青銅器の鉛同位体比

測定値はA B L領域付近から、S領域までほぼ均一に広がった。

この分布から四川省産材料が殷墟で利用されていると推測される。

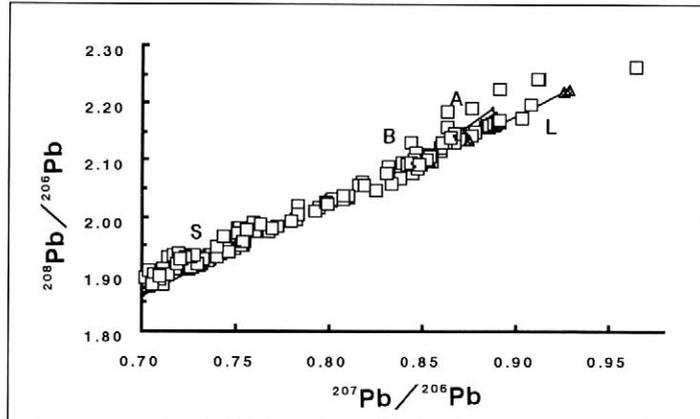
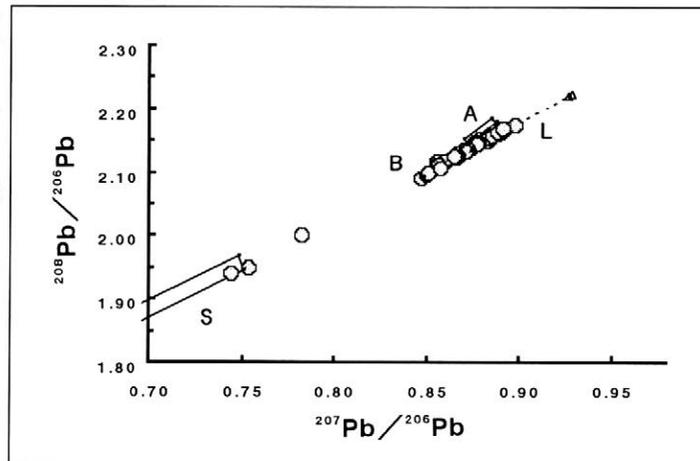


図3 西周墓出土青銅器の鉛同位体比

測定値はB領域下辺からL領域に集中した。

幾つかの資料がS領域方向に広がっているが、材料の再利用の可能性が高い。四川省産鉛は利用されていない可能性が高い。



カマン・カレホユック出土印影の蛍光X線分析による特性化

○真田貴志・中井 泉（東理大理）

1. はじめに

現在アナトリア考古学の問題点として、これまでの文化編年の構築の矛盾が掲げられている。カマン・カレホユックでは、この問題に対してアナトリア考古学における文化編年の再構築を目的に発掘調査が行われている。1986年以來、カマン・カレホユックで行われている発掘調査において、色々な層位から多数の印章、印影が出土している。印影（図1）は、通称ブツラと呼ばれており、商取引を行う際に、袋の口を結わえた紐の封印として使用されていたと解釈されている良質な粘土片である。また、表面には所有者を示す押印が施され、アッシリア植民地時代からヒッタイト帝国時代に及ぶカマン・カレホユックの第Ⅲ層から出土する。

これら印影は、紀元前 2000 年紀におけるカマン・カレホユックと他の都市との貿易関係を示す重要な遺物である。出土する印章及び印影は、それぞれの時代の代表的な形式を持ち、建築遺構、土器その他の遺物と共に、カマン・カレホユックの編年を構築する上で大きく貢献する遺物であるとされている。しかし、印章のような小遺物は、使用されていた時代の層から発見されず、しばしば攪乱されていることも多い。また印章というものの性格上、再使用されることも多く、層序決定の指標として用いるとき、年代決定を困難にすることがある。これに対し、印影は、性格上再使用されることは考えにくく、明確にその時代を反映するものと考えられる。

印影は、これまで考古学において印面のみ注目され、物質科学的研究はほとんどなされていない。本研究では化学組成及び印面の形式に対する考古学的知見により、層序・交易を解明することを目的として考察を進めた。



図1 カマン・カレホユック出土印影

2. 実験

分析試料は本遺跡より出土した印影で、押印が施されており、測定における形状誤差を小さくするために比較的平坦部を有する試料計 461 点（印面の様式及び形態による考古学的選別により、アッシリア植民地時代、ヒッタイト古王国時代の印影各々約 25 点、円形遺構 I より出土約 300 点）である。また、アッシリア植民地時代の印影と比較するため、キュルテペより出土した粘土板も数点同様に分析を行った。測定にはセイコーインスツルメンツ社製のエネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA2010 を用いた。試料は未焼成かつ貴重であるため、前処理としてはブラッシングのみのクリーニングで、現地のアナトリア考古学研究所において完全非破壊分析を行った。得られた蛍光X線スペクトルからピーク強度比を用いて、統計解析ソフトの StatPartner 及び KypPlot により統計解析を行った。

3. 結果と考察

分析した全試料中約 300 点が、本遺跡の古ヒッタイト帝国期に属する円形遺構 I より出土したものである。これらの中には、同一印面を持つ印影が複数出土している。分析結果より同一印面が施された印影には、基本的に同一の粘土が用いられていることが明らかとなった。更に顕微鏡による形態観察では非常に粒子が細かく、現代まで克明に印面が残っていることから印影は、ある特定の地域より

採取された良質な粘土を使用していたことが推定できる。

円形遺構 I 出土の同一印面を持つ印影 (Seal 1, 2, 3, 9, 19, 20, 34 : 印面の種類において番号を付与した) についてもそれぞれ同様に同一の粘土が用いられていることがわかった (図 2)。これらの印影は、印面の形態よりヒッタイト帝国期初頭にあたる紀元前 15 世紀末から紀元前 14 世紀初頭のものである。カマン・カレホユック出土印影の大半は、この時代に年代付けされていることから、当時同一地方との交易が活発であったことが一つの見解として挙げられる。

一方、印面の形態よりアッシリア植民地時代に年代付けされている印影は、円形遺構 I より出土する印影とは異なる組成であった (図 3, 4)。この結果は、アッシリア植民地時代は、アナトリアとメソポタミア間での交易が盛んであったが、帝国期に移るにつれて、ヒッタイトの勢力拡大に加えてアッシリア商人の衰退により、アナトリア及びシリア等の周辺地域にとの商取引が中心になっていくという歴史的背景と対応していると考えられる。

また、アッシリア植民地時代に年代付けされているキュルテペより出土した粘土板を同様にアッシリア植民地時代の印影と搬入先の比較検討するために分析を行ったが、図 4, 5 に示すように印影と異なる組成であった。この結果は、用途の違いによる原料の違いか、製造地の違いを反映するものと考えられる。

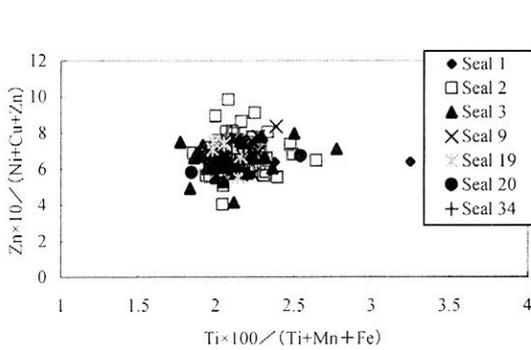


図 2 円形遺構出土印影の組成比プロット

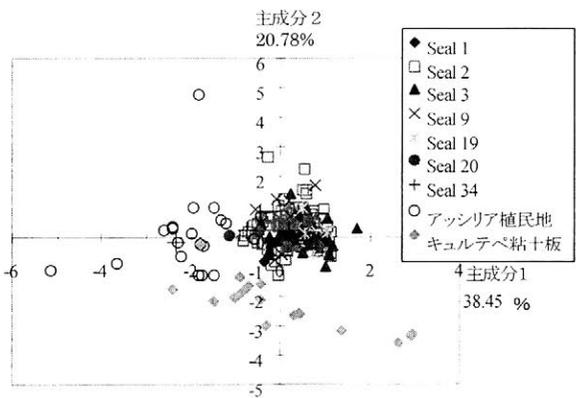


図 4 アッシリア植民地時代、ヒッタイト帝国期初期印影及びキュルテペ粘土板の主成分分析結果

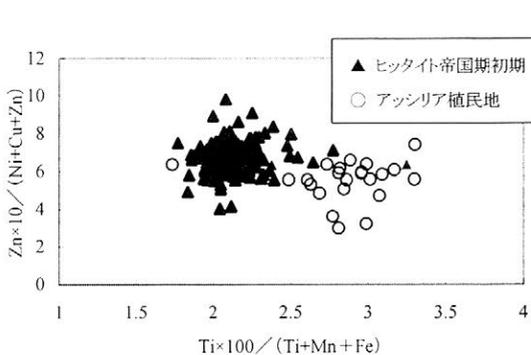


図 3 アッシリア植民地時代、ヒッタイト帝国期初期印影の組成比プロット

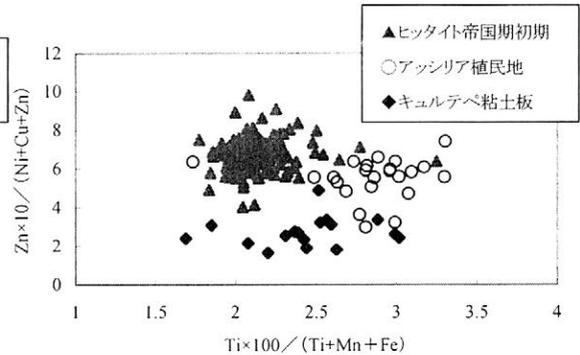


図 5 アッシリア植民地時代、ヒッタイト帝国期初期印影及びキュルテペ粘土板の組成比プロット

ベリリウム同位体と鉱物組成による 長野県川原田遺跡出土縄文土器のグルーピング

○坂本 稔（国立歴史民俗博物館）、水沢教子（長野県立歴史館）
今村峯雄（国立歴史民俗博物館）

1. 緒言

長野県御代田町川原田遺跡の縄文中期中葉集落から出土した縄文土器について、胎土中の粘土を性格づけるベリリウム同位体と、混和材などの情報を導く岩石、鉱物組成の分析を行い、土器組成とあわせグルーピングの可能性を探った。

天然に存在するベリリウムの同位体には、始源的な ^9Be と、上層大気において宇宙線により生成する放射性核種 ^{10}Be が存在する。両者の挙動は化学的に同じであるが、 ^{10}Be 濃度は粘土層の堆積過程を反映することが知られ、また古い堆積層や岩石、鉱物片にはほとんど存在しない。一方、胎土中の岩石、鉱物組成の分析は混和材を特徴づけ、在地の地質と比較することでその採取地を推定しうるものと考えられる。

川原田遺跡からは焼町類型の土器が多く出土し、勝坂式や阿玉台式、その他在地系土器が相伴している。加えて外来系と見なされる土器も出土しており、それらの産地および流通過程が注目される。

2. 結果と考察

縄文土器43点について、ベリリウム濃度（ ^9Be ）測定を(株)日鐵テクノリサーチに依頼し、 ^{10}Be 測定を東京大学原子力研究総合センターのタンデム加速器施設で行った。ベリリウム濃度はほぼ1~3ppm、 ^{10}Be 濃度は $0.7 \times 10^6 \text{atmos/mg}$ を上限とし、典型的な内陸性起源の粘土が用いられていることが分かる。

ベリリウム同位体を、土器形式および岩石、鉱物組成の分析結果とともに図1に示す。遺跡を特徴づける焼町類型、および勝坂式はほとんどが中央に分布するが、1点だけ ^{10}Be 濃度の高い勝坂式土器が見られる。在地系の土器も、特殊な形状のものも含めほぼ中央に分布する。対照的に、外来系の土器は多くが中央のグループから外れて分布している。

岩石、鉱物組成は偏光顕微鏡による観察を行った。火山岩が多く含まれるグループ、火山岩の少ないグループ、その他のグループに大別し、それぞれを特徴的な組成に基づいて細分した。該当する試料数の多いグループは中央に分布する傾向を見せている。一方該当数の少ない例外的な岩石、鉱物組成を持つ試料は、やはり特徴的なベリリウム同位体を示している例が多い。特徴的なベリリウム同位体を示した勝坂式土器は、岩石、鉱物組成からも安山岩、玄武岩質安山岩スコリアなどの風化堆積物を混和材としていることが推測された。

ベリリウム同位体が粘土の起源と結び付けられるのに対し、岩石、鉱物組成は混和材の情報を包括している。本研究で異なる方法によるグルーピングが類似した傾向を示したことは、土器の胎土および混和材の起源について有意な束縛条件を与えるものであり、土器の産地や流通過程の解明に役立つものと考えられる。

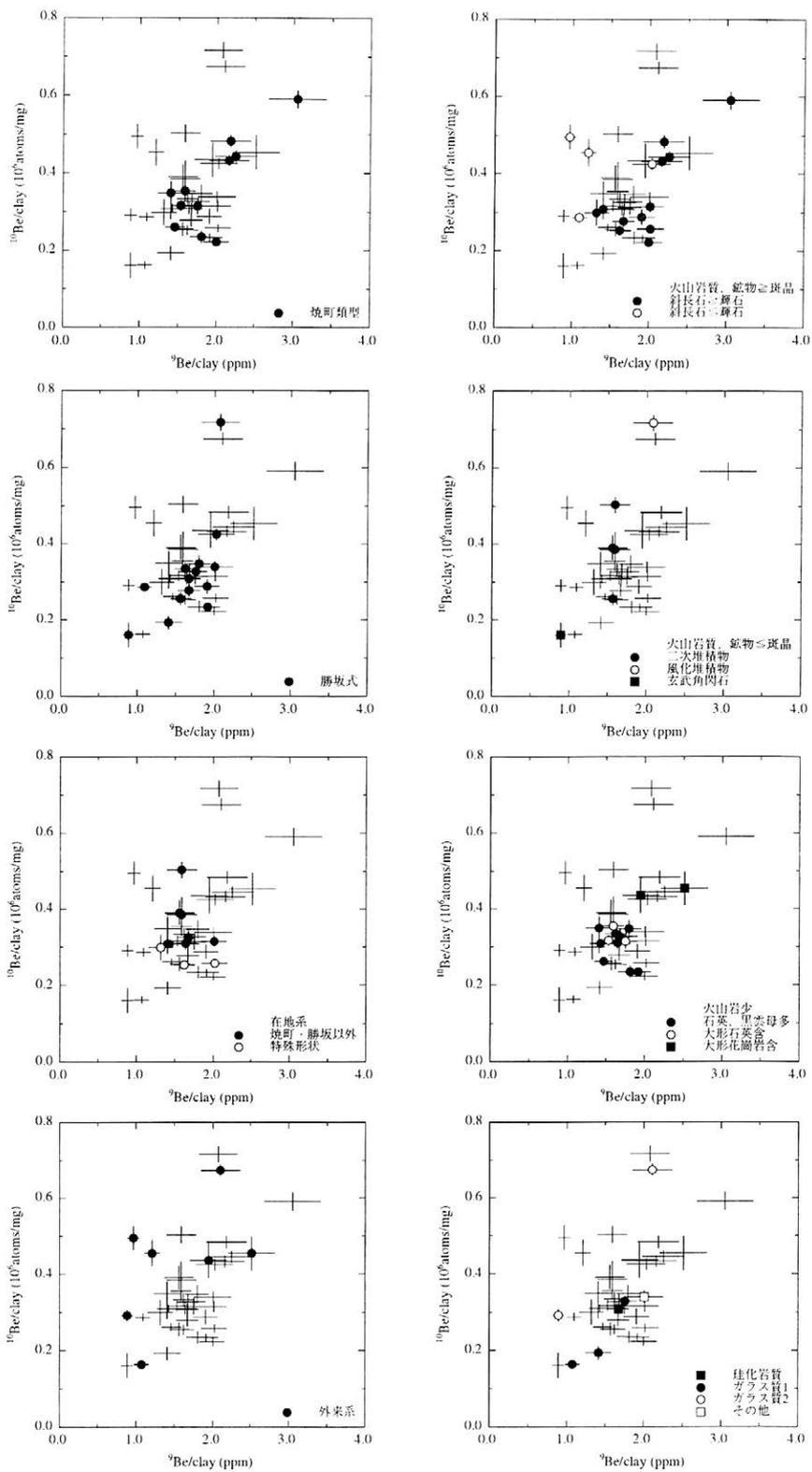


図1：川原田遺跡出土縄文土器胎土のベリリウム同位体と、土器形式、岩石、鉍物組成との関係

9～10 世紀の北海道央部出土ロクロ土師器の産地推定

—産地推定に有効な新しい3つの指標—

松本建速（筑波大学大学院歴史・人類学研究科）

1. 研究の背景と目的

8世紀代の北海道央部と東北北部ではそれぞれの地で土師器が作られた。9世紀に入ると東北北部ではロクロ土師器の生産も開始された。一方、北海道にはロクロ土師器の生産を示す遺構がなく、ロクロ土師器の出土量も少ないことから、本州の製品が北海道に搬入されたと推測されている（山本 1997）。また、三辻利一（1993）は札幌市 K435 遺跡出土土師器の胎土分析を実施し、ロクロ土師器は K・Rb が高いことから本州日本海沿岸産であると示した。

ただし、札幌市サクシュコトニ川遺跡出土の坏には擦文土器よりロクロ土師器が多く、遺跡周辺でロクロ土師器が作られたと考えられたことがある（吉崎 1984）。そこで、本研究ではサクシュコトニ川遺跡を含む北海道央部と東北北部地方のロクロ土師器等の各種土器・遺跡周辺粘土の成分分析を実施し、北海道央部出土のロクロ土師器の産地を考えることを目的とした。

2. 試料と分析方法

(1) 試料

表 1 試料の産地と諸属性

地域	出土遺跡・採取地点所在地	試料の種類	時期・地層
北海道央部	札幌市・余市町	ロクロ土師器・土師器・擦文土器	8～10世紀
渡島半島西部	奥尻町・上ノ国町・松前町	ロクロ土師器・擦文土器	9～12世紀
青森県東部	下田町・八戸市	ロクロ土師器・土師器	8～10世紀
青森県中部	浪岡町	ロクロ土師器・土師器	9～11世紀
青森県西部	中里町・五所川原市・弘前市・鯉ヶ沢町	ロクロ土師器・土師器・擦文土器	9～11世紀
秋田県北西部	八竜町	ロクロ土師器・土師器	9～10世紀
秋田県中西部	秋田市	ロクロ土師器	9～10世紀
岩手県北東部	久慈市	ロクロ土師器・土師器	8～11世紀
北海道央部	札幌市・千歳市	粘土	第四紀層
青森県東部	八戸市	粘土	10～1万年前
青森県西部	五所川原市	粘土	第四紀低位段丘

(2) 試料作成

土器破片を採取 ⇒ 表面の付着物を除去 ⇒ マルメ乳鉢で粉碎・搗潰す ⇒ 炭素を除去（マッフル炉で焼成：500℃で2時間）⇒ 0.05 g 秤量 ⇒ 硝酸+過塩素酸+フッ化水素酸で溶解し蒸発乾固 ⇒ 塩酸を加え蒸発乾固 ⇒ 1 規定硝酸を加え溶液試料 50 g を得る。

(3) 分析

できるだけ土器の破壊量を少なくするために、分析には ICP-AES を用いた。詳細な考古学的観察に基づく土器の移動の考察も可能なように、ほぼ完形品を試料としたからである。Ti・Al・Fe・Mn・Mg・Ca・Na・K・P・Ba・Cr・Cu・La・Li・Sc・Sr・V・Y・Zn・Zr の 20 元素を定量分析した。標準試料は地質調査所発行の JA1・JB1・JG1a・JG1b・JR1・JSd1 である。

3. 結果と考察

(1) 地球化学的背景を反映しやすい元素と指標

地殻の 99% 以上は主要元素で構成される。土器胎土は地球の土なので成分の傾向は同じである。そこで、まず主要元素だけで各地の土器胎土・地質を把握し、そして、それでも差を見いだせない場合に、微量元素で差異を見た。

本研究の対象地域で地域差を示す元素は、Ti・Ca・Na・K・Sr であった。他の元素は個体差を示しはするが、確実に地域差を示すものはない。だが、例えば Ti は普通、Fe・Mg とともに存在するので、Ti が地域差を示す以上、それらの元素の組み合わせは地域差を示すことになる。

そこで、主要な鉱物を構成する元素をもとにして、次のような3つの指標を作った。

$K/Na+Ca$, $Ca/Na+K$ ・・・地殻の60%を占める長石を構成する主要な元素の比率 【指標①】

$Ti/Al+Fe+Mg$ ・・・マフィック鉱物を構成する主要な元素およびAlの比率 【指標②】

これらは東北北部第四紀火山噴出物の成分を火山列ごとに大まかに区別できる。第四紀火山噴出物起源の風化粘土が胎土に利用された場合、これらの指標は地域差を示すのに有効である。

(2) 北海道中部のロクロ土師器の産地推定

①渡島半島西南部と青森県西部の元素組成はよく似ており、簡単には区別ができない。が、今回の試料では両地域のCrとVの濃度に多少の違いがあった。②東北北部は、 $K/Na+Ca$ 、 $Ca/Na+K$ の指標で秋田市、秋田県北西部、青森県西部、青森県中部、青森県東部を別けられる。③北海道中部の土は、 $Ti/Al+Fe+Mg$ 、 $K/Na+Ca$ で渡島半島以南の地域と別けられる。

3つの指標によると、北海道中部のロクロ土師器の多くは津軽地方あるいは米代川下流域あたりの製品である可能性が高い。ただし、擦文土器の値に近いロクロ土師器が少量ある。これらは微量元素の値も似ている。擦文土器は本州側ではまだ1点も出土していない。今後、北海道にロクロ土師器の生産地がないか否か、注意して分析を続ける必要がある。

4. まとめ

① $K/Na+Ca$ 、 $Ca/Na+K$ 、 $Ti/Al+Fe+Mg$ の3つの指標は、北海道中部と東北北部地域の地質の地域差を示すのに有効である。

② サクシュコトニ川遺跡出土のものも含め、北海道中部のロクロ土師器のほとんどは青森県西部津軽地方あるいは秋田県北西部の米代川下流域あたりの製品である可能性が高い。

③ 北海道内にもロクロ土師器の産地がある可能性はまだ完全には否定できない。

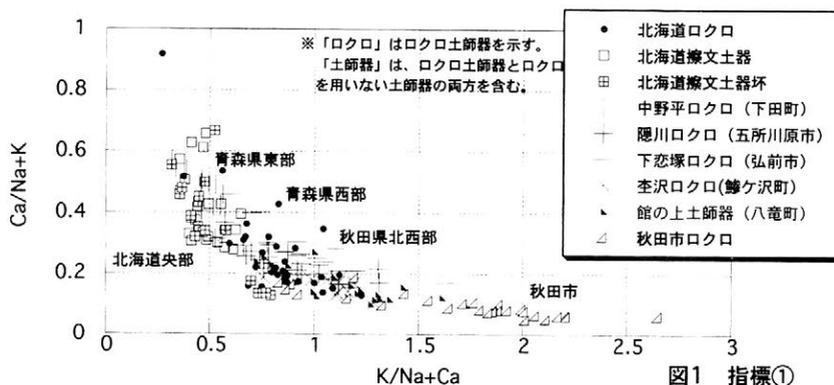


図1 指標①

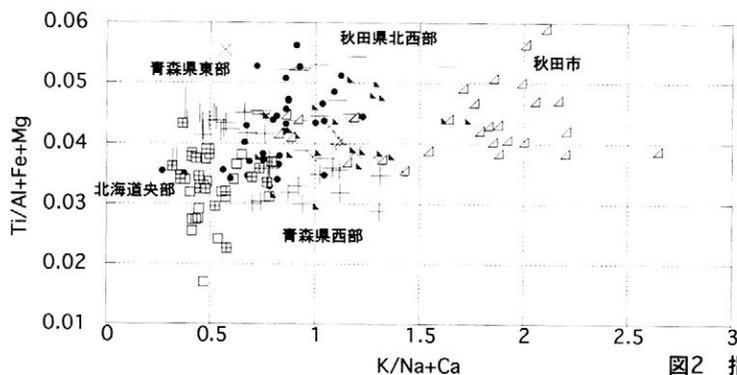


図2 指標②

さつもん ほにおい
 北海道の擦文時代後期の穂香堅穴群から出土したガラス製管玉
 の非破壊分析と産地分析

○加藤晃一（北海道大学大学院工学研究科）

千谷洋平（北海道大学工学部）

小笠原正明（北海道大学高等教育機能開発総合センター）

1. はじめに

北海道最東端である根室半島の擦文時代後期（10世紀）の遺跡から、ガラス製管玉が数珠様状態で発掘された。10世紀頃はオホーツク文化が盛行しており、サハリン、千島列島および北海道のオホーツク海沿岸域は、互いの交流圏内であったことから、ガラスは日本本土、オホーツク文化圏、さらには大陸とも関連づけられる。我々は、非破壊分析によるガラス分類と、ガラス破片を用いた破壊的分析による産地推定を行った。非破壊分析では、統計解析によって腐食ガラスでも分類が可能であることを見出した。

2. 分析試料と実験方法

ガラス製管玉47点は外径が約1cm程度の楕円体で、いずれも腐食して表層部分は黒色、中層部分は白色に変化している。腐食部分が部分的に剥落して腐食のない青色の深層部分が露出している試料が多く、これらは各層について分析できるので好都合である。ただし、剥落した腐食部分だけの試料もある。これらの試料に対して、非破壊的に合計70カ所の蛍光X線定量測定を行い、各測定個所の化学組成を決定した。次に、化学成分の含有率を解析変数として表層部分、中層部分、深層部分ごとにクラスター分析をし、デンドログラムを生成した。また、廃棄予定の細片試料8点に対して、破壊的にICP-MSにより鉛同位体定量測定を行い、鉛同位体組成を得た。

3. 結果と考察

- i). 各試料のどの部分も鉛含有率が最も大きく、その含有率は黒色の表層部分が平均約70wt%、白色の中層部分が平均約50wt%、腐食のない青色の深層部分が平均約40wt%であり、鉛は表層部分に偏在する（図1）。また、剥離がなく形状がよく保たれている試料は、黒色の表層部分に多数の微薄な空隙が観察され、かつ、どの試料も鉛含有率が銅、

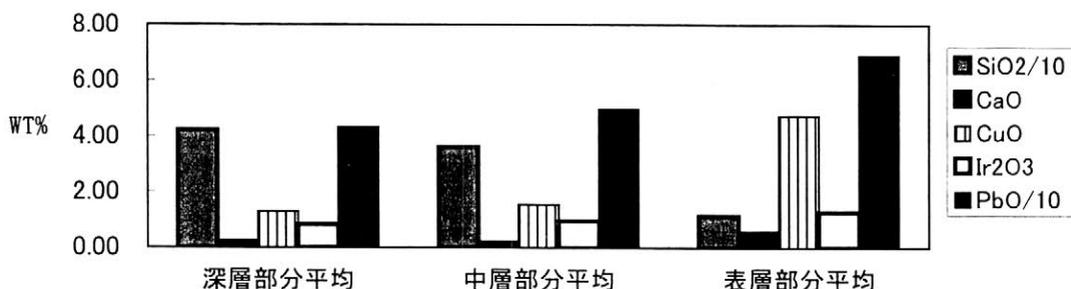


図1 各層部分の化学組成

イリジウム各含有率と正の強い相関があることから、ガラスの腐食過程で鉛、銅、イリジウムの各成分がガラス内部から表層に向けて移動したものと考えることができる。

- ii). 表層部分、中層部分、深層部分ごとにクラスター分析することによって得られた3つのデンドログラムは、それぞれ大多数が所属するグループと少数が所属するグループとに分類することができる。多数派グループ同士と少数派グループ同士は、1点を除き、試料番号が符合する。どの層部分についてもグループの境界は、成分比の値 $\text{Ir}_2\text{O}_3 / \text{PbO} \times 100$ が2となっている(図2)。すなわち、クラスター分析の結果が適正であることが成分比の値で検証されたことになる。このことは、組成成分間に正の強い相関がある場合には、その成分比が腐食のある部分、ない部分によらないことを意味し、この成分比を指標として、破片を含めた多数のガラス試料のグループ化が可能であることも示唆している。
- iii). 試料の鉛同位体比 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の値は、日本の古代ガラスの値と符合しないが、中国、朝鮮半島のデータが少ないため大陸、朝鮮半島方面の起源と断定することはできない(図3)。

4. 結論

- i). 試料47点は、ガラス分類上、鉛-シリカ系ガラスである。
- ii). クラスター分析による腐食ガラス試料の分類は、解析変数を適正に選択することによって可能である。試料47点は44点が属すグループと3点が属すグループとに分類でき、両グループの差違は石灰成分含有率の少差だけである。
- iii). 鉛、銅、イリジウムの各成分はガラスの腐食過程でガラス内部から表層に向け膨張移動し、 $\text{Ir}_2\text{O}_3 / \text{PbO}$ の値は各試料について、腐食、非腐食各部分によらず、おおむね一定となる。
- iv). 試料に使用された鉛鉱石は、日本産ではない。

少数派グループ (多石灰成分)			多数派グループ (少石灰成分)		
$\text{Ir}_2\text{O}_3/\text{PbO} \times 100 > 2$			$\text{Ir}_2\text{O}_3/\text{PbO} \times 100 < 2$		
深層	中層	表層	深層	中層	表層
	5			1	1
			2	2	
61		56	3	3	3
					4
					6
				7	7
				8	8
				9	9
				10	10
				11	
					13
			14	14	14
			15	15	15
				16	
				18	18
					19
					20
				21	
				22	22
				23	23
				24	24
					26
				27	
				28	28
				29	
				30	
				31	
			32	32	
				33	
				34	
				35	35
					37
				39	39
			40	40	
			41	41	
			42		
				44	
					47
			49		
			53	52	
				55	55
				56	
			58		
				62	62

図2 クラスター分析による出土ガラス管玉の各層部分のグループ化

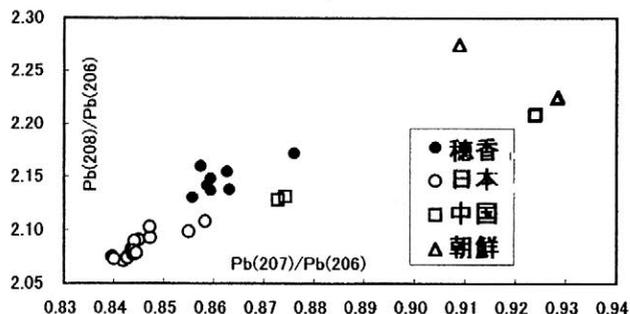


図3 出土ガラス管玉の鉛同位体比

阿蘇地域遺跡の黒耀石石器はどこからきたのか？

— 化学組成による検討 —

○福岡孝昭（立正大学地球環境科学部） 中井弥生（立正大学地球環境科学部）
渡辺一徳（熊本大学教育学部） 小畑弘己（熊本大学文学部）

1. はじめに

阿蘇地域の後期旧石器時代から縄文時代早期にかけての遺跡から黒耀石石器が出土している。これらは「阿蘇系黒耀石」と呼ばれてきたガラス岩で作られている。渡辺他（2001）は、薄片の顕微鏡による岩石の組織構造の観察から、「阿蘇系黒耀石」の原石が阿蘇-2 熔結凝灰岩の強熔結部のものであると結論した。

本研究では、阿蘇地域に分布する遺跡の「阿蘇系黒耀石」石器の原石推定を化学組成から考察した。分析には数 mg の試料でも分析可能な機器中性子放射化分析法 (INAA) を用いた。

2. 試料と分析法

分析した黒耀石石器 7 試料と、原石候補 4 試料の試料名と遺跡所在地と採取ちを表 1 に示した。

試料を粉砕し、粒径を 86~214 μm に揃え、水洗・乾燥後に電磁分離器で火山ガラスを 95% 以上に純化した。純化した試料を粉末化し、高純度石英管に封入した。日本原子力研究所東海研究所の JRR-4 炉で中性子照射後、青山学院大学理工学部で γ 線測定を 3 回繰り返して行い、25 元素以上を分析した。

3. 結果と考察

主成分化学組成 (FeO, Na₂O, K₂O) の分析結果を同時に照射した 2 種の岩石標準試料の分析結果と共に表 1 に示した。微量元素組成の分析結果を C1 コンドライト隕石の値で規格化し、阿蘇-2 熔結凝灰岩について図 1 に、石器試料について図 2 に示した。3 種の阿蘇-2 熔結凝灰岩ガラスの分析結果はきわめてよい一致を示し、識別不可能である (表 1、図 1)。黒耀石石器試料 7 試料の分析結果も良い一致を示し、識別不可能である (表 1、図 2)。さらに阿蘇-2 の結果 (表 1、図 1) と石器試料の結果 (表 1、図 2) も、きわめて良い一致を示す。すなわち化学組成からは石器と阿蘇-2 を区別することができない。

渡辺他 (2001) は原石候補として、阿蘇-2 の他に阿蘇-3 熔結凝灰岩等 4 種の原石候補について薄片の顕微鏡による岩石の組織構造の観察を行い、阿蘇-2 以外は原石となり得ないことを示した。すなわち、彼等は「阿蘇系黒耀石」の原石は阿蘇-2 熔結凝灰岩の強熔結部であると結論し、その産地は熊本県一ノ宮町象ヶ鼻地区であるとした。化学組成から検討した本研究結果は上記渡辺他 (2001) の結論を指示する。

なお、阿蘇地域に広く分布する阿蘇-4 火砕流の熔結部には強熔結して黒耀石化したものは存在しない。渡辺他 (2001) では検討されていないが、石器材料として、きわめて良質と考えられる「研究所溶岩」の化学組成のほとんどは阿蘇-2 と類似しているが、FeO 含有量 (表 1) 等に明らかな違いが認められ、識別可能である。「研究所溶岩」は黒耀石溶岩であるため、岩石組織構造も阿蘇-2 熔結凝灰岩の強熔結部あるいは石器とは明確に異なる筈である。

引用文献

渡辺一徳・田口清行・小畑弘己・岡本真也・古森政次 (2001) 阿蘇「象ヶ鼻 D 遺跡」出土の黒耀石とその原石の検討 (速報). 熊本地学会誌, No. 127, 2~9.

表1 試料と主成分化学組成

試料	遺跡名	所在地および採取地	重量 (mg)	FeO* (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
石器						
No.36	象ヶ鼻(表採品)	熊本県一の宮町	10.4	4.26	4.74	5.03
No.37	象ヶ鼻(表採品)	熊本県一の宮町	13.7	4.06	4.39	4.69
20	耳切	熊本県小国町	10.4	3.67	4.11	4.33
S-21	下城	熊本県小国町	13.4	3.66	4.25	4.45
S-23	曲野	熊本県松橋町	9.0	3.93	4.08	4.34
S-28	杉園	大分県天瀬町	8.5	3.83	4.21	4.51
S-29	下横田(表採品)	熊本県甲佐町	9.2	4.24	4.68	4.84
原石						
阿蘇-2						
TW-1	(象ヶ鼻東露頭)	熊本県一の宮町	9.8	3.75	4.17	4.57
TW-2	(象ヶ鼻西露頭)	熊本県一の宮町	10.1	3.85	4.19	4.60
TW-3	(象ヶ鼻西転石)	熊本県一の宮町	9.1	3.72	4.01	4.56
研究所熔岩			9.4	1.79	4.83	4.87
岩石標準試料						
JB-1			10.2	=8.11	=2.79	1.36
JR-2			9.6	0.69	4.13	=4.48
誤差** (%)				0.5-1	0.3	3-5

* Feの含有量は全てFeOとして計算.

** 誤差は計数誤差によるもののみを表記.

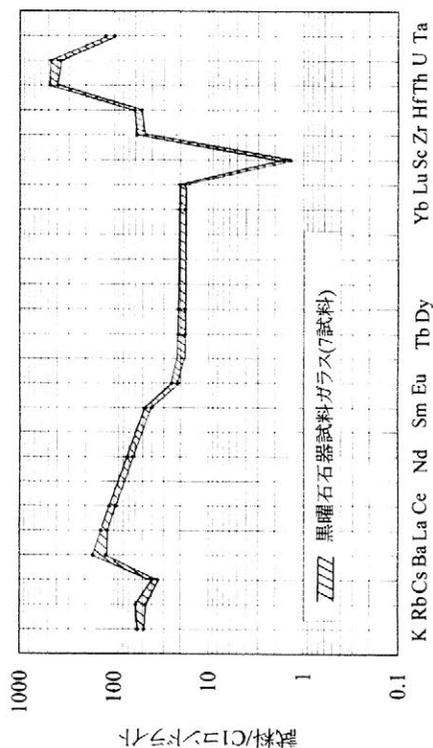


図2. 阿蘇地域遺跡の黒曜石器試料中ガラスの微量元素パターン

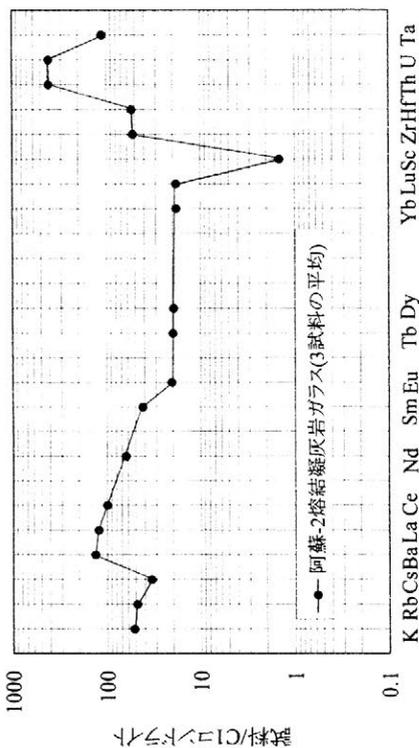


図1. 阿蘇-2熔結凝灰岩中ガラスの微量元素パターン

東北地方の黒曜石の蛍光X線分析と岩石学的分類

○井上巖 ((株) 第四紀 地質研究所)

はじめに

黒曜石はガラス質火山岩である。火山岩の主要元素はSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Pなどであり、地質学分野では分析値は酸化物濃度で表示する。

黒曜石を主要元素の酸化物濃度と微量元素の積分強度による岩石分類で産地同定を試みた。(地質学分野では、SiO₂の含有量が52~66%は中性岩；安山岩、SiO₂の含有量が66%以上は酸性岩；流紋岩と規定している。)この方法によると、試料の黒曜石のSiO₂量が66%以上の流紋岩質マグマに由来するのか、SiO₂量が52~66%の安山岩質マグマに由来するものかの検討が可能になり、岩石学的な前提にたつての分類が成立する。

酸化物濃度による岩石学的分類で、原産地黒曜石は産地ごとに化学組成が異なり、産地ごとの分類が出来ることが判明した。

1 分析法

分析は日本電子製エネルギー分散型蛍光X線分析装置J SX-3200で行なった。

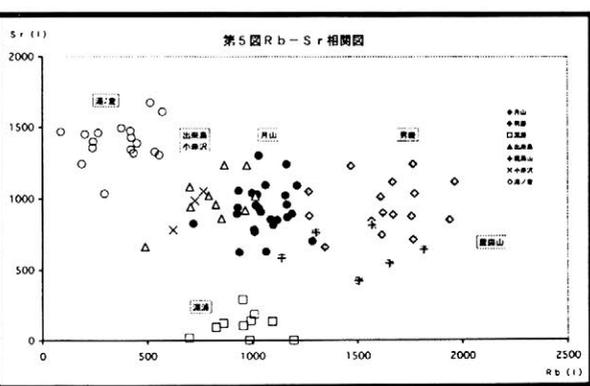
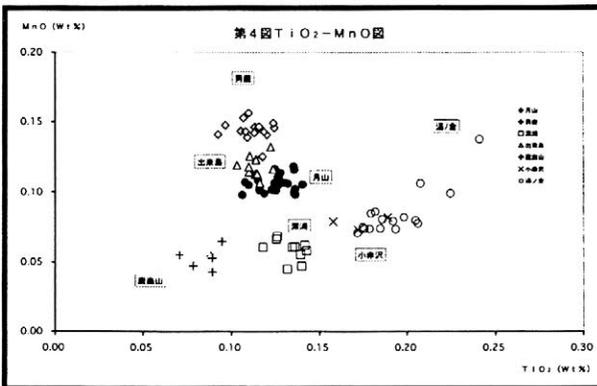
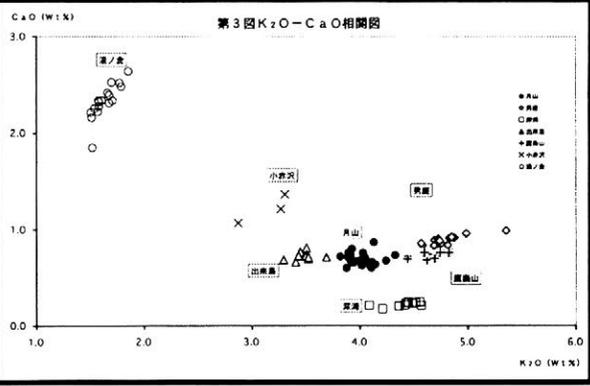
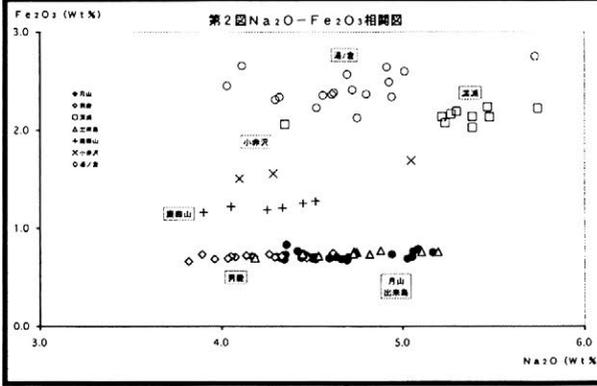
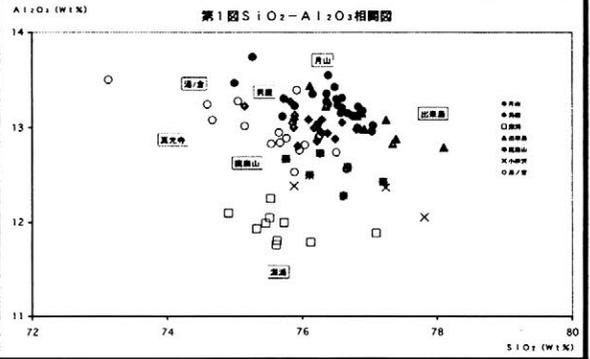
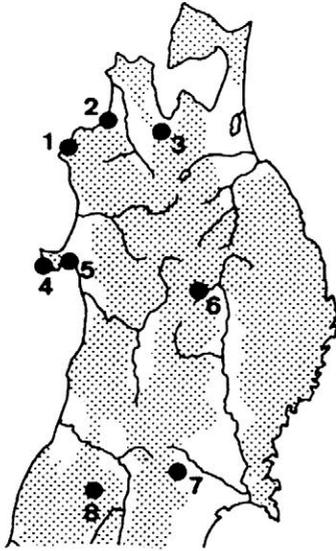
実験条件はバルクFP法(スタンダードレス方式)、分析雰囲気=真空、X線管ターゲット素材=Rh、加速電圧=30kV、管電流=自動制御、分析時間=200秒(有効分析時間)である。

分析対象元素はSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Rb, P, Sr, Y, Zrの14元素、分析値はガラス質火山岩の含水量=0と仮定し、100%にノーマライズされた形式での酸化物の重量%で表示した。Rb, Sr, Y, Zrについてはさらに積分強度も表示した。(Rb-Sr, Zr-Yなどは積分強度での分類であり、分析試料の大きさによる影響を受ける。)分析値は地質学分野では小数点以下2桁までの重量%での表示であるが小数点以下2桁では微量元素であるRb, Sr, Y, Zrの4元素は0%となり、分類に支障がでる。そのためここでは小数点以下4桁までの分析値として表示した。(Feに関してはソフトの計算上Fe₂O₃として計算したものである。)

主要元素の酸化物濃度(重量%)で、SiO₂-Al₂O₃, Na₂O-Fe₂O₃, K₂O-CaO, TiO₂-MnOの4組の組み合わせで図を作成した。微量元素のRb-Sr, Zr-Y図は積分強度で作成した。

関東・中部・東海地方の原産地黒曜石の分類では化学組成によって原産地が分類できることは報告した。ここでは同じ方法で東北地方の黒曜石も分類できることを報告する。

- 1 深 浦
- 2 出来島
- 3 鷹森山
- 4 男鹿(金ヶ崎)
- 5 男鹿(脇本)
- 6 小赤沢
- 7 湯ノ倉
- 8 月 山



石器・玉類の原材産地分析（18）

○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

はじめに 『遺物原材とある産地の原石が一致し、必要条件を満たしても、他の産地の原石には一致しないと言う十分条件を満たしていないことから、他の産地に一致する可能性が残っている。従って、一致した産地のものと言い切れない。しかし、一致しなかった場合その産地のものでないと言い切れ、一致しなかった産地との交流がなかったと言い切れる。』の大原則に従い、十分条件と必要条件を明確にして産地同定を行っている。現在までに日本、ロシア、台湾など含めて作った黒曜石の原石・遺物群の合計205群で、*安山岩（サヌカイトなど）では、原石・遺物群は合計109個ある。従って、遺物一個について、黒曜石では205個の産地分析結果がえられている。

石器原材の産地分析

産地分析結果を、遺跡名(所在地 時代)、原石産地名(個数)の順番に以下報告する。北海道：南丘4(北見市)所山(16)、置戸山(3)、ケショマップ(4)、あじさい滝(2)：日の出10(赤井川村)赤井川(27)、所山(1)、焼け?(1)：米原4(鶴川町)赤井川(10)、十勝(4)、赤石山(2)、K19遺物群(1)：キウス4-R(千歳市)あじさい滝(4)、ケショマップ(4)、赤井川(4)、美蔓(2)：K39北18(札幌市)赤井川(21)、十勝(9)、赤石山(1)、K19遺物群(1)：C507(8世紀)赤井川(7)、あじさい滝(5)、十勝(1)、豊泉(1)、近文台(1)、HS1遺物群(2)、K19遺物群(1)、KS3遺物群(1)：山崎4(八雲町)赤井川(24)、豊泉(11)、所山(1)、K19遺物群(1)：青森県：新沢(2)(鯉ヶ沢町)深浦(4)、出来島(1)：二枚橋(2)(大畑町)赤石山(20)、出来島・鶴ヶ坂(9)、赤井川(5)、所山(1)、十勝(1)：畑内(南郷町 縄文中期初)男鹿(4)、出来島・鶴ヶ坂(1)：笹ノ沢(3)(八戸市 縄文時代中期初)月山(1)：岩手県：長谷堂貝塚(大船渡町 縄文時代中期)栗石(19)、男鹿(4)、月山(1)、焼け?(1)：新潟県：アチャ平(朝日村 縄文中期末～後期)板山(9)、月山(1)、深浦(1)、霧ヶ峰(1)、赤石山(1)、AC1遺物群(36)、AC2(1)、AC3(1)：岩野原(長岡市 縄文中期)霧ヶ峰(8)、IN1遺物群(1)、IN2遺物群(1)：小瀬ヶ沢洞窟(川上村 縄文草創期)霧ヶ峰(3)、板山(4)、所山(2)、赤石山(2)：室谷洞窟(川上村 縄文草創期)神津島第1(9)、神津島第2(1)、深浦(4)、霧ヶ峰(3)、高原山(2)、板山(1)：岐阜県：野笹(各務原市 縄文中期末～弥生)霧ヶ峰(54)、*下呂(199)、*二上山(15)、*向出49遺物群(1)、*野笹遺物群(30)：大阪府：粟生間谷(箕面市)*二上山(118)、*向出49遺物群(10)、*金山東(9)、*法印谷(1)、*蓮光寺・国分寺(2)、*和泉(1)、*粟生間谷98遺物群(1)、加茂(1)：招提中町(枚方市 弥生)*二上山(182)、*向出49遺物群(9)、*向出6遺物群(1)、*金山東(2)：八雲(守口市 弥生)*二上山(17)、*金山東(1)：西大井(藤井寺市 弥生)*二上山(91)、*向出49遺物群(9)：鬼虎川(東大阪 弥生)*二上山(27)、*向出6遺物群(1)、*鬼虎川16遺物群(1)、*鬼虎川17遺物群(1)：瓜生堂-46(東大阪 弥生)*二上山(18)：兵庫県：亀田(太子町 弥生～平安)*金山東(97)、*二上山(11)、*岩屋(1)、*向出49遺物群(1)、*松ノ木遺物群(2)：鳥取県：妻木晩田(大山町)久見(29)、加茂(1)、津井(1)、*金山東

(18)、*国分寺(1)：島根県：平田(木次町 縄文晩～弥生前期)*金山東(11)、*松ノ木遺物群(5)、*平田遺物群(2)、久見(4)、加茂(1)：岡山県：恩原 1(上斎原村 旧石器)*白峰(8)、*法印谷(6)、*国分寺(1)、*二上山(1)、久見(1)、加茂(1)：広島県：冠(吉和村 旧石器)*冠高原(77)、*飯山(12)、*冠山東(8)、*不明(4)、久見(3)：鴻の巣(東広島市 旧石器)松岳(1)、古里・松浦(1)：山口県：雨乞台(日置町 旧石器)腰岳(10)、古里・松浦(1)、松岳(1)：南方(宇部市 旧石器)腰岳(25)、古里・松浦(12)、姫島(2)、久見(1)、MK-1 遺物群(1)、MK-2 遺物群(1)、YM 遺物群(1)：藤尾(山口市 旧石器)腰岳(13)、久見(8)、姫島(2)、古里・松浦(2)、松岳(1)、YM 遺物群(2)：幸崎(山口市 旧石器)腰岳(1)、大崎(1)：香川県：中間西井坪(高松市)*白峰(199)、*国分寺(53)、*蓮光寺(5)、*法印谷(18)、*金山東(5)、*城山(1)、*二上山(2)、*飯山(1)、*五色台(9)：徳島県：日吉谷(徳島県 旧石器)*白峰(1)、*国分寺(1)：柿谷(徳島県 旧石器)*二上山(1)：高知県：奥谷南(南国市)*金山東(34)、*白峰(7)、*城山・金山西(5)、国分寺(2)、*二上山(2)：宮崎県：高野原(高岡町)桑ノ木津留(8)、日東・五女木(3)、白浜(1)、腰岳(1)、UT1 遺物群(1)：鹿児島県：桐木(末吉町)桑ノ木津留第 2(52)、桑ノ木津留(2)、竜ヶ水(23)、中町(6)、淀姫(5)、椎葉川(9)、姫島(3)、大串(2)、古里(1)、日東・五女木(1)、UT1 遺物群(2)、KI1 遺物群(1)、KI2 遺物群(2)：鍋ノ口(人吉市)桑ノ木津留第 1(5)、日東・五女木(2)、白浜(1)、腰岳(2)などの結果を得ている。

玉類の原材産地分析

大畑町二枚橋遺跡出土の小勾玉および、鱈ヶ沢町餅ノ沢遺跡の玉の原材に糸魚川産硬玉が使用されていた。また、八雲町シラリカ 2 遺跡出土したヒスイ製玉にも糸魚川産硬玉が使用され、この硬玉製玉が縄文時代早期～前期のものであれば、非常に古い時期の硬玉製玉の一つとして位置づけることができる。多摩ニュータウン N o. 200 遺跡の弥生時代の緑色凝灰岩製管玉 4 個と碧玉製管玉は、他の遺跡で同質の玉材が使用されている否か判定出来ように遺物群を作った。また、可児市長塚古墳出土の管玉 16 個から遺物群を作り、糸貫町船木山古墳群出土の F151-6101 管玉に同定したところ長塚(1)群に 1.4%の確率で一致した。清洲町朝日遺跡出土の 4 個の勾玉が糸魚川産硬玉と判定され、碧玉製管玉、未成品などに、女代南 B 遺物群に同定されるものが見られ、また、No.24(60551)の蛍光 X 線分析分析結果は未定 C 群への帰属確率は信頼限界ぎりぎりの 0.1%で、ESR 信号は未定 C 群と一致していることから、この管玉片の原材料は未定 C 群原石が使用されていると同定した。招提中町遺跡の弥生時代から出土した肉眼観察で天河石製が推測された玉は、苔瑪瑙製と同定した。また、東大阪市鬼虎川遺跡出土の勾玉 2 個が糸魚川産硬玉と判定され、碧玉製管玉 1 個は女代南 B 遺物群に同定された。兵庫県太子町亀田遺跡の弥生時代～中世時代の古墳形管玉は花仙山産地と同定され、また、弥生形管玉は女代南(B)遺物群に同定された。大仙町妻木晩田遺跡出土の玉類にも花仙山産碧玉が使用されている。高岡町丹後堀遺跡の小勾玉には糸魚川産ヒスイの使用が確認された。引田町庵の谷遺跡の弥生時代の管玉を女代南(B)遺物群に特定することができた。

謝辞

これら研究成果は各地の教育委員会、埋文センター、発掘関係者との共同研究によって得られたもので、ここに感謝の意を表すとともに、今後も、原石原産地調査、遺物の情報の提供などより一層の御協力をお願いするしだいです。

愛媛県犬除遺跡から出土した縄文時代石器石材の産地検討

○小林 恵・石沢 一吉・池田 小織 (応用地質株式会社)

1. はじめに

黒曜石やサヌカイトなどのガラス質火成岩からなる石器石材の産地比定は、蛍光X線による非破壊化学分析で多くの成功をおさめてきている。他方、チャート・頁岩・凝灰岩などの堆積岩からなる石器石材では、粒度効果・鉱物効果などの問題と組成の不均質性の問題などがあるため、こうした蛍光X線非破壊化学分析から産地比定を行うことを困難にしている。また黒曜石やサヌカイトなどはその産出地域が限られているが、堆積岩類は日本列島内に広範囲に分布するため、石器石材の産地の特定を難しくしている。

筆者らは愛媛県内の遺跡を対象に、堆積岩からなる石器石材の産地を、岩石に含まれる鉱物や化石の種類によって絞り込めるかどうかの可能性を検討している。本稿では、愛媛県犬除遺跡から出土した堆積岩の石器石材について、含有鉱物から産地を推定した検討例について報告する。

2. 遺跡周辺の地質

犬除遺跡は愛媛県宇和郡津島町に所在する縄文時代早期から後期にかけての遺跡である。遺跡周辺には、中生代下部白亜系四万十層群の砂岩や頁岩が広く分布し、ところどころに少量のチャートや石灰岩を含んでいる。遺跡の北方約10kmに位置する高月山には、黒雲母花崗岩が分布し、周辺の四万十層群に著しい熱変成を与え、花崗岩体近傍の幅数100mの部分はキンセイ石や輝石を含むホルンフェルスとなっている。

3. 検討方法と結果

犬除遺跡から出土した堆積岩製の石器(剥片)6試料について、岩石薄片を作成して偏光顕微鏡による観察と分類を行った。その結果を表-1に示す。

検討した石器サンプルのうち INY99-26426 (写真-1) と INY99-9665 の2試料は、キンセイ石+黒雲母+カリ長石+石英の鉱物組合せを示し、高月山花崗岩体近傍のキンセイ石ホルンフェルスについて寺岡ほか(1987)が報告したものと同一鉱物組合せを示している。このためこれら2試料の石器サンプルが、高月山のホルンフェルスに由来した可能性が考えられた。

遺跡近くを流れる松田川は、集水域に高月山のホルンフェルスが分布しており、河床礫が石器石材として使用された可能性が考えられた。このため、河川敷から泥質ホルンフェルス3試料を採取し、岩石薄片を作成し偏光顕微鏡観察を行った。検討した3試料の河床礫サンプルとも黒雲母+カリ長石+石英の鉱物を含む。このうち MTD-1 (写真-2)、MTD-3 はキンセイ石も含んでいて、石器サンプル INY99-26426 と同一鉱物組合せを示し、両者が同じ熱変成作用を受けた同一産地の岩石であると考えられる。

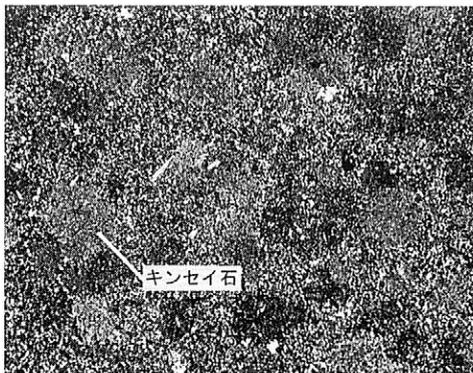
以上のことから、犬除遺跡から出土したホルンフェルス化した石器は、高月山花崗岩近傍もしくは松田川河床礫に由来する可能性が高いと言える。

なお今回の検討では、岩石薄片の切断片を用いて蛍光X線による化学分析も行っている。その結果、遺跡から出土した石器石材は河床礫と似た化学的性質を示していた。

以上のことから、出土した堆積岩石器石材は、遺跡近傍の四万十帯から現地調達されたものである可能性が高いと考える。

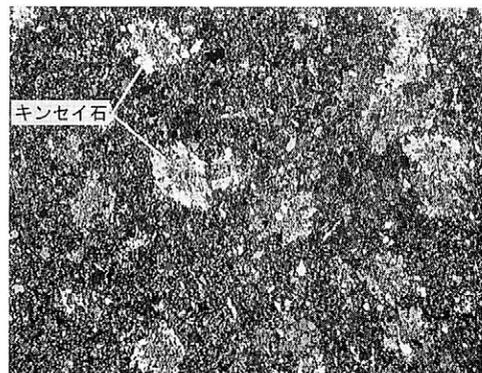
表-1 偏光顕微鏡観察結果

	試料番号	岩石名
石器	INY99-216	極細粒砂岩～泥岩（シルト岩）
	INY99-709	泥岩（粘土岩）
	INY99-406	ガラス質酸性凝灰岩
	INY99-10279	ガラス質酸性凝灰岩
	INY99-26426	ホルンフェルス化した泥岩
	INY99-9665	ホルンフェルス化した泥岩
河床礫	MTD-1	ホルンフェルス化した泥岩
	MTD-2	ホルンフェルス化した泥岩
	MTD-3	ホルンフェルス化した泥岩



石器サンプル
INY99-26426

写真-1 石器サンプルの顕微鏡写真
(クロスニコル)



河床礫サンプル
MTD-1

写真-2 河床礫サンプルの顕微鏡写真
(クロスニコル)

4. まとめ

これまで産地推定が困難と考えられてきた堆積岩でも、変成作用などにより特徴的な鉱物組合せを示す場合や特徴的な化石を含む場合には、産地をある程度絞り込める可能性が示唆された。このような大まかな絞り込みであっても考古学的見地の裏付けとして、石器作成や流通を考える上での重要な手がかりになり得ると考える。

参考文献

- ・ (財)愛媛県埋蔵文化財調査センター「犬除遺跡2次調査 主要地方道宿毛津島線緊急輸送路ネットワーク整備事業に伴う埋蔵文化財調査報告書」2001
- ・ 寺岡易司・池田幸雄・鹿島愛彦「5万分の1地質図幅『宇和島地域の地質』説明書」地質調査所、1987

山口県妙徳寺山古墳の石室に使われた岩石の 産地分析とその考古学的意義

○今岡照喜（山口大学理学部）・中村徹也（山口県埋蔵文化財センター）・松里英男（山陽町教育委員会）・飯泉 滋（島根大学総合理工学部）・板谷徹丸（岡山理科大学）

1. はじめに

自然科学的手法を用いて石材などの考古学試料の原産地を推定する方法は、近年急速に発展・普及してきている（古文化財編集委員会、1980、1984など）。しかし自然科学の手法を単独で活用した研究は多いが、これらをいくつか組み合わせて多様な側面から石材の原産地を推定している例は多くない。また一般に考古学の研究において、古墳に副葬された鏡や刀などの遺物（動産）は良く研究されているが、住居などの遺構に使われた石材（不動産）はあまり研究されていない。例えば、石棺はよく調べられているが、石室はあまり良く調べられていない。

妙徳寺山古墳は、山口県厚狭郡山陽町にあり、5世紀前半に築造された全長30mの前方後円墳である。古墳の被葬者は、副葬品として武器の類をいっさい所有していなくて、装飾用玉類が豊富なことや、人骨の鑑定結果から16-18才の女性と推定された。この古墳は石棺系竪穴式石室を有し、石室を構成する石材には周辺地質から判断して、古墳のまわりに分布する岩石と古墳近傍には分布していない岩石が使用されていることがわかった。そこでこの度は、妙徳寺山古墳築造のために遠くから運搬されてきたと考えられる石材の岩石記載、K-Ar年代、全岩の化学分析、Sr、Nd同位体比および帯磁率の測定結果に基づいて石材の原産地を推定し、古代西日本社会の文化圏・交易圏および政治的勢力分布や被葬者像について考察するための基礎資料を提供したい。

2. 石室に使用された岩石の特徴

妙徳寺山古墳の石室の側壁の石材としては、砂岩の円礫のほかには大小の玄武岩が積み重ねられている。この砂岩は、岩相や周辺地質から判断して古墳の周辺地域に分布するトリアス紀美祢層群のものと考えられる。石室の蓋と小口石および側壁の一部には、玄武岩が使用されている。玄武岩の総重量は0.5トンにもおよぶものと推定される。

石室の蓋の玄武岩は、カンラン石斑晶を有するアルカリ玄武岩である。そのK-Ar年代は $1.17 \pm 0.06 \text{ Ma}$ で第四紀更新世前期、Sr同位体比は 0.70536 ± 0.00001 (2 σ)、Nd同位体比は 0.51265 ± 0.00001 (2 σ)である。帯磁率は $566 \sim 376 \times 10^{-6} \text{ emu/g}$ の値を示す。

3. 石室に使用されたアルカリ玄武岩の原産地推定

前述のようないくつかの制約をもつアルカリ玄武岩の原産地について西日本の中で検討する。新生代のアルカリ玄武岩は、中国地方から九州北部にかけて散在分布している。文献では九州には該当するアルカリ玄武岩は見出されないが、中国地方では山口県下関市貴船で $1.16 \pm 0.05 \text{ Ma}$ 、下関市六連島で $1.18 \pm 0.05 \text{ Ma}$ のK-Ar年代（松本ほか、1992）を示す玄武岩が報告されている。筆者らも貴船のカンラン石玄武岩についてK-Ar年代測定の追試を行い、 $1.16 \pm 0.05 \text{ Ma}$ の値を得た。これらの年代は、石室の玄武岩の年代と誤差範囲内で一致する。そこで、下関地域の玄武岩に限って別の観点からその原産地となった

可能性について総合的に検討する。

下関地域の更新世アルカリ玄武岩は貴船岩体、六連島岩体および片田岩体の3岩体からなる。いずれも溶岩流とスコリア層からなり、溶岩を顕微鏡下で観察すると、蓋石の玄武岩と岩石記載学的性質が酷似した試料がいずれの岩体でも見いだされる。下関市地域のアルカリ玄武岩の化学分析値はともに良く類似している。全て $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ が4.9%以上でアルカリ岩に分類され、プレート内アルカリ玄武岩の性質を示す。しかし詳細に見ると、六連島のアルカリ玄武岩は石室の玄武岩よりもリンに乏しく、Gd~Luなどの重希土類元素に富む。貴船と片田の玄武岩のSr同位体比は0.70514~0.70524±0.00001(2σ)で、石室の蓋石のSr同位体比と比較し、やや低い値を示す。Nd同位体比は片田および貴船の玄武岩がいずれも0.51264±0.00001で、蓋石のそれと誤差範囲で一致している。帯磁率については、片田・貴船・六連島の試料と石室の玄武岩とは類似した値を示す。

以上の比較検討結果から、妙徳寺山古墳の石室に使用された玄武岩は、下関市貴船あるいは片田のいずれかから調達されたものと推定される。筆者らは岩石学的な資料に加え、貴船では明治時代まで玄武岩の採石が大規模に行われ、現在でもその採石跡が残っていることや、片田岩体は極めて小規模で、現在は宅地造成で完全に露頭が消失していることから、貴船が最も石材の原産地としての可能性が高いと推定している。

4. 考古学的意義

石棺の形状や材質は、地域ごとにおける首長層の出自や同族的な結合、政治的結合関係が反映される場合が多々認められる。妙徳寺山古墳の場合、わざわざ直線距離で約23km西方の下関市貴船から0.5トンの石材を運ばせていることは、その被葬者は関門地域、すなわち、長門穴門出身か、長門穴門との血族的あるいは政治的な関係のある人、あるいは下関~厚狭一円を同一支配下に治めた相当大きな勢力の保持者であった可能性がある。石室が長門地域特有のもので、古墳時代の中頃までの西日本、とくに広島以西に特有なものであることも、そのことと矛盾しない。ここで特記すべきは、関門地域には首長勢力の古墳がいくつもあるが、長光寺山古墳や妙徳寺山古墳のように前期古墳が知られていない。一方で、厚狭地域には長光寺山古墳や妙徳寺山古墳に続く首長墓的な古墳が突然姿を消す。そしてそれに代わって関門地域には、5世紀~6世紀代までいくつかの前方後円墳が築造されるようになる。このような古墳の時空的消長関係から考えると、妙徳寺山古墳の被葬者は5世紀前半にすでに下関を抑えていた勢力の持ち主で、朝鮮半島との交通の要衝である関門地域に進出した、とも見ることができるかも知れない。

また、同じ厚狭地域にあり妙徳寺山古墳よりやや古い長光寺山古墳を建造した支配勢力と、この妙徳寺山古墳の支配者との直接の関係は不明である。長光寺山古墳は畿内地域の古墳の構造を意図的に採用した古墳で、妙徳寺山古墳はむしろ九州・関門と密接な関連を有することを考え併せると、近畿と九州の狭間にある厚狭地域における時代的な勢力関係の変遷が伺える。

5. おわりに

考古学者と岩石学者が協力して古墳の主体をなす石棺や石室の岩石が系統的にかつ多面的に検討され、石材の正確な原産地が明らかになれば、当時の文化圏・交易圏および政治的勢力分布、それらの時空変遷がさらに詳細に論じられるであろう。

旧石器遺跡文化層のルミネッセンス（TLおよびOSL）年代測定

長友恒人（奈良教育大）、○下副順直（奈良大大学院）、森丈幸、津川四絵、疋田麻理江（奈良教育大）
佐藤宏之（東京大）、人吉市教育委員会

1. はじめに

宮崎県後牟田遺跡、熊本県大野遺跡群、大分県早水台遺跡、長野県竹佐中原遺跡など、中期旧石器時代にまで遡ると考えられる旧石器遺跡の調査が進められている。これら4遺跡について、我々は地層のルミネッセンス年代測定を行っているが、後牟田遺跡で始良丹沢（AT）火山灰層と、降下年代が検討されている霧島イワオコシ（Kr-Iw）が堆積している他は明瞭なテフラ層は認められていない。ここでは、後牟田遺跡と大野E遺跡のルミネッセンス年代について報告する。

九州では中期旧石器時代にさかのぼると考えられる石器群として辻田遺跡、上下田遺跡や下横田遺跡などが報告されているが、石器出土層準が必ずしも明らかでない。今回報告する遺跡は、石器出土層準が明らかなことから注目されながらも、その石器に関しては賛否議論がなされている。上述のように、年代推定の基準となる鍵層が後牟田遺跡のATを除いて、未検出もしくは年代値が不明なことから、石器群の年代に関しては未だよく分かっていない。そこで今回、後牟田遺跡はKr-Iwなどテフラの熱ルミネッセンス（TL）年代測定を、大野E遺跡は堆積物層の光ルミネッセンス（OSL）年代測定を行った。OSL測定では、微粒子試料の赤外光（IR）励起によるIRSL年代測定と石英粗粒子試料の青色光（BL）励起によるBLSL年代測定を行った。OSL測定では、鉍物標本試料を用いた基礎実験から決定した最適な測定条件を適用して測定した。

2. 測定

2-1. 試料処理

測定前の試料処理は、TL測定とBLSL測定を石英粗粒子法、IRSL測定を微粒子法で行うことを想定して、以下に概略を示す手順で行った。作業はすべて暗赤色灯下で行った。水洗で木根などの有機物を除去し、5分間攪拌してから沈殿した鉍物と浮遊物に分離した。前者を石英粗粒子試料用に処理し、後者を微粒子試料用に処理した。前者は、標準篩を用いて湿式および乾式メッシュで粒度を75～250 μ mに揃えた後、塩酸20%溶液90分間処理して炭酸塩鉍物を除去した。マグネチックセパレーターで磁性鉍物を除去し、非磁性鉍物をフッ酸20%溶液90分間処理して石英以外の鉍物を除去するとともに石英表面をエッチングした。最後に、100メッシュと200メッシュの標準篩を用いて50～150 μ mに粒度を揃えた。後者は、分離した浮遊物を過酸化水素水10%溶液24時間処理することにより、有機物を除去した後、塩酸20%溶液120分間処理して炭酸塩鉍物を除去した。最後に、アセトン中で粒度を約1～8 μ mに揃えて乾燥させた。

2-2. 蓄積線量評価

測定は、Daybreak社製のTL/OSL自動測定装置および自作のTL/OSL自動測定装置NRL-99-OSTLを用いた。TL測定は、昇温速度10 $^{\circ}$ C/sec、最高温度500 $^{\circ}$ Cの条件で測定した。IRSL測定では、プレヒート条件160 $^{\circ}$ Cで60秒、測定温度を60 $^{\circ}$ Cに、BLSL測定では220 $^{\circ}$ Cで300秒、120 $^{\circ}$ Cに設定し、それぞれ100秒間測定した。蓄積線量はMultiple Aliquotによる付加線量法で評価した。その際、スプラリニアリティ補正の測定試料は、石英粗粒子法で500 $^{\circ}$ C10分間、微粒子法で350 $^{\circ}$ C60分間アニールしたものをを用い、付加照射はCo-60 γ 線を照射した。

2-3. 年間線量評価

年間線量の評価は、直接測定法と間接測定法を併用して行った。

○直接測定法

・ β 線年間線量の測定

350 $^{\circ}$ C15分間アニールしたTLD素子粉末（CaSO₄:Dy）を一層に薄く広げ、ポリエチレンシートを

介して乾燥状態でアルミニウムリングにプレス成型した2枚の試料でサンドイッチした。それを厚さ150mmの鉛製遮蔽箱中に放置し、試料からのβ線を吸収させた。

・γ線および宇宙線の年間線量

350℃15分間アニールしたTLDカプセル (CaSO₄:Tm) 5個を厚さ1mmの銅パイプに封入し、それを試料を採取した地層に埋め込み土壌内のγ線および宇宙線を吸収させた。

○間接測定法

乾燥させた試料を高純度Ge検出器でγ線スペクトル測定した。産業技術総合研究所地質調査総合センター (旧地質調査所) の岩石標準試料で作成した検量線により、U、Th、K-40の濃度を評価した。その濃度からBellの式に基づいてα、β、γ線年間線量に換算した。また、Rbの濃度は波長分散型蛍光X線分析装置で測定し、同じくBellの式に当てはめてRb起源のβ線年間線量を換算した。なお、間接測定においては宇宙線の年間線量を0.15mGy/年、α線のルミネッセンス効率を10%と仮定した。

3. 結果と考察

大野E遺跡のOSL年代測定結果を表1に示す。また、図1、図2に後牟田遺跡、大野E遺跡の層序と各層の年代値の相関を示す。年代値は正規分布に従うと仮定して、誤差は1σで表している。年代値は層序が下になるほど古くなっており、整合性はあると考えられる。しかし、Kr-Iw (9層) などでは試料自体が閉鎖系でないために隣接する地層から経年的に鉱物が混入している可能性があり、ばらつきが大きく精度が悪い。けれども、それぞれの遺跡の最下層から出土した石器群は3万年より古いことは確実であろう。

表1 大野E遺跡堆積層のOSL年代測定の結果

層位	測定法	蓄積線量 (Gy)	総年間線量(mGy/a)	ルミネッセンス年代 (ka)	年代の平均 (ka)
10層	BLSL	32.8±13.1	1.54±0.04	21.3±8.5	19.4±3.5
	IRSL	41.3±12.5 44.1±5.5	2.31±0.04	17.9±5.4 19.1±2.4	
12層	IRSL	77.9±22.2	2.70±0.11	28.8±8.3	29.8±3.7
		80.3±13.2		29.7±5.0	
		83.7±15.1		31.0±5.7	
13層	IRSL	86.1±48.0	2.80±0.11	30.7±17.2	31.4±7.4
		100.1±23.9		35.7±8.6	
		77.9±30.2		27.8±10.9	
14層	IRSL	176.5±59.5	2.41±0.07	73.2±24.8	69.3±13.9
		157.3±29.4		65.3±12.4	

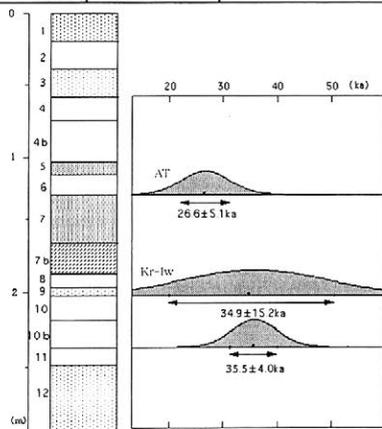


図1 後牟田遺跡の層序とTL年代

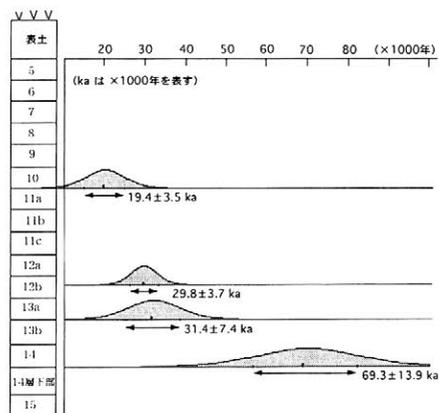


図2 大野E遺跡の層序とOSL年代

噴砂の古地磁気測定による古地震の年代推定

○広岡公夫(富山大学) 長瀬晶子(富山大学)

越前慎子(富山県文化振興財団) 町田賢一(富山県文化振興財団)

田中昌樹(富山県文化振興財団)

1 噴砂の残留磁化

地震発生時には、地下の浅いところにある砂層に水が浸透し、水を含んだ状態で砂粒が揺すぶられ、流動化を起こして地表または上位の層に噴き上げられて噴砂となる。

砂層には砂粒を構成する要素の一つとして磁鉄鉱(Fe_3O_4)や赤鉄鉱(Fe_2O_3)などの磁性鉱物が少量含まれる。これらの磁性鉱物は、それぞれ磁化をもっており、いわば、小さな磁石の粒になっている。砂粒が水の流れによって運ばれてきて水中で堆積し砂層が形成されるとき、これらの磁性鉱物は、その磁化を堆積時に作用している地球磁場の方向に向けて配列して堆積すると考えられる。その結果、砂層全体が堆積時の地球磁場方向の残留磁化を獲得し、当時の地磁気方位を残留磁化の形で記録することになる。これを堆積残留磁化という。比較的静かな環境で堆積した(細粒で均一な粒径の)層は、すべて、磁性鉱物の含有量に応じた強度の堆積残留磁化を有すると考えられている。

地震が起こると、震動によって砂層中の砂粒はばらばらになり、個々の粒子が振動し回転するなど、それぞれ個別の向きに運動しながら、水とともに運ばれて噴砂となる。このとき、磁性鉱物の配列も乱されて、他の粒子と同じように自由に振動したり回転したりする。その間も地球磁場は作用しているので、地磁気に引っ張られて地球磁場の方位に磁化を向ける磁性鉱物粒が増える。これら砂の粒子が上位層に貫入し、さらに地表に噴出して噴砂となり、震動がおさまったときには、磁性粒子の多くは、磁化の向きをそのときの地球磁場の方向にそろえた状態で落ち着く。こうして噴砂は、発震時の地球磁場の方向の残留磁化を獲得することになる。

2 富山県高岡市の岩坪岡田島遺跡の噴砂

能越自動車道の建設に伴って、発掘調査がなされた岩坪岡田島遺跡は、高岡市の西部、小矢部川の西側の氾濫平野に位置する。平成13年度は、B2地区・B3地区・C6地区・C7地区の調査が行われ、これらの地区のうち、C7地区を除く3地区で噴砂が検出された。

古地磁気測定用の噴砂試料は、B2地区とC6地区から採取した。B2地区の噴砂はI b層(近世包含層)の上面でみられたので、安政5年(1858年)の飛越地震のものと考えられる。富山県の中・西部では、この飛越地震のものと、天正13年(1586年)の天正地震の際の噴砂が多く検出されている。C6地区では地区北端にみられる溝状の割れ目に地表から落ち込んだような幅15cm程度の脈状の砂と、地区の南端の位置にシル状(地表面と平行にシート状)に広がった噴砂を採取した。C6地区の後者の噴砂は、縄文前期の遺構を切っているが、上位の中世の遺構には達していない。シート状の噴砂の厚さは30cmに達するところもあった。

3 噴砂試料の採取と残留磁化の測定結果

B2地区では、地区の南東の角に近いところに北北東から北方向にのびる比較的太い噴砂の脈(幅5~7cm)から13個(試料番号 FTY131-136, FTY141-147)の試料を採取した。また、C6地区では、北端の落ち込み(?)砂脈から7個(FTY151-156)、南端のシート状噴砂からは21個(FTY161-167, FTY171-177, FTY181-187)の試料を得た。これらの試料はすべて、22mm×22mm×22mmのプラスチックの箱(プラスチック・キューブと呼ぶ)を噴砂に打ち込んで採取したものである。C6地区北端の砂は、しまりが悪く、いかにも地表から落ち込んだもののように思われた。残留磁化は、リングコア型のスピナー磁力計を用いて測定し、不安定な2次磁化成分を除去するために、段階交流消磁実験を行った。

測定の結果、C6地区南端のシート状噴砂の磁化方向のまとまりが最もよく、7.5mT段階の消磁で、磁化方向のばらつき(誤差)を表すFisherの信頼角(α_{95})が 3.06° となった。次いで、B2地区の噴砂であり、5.0mT段階で α_{95} が 6.64° となった。C6地区北端の落ち込み(?)砂は大きくばらつき、最もまとまりがましになる2.5mT段階でも、 α_{95} は 54.56° であった。これら最適消磁段階の平均偏角(D)と平均伏角(I)は、それぞれの噴砂で次のようになった。

B2地区噴砂	D = -0.1° ,	I = 56.9° ,	$\alpha_{95} = 6.64^\circ$ (5.0mT)
C6地区北端落ち込み(?)砂	D = 18.1° ,	I = 22.1° ,	$\alpha_{95} = 54.56^\circ$ (2.5mT)
C6地区南端シート状噴砂	D = -15.4° ,	I = 59.2° ,	$\alpha_{95} = 3.06^\circ$ (7.5mT)

この結果を北陸地方の考古地磁気永年変化曲線(西暦500~1550年)にプロットしたのが下図である。この曲線の年代内に地震が起きたとすれば、その地震の年代推定が可能となる。

4 古地震の年代推定

この図に見られるように、高い精度で古地震の年代を推定できるのは、C6地区南端噴砂で、その年代は、

A.D. 620±30年

となる。

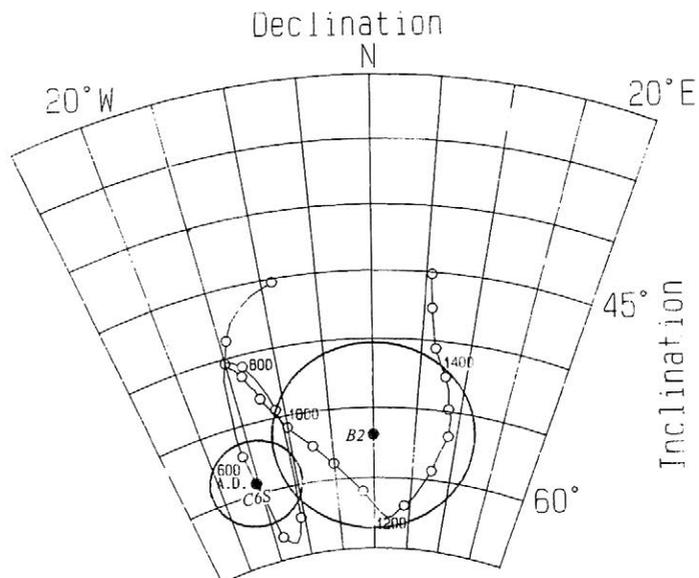
B2地区噴砂は誤差(α_{95})が大きく、詳しい年代は出せないが、

A.D.1000~1400年

又は、

A.D.1850年頃

となる。



縄文土器片（奥三面遺跡群出土）より抽出した 石英粒子を用いたルミネッセンス年代評価

○橋本哲夫・高野雅人（新潟大学理学部）

1. はじめに

自然放射線の作用を受けた石英や長石粒子からは、加熱や光照射をした際に発光現象としての熱ルミネッセンス(TL)や光励起ルミネッセンス(OSL)が観察され、ルミネッセンス源は零セットされる。これらルミネッセンスは、土器などの焼成考古遺物や堆積物試料に関して、焼成や堆積以降の年代情報のみならず、焼成温度・光曝条件や産地の推定などの情報をもたらすため注目されている。最近、小型 X 線発生装置を搭載した TL/OSL 自動化測定システムの開発に成功したので¹⁾、信頼性高い単分画再現(SAR; single aliquot regenerative-dose)法を適用し、焼成考古遺物の蓄積自然放射線線量を評価した。遺物より抽出した石英粒子試料からは、赤色熱ルミネッセンス(RTL)と青色光励起ルミネッセンス(B-OSL)測定を、一方長石粒子からは赤外光励起ルミネッセンス(IRSL)を測定できた。

ここでは、焼成考古遺物として奥三面遺跡群からの縄文式土器片を使用し、RTL 特性を有することを確認し、RTL 測定からの年代値が遺物の様式や堆積層からの推定値と良好な一致を与えることを確認するとともに、B-OSL や IRSL 測定結果と比較検討できた。

2. 実験

試料として、新潟県朝日村奥三面遺跡出土の焼成・使用時期として縄文前期初頭～後期後葉と推定されている縄文式土器片試料 9 種を用いた。各土器片試料を粉碎し、出土地点の土壤試料とともに γ 線スペクトロメトリー測定を行い年間線量評価を行った。粉碎土器片試料は水洗しアルカリや酸溶液によるエッチング処理について重液分離操作を行い、石英や長石粒子分画を得た。作業は全て光ブリーチングを避けるため微弱赤色灯の下を行った。抽出した石英粒子に対しては RTL と B-OSL を、長石試料には IRSL 測定をそれぞれ行った。

2-1. RTL 測定 石英粒子に対して TL カラー画像撮影(TLCI)と TL スペクトロメトリーを行い、TL 発光色と波長領域から 630nm 付近にピークを有する RTL 特性を確認した。

未照射 (natural) 試料から得た N-RTL グローブ測定とともに、同一の試料に既知量の X 線を人工照射し、その都度 RTL グローブ測定した。Fig.1 に示すように、各グローブについて、設定した温度範囲にて RTL 積算強度を求め、照射線量に対してプロットすることで RTL 線量応答曲線を作成し、N-RTL 積算強度を内挿することで天然蓄積放射線線量を見積もった

2-2. B-OSL, IRSL 測定 石英、長石粒子に対して B-OSL、IRSL 測定をそれぞれ行った。前者では、250℃10 秒のプレヒート条件を用い、試料温度を 125℃に保った状態で励起光照射と B-OSL 測定を約 100 秒間行った。得られた B-OSL 減衰曲線を Fig. 2 に示す。積算時間は最初の 1.0 秒間とし、付加線量毎の積算強度から線量応答曲線を作成した。Test dose

として 4.2 Gy の照射で得た感度変化を補正した真の線量応答曲線から天然蓄積線量を求めた。IRSL についても同様に天然蓄積線量を見積った。

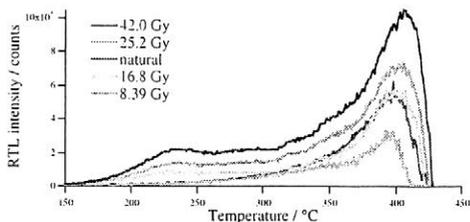


Fig. 1 RTL glowcurves of quartz grains extracted from a pottery piece (Achia-daira upper layer).

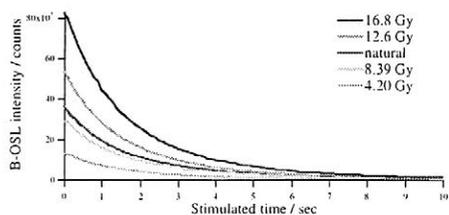


Fig. 2 B-OSL decay curves from the same quartz fraction as in Fig. 1.

3. 結果・考察

各土器片試料に対する天然蓄積線量値を、土壌や土器自身に含まれる放射性核種量と宇宙線の寄与と含水率を考慮した年間線量除することにより焼成以降の年代値を算出し Table 1 にまとめた。RTL 年代値は、土器の様式や出土層からの予想年代とよい一致を示している。この結果から、RTL 年代測定が縄文土器片の年代評価に有効であることも確認できた。RTL と比較して B-OSL 年代値は若めであり、IRSL は著しく若い年代値となった。

B-OSL からの結果が若い年代値を示す原因究明のため、火山灰層起源の RTL 石英粒子を、450 と 700°C で 6 時間熱処理を施したところ、B-OSL の感度は 200 倍まで増加していた。従って、焼成後の時間経過にともない、B-OSL 感度が減少するのも一因と考えてきている。

謝辞 試料片を提供して頂いた、新潟県岩船郡朝日村 奥三面遺跡調査室の高橋保雄氏に感謝いたします。

1) Hashimoto et al., J. Nucl. Sci. Technol., 39, 108(2002), 2) 橋本ら、分析化学、印刷中。

Table 1 Estimated ages from Jōmon pottery pieces

Sampling site (pottery type)	Predicted age (years ago)	RTL age (years ago)	B-OSL age (years ago)	IRSL age (years ago)
アチャ平上段 (南三十稲場式)	4000	3400 ± 960	3000 ± 530	180 ± 63
沼ノ沢 (新保式)	5000	4700 ± 130	4100 ± 110	250 ± 7
沼ノ沢 (加曾利 B 3 式)	3500	3900 ± 620	6500 ± 180	780 ± 120
下ゾリ (新崎式)	5000	4000 ± 790	1800 ± 520	510 ± 48
ミヤソリ (花積下層式)	6000	6400 ± 750	3300 ± 270	2000 ± 460
アチャ平下段	6000	6400 ± 1800	2500 ± 980	n.d.
アチャ平下段	6000	6200 ± 1500	2500 ± 310	90 ± 31
アチャ平下段	6000	6100 ± 660	n.d.	910 ± 17
元屋敷 (大波状深鉢)	3500	3400 ± 400	2800 ± 670	34 ± 1

Not determined (n.d.)

In both B-OSL and IRSL ages, the equivalent dose was used over first time 1.0 sec of stimulation.

AMS¹⁴C年代を利用した東日本縄文前期～後期土器・集落の研究

今村峯雄（国立歴史民俗博物館）・○小林謙一（総合研究大学院大学）・西本豊弘（国立歴史民俗博物館）・坂本稔（同）

関東地方を中心に、本州島東側の縄文時代前期～後期の土器付着炭化物（おこげ状の付着物）・集落内出土炭化材（住居の炉・柱穴などの炭化物や火災住居の炭化材を主とする）について、放射性炭素同位体比をAMSを用いて測定し、炭素年代を得た上で、校正曲線を用いて暦年代を推定した。現在までに、北陸・中部・関東・南東北において、約550サンプルを直接土器・遺跡から採取し、うち140サンプルについて測定が終了した。前処理は国立歴史民俗博物館で行い、¹⁴C測定はベータアナリティック社に依頼した。図1・2に、関東甲信越・福島データの一部を示す。以下、炭素年代（図1）は $\delta^{14}\text{C}$ 値を用いて補正された炭素年代でBP、暦年較正年代（図2）は $\pm 2\sigma$ の信頼限界で計算し、cal BCで表記する。

前期と中期の境は、前期十三菩提式が3650-3500 cal BCまでの暦年を示し、中期五領ケ台1式が3520-3360 cal BCの暦年を示すことから、3520-3500 cal BCの間と想定できる。中期と後期の境界は、加曾利E4式・大木10式前半の試料が2470 cal BCまでの暦年を示し、後期称名寺1式や大木10c式が2470 cal BCからの暦年であり、2470 cal BCころに境界がある可能性が大きい。大木10式土器に2570-2400 cal BCの暦年を示す土器があり、大木10式は、関東地方の土器編年を基準に言えば、中期から後期にかけて存在すると言い得る。

南関東地方の縄文中期について最も細別した編年研究である新地平編年（黒尾・小林・中山1995）13期31細別を基に、細別時期ごとの暦年代の推定を行った。勝坂式後半では、勝坂2式（7b-8期）の向郷遺跡（東京）土坑一括出土土器群・炭化物から採取した複数試料が3350-3100 cal BCの時間幅の中に納まる。SFC遺跡（神奈川）では、勝坂3式古（9a期）の短期的集落から採取した土器・住居炉内炭化物などから3130-3080 cal BCの居住期間を推定し、それに続く勝坂3式新（9b・c期）が3020-2890 cal BCを含む居住期間と推定できる。よって、勝坂3式古（9a期）は3100-3050 cal BCの50年間を中心に、時期比定することができよう。

中期後半の12a-c期に細分される磨消縄文の加曾利E3式期の大橋遺跡（東京）では、重複する住居群からの試料で年代を測定した。12a期の住居が2810-2780 cal BCには廃絶され、新しい12c期の住居は2680-2660 cal BCに廃絶されたと比定でき、その間に当たる12b期は2780-2680 cal BC以内の時間幅と捉えられる。このように、縄文土器型式の細別時期について、実年代で50-100年間またはそれよりも短い幅に絞り得る。また、重複住居群は2810-2660 cal BCの間に、7回以上の改築・切り合い（考古学的な調査所見より9回の改築サイクルを想定）が認められ、少なくとも10数年以内には改築していると考えられる。

本研究は、科学研究費平成13年度基盤研究(A・1)（一般）「縄文時代・弥生時代の高精度年代体系の構築」（代表 今村峯雄）における研究の一環である。

<参考文献>

黒尾和久・小林謙一・中山真治 1995「多摩丘陵・武蔵野台地を中心とした縄文時代中期の時期設定」『シンポジウム縄文中期集落研究の新地平』

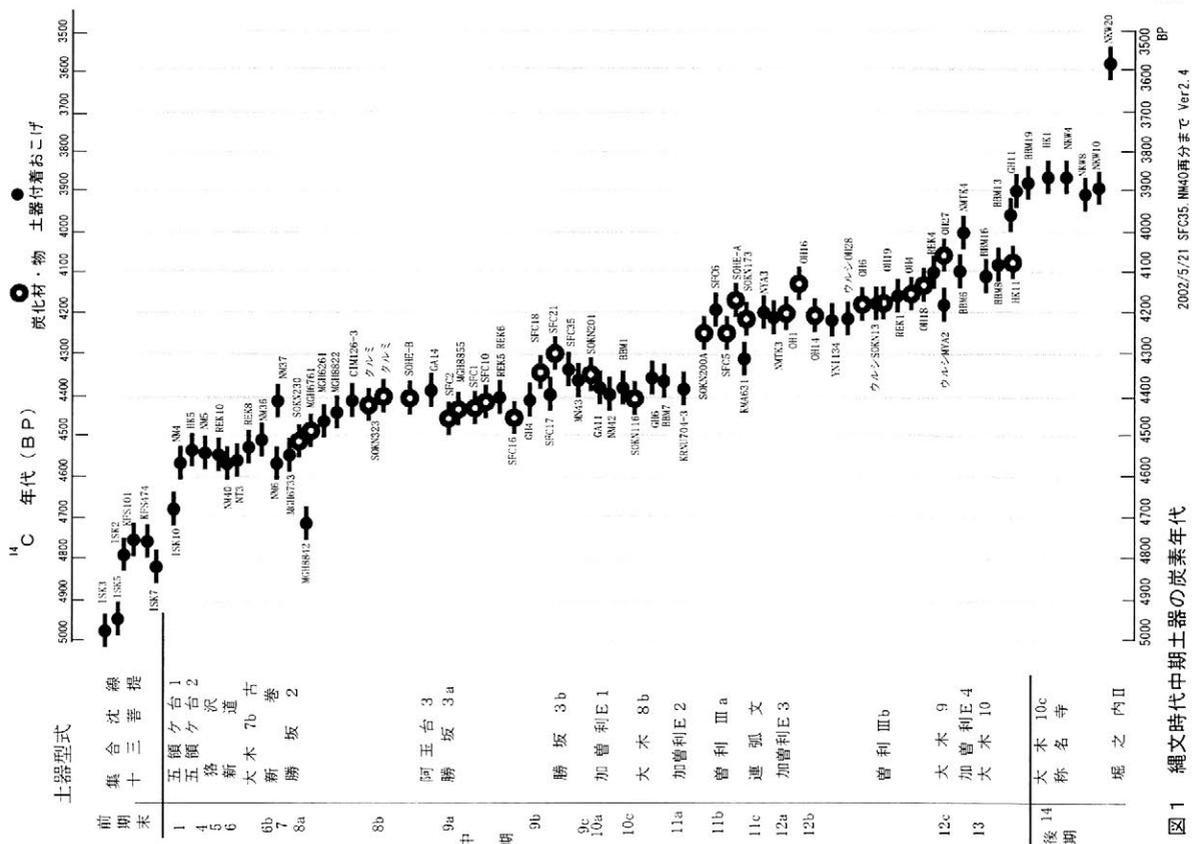


図1 縄文時代中期土器の炭素年代

2002/5/21 SFC35, NM40再分まで Ver2.4

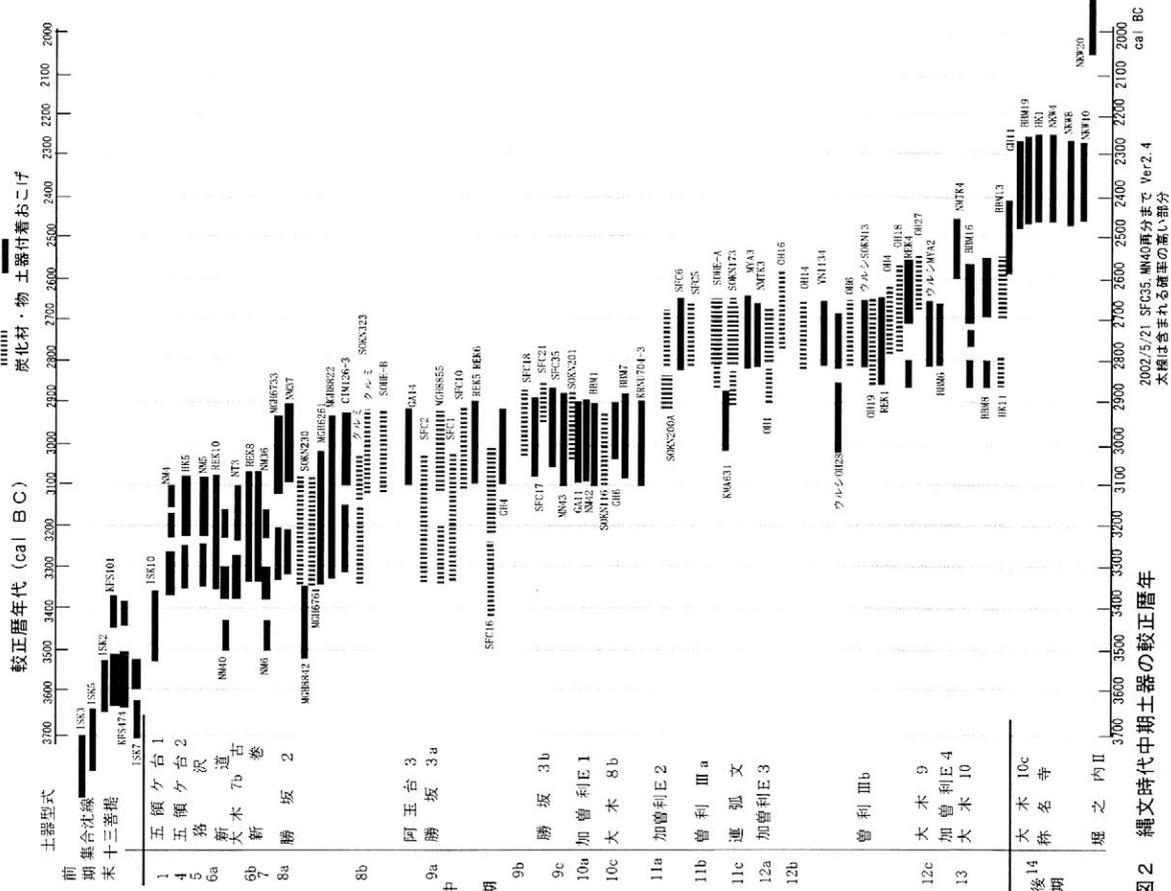


図2 縄文時代中期土器の較正暦年

2002/5/21 SFC35, NM40再分まで Ver2.4

太線は含まれる確率の高い部分

年輪年代から見た国宝三仏寺投入堂・木彫仏等の年代

○光谷拓実(奈文研)、大山幹成(同)

1.はじめに

わが国の国宝・重要文化財建造物に指定されている建物は約3700棟あって、そのうち建築年代のわかっていないものが約1300棟もあるといわれている。建築史、美術史研究においては、建築年代や木彫仏等の制作年代を明らかにすることが、全体評価を決めていくうえで、きわめて重要であることはいうまでもない。

鳥取県三朝町には国宝三仏寺奥院(投入堂)がある。投入堂の建築年代は、様式的に平安時代後期のものと見られている。大正4年の解体修理の際に、腐朽、破損等のために新材と取り替えられた部材が43点保存されている。41点は投入堂の古材、2点は愛染堂のもので、いずれも国宝に指定されている。今回は、古材や現在建っている投入堂の扉板、納経堂の柱などの他に木彫像や狛犬などの年輪年代法による調査結果の概略を報告する。

2.試料と方法

選定した試料は、投入堂の古材(国宝)43点のなかから10点、無指定の部材2点、棟札(国宝)1点、木彫仏としては、蔵王権現立像光背、蔵王権現6・3台座、蔵王権現6・6本体、高僧座像、女神像、律師行明座像、愛染堂の古材1点、文殊堂の棟札、県指定の狛犬(吽形)、狛犬(無指定)、唐櫃など総数23点である。これらは現地(庫裏)にて、専用の読取り器を用いて年輪幅の計測をおこなった。また、現在建っている建物の部材そのものから、あるいは木彫仏のように動かすことが容易でないものについて、今回初めての試みとして、デジタルカメラで撮影を行い、その出力画像から年輪データを収集し、年代測定を行ったものは総数9点である。計測した年輪データと暦年標準パターンとの照合は、時系列解析に用いられる相関分析法による。

3.結果

暦年標準パターンとの照合によって得られた年輪年代、および試料形状の判別については、図-1に示したとおりである。これを見ると、年輪読取り器を使用した試料のなかで、年輪年代が確定したものは10点、デジタルカメラの出力画像からのものは3点であった。このなかで、重文蔵王権現立像光背は樹皮型、重文蔵王権現6・6本体、狛犬1体、スギの唐櫃はそれぞれ辺材型である。

木彫仏については、年輪年代が判明したものは4体。ヒノキ材一本造り・彩色仕上げの蔵王権現立像6体のうち、6・3像台座から945年の年輪年代、6・6像本体(辺材型)から1011年の年輪年代が確認されたことで、これら構造技法と作風が共通する6体の蔵王権現像群は、投



写真-1 投入堂金堂



写真-2 No.16の蔵王権現立像の光背

入堂の造営に近い11世紀代に、造立されたことが考えられる。また仁安三年（1168）12月7日の納入文書を有するヒノキ材寄木造り金箔押しの葺王権現像の光背からは1165年の伐採年代が得られ、この年代と納入願文の年代が完全に一致したことは重大な成果である。さらにヒノキ材一木造りの狛犬からは1099年の年輪年代(辺材型)が得られ、従来は鎌倉時代と思われていた狛犬が、実際にはそれより100年以上はさかのぼる平安彫刻の遺品であることも確定した。

神社本殿形式の建物で現在国宝あるいは重要文化財に指定されている建物は約560棟ある。このうち平安時代まで遡るものは京都府宇治市の国宝宇治上神社本殿と鳥取県三朝町の国宝三仏寺奥院（投入堂）のわずか二棟のみである。この二棟とも建立年代に関する資料がなく、建築様式から平安時代後期（1086～1184）の建物と考えられてきた。今回の年輪年代測定の結果、三仏寺奥院（投入堂）の西扉板の年輪年代(1078年)からみて、その建立年代がこれまで考えられてきた年代と一致することが科学的に証明されたことになる。

重文の納経堂は建築様式から鎌倉後期（1275～1332）の建築と考えられていたが、今回の年輪年代測定の結果(1082年)から、奥院（投入堂）と同時期の建物であることが濃厚となった。以上の調査結果から平安時代に遡る本殿形式の建物は三棟となり、そのうち二棟が三仏寺の建物であることが明らかになった。

新たな試みとして、デジタルカメラによる画像を用いた年輪測定法は、多くの改良、改善策を必要とするが、従来の専用読取り器と比べて迅速性、簡便性に優れていることが判った。今後これまで応用できなかった各地の木彫仏類をはじめ、各種の木質古文化財への多面的な応用が期待できる。

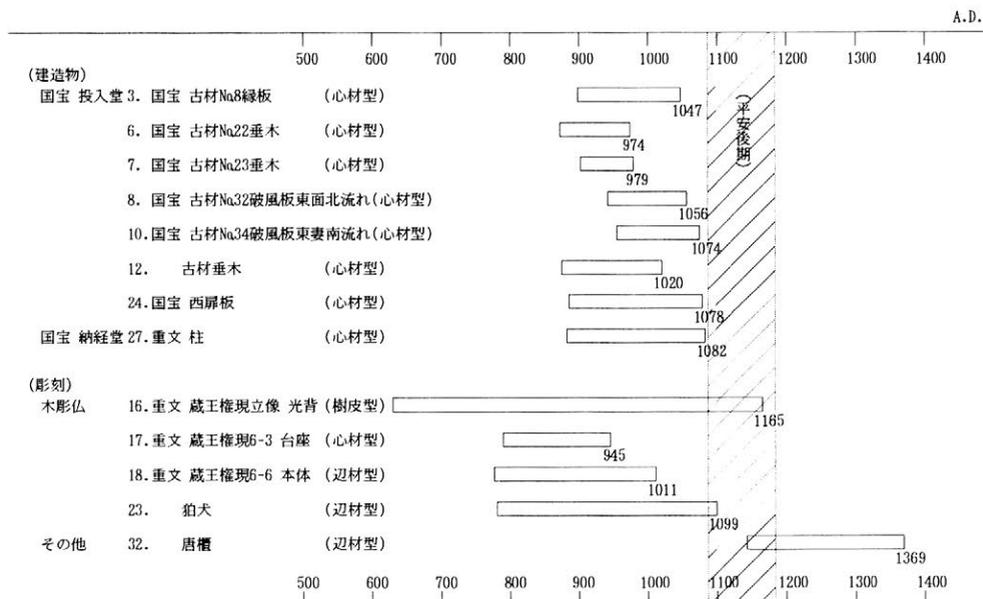


図-1 年輪年代測定結果一覧

ケラチン加水分解物を用いた出土木材の保存処理

○遠藤利恵 (京都工芸繊維大学大学院先端ファイブ科学), 河原豊(同)

1 はじめに

発掘調査によって遺跡から出土する木材は、埋蔵中の微生物による劣化のために多量の水分を含んで脆化している。そこで木材中の水分を化学薬品で置換して木材を補強し、寸法安定性を付与する保存処理が施される。現在日本で行われている出土木材の主要な保存処理法には、ポリエチレングリコール(PEG)法や、糖アルコール法、高級アルコール法などがある。しかしこれらの方法は、含浸期間中に有機酸が発生することや、中間溶媒として多量の有機溶媒を使用すること、産業廃棄物としての廃液処理の問題などを抱えた環境負荷の高い方法である。そこで本研究では、安全性の高い新しい処理方法の開発を目的として、バイオマス資源であるケラチンタンパクを用いた出土木材の保存処理を試みた。ケラチンは、羊毛、毛髪、皮革、羽毛などの主成分である。今回は、こうしたケラチンの中でも羊毛などと比較して低分子量である羽毛を用いて実験を行った。羽毛は廃棄された羽毛布団のアヒルの羽毛を用いた。アヒル羽毛を溶解して処理溶液を調整し、出土木材を含浸処理してその重量変化と寸法安定性について検討を行った。

2 試料と実験

平安時代の遺跡から出土したムクノキ(*Aphananthe aspera* Planch.)を試料として用いた。飽和含水率は約480%であった。

処理溶液は、次のようにして作製した。羽毛(アヒル)に1規定の水酸化ナトリウム水溶液を加え(浴比1:9)、70°Cで3時間加熱処理した。室温になるまで放冷した後、酢酸を加えてpH7に調整し、10%のケラチン水溶液を作製した。さらに、この溶液を塩化カルシウムのデシケーター内で減圧乾燥させることで、高濃度のケラチン水溶液を得た。

含浸処理は、試験体を10%ケラチン水溶液に浸漬し、60°Cに加温して3日間処理した後、ケラチン水溶液の濃度を10%ずつ高めながら同様な処理を繰り返した。処理溶液の適正な最終含浸濃度を確認するために、10%、20%、30%と含浸濃度を变化させた処理を行った。処理終了後は冷暗所下で風乾し、10日ごとに試験体の重量と、木口面における接線方向と放射方向の寸法を測定して、木口面の収縮率とケラチン処理による抗膨潤能とを算出した。

3 結果

ムクノキ試験体の含浸処理の最終濃度を10%、20%、30%と変化させて処理した後の形状変化の様子をFig.1に示す。処理前はいずれもほぼ同形同大であったが、最終含浸濃度を上昇させるにつれ((a)→(d)), 変形を抑えることができた。処理後の経過日数に対する重量残存

率をプロットしたグラフを Fig.2 に示す。未処理の試験体では、乾燥開始後 10 日目には重量減少が停止したが、ケラチン処理した試験体では約 30 日で重量減少が停止し、平衡含水率に達した。また、最終含浸濃度を上昇させると重量残存率も上昇し、ケラチンの含浸が進行したことがわかる。このムクノキ試験体の収縮率と ASE を Table 1 に示す。未処理の試験体の木口面における収縮率は 77.2%であるのに対し、30%で含浸を終了させた試験体では 7.4%と収縮率は未処理の 10 分の 1 であり、顕著な寸法安定効果が得られた。

以上のように、ケラチン加水分解物による出土木材の保存処理は、約 10 日間、30%と低濃度の処理で著しい寸法安定効果を有し、新規の保存処理法としての可能性を示していると考えられる。今後は、さらなる寸法安定性の向上や可逆性の可否などについて検討する予定である。

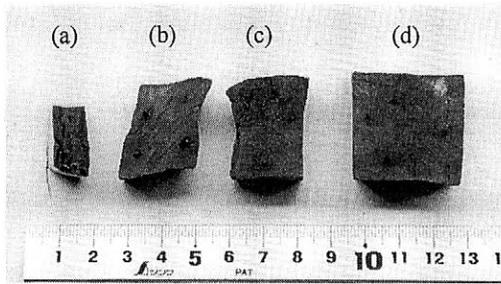


Fig.1 Specimens of *Aphananthe aspera* Planch. wood:
 (a) untreated;
 (b) treated with duck down keratin aq. to 10% at 60°C;
 (c) treated with duck down keratin aq. to 20% at 60°C;
 (d) treated with duck down keratin aq. to 30% at 60°C.

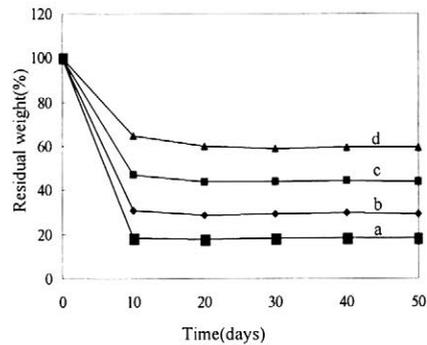


Fig.2 Residual weights of *Aphananthe aspera* Planch. wood after treatment:
 (a) untreated;
 (b) treated with duck down keratin aq. to 10% at 60°C;
 (c) treated with duck down keratin aq. to 20% at 60°C;
 (d) treated with duck down keratin aq. to 30% at 60°C.

Table 1 Shrinkage of the cross sections of *Aphananthe aspera* Planch. wood for untreated and treated with duck down keratin aq. at different concentration.

	Tangential	Radial	Cross section	ASE
Untreated	65.4	34.0	77.2	
10%	37.9	11.6	45.1	41.6
20%	27.4	4.4	30.7	60.2
30%	7.2	0.2	7.4	90.4

超臨界二酸化炭素を用いた出土水浸木製品の保存処理

手代木美穂（東北芸術工科大学）田島栄一郎（東北大学大学院）菊池幹夫（同）猪股宏（同）
高妻洋成（奈良文化財研究所）

1. はじめに

出土水浸木製品の保存処理においては、従来 PEG や糖アルコールを用いた「強化剤の含浸」と真空凍結乾燥や加熱乾燥による「乾燥」の 2 工程が用いられている。しかし、完全な形状保持・収縮変形を避けることは難しく、課題も多い。本研究グループでは表面張力を引き起こす蒸発・昇華などの相変化を伴わない乾燥方法の 1 つとして超臨界二酸化炭素（臨界点 31.1℃・7.38Mpa）を用いた検討を進めてきた。これまでに、試料より水を抽出・乾燥させるのにエタノール前処理（置換）が有効であること、（手代木ら 2000）。また超臨界流体を液体へ溶解させた膨張液体の高拡散性を利用した「強化剤含浸」の可能性を確認し、「強化剤含浸～乾燥工程の連続処理」の実験を行っている。強化剤としては PEG を用いてきた（手代木ら 2002）。しかしながら、本法ではエタノールと超臨界二酸化炭素の親和性に加えて、エタノール及び水と強化剤との親和性さらに、木材組織への強化剤の残存状態などが重要な因子であり、本研究では PEG 以外での薬剤の適用性の検討を行った。

本発表では強化剤にステアリン酸（高級脂肪酸）ならびにマンニトール（糖アルコール）を選定し、検討した結果を報告する。

2. 実験

実験 1：ステアリン酸を強化剤として用いた場合

ステアリン酸は石鹸・化粧品原料などに用いられる直鎖飽和脂肪酸の一つで、天然油脂内からエタノールを用いて再結晶化させ精製する。化学式は $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ 、分子量 284、比重 0.847、融点 70 度、葉状結晶をもつ。水へは難溶であり、アルコールへの溶解量は 100g あたり 12g (40℃)、78g (50℃) である。試料 A、B はトチ材、含水率 1000% である。表 1 に実験 1 の試料と処理方法を表した。実験装置を図 1 に示す。試料 A に対しては、表 1 の連続処理を行った。操作は試料槽内に試料およびステアリン酸エタノール溶液を導入後、45℃、110 気圧下で所定時間放置し（強化剤含浸工程）、その後 5L/Min で超臨界二酸化炭素を流通させ（乾燥工程）大気圧まで減圧した。試料 B は表 1 のとおり処理した。

実験終了後のステアリン酸残存率を表 2 に、寸法変化を図 2 に示す。ステアリン酸残存率は試料 B が多いものの、寸法変化は試料 A よりも大きくなっており、強化剤含浸が変形収縮の抑制までには至っていない。試料 A の残存率は、ステアリン酸は水に難溶であるため、出土試料が内包する水

表 1 実験 1 の試料と処理方法

試料	強化剤含浸方法	乾燥方法
A	連続処理	
	超臨界二酸化炭素＋ ステアリン酸 10wt% エタノール溶液	超臨界乾燥
B	ステアリン酸 10wt% エタノール溶液	自然乾燥

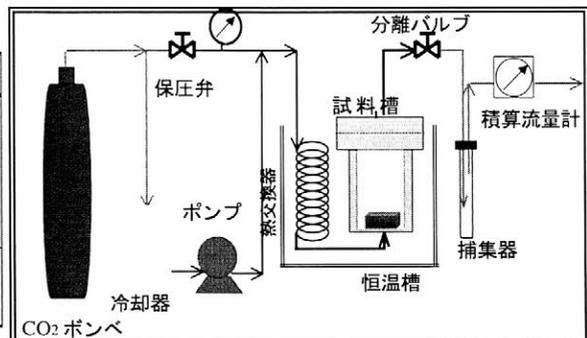


図 1 実験装置概要

に十分溶解できず、また、実験中の温度変化からエタノールの作用により結晶化がおき、表面にステアリン酸が析出し、含浸工程中に強化剤が木組織内部まで拡散できなかったことが推察された。

実験2：マンニトールを強化含浸剤として用いた場合

マンニトールは広く植物界に分布するマンナの主成分でエタノールを用いて再結晶し精製する。分子式はC₆H₁₄O₆、分子量は182、融点は166℃であり、常温で白色の針状または斜方状結晶である。水への溶解量は100gあたり32g(50℃)、アルコールには難溶である。

実験試料は前述と同様である。表1に実験2の試料および処理方法を表した。試料Cはマンニトール10wt%エタノール溶液として用い、実験条件は40℃、110気圧で試料Aと同様の実験操作で行った。また、試料Dは表3のとおり処理した。実験終了後のマンニトール残存率を表2に、寸法変化を図3に示す。試料Dはマンニトールの残存量が高く、また寸法保持性も比較して良好であった。試料Cの連続処理では試料A同様、強化剤残存率が低かった。これは試料表面でエタノールによって結晶化し、細胞内まで入りきれなかったことが類推されたが、さらなる詳細については今後の課題としたい。

3. まとめ

超臨界二酸化炭素を用いた保存処理に適合する強化剤選定にはエタノール・水との親和性が重要な因子であることが確認できた。本研究で用いた強化剤はエタノールが作用し結晶化が試料内で行われれば、より有効な含浸強化剤になるとも考えられ、実験操作も含めたさらなる検討を要する。また、本結果より超臨界二酸化炭素の低分子量の強化剤を用いた保存処理の基礎的な知見を得たので、PEGなどでの処理が難しい漆遺物などに対してよりよい実験操作を模索し、適応していきたいと考えている。

【参考文献】

- 「マンニトール・ポリエチレングリコールによる出土水浸木材の真空凍結乾燥」
今津節生 古文化財の科学(33) pp52-62 1998
- 「超臨界CO₂を用いた出土水浸木製品の乾燥」手代木美穂 菊池幹夫
猪股宏 高妻洋成 日本文化財科学会第17回大会 2000
- 「超臨界二酸化炭素を用いた埋蔵水浸木製品の保存処理—含浸補強処理と乾燥」
手代木美穂 田島栄一郎 菊池幹夫 猪股宏 高妻洋成
文化財保存修復国際学会 2002

表2 ステアリン酸の試料内残存率

試料	試料内残存率 (初期添加量を100%として)
A	0.3%
B	10%

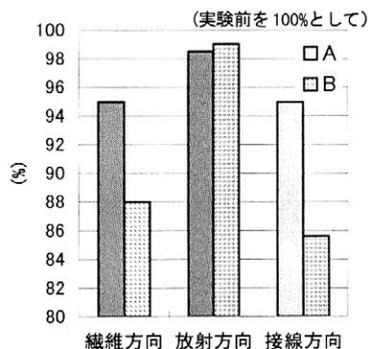


図2 ステアリン酸含浸処理後の寸法変化

表3 実験2の試料と処理方法

試料	強化剤含浸方法	乾燥方法
C	連続処理 超臨界二酸化炭素+ マンニトール10wt% エタノール溶液	超臨界乾燥
D	マンニトール10wt% 水溶液(→エタノール置換)	超臨界乾燥

表4 マンニトールの試料内残存率

試料	試料内残存率 (初期添加量を100%として)
C	0.1%
D	9.5%

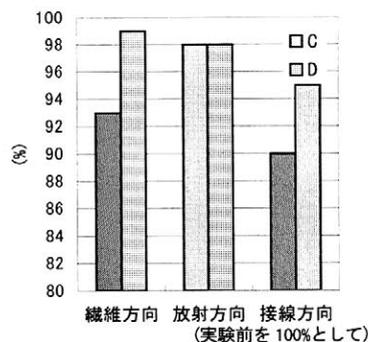


図3 マンニトール含浸処理後の寸法変化

北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査

○石崎武志（東京文化財研究所） 高見雅三（北海道立地質研究所）

はじめに

開拓の村は、北海道の開拓の歴史を体験的に学ぶことのできる野外博物館として開村されているが、ここ数年、石壁や漆喰土壁の剥落が生じている。劣化のメカニズムを把握するため、現況を把握し、その誘因を明確にする必要がある。我々は、建物付近の、温湿度、風速、日射などの微気象観測と、建物の壁面温度等を連続測定のほか、壁全体の温度分布を非接触型の赤外線放射温度計より求め、壁面温度と劣化状態との関係等を調査した。また、建物の3D形状測定を行うとともに、熱映像による温度分布やレーザーの反射強度分布と剥離状況との比較を行った。さらに、漆喰壁において、熱映像測定時に TDR による体積含水率を計測し、熱的な情報と水分量から劣化状況が把握できるかどうかについても検討を行った。

以下に、調査結果について報告する。

調査の概要

観測項目として、旧小樽新聞社の南側での温湿度、日射、風向風速などの微気象観測、旧小樽新聞社の壁面温度の測定を行った。壁面温度は、東西南北の方向で計 14 点を 1 時間間隔で測定し、データロガーに収録した。壁全体の温度分布は、NEC 製サーモレーザー TH7102 の赤外線放射温度計を、表面近くの体積含水率は、IMKO 社製の TDR 表面水分測定装置 (TRIME-FM) を用いた。この他に、CYRA 社製の Cyrax2500 レーザースキャナーシステムを用いて、建物の 3D 形状測定を行った。

観測結果と考察

図 1 に 2000 年 3 月 7 日～2002 年 3 月 3 日までの外気温度を示す。縦の波線は熱映像装置による壁面撮影を行った測定日を示す。測定期間中の外気温度は、 -19.2°C ～ 30.7°C の範囲にあり、最大変動幅（寒暖の差）は、 49.9°C であった。



写真 1. 旧小樽新聞社の歴史的石造建造物

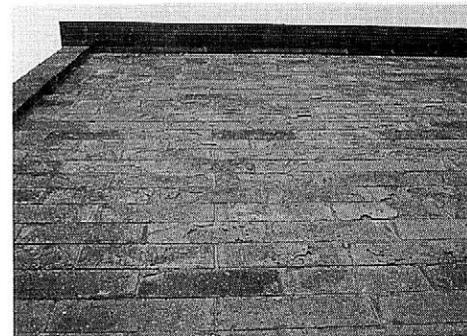


写真 2. 南の石壁表面に剥離が多く見られ

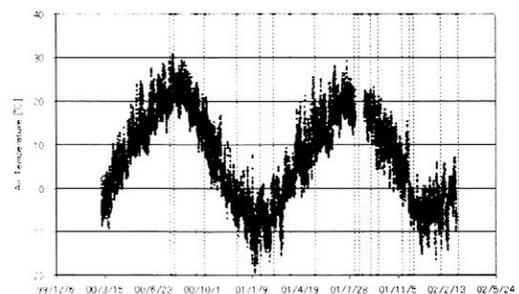


図 1. 年間を通じた気温変化

次に、旧小樽新聞社の北面、南面の壁面温度を図2に示す。2000/3/7~2002/3/3までの温度幅（最大差）は、北面で $-17.0^{\circ}\text{C}\sim-38.1^{\circ}\text{C}$ (55.1°C)、南面で $-15.1^{\circ}\text{C}\sim44.2^{\circ}\text{C}$ (59.3°C)で日変化も、南面が一番大きく、凍結・融解の影響を最も受けやすい状況にあるといえる。

凍結融解の繰り返しが岩盤を劣化させることは知られている。福田(1984)は日変化の岩盤表面温度に着目し、凍結破砕に有効な温度幅は -4°C 以下、 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上としている。表1に示したように、 -4°C 以下 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上の温度幅の出現回数は、他の壁面と比べて南面では多く、計64回であった。すなわち、1冬(シーズン)に64回程度の凍結破砕を十分生ずる凍結融解を繰り返したことになる。

また、冬期間、剥落した壁面に雪等が付着し、それらが日中融解し、石壁へ流れ込み水の供給源となり、凍結が進行すると劣化がますます加速すると考えられる。

一方、旧大石三省堂支店の漆喰壁において、北面より、南面での漆喰の剥落が春先に観察された。この現象に関しても、北面、南面での凍結融解回数の違いが影響していると考えられる。

また、石壁表面の赤外線熱映像と3D形状測量装置を用いた表面の反射強度と石壁の剥落状況の比較を行ったところ、これらの間にある程度相関があることが分かった。

まとめ

旧小樽新聞社の南壁面が北壁面より剥落が顕著である原因は、南壁面の -4°C 以下、 4°C 以上の出現頻度が、冬季に南面で顕著に大きいことによることが主な原因になっていることが分かった。漆喰壁の南面での剥落が顕著であるのも同様の理由によると思われる。また、熱映像やレーザー反射強度の分布と表面の劣化状況とある程度相関がみられることから、熱映像による温度分布やレーザーの反射強度の分布から、劣化状況を面的に把握できる可能性があることが分かった。しかし、これらについては今後の課題としたい。

調査にあたっては、北海道開拓記念館の小林幸雄氏、小林孝二氏、北海道開拓の村の中島氏には協力を頂いた。ここに、記して謝意を表します。

参考文献

福田正己(1984) 小樽手宮洞窟壁面遺跡の凍結破砕防止に係わる基礎的研究、低温科学物理編, 43, 171-180.

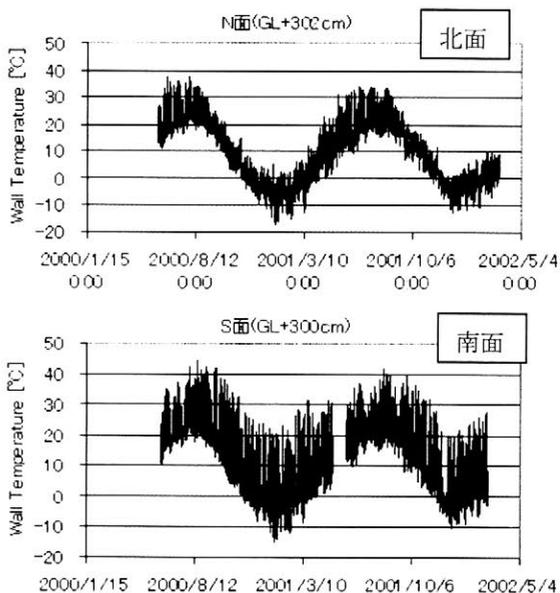


図2. 年間を通じた北と南の石壁面温度変化

表1. -4°C 以下 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上の変動幅の出現回数

	南壁面	東壁面	北壁面	西壁面
2000/11	0	0	1	0
2000/12	13	3	2	6
2001/01	25	2	1	13
2001/02	20	4	2	1
2001/03	6	5	6	4
計	64	14	12	24

