日本文化財科学会第16回大会

研究発表要旨集

1999年6月26日(土)・27日(日)

奈良教育大学

日本文化財科学会第16回大会・1999年度総会プログラム

日　時：1999年6月26日(土)・27日(日)
会　場：奈良教育大学：奈良市高畑町
日　程

第1日　6月26日(土)

口頭発表会場のスケジュール

9：00	受付開始
9：45	開催挨拶（会長）
10：00～12：00	口頭発表　8本
12：00～13：00	昼食・評議員会
13：00～14：45	口頭発表　7本
14：45～15：20	休憩
15：20	特別セッション開催挨拶（実行委員長）
15：25～17：00	特別セッション
17：30～19：30	懇親会

ポスターセッション（機器展示・図書販売）会場のスケジュール

9：00～10：00	展示準備
10：00～17：15	展示（14：20～15：20　解説）

第2日　6月27日(日)

口頭発表会場のスケジュール

9：30～10：45	口頭発表　5本
11：00～12：00	総会
12：00～13：00	昼食
13：00～14：15	口頭発表　5本
14：15～14：30	休憩
14：30～15：45	口頭発表　5本
15：45～16：00	閉会

ポスターセッション（機器展示・図書販売）会場のスケジュール

10：00～15：00	展示（14：00～14：45　解説）
15：00～15：45	展示撤去

口頭発表

【第1日】　6月26日（土）　10：00～14：45

＜古環境＞

1　遺跡土壌に残る無機物質による生活痕の推定　… 2
（10：00）○荻野麻理（奈良女子大学）・的場輝佳（同）・松井章（奈良国立文化財研究所）・宮崎貴夫（長崎県教育委員会）

2　島根県東部におけるスギ林の分布　－玉湯町大野田遺跡の花粉分析結果より－　… 4
（10：15）○渡辺正巳（文化財調査コンサルタント㈱）・勝部衛（玉湯町立出雲玉作資料館）

3　中国江蘇省新石器時代遺跡から出土した土器のプラント・オパール分析　… 6
（10：30）○宇田津徹朗（宮崎大学）・湯陵華（江蘇省農業科学院）・鄒厚本（南京博物院）・王才林（江蘇省農業科学院）・孫加祥（同）・藤原宏志（宮崎大学）

4　古代米の遺伝的特性（1）　－2つの*Japonica*の混在－　… 8
（10：45）佐藤洋一郎（静岡大学農学部）

＜保存科学＞

5　タイ国アユタヤの歴史的レンガ建造物中の水分移動解析　…10
（11：00）○石崎武志（東京国立文化財研究所）・朽津信明（同）・西浦忠輝（同）・ユッカシムネック（米国農務省塩類研究所）

6　出土鋳鉄製遺物の金属組織とその腐食メカニズム　…12
（11：15）○松井敏也（東北芸術工科大学）・村上隆（奈良国立文化財研究所）・高田潤（岡山大学）

7　クスノキ製大型出土木材の真空凍結乾燥処理　…14
（11：30）○高妻洋成（奈良国立文化財研究所）・肥塚隆保（同）・沢田正昭（同）・西尾太加二（静岡県埋蔵文化財調査研究所）

8　設計、施工面から見た調湿建材と保存、展示環境
－材料・工法的手段による博物館等の環境調節に関する研究．第2報－　…16
（11：45）○赤沼英男（岩手県立博物館）・宮野則彦（日本大学）・神谷清仁（愛知工業大学）・水谷章夫（名古屋工業大学）・宮野秋彦（同）

［昼食］　12：00～13：00　（評議員会　12：00～13：00）

＜材質・技法＞

9　古代鉄器の^{14}C年代測定と鉄器の鍛接性　…18
（13：00）井垣謙三（東北大学名誉教授）

10　γ線励起蛍光X線分析及び組織分析による金銅製銙帯裏金具の研究　…20
（13：15）伊藤博之（和光金属技術研究所）

11　飛鳥池遺跡から出土した富本銭の材質について　…22
（13：30）○村上隆（奈良国立文化財研究所）・松村恵司（同）・黒崎直（同）

12　薩摩切り子の研究　-銅赤ガラスの赤色の起源について-　…24
(13：45)○中井泉（東京理科大学理学部）・沼子千弥（徳島大学総合科学）・細野秀雄（東京工業大学応用セラミックス研究所）・山崎一雄（名古屋大学名誉教授）

13　カマン・カレホユック遺跡出土土器の文様の蛍光X線イメージングと分類への応用　…26
(14：00)○泉山優樹（東京理科大学理学部）・松永将弥（同）・中井泉（同）

14　盾の造形技法とその系譜（2）　-黒漆塗り木盾-　…28
(14：15) 中川正人（滋賀県文化財保護協会）

15　近世出土蒔絵漆器の材質・技法と保存処理に関する問題点（I）　…30
(14：30)○北野信彦（くらしき作陽大学）・降幡順子（奈良国立文化財研究所）・肥塚隆保（同）

[休憩] 14：45～15：20　**(ポスターセッション解説** 14：20～15：20)

＜特別セッション＞ 15：20～17：00

パネルディスカッション「考古学者が問う産地問題」

司会　：都出比呂志、

話題提供　：三辻利一　「須恵器の産地推定と埴輪の胎土研究」　…64

薗科哲男　「石器と玉の原材産地分析」　…68

パネリスト：三辻利一・薗科哲男・中村浩・高橋克壽・森岡秀人

[懇親会] 17：30～19：30

【第2日】　6月27日（日）　9：30～15：45

＜産地＞

16　出土琥珀の産地推定に関する基本問題　-久慈産琥珀の物性-　…32
(9：30)○佐藤昌憲（奈良国立文化財研究所）・三村充（同）・肥塚隆保（同）・山崎一雄（名古屋大学名誉教授）

17　北東北の「アスファルトの道」の解明　…34
(9：45)○浅野克彦（北海道大学高等教育機能開発総合センター）・伊藤潤（同）・小笠原正明（同）

18　藤ノ木古墳と観音山古墳出土の銅製品の鉛同位体比　…36
(10：00)○平尾良光（東京国立文化財研究所）・榎本淳子（同）

19　ベリリウム同位体による縄文土器の胎土分析とグルーピング　…38
(10：15)○坂本稔（国立歴史民俗博物館）・今村峯雄（同）

20　Trace Element Studies of Jomon Pottery Using Quantitative EDX RF　…40
(10：30)○マーク・E・ホール（国立歴史民俗博物館・特別研究員）・羽生淳子（カリフォルニア大学バークレー校・準教授）

[総会] 11：00～12：00

[昼食] 12：00～13：00

<年代測定>

21　AMS^{14}C年代測定法の古文書資料への適用　…42
(13：00) ○小田寛貴（名古屋大学年代測定資料研究センター）・増田孝（愛知文教大学）・中村俊夫（名古屋大学年代測定資料研究センター）
22　縄文土器のC-14年代　…44
(13：15) ○吉田邦夫（東京大学総合研究博物館）・宮崎ゆみ子（同）・小原圭一（同）・稲葉千穂（同）・阿部直弘（日本大学文理学部）・菱木繁臣（同）

<文化財科学一般>

23　宮城県歌津町所在田束山山頂経塚群他における地下レーダー探査　…46
(13：30) 中村浩（大谷女子大学）・時枝務（東京国立博物館）・千葉一夫（歌津町教育委員会）・新沼岩保（㈱サンコーコンサルタント）・村上真由美（同）・○頃安敏雄（同）
24　地中レーダー探査及びコンピュータデータ解析　-西都原　100号墳-　…48
(13：45) ○Dean Goodman（マイアミ大学地球物理学応用考古学探査研究所中島研究所）・本郷泰道（宮崎県教育委員会）・東憲章（同）・前畑幸雄（石川県中島町教育委員会）・唐川明史（同）
25　残留磁気による縄文時代の"灰床炉"の被熱の判定　…50
(14：00) ○時枝克安（島根大学理学部）・成亨美（富山大学理学部後期博士課程）

[休憩]　14：15～14：30　（ポスターセッション解説　14：00～14：45）

26　シーボルトとガウランド　-日本考古学の紹介者-　…52
(14：30) 大沢眞澄（昭和女子大学文学部）
27　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　…54
(14：45) ○早川泰弘（東京国立文化財研究所）・平尾良光（同）・三浦定俊（同）・田村浩一（セイコーインスツルメンツ㈱）・杉原敬一（同）・佐藤正雄（同）・四辻秀紀（徳川美術館）・徳川義崇（同）
28　三角縁神獣鏡の三次元形状計測と立体観察　…56
(15：00) 河上邦彦（奈良県立橿原考古学研究所）・○今津節生（同）・鈴木勉（同）
29　古人骨にみられる病理学的所見　-近世・近代人骨を中心として-　…58
(15：15) ○谷畑美帆（東京大学理学部・人類/日本学術振興会特別研究員）・岩本渉（東京女子医科大学システム工学科）
30　大谷コレクション敦煌・トルファンコレクション教典紙片の繊維組織観察　…60
(15：30) ○笠嶋聖（龍谷大学大学院）・西口義仁（同）・谷本耕一（同）・江南和幸（龍谷大学理工学部）・田中利生（龍谷大学大宮図書館）・河野益近（京都大学大学院工学研究科）

ポスターセッション

【第1日】　6月26日（土）　9：00～10：00　展示準備
10：00～17：15　展示　（解説　14：20～15：20）

【第2日】　6月27日（日）　10：00～15：00　展示　（解説　14：00～14：45）
15：00～15：45　展示撤去

<年代測定>

P1　Single aliquot dating of pottery from Helike in Greece　…76
D.G. Hong・R.B. Galloway (Department of Physics and Astronomy, The University of Edinburgh)・T. Hashimoto (Department of Chemistry, Faculty of Science, Niigata University)

P2　考古学試料小片からの天然放射性核種の見積もりとTL年代測定への試み　…78
○小松康子（新潟大学大学院自然科学研究科）・橋本哲夫（新潟大学理学部）

P3　前期旧石器遺跡（福島県原セ笠張遺跡）におけるTL年代とOSL年代の比較研究　…80
○北代陽子（奈良教育大学）・長友恒人（同）・柳田俊雄（東北大学総合学術博物館）

P4　最新型加速器質量分析計による高精度、高正確度のC-14年代測定　…82
○中村俊夫（名古屋大学年代測定資料研究センター）・丹生越子（同）・小田寛貴（同）・池田晃子（同）・南雅代（同）・太田友子（同）・ルディ　パルス（High Voltage Engineering Europe)

P5　加速器質量分析計による^{14}C年代測定法を用いた古代鉄生産の実体解明（I）　…84
○山田哲也（㈱元興寺文化財研究所保存科学センター）・塚本敏夫（同）・中村俊夫（名古屋大学年代測定資料研究センター）・小田寛貴（同）・小野直俊（名古屋大学大学院工学研究科）

P6　骨化石に対する信頼度の高い^{14}C年代測定　-XAD-2樹脂を用いる外来炭素の除去-　…86
○南雅代（名古屋大学・日本学術振興会特別研究員）・中村俊夫（名古屋大学年代測定資料研究センター）

P7　縄文時代の高精度編年をめざしてII　-層序を利用した年代の精密化-　…88
○今村峯雄（国立歴史民俗博物館）・辻誠一郎（同）・春成秀爾（同）・西本豊弘（同）・坂本稔（同）

P8　考古年代と^{14}C年代の地域差について　…90
木立雅朗（立命館大学文学部）

<古環境>

P9　昆虫遺体群集から推定される岐阜県大垣市荒尾南遺跡の古環境　…92
○千藤克彦（㈱岐阜県文化財保護センター）・森勇一（愛知県立明和高等学校）

P10　ウズベキスタン共和国ダルヴェルジン・テペから出土した植物遺体　…94
○野澤樹（静岡大学農学部）・佐藤洋一郎（同）

P11　縄文時代におけるクリの栽培化に関する研究　…96
○高橋光子（静岡大学農学部）・山中慎介（同）・岡田康博（青森県教育庁）・伊藤隆三（小矢部市教育委員会）・伊庭功（滋賀県文化財保護協会）・廣川達麻（森町教育委員会）・阿部千春（北海道南茅部町教育委員会）・佐藤洋一郎（静岡大学農学部）
P12　昭和17年の空中写真を用いた東大阪市域の現地表面の修正とGISによる遺跡環境の評価　…98
○松田順一郎（㈶東大阪市文化財協会）・下妻勇輔（㈱パスコ大阪支社計測技術部）
P13　大阪府鬼虎川遺跡周辺における縄文時代～弥生時代の景観復原に関する予察　…100
○別所秀高（㈶東大阪市文化財協会）・松田順一郎（同）
P14　石川県能都町真脇遺跡の空間分析　…102
○高田秀樹（能都町教育委員会）・北原哲郎（応用地質株式会社）・峠美穂（同）

＜材質・技法＞
P15　植物繊維素材の基準資料の作製　…104
○遠藤利恵・岡田文男（京都造形芸術大学）
P16　文化財染織品の復元に使用される天然染料に関する研究　…106
○河合貴之（京都工芸繊維大学大学院）・前川善一郎（同）・佐々木良子（奈良国立文化財研究所）・佐藤昌憲（同）
P17　縄文時代漆工技術の研究　-押出遺跡出土の櫛状製品を中心にして-　…108
○武田昭子（昭和女子大学）・田中千晶（同）
P18　武田西塙遺跡にみる古墳時代における鉄器製作活動について-遺物の形状とその組成を通して-　…110
○関博充（東京学芸大学）・白石真理（ひたちなか市埋蔵文化財センター）・服部哲則（東京学芸大学）・赤沼英男（岩手県立博物館）
P19　古代甲冑制作技術の復元　-谷内21号墳出土甲冑の復元制作を通じて-　…112
○塚本敏夫（㈶元興寺文化財研究所）・尾崎誠（同）・伊藤隆三（小矢部市教育委員会）・塚田一成（同）・杉本圭介（すぎもと古美術修理）・杉本和江（同）
P20　^{57}Coγ線を用いた蛍光X線分析による青銅材質の分析-腐食の影響を受けない非破壊蛍光X線分析法の開発と青銅材質の分析-　…114
○小泉好延（東京大学アイソトープ総合センター）・小林紘一（東京大学原子力研究総合センター）・河野益近（京都大学大学院工学研究科）・伊藤博之（和光金属技術研究所）
P21　東京大学本郷構内遺跡（旧加賀藩邸）から出土した磁器上絵の材質分析　…116
○小泉好延（東京大学アイソトープ総合センター）・小林紘一（東京大学原子力研究総合センター）・堀内秀樹（東京大学埋蔵文化財調査室）・成瀬晃司（同）・原祐一（同）・大成可乃（同）・中野忠一郎（東京大学原子力研究総合センター）
P22　東京大学本郷構内遺跡（旧加賀藩邸）から出土したキセルの材質分析　…118
○原祐一（東京大学埋蔵文化財調査室）・小泉好延（東京大学アイソトープ総合センター）・伊藤博之（和光金属技術研究所）・寺島孝一（東京大学埋蔵文化財調査室）
P23　瓜生堂遺跡より出土した弥生時代中期の土器薄片の観察-岩石学的・堆積学的による-　…120
松田順一郎（㈶東大阪市文化財協会）・○三輪若葉（同）・別所秀高（同）

P24　カマン・カレホユック遺跡出土土器の物質科学的研究
-前期青銅器時代の土器の化学組成と石灰利用について-　…122
神田信之（東京理科大学理学部）・○中井泉（同）
P25　アイヌ玉の考古化学的研究（2）　…124
○斎藤亜三子（東京理科大学）・早川泰弘（東京国立文化財研究所）・平尾良光（同）・中井泉（東京理科大学）・佐々木利和（東京国立博物館）
P26　須恵器窯跡の帯磁率測定　-焼成技術の復原にむけて-　…126
木立雅朗（立命館大学文学部）

＜産地＞
P27　多功南原遺跡出土黒曜石の蛍光X線分析による産地推定　…128
望月明彦（沼津工業高等専門学校）・○辺見哲也（同）
P28　AT下位遺跡出土の黒耀石の産地推定（1）　…130
○大越秀明（沼津工業高等専門学校）・望月明彦（同）
P29　鷹山遺跡群における黒耀石利用の様相　…132
○小林克次（明治大学大学院）・望月明彦（沼津工業高等専門学校）
P30　蛍光X線分析による九州地方の黒曜石の検討　…134
○高橋豊（沼津工業高等専門学校）・望月明彦（同）
P31　EDS分析による箱根西麓斜面の旧石器遺跡観音洞遺跡群出土黒曜石の産地分析　…136
○高橋豊（沼津工業高等専門学校）・西田史朗（奈良教育大学）
P32　石器・玉類の原材産地分析（15）　…138
○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）・東村武信（関西外国語大学）
P33　クリストバライトによる溶結凝灰岩製石棺の産地推定　…140
○山口一裕（岡山理科大学理学部）・福田正継（岡山県古代吉備文化財センター）・三宅寛（岡山理科大学理学部）
P34　福岡県糸島地域の甕棺の胎土分析　…142
○中園聡（九州大学）・三辻利一（奈良教育大学）・河合修（志摩町教育委員会）
P35　南西諸島貝塚時代後期土器の胎土分析　…144
○中園聡（九州大学）・上村俊雄（鹿児島大学）・三辻利一（奈良教育大学）
P36　陰田遺跡群出土須恵器の産地問題　…146
○三辻利一（奈良教育大学）・矢代学（同）
P37　横穴墓群出土須恵器の産地問題　…148
三辻利一（奈良教育大学）・藤本理子（同）・○小村美代子（同）
P38　モンゴル瓦、レンガの生産と供給　…150
三辻利一（奈良教育大学）・○平井孝憲（同）・森安孝夫（大阪大学）・松井太（同）・松田孝一（甲子園大学）
P39　陶磁器片からの熱ルミネッセンス特性とその文化財研究への利用　…152
○橋本哲夫（新潟大学理学部）・真柄美和（同）
P40　須恵器片からのアフターグローカラー画像と熱ルミネッセンス特性の産地依存性　…154
○西山笑子（新潟大学大学院自然科学研究科）・三辻利一（奈良教育大学）・橋本哲夫（新潟大学理学部）

P41　トルコ共和国のカマン・カレホユック遺跡から出土した鉛製品の鉛同位体比　…156
○榎本淳子（放送大学）・平尾良光（東京国立文化財研究所）
P42　福田型銅鐸の鉛同位体比　…158
○鈴木浩子（東京国立文化財研究所保存科学部）・平尾良光（同）・井上洋一（東京国立博物館）
P43　鉱山から採取した水銀朱の微量元素分析　…160
○南武志（近畿大学豊岡短期大学）・中西信一（日本地学研究会）・今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）
P44　カレホユック遺跡出土土器の含有鉱物による分類の試み　…162
○宮野理（東京理科大学理学部）・松永将弥（同）・中井泉（同）
P45　近世銭貨の原料産地に関する自然科学的研究　…164
○斎藤努（国立歴史民俗博物館）・高橋照彦（奈良国立博物館）・西川裕一（日本銀行貨幣博物館）

＜保存科学＞

P46　清水市巴川出土丸木舟の保存処理　…166
○西尾太加二（㈶静岡県埋蔵文化財調査研究所）・高妻洋成（奈良国立文化財研究所）・渡辺康弘（清水市教育委員会）
P47　出土木材の保存処理における含フッ素オリゴマーの添加効果　…168
○北代慶子（奈良工業高等専門学校）・河越幹男（同）・澤田英夫（同）
P48　含塩鉄器の脱塩処理に及ぼす含フッ素オリゴマー添加の影響とその速度論的研究　…170
○吉原忍（奈良工業高等専門学校）・河越幹男（同）・澤田英夫（同）・川本耕三（㈶元興寺文化財研究所）
P49　縄文遺跡に対する土と石の強化保存剤（TOT）処理
（山梨県北都留郡丹波山村高尾遺跡）　…172
○深井亮太（㈱田中地質コンサルタント）・豊田昌宏（福井工業高等専門学校物質工学科）・十菱駿武（山梨学院大学）
P50　糖アルコール含浸法による漆製品の処理　…174
○西口裕泰（㈱京都科学）・伊藤幸司（㈶大阪市文化財協会）・鳥居信子（同）・今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）・北野信彦（くらしき作陽大学）
P51　出土有機鉱物を素材とする棗玉の性質と保存処理
-茨城県東町東大沼古墳群第7号墳出土棗玉について-　…176
○植田直見（㈶元興寺文化財研究所）・室賀照子（奈良県立橿原考古学研究所共同研究員）・森田忠治（東町立歴史民俗資料館）
P52　出土琥珀の劣化について（2）　…178
○植田直見（㈶元興寺文化財研究所）・米光直志（九州産業大学）・室賀照子（奈良県立橿原考古学研究所共同研究員）
P53　顔料劣化の基礎的研究　…180
○和田浩（京都大学大学院人間・環境学研究科）・沢田正昭（奈良国立文化財研究所）
P54　沖縄県、重文・園比屋武御嶽石門の保存修復処置と15年経過後の状態　…182
西浦忠輝（東京国立文化財研究所）
P55　展示空間の温熱環境の解析　…184
○佐藤豊（昭和女子大学）・武田昭子（同）・中島利誠（同）

P56　展示ケース内の温熱環境上の諸問題と対策　…186
赤沼英男（岩手県立博物館）・宮野則彦（日本大学）・水谷章夫（名古屋工業大学）・○宮野秋彦（同）
p57　千葉市・加曽利貝塚遺跡における遺構保存を目的とした環境調査（Ⅱ）　…188
○朽津信明（東京国立文化財研究所）・青木繁夫（同）

＜文化財科学一般＞

P58　比抵抗探査データの2次元逆解析手法の提案　…190
○森正人（東京工業大学）・松浦孝昌（同）・亀井宏行（同）・中井正幸（大垣市教育委員会）・工藤博司（桜小路電機㈱）
P59　地中レーダ探査とボーリングを組み合わせた古地形復元
-岐阜県昼飯大塚古墳の周濠探査-　…192
○亀井宏行（東京工業大学）・中井正幸（大垣市教育委員会）・工藤博司（桜小路電機㈱）
P60　レンジファインダを用いたリアルタイム遺構計測の試み
-三次元形状計測による文化財のデータ保存システム構築と応用（5）-　…194
○塚本敏夫（㈶元興寺文化財研究所）・増澤文武（同）・佐藤宏介（大阪大学）・小浜　成（大阪府教育委員会）
P61　文化財のフィールド調査のための簡易携帯型蛍光X線分析装置　…196
○今村峯雄（国立歴史民俗博物館）・神庭信幸（東京国立博物館）
P62　OSL・TL・ESR法による焼石・焼土の被熱温度の推定（2）
-TL法・OSL法による被熱温度推定の基礎的研究-　…198
○奥山誠義（奈良教育大学大学院）・長友恒人（奈良教育大学）
P63　四分遺跡発見の合葬墓　…200
○深澤芳樹（奈良国立文化財研究所）・鈴木恵介（同）・片山一道（京都大学霊長類研究所）・杉原清貴（京都大学大学院）
P64　天理市長寺遺跡から出土した弥生時代の人骨について
-人骨の保存方法と複顔-　…202
○松本洋明（天理市教育委員会）・片山一道（京都大学霊長類研究所）
P65　神戸新方遺跡出土の弥生時代前期の人骨について　…204
○千種浩（神戸市教育委員会）・山口英正（同）・片山一道（京都大学霊長類研究所）
P66　イヌ遺存体の古病理に関する基礎的研究　…206
○沖田絵麻（岡山理科大学大学院）・富岡直人（岡山理科大学理学部）
P67　遺跡出土脊椎動物遺存体画像データベースの研究　…208
富岡直人（岡山理科大学理学部）
P68　土器に吸着された脂質の基礎的研究（7）
-環境と時間が動物性脂質に含まれている脂肪酸とグリセリドにどの様な影響を及ぼすか-　…210
○堀内（楠岡）晶子（国際キリスト教大学）・山根知子（同）
P69　富木車塚古墳（大阪府高石市）出土の繊維製品　…212
立花るり子（㈶大阪府文化財調査研究センター）

P70　染織文化財における繰り返し文様のデータベース構築　…214
○野中誉子（京都工芸繊維大学大学院先端ファイブロ科学）・黒川夏樹（同）・前川善一郎（同）・佐藤昌憲（奈良国立文化財研究所）
P71　元素分析を通じて見た大谷コレクション敦煌・トルファン教典紙片の特徴　…216
○笠嶋聖（龍谷大学大学院）・西口義仁（同）・谷本耕一（同）・江南和幸（龍谷大学理工学部）・田中利生（龍谷大学大宮図書館）・河野益近（京都大学大学院工学研究科）
P72　物理・化学的に非破壊の手法を用いた古墨の微量元素分析
-In-Air-PIXE法の考古試料への応用-　…218
○河野益近（京都大学大学院工学研究科）・吉田紘二（同）・森谷公一（同）・菅瀬晶（同）・江南和幸（龍谷大学理工学部）・内田俊秀（京都造形芸術大学文化財科学）
-広島県廿日市市宗高尾城跡の地鎮の検討--
P73　平安時代地鎮の文化財科学的研究　…220
○西山要一（奈良大学）・浅岡俊夫（六甲山麓遺跡調査会）・藤田広幸（廿日市市教育委員会）・木下密運（奈良大学）・
P74　墳墓出土赤色顔料の分析方法に関する基礎的研究その1
-発掘調査現場でのサンプリングについて-　…222
本田光子（別府大学）
P75　出土遺物の実体顕微鏡観察のすすめ
-若杉山遺跡出土土器片に確認された赤色顔料-　…224
高島芳弘（徳島県立博物館）・○魚島純一（同）・北條ゆうこ（元徳島県立博物館）
P76　X線透過撮影による銅鐸製作技法復元の可能性　…226
○魚島純一（徳島県立博物館）・小泉武寛（金属工芸家）

第一部
口頭発表

6月26日（土）10：00～14：45

6月27日（日） 9：30～15：45

奈良教育大学　講堂

1

遺跡土壌に残る無機物質による生活痕の推定

○荻野麻理（奈良女子大学）　的場輝佳（奈良女子大学）
松井章（奈良国立文化財研究所）　宮崎貴夫（長崎県教育委員会）

1．はじめに

従来、遺跡土壌に残る生活痕の研究は、無機物質ではリンを指標に行なわれてきた。遺跡に存在するリンには、人間の肉体や骨格、排泄物に由来するものと、人間の食料残滓に由来する「汚染」物質とがあり、リンの有無、あるいは集中を指標として、墓壙、生活面を推定しようとするものである。しかし近年のリン肥料をはじめとする施肥、その他の土地改良事業などによって、最近の耕作面には多くのリンが蓄積されている。さらに無機塩類は、雨水などに起源する地下水によっても、活発に深部に、そして地下水の流れとともに移動することがわかり、リン分析だけでは十分な結果を得ることができないことを実際に体験してきた。そこで本研究では、従来あまり着目してこなかった、リン以外の無機元素を取りあげ、リンを含めた多元素の含有パターンを指標に、過去の生活痕を明らかにすることを試みた。今回の発表では、長崎県教育委員会による壱岐、原の辻遺跡の原Ⅰ地区第3号住居跡（古墳時代初頭：布留式期）の土壌と、小児甕棺（弥生時代中期）内の土壌を採取し、人間活動に由来すると思われる複数の無機元素の検証を行った。分析にはICP（誘導結合プラズマ）発光分析法をもちいて指標となりえる複数の元素の定量分析を行った。

2．方法

・土壌試料のサンプリング

遺構検出中の原Ⅰ地区第3号住居跡より土壌を採取した。他に切り合いが見られないことを確認した後、検出の終了した住居跡の東半部に1mグリットを設け、交点ごとに住居

図1．原の辻遺跡原Ⅰ地区第3号住居址平面図とサンプリング地点（グリッドの交差部ごとに土壌を採取した。

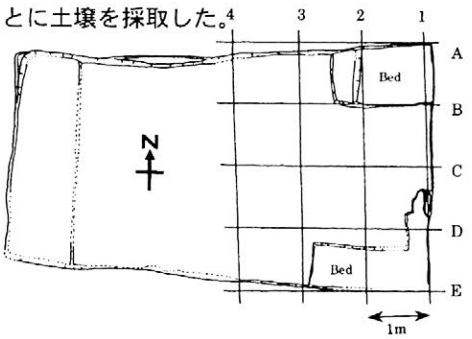
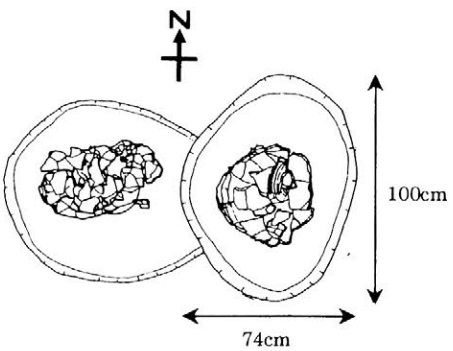


図2．原の辻原Ⅰ地区小児甕棺遺構実測図



跡の内外の土壌を20点採取した。小児甕棺の試料は、甕棺（Pit1、Pit2）内部から5サンプル、墓坑の掘方から2サンプル、墓坑外の生活面から3サンプルを採取した。また、墓坑付近に露出する地山からも3サンプルを採取し、人間活動の行われた地点と自然の土壌の成分とを比較した。

・分析手法

採取した土壌は、それぞれ風乾後、硝酸－過塩素酸で湿式灰化し、灰化溶液を用いてICP発光分析に供した。分析元素はアルミニウム、カルシウム、クロム、銅、鉄、カリウム、マグネシウム、マンガン、ナトリウム、リン、チタン、亜鉛の12元素を選択し、分析値は土壌100g中のmg数に換算した。このデータを用いて、リン・カルシウム含量の比較、2種類の統計解析（K-means分析、主成分分析）を行った。

3．結果

住居内の床面土壌には住居外と比較して、リン、カルシウムに高い値が認められた。一方、小児甕棺では、甕棺内にリン・カルシウム含量が高い傾向が見られながらも、遺構外に比して有意差がなく、この場所に遺骸が存在したことは判定できなかった。しかし多元素分析を行い、複数の元素の結果を統計解析することによって、甕棺内と甕棺外の土壌をそれぞれ別のグループに分離することができた。この結果、従来行われてきたリン分析だけでなく、多元素の組み合わせのパターンを統計解析することによって、リン分析のみでは不可能であった生活痕を判定できることを明らかにした。今後、このような遺構ごとの基礎データを蓄積し比較することによって、性格の明かでない遺構についても、多元素の組み合わせパターンの解析で人間の生活痕を明かにすることができるであろう。

図3．住居跡の組成分析

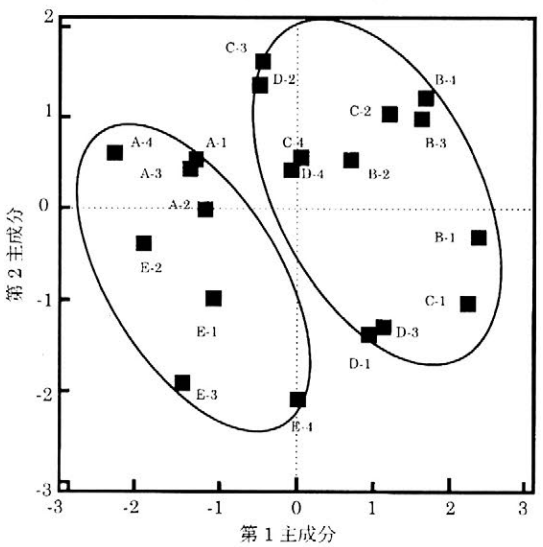
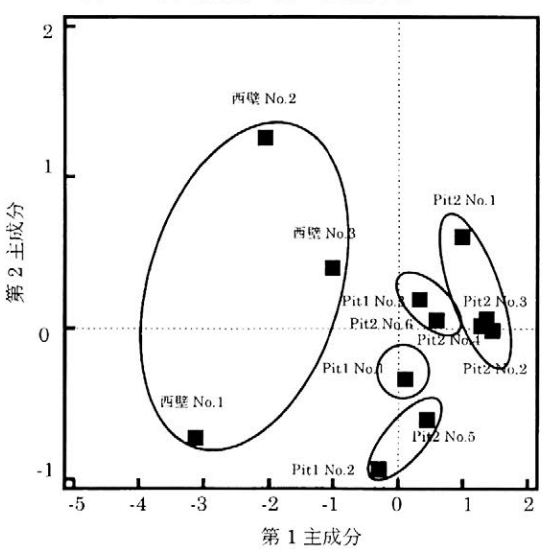


図4．小児甕棺土壌の組成分析



2

島根県東部におけるスギ林の分布

－玉湯町大野田遺跡の花粉分析結果より－

渡辺正巳（文化財調査C㈱）・勝部　衛（玉湯町立出雲玉作資料館）

はじめに

島根県東部簸川郡大社町には、「杵築（きづき）の大社（出雲大社）」が現存する。出雲大社の神殿成立時期は明らかでないが、659年までは遡ることが可能である（千家，1997）。また、出雲大社は他に類を見ない巨大木造建築物であり、平安時代の神殿の高さは16丈（48m）にも達したことが知られ、当時の復元模型も作られている（藤沢，1997）。一方で、出雲大社造営のための木材（ヒノキ、スギ）の産地として、「出雲国風土記」には吉栗山（よしくりやま）（佐田町一窪田、久利原山：加藤，1962）の名が記されている。しかし、久利原山周辺には現在スギの天然林は分布していない。このような中、1999年1月に島根県大田市三瓶町多根で直径1～1.5mにも達するスギ他の巨木からなる三瓶小豆原埋没林（およそ4,000年前の三瓶火山の爆発に起因して形成されたと考えられている（松井，1999）。）が発見された。今後埋没林の詳細が明らかになれば、風土記時代の吉栗山周辺をイメージさせる材料となりうるであろう。

島根県東部（一部鳥取県西部）では大西（1977）以降、花粉分析が高密度で実施・公表されている。また、これらの成果は大西ほか（1990）、大西（1993）により、10,000年前以降の地域花粉帯としてまとめられている。大西（1993）は、弥生時代から古墳時代にかけての時期をイネ科花粉帯スギ亜帯とし、低湿地にスギ林が発達したとの考えをまとめた（近年出版された日本全国の花粉分析データー集ではこれらの業績が抜け、島根県東部がスギ林を欠く地域とされていることは残念なことである。）。しかし具体的なスギ林の位置については、大西（1993）は言及していない。

スギ林の分布推定地域

従来島根県東部地域でのスギ属花粉の高率出現は、北講武氏元遺跡（八束郡鹿島町：此松，1989）、西川津遺跡および周辺の遺跡（松江市：大西，1979ほか）で報告があるほか、東部西端のＫＢ地点（簸川郡湖陵町）でも認められ、周辺地域でのスギ林分布が示唆されていた。

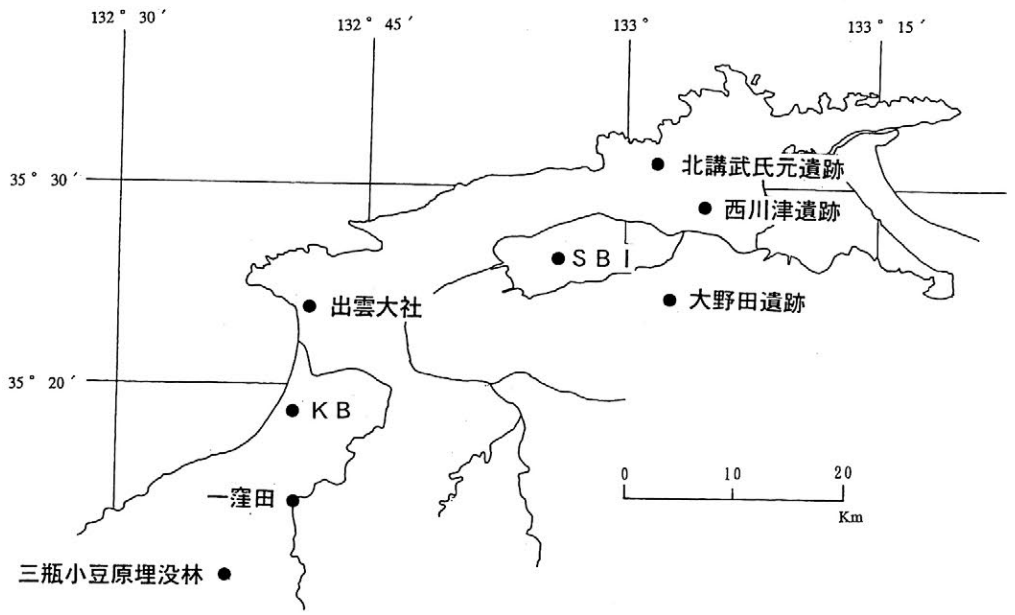


図1　関係地点の位置

今回花粉分析を実施した玉湯町大野田遺跡では、弥生時代後期から古墳時代にかけての時期にスギ属花粉の出現率が50％以上に達するほか、同遺跡からおよそ1Km離れた地点ではスギ（？）の大木（倒木）が、耕作土下位層から見つかっている。このようなことから、大野田遺跡近辺にスギ林が広がっていた可能性は極めて高い。

現在では、スギの天然分布はいわゆる「中間温帯」を中心としている。今回の結果などから、過去にはスギが「暖温帯」中にも分布していたことが、より確実になった。

弥生農耕とスギ林

今回の分析では、スギ属花粉と共にイネ科花粉も高率で出現する。同様の傾向は西川津遺跡および周辺の遺跡、ＫＢ地点でも認められている。スギの生育に水は欠かせないが、滞水するような地点での生育が可能であったとは考えにくい。谷沿いの暖傾斜地や扇状地上などの伏流水の多い地域にスギ林が分布し、湿原が開墾され水田耕作が行われたのではなかろうか。

3

中国江蘇省新石器時代遺跡から出土した土器のプラント・オパール分析

○宇田津徹朗（宮崎大学）、湯陵華（江蘇省農業科学院）、鄒厚本（南京博物院）、
王才林（江蘇省農業科学院）、孫加祥（同）、藤原宏志（宮崎大学）

1．はじめに

これまで、中国の稲作起源を論ずる上で、稲作遺跡の時代とその分布は、重要な根拠とされている。

実際、稲作、特に水田稲作は高度な農業技術であり、その起源や伝播を研究する上では、少数の遺跡の詳細なデータも重要であるが、同時に稲作が行われていた遺跡の分布、遺跡密度といった面的なデータの蓄積も極めて重要である。

しかし、これまで稲作遺跡とされてきた遺跡では炭化米をはじめとするイネ遺物が出土した遺跡であり、イネプラント・オパールの存在についてまで検討された遺跡はきわめて少ない。したがって、遺跡土壌および出土土器に含まれるプラント・オパールを調べることにより、新たに稲作遺跡として確認できる遺跡が存在することが期待される。

そこで、本報では、江蘇省内に分布する発掘調査の終了した新石器時代遺跡の出土土器についてプラント・オパール土器胎土分析を行い、上述の問題について検討を行った。

2．材料と方法

1）調査遺跡の概要

江蘇省内に分布する以下の７つの新石器時代遺跡から出土した土器合計３０点について分析を行った。なお、発掘はすべて南京博物院によるものである。

1:句容丁沙地遺跡
2:鎮江丹徒鎮四脚墩遺跡
3:沭阳万北遺跡
4:泗洪梅赵庄遺跡
5:连云港朝阳遺跡
6:海安青墩遺跡
7:南京北阴阳营遺跡

図　調査遺跡の分布

今回は、江蘇省内における稲作の広がりを検討する意味もあり、省内各地に所在する新石器時代遺跡を選定した。なお、発掘報告書にイネ遺物が報告されているのは、海安青墩遺跡だけ（炭化した籾殻が出土）であり、その他の遺跡ではイネ遺物の出土は報告されていない。

2）試料の調整

試料の調整は、藤原等の方法によって行った。なお、今回は、土器胎土中のプラント・オパールを定量するためにガラスビーズを混入した。

3）分析方法

○定性および定量分析

調整した試料について定性および定量分析を行った。今回、同定と定量の対象としたイネ科植物は、イネ、ヨシ、タケ、ススキ、キビ族である。

○形状分析

イネプラント・オパールが検出された試料について、形状分析を行った。形状の測定は、イネプラント・オパールの各部形状（縦長、横長、側長、b）を顕微鏡と接続した画像解析装置を用いて行った。

これらの形状値を下記の判別式に代入し、亜種を判別した。

判別値＝ 0.497 ×縦長-0.2994 ×横長＋ 0.1357 ×側長-3.8154 ×（b/a）-8.9567

（判別値＜０：インディカ、判別値＞０：ジャポニカ）

３．分析結果

①定性および定量分析の結果

定性分析の結果、沭阳万北遺跡、泗洪梅赵庄遺跡を除く５つの遺跡の土器片からイネプラント・オパールが検出された。

定量分析の結果、海安青墩遺址の土器片から、１ｇ当たり５０００個を越える密度でイネプラント・オパールが検出された。検出密度から考えて、この土器片は水田土壌を材料として作成された可能性が高いと判断される。なお、土器片作成時にイネ葉身または、その灰が混入された可能性も考えられるが、葉身１ｇに由来するイネプラント・オパールは２０万個にも及ぶため、その場合には、密度がもっと高くなるはずであり、その可能性は低いと判断された。

②形状解析の結果

検出密度の高かった海安青墩遺跡の土器片について形状分析を行った。分析の結果、イネプラント・オパールの形状は以下のようになった。

縦長：38.74 μｍ，横長：31.2 μｍ，側長：29.04 μｍ，b/a：0.885

判別値を計算すると判別得点は 1.34 となり、ジャポニカと判別された。

４．考察

江蘇省内の７つの新石器時代遺跡についてプラント・オパール土器胎度分析を行った結果、句容丁沙地遺跡、镇江丹徒镇四脚墩遺跡、连云港朝阳遺跡、海安青墩遺跡、南京北阴阳营遺跡の出土土器からイネプラント・オパールが検出された。

海安青墩遺跡以外は、イネ遺物の出土が報告されていないため、他の４遺跡は土器胎土分析により、新たに稲作遺跡として確認されたことになる。

特に、江蘇省の北側に位置する连云港朝阳遺跡でイネプラント・オパールが検出されたことにより、B.P.6000 ～ 5000 の段階には江蘇省の北側まで稲作が広がっていた可能性が高いと考えられる。

4

古代米の遺伝的特性（1）
- 2つの*japonica*の混在 -

佐藤洋一郎（静岡大学農学部）

*japonica*に属するイネは温帯*japonica*と熱帯*japonica*に分かれる（Oka, 1958; Sato et al. 1987）。前者は水田稲作に、後者は粗放な稲作に適応する。演者らは、温帯*japonica*は縄文時代晩期から弥生時代にかけて水田稲作とともに渡来してきたと考えてきたが、最近各地で出土する炭化米のDNA分析によって、水田稲作を行っていたと考えられる複数の遺跡から、温帯*japonica*とともに熱帯*japonica*を見い出した。ここではその概要を報告する。

分析に用いた炭化米は図1に示す6遺跡から出土した124点である。定法（界面活性材SDSによってDNAを抽出する方法）によってこれらから全DNAを抽出し、2段階のPCR法（DNA合成酵素を利用して特定領域のDNAだけを増幅する方法）でその一部を増幅させた。増幅領域は、1）葉緑体DNAの中にあるPS-ID領域（Nakamura et al., 1997）、2）12-マーのプライマーであるCMNA20およびCMNA22により増幅される核DNAの領域、および3）マイクロサテライト領域（2、3塩基程度の同じ配列が繰り返し並ぶ領域）間の領域を増幅するプライマーUBC827によって検出される領域、の3つとした。1）はPCR後、その塩基配列を決定し、また2）および3）では電気泳動して得たバンドパターンをもとに、熱帯-温帯の判定を下した。

*japonica*と判定された遺物のうち、温帯*japonica*と判定されたものは28粒、熱帯*japonica*と判定されたものは43粒であった。熱帯*japonica*はどの時代からも出土したが、その比率は時代とともに低下した。残り53粒はそのどちらとも判定できなかったか、または中間型であった（表1）。

表1　6遺跡から出土した稲遺体の熱帯*japonica*-温帯*japonica*の判定

遺跡	遺構	時代	種子数				
			熱帯	対全体比%	温帯	雑種	合計
下之郷	環濠内	弥生時代	12	60.0	6	2	20
	井戸下層	中期	4	57.1	1	2	7
	井戸下層		1	12.5	4	3	8
高樋		弥生時代	1	33.3	2	0	3
下老子笹川		弥生後期	15	25.9	3	40	58
弥勒寺東	倉庫？	奈良	8	44.4	4	6	18
三内丸山	住居	平安～鎌倉	1	25.0	3	0	4
川田条理	水田面	江戸	1	16.7	5	0	6
合計			43		28	53	124

これら遺跡のうち青森県高樋遺跡、滋賀県下之郷遺跡は水田遺構が検出されてい

るか、または環濠が発見された「弥生型」の遺跡である。これらからも熱帯*japonica*が検出されたことは日本における水田の渡来と展開を考える上で極めて示唆に富む事実である。

熱帯*japonica*、温帯*japonica*と判定された種子について、その粒の形状や大きさを調べた。熱帯*japonica*では玄米の大きさや形に大きな変異が認められたが、温帯*japonica*ではその変異が小さかった。また熱帯*japonica*は温帯*japonica*に比べ大きく細長かった（表2）。これらの事実は、水田稲作とともに渡来した温帯*japonica*の集団がかねていわれてきたよりはるかに小さかった可能性を示唆する。

表2　下老子笹川遺跡から出土した熱帯温帯種子（玄米）の大きさおよび形の変異

長さ（mm）

	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	計
熱帯*japonica*			1	5	4	4	1	15
温帯*japonica*		1		1	1			3

長/幅比

	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	計
熱帯*japonica*			1	2	4	5	1	1		15
温帯*japonica*			1	1	1					3

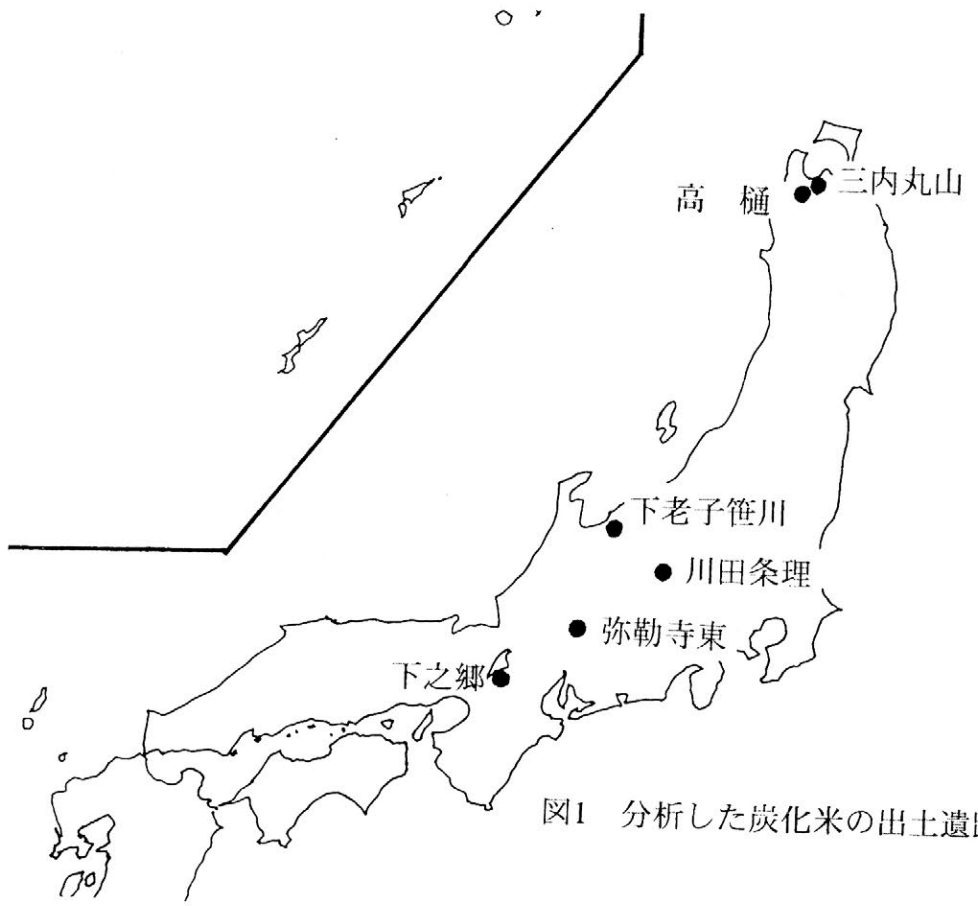


図1　分析した炭化米の出土遺跡

5

タイ国アユタヤの歴史的レンガ建造物中の水分移動解析

○石崎武志、朽津信明、西浦忠輝（東京国立文化財研究所）
ユッカシムネック（米国農務省塩類研究所）

1.はじめに

タイのアユタヤのレンガ建造物、パキスタンのモヘンジョダロ遺跡などは、塩類風化の影響を受けて建造物の劣化が進んでいる。塩類風化とは、乾燥期に、水分が建造物材料表面で蒸発し、水分が表面近くまで運ばれる際に塩類が析出しその析出の結晶圧で材料骨格の接合が破壊され徐々に劣化していく現象である。そのため、乾燥期の水分移動を把握することは非常に重要である。本報告では、アユタヤのレンガ建造物中の水分量変化を降水量や可能蒸発散量などの気象データと材料の水分特性のデータから年間の水分量変化や表面近くでの水分移動量の変化等を有限要素法（FEM）水分移動解析プログラム（HYDRUS-2D）を用いて計算し実測結果と比較したので以下に報告する。

2.現場測定の概要

現在観測を行っているタイ、アユタヤのワットマハタット（Wat Mahathat）と呼ばれるレンガ建造物の西方向から撮影した写真を図１に示す。この建造物は、アユタヤ王朝の初期（１４世紀後半）に建てられたものと言われている。図２に建造物を東西方向で切った断面図を示す。ほとんどレンガがむき出しの状態であるが一部漆喰が表面に残っている所もある。図中のＡで示したところが塩類風化の激しいところで、乾期には塩類の析出が見られる場所である、一方Ｂで示したところは乾季でも塩類の析出があまり見られず、塩類風化の影響が少ないところである。

図１　レンガ建造物の写真（西から撮影）

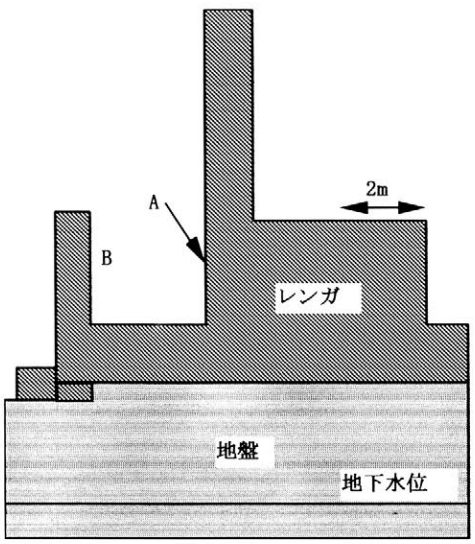


図２レンガ建造物の東西断面の模式図

3．計算方法

気象条件として重要なのは、降水量と可能蒸発散量である。これらは、現地での観測結果とタイ気象局のデータを利用した。また、地下水位は1997年9月から1998年3月までの測定値から外挿して求めた。レンガ建造物中の水分分布、水分移動量などを計算するためには、これらの環境データの他に、漆喰、レンガ、土の水分特性曲線、不飽和透水係数などの物性値が必要である。漆喰、レンガに関しては、pF の高い領域（非常に乾燥した状態）までデータが取られている尾崎らの結果を用いた。土の水分特性曲線としてはシルトロームのデータを用いた。不飽和透水係数に関しては、測定した飽和透水係数と水分特性曲線のデータから、米国塩類研究所のシムネックらの開発した方法で求めた。

多孔質材料中の水分移動は、リチャーズ式と呼ばれる、偏微分方程式で表される。ここでは、詳細は省略するが、基本的には、レンガ構造物を、3角形の小さなメッシュと呼ばれる要素に分け、すべての要素で、そこでの圧力勾配による水分の移動を時間経過とともに計算する手法を用いる。この方法は、有限要素法（FEM）とよばれる。計算には、米国塩類研究所で開発したソフトウエアー（HYDRUS-2D）を用いた。

4．計算結果と考察

レンガ建造物の3月、9月の含水比分布の計算結果を図3に示す。計算結果から、乾季の終わりである3月は、レンガ全体の含水率が低くなっているのがわかる。雨季の終わりの9月では、D 部分に蓄えられた水が、表面の水の蒸発と共に表層へ流れてくる。A 点と B 点を比較すると、A 点では、表面付近に大きな含水率の勾配があり水の流れが大きいのに対して、B 点では、含水率の勾配が小さく水の流れが小さいことがわかる。これは、レンガ中に溶存した塩類が、A 点で多く表面近くに運ばれていることを示している。このことは、A 点でのレンガの劣化が B 点よりも大きい事に対応していると考えられる。この解析では、特に、レンガの塩類風化による劣化の大きい所とレンガ材料内の水分移動の大きい場所と関係付けることができた。今後は、解析に必要なレンガ、漆喰、地盤などの水分特性曲線や不飽和透水係数などのより精度の高い測定法の開発、ならびに解析手法の改良を行っていく予定である。

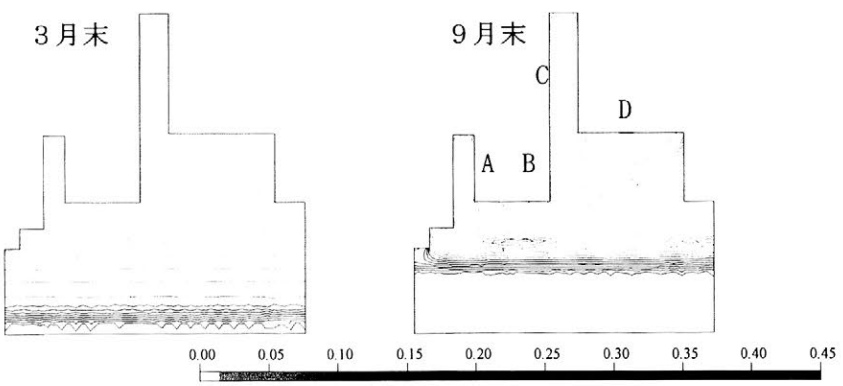


図3．体積含水率の変化

6

出土鋳鉄製遺物の金属組織とその腐食メカニズム

○松井敏也（東北芸術工科大学）
村上隆（奈良国立文化財研究所）
高田潤（岡山大学）

【目的】

遺跡から出土する鉄製遺物の多くは錆に覆われた状態にあり，さまざまな保存処理が施されている．特に鋳造鉄製遺物は，発掘による急激な環境の変化によって，急速に腐食が進行し遺物の形状が崩壊する危険性があるため，その保存・保管が問題となっている．その問題解決のためには鋳鉄製遺物の腐食状態と内部の金属組織との関係を解明することが重要である．更に，腐食促進因子（陰イオン）の分布状態も併せて調査する必要がある．本研究では，出土する鋳鉄製遺物の保存法の開発のために，出土鋳鉄製遺物中の炭素の存在状態および断面の微細金属組織をFe－C系平衡状態図による検討から分類し，腐食との関連を明らかにする．

【実験方法】

試料は中・近世期の鉄鍋や砲弾などの出土鋳鉄製遺物である．内部の金属組織観察は試料の一部を切断し，光学顕微鏡・電子顕微鏡観察により行われた．元素分析には電子顕微鏡に付帯するX線分析装置を用いた．また，試料の表面および内部についてX線回折分析法により腐食生成物の同定を行った．陰イオンの分析はイオンクロマトグラフィーによった．

各試料は江差町教育委員会，大阪市文化財協会，東北歴史博物館から提供を受けた．

【結果と考察】

1．<u>鱗片状に剥離が生じる遺物</u>

断面観察により，片状黒鉛組織が観察でき，過共晶組織（炭素量4.2％以上）の徐冷材であることがわかった（図1）．また，表面の剥離部分からは，片状黒鉛のプレート面が多く観察できた（図2）．遺物内部には健全なメタルも残存するが，塩化物イオンも多量に検出され，かつ片状黒鉛の中央部分でも塩素が検出され，腐食の進行が推測された．腐食促進因子の1つである塩化物イオンは結晶学的な結合を持たない片状黒鉛と生地の鉄との界面に沿って進入し，腐食作用に関与していると考えられた．この片状黒鉛組織は内部で3次元に広がり，粗大となるため，遺物全体に腐食が進行する要因となっている．

2．<u>小塊に亀裂が生じる遺物</u>

小塊に割れる遺物は針状のオーステナイト（γ鉄）を持つレーデブライト組織（γ鉄とセメンタイト（Fe_3C）との共晶組織）であった（図3）．レーデブライト組織は，製品が鋳込み後に急冷されたことを示している．腐食は共有結合をするγ鉄とFe_3Cの相の境界から進行する．セメンタイトはオーステナイトと比べ耐腐食性があるため，針状に発達したオーステナイトが腐食の影響を受けるため，針状組織に沿ってブロック状に崩壊すると考えられた（図4）．

3．<u>比較的堅牢で形状が保たれている遺物</u>

鋳鉄製遺物の中でも比較的形状が保たれる遺物には次の2種類の組織が確認できた．

①針状の初晶セメンタイトを持つレーデブライト組織．腐食により生地のオーステナイトが侵されているが，針状に大きく発達する初晶セメンタイトが骨格の役割を果たすため，遺物の形状が保持されていると考えられた（図5）．

②ステダイト組織(リン化鉄，γ鉄，セメンタイトの共晶組織)．この組織は初晶オーステナイト組織の周囲に3次元網目状に構築される．片状黒鉛も観察されたが，ステダイト組織に囲まれるため，片状黒鉛の界面で進行する腐食は抑制されると考えられる(図6)．そのため，ステダイト組織が遺物の形状を保っていると推測できた．

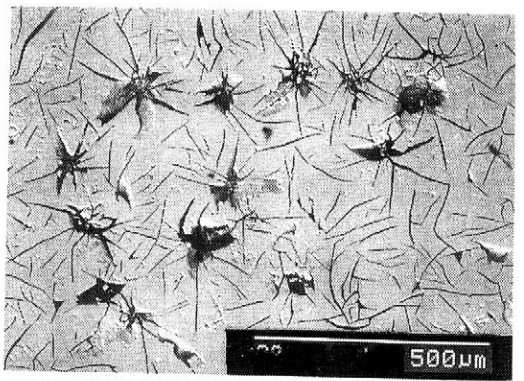


図1　大阪市域出土の鉄鍋（18C）．過共晶組織の徐冷材．片状黒鉛が大きく成長．

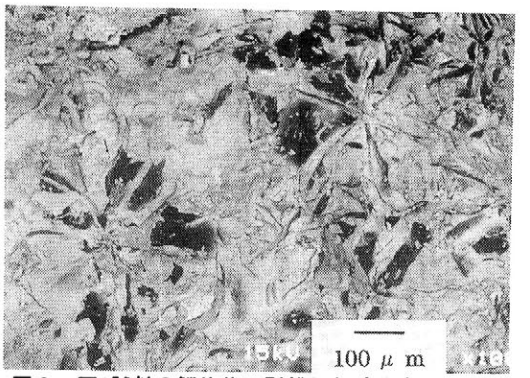


図2　図1試料の鱗片状に剥離した破片表面．片状黒鉛（黒色）のプレート面が観察される．

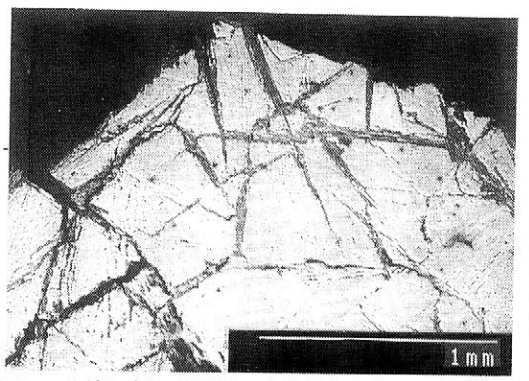


図3　小塊に割れる遺物．宮城県寂光寺出土鉄鍋蓋．鋳込み後，レーデブライト組織が発達．

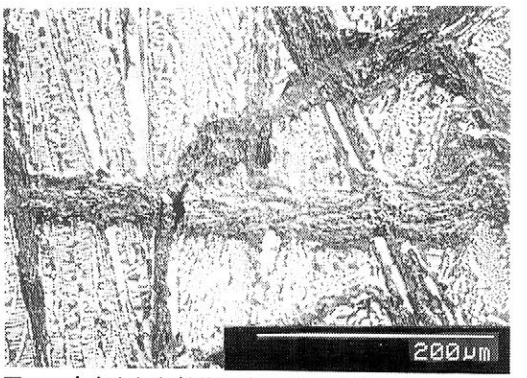


図4　腐食された針状のオーステナイト（γ鉄，灰色）．これに沿ってブロック状に割れる．図3試料．

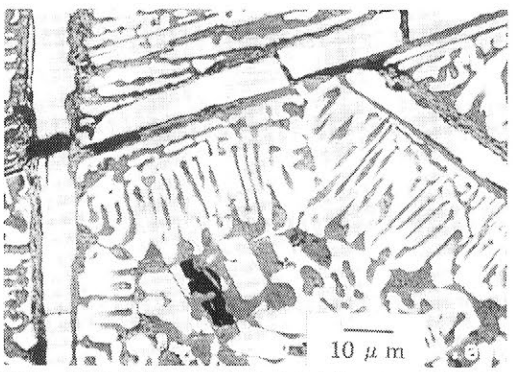


図5　針状の初晶セメンタイトを持つレーデブライト組織．比較的堅牢な遺物．大阪市域出土．

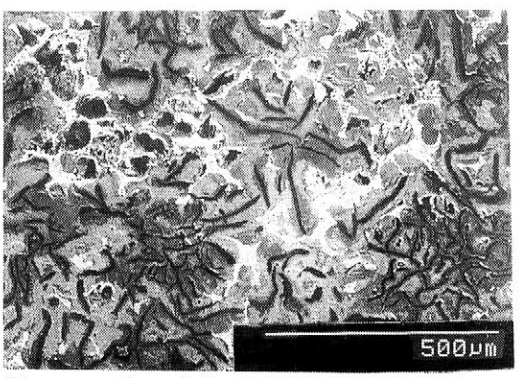


図6　ステダイト組織（白色）と片状黒鉛（黒色）．灰色は腐食された地金．開陽丸遺跡出土砲弾破片．

7

クスノキ製大型出土木材の真空凍結乾燥処理

○高妻洋成（奈良国立文化財研究所），肥塚隆保（同），沢田正昭（同）
西尾太加二（静岡県埋蔵文化財調査研究所）

1．はじめに

遺跡より出土する木製品の中で、クスノキ材、クリ材および常緑のカシ材はその保存処理が困難な代表的な樹種である。特にクスノキ材は交錯木理を有する樹種（木理が樹軸に対して螺旋状に走るもののうち、その方向が周期的に反対方向になり、木理が交錯するようになるもの）であるため、乾燥に際して異常なねじれを生じやすい。特に、大型の木製品の場合、薬剤の材中への浸透拡散よりも材からの脱水が優先することがあるため、薬剤含浸処理中に取り返しのつかない収縮・変形を生じてしまう傾向があり、これまで、その保存処理が成功した例はほとんど見られなかった。

今回、クスノキ製大型出土木材の保存処理にあたり、薬剤含浸量を低くし、大型の真空凍結乾燥機を用いて真空凍結乾燥を行ったところ、良好な処理結果を得ることができた。以下にその概要を報告する。

2．予備実験

真空凍結乾燥を行うに際し，第三ブチルアルコール(TBA)をどの程度前処理溶液に加えることで，処理効果が向上するかを予備的に試験した。表1に示す組成に調製した溶液を-40℃で予備凍結した後，真空凍結乾燥を行ったところ，TBA濃度が高いものほど，予備凍結時におけるポリエチレングリコール(PEG)の分散がよく，均一に乾燥が進行することが確認された。しかしながら，大型木製品の含浸処理は屋外の簡易タンクを用いて常温で行わなければならないため，最終的には前処理溶液の組成はPEG：TBA：水＝３：３：４とすることに決定した。

表1 前処理溶液の組成(重量割合)

PEG	TBA	水
3	0	7
3	1.5	5.5
3	3	4

3．保存処理

保存処理を行った大型クスノキ製出土木材は，愛知県西尾市室遺跡出土の木樋（長さ3.9ｍ、幅0.9ｍ）と静岡県清水市巴川出土の丸木舟（長さ5.15ｍ、最大幅1.34ｍ）である。両者とも、すでにPEGを用いた分子量２ステップ法で処理が進められていたものである。予備実験をふまえて決定された前処理溶液に約６ヶ月間含浸した後，所

定の方法で真空凍結乾燥を行った。

また，真空凍結乾燥中，遺物の状態を把握するため，温度センサーとひずみゲージを取り付け，モニタリングを行った。

4．結果と考察

図１は巴川出土丸木舟の真空凍結乾燥前後の寸法変化率の推移を，代表的な寸法測定点について示したものである。前処理を行う前の PEG 含浸時において，含浸処理前と比較して部分的に数パーセントの寸法変化を生じていたが，前処理溶液への含浸期間においてその寸法が回復する傾向を示した。

予備凍結時に若干の膨張が観察されたが，その後の乾燥過程中においては、予備凍結時からの寸法変化はほとんど認められなかった。

また，巴川出土丸木舟には樹軸方向に沿って長い亀裂が生じていたが，真空凍結乾燥時の昇温工程において，この亀裂幅が最大で約 5 mm 程広がった部分があった。しかしながら，真空凍結乾燥終了後，外環境への「馴らし」の過程において，この広がった亀裂幅は徐々に回復した．真空凍結乾燥において部分的に過乾燥にったため，亀裂幅の広がりが生じたものと推察される。外環境への「馴らし」においては，吸湿がある程度進行するため，亀裂幅の回復が起こったものと思われる。

全体的には，危惧されたねじれなどの変形や収縮もなく，真空凍結乾燥により良好にクスノキ製大型出土木材を保存処理することができたといえる。

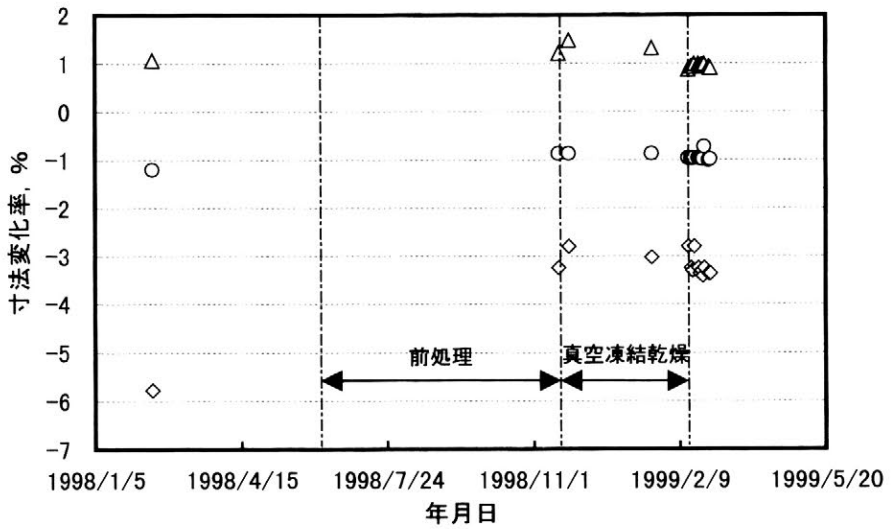


図1　真空凍結乾燥処理前後の寸法変化率の推移

8

設計、施工面から見た調湿建材と保存、展示環境

（材料・工法的手段による博物館等の環境調節に関する研究．第2報）

○赤沼英男（岩手県博）、宮野則彦（旧大）、神谷清仁（愛工大）、水谷章夫（名工大）
宮野秋彦（名工大）

はじめに：前報[1]では、大気の相対湿度変化による材料の含水量変化から求めた吸放湿量と材料厚の関係について報告し、日変動（24時間周期）、三寒四温的旬間変動（概ね10日周期で、俗に言う暑さの戻りや寒の戻りなどの影響）、年変動（365日周期の季節の影響）に大別される大気の温湿度変動の周期の長短によって吸放湿に関与する材料表面からの深さが異なり、その結果として吸放湿特性に大きな違いが生じることを明らかにした。

本報では、筆者等がこれまでに測定した各種調湿建材の吸放湿性能について報告し、建築の設計、施工面から文化財の保存、展示環境の問題点を考察する。

1：各種調湿建材の吸放湿特性について

実験に使用した測定試料は、前報で述べたように吸放湿面以外の5面をアルミシートで断湿し、降雨や日射の影響が無く風通しのよい自然環境下に置いて、電子天秤で最低1年以上に亙って秤量した。試料寸法は、特別のものを除き概ね100 mm角とした。

図1～3に、木質系、石質系及び土質系の各種調湿建材について、相対湿度の日変動に対する材料表面での吸放湿量と絶対湿度との関係について解析した結果を示す。

相対湿度変動に対する吸放湿量 M_D (g/m²·%) の算定は、前報と同様に下式によった。

$$M_d = \left(\frac{\Delta m_D}{A}\right) \Big/ \Delta H_D \quad (g/m^2 \cdot \%)$$

ここに、Δm_D：材料の含水量の日変動較差 (g)

A：材料の吸放湿面積 (m²)

ΔH_D：相対湿度の日変動較差 (%)

図1の木繊セメント板は、マツの小口径間伐材を原料とした製品で、早くから博物館などの収蔵庫のコンクリート躯体裏面（壁は室外側、床はスラブ下）への打込用調湿建材として使用されてきたものである。

壁下地材料としての木毛セメント板よりも断熱性に優れ、またコンクリート打設時に余剰水分を排除して良質な構造体の施工に寄与するという効果もある。

最近では、これを壁下地として珪藻土又は壁土で塗装することによって、より調湿性能の高い壁面を構成する試みが行なわれて良い結果が得られている。

しかし、木繊セメント板は、上述したように木毛セメント板などに比べて断熱性が優る一方で、透湿抵抗はそれほど大きくないため、コンクリート躯体の室内側表面に型枠代わりに打込んだり、上記

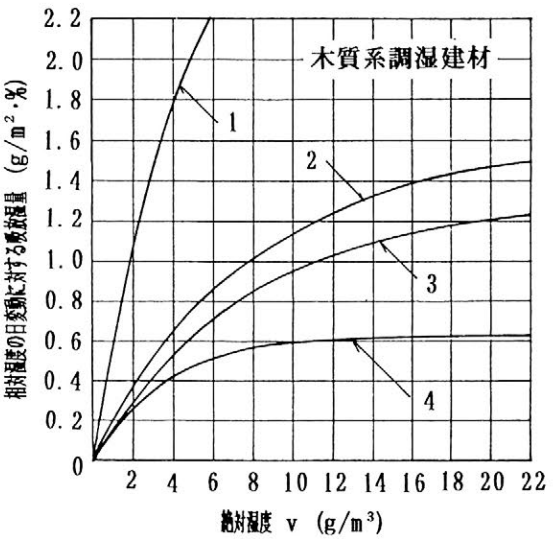


図1　吸放湿量と絶対湿度の関係

1：木材一般，木口面，d=17mm以上，

2：木繊セメント板，d=50mm，

3：木繊セメント板，d=25mm，

4：木材一般，板目又は柾目面，d=7mm以上，

のように塗壁下地として施工する場合には、冬季の壁内結露と夏季の蒸れ返しによって館内がアルカリ環境となる恐れがあるので、躯体の断熱、防湿設計には十分留意する必要がある。

環境影響という点で安全度の高い天然木材の木口面の優れた吸放湿性能の利用とその吸放湿機構にヒントを求めた新らしい調湿建材の開発が今後の課題である。

図２の珪酸カルシウム板も、調湿建材として早くから使用されてきた材料で、特に低湿度での文化財の収蔵、展示に優れた特性を有している。木材と同様に厚さにより吸放湿特性が大きく変化することは前報で述べた。

モルタルの吸放湿量が、セメントや図３のプラスタに比べてかなり大きな値を示している点は、従来のアルカリ環境問題との相関をうかがわせるものである。

従来、文化財の収蔵、展示空間の湿度環境の調整を目的とした調湿建材の開発、製造にあたっては、吸放湿によって大気中に放出される物質による環境への影響や含有物質による汚損に細心の注意が払われてきた。しかし、最近の住居の高気密化を一因とするアレルギー的症状の急増に伴って調湿建材に関心が集まり、多種多様なものが開発、製造される中で、吸着力を増すため塩化物を添加したものが現われているので注意が必要である。

図３には、現在開発中の材料も含めて土質系調湿建材の吸放湿特性を示した。

土蔵の壁や従来の日本住宅の土壁の復活とも考えられる土質系調湿建材の吸放湿性能は、既往の調湿建材に比べて優れた結果が得られているものもあるが、素材の選択・配合、成形・加熱及び焼成方法、強度、軽量化、施工方法、安全性等の点でなお一層の創意工夫を期待したい。

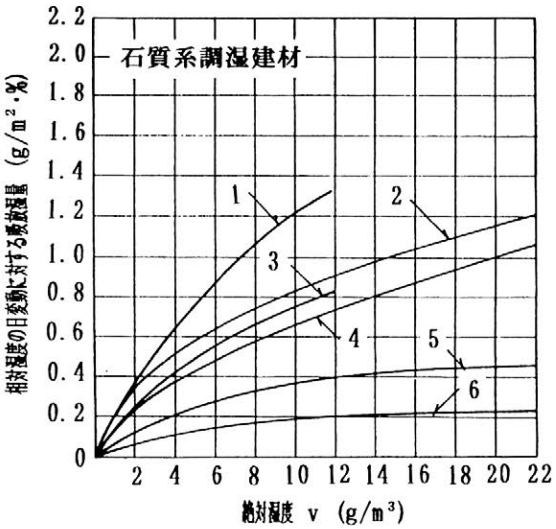


図２　吸放湿量と絶対湿度の関係

1：珪酸カルシウム板，新製品，無塗装面，d=25.1mm，
2：珪酸カルシウム板，在来品，無塗装面，d=19.9mm，
3：1の塗装面，d=25.2mm，4：2の塗装面，d=25.4mm，
5：モルタル，d=5.3～10.4mm，
6：セメント，d=2.0～18.5mm，

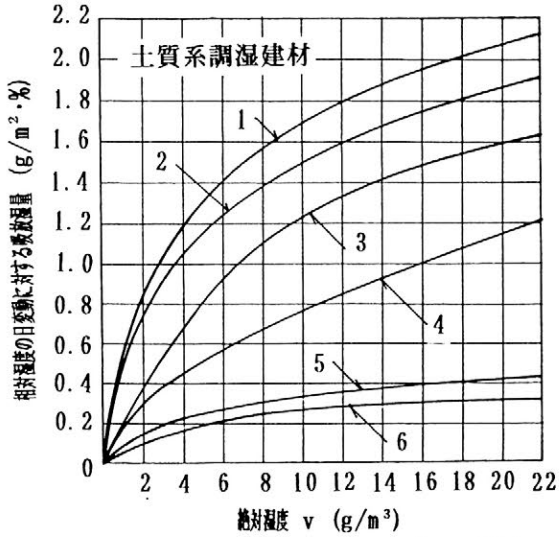


図３　吸放湿量と絶対湿度の関係

1：ゼオライト混入粘土板，無焼成，d=27.3mm，
2：多孔性セラミック板，焼成品，d=15mm，3：珪藻土，d=9mm，
4：多孔性セラミックタイル，焼成品，d=5.5mm，
5：三和土タイル，オートクレーブ品，d=20.1mm，
6：プラスタ，d=10.8mm，

1)：赤沼英男、宮野則彦、神谷清仁、村田豊、水谷章夫、宮野秋彦：保存環境湿度と材料の含水変化の関係（材料、工法的手段による博物館等の環境調節に関する研究第1報）、日本文化財科学会、第15回大会、1998年7月。

9

古代鉄器の^{14}C年代測定と鉄器の鍛接性

井垣　謙三（東北大学名誉教授）

はじめに

来歴の比較的明らかな古代鉄器を、先達から引継いで、測定に供することができたが、千年を経てきわめて健全な状態にある伝世品も多く、その優れた耐蝕性に改めて感嘆させられた。その健全な金属相中の^{14}Cについて加速器質量分析法による年代測定を続けていたが、ある程度のデータの蓄積を得たので、それに考察を加えた。一方、科学的な解明の進んでいない鍛接性については、刀匠の協力を得て、各種素材を用いて鍛接を実施し、酸素の演じる役割の大きいことを知らされた。

1．^{14}C年代測定　共同研究者：中村俊夫(名古屋大 年代測定センター)、平沢政広(東北大 素材研)

鉄器の来歴は必ずしもその製作時期とは結び付かず、製作年代を知ることは非常に重要である。表に^{14}C測定から推定される製作年代を年代順に示した。Libby に従い yBP年代を算出した。表にはないが樹木年輪年代較正法で歴年代へも較正した。古い製作年代に属する６試料は、遠距離を移動して海外から渡来された品物と思われ、飛鳥～奈良時代の鉄には、７世紀頃の物の他に、それより 300年以上も古い製作年代の鉄が使用されており、渡来の工人が携えてきた物と見做される。

奈良時代から鎌倉時代にまで飛んでしまって、平安時代の初期・中期の試料にまだ接していない。すっかり錆びていても、健全な形を残す古墳時代の鉄器に対して、ボロボロに砕けて、形すら推定出来ない物の多い平安時代は、渡来技術から自主技術への独立の苦難の過程を示しているのだろうか。

2．鉄器の鍛接性　共同研究者：広木弘邦(刀匠)、吉岡啓一(川鉄技研)、山本　公(仝)

日本刀の場合、和紙に包み、灰汁をかけ、加熱して鍛造することによって接合し（鍛接）、粘りのある鉄を得ていた。このような接合が可能なことを、刃物工は沸かしが効くと言うが、現在の工業鉄では、この沸かしが効かない。2000年以上も前から鉄を使い続けている人類は、ほとんど鍛鉄、即ち沸かしの効く鉄を用いていた。小さな集落にも鍛冶屋がいて、農具・工具のほか各種の日用具の修理・製作に忙しく立ち働いていた。沸かしの効くのが和鉄の低炭素の包丁鉄であって、造るのに手

間が掛かるため昔から一番高い価格で取引された様子である。一方、明治の初め、鉄道のレール用として大量に輸入された英国製パドル鋼が、沸かしの効く鉄として刃物工の間では高く評価されて、珍重されている。

何人かの刃物工から提供された、“かま地”“なみ鉄”などと呼ばれる各種和鉄、明治初期輸入の英国製の錬鉄（パドル鉄）、Iron Bridge Museum より入手したパドル鉄などに共通する点は、C濃度が0.01%またはそれ以下と低く、O濃度は 0.7～1.26%と非常に高く、酸化物系介在物が微細に分散したフェライト組織を示していることである。

表.　各種古代鉄器の^{14}C年代測定結果

宝寿直刀、（上古？）　茎部	yBP 2652±73
鉄鋌（大）（ウワナベ古墳陪塚）	yBP 2372±80
直刀X(140) 二沢六寸 p.153 出土地不詳	yBP 1959±82
法隆寺　五重塔　槌(タルキ)	yBP 1725±105
鉄鏟（テッサン）	yBP 1720±160
薬師寺　月光菩薩像　鉄芯	yBP 1694±115
法隆寺　五重塔　釘	yBP 1358±57
法隆寺　五重塔　三層　飼物止	yBP 1333±105
インド Rajghat,Varanasi NO.6	yBP 1144±104
日本刀　（丸鍛え）M１	yBP 880±150
E-2:長巻(薙刀)古宝寿　刃部。	yBP 710±50
海住山寺　鉄柱	yBP 471±66
奈良西大寺　南門　鍵（カスガイ）	yBP 440±45
室町時代　鍵（カスガイ）	yBP 380±45
やや短い刀(鎧櫃?)　茎尾部	yBP 314±52
岡山本山寺　塔　鋳鉄鈑(伏鉢部)	yBP 270±50

高炭素鋼の間に挟み込む低炭素材が支配的な影響を持つことは明らかで、電解鉄を用いた場合、予備鍛接後、本格的な鍛錬作業に入って10分程度で、手応えから直ぐ分るらしく、炭素の交流が起り脆い材料に変化したという。叩き付けるだけで、ポロリと折れる。冷却後、破面を観察すると、結晶粒の粗大化が認められた。
これに対して、低炭素材が和鉄の場合には、鍛錬に際して変形の大部分を低炭素部で引受けての強度の圧延にも拘らず、特有の粘さは最後まで失われなかった。

電解鉄アトミロンＹＬを大気中加熱し、表面に酸化層を作らせては積み沸かし、折返し鍛えを繰り返して、O濃度の高い材料を造って比較したところ、和鉄の場合と同様で、低炭素部の粘さは最後まで失われなかった。ＥＰＭＡによって、鍛接試料内部のC，Oの濃度プロファイルを求め、この推論を確かめることができた。

介在物の微細分散が結晶粒の粗大化を防ぎ、その層状分布が炭素の拡散・交流をも抑止して、複合材料としての高度の機能を発揮していると言えそうである。

10　γ線励起蛍光X線分析及び組織分析による金銅製銙帯裏金具の研究

伊藤博之
和光金属技術研究所

1.はじめに

近年多くの金属出土遺物は科学分析され、それらの組成元素や定量値が報告書等に記載される様になった。組成分析は非破壊でも可能な為、多くのデータが蓄積されてきたが、組織分析は破壊分析となるためか、ほとんど行われて来なかった。金属の性質や特徴である物性は組成分析のみでは解らない事が多く、組織分析を行って初めて解明されるのである。
今回群馬県高浜広神遺跡出土の丸鞆鍍金裏金具を研究対象として、本体のγ線励起蛍光X線分析、微小な錆片の組織分析とを行い、材質の成分組成、製作技法が解明できた。

2.資料

研究対象とした丸鞆金銅裏金具(写真1)は大小二つに破断しており、一部は欠失していた。全体の大きさは縦27、横41、厚さ0.7㎜、重さ4.6gであり楕円形を呈し、孔径1.6㎜の留め孔が上部中央に1箇所、下部左右に2箇所存在した。表面は全面に鍍金が残留しており、裏面は銅の腐食生成物と砂、粘土が固着していた。二つに割れた破断面や金具の周囲の部分をCCD顕微鏡で低倍率観察した所、金属は全て錆化していた。これにより表面近傍にはメタルが存在しない事が予想された。

写真1

3.研究方法

(1)組織分析
丸鞆裏金具本体からの試料採取は出来なかったので、遺物整理の際剥落した錆片(1.5－0.7㎜)を樹脂に埋め込み分析用試料とした。CCD顕微鏡、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡により組織観察を行った。

(2)組成分析
丸鞆裏金具本体を用いて、SEM－EDX、エネルギー分散型蛍光X線分析(セイコー電子製2010 50Kv)、γ線励起蛍光X線分析を行った。

(3)復元実験
上記の組成分析、組織分析の結果を総合し、各種の銅－銀合金を作製し、丸鞆裏金具の試料と比較して銅中の銀量を推定した。銅－銀合金に各種の加工を加え、組織の変化を比較して、金具の製作技法を推定した。
鍍金層の走査型電子顕微鏡観察からめっき技法を推定した。

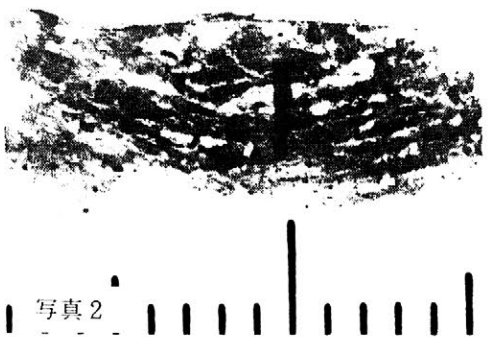


写真2

4.結果

(1)錆片の埋め込み試料をCCD顕微鏡で観察した所、鍍金層、下地金属層より成り立っていた。下地金属層は層状組織であり、内部には球状粒子が観察された。金属銅は全て錆化しており、メタル組織は見い出されなかった。(写真2)なおこの層状組織から、鍛造加工を受けた事が推定された。同試料をSEM－EDXにより観察、分析した。鍍金層表面は非常に平滑であったが、下地金属との境界面は凹凸の連続であり、鍍金層の厚さは1～7μmであった。
これよりこの鍍金は銷金法により施された事が推定された。全体組成は銅、金、銀、鉛、珪素、アルミニゥムであった。アルミニゥム、珪素は土壌成分の混入であり、金は鍍金層である。よってこの金属は銅、銀、鉛合金の可能性が考えられる。しかし鉛は鋳造用合金に加えられる物であって、鍛造用合金には加えない元素である。この検出された鉛は銅合金中の鉛なのか、外部からの汚染により表面に付着している物なのかを判別する必要が生じた。
層状組織中の球状粒子からは、銀の大きなピークと銅の小さなピークが検出され、銀粒子である事が解った。
金具本体にカーボン蒸着することは出来ないので、鍍金面からSEM－EDX分析した。金の大きなピークと銅の微小なピークしか得られず、銅合金中の情報は得られなかった。

(2)エネルギー分散型蛍光X線分析装置(　セイコー電子製　2010　50Kv)で金具本体の分析を行った。鍍金面ではSEM－EDX法と同様な結果、裏面では土壌成分を巻き込んだ銅錆の情報(Cu,Si,Al,Cl,Fe等)しか得られなかった。

(3)γ線励起蛍光X線分析　線源:Am-241、100ミリキュリー、検出器：Si(Li)検出器、放射線源を試料の上部に、検出器を下部に置き、表裏を変えて分析した所、どちらも同じようなデータを得た。検出元素は金、銀、銅、錫であった。この結果前記SEM－EDX分析により検出された鉛は、表面汚染であったと考えられる。丸鞆金銅裏金具は銅、少量の銀、微量の錫より成る合金であった。

5.復元実験

前期CCD顕微鏡観察から、錆片の埋め込み試料は層状組織から成り立っており、その内部には大きな銀粒子を含む物である事がわかっている。Cu－5%Ag,Cu－3%Ag,Cu－1%Ag合金を溶解、鋳造しテストピースとした。

(1)鋳造したままのテストピースを半截しCCD顕微鏡で観察した。
どのテストピースも1㎜を超えるものもある巨大結晶の集合体であり、結晶方向はまちまちであった。内部の銀粒子は非常に微小であった。錆片の組織とは全く事なる物であった。

(2)残りのテストピースを焼きなましを繰り返しながら鍛造し、1㎜厚さの板とした。小片を切断し樹脂に埋め込み、CCD顕微鏡で観察した。
その結果、組織は層状組織と成っており、銀粒子も大きく成長していた。
銀粒子の分布密度は、3%銀含有量のテストピースが最もSEM像に近似していた。しかし走査型電子顕微鏡の焦点深度は深い為、内部に存在する銀粒子にも焦点が合ってしまい、あたかも同一平面に存在するかの様な写真像になる可能性もある。
錆片の試料を光学顕微鏡観察した所、やはり相当数の銀粒子が内部に存在していた。改めて錆片試料とテストピースとを比較観察した所、銀の含有量はほぼ1%であることが解った。

最後にγ線励起蛍光X線分析に便宜を頂いた東京大学アイソトープ総合センター小泉好延氏、研究の機会を頂いた群馬県埋蔵文化財調査事業団真下高幸氏、小野里孝美氏に御礼申し上げます。

11

飛鳥池遺跡から出土した富本銭の材質について

○村上 隆(奈良国立文化財研究所)・松村恵司(同)・黒崎 直(同)

1) 飛鳥池遺跡の概要

奈良県明日香村の飛鳥池遺跡は、飛鳥寺の南東の谷あいに立地する。奈良国立文化財研究所がおこなった 1991 年の調査により、7 世紀後半から 8 世紀初頭にかけての、銅、鉄、ガラス、漆などの生産工房跡であることが明らかになった。万葉ミュージアムの建設に伴う事前調査として 1997 年から始まった調査により、丘陵の裾部から多数の炉跡群が検出され、工房跡はさらに拡大するとともに、谷底に堆積した廃棄物層の水洗作業により、金や銀製品、瑪瑙なども多数確認され、これらの宝玉類の生産もおこなわれていた可能性も高まった。1998 年から始まった 93 次調査において、「富本銭」が出土したことにより飛鳥池遺跡はさらに注目を浴びることになった。出土層位などの検討から、この富本銭は、これまでのわが国最古とされていた「和同開珎」に先行する鋳造銭貨として位置付けられることになったためである。

2) 飛鳥池遺跡から出土した富本銭の特徴

飛鳥池遺跡において出土した富本銭は、完形に近いものから鋳損じた破片状のものまで含めると 33 点（1999 年 1 月 19 日現在）にのぼる。特に、完形に近いものは鋳バリが取り付いた状態であり、鋳造後に鋳棹から切り離した堰（せき）の痕跡が残ったままの状態であることが特徴である。また、表面は鋳型からはずしたまま何も仕上げをしていない鋳放し状態である。すなわち製作の途中段階で廃棄されたものと判断できる。また、鋳棹も出土するなど、富本銭が飛鳥池遺跡において製作されていたことを裏付ける材料は揃っている。

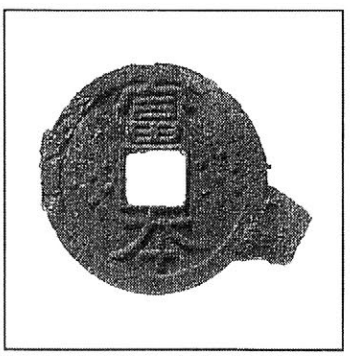


図１．飛鳥池遺跡出土の富本銭

3) 富本銭の材質

飛鳥池遺跡から富本銭が出土する以前に確認されていた富本銭は、奈良国立文化財研究所が発掘した３枚（平城京２枚、藤原京１枚）、桜井市教育委員会が発掘した１枚（藤原京）、大阪市文化財協会が発掘した１枚（細工谷遺跡）の計５枚である。これらの富本銭の材質的特徴として挙げられるのが、銅にｱﾝﾁﾓﾝを特徴的に含むことであった[1) 2) 3)]。また、富本銭と

---

1) 村上 隆:「飛鳥藤原地域で出土した銅,青銅,金銅製品」『奈良国立文化財研究所年報1996』（1997）

2) 村上・肥塚・沢田:「古代銅製品にみられるｱﾝﾁﾓﾝについて」『日本文化財科学会第 14 回大会要旨集』（1997）

ともに、小型の海獣葡萄鏡と和同開珎の一部に同様の材質的特徴を示すことを指摘した。飛鳥池遺跡から出土した富本銭も基本的にはすべてこの（銅－ｱﾝﾁﾓﾝ）タイプの合金であることが確認できた。分析は非破壊的手法による蛍光Ｘ線分析法（ｴﾈﾙｷﾞｰ分散型，管電圧 15kV，管電流 0.3mA，管球（Mo））による。飛鳥池遺跡出土の富本銭や鋳棹に含まれるｱﾝﾁﾓﾝは 4～25％と一定しないが、一般的な青銅の主成分であるｽｽﾞや鉛がほとんど含まれず、他に少量のヒ素、ﾋﾞｽﾏｽ、銀が認められるという特徴がある。飛鳥池遺跡から富本銭が出土した後に、その存在が確認された長野県高森町武陵地１号墳から出土したと伝えられる富本銭においても、同様の材質的特徴を認めることができた。

ここで注目すべき点は、飛鳥池遺跡において現在までに多数の銅製品の存在を確認している中で、（銅－ｱﾝﾁﾓﾝ）タイプの銅合金は富本銭に関わると思われるものにのみ用いられていることである。

4)（銅－ｱﾝﾁﾓﾝ）タイプの合金

銅に副次的に金属を混ぜて合金化を計ることにより、銅だけでは得られない特性を得ることが可能となる。人類はｽｽﾞという優秀な合金成分を得ることにより古くから青銅器文化を形成してきた。日本の古代においてもその例外ではなかった。しかし、７世紀後半から８世紀前半にｽｽﾞではなくｱﾝﾁﾓﾝを合金成分とする（銅－ｱﾝﾁﾓﾝ）タイプの銅合金が富本銭を含む一部の製品に用いられていたことが明らかになった。今後、（銅－ｱﾝﾁﾓﾝ）合金という材質的特徴から古代鋳造銭貨を見直すことが必要となろう。

銅にｱﾝﾁﾓﾝが含まれると、融点が下がると共に湯流れの向上が期待される。また、強度も上がり、耐摩耗性も向上すると考えられる。さらに、金色に近くなる鋳上がりの色も考慮された可能性も高い。今後、金属組織学的な考察も踏まえて、材料特性を追求していく所存である。また、ｱﾝﾁﾓﾝの鉱石である輝安鉱（Sb_2S_3）も飛鳥池遺跡から出土しているが、鉱石の入手経路や、製錬方法の検討も課題であろう。さらに、飛鳥池遺跡において（銅－ｱﾝﾁﾓﾝ）タイプの合金がどのように認識され、位置付けられていたのか、探ってゆきたいと考えている。

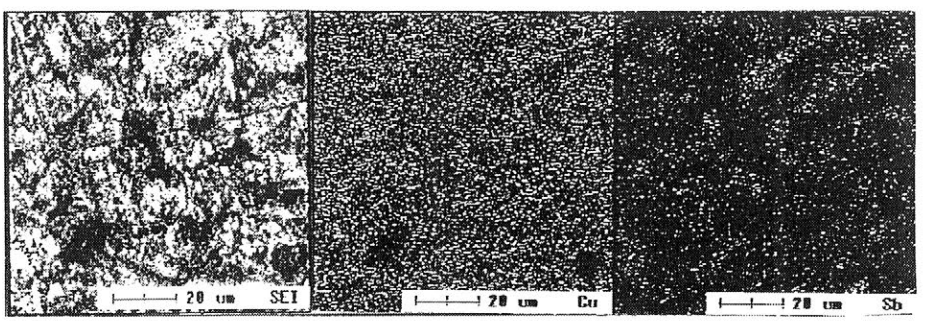


図２．電子顕微鏡による富本銭の表面分析

3) 村上 隆・伊藤幸司：「細工谷遺跡出土銭貨に対する科学的調査」『細工谷遺跡調査報告書Ⅰ』大阪市文化財協会（1999）

12

薩摩切り子の研究
－銅赤ガラスの赤色の起源について

○中井　泉（東理大・理）沼子千弥（徳島大・総合）
細野秀雄（東工大・応セラ研）山崎一雄（名大）

【はじめに】薩摩切り子は日本の近世ガラスの最高傑作のひとつといわれている。製造期間が 20 年足らずと短く残存する製品は少なく貴重なため，井上らによる研究[1]を除いて物質科学的研究はほとんどなされていない。また、赤色の起源については、銅赤による着色であることがわかっているが、そのメカニズムについては銅赤ガラス一般についても未解決である。これまで銅赤ガラスの赤色の起源については，"金属銅のコロイドによる"という説と，"酸化第一銅 Cu_2O のコロイドによる"という２つの説があり，長い間の論争となっているが，明解な結論は出されていない。演者らは，X線吸収スペクトル（XAFS)法による赤色の起源についての研究をすすめ，その結果を 1992 年の本会で報告[2]したが明解な結論を得るにはいたらなかった。その後，復元銅赤ガラスを試料として光スペクトルによる研究を行い，最終結論をみいだすことができたのでここに報告する。

【実験】試料は鹿島晃久氏から提供[1]をうけた赤被せ切り子碗の小さな破片（7x6mm^2）である。また、そのガラス片とほぼ同組成の復元を目的として作成された銅赤ガラス[1]を用いた。薩摩切り子の試料はダイヤモンドカッターで２つに切断し，一方は樹脂抱埋し表面研磨し EPMA による組成分析に用いた。残りの１片は，そのまま非破壊で蛍光 XAFS の測定を行った。XAFS 測定は放射光を用い，高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリで蛍光法でおこなった。

【結果と考察】　表１に薩摩切り子の赤色と無色の部分について EPMA によ組成分析を行った結果について示す。典型的な鉛ガラスの組成を持っている。赤色部分にのみ銅があり，銅赤ガラスであることを確認した。すでに報告したように XAFS 解析の結果，薩摩切り子と復元ガラスとも銅は１価で存在することが判明した。１価の銅ではあるが，酸化銅 Cu_2O として存在するわけではなく、ガラスの編み目構造の中に，酸素に３－４配位されて１価の銅が存在することが明らかになった。

復元銅赤ガラスを注意深く観察したところ，赤色に濃淡や縞模様のあるものがみとめられた。EPMA により縞模様の１次元分析をおこなったところ図１に示すように銅の濃度は一定であった。すなわち EPMA で調べると赤色の濃いところも，無色のところも銅の濃度がかわらないという不思議な結果になった。このことは，銅赤ガラスの赤色は EPMA では測定できな

表１ EPMA 分析の結果

	薩摩切り子		復元ガラス	
組成	赤色	無色	赤色	無色
SiO_2	45.98	45.90	48.02	50.51
PbO	45.82	45.96	43.81	41.86
K_2O	7.23	7.06	9.32	9.22
Al_2O_3	0.16	0.16	0.04	0.15
ZnO	0.35	0.35	0.30	0.29
Cu_2O	0.26	0.01	0.24	0.22
SnO	nd	nd	0.13	0.13
Total	99.44	99.80	102.45	101.86

[1]nd is not detected.

いくらいの微量の銅の存在に起因することがわかった。このような微量な着色元素の研究には，光吸収スペクトルによる研究が有効であるが，通常の測定では，金属コロイドの吸収と酸化銅の吸収は同じ波長域に吸収があって区別することができない。ところが両者では赤色の発色の原因が異なる。金属では，散乱にもつづく発色のため温度依存性がないが，酸化第一銅は半導体で赤色はそのバンドギャップ にもとづく遷移であるため温度変化することが予想された。そこで，室温と液体窒素温度で測定した(a)復元銅赤ガラス，(b)金属コロイドのスペクトル，(c)酸化第一銅（鉱物名：赤銅鉱）のスペクトルを図２に示す。(b)の金属コロイドのスペクトルは，低温で測定しても赤色の吸収強度は変わらないが，(c)の酸化第一銅では強度が著しく減少する。一方銅赤ガラスの吸収は，(a)のように低温にしても変化しなかった。従って赤色は金属コロイドによるものであることが判明した。

以上より，薩摩切り子の赤色は，金属銅コロイドによるものであって酸化銅によるものではないと結論づけることができた。従来の研究者が銅赤ガラスで検出し色の起源として考えられた１価の銅は，ガラスの網目構造中の１価の銅で，色には寄与していないことがわかり矛盾はない。このようにして，長年問題となっていた銅赤ガラスにおける赤色の起源を実験的に明確に解明することができた。

文献　1)井上，小田，佐藤，辰澤，棚橋，土屋，山崎，GLASS ガラス工芸研究誌，26,p.4(1989)2)中井，沼子，山崎：日本文化財科学会第９回大会，講演要旨 p.22.

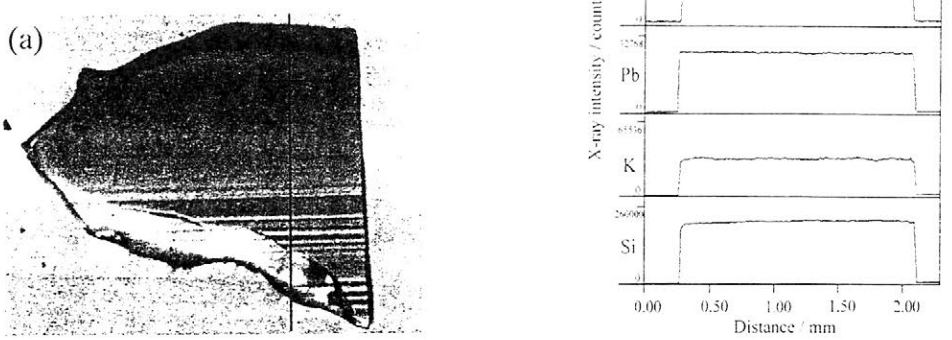


図 1.EPMA による線分析（a)縞模様の試料　(b)（a)の線上の各元素の１次元分布

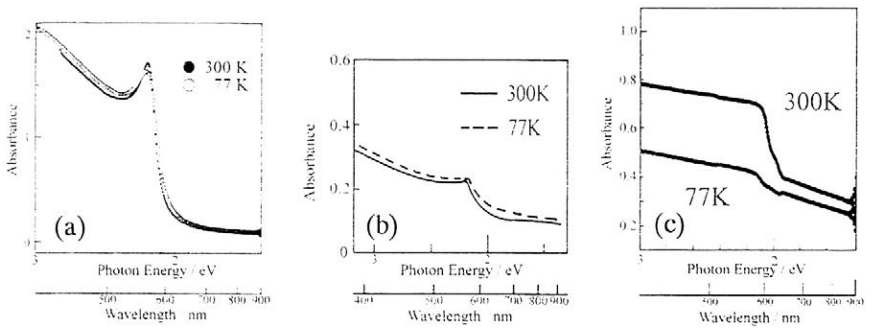


図２光吸収スペクトル(a)復元銅赤ガラス(b)銅コロイド(c)酸化第一銅

13

カマン・カレホユック遺跡出土土器の文様の蛍光X線イメージングと分類への応用

○泉山　優樹（東京理科大学）、松永　将弥（同）、中井　泉（同）

1．はじめに

カマン・カレホユック遺跡（トルコ共和国）は、人々の生活跡からなる台形構造の積層構造の遺跡であり、現在、中近東文化センターにより発掘調査が行われている。本遺跡で、鉄器時代の文化層（第Ⅱ層）は、さらにⅡa、Ⅱb、Ⅱc、Ⅱdの4つの時代に細分されている。そしてその分類の指標として、彩文土器に関する施文方法や彩色などの考古学的知見が用いられている。昨年の研究から、彩文の褐色顔料に含まれる Fe,Mn,Ni についての組成の特徴により何種類かのパターンが存在することがわかった。また、各パターンの各時代ごとの割合には差が見られた。今回は、分析試料を増やし、顔料の各パターンにおける各時代ごとの傾向を調べるとともに、各パターンの顔料の構成物質を調べることにより、彩文土器の彩色技術について考察を行った。

2．実験方法

分析試料として、第Ⅱ層より出土した彩文土器 105 点（Ⅱa：53 点、Ⅱc：33 点、Ⅱd：19 点）を用いた。これらの土器に使われている褐色の顔料について、本研究室で自作した装置により Fe,Mn,Ni について蛍光X線による2次元イメージングを行った。また、粉末X線回折法と SEM-EDX により顔料に使われている鉱物について分析を行った。

3．結果と考察

今までの2次元イメージングの結果から、4種類のパターンが存在することが明らかとなっている。彩文が Fe と Mn の分布に対応する Fe+Mn 型、Mn のみが彩文に対応する Mn 型、Fe,Mn,Ni が対応する Fe+Mn+Ni 型、そして Fe のみが対応する Fe 型である。パターンの一例として、Fe+Mn 型の結果を図1に示す。この図では、文様に対応するところで Fe 及び Mn の強度が高くなっている。このことから、この褐色顔料には Fe と Mn が含まれていることがわかる。これらの2次元イメージングの結果から、各時代ごとの文様のタイプと試料数及び割合を帯グラフで表したところ、Ⅱdの時代では Mn 型の顔料が大部分を占めているが、Ⅱcの時代では Fe+Mn 型の割合が増え、Ⅱaの時代では Fe+Mn 型の顔料が逆に大部分を占めていることがわかった。すなわち、時代が新しくなるにつれ、Fe+Mn 型の顔料の割合が

増え、逆に Mn 型の顔料の割合が減少している。このことから、使われている褐色の顔料に時代による変遷が認められた。

一方、褐色の顔料に含まれている鉱物について、どのようなものが含まれているか調べた。この結果、鉄系の鉱物に関しては、Fe,Mn,Ni が対応するパターンを持つ顔料からは赤鉄鉱(Fe_2O_3)が、Fe と Mn が対応するパターンを持つ顔料からは磁鉄鉱(Fe_3O_4)が検出され、発色に関与していると見られる鉱物種にも違いがあることが明らかになった。一般的に赤鉄鉱は酸化焼成で、磁鉄鉱は還元焼成により生成することが知られている。そのため、これら含有鉱物の違いは、土器の焼成環境の違いを表している考えられ、顔料の差は組成のみならず、焼成技法の差も反映していることがわかった。

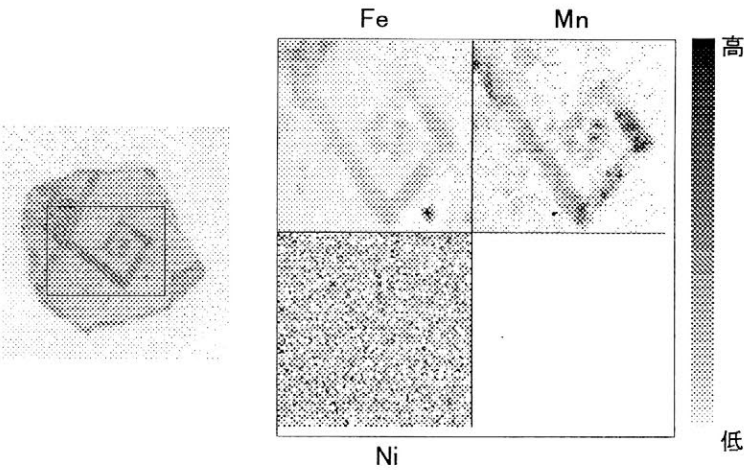


図1　蛍光X線イメージングの例（Fe+Mn 型）
(a)試料　(b)Fe,Mn,Ni の分布

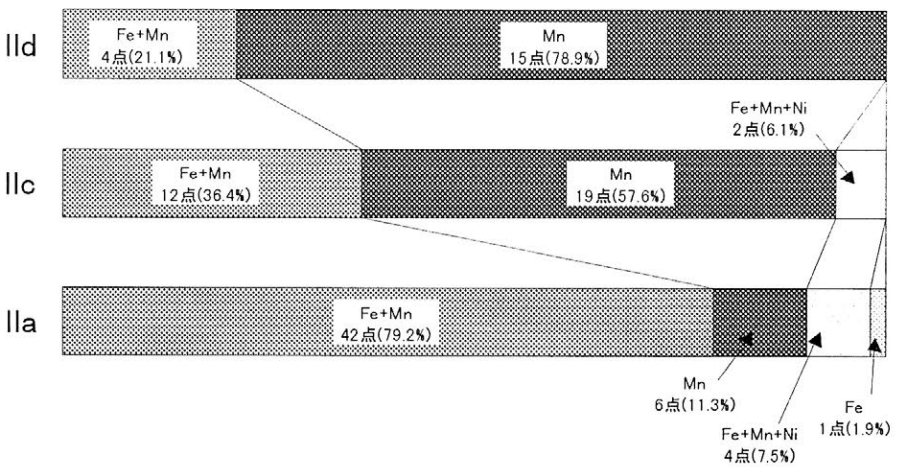


図2　時代ごとの各パターンの存在割合

14

盾の造形技法とその系譜(2)
－黒漆塗り木盾－

滋賀県文化財保護協会　　中 川 正 人

1．はじめに

盾の造形技法に関するこれまでの調査により、弥生時代の早い時期に実戦的な木盾が登場し、中期から後期にかけては朱塗りの大型の盾、さらに末期にいたっては同様の材質技法の継承により定型的な小型の盾へと変遷していくことが明らかとなった(本学会第 15 回大会発表 1998)。今回の発表は、古墳時代初頭に出現する黒漆塗りの木盾について調査する機会を得たので、その成果を報告する。

2．調査資料と調査方法

滋賀県柳遺跡と奈良県南郷大東遺跡から出土した黒漆塗り木盾について材質調査を実施した。これら２例の盾は、弥生期の木盾と同様木地にモミ材を使用し、表面には黒漆とみられる塗膜が残るものの、文様を表出するいわゆる紐綴じの素材が異なると考えられた。柳遺跡出土例は、幅が約 1.5 ㎜の扁平な素材を用い、いっぽう南郷大東出土例はやや緩く撚りのかかった繊維から成る紐を用いている。

調査手法として、漆の同定については顕微赤外(FT-IR)分析法による分析を依頼し、塗膜断面の構造と組成の調査は、試料薄片を樹脂包埋法により作成し顕微鏡で透過光下で観察した。

3．調査結果

3-1 漆の同定

顕微赤外分析法による測定結果は、赤外スペクトルの出力結果から、波数 2927(㎝)、2958(㎝)の鋭い吸収ピークより有機分子の存在が明らかとなり、波数約 1500 ㎝ から 1000 ㎝ にわたる幅広い吸収パターンが漆特有であることから、試料塗膜は漆であるとの分析結果が得られた。

3-2 塗膜の顕微鏡観察

柳遺跡出土盾の漆膜は厚さ約 350 μｍをはかる。黒色顔料を含む漆層の厚さは 150 μｍで、黒色顔料は針葉樹材を炭化し粉末化したものを用いていると考えられる。また、塗膜断面には皮革と考えられる組織が観察され、綴じ紐の素材は革紐であると想定された。

また、南郷大東遺跡出土盾の漆膜は、木地に浸透した漆を除き漆膜が２層確認できた。第１層は炭の微粒子とみられる黒色顔料を混和した黒漆の層。第２層は混和物のない透漆である。ただし、これら２層には明確な境界が認められなかった。

紐綴じ部分の断面からは、顕微鏡下で丸みを帯びた多数の三角形の空洞部分が観察された。痕跡の形態的特徴から、使用された繊維素材は絹と確認された。こうした三角形の空洞部分が残るプロセスは、盾の製作当時絹糸を束ねた紐に漆が付着し、埋没過程で繊維質である絹のみが腐朽して消滅し、その結果、絹糸繊維の断面形状が痕跡として残されたものと考えられる。

4．考察

柳遺跡出土盾は、弥生時代末期から古墳時代初頭にかけての集落の溝跡からの出土のもので、造形技法的には弥生期の朱塗り盾の構造に類似するが、革紐を用い黒漆を塗布するといった装飾法は、彦根市松原内湖遺跡出土の黒漆塗り木製短甲の紐綴じの技法に類似し、革新的な製作技法の変化がこの時期にあったと考えられる。

南郷大東遺跡出土の黒漆塗り木盾は、５世紀前半ごろのものとされており、木地に多数の小孔を穿け、絹繊維からなる紐を使用し古墳時代の象徴的文様を紐綴じの技法で展開している。さらに全体に黒漆を塗布して仕上げていることから、古墳に副葬される「漆塗り革盾」との関係を考えるうえで重要な資料として位置づけられる。

材質と装飾技法	弥生時代			古墳時代	
	前期	中期	後期～末期	前期	中期
素地	———	———	木(モミ)	———	革
罫引き線	═══	═══	═══		
穿孔	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
綴じる素材	樹皮綴じ	樹皮綴じ	紐綴じ	絹紐 革紐	絹紐 革紐
朱彩		水銀朱	水銀朱		
黒漆塗り				———	———
文様		鋸歯文	鋸歯文	円弧文・綾杉文など	円弧文・綾杉文など

盾の材質と装飾技法からみた時代的変遷(試案)

5．まとめ

黒漆塗り木盾の材質調査の成果から、次のような特徴が認められた。

(1)木地には弥生時代からの伝統であるモミ材を使用している。

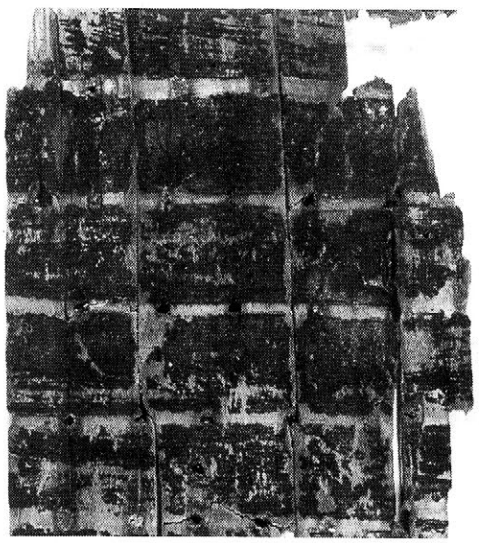
(2)象徴的文様を展開する技法として、木地に穿けられた多数の孔に柳遺跡出土例では革紐を使用し、南郷大東遺跡出土例では絹の紐綴じとしている。

(3)全体に黒漆を塗布し仕上げている。

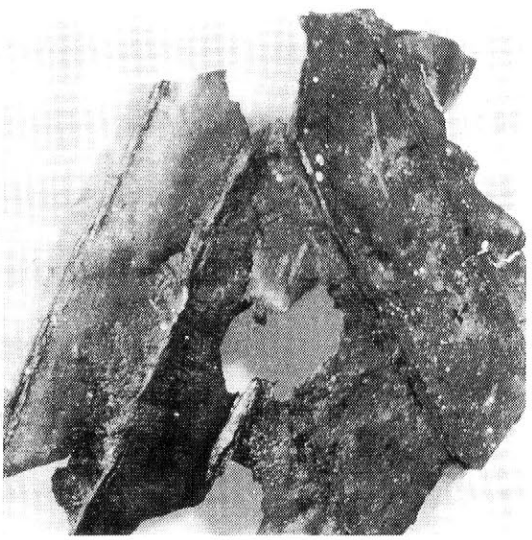
(4)柳遺跡出土例では黒色顔料に針葉樹材の炭化物の粉末を使用している。

(5)これらの盾は、木盾から黒漆塗り木盾へ、さらに革盾へと変化していく盾の造形技法を解き明かすうえで重要な資料である。

今回の報告にさいし本調査の機会を与えていただいた奈良県立橿原考古学研究所青柳泰介氏、同研究所今津節生氏、滋賀県文化財保護協会仲川靖氏、漆の分析でお世話になった奈良国立文化財研究所佐藤昌憲氏に謝意を表します。



柳遺跡出土黒漆塗り木盾



南郷大東遺跡出土黒漆塗り木盾(部分)

15

近世出土蒔絵漆器の材質・技法と保存処理に関する問題点(Ⅰ)

○ 北野信彦　　(くらしき作陽大学)
降幡順子・肥塚隆保（奈良国立文化財研究所）

1、はじめに

蒔絵はわが国を代表する漆工技術の一つであるが、一部の伝世品を除き、その多くは何らかの劣化を受けている。とりわけ近年出土数が急増している出土の蒔絵漆器は、土中埋没時や出土後、さらには保存処理や保管管理中に加飾部分が変・退色をおこすことがある。このような蒔絵漆器を的確に保存や保管を行うためには、まず個々の試料の品質と劣化現象の発生メカニズムを正確に把握することが急務である。

報告者らは、このような出土蒔絵の基本的な性格を把握するために、関連古文書の調査や個々の漆器資料の材質分析を行い、基礎的資料の蓄積を図ったので、現在までの結果を報告する。

2、出土蒔絵漆器の材質・技法と保存処理上の問題点（現在までのまとめ）

・近世には漆工技術が多様化し、高度な技術と材料による漆器が生産される一方、極めて粗雑な材料と簡素な技術による廉価な量産品の生産が盛んであった。出土資料の多くは材質分析の結果、『量産漆器』の範疇に入り、家紋などの蒔絵加飾のある出土資料も『量産型の蒔絵漆器』である可能性は極めて高い。

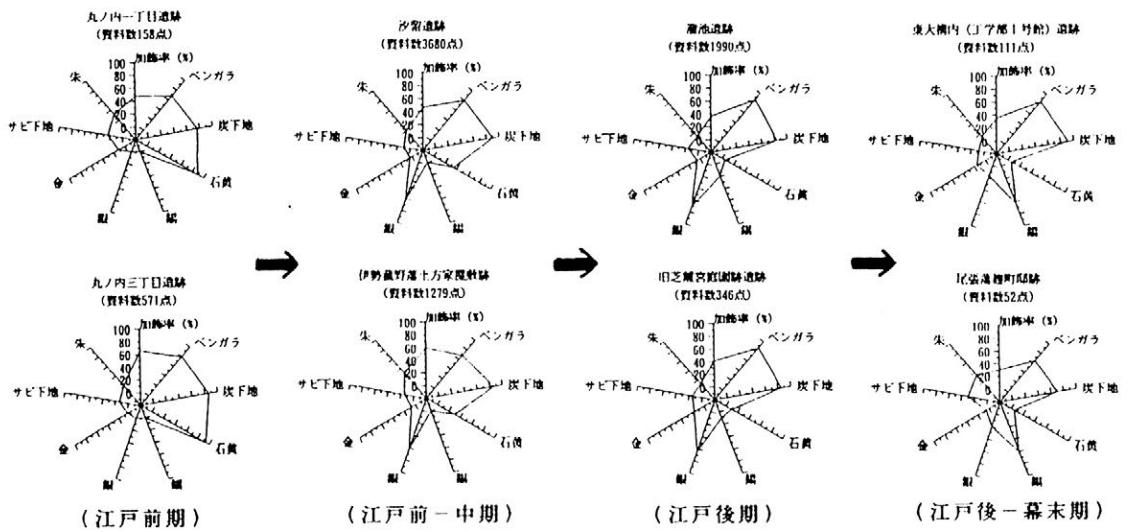
・加飾が華やかな近世漆器でも、脆弱で堅牢性に欠ける泥下地や糊下地を施すものが多いことを古文書は伝える。実際の資料でも下地から漆膜面の剥落・そり・亀裂等の劣化が顕著に観察される事例も多い。

・蒔絵の加飾部分の塗膜断面や蒔絵粉の顕微鏡観察を行った結果、これらの蒔絵技法や粉形態は、多岐にわたり細分化された（写真1,2)。

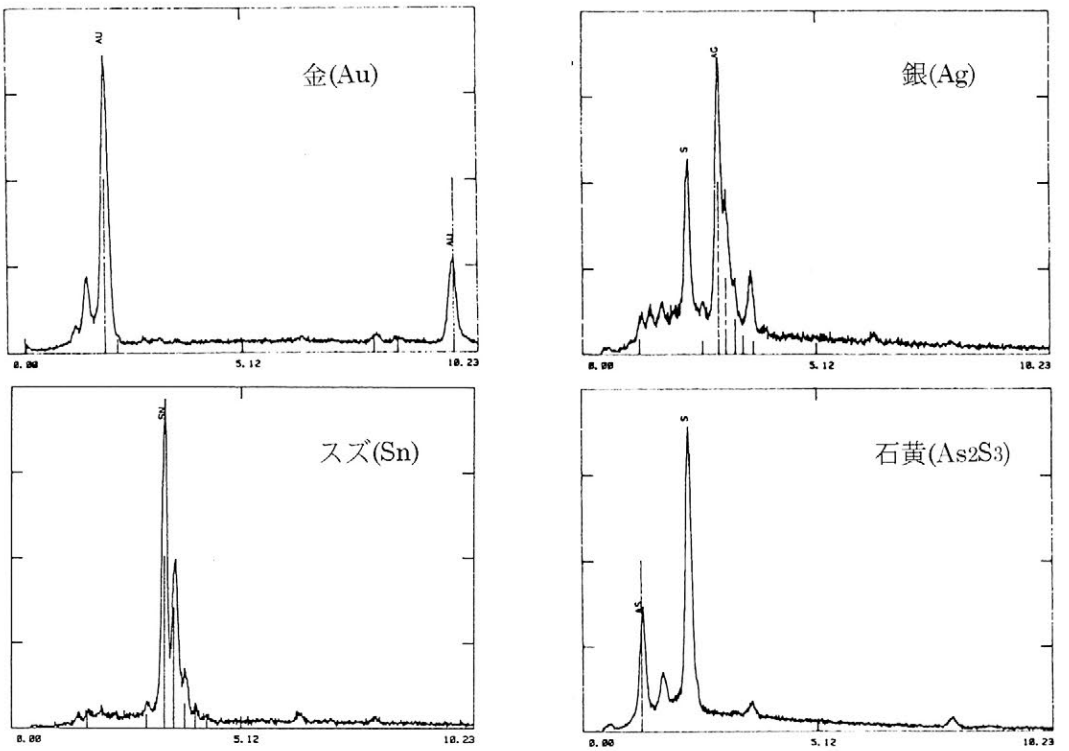
・さらにこれらを観察すると、一部または全体が黒銀色の変色したり、灰白色の粉状劣化や黄色いサビ状付着物が発生している等の劣化現象が確認された。また地塗りもしくは下絵漆との接触部分で劣化が発生する事例や、劣化現象に伴い漆の地塗り面を破壊する事例も観察された。

・蒔絵加飾部分の材質をX線回折やEPMA分析した結果、実際の金(Au)自体を使用した資料は少なく、大半は環境条件によって腐食劣化しやすい銀(Ag)もしくは石黄(三硫化砒素:As2S3)、スズ(Sn)粉であった。金に於いても銀を多く混ぜた青金が多い(図1)。

・このような蒔絵材料を年代別に集計すると、石黄～銀～スズへと使用状況が大きく変化することがわかった（図2)



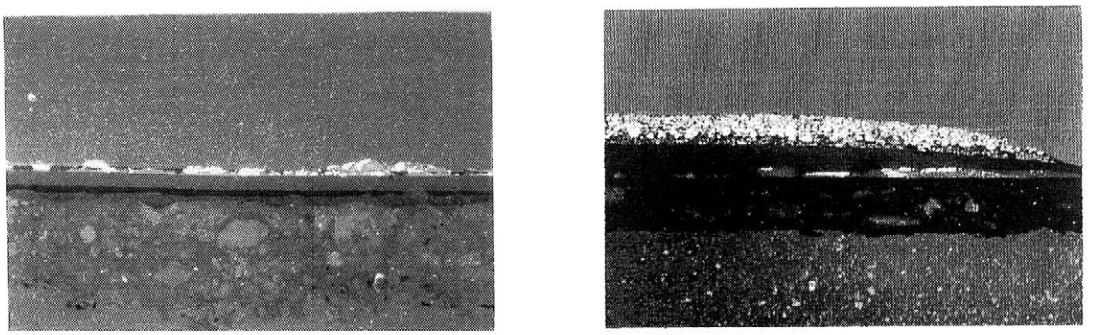
(図2) 蒔絵粉の材質の変遷（集計例）



(図 1) 蒔絵粉の材質　(EPMA 分析結果)

[設定条件：VS:1K , HS:20KEV, ELAP:100SEC]

(写真 1) 蒔絵粉形態の観察 (X30)



(写真 2) 蒔絵加飾の断面観察 (X100)

16

出土琥珀の産地推定に関する基本問題
――久慈産琥珀の物性――

○佐藤昌憲、三村　充、肥塚隆保（奈良国立文化財研究所）
山崎一雄（名古屋大学名誉教授）

１．はじめに

従来から琥珀は国内各地の遺跡から出土しているが、その産地推定についての研究はあまり進展していないように見受けられる。最近、平城京、藤原京等でも発掘調査の進展に伴って琥珀の出土例が増加しているが、その産地推定についての詳細な科学的研究はまだ行われていない。一方、ヨーロッパ等ではかなり以前からバルト海沿岸産の琥珀について考古学者ばかりでなく他の広い分野の研究者も関心を持ち、多様な分析機器を使用した物性、あるいは産地推定に関する研究が進展している。従来から国内では岩手県久慈市地域が最大の産出地とされてきたが、どのような物性を示す琥珀が久慈産と言えるのか基本的な研究が必要である。ここでは顕微赤外分析（FT-IR）、三次元蛍光分析法を用いた久慈産琥珀の特性について報告する。

２．実験

顕微赤外分析には堀場製５２０型を使用し、極少量の試料を採取し、金属台上でプレスして薄層とし、透過法で測定した。蛍光分析は日立製F4500型を用い、琥珀試料片をそのまま試料室に入れ、表面の蛍光を測定した。久慈産の琥珀は久慈琥珀博物館から提供を受けた久慈地域内の産出地のものを調査した。

３．結果と考察

図１に久慈産琥珀の赤外吸収スペクトルの例を示す。特に約１４００cm^{-1}以下の低エネルギー領域での吸収スペクトル・パターンは指紋領域と呼ばれて産地推定の拠り所とされてきたが、この領域の各吸収の吸収強度は同じ産地の琥珀でも様々な変化があり、環境要因による変化を考慮する必要がある。一塊の琥珀片の中でさえ部分によりパターンには多様性がある。

図２には三次元蛍光分析による蛍光スペクトルの一例を示す。久慈産の琥珀の中では一般に励起波長が４７０－４８０nmで、蛍光波長が５１５－５２５nmの試料が多いが、相対蛍光強度にはかなりばらつきがある。

平城宮跡出土の黒色琥珀は蛍光強度が低く、赤色琥珀では励起波長３３５nm、蛍光強度４４５nmで蛍光強度も強かった。

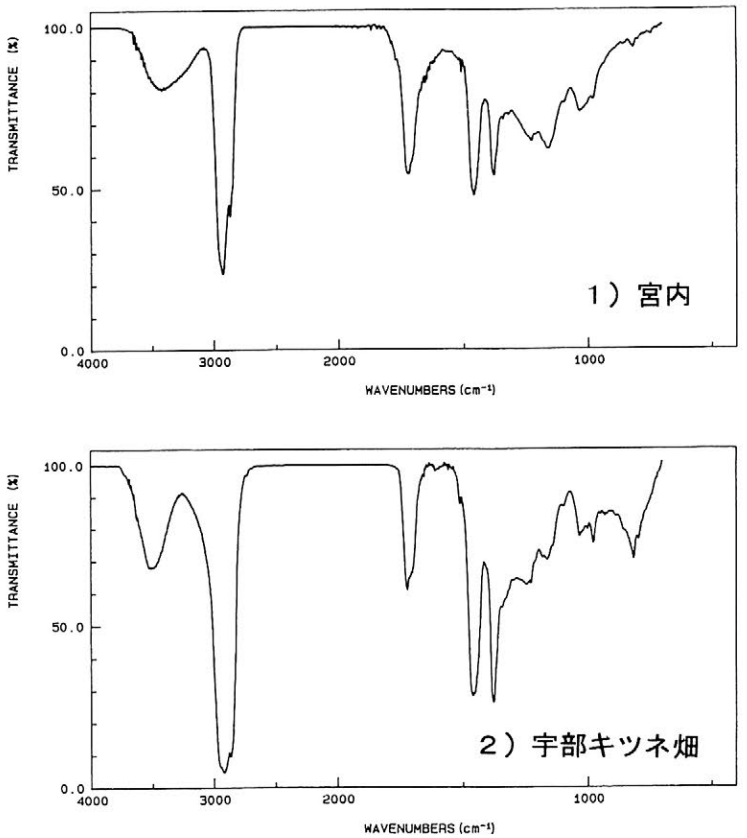


図１．久慈地域産出琥珀の赤外スペクトル

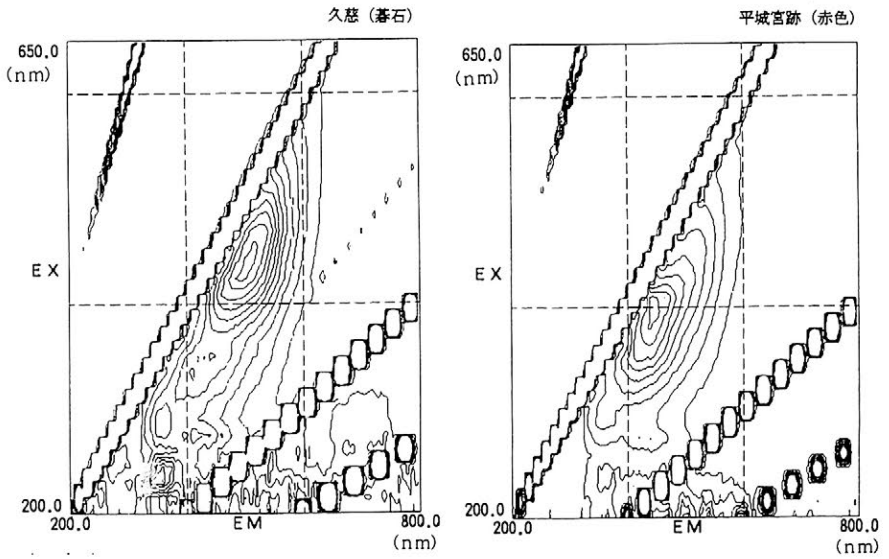


図２．琥珀の蛍光スペクトル

17

北東北の『アスファルトの道』の解明

○浅野克彦・伊東　潤・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

アスファルトは炭化水素を主成分とする複雑な有機化合物の混合体であるが、HPLC等によりパラフィン成分を抽出し質量（マス）スペクトルを測定することで大まかに分類することができた（小笠原1998）。しかし見かけのスペクトルの形状からの判断では客観性に欠けており、定量的な解析法の開発が必要とされていた。本研究では、北東北の遺跡出土アスファルトのパラフィン成分のマススペクトルについてＺ数解析を試みた。その結果、秋田県から岩手県にかけて『アスファルトの道』とも言うべきルートが存在することが明らかになった。

２．実験操作

アスファルトを溶媒で分割し、HPLC分析によりパラフィン成分のみを取り出してそのFI-MSスペクトルを測定した。実験の詳細は別の文献に示されている（小笠原1998）。

３．結果と考察

秋田県小袋岱遺跡出土のアスファルトのパラフィン成分のマススペクトルを図１に示した。このスペクトルの各ラインをZ数毎に分類すると、図２ａ、ｂのようになる。ここでZ数とは、炭化水素の環の構造をあらわす指標で、不飽和結合や芳香環を含まない化合物では以下のように定義されている。

$$Z = 2 - 2C$$

ここでCは飽和炭化水素環の数である。Z数は理論的には２からマイナス無限大の整数値を取り得るが、アスファルトは300＞m/eでは非常に再現性が悪く、m/e＞600では、スペクトル強度が一般に弱く、解析結果にあまり影響を与えない。従って、対象の範囲を300＜m/e＜600にすると、図２ａ（Z=−6）と図２ｂ（Z=−8）の理論スペクトルの組み合わせだけで実測スペクトルをほぼ再現できる。そこで、Z=−6の成分スペクトルの強度をZ=−8の成分スペクトルの強度で割って得られた値Ｒを指標として他の遺跡やアスファルト湧出地から得られた試料と比較した。

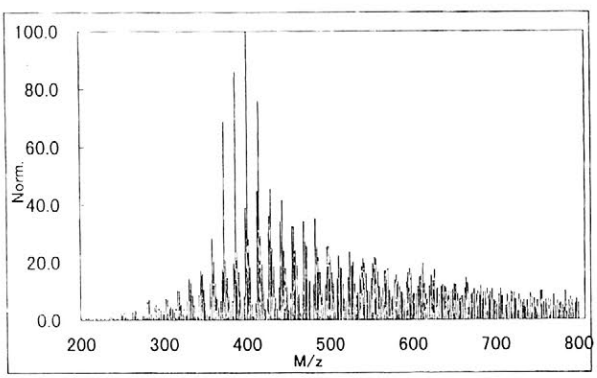
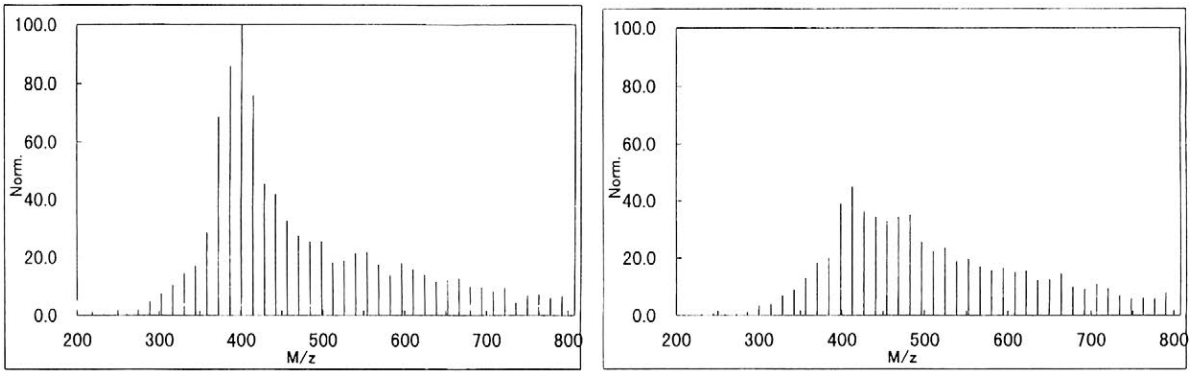


図１　小袋岱遺跡出土アスファルトの
パラフィン成分のFI-MSスペクトル



a：z＝－6　　b：z＝－8

図２　小袋岱遺跡出土アスファルト　パラフィン成分のＺ数別質量スペクトル

表１に、各遺跡のサンプルについて求めたＲ値と、主な産地と推定される秋田県米代川流域の二ツ井のサンプルとの違いを示した。二ツ井のアスファルトのＲ値の平均値は0.632±0.036と求められている（小笠原1999）。遺跡から得られたアスファルトのＲ値から二ツ井のＲ値の平均値を引き、その差を二ツ井のＲ値の標準偏差で割った値が二ツ井からの隔りを意味する相対偏差である。秋田県米代川流域および岩手県馬淵川流域の６カ所の遺跡から出土した試料の相対偏差は全て2.2以下であり、アスファルト試料の経年変化とスペクトル分析の精度を考慮すれば、同じ系統に属する試料と結論しても矛盾はない。さらに、本研究で得られた沢田Ⅰ遺跡出土アスファルトのＲ値は、0.646と二ツ井産のものと誤差の範囲で一致しており、当然のことながら相対偏差も0.399と極めて小さい。一方、同じく三陸海岸に近いが、より南にある相ノ沢遺跡の試料では相対偏差は８を越えており、参照試料の二ツ井原産のアスファルトとは全く異なっている。

表１　遺跡出土アスファルトのＲ値と二ツ井産からの相対偏差

遺跡名・原産地名	Ｒ値	相対偏差
秋田県二ツ井	0.632±0.036	——
秋田県伊勢堂岱	0.650	0.497
岩手県赤坂田	0.706	2.042
岩手県川口	0.698	1.808
岩手県君成田	0.637	0.145
岩手県寺久保	0.709	2.113
秋田県潟前	0.781	[illegible]
秋田県小袋岱	0.666	0.952
岩手県相ノ沢	0.930	[illegible]
岩手県沢田Ⅰ	0.646	0.399
北海道キウス4B②	0.641	0.258
秋田県昭和町②	0.953	[illegible]
岩手県塩ヶ森	0.869	[illegible]
北海道キウス4B①	0.758	[illegible]
北海道南茅部	0.685	1.450

※網掛け部分は、相対偏差が±３以上で二ツ井産と区別できる。

４．結論

Ｚ数を用いた定量的解析方法によって、次のような北東北の『アスファルトの道』の存在が明らかになった。この道は、秋田県米代川の河口付近から発して、同川を東行し、岩手県の馬淵川を経て三陸海岸に至り、さらに海岸沿いに南下するが、おおよそ山田町付近で終点となっている。

文献

小笠原正明・浅野克彦「北日本の縄文遺跡出土アスファルトの質量スペクトル分析による産地の同定」『文化財科学会第15会大会　研究発表要旨集』30-31頁，1998

小笠原正明「伊勢堂岱遺跡出土アスファルトの産地同定」『伊勢堂岱遺跡発掘調査報告書』，秋田県埋蔵文化財センター，印刷中，1999

18

藤ノ木古墳と観音山古墳出土の銅製品の鉛同位体比

○平尾良光，榎本淳子（東京国立文化財研究所）

はじめに

奈良県斑鳩の法隆寺近くにある藤ノ木古墳と群馬県高崎市の綿貫観音山古墳は古墳時代後期（６世紀後半）の築造と推定され、多くの副葬品が出土したことで知られている。これら古墳は片や近畿地方、もう一つは関東地方とかなり地理的にはかけ離れているが、築造時期およびその出土品に類似性が認められるとの見解が示されている。もう一つ九州の江田船山古墳と関連付け、朝鮮半島や中国との関係を探る考え方や、古墳の被葬者の問題、そして大和政権の成立や発展過程との関連性で理解しようとするなど、考古学的にはいろいろ推測されている。

当研究室では1995年に、藤ノ木古墳から出土した馬具の銅製帯金具１点について化学組成と鉛同位体比を発表した。今回、観音山古墳から出土した銅製品について、その化学組成と鉛同位体比を測定できたので、その結果を藤ノ木古墳出土資料と比較検討した。

資料および測定

今回、測定に供された資料は観音山古墳から出土した水瓶、杏葉、鏡板、雲珠、歩揺など約20点である。この中で、化学組成を測定できた資料と鉛同位体比を測定できた資料とがあった。

化学組成は波長分散型蛍光Ｘ線分析法で求め、鉛同位体比は表面電離型質量分析法で測定した。詳細な技術的内容は省略する。

結　果

藤ノ木古墳から出土した資料の帯金具１点に関する測定値と考察は同古墳に関する２次報告書に報告した。組成はほぼ純銅であり、鉛同位体比の値からは日本産材料の可能性を示すが、なお中国・朝鮮半島産の可能性を含むという内容で、産地をはっきり特定できなかった。

観音山古墳から出土した資料は化学組成から判断すると、水瓶だけが鉛入青銅であった。化学組成を水瓶表面の錆の上から測定したため、真の化学組成はわからなかったが、スズと鉛濃度が高いようである。その他の馬具類資料はすべて純銅製であった。

これら資料に関して測定された鉛同位体比の値を図１・２で示した。この図の中には鉛同位体比分布の基本概念として弥生時代資料に関して得られている領域図が示されている。それらは図１と２で、Ａ，Ａ’は前漢鏡、Ｂ，Ｂ’は後漢鏡・三国時代鏡、Ｃ，Ｃ’は現代日本の鉛鉱石、Ｄ，Ｄ’は朝鮮半島産の多鈕細文鏡などが主として分布した領域である。

観音山古墳から出土した資料の中で、水瓶はＢ領域の右上部分に位置した。また馬具類など他の資料はＢ領域下面側部分に、長く連なって分布しているように見える。藤ノ木古墳出土資料もこの中に含まれた。

考　察

化学組成から、観音山出土資料に関して水瓶が鉛入青銅であることと、馬具類が純銅であることとは製作過程が全く異なることを意味しており、馬具類と水瓶との意味の違いを改めて示唆している。

図１の鉛同位体比分布で、観音山古墳出土資料中、水瓶がＢ領域内上部に位置した。また馬具類など他の資料はＢ領域下面側全域に、連続的に分布しているように見える。分布位置の違いから、水瓶は馬具類とは異なった材料であることが示唆される。

藤ノ木古墳出土の帯金具は観音山古墳出土の馬具類の一連の分布の中に含まれており、これら資料は同一材料であるかもしれない。即ち、両古墳は同じ材料で用いた馬具製品を出土した可能性を示す。このことは考古学的な遺物の型式や文様だけでなく、材料としても両古墳が関連性を持っている可能性を示す。

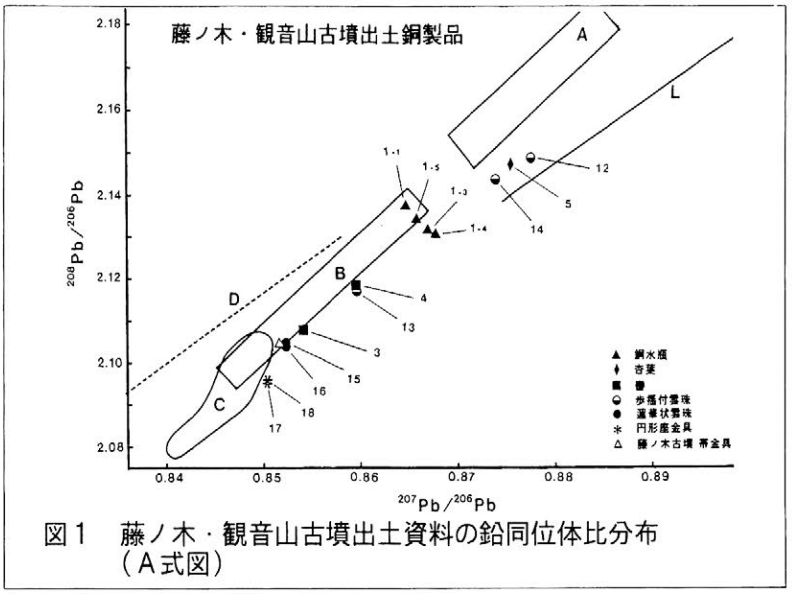


図１　藤ノ木・観音山古墳出土資料の鉛同位体比分布（Ａ式図）

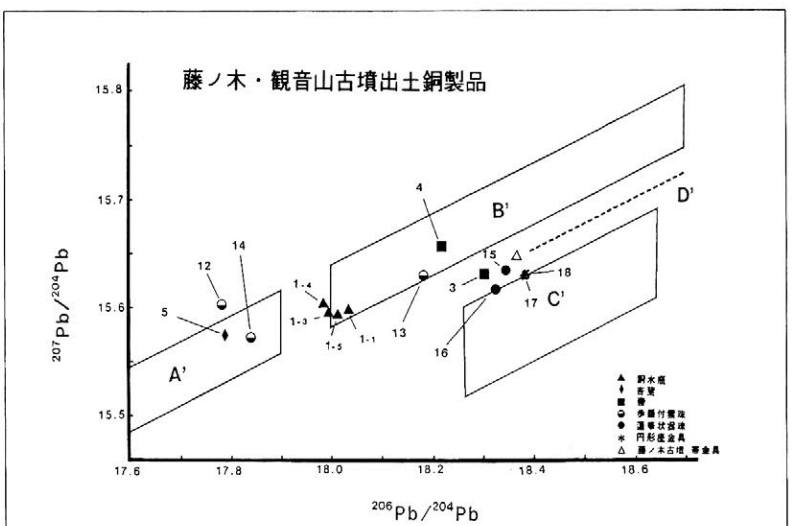


図２　藤ノ木・観音山古墳出土資料の鉛同位体比分布（Ｂ式図）

しかしながら、純銅資料の鉛同位体比が今までとは異なった系統を示唆していることから、Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ領域という分布図が充分ではなく、古墳時代資料を考える上で新たな領域を示す指標が必要であることを示唆している。この点、中国戦国時代の貨幣、西周時代の青銅器の分布などと比較して、両古墳出土の馬具類の分布はこれら中国資料と似ているとも判断できる。今後、古墳時代、奈良時代の資料の化学組成と鉛同位体比の測定を増やしてから、もう一度これら資料に関して検討したい。

19

ベリリウム同位体による縄文土器の胎土分析とグルーピング

○坂本　稔・今村峯雄（国立歴史民俗博物館）

［はじめに］

本研究では，胎土中の粘土鉱物に濃縮するベリリウムの同位体を用いた土器産地の推定を試みてきた。ベリリウムは，岩石の風化を通じて地球化学的な挙動の類似するアルミニウムとともに粘土鉱物の表面に取り込まれる。同位体^{9}Beは地殻起源物質であり，その濃度は地質環境と堆積環境に左右される。一方，^{10}Beは宇宙線によって大気圏上層で生成する放射性同位体（半減期151万年）である。雨水とともに降下して海洋底や湖底に堆積するが，陸上では粒子成分の堆積率の差から低い濃度を示すことになり，また壊変によって次第に失われる。したがって，堆積粘土層のベリリウムの同位体はその地質環境，堆積環境，年代を反映した特徴的な値を示すことが予想される。

今回は，新たな土器資料および粘土資料についてベリリウム同位体を測定した。これらの結果を，今までに得られた縄文土器胎土の測定結果と統合し，土器の胎土として利用されたと考えられる粘土層推定の可能性を探った。

［資料と実験］

これまで坂本等[1]・今村等[2]が発表してきた九州・南西諸島出土の縄文土器について，未測定分を補った。加えて沖縄本島・奄美大島において露頭から粘土資料を採取し，分析に供した。さらに今回，長野県埋蔵文化財センターから川原田遺跡（長野県）出土の縄文土器片をご提供いただき，分析を行った。

試料をめのう乳ばちで粉砕して焼成し，硝酸溶液とした。^{9}Be分はこれを分取し，ICP-MSによる濃度測定を日鉄テクノリサーチ株式会社に依頼した。^{10}Be分にはキャリアを加え，溶媒抽出および陽イオン交換を経てベリリウムを回収した。^{10}Beの測定は，東京大学原子力研究総合センターのタンデム加速器質量分析装置（AMS）で行った。

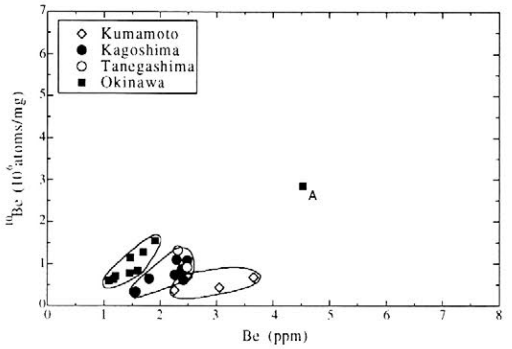
［結果と考察］

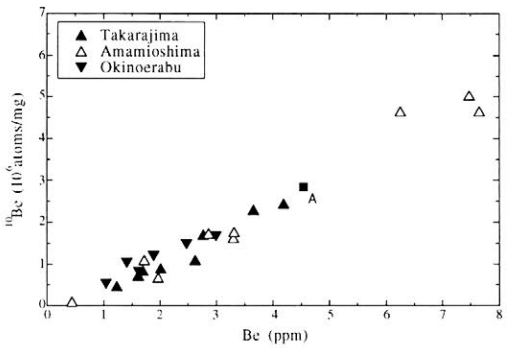
九州・南西諸島で得られた縄文土器胎土，および粘土資料のベリリウム同位体を図1に示す。内陸性起源堆積物の傾向を示す熊本出土土器，^{10}Be濃度が高く海洋性起源堆積物の影響を伺わせる沖縄本島出土土器，両者の中間に位置する鹿児島・種子島出土土器の3群はそれぞれグルーピングが可能である。

沖縄本島出土の縄文土器のうち1点（資料A）はBe濃度，^{10}Be濃度ともにグループか

1　坂本等：日本文化財科学会第14回大会研究発表要旨集，pp. 6 - 9。

2　今村等：日本文化財科学会第15回大会研究発表要旨集，pp. 150 - 151。





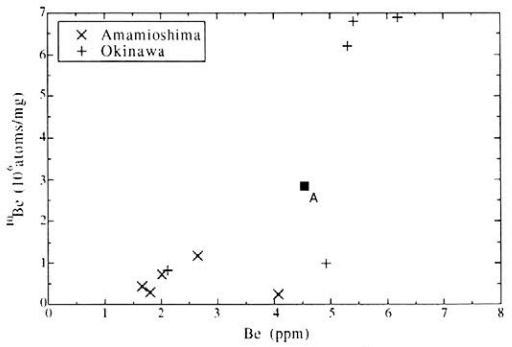


図1： 九州・南西諸島出土の縄文土器胎土(上・中)，および南西諸島で採取した粘土(下)のBe同位体。図中Aはグループから外れる沖縄本島出土の縄文土器。

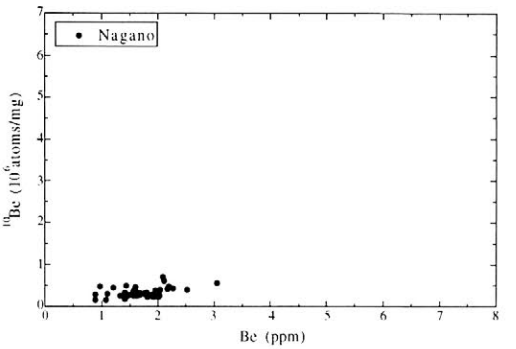


図2： 長野県川原田遺跡で出土した縄文土器胎土のBe同位体。

ら大きく外れていて，グラフ上ではむしろ奄美大島などから出土した土器の直線的な分布（図1中）に含まれるように見える。データがグループを形成せずに分散するのは，土器または胎土が様々な地質学的条件を有する地域から移入してきたことを示すものと考えられ，胎土を多量に採取できる有力な粘土層を持たない小島に特徴的な傾向と思われる。

沖縄本島で採取された粘土資料の一部は高い^{10}Be濃度を示した。グラフ上では右上方に位置し（図1下），グループを形成する沖縄本島出土土器の延長上にある。グループが右肩上がりに形成されるのは，こういった粘土の一部を胎土として含んでいることを示唆する。一方，グループから外れた資料Aはグループと粘土とを結ぶ線上には位置しない。つまり，土器胎土中の粘土鉱物のベリリウム同位体から，資料Aは沖縄本島の粘土を用いたのではなく，島外の粘土を胎土として用いた可能性が指摘できる。

一方，内陸に位置する長野で出土した土器はいずれも低い^{10}Be濃度を示し，典型的な内陸性起源堆積物の性質を帯びていた（図2）。これらの土器は比較的狭い地域から出土したもので，その流通については土器型式からの検討も必要だろう。

20

Trace Element Studies of Jomon Pottery Using Quantitative EDXRF

Mark Hall, National Museum of Japanese History
Junko Habu, University of California at Berkeley

Chemical analyses are one way of examining the production and circulation of prehistoric pottery. Behind much of the research in chemical studies of ceramics is the assumption that the chemistry of the clay(s) and temper(s) used to manufacture the pottery is a reflection of the local geologic environment. While the addition of tempers and the purification of the clay(s) may alter the chemical signature and preclude sourcing it to a specific clay deposit, it does not prevent the analyst from identifying unique compositional groups. Thus demonstrated differences in the chemical composition between separate pieces of pottery can be used to discern different "sources". These sources could correspond to specific clay deposits, regional clay deposits and/or "production workshops".

In Japanese archaeology, while there has been much interest in doing provenience studies of protohistoric and historic ceramics, there has been only a little for Jomon pottery. One possible reason for this is the fact that Jomon and Yayoi pottery is believed to have been open air-fired without any permanent firing facilities. The "sourcing" of prehistoric pottery in the absence of kiln sites can be daunting. While one can identify chemical and petrological similarities and differences, there is no way of knowing *a priori* the number of "sources" in a given data set nor the dissimilarity between the sources. Furthermore, when more than one geochemical group is found at a single site, the question arises whether these geochemical groups represent the utilization of two or more different raw material sources and/or manufacturing techniques, or if one of the groups was made outside the local region.

Despite the absence of kiln sites, we believe the variability in the chemical composition of Jomon pottery within a single style zone and between style zones should be systematically examined. If the Jomon settlements produced and utilized much of their

own pottery, we should expect to find statistically significant differences in the chemical composition between potsherds from different sites. If there are no significant differences, then we can assume: 1) the Jomon potters utilized raw materials that were geochemically similiar, or 2) pottery was part of an exchange/trade/re-distribution network between settlements.

Quantitative energy dispersive x-ray fluorescence (EDXRF) was used to determine the trace element (Ba, Ce, Fe, Ga, Mn, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, Ti, Y, Zn and Zr) chemistry of Jomon pottery from sites in central Honshu and the Tohoku region. The trace element chemistry was then analyzed using multi-variate analysis of variance (MANOVA), linear discriminant analysis (LDA) with and without cross-validation, and step-wise discriminant analysis (SDA). These statistical methods allow one to explore chemical variation between sites, ware types and time, plus determine the most discriminating elements.

The results of the case studies are as follows. Potsherd samples from three Moroiso period sites in the Kanto and Chubu regions were analyzed by EDXRF. The MANOVA indicates that the population means for the 15 chemical variables are different for the three sites. LDA with cross-validation correctly classified 86.9% of all the cases. Fe, Ni, Pb, Sr, Y and Zn are identified in SDA as the most important discriminators.

For the Tohoku region, Early Jomon and Middle Jomon pottery from 4 sites, including Sannai Maruyama, was analyzed. The MANOVA test indicates that site location is the most important factor and the population means for 15 chemical variables from the 4 sites are different. LDA with cross-validation correctly classified 87.5% of the cases, while SDA identified Ba, Ce, Cu, Fe, Mn, Nb, Nd, Pb, Rb, Sr, Th, Ti, Y, and Zn as the most important discriminators.

The mis-classified cases are believed to be due to: 1) the use of a regional clay deposit, or geochemically similiar clay to manufacture the pottey; or 2) the movement of pottery between sites.

AMS ^{14}C年代測定法の古文書資料への適用

○小田寛貴（名古屋大学年代測定資料研究センター），
増田　孝（愛知文教大学），中村俊夫（名古屋大学年代測定資料研究センター）

はじめに

加速器質量分析法（AMS）による^{14}C年代測定において，必要となる炭素試料の量は1～2ミリグラムである．これは，従来の放射線計数法による^{14}C年代測定で必要となる量の約1／1000 に相当する．AMSによって，以前はその貴重さ故に実施されることが少なかった文化財資料の^{14}C年代測定が可能となるに至った．現在では，遺跡出土の種・木炭片はもとより土器付着炭化物・鉄器・壁画などの^{14}C年代が，報告されつつある．AMS ^{14}C年代測定法は，このように新たな考古学資料に適用される一方で，古文書など文献史学において扱う資料にも適用することが可能である．

しかしながら，歴史学において本来探究すべき年代は，その資料が道具として歴史の中に登場した年代（以下，歴史学的年代）であり，試料の物理的属性たる^{14}C年代ではない．近年，暦年代が既知である年輪試料についての^{14}C年代測定結果に基づいて，^{14}C年代を暦年代に換算することが可能となっているが，ここでいう暦年代は動植物がその生命活動を停止した年代であり，それが道具として利用された歴史学的年代とは異なるものである．対象となる時代が新しいほど，自然科学的年代たる^{14}C年代と本来探究すべき年代たる歴史学的年代との「ずれ」がより大きな問題となるといえよう．

そこで本研究においては，古文書資料に対するAMS ^{14}C年代測定法の有効性と適用限界とを明確にすることを目的とし，書風・内容等から歴史学的年代の判明している七点の古文書についてAMS ^{14}C年代測定を実施した．

実験

各古文書資料から数十 mg の試料を分取し，化学処理によってα-セルロースに調製した．このセルロースをグラファイトに変換し，名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計により $^{14}C/^{13}C$ 比測定を行った．統計誤差を抑えるため通常測定の約四倍に相当する測定を行った．また，気体用質量分析計によってδ ^{13}C値を測定し，同位体分別効果の補正にあてた．樹木年輪較正曲線によって，得られた^{14}C年代を暦年代（以下，暦^{14}C年代）に換算した．古文書資料の^{14}C年代・暦^{14}C年代・歴史学的年代を表1にまとめる．

結果

表１．古文書資料の ^{14}Ｃ年代・暦 ^{14}Ｃ年代・歴史学的年代

No.	歴史学的年代	^{14}Ｃ年代［BP］	δ ^{13}Ｃ［‰］	暦 ^{14}Ｃ年代［cal AD］
1	平安末～鎌倉初期	845±51	-25.9	1166 (1220) 1262
2	鎌倉期	553±69	-25.5	1313 () 1349, 1389 (1407) 1435
3	文保二年（1318年）	582±47	-25.4	1310 () 1353, 1385 (1400) 1413
4	永徳元年（1381年）	595±46	-26.1	1307 () 1362, 1377 (1397) 1408
5	応永元年（1394年）	703±32	-25.6	1285 (1292) 1300
6	弘治元年（1555年）	363±77	-26.1	1446 (1506, 1602, 1615) 1646
7	永禄五年（1562年）	394±49	-26.2	1445 (1476) 1519, 1576 () 1625

＊δ ^{13}Ｃの誤差は，いずれも±0.1［‰］

＊暦 ^{14}Ｃ年代の（ ）内の数値は ^{14}C 年代の平均値を較正した結果を，（ ）外の数値は誤差範囲を示す．

考察

測定された古文書の暦 ^{14}Ｃ年代は，資料 No. 5 を除いて，歴史学的年代と一致ないしはそれを包含する結果を示している．木製文化財の場合，樹齢・乾燥期間などの要因によって，その暦 ^{14}Ｃ年代が文化財の作製された年代よりも，一般的に古い値を示すことが知られている．“old wood effect”とよばれる現象である．和紙も，楮・雁皮・三椏などの低灌木から生産される「木製」文化財であるといえるが，その原料には，生えてから数年程度しか経ていない枝の白皮が利用されるため，“old wood effect”による年代のずれも数年程度のものであると考えてよい．また，楮紙の場合，長期保存に伴いヘミセルロースが変質し使用に耐えなくなってしまうため，原則的には生産されてから一年以内に消費されるものと考えられる．古文書の歴史学的年代と暦 ^{14}Ｃ年代の一致は，こうした和紙の特性に起因するものであろう．

この結果から，古文書の ^{14}Ｃ年代と歴史学的年代のずれは，測定誤差範囲におさまる程度のものであり，古文書料紙は“old wood effect”が小さく ^{14}Ｃ年代測定に適した資料であるといえる．ただし，古文書の年代測定は，^{14}Ｃ年代測定法の分野においては比較的新しい時代を対象にしており，以下のような問題点を今後解決する必要があろう．現在のＡＭＳ測定は通常±80 年前後の測定誤差をともなうものであるため，それ単独では年代を「決定する」ことはできず，文献史学・書跡史学の面からの年代判定と併せて吟味する必要がある．また ^{14}Ｃ年代を暦 ^{14}Ｃ年代に換算する較正曲線は，海外の樹木年輪の測定結果から作製されたものであり，日本産試料に適用した際の正当性を検証せねばなるまい．較正曲線の変化が大きい時期に相当する No. 5 のような資料の年代測定においては，特にこの影響を考慮する必要がある．

22

縄文土器のC－14年代

○吉田邦夫・宮崎ゆみ子・小原圭一・稲葉千穂（東京大学総合研究博物館）
阿部直弘・菱木繁臣（日本大学文理学部）

1．はじめに　【そのC－14年代値は、何の年代値？？？】

最近の加速器質量分析（AMS）法によるC－14年代測定は、従来よりさらに微量の試料を使い、より精度の良い測定が可能になってきた。具体的には、1mg以下の試料で、新しい年代のものについては誤差0.5％（±40年）の年代決定が可能で、場合によっては±20年まで決定できる可能性をもっている。

このような性能が発揮されれば、これまで取り扱えなかった問題にもアプローチする願いが叶えられることになる。土器の直接年代決定もその一つである。有機物の残骸が痕跡量残っていれば、その試料が持っているC－14濃度が測定できることになり、C－14年代が算出される。しかし、逆に言えば、埋蔵されてきた遺物には、初めから含まれているものだけでなく、由来を異にする様々な有機物が多かれ少なかれ含まれているので、ほとんどのものは測定にかければ、「C－14年代」が得られてしまう。したがって、得られた年代値が、何を意味するかを充分に検討することが、これまで以上に重要となる。このような視点から、土器の年代決定について、検討を行ってきた。

2．土壌中の有機物の影響－1　【遺跡の土壌試料が得られる場合】

新潟県葎生遺跡の資料では、後期、晩期資料それぞれの付着物、内部黒色部分、土壌、フミン酸、および木炭について、誤差範囲内で一致した値が得られたことを報告した。土壌内有機物が、上下に動いていないものと思われ、表面付着物や内部黒色部分のどれを資料として用いても、信頼できる年代値が得られることになる。

3．土壌中の有機物の影響－2　【遺跡の土壌試料が得られない場合】

埼玉県TaK遺跡の繊維土器を用いて、土壌有機物の浸透および土器の胎土に含まれている有機物の影響を検討した。

①表層部の1～3mmの色が黒くない部分をメスで削り取り試料とした。

②黒色部分を約500mg取り出し、メノウ乳鉢で粉砕し、試料とした。

それぞれの試料について、酸－アルカリ－酸（AAA）処理をした場合と、しない場合の測定試料を調製した。それぞれの炭素含有率と年代を、表に示す。

	AAA処理	使用量 mg	AAA収率 %	炭素含有率 %	年代値 yr BP
表面	○	524.7	70.2	0.13	6400±170
	×	176.4		0.33	8720±130
内部	○	317.8	74.7	1.76	6330± 90
	×	41.7		2.43	6680±250

年代値からみると、土壌からの浸透による可能性を持つ成分（AAA 処理によって溶解除去されたもの）は、このケースでは古い年代を示している。表層部で極めて顕著であるが、内部黒色部分にも少し浸透している。また、土器胎土に含まれていたと思われる有機物は、繊維の年代より新しいことはない。古いか、ほぼ同じ年代を示すはずである。AAA 処理をした表層部と内部黒色部分の年代を比較すると誤差範囲内で一致しており、その炭素含有率が 10 倍以上違うことを考慮すると、胎土中の有機物があったとしてもその量は少なく、また、ほぼ同時代を示すものと考えてよい。

4．表面付着物－1　【土器表面のスス】

南西諸島Ⅰ貝塚から出土した土器片の表面に残っていたススを用いて年代決定を行い、伴出した貝の年代との比較を行った。ススなどの表面付着物は、実体顕微鏡下で、黒色部分だけをメスを使って削り取る。ススのような付着物はおよそ 4cm ×3cm の範囲で、接合資料の接合部分の両側に広がっていた。今回は、接合資料の片側のみ、全体の約半分を切除して測定試料とした。86.2mg の試料を削り取り、1.03mg のグラファイトを得た。

5．表面付着物－2　【低湿地遺跡等の土器片で見られる炭化物層】

前記の葎生遺跡の試料にも見られたが、特に低湿地の遺跡から出土する土器片の表面に、かなり厚い炭化物層が付着していることがある。使用時の痕跡であるとされていることが多いが、この付着物の年代について検討した。今後、その由来についての検討を行う予定である。

6．年代測定

試料は酸化銅（Ⅱ）で酸化して二酸化炭素とし、さらに鉄触媒を用いた水素還元により、測定用のグラファイト試料を生成する。これをアルミニウム製カソードの直径 1mm の孔にプレスして詰め、測定を行う。測定は、東京大学原子力研究総合センターの AMS 装置で行った。高速逐次入射法を用いて、^{12}C を 0.3msec、^{13}C を 1msec、^{14}C を 100msec 入射、加速するシークエンスを 6000 回（^{14}C の測定時間 600 秒）繰り返し、この測定を 3 回行った。加速電圧は 4.80MV で、荷電変換後の C^{4+}について、$^{14}C/^{12}C$ 比を測定した。標準資料は、OXⅡおよび ANU スクロースを用いた。

★　年代値の表記法、暦年代への補正方法

最近、AMS 法が普及したこともあり、大量のＣ－14 年代値が算出されている。ところが、時として暦年代へ補正した年代と測定値が同列に論じられたりして、混乱を招くことが少なくない。もう一度、年代値の表記法やその取り扱いに関してのコンセンサスを得る必要があると考えている。

なお、本研究は平成 8～10 年度、文部省科学研究費補助金・基盤研究（B）（課題番号 08451086「土器の製造および使用、さらに伝搬についての暦年代」、研究代表者：吉田　邦夫）による成果の一部である。

23

宮城県歌津町所在田束山山頂経塚群他における地下レーダー探査

中村　浩(大谷女子大学)　時枝　務(東京国立博物館)　千葉一夫(歌津町教育委員会)
新沼岩保、村上真由美、頃安敏雄((株)サンコーコンサルタント)

はじめに

地下レーダー探査法は、地表より電磁波を地中に送信、物性変化の境界で反射し、その反射波を受信する事により、地中状況を反射構造として計測するものである。近年、その性格(非破壊法)から発掘調査前の事前調査や範囲確認調査での適用例が増加しており、一定の成果をあげている。

昭和46年の本吉・歌津町の文化財保護委員会による現地調査で、青銅製経筒を出土した5号経塚を含め、11基の経塚が確認されていたが、平成8～9年度の歌津町教育委員会による現地調査(調査担当者中村　浩)の中で、経塚群の数量およびその範囲が拡大することが指摘された。(時枝　務「山岳寺院の伽藍構成」『田束山』大谷女子大学　資料館　1998)　本報告は、田束山経塚群、大黒森墓地跡、満海上人壇、長者屋敷遺跡の4ヶ所の地下遺構の分布状況および、位置特定を目的として、平成10年8月に実施された地下レーダー探査の結果を記すものである。

1. 探査方法

調査方法の選定:本探査では、遺構の深度を5号経塚の調査結果から深度1.5mまでを探査の中心に置き、深度2～3mの単純構造の深度方向の分解能に優れた特性をもつ地下レーダー探査法を採用した。使用した機器はインパルス方式、送信出力約80VppのNJJ－28A((株)日本無線)である。測定時の計測器の配列は、図1の通りである。

測線の設置:田束山経塚群では、経塚群が位置する山頂尾根に山頂部三角点より起した5m方眼のグリッドをもとに、東西0.5m間隔の南北測線を基調にして、一部地表面に分布する自然石分布箇所に、0.2m間隔の南北および東西方向の測線を配置した。また、その他の3箇には東西南北方向の方位軸に乗った縦横断の測線を配置した。

探査結果の解析:各測線別に出力した反射映像記録は左側に深度(m)を、右側に往復時間(ns:ナノ秒＝10^{-6})を表す。(図2)往復時間(Tn)で得られる記録から深度への変換は、比誘電率($\varepsilon\gamma$)と電磁波速度から求める。本調査では深度換算可能な埋設物がなく、比誘電率の値は、未舗装地盤の平均値$\varepsilon\gamma=12$を使用した。これにより反射面の深度(Dn)は、

$$Dn(m)=\frac{3\times10^{8}}{2}\cdot\frac{T_n}{\sqrt{\varepsilon\gamma_n}}$$

で得られる。しかし、比誘電率は地盤の構成・材質・粒径・密度・含水率等の要素により変化するため、場所や日時が異なると変化する可能性があり、表示深度は概略の値を表しており、注意する必要がある。

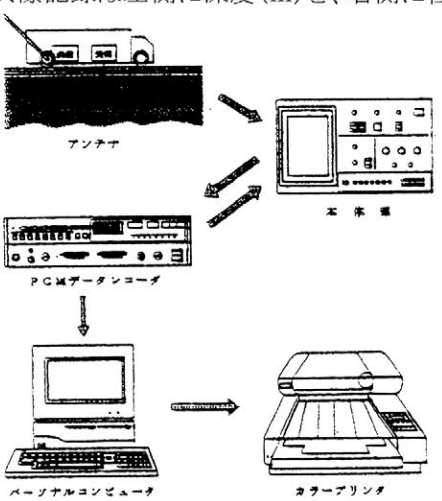


図1　地下レーダー探査模式図

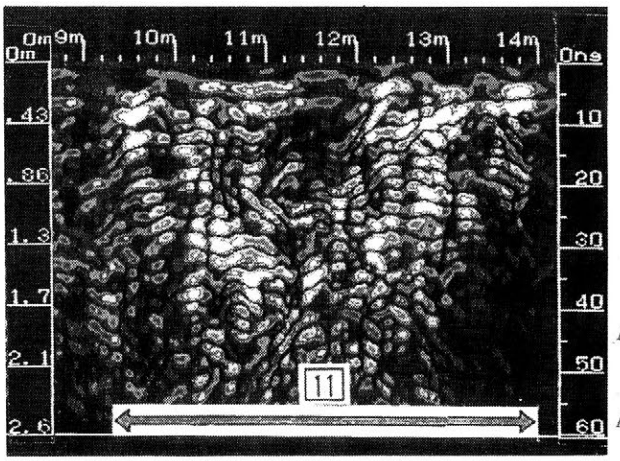


図2　反射映像記録(田束山経塚群)

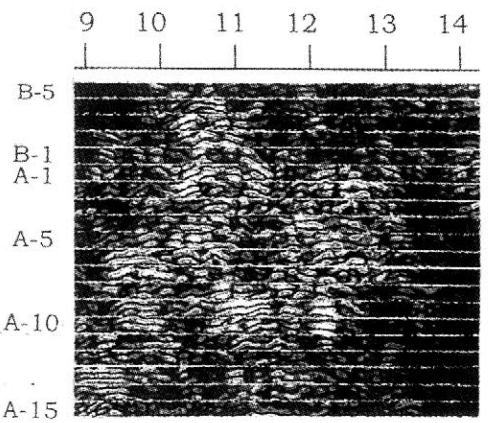


図3　タイムスライス平面図(深度1.08～1.30m)

3.測定結果

地下レーダー探査結果の解析には、各測線別に出力した反射映像記録をもとに、作成したタイムスライス平面図(図3)から強振幅の反射波がある広がりをもって分布する箇所の抽出・分類を行い、さらに既往遺跡群の示す反射状況との対比や反射波分布形状から類推される地下構造を推測して、遺構の可能性が高い箇所を抽出した。

以下、各々の測定結果の概略を記す。

・田束山経塚群…各経塚ともに中心部付近の深度約0.9～1.2mで、弱い反射波が認められた。また、経塚群より山頂部付近にかけて、深度約0.3mより広範囲に複数の反射波群を確認した。未確認の経塚もしくは何らかの遺構の存在も考えられる。

・大黒森墓地跡…調査地のほぼ全域に、深度約0.2mより強振幅の反射波が認められた。現地は樹木が生い茂っており、反射波の中には、木の根等が含まれることが考えられるが、それ以外にも墓坑等の遺構の存在も考えられる。

・満海上人壇…マウンドのほぼ中央部付近に、深度約0.2mから幅約5mの間隔で2箇所の反射波が認められ、さらにその内側に深度約1.7mより幅約1mの間隔で2箇所の反射波がみられた。即身仏埋納に関する構造物の可能性も考えられる。

・長者屋敷遺跡…2箇所の異常箇所がみられたものの、雨天のため地表・地中面ともに滞水しており、十分な測定結果は得られなかった。

4. まとめ

今回の探査では、遺構の存在が推定される箇所の位置とおおよその深度の測定を行うことができ、今後の調査計画上、遺構の存在箇所の位置特定に、有効な情報を提供することができた。

また、この探査結果は、従来までの現地調査で遺構の存在が推定されている地点と符合し、そのことからも今回確認した異常箇所は、なんらかの地下遺構が含まれている蓋然性が高いものと考えられる。今後の調査の進展から本探査結果との対比・検討が行われることを期待したい。

24

地中レーダー探査及びコンピュータデータ解析
-西都原　100号墳-

Dean Goodman（マイアミ大学地球物理学応用考古学探査研究所中島研究所）、
本郷泰道（宮崎県教育委員会）、東　憲章（同）、
前畑幸雄（石川県中島町教育委員会）、唐川明史（同）

地中レーダ探査

西都原100号墳を地中レーダ探査システムを用いて探査した。本探査の主な目的は、後円部の中心部埋蔵物のイメージ化及び古墳周辺の堀の位置を調べることであった。データ分析は、タイムスライス、地形矯正タイムスライス及び三次元立体図を含んでいる。探査には、GSSI社製SIR-2型ディジタルパルスレーダーシステムに300及び500MHzのアンテナを併用して実施した。

第一段階の堀イメージのデータ分析は全現場のデータを10ナノ秒（30cm）毎にスライス化することを含んでいた。これにより堀の部分はイメージ化された。接続した堀の図は、個別のタイムスライスでは見られない。比較的強めの反射を利用してデータを重ねる加工を80～90ナノ秒、90～100ナノ秒、100～110ナノ秒で行い図を作成した。（Figure1）

この接続タイムスライスによると、100号墳における堀の北部、東部及び西部と思われる部分をうつし出している。南部については、はっきりとはイメージされなかった。

個々の断面図からは堀のイメージを知ることは不可であったが、タイムスライスによって、微妙な反射の構造をキャッチすることが可能となった。堀の部分の土量と100号墳の墳丘の土量がほぼ同じであることから、堀を掘り上げた土で墳丘を盛ったことが、推定された。

100号墳上のタイムスライスマップは、0.5m毎に東西及び南北双方のデータを使用し作成した。50～70ナノ秒の北南に傾く埋蔵物が後円部でイメージされた。タイムスライスのデータを使用して、Figure2の立体画を作成した。埋蔵物の北東部及び後円部の北西部にかけての強い反射が収録された。

前方部の中心の70～100ナノ秒あたりで、その他の構造が見られ、その他の埋蔵物がある可能性を示した。いくつかの深い位置のタイムスライスマップにおいて、いくつかの弱い線状の反射が見られ、掘りの橋が存在したことを示すものとも考えられる。

データ解説

西都原古墳の100号墳と13号墳でいくつかの比較を行った。13号墳の発掘によると石室が約6～7mである。その他、石のまとまりが、後円部の端に集中して見つかった。100号墳においても、この13号墳と似通ったレーダーデータがイメージ化され、後円部に石の固まりが存在することが考えられる。

13号墳の石室中心部のレーダーイメージ及び実際の発掘は石室が傾斜していたが、

100号墳は一定のレベルに存在しているように見られた。100号墳の埋蔵中心部は13号墳より20ナノ秒（60cm）浅い部分に見られた。もし100号墳が石で構成されていたとすると、その石の層はたぶん13号墳よりも薄いものと思われる。

後円部の第2の埋蔵物と思われる部分は、500MHzのデータで可能性が見られるが画像化されてはいない。100号墳は前方部で強い反射が見られるが、13号墳では同じような反射は見られない。

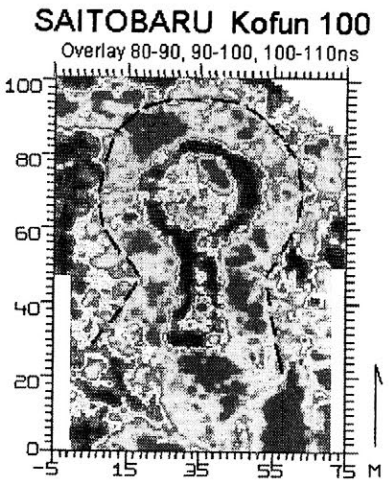


Fig 1. Overlay of strongest reflectors. Interpretation of the location of the kofun moat is identified on the northern, western and eastern boundaries of Kofun 100.

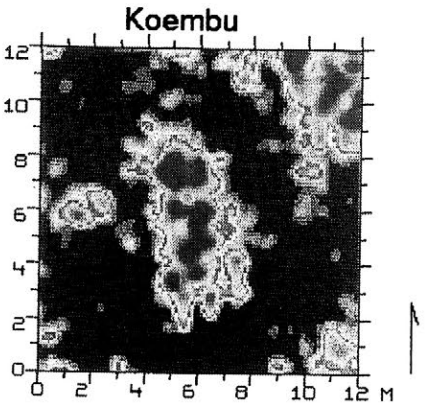


Fig 2. Overlay of strongest reflectors from 60-108ns at the koembu of Kofun 100. Reflections from the rock burial are seen in the center of the map.

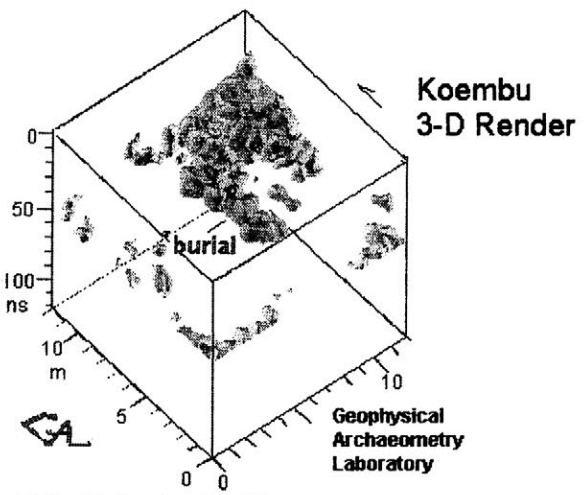


Fig 3. 3-D Render of the 300 MHz data from the koembu of Kofun 100. The burial is imaged in the center of the koembu and is parallel with the axis of the kofun which is aligned with north. Color scale is changed at 81 ns to help visualize depth.

25 残留磁気による縄文時代の"灰床炉"の被熱の判定

○時枝克安（島根大理）　成　亨美（富山大理：後期博士課程）

関東の縄文時代早期の住居址には中央部に四辺形の窪みをもつものがある。この窪みには明瞭な加熱の痕跡はないが、板囲いの中に灰を敷いて火を扱った炉跡とする説があり、灰床炉と称している。ここでは、武蔵台遺跡をFieldとして選び、被熱の可能性がある灰床炉と全くない周辺土層について、残留磁気の性質を比較し、灰床炉の被熱を検討する。

1．判定の方法

土壌や粘土の自然残留磁気(NRM)の成分には、熱残留磁気の他に、熱によらない残留磁気（粘性-、堆積-、落雷に伴う-等）があるので、試料の被熱を残留磁気から判定するためには、熱残留磁気の識別が決め手となる。 高温被熱では、熱残留磁気成分が卓越し、（強度大、方向が揃う、磁気的安定性大）という特徴から、容易に熱残留磁気を識別できる。しかし、低温被熱では、熱と熱以外の原因による２種の残留磁気が拮抗しており、両者の区別が前例ほど鮮明ではない。灰床炉では、外見から低温被熱が予測されるので、その被熱の判定法として、ここでは、被熱の可能性がある灰床炉と全くない周縁土層について、残留磁気の強度・方向の比較、交流消磁特性の比較、熱残留磁気の付加実験を行った。

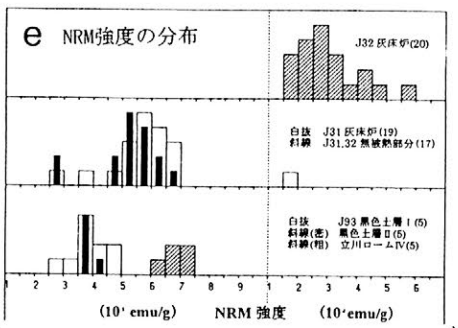
2．試料

灰床炉跡の試料は武蔵台遺跡のB地区J31,32号住居址から採取し、無被熱の試料は両住居址とC地区93号住居址の床面、および、B地区の西壁セクションと深堀Aの断面から採取した。採取状況を右表に示す。*印は無被熱試料を示す。

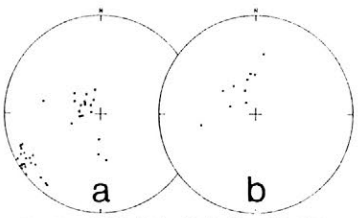
武蔵台遺跡における試料の採取状況（*印は無被熱試料）

試料を採取した土層		試料の採取場所	個数
黒色土層（フジクロ）	I層(奈良,平安の遺物包含)	C地区93号住居址床面	10*
	II層（縄文の遺物包含）	B地区西壁セクション断面	5*
立川ローム	III層上部	B地区J31号住居址　灰床炉	29
		周縁床面	9*
		B地区J32号住居址　灰床炉	20
		周縁床面	10*
	IV層下部(17000BP)	B地区深堀A断面	5*

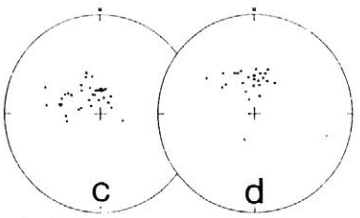
3．住居址J32の灰床炉



J32の灰床炉のNRMは、ほぼ水平な方向(Fig.a円周近く)、頭抜けた強度(Fig.e上段)をもち、交流消磁で急減する(Fig.f)ことから、落雷に伴う残留磁気と判定できる、落雷が熱残留磁気を攪乱しているので、これらのデータを被熱の判定に使用できない。



J31,J32 灰床炉（a 消磁前,b 消磁後）



無被熱部分（c 消磁前,d 消磁後）

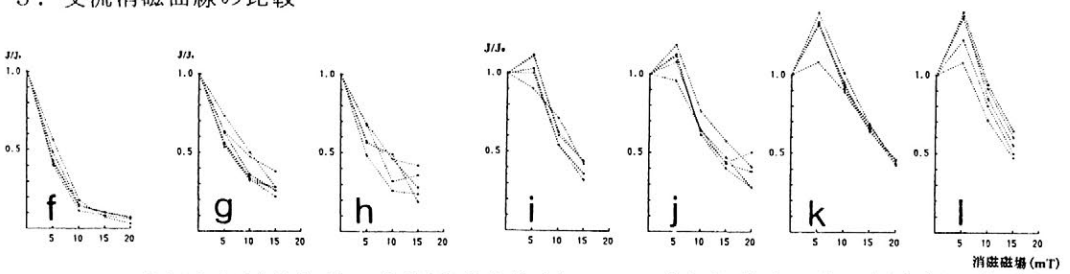
4．残留磁気の方向と強度の比較

灰床炉(J31)と無被熱部分の残留磁気の方向は、交流消磁前(各Fig.a,c)、交流消磁後(各Fig.b,d)で分布に顕著な差がない。注目すべきことして、無被熱部分の残留磁気が交流消磁後(15mT)に決まった方向（伏角 60 度、偏角 0 度）の周りにかなり集中した分布をする。

住居址 J31 の灰床炉と J31,32 の無被熱部分の NRM 強度を比べると(Fig.e 中段)、前者は

10^{-5}emu/g の領域で強い方へ少しずれた分布を示し、最強値は～ 10^{-4}emu/g に達する。黒色土層Ⅰ,Ⅱと立川ロームⅣの無被熱部分は、10^{-5}emu/g の領域で灰床炉と同じ程度の強度をもつが、10^{-4}emu/g には達しない(Fig.e 下段)。各土層の NRM 強度の違いは、含有磁性鉱物の組成と量の異なりを反映している。

5．交流消磁曲線の比較



J31 の灰床炉と無被熱部分の交流消磁曲線(各Fig. g, h)を比較すると、灰床炉の方がより揃って滑らかであるが、減少傾向は同じである。[平均強度減少率(5,10,15mT)＝(57,36,28%灰床炉)、＝(59,40,30%無被熱部分)] 黒色土層Ⅰ(J93)、黒色土層Ⅱ、立川ロームⅣ、立川ロームⅢ上部(J32)の交流消磁曲線(各Fig. i, j, k, l)には共通した特徴がある。すなわち、残留磁気強度は消磁磁場(50mT)で一度増加後、急速に減少する。さらに、黒色土層のⅠとⅡ、立川ロームのⅢとⅣでは類似は細部におよぶ。これに反して、既述の J31 の無被熱部分は, J32 と同じ立川ロームⅢ上部にありながら, 消磁曲線は単純減少の傾向を示す(Fig. h)

6．熱残留磁気の付加実験

住居址 J31,32 の無被熱部分から各２ケの試料を選び、交流消磁(10mT)の前処理後、試料を磁場(0と0.5gauss)内で 100 ℃まで２回加熱冷却し、測定した残留磁気ベクトルの差を計算した。その結果、J31 の熱残留磁気強度(0.5gauss, 100 ℃)は 5.28, 6.04 x 10^{-5} emu/g となり、J32 では 2.86, 3.04 x 10^{-5} emu/g の値を得た。試料ケースの耐熱度が約 150 ℃であるために、より高温の熱残留磁気の付加実験ができなかった。

7．被熱の判定

J31 の灰床炉と無被熱部分を比べると、前者の NRM 強度は 10^{-5}emu/g の領域で強い方へ少しずれた分布を示し、最強値は～ 10^{-4}emu/g に達する。また、人工熱残留磁気(0.5gauss, 100 ℃)の強度は J31 の灰床炉の NRM 強度の範囲内にある(Fig. e)。これらの２つの結果は、灰床炉の NRM ＝低温の熱残留磁気＋熱によらない残留磁気（測定では両者の方向はほぼ同じ)、とすると合理的に解釈できる。つまり、灰床炉は低温被熱（～ 100 ℃）の可能性が強いと言える。被熱の確証にはさらに広範囲で細密な同様の調査が必要であり、他の熱ルミネッセンス法等の物理学的手法の併用が望ましい。

8．その他の成果と今後の課題

(1) 黒色土層Ⅰ(J93)、黒色土層Ⅱ、立川ロームⅣ、立川ロームⅢ上部(J32)の無被熱部分の消磁曲線は一度増加型の特徴をもつことが判明した。類似した火山灰土層において、遺構の低温被熱の判定にこの事実を利用できる。

(2) これらの残留磁気は交流消磁後(15mT)に一定の方向（伏角 60 度、偏角 0 度）の周りにかなり集中することが分かった。この方向の地球科学的意味は興味深い。また、黒色土層，立川ロームおよび類似土層で、低焼成度の焼土の地磁気年代の信頼性を高めるためには、この無被熱残留磁気成分を除去する工夫が必要となる。

(3) 共に無被熱であるのに、黒色土層Ⅰ(J93)、黒色土層Ⅱ、立川ロームⅣ、立川ロームⅢ上部(J32)では、消磁曲線が一度増加型であり、立川ロームⅢ上部(J31)では単純減少型である。(1)を真に有用とするためには、この原因を解明する必要がある。

26

シーボルトとガウランド —日本考古学の紹介者—

大沢眞澄（昭和女子大学文学部）

長崎オランダ商館の医師シーボルト、Ph. F. von Siebold（1796-1866）は1823年8月来日、1829年12月日本を去ったが、その大著『NIPPON』（初版20分冊、1832-1851）はヨーロッパ世界への日本の文物・歴史などの紹介として現在も評価の高いものである。シーボルトは幕末に2回目の来日を果たすが、本論では第1回来日時のみを対象とし、また彼の次男H. P. von Siebold（1852-1908）も明治初めに来日し、日本考古学に関する研究・著作があるが、本論ではふれない。

『NIPPON』の中で“考古学—古代日本列島住民の宝物である勾玉”（シーボルト『日本』第四巻，岩生成一監修，雄松堂書店，1977）の項で勾玉を中心に図版4枚（勾玉・金環〈図 1〉、管玉ほか、臼玉ほか、曲玉壺）を用いて解説し（『日本』図録第二巻）、また“日本列島の原住民の石の武具についての考察”で図版 3 枚（古代の武器：石の矢じり〈図 2〉、石器および青銅器、石斧）を示し、詳細な説明を与えている（『日本』図録第二巻）。

勾玉に関しては、木内石亭の「曲玉問答」を主な資料とした、伊藤圭介の「勾玉記」（蘭文）が重要な寄与をなしていることは詳細に検討されている（大久保利謙、1938（1979）；斎藤忠，1979）。現在オランダ、ライデン国立民族学博物館日本部門の展示〈写真 1〉では、写実的に画かれているもののうち2資料が該当するものと認められる。

石器関係では、展示品の一部〈写真 2〉と図版〈図 2〉との比較から対応するもの若干が認められる。さらに石斧 1 片が確認された。このように1820年代の収集品が、シーボルト・コレクションとして現存することはきわめて興味あることといえよう。なお、これらに関しては『雲根志』あるいは日本鉱物学、日本の鉱物学者、日本の著書などという表現が頻出するが、木内石亭という名前は現れない。

シーボルト『Fauna Japonica』、『Flora Japonica』の他に未刊の「日本鉱物誌」草稿が存在する。ドイツ語で H.Bürger によるもので、1936年後閑文之助・土井正民両氏によりかく命名された（土井正民印書，1936；土井，1978；塚原東吾，1990；『日本鉱業史料集第13期，近世篇上』，1990）。この中の Zustand der Mineralogie の章で Wun-kon-si d:i Beschreibung aller japanischer Fossilien von Syoohan 3 Thin 15 Bucher と記されている。石亭、諱は重暁、通称幾六、長じて小繁と改めているが、こはんをしょうはんと読んだようである。なお、「日本鉱物誌」の資料である鉱物岩石類約100種、標本数約800は現在ライデン国立地質学鉱物学博物館（自然史博物館に吸収）に蔵されている（大沢，1987；塚原，1994）。

江戸期の鉱物コレクションの中には石器類が含まれている場合がある（木村蒹葭堂，松浦静山など）。

ガウランド、W. Gowland（1842-1922）はお雇い外人として1872-1888年、大阪造幣寮に勤務した化学者・冶金学者であり、本務の余暇に西日本各地の古墳を調査して先駆的な研究を行い、また古代金属文化史の研究でも著名な人物である（『日本古墳文化論—ゴーランド考古論集』上田宏範校注，稲本忠雄訳，創元社，1981）。彼の事跡はチェンバレンの『日本事物誌』（初版，1890年）（高梨健吉訳，東洋文庫，平凡社）にも散見される。彼の日本考古学に関するコレクションについての近年の調査・研究には瞠目すべきものがある（大塚初重，1977；後藤和雄，1997）。

ガウランドの略歴を記す。1842年イングランド北東部ダラム州 Sunderland にて誕生。王立化学専門学校（Royal College of Chemistry）を経て1868-70年王立鉱山専門学校（Royal School of Mines）に在学。採鉱学・冶金学専攻。成績優秀でマーチソン・メダル（地質学）、デ・ラ・ベシュ・メダル（採鉱学）を得ている。1870-72年マンチェスターのBroughton Copper Co. で、Chemist・Metallurgistとして務める。銅の精錬・真鍮の鋳造・合金の性質・銅の不純物の問題などを指導。1872-1888年在日。

1890-93年Broughton Copper Co. のChief Metallurgist（1889-1901年の12年間同所という記載もある。この間の研究は会社の都合により非公開）。1895-1902年王立鉱山専門学校の冶金学 External Examiner。1902年10月同校冶金学教授。Sir W. Roberts-Austen 死去の後任として。1909年まで。同校冶金学名誉教授。1907-11年 Imperial College of Science and Technology のGovernor。住所はRussel Road 13, Kensington, London, W.14。この間1901年にはストーン・ヘンジの発掘・修復にも参加。1922年6月10日没。ARSM, F.R.S. など多くの肩書きを有している。

ガウランドの当該関係記録類は現在ロンドン大学インペリアルカレッジの資料室にあるが、金属学の教育に関するものや書簡類などである。彼の金属分析の一例を表に示す。なお、J. Milne、杉浦重剛についてもふれる。

イングランド出土，ローマ時代鉛・スズ合金製品の分析（%）

	スズ	鉛	銅	鉄	非金属*
鉢（部分）	94.35	5.06	-	tr**	0.59
深皿（丸）	90.55	8.31	-	tr	1.14
カップ	76.41	23.04	-	tr	0.55
平皿	72.90	26.75	-	tr	0.35
深皿（角）	71.80	27.32	tr	tr	0.88
深皿（丸）	64.75	34.66	-	tr	0.59
深皿（八角）	45.74	53.34	tr	tr	0.92
しろめ塊	38.01	61.83	tr	tr	-

* 100 %より金属分を引いた値

** 微量

(E. R. Caleyによる，1964)

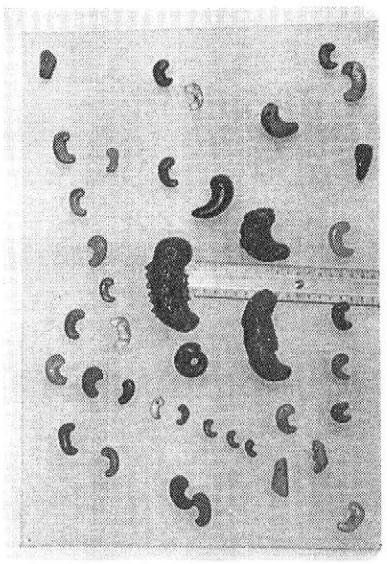


写真 1　ライデン国立民族学博物館展示

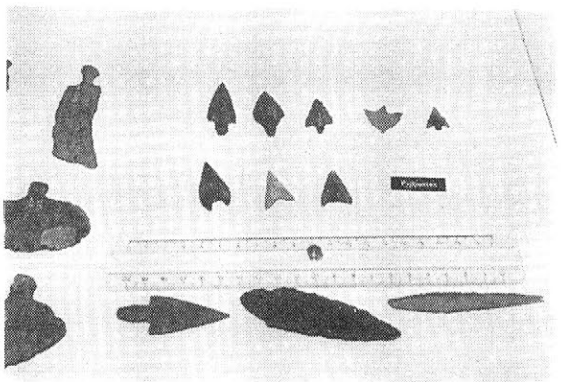
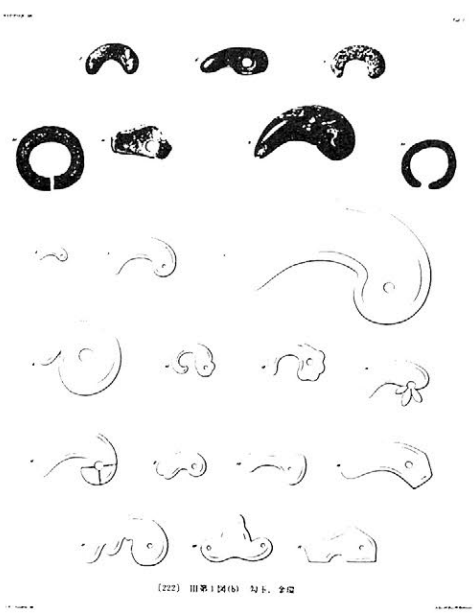
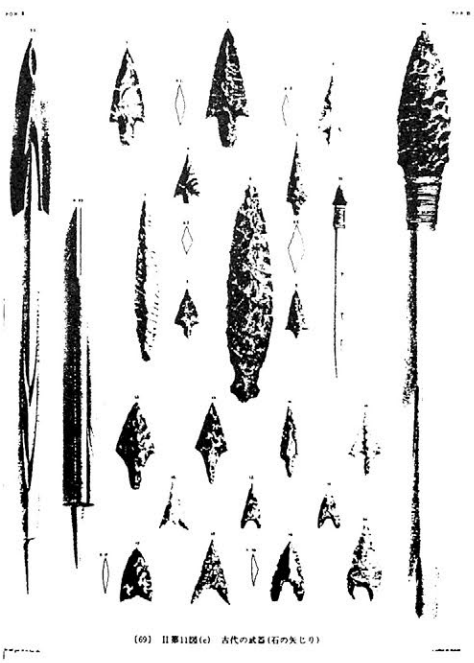


写真 2　同左



(222)　III第1図(b)　勾玉，金環

図 1　『日本』



(69)　II第11図(c)　古代の武器(石の矢じり)

図 2　『日本』

27

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

○早川泰弘、平尾良光、三浦定俊（東京国立文化財研究所）
田村浩一、杉原敬一、佐藤正雄（ｾｲｺｰｲﾝｽﾂﾙﾒﾝﾂ（株））
四辻秀紀、徳川義崇（徳川美術館）

1．はじめに

蛍光X線分析法は非破壊で短時間に元素分析（定性・定量分析）を行うことができるため、各種の分野で幅広く利用されている。文化財の分野においても蛍光X線分析法は古くから用いられ、現在も材料の組成分析を行う際に、最も頻繁に用いられている分析法の一つである。

近年、蛍光X線分析法に関連する分野の技術開発は著しく、μ mサイズのX線を入射できる装置、元素分布のマッピング機能を有した装置、あるいは1mを超える試料をそのまま測定できる装置など、数々の新しい機能が登場している。しかし、いずれの装置も大型で、測定に際しては分析すべき試料を測定室まで持ち込む必要がある。これは蛍光X線分析装置だけに限ったことではないが、文化財の分野では、測定試料を移動させることが不可能な場合が多々あり、また移動が可能な場合でも、移動に伴うリスクが大きい試料も数多い。一方、発掘現場などで直ちに出土遺物の分析を行いたいという要求も強くある。

そこで、測定試料が置かれている現場に分析装置を持ち込み、その場で迅速に元素分析を行うことができるポータブル蛍光X線分析装置の開発を行った。本報告では、その装置の概要を説明するとともに、文化財試料への適用を行った結果を報告する。今回は、徳川美術館所蔵の国宝源氏物語絵巻の顔料分析を試みた結果について述べる。

2．ポータブル蛍光X線分析装置

セイコーインスツルメンツ（株）によって開発されたポータブル蛍光X線分析装置を写真1に示す。ここに示した装置は試作機であるが、X線分析計本体、電源部、制御・解析用パソコンによって構成されている。本体および電源部は縦・横・奥行きともに30cm以下の大きさであり、重量は5〜7kg程度である。電源はAC100Vまたは自動車用バッテリーによって供給される。本体はエネルギー分散型蛍光X線分析計を基本とし、一次X線はRhターゲットの小型X線管球によって50kV、1mAまでの条件で照射が可能である。X線照射径はX線照射ヘッド部内のコリメータを交換することで2〜15mmまで変更可能である。X線検出器にはSi半導体検出器を用い、ペルティエ効果を利用した冷却方式を採用しているため、液体窒素は不要である。照射ヘッド部にはCCDカメラが内蔵され、照射部分の画像をパソコンモニター上で確認しながら測定することができる。また、軽元素分析へ対応するために、ヘッド部内をHeガスで置換する機構も備えている。制御・解析用ソフトウェアは従来の据置型装置に利用されていたものが、ほぼそのままの形で利用されており、定性・定量分析を直ちに行うことができる。

3．源氏物語絵巻の分析

開発されたポータブル蛍光X線分析装置を用い、徳川美術館に所蔵されている国宝源氏物語絵巻の顔料分析を試みた。徳川美術館では源氏物語絵巻の絵15面を所蔵しており、現在も分析・調査を継続中であるので、ここではその概要についてのみ報告する。源氏物語絵巻は台紙を含めても最大60cm×35cm程度の大きさであり、据置型装置での測定も可能である。しかし、館外への移動に伴うリスクを考慮し、ポータブル蛍光X線分析装置を持ち込み、徳川美術館内での測定を行うこととした。測定の様子を写真2に示す。

源氏物語絵巻は木板上に載せられ、装置本体の設置台を兼ねた厚さ1cmのAl製架台の下部に置かれた。架台上面中央にポータブル蛍光X線分析装置本体を設置し、下方向に向けてX線を照射した。照射ヘッド部から約10mmの距離に源氏物語絵巻を配置し、φ0.7mmのコリメータを用いてX線を照射した。このとき、分析面上でのX線照射視野はφ2mmである。装置本体を架台上に固定したまま、パソコンモニター上に表示されるCCDカメラの画像によって分析位置を確認し、源氏物語絵巻が載せられている木板を手動で動かして、分析位置を決定した。

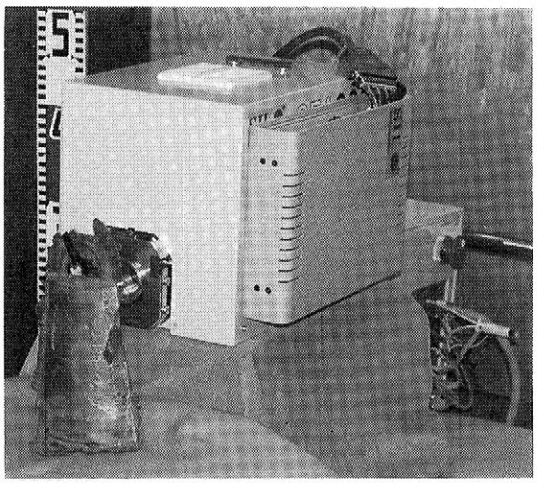


写真1　ポータブル蛍光X線分析装置

試料へのダメージを極力小さくするとともに、信頼に足るデータを得ることのできる測定条件として、50kV×50 μA×100秒を設定した。これまでに柏木（三）、竹河（二）、橋姫などに関する測定を終了したが、変色部分に関する当初の色彩、あるいは人物の顔部分での赤み（肌色）の違いなどに関して有益な情報を数多く得ることができている。

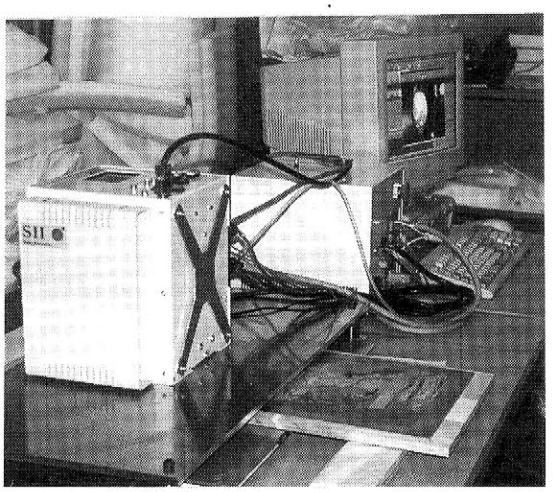


写真2　源氏物語絵巻分析の様子

謝辞

源氏物語絵巻分析に関し、徳川美術館の吉川美穂氏、東京国立文化財研究所の米倉迪夫氏、島尾　新氏、津田徹英氏に多大なご協力をいただきました。深く感謝の意を表します。

28

三角縁神獣鏡の三次元形状計測と立体観察

河上邦彦（奈良県立橿原考古学研究所）
○ 今津節生（奈良県立橿原考古学研究所）
鈴木　勉（奈良県立橿原考古学研究所共同研究員）

1. はじめに

長年にわたる三角縁神獣鏡の研究は、図像配置の研究、編年研究、同笵鏡の分有関係の研究や鋳造技術の復元的研究など多義に及んでいる。これらの研究は錆で覆われた図像を肉眼観察し、写真や拓本を利用して図像の変化を平面的に観察することや、「笵傷」や「突線」と呼ばれる鏡背面の凸線などから製作痕跡を比較研究することによって得られた成果であった。

これに加えて、私達は主として鏡の製作と量産化の技術を研究するために、表面の泥や錆を顕微鏡下で取り除き、錆の下に保存されていた加工痕跡や欠陥を観察しながら、同時に図像の立体的な観察を進めている。また「同笵鏡」や「同型鏡」と呼ばれる同文様の鏡について、レーザー光を用いた非接触の三次元形状計測装置による精密測定を行い、微妙な形状変化の比較から、三角縁神獣鏡の量産化技術を検討しようと試みている。本発表では研究手法に主眼をおきながら、同文様の鏡の量産化技術について調査した結果について報告する。

2. 立体観察の視点と三次元形状計測

2. 1 鏡の立体的観察法の必要性

これまでの鏡の研究方法は、古くは拓本による研究が行われ、近年は正面からの拡大写真を使った証明方法を採用する研究が多い。観察結果を客観的に証明するには、写真は優れた方法であるが、拓本にしろ、写真にしろ、平面的な観察・証明手段としてしか使われていない。平面的な観察では、文様構成は見えても作り方は浮かび上がってこない。鏡は極めて立体的であり、三角縁神獣鏡の内区は薄肉彫りを主体とした文様構成である。鏡を作った人たちは、立体的にデザインし、構成して鏡を作り上げていったはずである。しかし、これまで、立体的な観察に基づく研究は報告されてこなかった。拓本や平面写真の比較では全く同じように見える鏡群も、立体的に観察すれば違いが有るはずである。鏡を作った人たちと同じ視点で観察して初めて製作方法に言及する事が可能になる。

2. 2 鏡の三次元形状計測装置とデータの信頼性

現代における一般青銅鋳物の収縮率補正値は 1. 2%と言われる。これは、鋳型や原型を作る際の寸法の決定に利用される＜標準的な補正数値＞のことである。古代の鏡の鋳造ではどれくらい収縮が起こったかは、今後の研究が必要であるが、こうした数値をもとに比較研究しようとすれば、それに見合っただけの精度で精密計測が行われなければならない。しかも、鏡の鋳造工程における収縮を検討しようとすれば、鋳造後の仕上げ加工によって削られる鏡の外径ではなく文様と文様の相対距離を計測する必要がある。

以上から、三角縁神獣鏡の計測に必要な計測装置の条件は、① 非接触式であること、② XY方向で±0. 01～0. 02 mm、Z（高さ）方向で、±0. 02～0. 04 mm の機械精度を持っていること、③ 0. 1m 以下のピッチで計測ができること、⑤ デジタルデータとして活用可能なことである。これらの条件を満たす計測機として、「発信器移動型レーザー三次元形状計測機」を使用した。この装置で計測したデータを加工した後、市販のパソコンと CAD ソフトで比較検討が可能になる。たとえば、2枚の同文様鏡を重ね合わせて斜め方

向から観察することで、全く同じように見える同文様鏡の違いを発見することができる。また、任意に断面を切断して立体像の形状を把握することも容易になる。

3. 立体観察と三次元計測による同文様鏡の比較

黒塚古墳から出土した三角縁神獣鏡を中心に、同文様鏡群の比較検討を行った。

3.1 乳の形状が異なる同文様鏡群

黒塚 16 号、18 号を含めて8面の同文様鏡が知られている。この同文様鏡群には、肉眼観察やX線透過撮影の結果、鋳型の破損と考えられる凸線の進行や傷の増加が認められた。一方、黒塚 16 号鏡と 18 号鏡の計測データを重ね合わせることで、乳と神像下肢部の立体形状に違いがあることが発見された。18 号鏡は図像が鮮明でないにも関わらず、全ての乳と三体の神像下肢部が 16 号鏡よりも突出していた。こうした断面形状の変化は、18 号鏡の鋳型を製作する段階で乳の修正が行われた結果と考えられる。

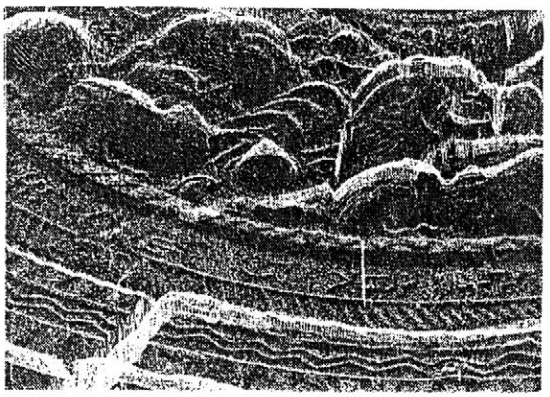


Fig.1 レーザー走査線画像(黒塚 16 号鏡)

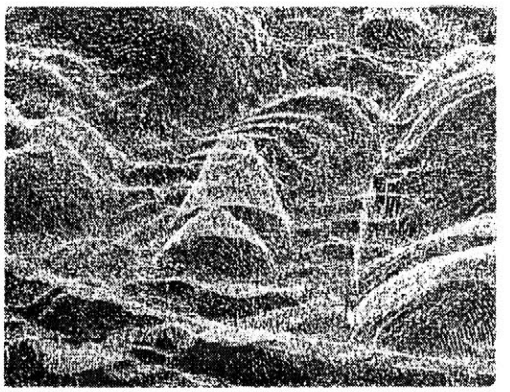


Fig.2 乳の重ね合わせ (黒塚 16・18 号鏡)

3.2 抜け勾配のない同文鏡群

黒塚 29 号、30 号を含め 4 面の同文様鏡が知られている。29 号 30 号の神像下肢の断面形を観察すると、直角に切り立った部分があり、実物の立体観察をすると、その部分がせり出しているのが認められた。土や砂でできた鋳型と銅合金の鏡はどちらも弾性がないので、直角に近いかオーバーハングが少しでもあれば、鋳型を壊さなければ鏡を取り出すことができない。このような抜け勾配のない箇所が黒塚 29 号鏡、30号鏡で7箇所以上発見された。また、他の同文様鏡群でも抜け勾配のない箇所を観察することができた。このように、抜け勾配のない鏡では、同じ鋳型を複数回使うことは難しいと考えられる。

4. まとめ

私達はレーザー光を用いた非接触の三次元形状計測装置を用いて三角縁神獣鏡の精密計測を行い、立体形状の比較から、三角縁神獣鏡の製作・加工技術を検討しようと試みた。特に、「同笵」や「同型」と呼ばれる同文様鏡の量産方法について2．3の知見を得た。しかし、調査できた同文様鏡群は限られており、この量産方法が普遍的であったとは限らない。むしろ、鏡作りの工人はそれぞれの鏡群によって異なる量産化方法を採用した可能性もある。今後、立体観察と精密計測を通して、信頼性の高い計測精度を保ちながら、多くの同文様鏡群について調査を進めて行きたい。

29

古人骨にみられる病理学的所見
－近世・近代人骨を中心として－

○ 谷畑　美帆（東京大学・理・人類／日本学術振興会特別研究員）
岩本　渉（東京女子医科大学・システム工学科）

1、はじめに

古人骨には、その人物が生前生きていた当時の病気の跡が骨病変として残されることがある。その中でも特に、致死的ではないが、肉体的ストレスを受けることにより、病気の痕跡が残されることがある。こうした痕跡を古病理学では、「ストレス・マーカー」と称し、ある集団におけるこうした症状の出現頻度・症状の進行度合いを観察する。その結果、人々はその環境からどのようなストレスを受けていたのかを認識し、その集団全体での健康状態やある環境下における生態学的適応性を把握することができると考えられている。

本報告では、江戸時代人骨及び明治時代人骨を資料として、ストレス・マーカーの一つであるクリブラ・オルビタリアの出現頻度に関する調査を実施する。クリブラ・オルビタリアの出現頻度・重症度の観察から、資料とした人骨における人々の健康状態がどのような様相を呈していたのかを考察する手掛かりとしたい。

2、ストレス・マーカーとしてのクリブラ・オルビタリア

クリブラ・オルビタリアは、眼窩上板に形成される多孔性骨過形成症のことであり、生前、不適切な栄養状態下にさらされていた場合にみられる、ストレス・マーカーの一つである。中でも、鉄欠乏性貧血の発生頻度に関連して、本症例が観察されるといわれている。古病理学の研究分野では、ある一定集団におけるクリブラ・オルビタリアの出現頻度を調査し、他の集団と比較することによって、健康状態を示す指標としている。例えば、狩猟採集から農耕へと生業が移行することにより、クリブラ・オルビタリアの出現頻度に差異がみられるなど、過去の生活状況を把握する上で非常に重要な情報を提供することがある。

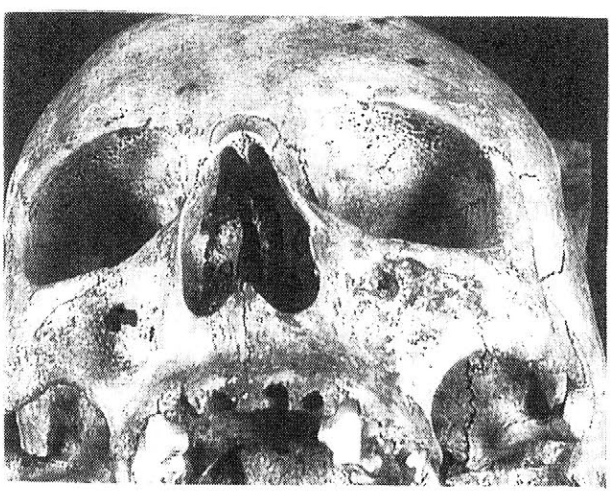


図1　眼窩上板にクリブラ・オルビタリアの症状がみられる人骨

3、資料と方法

今回資料としたのは、江戸時代人骨83体（東京都港区天徳寺寺域第３遺跡出土例）及び明治時代人骨65体（東京大学総合研究博物館収蔵）である。これらの眼窩上板を観察し、クリブラ・オルビタリアの出現頻度及びその症状の程度を調べた。

クリブラ・オルビタリアは、Nathan & Hassの分類基準に従って、その出現頻度・症状の進行度合いを調査することとする。また人骨の性別は頭蓋骨・寛骨の形態により判別し、年齢は歯牙の萌出時期・恥骨結合面の形態・頭蓋縫合から推定した。

4、結果と考察

以上の資料におけるクリブラ・オルビタリアの症例観察を実施した結果から、江戸時代人骨、明治時代人骨の特徴について考察する。

クリブラ・オルビタリアの症状のみられる人骨は、江戸時代人骨では、全体の26%、明治時代人骨では、全体の38%という結果が得られている。また、明治時代では、特に女性において、クリブラ・オルビタリアの症状が進んだもの、すなわち、グレード２・３に相当するものの比率が高くなっている。さらに、明治時代では、特に老年人骨におけるクリブラ・オリビタリアの出現頻度が高くなっている。その一方で今回観察した江戸時代人骨では、クリブラ・オルビタリアの出現頻度に年齢による差異は確認されていない。

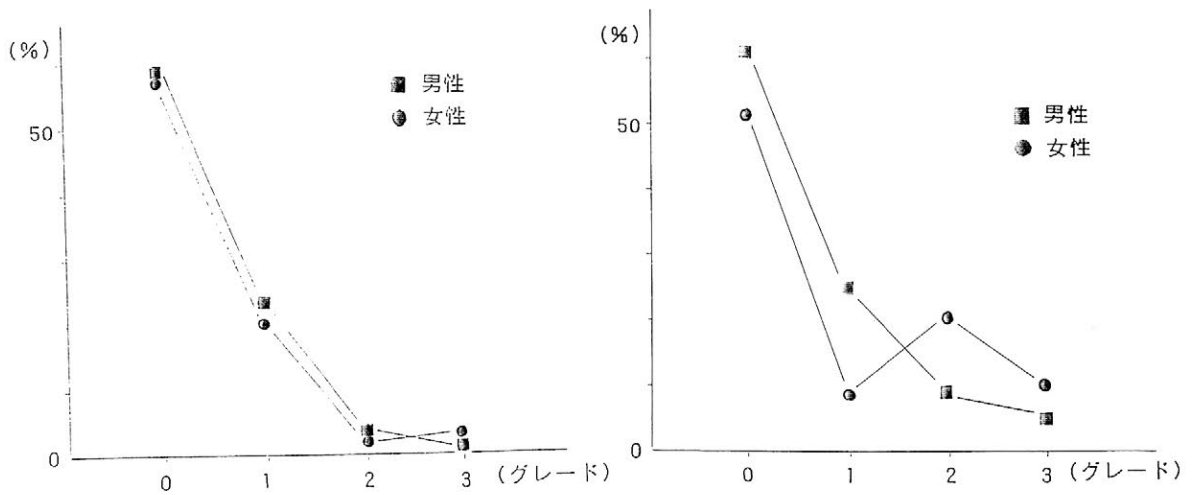


図２　江戸時代人骨（左）と明治時代人骨（右）におけるクリブラ・オルビタリアの出現頻度

すなわち、明治時代人骨の中でも、特に女性において、クリブラ・オルビタリアの出現頻度が高く、今回観察した資料の中では、最も環境適応に困難を要していた一群であることがうかがえる。ストレス・マーカーに関する研究は、前述したように、ある集団全体での健康状態やある環境下における生態学的適応性を把握することができるとされている。こうしたデータが当時の人々の健康状態をいかに語ってくれるのかについては、今後、クリブラ・オルビタリアの観察データも増やしつつ、他のストレス・マーカーの観察をあわせて実施することで、再考察していく必要があろう。

30

大谷コレクション敦煌・トルファンコレクション
教典紙片の繊維組織観察

○笠嶋聖（龍谷大学大学院）・西口義仁（同）・谷本耕一（同）・江南和幸（龍谷大学理工学部）・田中利生（龍谷大学大宮図書館）・河野益近（京都大学大学院工学研究科）

１．はじめに

大谷コレクションの古代中国紙断片試料に対し微視的観点からのアプローチを試みる。古代中国の製紙技法には、サイジング処理として木槌でたたく方法やワックスを塗布する方法があり、この処理を施された紙表面の繊維太さには、分布が生じる。この分布は植物原料の種類による繊維太さの違い、あるいは多種の植物原料が混入している等の要因にも依存するが人工的な処理を施した際の分布とは異なる可能性がある。本研究はこれらの要因を解明するため繊維のみかけの太さに着目し古代製紙技術を推測するデータの評価法を探索する試みである。

２．実験方法

大谷コレクション試料での面積が２㎟以上の試料を選択し光学顕微鏡による観察を行った結果、試料表面に土、ワックスを主成分とする堆積物による汚染が確認されたので繊維形状を観察する為、ジエチルエーテルと蒸留水にて超音波洗浄を行った。

洗浄後の試料を試料台に載せ、100 オングストロームの金蒸着を行い JEOL 製 JSM5410 Scannig Microscorpe にて SEM 観察を行った。SEM 像としては表面に堆積物による汚染を確認するため反射電子による組成像にて観察、写真撮影を行った。繊維太さの計測は１試料につき無作為に 100 点計測を行った。

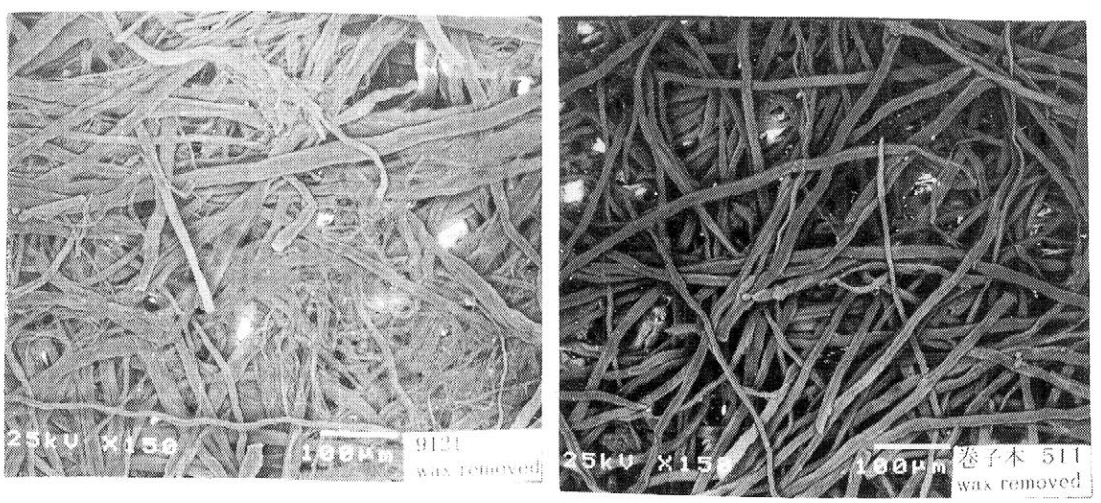
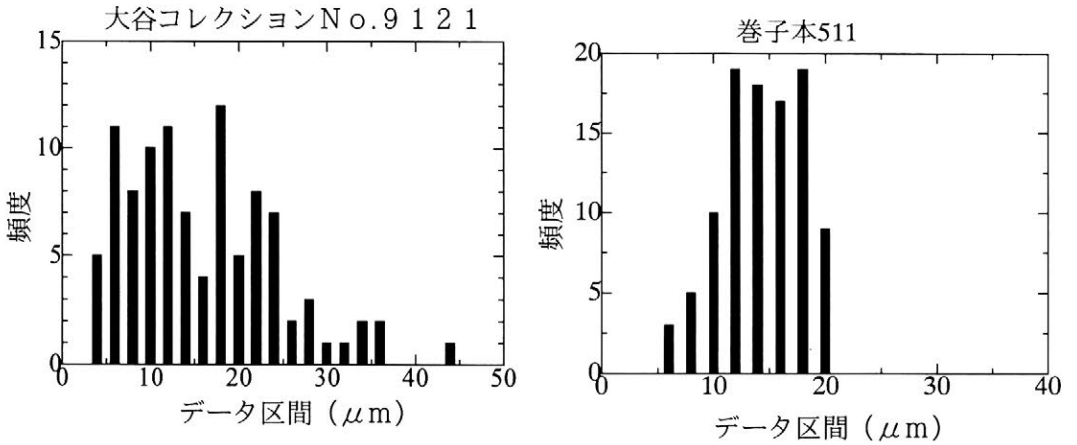


図-1　No9121（麻紙）と巻子本 511（楮）のＳＥＭ写真（組成像）



図－２　No9121（麻紙）と巻子本511（楮）の繊維太さヒストグラム
（データ区間幅＝2um）

3.結果

ＳＥＭ像（図-1）の結果から用紙の材料は麻紙、楮紙であった。麻の繊維は雲のような苧麻と思われる細い繊維が混ざっており中国古代紙の麻紙は苧麻を原料とした可能性が高い。また繊維太さも一定ではなく束になる傾向が見受けられ叩解が不十分であり中国唐時代の紙の特徴をよく伝えている。楮紙は日本の楮より細い繊維であり全体的に繊維が丸い印象で太さも均一である。またところどころ節が見られ、楮（カジノキ）の繊維の特徴となる。繊維どうしは束になっていないことから叩解が十分行われているといえよう。

ヒストグラム（図-2）から古代中国紙では楮紙より麻紙の方が、繊維太さの分散が大きいことが確認された。麻紙は偏りのある分布形状から槌打法が施された結果であると推測される。これに対し楮紙では対称な分布を示し、槌打法の形跡は見あたらない結果となった。

これらのことから、中国古代紙の麻紙は叩解が不十分で製紙技術が楮紙と異なる製造技術であると推測される。またサイジング処理もヒストグラムの形状から人工的な応力による圧縮を受けたことが推測され、槌打法を施された可能性が高い。楮紙はヒストグラムの歪度から考察すると麻紙と比較して対称であり槌打法と異なるサイジング技術を応用されたと推測される。楮紙は表面にエーテルにより溶解する成分の固着が確認されておりワックス等の極性の小さな油脂成分によるサイジングの可能性が高い。これは元素分析やクロマトグラフの手法を用いて油脂成分の同定をする必要があるが歴史的背景から考察しても紙の繊維は麻紙から楮へ、それに伴いサイジング技術も槌打法から填料塗布へと変遷したことをられる。

第二部
特別セッション

パネルディスカッション

「考古学者が問う産地問題」

6月26日（土）15：20～17：00

奈良教育大学　講堂

S1

須恵器の産地推定と埴輪の胎土研究

三辻利一（奈良教育大学）

1）はじめに

須恵器の産地推定法は全国各地にある多数の窯跡から出土した大量の須恵器片の分析データをベースにして組み立てられた。須恵器産地推定法の概略とその実例については2）で述べる。

次に，須恵器の産地推定法が開発されたからといって，直ちに，須恵器の伝播，流通論が展開できる訳ではない。これまた，大量の産地推定のデータの集積の上に伝播，流通論が展開されることになる。伝播，流通論の展開のための方法論も整備しておくことが必要である。この点については，目下，検討中であり，一例として，本大会のポスターセッションでも展示してある。

須恵器産地推定法は生産地である窯跡が残っている他の土器についても活用できるはずである。埴輪もその一つである。ここでは，一例として，三嶋野古墳群にある新池窯群，古市古墳群にある河内窯群の埴輪の供給について紹介するが，埴輪については，より一般的に胎土研究という形で研究は進められる。その結果，古墳における埴輪の配置と胎土の間にも，何らかの関連があることも最近の研究でわかってきた。3）では，埴輪の胎土研究の実例について紹介する。

2）須恵器産地問題の研究の概略

粘土は花崗岩類と同様，多くの元素を含有していることは，その蛍光X線スペクトルやγ線スペクトルをみればよくわかる。したがって，粘土を素材とした土器にも多くの元素が含まれることは周知の事実である。蛍光X線分析による古代土器の産地問題の研究ではこれらの含有元素の濃度が比較される訳であるが，すべての含有元素を比較することはとうていできないことである。いずれかの元素を選択しなければならない。しかし，現実には，含有量や測定器の感度の問題もあって，限られた元素しか定量分析できない。筆者は完全自動式のエネルギー分散型の蛍光X線分析装置（2次ターゲット方式）を使って研究を開始したが，1970年代に完全自動化された装置はエネルギー分散型だけしか市販されていなかった。完全自動式の装置にこだわるのは，土器の産地問題の研究には毎日測定しても，10年，20年といった長い年月がかかることが予想されたからである。2次ターゲット方式を採用したのは蛍光X線スペクトルにみられる，大きなバックグラウンドを消し，スペクトル線を見やすくするためである。一般に，蛍光X線スペクトルは連続スペクトルによる大きなバックグラウンドをもっており，その上に各元素のスペクトル線が乗っていて，スペクトル線は見にくくなっているのが普通である。筆者は Ti を2次ターゲットとして真空中で軽元素を，また，Mo を2次ターゲットとして空気中で中重元素を測定した。エネルギー分散型の装置の利点は測定しつつ，蛍光X線スペクトルを TV 上に表示できる点である。どの元素が地域差を表すかを探査する段階では大変有効であった。この結果，K，Ca，Rb，Sr の4元素が地域差を有効に示す元素として選択されることになった。なお，筆者は現在，スペクトル線の分解能がより良く，高いX線強度が得られる波

長分散型の装置を使用している。この装置には４８個の試料が同時に搭載できる自動試料交換機が連結されている。

次に，分析データをどう処理するかという問題である。装置から打ち出されてくるX線強度をそのまま数式にいれて計算しても，地域差は理解しにくい。一旦，測定された各元素の蛍光X線強度をアナログ化して，分布図を作成し，図上で地域差を比較するほうが理解しやすい。その場合，２因子を組み合わせた２次元分布図が作成されることになる。上記４元素のうち，どの元素を組み合わせるかは当然，問題となった。Ti を２次ターゲットとして真空中で測定するのは K,Ca の２元素である。当然，K,Ca を組み合わせた K-Ca 分布図が考えられた。Rb,Sr はそれぞれ，元素の周期表上では K,Ca と同族元素であり，イオン半径も類似している。したがって，K と Rb，Ca と Sr はそれぞれ，正の相関性をもつことが予想される。事実，これらの元素の間には正の相関性があることが，窯跡出土須恵器のみならず，全国各地の花崗岩類，火山灰についても検証されている。Rb-Sr 分布図での分布は K-Ca 分布図での分布と類似することが予想されるが，事実，そのとうりであった。こうして，微量元素同志を組み合わせた Rb － Sr 分布図も作成されることになった。筆者は Fe，Na も測定しているし，京大原子炉を使用して中性子放射化分析も行っているが，そこで測定された元素は１次元の分布図を作成し，地域差を比較している。

産地推定法の開発研究にはいるに当たって，どの土器を分析対象とするかは最も重要な問題であった。生産地である窯跡が残っており，しかも，そこから分析試料となる破片が大量に出土するという条件をもつ土器が必要である。須恵器はまさに，このような条件を備えた古代土器であった。しかも，その窯跡は全国各地に残っており，各地の須恵器の地域差を比較する上に，これほど優れた条件を備えた土器は他にない。幸運にも，筆者がこの研究を開始しようとした時期に，中村　浩氏（現　大谷女子大教授）が中心となって，大阪陶邑では多数の須恵器窯の発掘調査が行われていた。さらに，日本列島の開発事業の進展に伴い，全国各地でも須恵器窯の発掘調査は活発に進められていた。窯跡出土須恵器を分析する上には，またとない絶好の機会であった。こうして，陶邑の窯跡出土須恵器の分析を発端に，全国各地の窯跡出土須恵器の分析作業が各地の教育委員会の協力のもとに開始されることになった。それ以来，２０数年間，毎日のように土器の分析作業は進められている。この結果，窯跡出土須恵器は K － Ca，Rb － Sr の両分布図上では各窯ごとにまとまって分布し，一定の化学特性をもつことが実験的に証明されたのである。この結果，古墳などの消費地遺跡から出土した須恵器の産地は分析データから窯跡に結びつけることによって産地を推定できるという考え方が出てきたのである。

窯跡出土須恵器の分析と同時に，筆者は日本列島の基盤を構成する花崗岩類の分析も始めた。全国各地の花崗岩類の分析結果，花崗岩類にも K － Ca，Rb － Sr の両分布図上で地域差があることが確認された。日本列島の土台の花崗岩類も K，Ca，Rb，Sr の４因子からみて一色ではなかったのである。どうやら，窯跡出土須恵器の地域差の原因はここにあるらしいと気ずいたのはこの時である。花崗岩類を構成する主成分鉱物は石英，長石類，雲母，角閃石などである。上記４元素は主として，長石類の中にいたらしいということもこの時気ずいた。

さて，K － Ca，Rb － Sr の両分布図では地域差は定性的にしか比較できない。定量的に比較しようとすると，分析データは再度，デジタル化しなければならない。どういう方

法を導入してデジタル化するか。ここで，筆者は統計学の考え方を導入することにした。この研究の根底には実は，統計学の考え方を導入しなければならない理由があったのである。窯跡出土須恵器にしても，花崗岩類にしても，現場の全資料を採集する訳にはいかない。適当に選択した資料を持ち帰って分析しているのである。選択された資料の分析データから資料全体の化学特性を推計することになるわけである。そこで，筆者は多変量解析法の中の２群間判別分析法を使ってデジタル化することにした。二つの母集団（窯）間の判別分析である。判別分析に使用する因子が両母集団の重心からのマハラノビスの汎距離である。この値は正，負の両方の値をとりうるので，計算の際の煩雑さを避けるため，二乗して使用するのが普通である。２群間判別分析の結果は判別図上に描くこともできる。そして，５％の危険率をかけたホテリングのT^2検定にかけることによって，各母集団への帰属条件を決めることができる。この帰属条件は消費地遺跡出土須恵器の産地推定のための必要条件としても使われることになる。

これが須恵器産地推定法の基本的な考え方であるが，実際にどのように適用していくのかは重要な問題である。次に，応用例について述べる。

主として，古墳での祭祀道具として使用された初期，古式須恵器については地元窯と陶邑群間の２群間判別分析が適用された。地元に複数の窯がある場合には，地元窯間の２群間判別分析が行われた。九州北部地域の古墳出土須恵器については，この方法が効果的で，陶邑からの須恵器の供給があったことが立証されている。畿内の初期，古式須恵器については陶邑群－伽耶群間の２群間判別分析が適用されている。外見上，陶質土器と推定されるものが多くあるといわれているからである。既に，数１００点の資料の分析データがだされているが，ほとんどは陶邑産の須恵器と推定されている。したがって，形式的に陶質土器とみられるものは朝鮮半島から渡来した工人により，陶邑で製作された須恵器と考えられる。関東，東北地方でも陶質土器といわれているものが出土している。そのため，地元群－陶邑群間の２群間判別分析と，陶邑群－伽耶群間の２群間判別分析が併用されている。なお，関東，東北地方では５－６世紀代の須恵器窯が見つけられていない場合が多い。この場合には，８－９世紀代の，新しい時期の地元窯の須恵器をもって代替させている。もし，未発見の地元窯が今後見つかったとしても，新しい時期の地元窯の須恵器と類似した化学特性をもつと考えられるからである。こうして，関東，東北地方でも，陶邑産と推定される初期，古式須恵器が数多く検出されている。全国的にみて，陶邑産と推定される須恵器の分布範囲は東北地方南部から九州南部地域にまでわたっており，前方後円墳の分布範囲と対応する。このことから，今後，前方後円墳から出土する須恵器を徹底的に分析することによって，古墳時代の研究に新しい視点を開くことができるかもしれない。

平安時代にはいると，須恵器は日常品化する。そのため，須恵器生産地である窯跡は急激に増加する。この時代の須恵器については，とりわけ，１地域に数１０基以上の窯が集中する大規模窯群の製品の供給先が問題となる。大規模窯群こそ，外部地域へ製品を供給するための須恵器生産工場と考えられるからである。全国に４０ヶ所ほどあるが，窯跡群から１０－２０ Km 程度のところに官衙がある場合が多い。国庁がらみで須恵器が動かされていた可能性は十分考えられる。もしそうなら，これらの大規模窯群の製品の伝播，流通を追跡することによって，古代地方行政の展開に関わる情報を引き出すことができる。東北地方や山陰地方，九州北部地域でこの研究が試験的に現在行われている。

これらの研究を推進する上に複合遺跡が注目される。古墳時代から平安時代にわたる複合遺跡があれば，その遺跡群から数１００点資料を採集し，分析すれば，須恵器胎土の変遷，つまり，生産地の移り変わりがよくわかるはずである。同様な見地から，６－７世紀にわたる横穴墓が集中している横穴墓群も一種の複合遺跡と考えられ，祭祀道具としての須恵器の生産地の移り変わりがわかるはずである。各地の横穴墓群出土須恵器を大量に分析することによって，古墳時代の研究に興味あるデータを提供することができるだろう。

以上に述べたような研究は大量の分析データに支えられてはじめて，可能となるのである。このような研究を可能にする上に完全自動式蛍光Ｘ線分析装置は極めて有用である。

３）埴輪の胎土研究

本来，埴輪は土師器などと同様，簡単な平窯で焼成されたものと思われる。しかし，５世紀代に入ると，須恵器と同様，穴窯で大量に焼成されるようになる。穴窯で大量に焼成された埴輪は一体，何処へ供給されたのであろうか。このことも胎土分析から解明できる問題の一つである。須恵器の場合と同様に，まず，窯跡出土埴輪の化学特性を求めるところから作業は始まる。その一例について述べる。

大阪府高槻市には三嶋野古墳群がある。ここには１０数基の窯からなる新池窯群があり，大量の埴輪が焼成された。埴輪の大量生産という動員令がかかったと推定される。そうだとすると，その供給先は近辺にある巨大古墳が考えられる。三嶋野古墳群には一際大きい二つの前方後円墳がある。その一つは太田茶臼山古墳であり，他の一つは今城塚古墳である。これらの古墳から出土した埴輪胎土はK，Ca，Rb，Sr の４因子からみて，新池窯群の製品と一致した。新池窯群の発掘担当者であった高槻市教育委員会の森田克之氏は太田茶臼山古墳，少し期間をおいて，今城塚古墳に大量の埴輪を供給するために，２度にわたって埴輪生産の動員令がかかったと考えている。分析データもこの考えを支持するように，両古墳から出土した埴輪胎土は新池窯群の埴輪胎土と一致した。さらに，同時期の近辺の小古墳からも新池窯群の製品と推定される埴輪が出土している。しかし，現在までのところ，新池窯群の製品は大阪府南部地域にある，もう一つの古墳群である古市古墳群からは出土していない。古市古墳群側でも，埴輪を大量に生産した河内窯群がある。この窯群の埴輪は誉田御廟山古墳から出土することが胎土分析によって確かめられており，この古墳に大量の埴輪を並べるために，河内窯群に埴輪の大量生産の動員令がかかったと推定される。河内窯群の製品もまた，大阪府北部地域の三嶋野古墳群からは出土していない。このことから，埴輪窯群は近くの巨大古墳に埴輪を大量に並べるために，操業に入ったことが伺われる。両古墳群にはそれぞれ，窯以前の古墳があり，埴輪は出土している。これらはいわゆる，通称，野焼きで焼成されたものと思われる。これらの埴輪胎土はそれぞれ，新池群，河内群の埴輪胎土と類似した化学特性をもっていたが，ぴたりとは一致しなかった。しかも，古墳ごとに，微妙に胎土は異なった。これらのことから，各古墳ごとに埴輪を焼成したものと推察された。このように，畿内の埴輪窯群にみられる埴輪生産は巨大古墳に埴輪を並べる目的をもって行われたものであろうと推察された。

S2

石器と玉の原材産地分析

藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

1．はじめに

打製石器の石材の産地分析において、ここで言うサヌカイトは地学で使用される厳密な定義に基づくものではなく発掘者の見方をそのまま使用し、黒曜石も同様に厳密ではなく使用している。勾玉、玉、垂玉、管玉などの岩石名の推定は、一般的には肉眼観察で岩石の種類を決定し、それが真実のよう思われているのが実態である。玉類の原材料としては滑石、軟玉（角閃石）、硬玉、蛇紋岩、結晶片岩、碧玉、緑色凝灰岩（グリーンタフ）などが推測される。　それぞれの岩石の命名定義に従って岩石名を決定するが、非破壊で命名定義を求めるには限度があり、若干の傷を覚悟して硬度を求める、色、光沢感、比重、介在物の有無、定性的な成分組成を求めるなどで、岩石名を決める重要な結晶構造、屈折率など鉱物組成を明らかにする情報は得られない。また、肉眼観察で求めた岩石名が岩石・鉱物学界で通用するとは思えない。原石名が決定されたのみでは考古学の資料としては不完全で、例えば緑色凝灰岩の管玉と言う岩石名が決められても産地は沢山あり何れの産地か不明である。また、軟らかく加工が容易だと想像できても、実際の硬度、打撃亀裂性などを測定した上で考察しなければ、古代の管玉製作技術に関する資料として無意味である。　地学の専門家でも、肉眼観察では、岩石名を間違うことは避けられないと指摘している。岩石名を決定することよりも、どこの産地の原石が使用されているか、産地分析が行われて初めて、考古学に寄与できる資料となり、また産地分析の過程で岩石名決定に関係する情報の一部が得られるが岩石名を特定するには至らない。産地分析で遺物の原材産地が特定出来なくても得られた分析値と同じ組成の遺物を使用した遺跡の広がりを求めることにより、遺跡間相互になんらかの関係があったと推測できる情報が得られ、将来、原材産地の所在地が明らかになれば原石伝播に関する情報も得られる。

石器、玉類の原材産地分析は蛍光X線分析で行う元素比法により元素の相関を考慮したマハラノビスの距離を求めて行うホテリングの検定からそれぞれの原石群に帰属する信頼度を求めて産地を同定する。ヒスイ製玉類は原石の分析値の分布と比較して最も似た組成の原石産地に同定した。碧玉製玉類はＥＳＲ分析法を併用し色中心とかイオンの信号を指標に加えより正確に同定できるようにした。

2．石器原材の産地分析結果

旧石器時代　北朝鮮の会寧城外遺跡で主体的に使用されている黒曜石と同質の原材は約1,500Km離れたフーミ遺跡で使用され、またイリスタヤ遺跡では地元産黒曜石と推測される黒曜石とともに会寧城外遺物群の黒曜石が使用されていた。また、沿海州地域の赤茶色の黒曜石（花十勝）遺物を３個分析したが日本産黒曜石でなく産地不明であった。北海道の白滝産は神奈川県、東海大学の構内遺跡に伝播している。青森県深浦産黒曜石が約560Km離れた立美遺跡で使用されている。信州地方の黒曜石は富山、東京、静岡、奈良の各地の遺跡で、伊豆諸島の神津島産、伊豆半島の柏峠西産、箱根の畑宿産の各黒曜石は東京、静岡の各地の遺跡でそれ

ぞれ使用が確認され、霧ケ峰産黒曜石が約300Km離れた香芝市桜ケ丘遺跡に伝播している。桜ケ丘遺跡は二上山産サヌカイトの原産地に位置し、この二上山産サヌカイトの伝播分布の東限は三重県カリコ遺跡で約100km、西限は加古川市濱目池遺跡で、南限では和歌山県吉備町土生池遺跡で有田川下流付近にまで広がっていると考えられる。岩屋産サヌカイトの使用範囲は原産地付近50km以内である。香川県の金山、白峰産のサヌカイトは高知、岡山に伝播し、また、この両産地に近い備讃瀬戸諸島の遺跡に地元原石以外に約200Km離れた隠岐島内の久見、津井、加茂産の各黒曜石原石および約160Km離れた中国産地の飯山産サヌカイトの使用が確認された。この不必要とも思える飯山サヌカイトの金山・五色台地域産地近隣への伝播は、当時の地域間交流が活発であったことを示していると推論できる。山口県の瀬戸内側の分析した遺跡では、西北九州地域の腰岳、淀姫、大崎の各産地の黒曜石が主に使用されていることから、本地域は西北九州地方との交流があったと思われる。また、少量ではあるが隠岐島産の黒曜石も使用されていることから、日本海側の情報も伝来していたと考えても産地分析の結果と矛盾しない。九州地方では、冠ケ岳、竜ケ水産、出水産の黒曜石が使用され伝播距離も出水産原石が約80km離れた船野遺跡に伝播している。旧石器時代の原材の伝播を考える場合当時の海水面の高の考慮が必要で、約２万年前には約140m～120m低かったと言われている。本州と島の多くは陸化していたと想像されるが、伊豆諸島神津島原産地と本州の間は深く陸化したことがなく、船、筏などの手段により沿岸目標を見て原石が運ばれたと推測できる。（日本文化財科学会、第１５回大会研究発表要旨、1998年　139ページ、図１　旧石器時代の日本・環日本海遺跡の産地分析　参照）

縄文時代　北海道白滝、十勝産黒曜石がロシア、サハリリンのルスツ、ソコルに伝播していることから、両地域間には古代交流が存在したことが推定された。津軽海峡を越えて伝播する例が増え、逆に青森県産黒曜石が北海道南部に伝播するなど、本州と北海道の活発な交流が推測される。石器原材の伝播に伴って文化とか生活情報が伝わると考えると、青森の古代人がサハリンの情報を入手していたと推測できる。図１に縄文時代中期～後期（5,000～3,000年前）における石器原材の伝播を示した。三内丸山遺跡では北海道白滝（あじさい滝、赤石山産）、置戸、赤井川、豊泉および男鹿産、霧ケ峰産黒曜石が地元青森産黒曜石と共に使用されていることなど本６４回総会で報告したが、追加報告として和田峠産、佐渡産、板山産、月山産、雫石産、深浦産の黒曜石及び産地が分からないが、深浦町日和山遺跡で使用されているＨＹ群、また北見市の北進遺跡で使用されている産地不明のＨＳ２群の遺物が使用されていることが明らかになった。三内丸山遺跡では東日本の各黒曜石産地の原石が殆ど全てが使用されているが、伊豆半島、神津島産原石が見られないことは、糸魚川産ヒスイ伝播などに伴って日本海側ルートで三内丸山遺跡に伝播した可能性も考えられるが、考古学の専門家による他の出土遺物との関連した推論が必要であろう。東日本の産地の黒曜石ほとんど全てが、黒曜石。伊豆諸島神津島産黒曜石は本州を横断し能登半島の遺跡に、また、南方には八丈島の倉輪遺跡で使用されていることから、縄文時代中期の古代人は黒潮を横切って、陸地目標なしの航海術を会得していたと推測できる。西日本で

は香川県金山産、白峰産サヌカイトが大分県荻町の遺跡に伝播し四国と九州の間で交流があったことが分かる。福井県鳥浜貝塚に隠岐島久見産黒曜石、奈良県二上山および香川県金山産サヌカイトが使用され、鳥浜貝塚は広い地域と交流を持っていたことが想像できる。また、二上山産サヌカイトは約300Km離れた四万十川流域中村市の遺跡に伝播し、広い使用圏を示している。静岡県森町には金山産、二上山産、下呂産サヌカイトが、黒曜石では神津島、霧ケ峰、和田峠の黒曜石が伝播している。西北九州腰岳産黒曜石も広い使用圏をもち西方では島根県西部の遺跡、また南方には鹿児島、宮崎県の遺跡に、北方では大韓民国南部の遺跡にまで伝播し、九州と韓国との古代の交流を証明した。晩期（3,000～2,300年前）では北海道白滝産、信州霧ケ峰産黒曜石が青森市の遺跡に、東海地方は霧ケ峰産、二上山産、金山産が伝播し、山口県の遺跡には金山産、腰岳産原石、また鹿児島県に腰岳産原石が伝播している。これら原石の伝播ルートを結んで行くと、原産地を経由して北海道から鹿児島までつながる。このことは、弥生時代に九州に上陸した稲作技術が西方に伝播していく足がかり成っているのではなかろうか。この他に時代時期が不明な鯖江市の遺跡に約1000Km離れた十勝産黒曜石が、また平塚市の遺跡で約1000Km離れた白滝産黒曜石の石器が使用されていたことが明きらかになり古代人がかなり遠距離の物資を入手していたことが判明した。

3．ヒスイ・碧玉製玉類の産地分析

ヒスイ製玉類　縄文時代の５６遺跡から出土した大珠、勾玉、垂飾玉、丸玉、石片、未加工原石等の３５０個である。弥生時代の１２遺跡から出土した３０個である。古墳時代では奈良県下の遺物が多く、２０遺跡から出土した４４個でこれらヒスイの使用圏を図２に示した。最も古いヒスイ製遺物は，天神遺跡（山梨大泉村）の前期後半の諸磯Ｃ式土器とともに出土した大珠で，糸魚川産原石が使用されている。糸魚川産ヒスイの使用圏は広く，北限は北海道余市町の大川遺跡で、原産地から直接的に北海道の遺跡に伝播した場合と青森県内の玉類も糸魚川産ヒスイを使用していることから，これら遺跡を経由して間接的に伝播した場合が考察される。また，伝播の南限としては，宮崎県高岡町の学頭遺跡の縄文時代後、晩期の勾玉および垂玉に使用が確認されている。糸魚川産ヒスイ以外では、北海道日高産ヒスイが北海道の大川、美々４、青森市の朝日山遺跡で、また、飛騨産ヒスイが岐阜県丹生川村の西田遺跡で使用されていることが明らかになっている。最近の研究で、縄文時代後期～晩期の玉材として使用された、比重が2.7～3.0のヒスイに似た結晶片岩様緑色石材が非常に広い使用圏の可能性を示す結果をえている。岩石名の決定には様々な鉱物学的分析により得た結果から求める必要があるが、この玉材を使用したと推測される玉類が熊本県ワクド石遺跡、宮崎県学頭遺跡、鹿児島県上加世田遺跡と岐阜県西田遺跡、大阪府向出遺跡からそれぞれ出土している。

碧玉製玉類　弥生時代に広範囲に使用された碧玉は産地未発見の豊岡市女代南Ｂ群で弥生時代を中心に使用された原石でその使用圏は図２に示すように、神戸市の玉津田中遺跡の中期の石片、管玉には玉谷産と共に使用され、山陰、中国、

近畿でもみられた。埼玉県宿下遺跡出土の弥生時代中期中葉の管玉、北海道、余市町大川遺跡、上磯町茂別遺跡の続縄文時代の管玉に使用され、女代南B群の原石は糸魚川産ヒスイに匹敵する広い分布圏を示している。一方、唐津市の宇木汲田遺跡の管玉で作った未定C群は製品のみにみられ、未定C群の管玉が外国で作られ、西北九州地方および瀬戸内海ルートを通って愛媛県、香川県地方、岡山県南溝手遺跡へ流入したと推測しても産地分析の結果と矛盾しない。猿八産原石が弥生時代に使用されている遺跡は、佐渡島以北で主に使用されていることが明らかになった。古墳時代になると花仙山産碧玉の使用がみられ、吉野ヶ里遺跡の管玉に使用されている。また、未定C群、佐渡島猿八産原石製玉類の使用がみられず、女代南（B）群は花仙山産原石と同時に出土した遺跡は、徳島県板野町、蓮華谷古墳群Ⅱの3世紀末の2号墳と島根県安来市門生黒谷Ⅲ遺跡の4世紀末～五世紀初頭の管玉である。3世紀末から4世紀末にかけては女代南B群の管玉から花仙山産管玉に移行する過渡期的な時期と思われる。時期が進むに従って碧玉製管玉、勾玉は花仙山産原石製玉類の使用が広がり、花仙山産原石の使用の南限は、宮崎県新富町祇園原115号墳出土の6世紀の管玉で、北限は余市町大川遺跡の7世紀の管玉であった。香川県、5世紀の野牛古墳で、糸魚川産ヒスイ製勾玉と佐渡産碧玉製管玉の使用が確認された（図4）。

4．おわりに

石器原材の産地分析の結果で原産地と原石使用遺跡を直線で結ぶことは簡単である。石材伝播ルートの推測は困難であるが、例えば北海道白滝黒曜石原産地には赤石山地区の白滝第1群の原石、あじさいの滝地区から白滝第2群の原石、また、白滝第2群の中の梨肌様黒曜石は八号沢からなどかなり原産地の情報も厳密になってきている。このため、各遺跡出土の黒曜石製遺物を多数分析し白滝第1群、第2群の使用頻度を定量的求めることにより、使用頻度の同じ遺跡をつないでいくと白滝産黒曜石が伝播したルートが明らかになって行くと思われる。中信高原の黒曜石産地の原石群も種類が多く、各種類の原石の使用頻度を遺跡ごとに求めてつないで行くと石材伝播ルートが求まる可能性がある。原産地地方の遺跡は地元黒曜石が使用されていることは明きらかであるが、石器原材の出発、中継遺跡として産地分析を行い頻度分布を確定しておくことが重要である。遺物の総数は非常に多いが、これらを時期別、地域別にみると必ずしも十分な資料数ではなく、個々の遺跡の性格を定量的に明らかにするには多数の遺物の分析が必要である。方法論の問題が解決した仕事を自然科学者が再びすることは恥とされ自然科学の分野では全く評価されないため、データを積み上げる段階に入った仕事は、考古学分野の主導のもと国が設備を整えて確立した信頼出来る方法で仕事を発展させることが大切である。また、方法論に問題点が生じたときは自然科学分野の最新技術によって解決を迫るような関係が考古学と自然科学の理想的な関係と思われる。これら研究成果は各地の教育委員会、埋文センター、発掘関係者の御協力なしには得られず、ここに感謝の意を表すとともに、より一層の御協力をお願いするしだいです。

図 1　石器原材の縄文時代中期～後期の産地分析

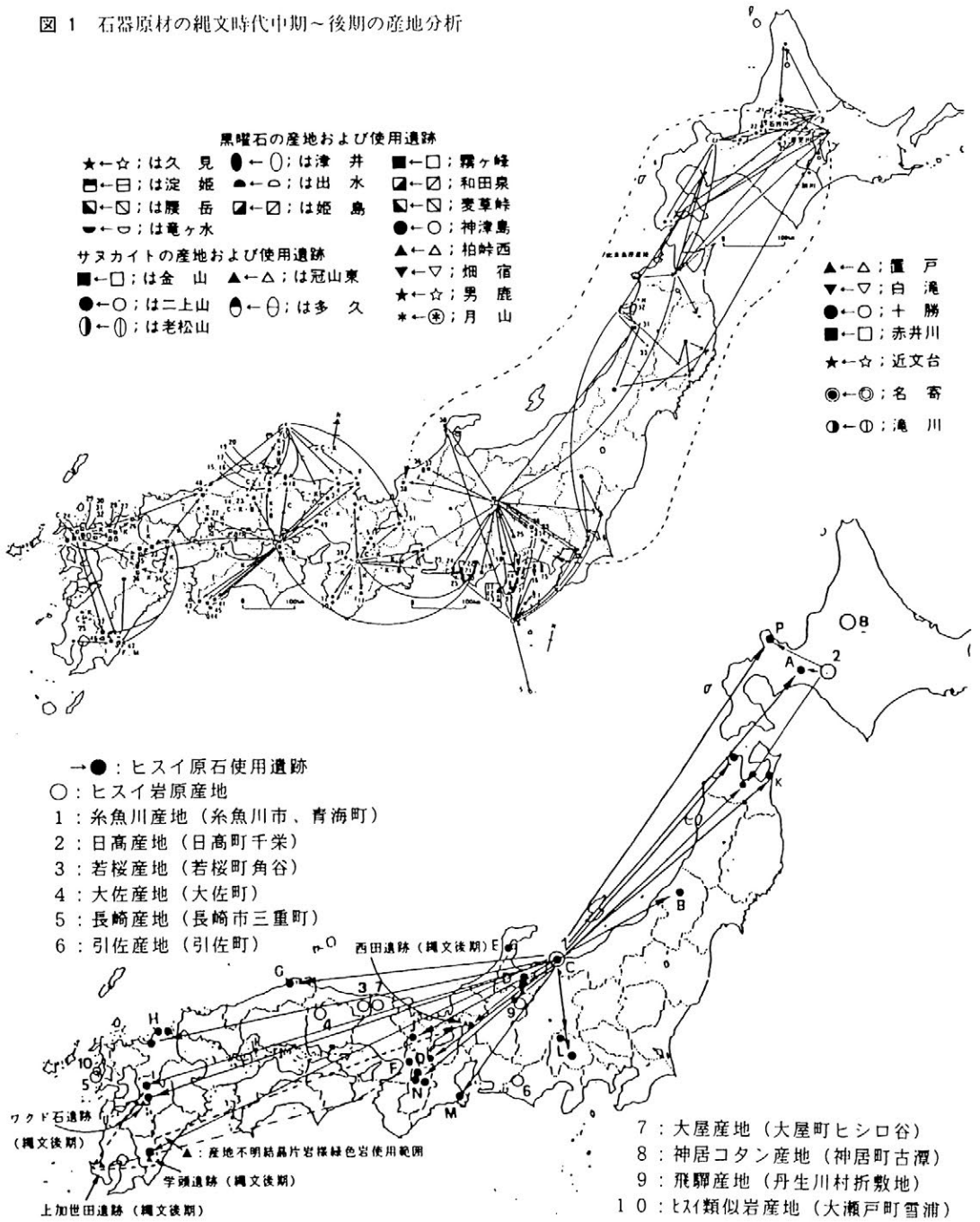


図 2　ヒスイ原産地および古墳時代のヒスイ製玉類の原材使用分布圏

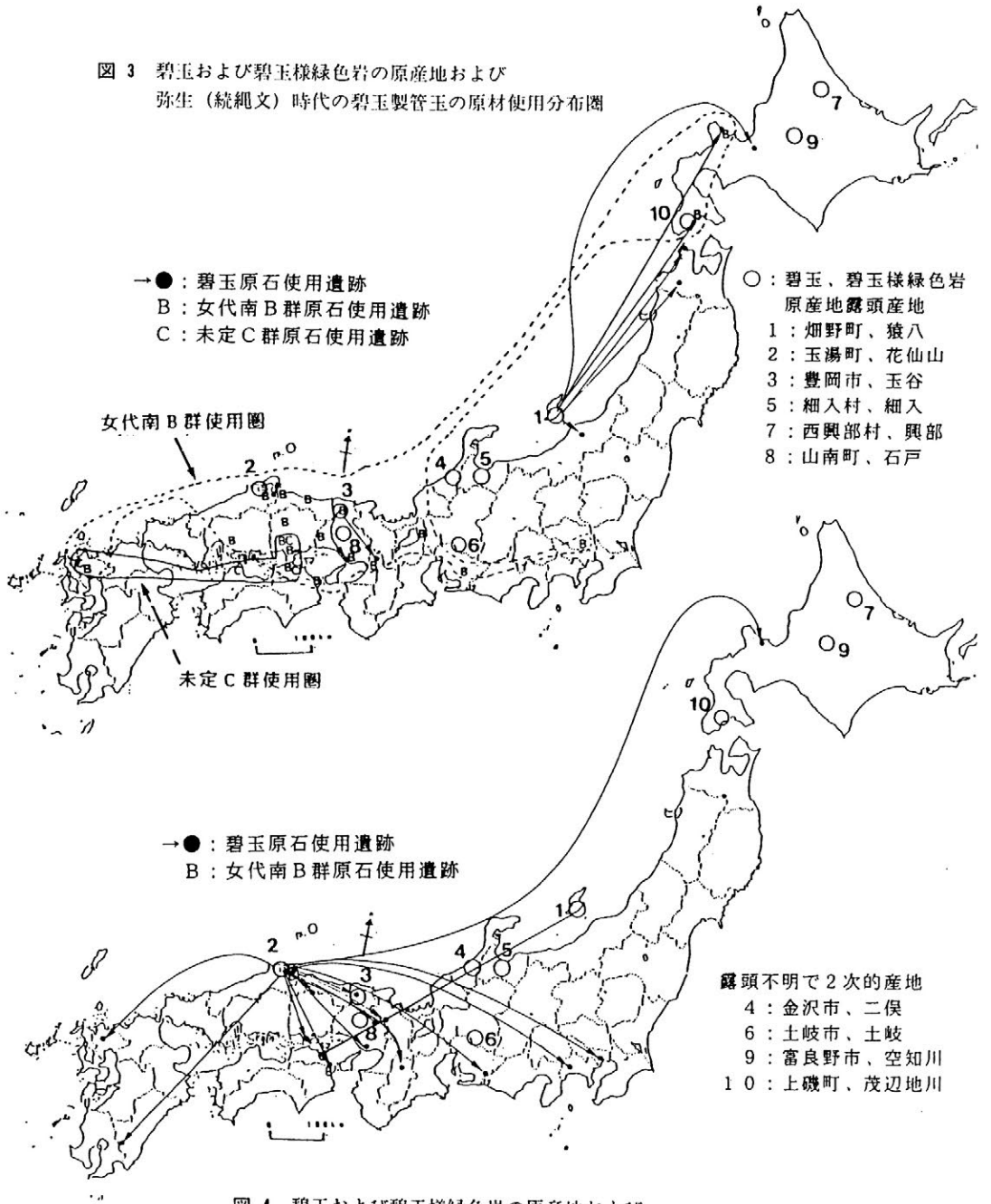


図 3　碧玉および碧玉様緑色岩の原産地および
弥生（続縄文）時代の碧玉製管玉の原材使用分布圏

図 4　碧玉および碧玉様緑色岩の原産地および
古墳（続縄文）時代の碧玉製管玉の原材使用分布圏