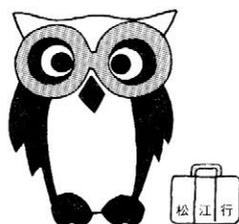


# 日本文化財科学会第20回大会 研究発表要旨集

2003年5月17日(土)、18日(日)  
島根県民会館(松江市殿町158)



20<sup>th</sup>  
J.S.S.C.P  
Congress

日本文化財科学会



# 日本文化財科学会第20回大会・2003年度総会日程

日時：2003年5月17日(土),18日(日),19日(月)

会場：島根県県民会館（松江市殿町158）

口頭発表：中ホール

ポスターセッション：多目的ホール(2F)

機器展示・図書販売：展示ホール(1F)

評議委員会：305会議室(3F)

懇親会：サンラポーむらくも(2F)瑞雲の間

## 日程：

### 第1日 5月17日(土)

8:30～9:20 受付時間

9:20～9:30 開会挨拶(第20回大会実行委員長・時枝克安)

9:30～12:30 口頭発表(年代測定、古環境、材質・技法の発表1～12の12件)

12:30～14:00 休憩・2003年度評議委員会

13:00～14:00 ポスターセッション解説

14:00～17:00 口頭発表(材質・技法、産地推定の発表13～24の12件)

18:00～20:00 懇親会

### 第2日 5月18日(日)

9:00～11:00 口頭発表(産地推定、保存科学の発表25～32の8件)

11:00～12:00 総会

12:00～13:00 休憩

13:00～14:00 ポスターセッション解説

14:00～16:00 口頭発表(保存科学、文化財科学一般の発表33～40の8件)

16:00～16:10 閉会挨拶

(第20回大会実行委員 松本岩雄:島根県教育庁古代文化センター)

### 第3日 5月19日(月)

エクスカカーション Aコース：10:00～13:00

Bコース：9:00～17:00

## ポスターセッション、機器展示・図書販売：

ポスターセッション

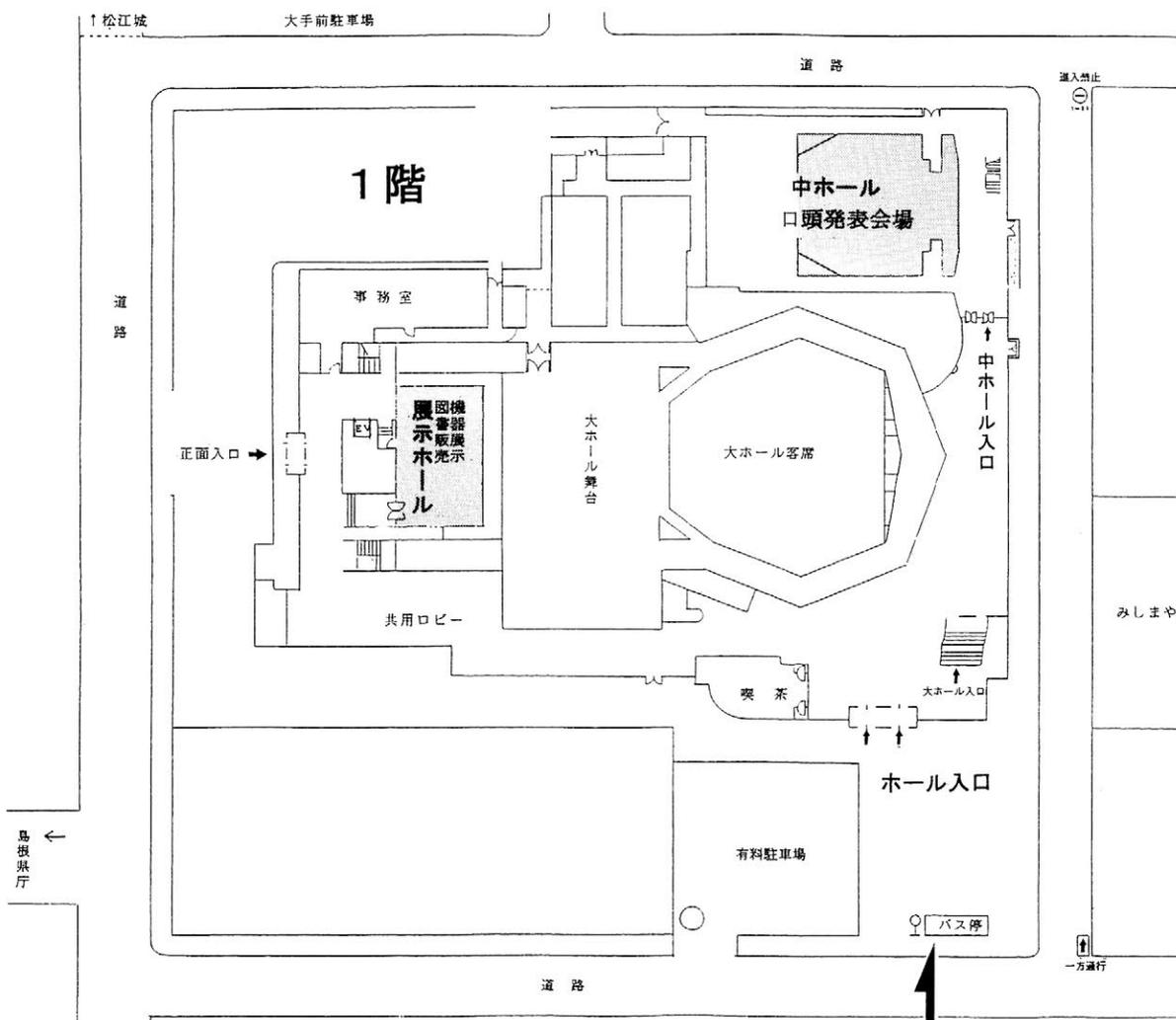
掲示作業：5月16日(金) 17:00～19:00, 5月17日(土) 9:00～11:00

掲示時間：5月17日(土) 11:00～5月18日(日) 15:00

撤去時間：5月18日(日) 15:00～17:00

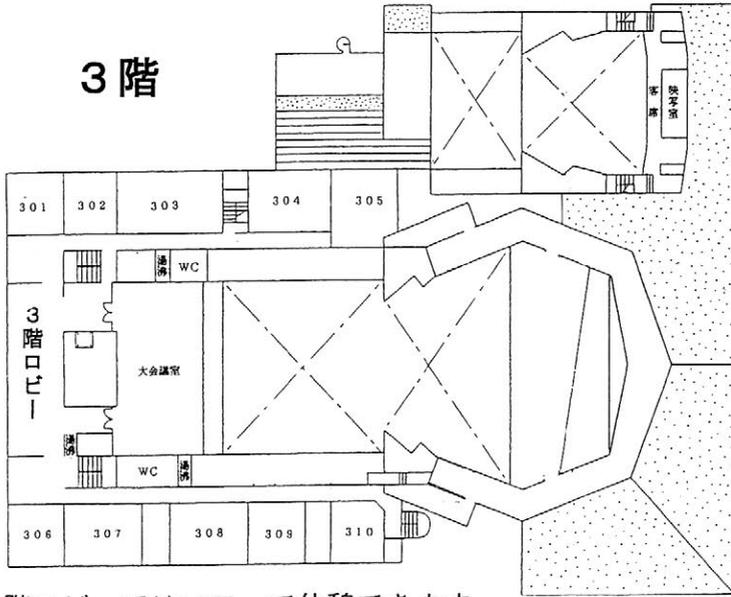
機器展示・図書販売：5月17日(土) 11:00～5月18日(日) 15:00

# 島根県民会館案内図



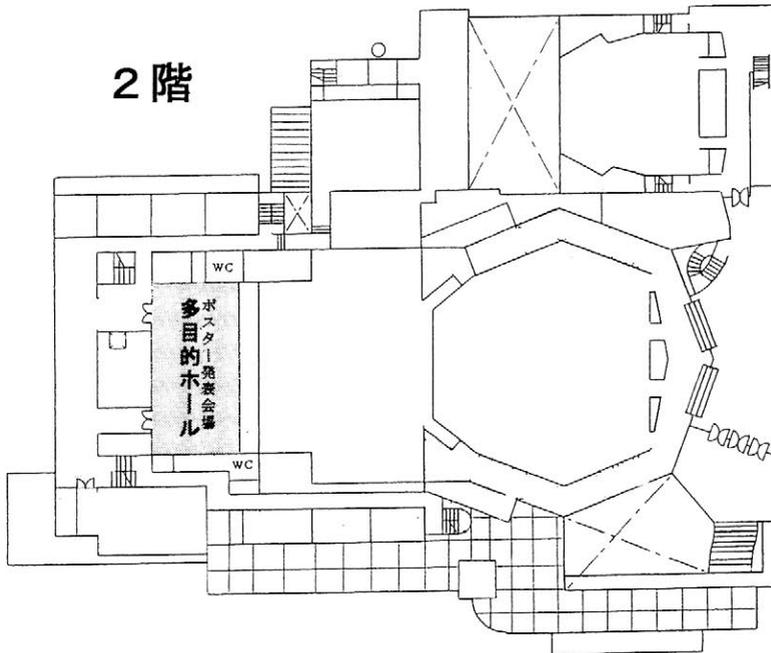
松江駅からのバスはここで停まります

## 3階



3階ロビーではソファで休憩できます

## 2階



## 機器展示（以下50音順）

- アイシン精機株式会社  
土器実測支援システム（レーザー光を利用して実測図を作製する装置）と遺構実測支援システム（ソフトウェア）による描画デモンストレーション
- エクスロン・インターナショナル株式会社  
携帯式X線検査装置の展示、FPD(Flat Panel Detector)の映像デモンストレーション、パネル展示
- 応用地質株式会社  
地下レーダー探査機 SIR-3000 の展示とデモンストレーション
- スペクトリス株式会社  
大型文化財対応型,コンパクト型,デスクトップ型の蛍光X線分析装置とX線回折装置をアプリケーションデータと併せてパネルとパソコンで展示
- 株式会社堀場製作所  
X線分析顕微鏡（蛍光X線を利用）の展示
- メンシー株式会社/株式会社ソキア  
3次元レザースキャナーの展示
- ライカマイクロシステムズ株式会社  
実体顕微鏡、デジタルビデオカメラ等の展示

## 図書販売

- 株式会社 松江 今井書店  
郷土出版物（今井書店、山陰中央新報社、たたら書房等）の販売
- 株式会社クバプロ  
文化財に関する各種書籍、資料の展示と販売
- 島根県文化財愛護協会  
島根県埋蔵文化財調査センターで行った発掘調査の報告書の販売

## 広告

- 株式会社アクト
- 三恒商事株式会社
- スペクトリス株式会社
- 株式会社パレオ・ラボ
- 株式会社堀場製作所
- ミツワ理化学工業株式会社

# 研究発表要旨目次

口頭発表（島根県民会館中ホール）

## 年代測定

- 1 黒曜石の水和速度と化学組成の関係について ..... 2  
○渡辺圭太（立教大学大学院理学研究科化学専攻修士課程2年），  
鈴木正男（立教大学大学院理学研究科）
- 2 高精度磁気年代推定の基礎データとしての広域テフラの古地磁気 ..... 4  
○中島正志，藤井純子（福井大学教育学部）
- 3 瓦片から抽出した石英粒子の光励起・赤色熱ルミネッセンス（OSL・RTL）  
測定に基づく天然蓄積線量比較と年代評価 ..... 6  
○橋本哲夫（新潟大学理学部），中川貴博（新潟大学理学部大学院自然科学科），  
野村幸子（新潟大学理学部）
- 4 赤外光ルミネッセンス（IRSL）法による旧石器・新石器時代の  
遺跡堆積物層の年代測定 ..... 8  
○下岡順直（奈良大学大学院），長友恒人（奈良教育大学），  
國木田大（東京大学大学院）
- 5 「三瓶小豆原埋没林」の年輪年代法による検討 ..... 10  
○光谷拓実（奈良文化財研究所），佐藤仁志（島根県景観自然課）
- 6 炭素14年代法による出雲大社境内遺跡出土の心御柱の年代測定 ..... 12  
○坂本稔，今村峯雄（国立歴史民俗博物館），中村俊夫，丹生越子（名古屋大学）

## 古環境

- 7 後氷期後期：縄文後期～古墳初頭における海水準低下の考古学的意義 ..... 14  
○藤 則雄（金沢大学・金沢学院大学）
- 8 魚類遺存体形成過程の研究 ..... 16  
○植月学，建石徹（東京芸術大学），二宮修治（東京学芸大学），  
北田正弘（東京芸術大学）
- 9 DNAレベルでのイネ遺存体における品種群判定の効率化 ..... 18  
○柴内佐知子，大角信介（静岡大学・岐阜大学大学院），  
丹野研一（岡山大学），中村郁郎（千葉大学），佐藤洋一郎（静岡大学）

## 材質・技法

- 10 北海道上川郡下川町高瀬遺跡における細石刃剥離方法の同定 ..... 20  
○高倉 純（北海道大学），出穂雅実（札幌埋蔵文化財センター）

11	化学分析と反射率測定による炭の同定と炭化温度の推定 —大阪城堀堆積物中の炭を例にして— ……………	22
	○井上 淳, 吉川周作, 村上晶子 (大阪市立大学理学研究科)	
12	出土繊維遺物の顕微赤外分析による材質同定についての問題点 ……………	24
	○佐藤昌憲 (奈良文化財研究所・客員研究員)	
13	国宝稲荷山鉄剣の銘文金線の化学組成 ……………	26
	○早川泰弘, 三浦定俊, 青木繁夫 (東京文化財研究所), 大森信宏 (静岡県埋蔵文化財調査研究所), 今泉泰之 (埼玉県立さきたま資料館)	
14	出雲・青木遺跡出土の鉄製品に見られた「鏝」について ……………	28
	○朽津信明 (東京文化財研究所), 北野信彦 (くらしき作陽大学), 伊藤智 (鳥根県埋蔵文化財調査センター), 松本岩雄 (鳥根県教育庁古代文化センター)	
15	西本願寺御影堂に使用されていた鉄釘の材質 ……………	30
	○平井昭司, 岡田往子 (武蔵工業大学工学部)	
16	地質学的特徴を反映した石見銀山における製錬工程の材料科学的研究 ……………	32
	○鳥越俊行 (岡山大学), 村上 隆 (奈良文化財研究所), 高田 潤 (岡山大学)	
17	前原市上町遺跡出土素環頭大刀の理化学的分析による年代及び産地同定 ……………	34
	○塚本敏夫, 山田哲也 (元興寺文化財研究所), 岡部裕俊 (前原市教育委員会), 大澤正己 (株九州テクノリサーチ), 江波大樹 (名古屋大学大学院環境学研究科), 中村俊夫, 小田寛貴 (名古屋大学年代測定総合研究センター)	
18	古代ローマン・グラスの実験考古学的研究 ……………	36
	○島田 守, 西山要一 (奈良大学)	
19	CR・AR法を用いた非破壊材質調査法の開発研究 ……………	38
	○肥塚隆保 (奈良文化財研究所), 脇谷草一郎 (京都大学)	
20	放射光X線分析によるイスラムラスター彩ガラスの装飾技術の研究 ……………	40
	○保倉明子, 沢田貴史, 中井 泉 (東京理科大学理学部応用化学科), 真道洋子 (中近東文化センターエジプト調査室)	
21	ポータブル蛍光X線分析装置を用いた古陶磁伝世品のその場分析 ……………	42
	○三浦裕, 中井泉 (東京理科大学理学部), 田村哲, 仲野泰裕 (愛知県陶磁資料館)	
<b>産地推定</b>		
22	総合的な分析法による遺跡出土天然アスファルトの産地同定 ……………	44
	○小笠原正明, 荒川竜二, 原奈々絵 (北海道大学高等教育機能開発総合センター)	
23	珠洲陶器の産地推定 ……………	46
	○三辻利一 (大谷女子大), 吉岡康暢 (前国立歴史民俗博物館)	
24	シルクロードにおける銅生産 ……………	48
	○平尾良光 (別府大学), 榎本淳子 (東京文化財研究所), 梅建軍, 高浜秀 (金沢大学)	

25	イオウ同位体比より見た遺跡出土朱の産地推定 .....	50
	○南 武志 (近畿大学), 今井 亮 (東京大学), 今津節生 (橿原考古学研究所)	
26	石鍋原材料の比較研究 .....	52
	○今岡照喜 (山口大学理学部), 中村徹也 (山口県埋蔵文化財センター) 早坂康隆 (広島大学理学部), 松里英男 (山陽町教育委員会)	
27	石器・玉類の原材産地分析 (19) .....	54
	○藁科哲男 (京都大学原子炉実験所)	
28	ロシア・沿海州の後期旧石器遺跡から出土した黒曜岩の原産地について .....	56
	○吉谷昭彦 (元鳥取大学教育地域科学部), 友田哲弘 (旭川市教育委員会), N.A.コノネンコ (ロシア科学アカデミー極東支部歴史民族学極東研究所), V.K.ポポフ (同地質学極東研究所), I.U.スレプソフ (同歴史民族学極東研究所)	
29	縄文時代中期の黒曜石交換に関する基礎的研究—南関東の事例を中心に— .....	58
	○建石徹 (東京芸術大学), 津村宏臣 (東文研・CREST), 二宮修治 (東京学芸大学), 北田正弘 (東京芸術大学)	
30	レーザーアブレーション ICP 質量分析法による黒曜石原石の 化学組成カタログの作成 .....	60
	○中井弥生, 福岡孝昭 (立正大学地球科学科), 杉原重夫 (明治大学文学部)	

### 保存科学

31	羽毛ケラチン加水分解物を用いた出土木材の保存処理 2 —羽毛ケラチン加水分解物の分子量分布— .....	62
	○遠藤利恵, 河原豊 (京都工芸繊維大学先端ファイブロ科学専攻)	
32	AE 計測による出土木材の保存処理の監視の可能性 .....	64
	○藤井義久, 黒田朋未, 築瀬佳之, 奥村正悟 (京都大学大学院農学研究科), 高妻洋成 (奈良文化財研究所)	
33	超臨界二酸化炭素を用いた保存処理—乾燥のメカニズムと漆遺物への適用— .....	66
	○猪股宏, 菊池幹夫, 田嶋栄一郎 (東北大学超臨界溶媒工学研究センター), 手代木美穂 (東北芸術工科大学), 高妻洋成 (奈良文化財研究所)	
34	奈良十輪院石仏龕の劣化要因と保存対策 .....	68
	○西山要一 (奈良大学), 林国郎 (同研修員), 峠美保, 浦奈穂美 (同保存科学研究室), 高橋修司 (同大学院)	

### 文化財科学一般

35	古代青銅鏡の土中における微生物腐食の可能性 .....	70
	○横田 勝, 三船温尚, 小堀孝之, 清水克郎 (国立高岡短期大学), 菅谷文則 (滋賀県立大学), 宮原晋一, 清水康二 (奈良県立橿原考古学研究所)	

- 36 空間情報科学による先史時代集落の研究—縄文時代中期集落を対象に— …………… 72  
 ○津村宏臣（東京大学空間情報科学研究センター），  
 小林謙一（総合研究大学院大学），建石徹（東京芸術大学），  
 坂口隆（國學院大學），西本豊弘（国立歴史民俗博物館）
- 37 TL/ESR 測定による被熱変形した弥生土器の被熱温度推定 …………… 74  
 ○長友恒人，西村誠治（奈良教育大学），柴田昌兎（愛媛県埋蔵文化財センター）
- 38 日本列島のウルシ属 (*Rhus*) 植物の分布と栽培ウルシ (*R. verniciflua*) の花粉形態 …… 76  
 ○叶内敦子，関口千穂（明治大学文学部），宮腰哲雄（同理工学部），  
 杉原重夫（同文学部）
- 39 床面に調湿建材を施行した気密型展示ケースの温湿度変化（第2報）…………… 78  
 ○赤沼英男（岩手県立博物館），宮野則彦（日本大学），宮野秋彦（名古屋工業大学）
- 40 遺構保存用の親水性ポリマーが土壌中の水分移動に与える影響に関する研究 …………… 80  
 ○三石正一，宮崎毅，溝口勝，井本博美（東京大学大学院環境地水学研究室）

## ポスターセッション (多目的ホール2F)

### ◎特別ポスター展示

- 最近話題を集めた島根県の遺跡 ..... 84  
渡邊正巳 (文化財調査コンサルタント(株)),  
足立克己, 鳥谷芳雄 (島根県教育庁文化財課),  
今岡一三, 澤田正明, 角田徳幸, 松尾充晶 (島根県教育庁埋蔵文化財調査センター)

### ◎一般ポスター展示

#### 年代測定

- P01 AMS 炭素年代による縄紋中期土器・集落の継続時間の検討 ..... 90  
○小林謙一 (総合研究大学院大学),  
今村峯雄, 坂本稔, 西本豊弘 (国立歴史民俗博物館)
- P02 AMS による<sup>14</sup>C 年代測定の実験室間比較検定の計画 ..... 92  
○中村俊夫 (名古屋大学年代測定総合研究センター), 日本の AMS 研究者一同
- P03 発表中止
- P04 八重垣神社板絵著色神像の年代測定 ..... 94  
○光谷拓実 (奈良文化財研究所), 松本岩雄 (島根県教育庁古代文化センター)

#### 古環境

- P05 琉球列島の稲作開始期とその変遷に関する研究 (Ⅱ)  
—石垣島の遺跡土壌・土器のプラント・オパール分析— ..... 96  
○宇田津徹朗, 藤原宏志, 橋本将幸 (宮崎大学)
- P06 千葉県多古町染井横穴墓の植物珪酸体化石群 ..... 98  
○江口誠一 (千葉県立中央博物館)
- P07 朝日遺跡における古環境解析の一資料 ..... 100  
伊藤厚史 (名古屋市見晴台考古資料館), 辻本裕也, 辻康男  
(パリノ・サーヴェイ株式会社), ○伊藤雅乃, 大杉規之 (株式会社パスコ)
- P08 各種ダイアグラム作成支援システムの開発と提言 ..... 102  
○渡辺正巳, 渡野徳彰 (文化財調査コンサルタント株式会社)
- P09 アミノ酸ラセミ化法による古環境温度の推定 ..... 104  
○安部 巖, 原武利 (大阪府立大学大学院工学研究科)
- P10 ITS 領域を用いた出土クリ遺体 DNA 分析のための基礎的研究 ..... 106  
○坂平文博, 新美倫子 (名古屋大学)
- P11 弥生時代のイノシシ類にみられる多様性 ..... 108  
○姉崎智子 (日本学術振興会特別研究員(PD)),  
西本豊弘 (国立歴史民俗博物館考古研究部)

## 材質・技法

- P12 縄文土器における grog の混和について ..... 110  
 ○西田泰民（新潟県立歴史博物館），佐藤雅一，小熊博史
- P13 公州安永里遺跡土器の産地研究 ..... 112  
 ○鄭光龍（韓国大田保健大学博物館），韓允熙（東京大学大学院）
- P14 高句麗鉄器遺物の製作技術の研究 ..... 114  
 ○鄭光龍（韓国大田保健大学博物館），姜大一（韓国伝統文化学校保存科学科）
- P15 律令期の関東地域における鉄器製作活動の解明（第1報）..... 116  
 ○関博充（岩手県立博物館），川井正一（財団法人茨城県教育財団），石橋美和子  
 （財団法人鹿嶋市文化・スポーツ振興事業団），赤沼英男（岩手県立博物館）
- P16 材質から見た火縄銃の製作技法—仙台藩などの事例を中心に— ..... 118  
 ○斉藤 努（国立歴史民俗博物館），高塚秀治（東京工業大学），  
 宇田川武久（国立歴史民俗博物館）
- P17 牟田辺遺跡出土銅釧片のグループング—鉛同位体比測定を応用して— ..... 120  
 ○渡辺智恵美（元興寺文化財研究所），平尾良光（東京文化財研究所），  
 高塚啓介（多久市教育委員会）
- P18 東北地方における中世の青銅製品の材質調査 ..... 122  
 ○松井敏也，手代木美穂（東北芸術工科大学）
- P19 Scientific Study on Iron Smelting Site at Wangchenggang,  
 Lushan County, Henan Province ..... 124  
 ○OJianli Chen (Department of Museum Science, National Museum of  
 Japanese History) Tsutomu Saito, Minoru Sakamoto, Mineo Imamura;  
 Rubin Han (Institute of Historical Metallurgy and Materials, University of  
 Science and Technology Beijing); Haiwang Liu (The Henan Provincial  
 Institute of Cultures Relics and Archaeology)
- P20 SPing-8 を利用した高エネルギー蛍光 X 線分析による銀製錬工程の検証 ..... 126  
 ○村上 隆（奈良文化財研究所），鳥越俊行，横山精士，高田 潤（岡山大学）
- P21 石見銀山遺跡より出土した灰吹銀に関する材料科学的研究 ..... 128  
 ○鳥越俊行（岡山大学），村上 隆（奈良文化財研究所），高田 潤（岡山大学）
- P22 広島県加計町寺尾遺跡における金属製錬の材料科学的調査 ..... 130  
 ○鳥越俊行（岡山大学），村上 隆（奈良文化財研究所），  
 高田 潤（岡山大学），恵谷泰典（広島県埋蔵文化財調査センター）
- P23 出土琥珀の熱的挙動について ..... 132  
 ○植田直見（財元興寺文化財研究所）
- P24 東北地方縄文時代出土塗彩資料の塗膜材料とその断面構造（1）..... 134  
 赤沼英男（岩手県博物館），○武田昭子（昭和女子大学），  
 佐藤昌憲（奈良文化財研究所），阿部美杉（青森県教育委員会），  
 渋谷孝雄（山形県教育委員会）

P25	大気サブミリ PIXE カメラによる仙台城二の丸跡出土漆器の分析 .....	136
	○藤沢敦, 京野恵子, 高木暢亮 (東北大学埋蔵文化財調査研究センター)	
P26	長崎製輸出漆器における螺鈿技法の分析 .....	138
	○小瀬戸恵美, 日高薫 (国立歴史民俗博物館)	
P27	岡山市南方 (済生会) 遺跡出土木質遺物の樹種同定 .....	140
	○藤井裕之 (京都大学大学院 人間・環境学研究科), 光谷拓実, 松井 章 (同/奈良文化財研究所)	
P28	梵本無量寿経經典の材質分析 .....	142
	○加藤雅人 (龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター), 前田武晴, 江南 和幸 (龍谷大学理工学研究科)	
P29	DNA 分析に基づく守山市下之郷遺跡から出土した 編組製品に使われた材料の種の推定 .....	144
	○大角信介 (静岡大学・岐阜大学連合農学研究科), 村上由美子 (京都大学院), 川畑和弘 (滋賀県守山市教育委員会), 佐藤洋一郎 (静岡大学)	
P30	文化財染織品に用いられた青色系天然染料の高感度分析の試み .....	146
	○佐々木良子, 佐藤昌憲, 高妻洋成 (奈良文化財研究所), Irving Ziderman (Association of Research Scientists, Israel), 佐々木健 (京都工芸繊維大学)	

#### 産地推定

P31	遺跡出土天然アスファルト分析への GC-MS 法の応用 .....	148
	○原奈々絵, 荒川竜二 (北海道大学大学院工学研究科), 小笠原正明 (同高等教育機能開発総合センター)	
P32	原石産地不明石器・玉類の組成分析による使用圏 (4) .....	150
	○藁科哲男 (京都大学原子炉実験所)	
P33	製塩土器の産地推定の試み .....	152
	○三辻利一, 中地佐和子 (大谷女子大学), 網谷克彦 (敦賀女子短期大学), 松葉竜司 (美浜町教育委員会)	

#### 保存科学

P34	福岡県前原市三坂七尾遺跡における貨泉の発見 .....	154
	○比佐陽一郎, 片多雅樹 (福岡市埋蔵文化財センター), 岡部裕俊 (前原市教育委員会)	
P35	植山古墳出土金銅装馬具の保存科学的研究 .....	156
	○村上隆, 花谷浩, 小野澤亮子 (奈良文化財研究所), 竹田正則, 濱口和弘, 濱岡大輔, 横関明世 (橿原市教育委員会)	
P36	含フッ素オリゴマー添加溶液で脱塩処理した圧縮成型含塩鉄器の長期保存 .....	158
	○河越幹男 (奈良工業高等専門学校), 川本耕三 (元興寺文化財研究所)	

P37	FCR を利用した各種木材試料の比較研究 ……………	160
	○松島朝秀, 三浦定俊 (東京文化財研究所)	
P38	女乗物の蒔絵粉の分析について ……………	162
	○日高真吾 (国立民俗学博物館), 植田直見, 菅井裕子 (元興寺文化財研究所)	
P39	出土木材リグニンの基礎的研究 (I) —リグノフェノールの抽出— ……………	164
	○片岡太郎 (奈良大学), 高妻洋成, 肥塚隆保 (奈良文化財研究所), 西山要一 (奈良大学)	
P40	力学的試験法による水浸出土木材保存処理方法の評価 (2) ……………	166
	○川本耕三 (元興寺文化財研究所), 中村晋也 (金沢学院大学)	
P41	出土木製品の真空凍結乾燥法を用いた処理について ～乾燥温度と PEG 濃度が与える影響～ ……………	168
	○福士明日香 (東北芸術工科大学大学院), 松井敏也 (東北芸術工科大学), 松田泰典 (東北芸術工科大学大学院)	
P42	水浸出土木材における PEG 含浸・除去と木材組織の観察 ……………	170
	○小林啓 (東北芸術工科大学大学院), 松井敏也 (東北芸術工科大学), 北野博司, 松田泰典 (東北芸術工科大学大学院)	
P43	出土木製品の保存処理に用いられる PEG の分子量分布の変化 (2) ……………	172
	○米村 祥央 (元興寺文化財研究所)	
P44	「加賀郡ぼう示札」の保存処理について ……………	174
	○中山由美 (石川県埋蔵文化財センター)	
P45	特殊な遺物の取り上げと保存処理 ……………	176
	○藤沢敦, 千葉直美, 京野恵子, 高木暢亮 (東北大学埋蔵文化財調査研究センター)	
P46	再転写工法による遺構の立体剥ぎ取り移築 (2) ……………	178
	○西尾太加二, 森田恭史 (財静岡県埋蔵文化財調査研究所), 渡辺康弘 (清水市教育委員会)	
P47	無機—有機ハイブリッド改質剤 TOT-V を用いた杣山城跡・居館跡の保存修復 ……	180
	○田中保土, 梅田幸成, 深井亮太 (田中地質コンサルタント株式会社), 玉村幸一 (南条町教育委員会)	
P48	熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価 (2) —可搬型熱伝導率計の開発— ……………	182
	西山要一, ○林 國郎 (奈良大学文化財学科)	
P49	東大寺盧舎那仏 (大仏) の大気汚染と錆化防御 ……………	184
	○西山要一 (奈良大学文化財学科), 峠美穂 (奈良大学保存科学研究室)	
P50	漆喰壁の物理的性質に関する研究 ……………	186
	○石崎武志 (東京文化財研究所), 稲葉治美 (東京芸術大学大学院), 大野彩, 佐野千絵 (東京文化財研究所)	

P51	文化財収蔵施設の壁体内の温湿度状況を予測するプログラムの開発 ……………	188
	○孫喜山（鳥取環境大学），石崎武志（東京文化財研究所）	

### 文化財科学一般

P52	石見銀山遺跡における三次元計測の活用 ……………	190
	○松本岩雄（島根県教育庁古代文化センター），鳥谷芳雄（島根県教育委員会）， 村上隆（奈良文化財研究所），中田健一（大田市教育委員会）， 田村精一（日立エンジニアリング株式会社）	
P53	3次元計測と理化学的分析を用いた多層位水田遺構の調査 —丸亀市中の池遺跡での試み— ……………	192
	佐藤亜聖，○塚本敏夫，橋本英将（元興寺文化財研究所）， 東 信夫（丸亀市教育委員会）	
P54	3次元デジタルデータによる銅鐸の定量的同范解析 ……………	194
	○塚本敏夫（元興寺文化財研究所），佐藤宏介，多井健一郎（大阪大学）， 難波洋三（京都国立博物館）	
P55	同范・同型鏡における差異の視覚化 ……………	196
	増田智仁，○今津節生，Spatana Auethavekiat，古谷 毅，池内克史	
P56	カラーシンチレータシステム×線透過装置の文化財への応用 ……………	198
	○尾崎誠，菅井裕子（元興寺文化財研究所），植田直見（㈱東芝）	
P57	カマン・カレホック出土青銅製ピン類の ポータブル蛍光×線分析装置による研究 ……………	200
	○増渕 麻里耶（東京理科大学大学院理学研究科）， 中井 泉（東京理科大学理学部），Handan Tuzemen（Yildiz Sarayi Muzesi）	
P58	新開発のポータブル×線分析装置によるエジプト —アブ・シール南丘陵遺跡出土遺物の顔料分析— ……………	202
	○真田貴志，渥美 晋，中井 泉（東京理科大学理学部）， 前尾修二，野村恵章，谷口一雄（大阪電気通信大学），吉村作治（早稲田大学）	
P59	軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法の 陶磁器真贋判定に関する有効性の検証 ……………	204
	○青木智史，長友恒人（奈良教育大）	
P60	土器に吸着された脂質の基礎的研究（8）—ステロール— ……………	206
	○堀内晶子，綾川美由紀（国際基督教大学教養学部理学科）	
P61	楔の使用実験—スギ材の割り裂きにおける楔の効果— ……………	208
	○村上由美子（京大院），○魚津知克（大手前大学史学研究所），後藤浩之（奈良大院） 土屋みづほ（京大院），中原計（大阪大院），藤井裕之（京大院）	
P62	ウルシ属 Rhus の樹液及び塗膜分析 ……………	210
	岸直矢，○宮腰哲雄（明治大学理工学部）	

P63	都城市の遺跡群から出土したイネ種子の遺伝形質の時期的変遷	212
	○花森功仁子(静岡大学・岐阜連合大学院・(株)ジェネテック), 桑畑光博(都城市教育委員会文化課), 佐藤洋一郎(静岡大学)	
P64	近世遺跡出土のサイズの大きなイヌについて	
	—東京都豊島区東邦マンション地区遺跡出土資料を中心に—	214
	○加藤久雄(愛知学泉大学・家政), 伊藤さやか(東京都豊島区遺跡調査会), 阿部常樹(國學院大學大学院・文・日本史・考古)	
P65	小規模な一貝層の形成過程とそれに伴う廃棄の回数について	
	—千葉県松戸市秋山神宿遺跡 SK 1 土坑内貝層(古墳時代)を例に—	216
	○阿部常樹(國學院大學大学院文学研究科博士課程後期), 千葉寛(松戸市教育委員会)	
P66	島根県佐太講武貝塚の貝層ファブリック分析	218
	○松田順一郎(財団法人 東大阪市文化財協会)	
P67	出雲大社境内遺跡から出土した心御柱の残存に影響を与えた地中環境について	
	—巨大柱根を取り巻く岩石土壌の物性、酸化還元状態および水分移動—	220
	小口千明(国際農林水産業研究センター 學術振興会科学技術特別研究員), ○朽津信明(東京文化財研究所), 石原 聡(大社町教育委員会)	
P68	物理探査による建物遺構の検出—第2報—	222
	○西村康(奈良文化財研究所), 赤川秀正, 西村智道(大刀洗町教育委員会)	
P69	埋蔵文化財発掘調査用土砂搬送機の開発と利用	224
	○中西靖人(帝塚山大学), 漆原 弘((株)奥村組), 大黒哲也(兼松エンジニアリング(株))	
P70	復元竪穴住居の保存環境に関する調査研究(第1報)	226
	古川知明(富山市埋蔵文化財センター), ○宮野秋彦(名工大)	
P71	城端町曳山会館の展示環境の経年変化について	228
	○宮野則彦(日本大学), 高野敏克, 嶋原徳一(日本インシュレーション), 宮野秋彦(名古屋工業大学)	
P72	畑遺構土壌の農耕地としての評価法に関して	230
	○須永薫子(国立科学博物館), 坂上寛一(元東京農工大学農学部)	

# 口頭発表

## 黒曜石の水和速度と化学組成の関係について

○渡辺圭太（立教大理博士課程）

鈴木正男（立教大理）

### 1. 序論

黒曜石水和層年代測定法とは、黒曜石表面に形成される水和層の厚さを測定し、水和する速度定数を用いて年代を求める方法である。水和速度定数を求めるために促進水和実験を行い、決定するが、その水和速度定数に影響を与える因子は外的因子（効果水和温度・相対湿度・土壌の pH など）と内的因子（化学組成）に分けることができる。その内的因子である化学組成についてはこれまでいろいろ議論されてきたが(Friedman *et al.*, 1960), マグマに由来する水（構造水,  $H_2O^{(c)}$ )を除いては、あまり明確に元素などが特定されていない。そこで、本研究では、日本 31ヶ所およびイースター島 4ヶ所の露頭から採取した黒曜石 35 点について、促進水和実験を行い水和速度を決定した。また、機器中性子放射化分析、蛍光 X 線分析などによる組成分析を行い、主要成分元素、及び微量成分元素の含有量比較を行うことにより、黒曜石の水和速度と成分元素の関係を見いだすことを試みた。

### 2. 促進水和実験

装置の模式図を Fig.1 に示す。促進水和実験は、黒曜石促進水和実験リアクターを用いて高温で短時間に水和層を人工的に作り、そのときの水和速度と反応温度の関係から関数を導き、効果水和温度での水和速度を推定する方法である。黒曜石は十分に研磨した後、テフロン糸でリアクター内の中空に吊し、蒸気温 104 °C, 126 °C, 152 °C 程度で水和させる。一定期間反応させた後、黒曜石を取り出し、水和層厚を測定し、水和層厚と反応時間から各温度での水和速度を求める。求めた水和速度と反応温度との関係から効果水和温度に対応する水和速度を決定する。

今回は実験期間を 16 ヶ月として行った。

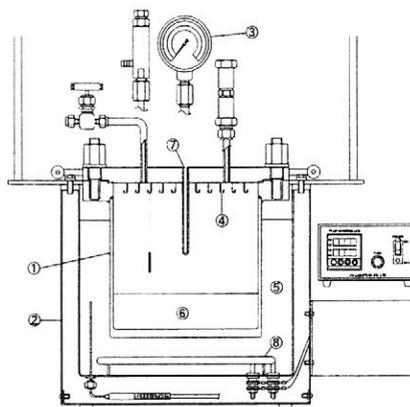


Fig.1 黒曜石促進水和実験リアクター

①容器 ②オイルバス ③圧力計  
④フック ⑤シリコンオイル ⑥蒸留水  
⑦サーモカップル ⑧ヒーター

### 3. 成分元素の測定

① 機器中性子放射化分析 (INAA) 中性子を照射し放射化した試料から出るガンマ線のエネルギーと量を測定した。エネルギーから核種を、カウント数から含有量を知ることができる。この方法によって、23 種 (As, Ba, Ce, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn, Zr) の中長寿命核種の含有量を得た。

② 蛍光 X 線分析 (XRF) 試料中の元素から放出される X 線を蛍光 X 線装置で読みとり元素の含有量を算出した。地質調査所の JG-1a を標準試料として 6 種 (Al, Ca, Fe, K, Si, Ti) の含有量を得た。

③ 含水量測定 粉末にした試料を電気炉で加熱し、試料中の気化水分を乾燥した窒素

ガスと共に滴定セル内の電解液中に送り込み微量水分測定装置により電量滴定を行い含水量を測定した。

以上、①～③の3つの分析により黒曜石の主要成分元素、微量成分元素の含有量を得た。

#### 4. 結果と考察

Fig. 2は、縦軸に水和層厚( $\mu\text{m}$ )の二乗値、横軸に時間(months)をとり、時間にもなう水和層厚の変化を示している。この傾きから促進水和実験を行った温度(104℃, 126℃, 152℃)における水和速度が求められる。

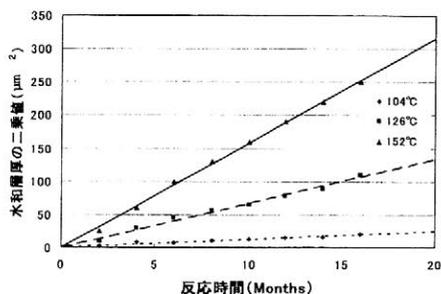


Fig. 2 水和層厚と時間

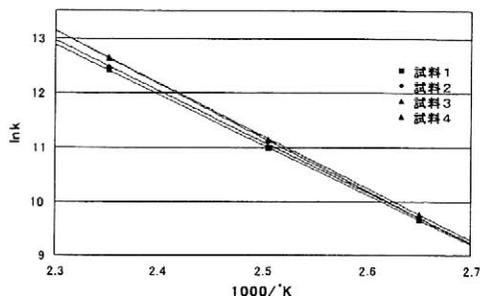


Fig. 3 反応温度と水和速度

水和速度と温度の関係を Fig. 3 に示した。縦軸に水和速度( $\mu\text{m}^2/1000$ 年)の自然対数、横軸に  $1000/T$  K をとった。この傾き及び切片からそれぞれ活性化エネルギー(Ea), 定数(A)を求め、効果水和温度(EHT)を  $12.0^\circ\text{C}$  として水和速度を求めた。その結果を Table 1 に示した。

No.	k	No.	k	No.	k	No.	k
1	4.21	10	6.71	19	5.30	28	-
2	4.39	11	4.86	20	5.18	29	4.08
3	3.66	12	6.75	21	5.28	30	3.25
4	4.15	13	6.53	22	3.42	31	3.14
5	4.10	14	6.77	23	3.06	32	5.29
6	4.81	15	5.09	24	-	33	3.25
7	4.02	16	6.21	25	-	34	5.67
8	6.55	17	5.28	26	3.22	35	4.84
9	5.32	18	3.80	27	3.06		

水和速度	原産地(露頭数)
熊谷(1999) 6.76	長野(13)
間瀬(1999) 5.08	イースター島(4)
加藤(2001) 4.90	イースター島(4)
渡辺 4.72	日本(31)
5.76	長野(12)
4.79	イースター島(4)

k : 水和速度( $\mu\text{m}^2/1000$ 年), EHT :  $12.0^\circ\text{C}$   
 No.1~7:北海道, No.8~19:長野, No.20~25:関東  
 No.26~31:島根・九州, No.32~35:イースター島

これまでに促進水和実験により求められた水和速度を Table 2 に示した。水和速度は熊谷ほか、従来の測定に比較して遅い速度が得られた。今回の促進水和実験は 16 ヶ月と長く、以前の水和速度よりも正確な値が得られていると考えられる。しかし、高温での促進水和実験は黒曜石表面の腐食を起こすので、今後、より低温での実験が必要であろう。

水和速度と成分元素の含有量との回帰分析の結果では、As, Ba, Ca, Cs, Fe, Rb, Sb, Th, U, H<sub>2</sub>O が水和速度と有意な相関が見られた。従来は、水和速度に対しては主成分元素を中心に考えられてきたが、今回、微量成分の中からもいくつかの水和速度を左右する因子の候補を見いだすことができた。

## 高精度磁気年代推定の基礎データとしての広域テフラの古地磁気

○中島正志・藤井純子（福井大学教育地域科学部）

高精度磁気年代測定の基礎データとして、先史時代の磁気図を作成することを目的とする研究を行っている。そのために、先史時代の同時期面を示す最良の指標となる広域テフラを利用した。今までに、約 10 万年前の三瓶木次テフラ (SK)、約 9 万年前の阿蘇 4 テフラ (Aso-4)、約 5 万年前の大山倉吉テフラ (DKP)、約 2.5 万年前の始良 Tn テフラ (AT) や約 6300 年前の鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) についての古地磁気測定結果を得ている。

試料は主に全国各地の降下火山灰層から採取したが、Aso-4 と AT については噴出源近傍の火砕流堆積物からも採取している。また、阿蘇 1 (約 27 万年前)、阿蘇 2 (約 14 万前)、阿蘇 3 (約 12 万前) については火砕流堆積物の溶結凝灰岩から試料を採取した。

これらの広域テフラはそれぞれ安定で特徴的な磁化方位を示すことから、古地磁気年代推定の重要な指標になることが明らかになった。また、日本各地から多数の試料を採取できた Aso-4 と AT の測定結果からは、これらテフラ堆積時の日本列島における磁気分布について検討することができた。

### 阿蘇火砕流堆積物および阿蘇 4 火山灰

阿蘇火砕流堆積物は、主要な 4 つのユニットに分けられる。下位から順に Aso-1, Aso-2, Aso-3 および Aso-4 である。九州中部に分布するこれらのユニットの溶結凝灰岩試料は、各々のユニットで特徴的な古地磁気方位を示し、すべて正帯磁である。

Aso-1 ( $Dm=3.4^\circ$ ,  $Im=49.0^\circ$ ,  $\alpha_{95}=5.2^\circ$ ) と Aso-4 ( $Dm=-5.2^\circ$ ,  $Im=42.0^\circ$ ,  $\alpha_{95}=2.4^\circ$ ) のユニット平均磁化方位は、現在の地磁気方位 ( $D=-6^\circ$ ,  $I=45^\circ$ ) と似ている。一方、Aso-2 ( $Dm=-6.6^\circ$ ,  $Im=76.4^\circ$ ,  $\alpha_{95}=4.7^\circ$ ) の平均方位は非常に深い伏角によって、Aso-3 ( $Dm=35.7^\circ$ ,  $Im=51.0^\circ$ ,  $\alpha_{95}=3.5^\circ$ ) は極端に東偏する偏角によって特徴づけられる。このような Aso-2 と Aso-3 の特徴的な磁化方位は、テフラ同定の有力な指標になると思われる。

Aso-4 火砕流堆積物のサブユニットは層序学的に 3 つのグループに分けられており、それらを下位から順に 4A, 4T および 4B とした。4A のグループ平均伏角は、4B よりも  $6.7^\circ$ 、4T よりも  $3.8^\circ$  深い。このような伏角差が地磁気永年変化によって引き起こされたと仮定すると、過去 2000 年間の西南日本における地磁気永年変化曲線をもとに、4A と 4B の時間差は約 50 年、あるいはそれ以上であると見積もることができる。

Aso-4 降下火山灰の平均仮想磁極の位置 (VGP) は、Aso-4 火砕流の 4A グループの平均 VGP と良く一致する。このような VGP の一致と他の層序学的な証拠によって、これらはほぼ同時に堆積したものであると推定される。Aso-4 降下火山灰と 4A グループについて地域ごとに平均した磁化方位は、全平均 VGP ( $22.7^\circ$  W,  $83.8^\circ$  N,  $A_{95}=1.3^\circ$ ,  $N=42$ )

を当時の地磁気極として計算した方位とほとんど同じである。このことは、それらの磁化が日本列島全域において一つの双極子磁場成分 (DF) が優勢な地球磁場中で獲得されたものであることを示す。その双極子磁極は全平均 VGP と一致する。その磁極から求めた日本列島の偏角と伏角は、それぞれ  $-3.5^{\circ}$  から  $-1.5^{\circ}$  ,  $44.0^{\circ}$  から  $59.0^{\circ}$  の範囲にある。Aso-4A 噴出時の地磁気分布を明らかにするために、日本列島を 8 つの地域に分け、各々の地域の地球磁場 (LF) の方位を、地域平均 VGP から計算した。8 つの地域で DF と LF を比較したところ、 $\alpha_{95}$  の範囲を超えるような地域磁気異常は見つけることができなかった。Aso-4A 噴出時に地域磁気異常が存在したとするとするならば、それらは本研究で分けた 8 つの地域よりもさらに狭い範囲に存在するはずである。

### 始良Tnテフラ (AT)

始良カルデラから噴出した AT は、南九州から 1,400km も離れた東北までの広い範囲に分布する。異なった 44 地点から得られた VGP は、互いに良く一致していた。このことはそれらの残留磁化がテフラ噴出時の同じ DF のもとで獲得されたものであることを意味する。DF の磁極は、全 VGP の平均値の位置 ( $104.6^{\circ}$  W,  $81.1^{\circ}$  N,  $A_{95}=1.3^{\circ}$  ,  $N=44$ ) にあったと仮定できる。その磁極から日本列島の偏角と伏角を求めると、それぞれ、 $8^{\circ}$  から  $10^{\circ}$  E,  $45^{\circ}$  から  $55^{\circ}$  の範囲になる。調査地域を 10 地域に分け、それらの地域で平均した VGP から、それぞれの地域の LF を計算した。各地域での DF と LF の差は、岡山県地域と富山県地域を除くと  $3^{\circ}$  以下であった。岡山県地域の LF の偏角は周辺地域のそれより約  $5^{\circ}$  西偏している。富山県地域の LF の伏角は周辺地域のそれより約  $7^{\circ}$  深い。このような局地的に異常な方位は、その地域の非双極子磁場によるものであろう。

### 三瓶木次テフラ (SK), 大山-倉吉テフラ (DKP), および鬼界-アカホヤテフラ (K-Ah)

SK の全地点平均方位は偏角= $8.2^{\circ}$  W, 伏角= $55.4^{\circ}$  ,  $\alpha_{95}=5.2^{\circ}$  , DKP は偏角= $6.5^{\circ}$  W, 伏角= $54.4^{\circ}$  ,  $\alpha_{95}=4.0^{\circ}$  で、K-Ah は偏角= $2.5^{\circ}$  E, 伏角= $52.3^{\circ}$  ,  $\alpha_{95}=4.2^{\circ}$  であった。これらの磁化方位は過去 2000 年間の地磁気永年変化の範囲内にあり、それぞれ特徴的な磁化方位を示し、テフラ堆積時の地球磁場方位を忠実に記録しているものと考えられる。しかし、各々のテフラ堆積時の正確な地磁気分布について議論するにはまだ測定数が足りない。

最後に、本研究では同一の広域テフラについて多数の地点からの正確な古地磁気測定結果に基づいて、その広域テフラが堆積したある特定の時代の正確な地磁気方位を明らかにすることができた。このような高精度のデータの蓄積によって、第四紀における地磁気永年変化が完全に解明されることが期待される。

## 瓦片から抽出した石英粒子の光励起・赤色熱ルミネッセンス (OSL・RTL) 測定に基づく天然蓄積線量比較と年代評価

新潟大理・\*大学院自然 ○橋本哲夫・\*中川貴博・\*野村幸子

### 1. はじめに

電離放射線を受けた石英や長石等の白色鉱物は、熱及び光励起によりそれぞれ熱ルミネッセンス (thermoluminescence, TL)、光励起ルミネッセンス (optically stimulated luminescence, OSL) を放出する。ルミネッセンスの発光量は鉱物が環境中で現在まで受けてきた放射線の量に依存する。従って、TL では加熱、OSL では太陽光曝又は加熱によるゼロセット後からの蓄積ルミネッセンス量を観測することで年代測定に用いることができる。これまで、火山灰起源の石英粒子や焼成考古遺物からの石英粒子は赤色 TL (RTL) を示すことを見出し、RTL での年代測定は有効なことを確認してきた。一方、OSL は堆積物や焼成考古遺物の蓄積線量評価に有効であろう。

ここでのルミネッセンス年代測定において、測定と人工照射を同一の試料分画で繰り返し、蓄積線量を見積もる単分画 (single aliquot) 法を用いた。再現性良い付加線量・測定を繰り返すため、人工付加線量照射用に RI 線源よりも簡便に取扱うことができる小型 X 線発生装置を装備し、RTL、BTL、OSL 等の様々なルミネッセンスでの年代評価を目的とした装置の開発に成功した<sup>1)2)</sup>。このルミネッセンス自動測定システムを用いて、焼成考古遺物から抽出した石英に対し、RTL 及び OSL 測定により蓄積線量(D<sub>e</sub>)のクロスチェックを行い、蓄積線量を比較した。

### 2. 実験

試料は焼成考古遺物である新薬師寺(奈良県、西暦 747 年建造)の屋根瓦(厚さ 24 mm)を用いた (Photo. 1)。この瓦には部位①では 2 枚、③では 1 枚の平瓦がのっており、周辺部位②、④、⑥には丸瓦 3 枚が重ねられている。このことを考慮し、石英粒子試料調製は光ブリーチングを避ける為、微弱赤色灯下で行った。抽出部位は①～⑥の瓦の表面から 2 mm 削った表層部分(S)と表面から 10 mm 程削った中心部分(I)を用いた。RTL を示す火山起源の石英粒子と異なり、焼成により人工的に熱処理を受けたこの石英粒子からは強い RTL 及び OSL シグナルが観測される。その為、抽出石英粒子に対し RTL、OSL 測定での単分画再現(SAR)法で蓄積線量を評価した。

抽出した石英粒子に対し、TL カラー画像(TLCD)の写真撮影及び 3 次元 TL スペクトロメトリー測定を行い、RTL 発光色とその発光波長の確認を行った。電離放射線照射後、不安定成分の除去及び捕捉電子の拡散の為、測定前の加熱処理(プレヒート: 240°C で 3 分)が必要である。は

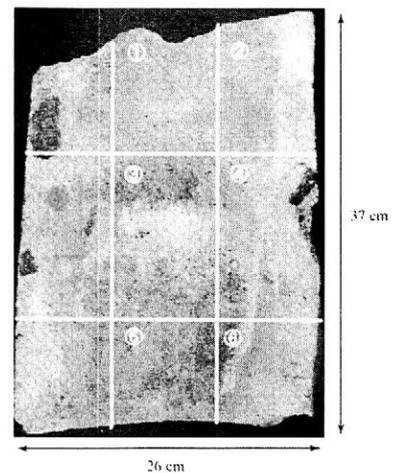


Photo. 1. A roof tile of Shin-Yakushiji temple.

じめに、環境中から受けた天然放射線量に由来する RTL 量(natural TL, NTL)を測定し、ついで同一石英分画へ人工的に X 線を照射 (線量率  $1.66 \pm 0.08$  Gy/min) し、プレヒート後再び RTL 測定(artificial TL, ATL)を繰り返すことにより、幾つかの RTL グローカーブを得た。このグローカーブの高温ピークを約 395-420°C の範囲で積算した値を、人工放射線量に対しプロットし、線量応答曲線(成長曲線)を作成した。単分画法では繰り返し測定を行う為、繰り返しによる感度変化が起こる。そこで、一定線量の X 線照射(3.32Gy, テスト線量)と RTL 測定を繰り返し行い、感度変化を補正し、NTL を線量応答曲線に内挿することで RTL の天然蓄積線量を求めた。

同様に抽出石英粒子に対して SAR 法を用いて OSL 測定も行った。青色 LED(470nm)を 500 秒間試料に照射し、その間の OSL シグナルを観測した。OSL 測定においてもプレヒートの最適条件を予め求め、RTL と同様に 240°C、3 分を使用した。OSL/SAR 法では測定毎に一定線量のテスト線量(0.65Gy)照射から得られた OSL 強度を感度変化補正に用いた。このテスト線量に回答するシグナルで除することにより、感度補正を行い、RTL 測定と同様に線量応答曲線を作成し、蓄積線量を見積もった。OSL 強度は壊変曲線の 0.5 秒間の積算値を用いた。

### 3. 結果・考察

得られた蓄積線量結果を表 1 にまとめた。RTL における中心部位の線量は全て 3Gy 以上を示しており、丸瓦の関与した周辺部位では中部より高いほぼ 4Gy の蓄積線量を示している。丸瓦の重なりが自然放射線被曝線量の増加をもたらす結果と解釈できる。また、何れの試料部位でも、中心部に比較して表層の方が低い蓄積線量を示した。これは耐ブリーチング性を有する RTL においても、太陽光光曝の影響があることを反映しているのであろう。一方、OSL からの蓄積線量は RTL に比べて何れの部位でも低く評価された。さらに、表層部位の OSL 蓄積線量は RTL のそれに比較して極度に小さな値を示しており、太陽光による光曝が OSL により大きく反映していることが分かる。

試料⑥の RTL 蓄積線量値を用い、同じ生産と考えられる瓦片から、 $\gamma$ 線スペクトル測定から評価した年間線量 ( $3.12 \pm 0.04$ mGy/a) を用いて得た年代値は  $1338 \pm 211$  年となった。今後、測定誤差 (3 測定値に基づく) を少なくしたい。

1) Hashimoto, et al. J. Nucl. Sci. Tech. **39**, 108-109 (2002). 2) Nakagawa, J. Radioanal. Nucl. Chem. **255**, 355-358 (2002).

Table 1. Results of the accumulated doses estimated by RTL and OSL methods.

Sample	RTL	OSL
	De / Gy	De / Gy
1-I	3.35±0.22	1.11±0.13
1-S	3.13±0.36	1.19±0.24
2-I	3.89±0.25	2.54±0.37
2-S	3.46±0.42	0.65±0.08
3-I	3.06±0.71	1.89±1.01
3-S	3.38±0.46	2.75±0.35
4-I	4.10±0.48	2.35±0.28
4-S	3.09±0.43	0.70±0.33
5-I	3.33±0.28	1.79±0.66
5-S	2.92±0.77	1.48±0.24
6-I	4.17±0.66	2.16±1.31
6-S	3.35±0.40	2.11±0.49

## 赤外光ルミネッセンス (IRSL) 法による旧石器・新石器時代の遺跡堆積物層の年代測定

○下岡順直 (奈良大・院) 長友恒人 (奈良教育大) 國木田大 (東京大・院)

### 1 はじめに

赤外光ルミネッセンス (IRSL) を年代測定に応用することを目的に様々な予備実験を行い、年代測定に最適なIRSL測定条件を決定し、熊本県大野E遺跡などの日本の旧石器遺跡文化層やロシア沿海州カバレボ郡ウスチーフカ村に所在するUstinovka 3遺跡土器包含層の年代推定に応用してきた。今回は、沿海州Zaisanovka 1遺跡、Poseit 1遺跡およびサハリンSennaya 1遺跡の堆積物層に応用し、年代推定を試みたので報告する。

### 2 試料

Zaisanovka 1遺跡およびPosiet 1遺跡は、ロシア沿海州クラスキノ市郊外に位置し、Expedicia湾沿いの台地上に所在する。Zaisanovka 1遺跡は、1953年に発掘され数万点の三角形、櫛目、刺突文を基本とする綾杉文土器と大量の石器が出土している。これらの遺跡は、2000年にロシア科学アカデミーにより再調査が行われ、その際、堆積土試料のサンプリングを行うことができた。IRSL年代測定用試料は、Zaisanovka 1遺跡では、土器出土層直上にあたる3層および4層、Posiet 1遺跡では、土器包含層の上層と下層である。

Sennaya 1遺跡は、サハリン島南部のドーリング地区センナヤ川の右岸、海拔55mの海岸段丘の頂に位置する。1999年にサハリン総合大学により調査が行われた。遺跡内堆積層は8層に分層され、内7層に2つの石器群が包含されていた。石器包含層のうち、上の包含層は、ソフトロームであり、下は粗い砂をベースにした白と赤色のローム層である。

IRSL年代測定用試料は、上の包含層である3層と4層、下の包含層である5層、7層の計4層から採取した。6層は、これら測定用に採取した層よりも礫を多く含んでいるため、年間線量評価が難しいと判断し、実施しなかった。

### 3 測定

#### 蓄積線量評価

試料はpoly-mineral微粒子法で処理を行い、IRSL測定を行った。励起波長は $890 \pm 50$ nm、検出波長は350~600nm (BG39フィルターの半値幅)。蓄積線量は、Multiple aliquot additive dose法を採用し評価を行った (Fig. 1)。スプラリニアリティー補正のためのアニール条件は、350°Cで60分間とした。曹長石と正長石の標本鉱物試料を用いた予備実験の結果に基づいて、プレヒート条件は160°Cで60sec間、測定温度は60°Cとした。

#### 年間線量評価

今回の試料は、遺跡が国外のために現場における $\gamma$ 線量および宇宙線量の直接測定を実施することが困難であった。そこで、 $\gamma$ 線スペクトル法を用いた間接測定法により、U・ThおよびK-40の濃度からBellの式を用いて $\alpha$ 線量および $\gamma$ 線量を推定した。 $\beta$ 線量に関しては、TLD素子 (CaSO<sub>4</sub>:Dy) を用いて直接測定を行った。宇宙線量は、0.15Gy/kaと仮定した。

### 4 結果と考察

Zaisanovka 1遺跡、Posiet 1遺跡およびSennaya 1遺跡試料の蓄積線量、年間線量およびIRSL年

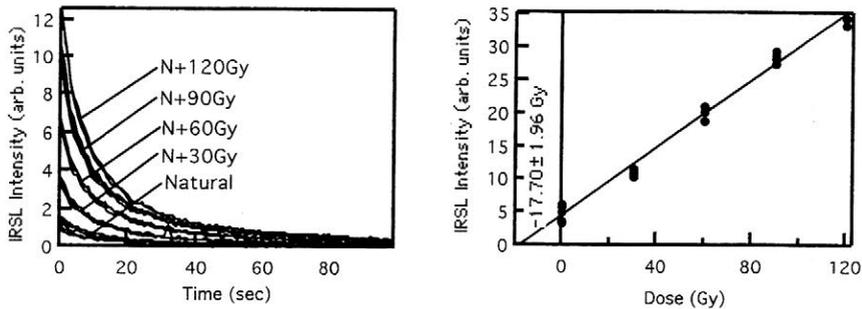


Fig. 1 IRSL shine down curves and growth curve (4layer, Zaisanovka 1 site) .

代をTable 1に示す。

Zaisanovka 1遺跡下層は、Zaisanovka文化と呼称されており、アムール編目土器のKondon文化や菱形押捺土器の西浦項貝塚Ⅱ期と併行するとされている(田中、1999)。Zaisanovka文化期の遺跡としては、Rudnaya遺跡(中間層)やOleny A遺跡などでKuzminら(1994)によって木炭を試料としてC-14年代測定が行われている。Rudnaya遺跡(中間層)では、4試料の暦年校正年代値の幅は2910-2330 cal BCとなっている。今回、Zaisanovka 1遺跡4層(土器出土層直上)のIRSL年代は $3.4 \pm 0.7$ kaであり、整合性があるといえる。Posiet 1遺跡に関しては、出土遺物の詳細が不明なため測定値の吟味は、現段階では行うことができない。現在、Posiet 1遺跡の包含層中の土器のTL年代測定を試みている。ただ、Zaisanovka文化の前にBoisman文化が先行することがわかっており(Korotkii and Vostretsov, 1998)、Kuzminら(1994)によって暦年校正したC-14年代5545-5077 cal BCが表示されている。今回のIRSL年代は、Posiet 1遺跡の文化層がBoisman文化と併行もしくは先行する可能性があることを示唆していると考えられる。

#### 参考文献

- Kuzmin, Y. V.: Radiocarbon Vol. 36 No. 3 359-366 1994  
 Korotkii, A. M. and Vostretsov, Y. E.: The first fishers in peter the great bay 9-29 1998  
 田中聡一: 日韓新石器時代交流研究会 第3回鹿児島大会資料集 56-88 1999

Table 1 Result of IRSL dating for Zaisanovka 1 site, Posiet 1 site and Sennaya 1 site, Maritime Province and Sakhalin, Russia.

Site	Stratum No.	Paleodose (Gy)	Annual dose (Gy/ka)	IRSL age (ka)
Zaisanovka 1	3	$6.85 \pm 2.93$	$3.69 \pm 0.23$	$1.9 \pm 0.8$
	4	$13.24 \pm 2.67$	$3.90 \pm 0.22$	$3.4 \pm 0.7$
Posiet 1	Upper	$44.63 \pm 10.70$	$5.11 \pm 0.21$	$8.7 \pm 2.1$
	Lower	$74.59 \pm 12.08$	$5.02 \pm 0.19$	$14.9 \pm 2.5$
Sennaya 1	3	$518 \pm 47$	$3.37 \pm 0.12$	$154 \pm 15$
	4	$592 \pm 64$	$3.55 \pm 0.13$	$167 \pm 19$
	5	$534 \pm 82$	$3.05 \pm 0.13$	$175 \pm 28$
	7	$697 \pm 110$	$3.54 \pm 0.12$	$197 \pm 32$

## 「三瓶小豆原埋没林」の年輪年代法による検討

○光谷拓実（独立行政法人奈良文化財研究所） 佐藤仁志（島根県緑化センター所長）

### 1. はじめに

日本列島では、各地において自然災害がくり返し発生してきた。いつ、どこで、どのような規模の災害が発生したか、その情報の収集は、災害予知にとってきわめて重要である。

実際に日本各地で、地中深く埋れたスギやヒノキの大木が偶然、発見されることがある。その多くは過去の火山噴火や巨大地震、大雨などによる泥流、斜面崩壊、地すべりなどで埋没したものである。これまでにこうした埋没樹幹の年代測定を行った例としては、秋田、山形県の県境にある鳥海山の岩なだれ——紀元前 466 年発生、長野県八ヶ岳の岩なだれ——西暦 887 年発生、これ以外に暦年は確定していないものの、今から約 9 万年前の阿蘇 4 火砕流で埋没したトウヒ属の樹幹の年輪年代学的検討から、一度の火砕流直撃で埋没したものであることを明らかにした事例もある。

今回、三瓶山山麓で発見された「三瓶小豆原埋没林」の多くは、スギであることから、この地域にスギを優先種とする安定した林分の成立していたことがわかる。これらの埋没樹幹は、当時の自然環境を知る上で大変貴重なものであり、その学術的価値はきわめて高い。今回は、現地において、比較的樹齢の多いスギを選定し、年輪年代学的な検討を加えることとした。これらの埋没林が今から何年前のものであるのか、そのことをまず最初に知りたいところであるが、<sup>14</sup>C年代法による測定では紀元前 1500 年頃であるという。現在、スギの暦年標準パターンは東北地方のスギで紀元前 1313 年まで作成している。小豆原埋没林の年代はちょうどこの年代の前後あたりと思われるが、両者の距離はあまりにも離れすぎているので、年輪パターンの照合は難しい。今後、東海から山陰地方にかけてのスギ材で、紀元前 1800 年あたりまでの暦年標準パターンが作成できれば、この時の火砕流が何年前に発生したか、実年で明らかにできる。このことは将来にまつこととして、現時点では、一度の火砕流で枯死したものか、あるいは年度を違えて複数回発生した火砕流で枯死したものなのかどうかを検討した。また、最終形成年の年輪構造を顕微鏡で調べて、火砕流の発生した季節を特定することとした。以下にその結果の概略を報告する。

### 2. 試料と方法

年輪解析用の試料は、現地で直径 5 mm のコア標本ないし、円盤標本を採取した。供試木の数は、平成 10 年度～11 年度の調査で埋没樹幹を 4 点、平成 13 年度の調査で 3 点、平成 14 年度の調査で 7 点の総数 14 点を選んだ。樹種は、14 点のうちの 13 点はスギ、1 点はヒノキであった。これらの試料は、いずれも樹皮が残っていたので、一度の火砕流で埋没したものかどうかの判定が可能である。

年輪幅の計測には、専用の年輪読取器（双眼実体顕微鏡付き、0.01 mm まで計測可能）を使用した。計測作業に入る前には木口面にあらかじめ設定した側線部分をカミソリ刃やカッターナイフで平滑に調整し、胡粉を塗布してから計測作業を実施した。計測した年輪データは、コンピュータに入力し、年輪パターンの照合や年輪パターングラフの作成に備えた。

コンピュータによる年輪パターンとの照合は、相関分析手法によった。

### 3. 結果

試料 17 点相互間の年輪パターンとの照合は、平成 13 年度の調査で出土した大径木（直径約 170 cm）の計測年輪数（490 層）を基準データとして個別に照合をおこなった。同一採取地での個体相互の年輪パターンとの照合であるから、予想通り高い相関で照合が成立した。結果をまとめると、以下のようになる。

#### 3-1. 火砕流は 1 度か 2 度か

年輪パターンとの照合はいずれも成立し、それぞれの重複位置を確定することができた。結果をみると、17 点のうち 1 点を除き、残る 16 点はいずれも最外年輪の位置で合致しており、同年に枯死したものであることが確定した。残る 1 点は、16 点の枯死年よりすでに 2 年前に枯死していたことが判った。この年代差をどうみるのか。はたしてこのことは、年代を異にした火砕流が 2 度にわたって発生したのか、あるいは他の原因で最終回の火砕流の 2 年前に自然枯死していたものか、いずれかである。埋没状況から判断すると、この埋没樹幹は上流から下流に流されてきたものであることから、2 年前の火砕流で埋没したものが最終回の大規模な火砕流によって下流まで流され、2 次的に埋没した可能性が考えられる。いずれにしてももう少し事例をふやすこと、地質学的な検討結果とも合わせ総合的に判断することが重要である。

#### 3-2. 火砕流発生の時期は何時か

大規模な火砕流の発生した季節はいつなのか、これについての答えは樹皮直下の年輪の中の仮道管の形成状況を顕微鏡下で観察すれば、おおまかな季節まで推定することができる。普通、ヒノキやスギなどの針葉樹材の木口（横断）面をみれば、色調の濃淡の周期的なくり返しが認められる。一般に早材（春材）は、生長期のはじめに形成された大型の仮道管で薄い部分をいい、晩材（夏材）は生長期の後半に形成された小型の仮道管で厚い扁平な細胞部分をいう。この早材と晩材の境界を厳密に決めることはむずかしいが、ある程度までは推定できる。検鏡用の切片は、供試木 3 点の木口面からそれぞれ採取し、プレパラートに包埋した。顕微鏡下での観察の結果、いずれも 1 年輪の中の早材部と晩材部とが完全に形成されていることが確認できた。よって、火砕流の発生は秋から翌年の晩春のあいだ、つまり生長停止期間中であつたことが判明した。

#### 3-3. 樹齢

今回調査した 17 点のうち 1 点についてみると、大きさは長径 1.6m、短径 1.4m の円盤標本である。これの年輪層数は 443 年であつた。この標本が根元から何 m の高さで採取されたかは不明であるが、この年輪層数から推して、根元付近では、500 年を越えていたものと思われる。

以上、埋没樹幹の年輪年代学的な検討から、火砕流は 2 度にわたって発生した可能性のあること、発生時期は生育停止期間であること、樹齢は 500 年をこえるようなスギが林立する大森林であつたことなどを明らかにすることができた。

## 炭素 14 年代法による出雲大社境内遺跡出土の心御柱の年代測定

○坂本 稔・今村峯雄（国立歴史民俗博物館）  
中村俊夫・丹生越子（名古屋大学）

## 1. はじめに

出雲大社境内遺跡での発掘調査において平成 12 年 4 月に出土した柱根は、スギ柱材 3 本を束ねた径 3m にも及ぶ巨大なものだった。この出土柱根（宇豆柱）は、『金輪御造営差図』にみられるような古代の巨大神殿の存在を裏付けるものとして大きな話題を呼んだ。その後の発掘調査によって、本殿の中心に位置する「心御柱」を含む複数の柱根が出土し、本殿の平面規模や方位が明らかになっている<sup>1)</sup>。

出土した柱根により築造された本殿の造営年代は、考古学的な所見により平安時代後半から鎌倉時代前半と推定されている。今村らは炭素 14 年代法により宇豆柱の伐採年代を西暦 1228±13 年と測定し、文献記録にある西暦 1248 年の造営によるものであると推定した<sup>2)</sup>。今回、心御柱の 1 本について炭素 14 年代法による測定を行う機会を得た。その結果について報告する。

## 2. 試料について

平成 13 年 9 月、保存処理のために取り上げられた心御柱（北材）の、年輪層が確認できる断面から試料を採取した。柱材の外周は、保護のためのウレタンが吹き付けられていたこともあり、伐採年を示す層を確認できなかった。しかしながら、最外と目される層を起点に、106 年分の年輪 1 層を 10 年おき（最内部のみ 5 年）に採取した。年輪層の確認は複数方向から行い、計数漏れのないように配慮した。

国立歴史民俗博物館において試料を洗浄、粉砕し、70~270 ミリグラムの試料を用いて酸・アルカリ・酸による化学的な洗浄（AAA 処理）を施した。続いて塩素による漂白処理を施し、含まれるリグニンを取り除いた。化学処理の済んだ試料 3~4 ミリグラムを酸化銅を用いて酸化して炭酸ガスを得、真空ラインでこれを精製してガラス管に封入した。

名古屋大学において、炭酸ガスを水素ガスとともにガラス管に再封入し、鉄触媒下でこれを黒鉛（グラファイト炭素）粉末に変えた。加速器質量分析のためのターゲットを成形し、名古屋大学タンデロン 2 号機で測定を行った。

## 3. 結果と考察

炭素 14 濃度から計算される炭素 14 年代を暦上の実際の年代に修正（較正）するためには、修正曲線 INTCAL98 が用いられる<sup>3)</sup>。試料が 1 点だけの場合、炭素 14 年代と修正曲線との交点近傍の確率分布として年代（暦年較正年代）が導出される。樹木年輪のように既知の年数間隔を有する複数の試料については、それぞれの試料の確率分布の積を計算することで、推定年代を絞り込むことができる（ウィグルマッチ法）。

心御柱の各年輪層の暦年較正年代分布を用いて、上記の方法で得た推定年代の確率分布を図 1 に示す。実線で示した確率分布は最外層について再計算したもので、伐採年代に近い値と考えられる。ただし最外層自体の年代はウレタンの混入が原因と思われる古い年代を示したため計算から除外し、残りの年輪層から外挿した。暫定的に、95%信頼限界で西暦 1212±15 年という年代が得られている。破線で示した宇豆柱の伐採年代より若干古いものの、重複する値である。図 2 は最外層を西暦 1212 年としたときの各年輪層の測定結果を修正曲線上に示したものであり、いずれも曲線に沿ったものであることが分かる。

年輪年代法による心御柱および宇豆柱そのものの測定は成功していないが、光谷は心御柱の下から出土したスギ材の礎板について年輪年代法による測定を行い、西暦 1227 年という結果を得た<sup>4)</sup>。同一遺構から出土した異なる試料が、それぞれの測定法でほぼ一致する伐採年代を示したことで、これらの柱根により築造された本殿の造営年代が、より高い確度および精度で推定できることになる。現在、最外層からウレタンを取り除いた上での再測定を行っており、そのデータを加味した上で再検討を行う予定である。

<sup>1)</sup> 松尾充晶「出雲大社・発掘された高層神殿」『高さを求めた昔の日本人』山川出版社、pp.91-94

<sup>2)</sup> 今村等「炭素 14 ウィグルマッチ法による高精度年代測定－出雲大社境内遺跡本殿柱材の年代－」日本文化財科学会第 18 回大会研究発表要旨集、pp.2-3 (2001)

<sup>3)</sup> Stuiver, M. et al., INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000 - 0 cal BP, Radiocarbon, 40, pp.1041-1083 (1998)

<sup>4)</sup> 光谷「年輪年代学の最新情報」『考古科学の最新情報』奈良文化財研究所、pp.34-37 (2002)

謝辞

本研究の実施および報告にあたり、出雲大社ならびに島根県教育庁、大社町教育委員会には多大なるご理解とご支援を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

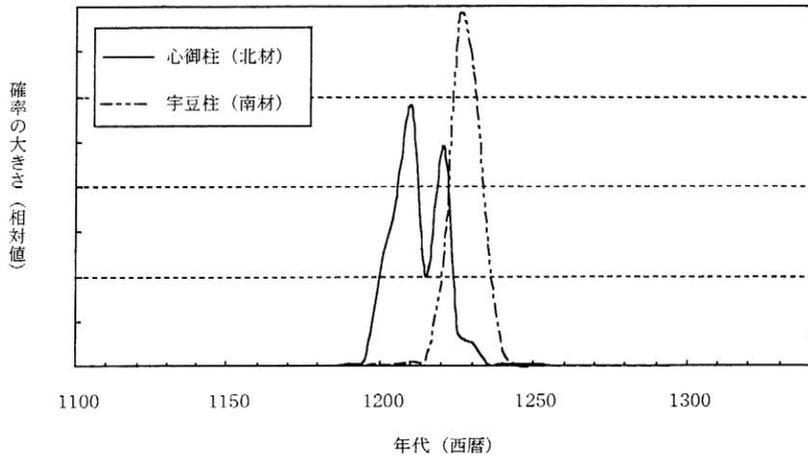


図1 出雲大社境内遺跡出土の心御柱（北材）の伐採年代の推定値。宇豆柱の推定伐採年代（既報）と比較して示す。

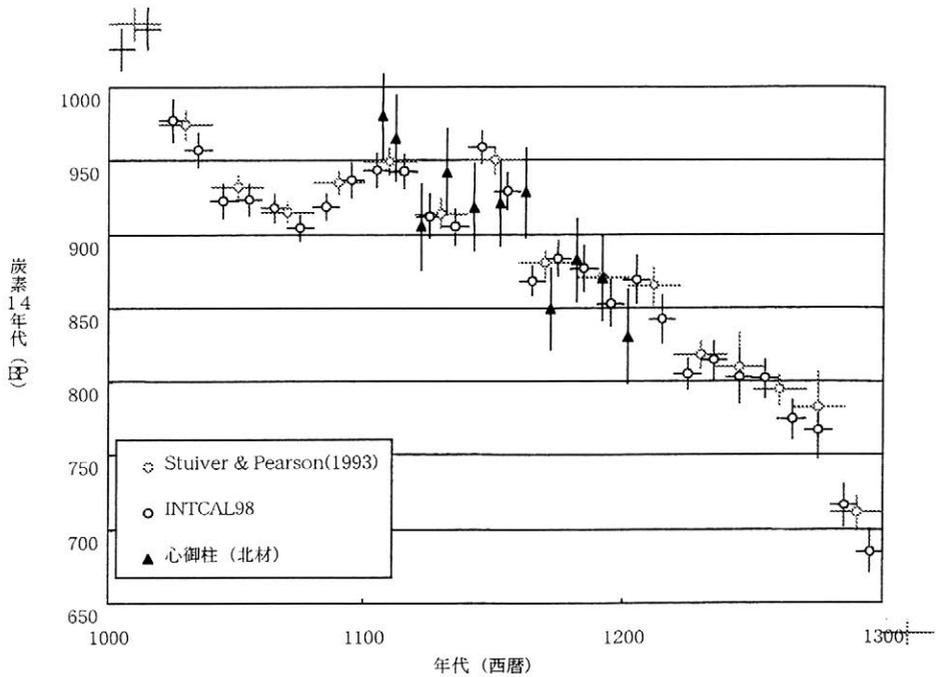


図2 心御柱（北材）年輪試料の炭素 14 年代測定値。標準校正データベース（INTCAL98 など）と比較。一番新しい年代データは最外層より 10 層目にあたる。誤差は測定の統計誤差で 1 標準偏差（68%信頼限界）を示す。

# 後氷期後期：縄文後期～古墳期初頭における 海水準低下の考古学的意義

藤 則雄 (金沢大学/金沢学院大学文化財学科古環境科学講座)

## 1: 後氷期後期：縄文後期～古墳期初頭における海水準位

表1 日本における後氷期の海水準変動 (海進極頂・海退)

研究者 (年)	研究地	期間 <sup>a</sup>	C <sup>14</sup> 測定数	海進最頂期		後氷期における海面低下			
				時期 <sup>a</sup>	高度(m)	完新世初頭頃		北陸海退	
				時期 <sup>a</sup>	高度(m)	時期 <sup>a</sup>	高度(m)	時期 <sup>a</sup>	高度(m)
藤 (1966)	日本	20~0	12	5	+5			3~1.5	-2
藤井 (1967)	日本	18~0	52	6	+6	11	-30	3~1.5	0~-2
FUJII and FUJI (1967)	日本	18~0	44	6	+6	10	-40	3~1.5	-2
FUJII and MOGI (1970)	日本	20~0	75	6	+8.5~+5.5	12~10	-30	3~1.5	-2
井関 (1977)	日本	9.5~0	8	5.5	+2			3.5~-2	-3
大島 (1980)	日本	35~0	105	5.5	+4±1	12	-45±5	3	-1±1

※単位千年, 前現在年

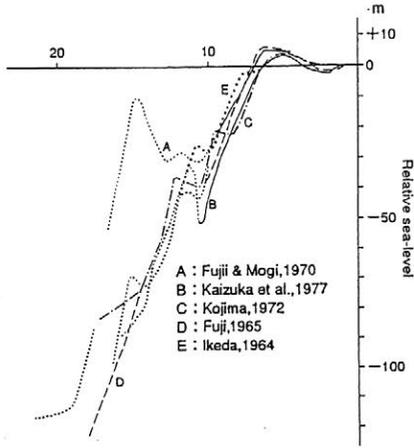


図1 日本における主な後氷期の海水準変動図 (太田等, 1982より改変 藤, 2002)

## 2: 日本海側における縄文後期～古墳期初頭の 海水準変動

- (1) 海底林・埋没林
- (2) 海岸砂丘
- (3) 考古学的資料
- (4) 気候変化

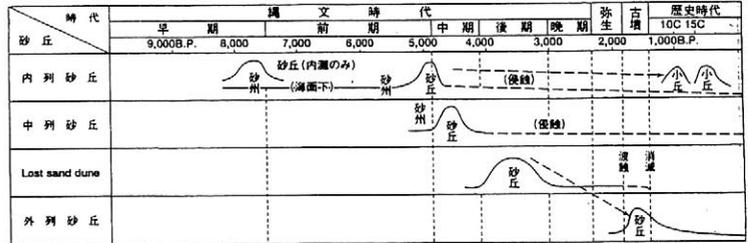


図2 北陸地方の砂丘が形成された時代を示す模式図 (藤 則雄, 1975)

## 3: 縄文後期～古墳期初頭の北陸海退 the Hokuriku Regression

表2 日本各地における縄文海進, 完新世初頭期の海水準位及び北陸海退

研究者 (公表年)	研究地	地域	研究対象期間 K年	年代測定数	後氷期海進		後氷期海退			
					縄文海進		北陸海退			
					時期 <sup>a</sup>	レベル(m)	時期 <sup>a</sup>	レベル(m)		
高野 (1978)	野付崎	北海道	3.5~0.5	2			2~1.5	0.2		
大嶋ほか (1978)	石狩低地		150~0	5	6	+4±1	12	-45±5	3	-1±1
海津 (1976)	津軽平野		10~0	8	5.5	+4~+5	9	-39	2.5	-1.5
東北農政局計画部 (1979)	福島県東岸	東北	12~0	19	(5.7)	(+2.5?)	10	-45	3	-2
和田 (1972)	新潟平野		20~0	9	6	+?	10	-50	4	-12
藤 (1966)	北陸	北陸	12~0		6.5~5.5	+5	11~10	-20	3	-2~-5
藤 (1975)	北陸		9~0		6	+5			3~2	-2
FUJII and FUJI (1980)	北陸		16~0	20	5	+8	10	-38	2.5	-4
藤 (1997)	金沢		0.5~0	2					3~1.5	0~-2
岡田 (1978)	若狭海岸		35~0	21	6	+5	13~11	-15?	4~1.5	-2~-5
森脇 (1979)	九十九里		7~0	10	6~5.5	+6			2	+?
横田 (1978)	房総半島南部	関東	17~0	20	6	+20	10	ca.+3	2.5	+10
中田ほか (1979)	房総半島南部		8~0	36	6.3	+23			2.7	+5
KAIZUKA et al. (1977)	東京湾岸		22~0	13	5	+3	10.5	-40	2	-1
古川 (1972)	濃尾平野	東海	3.5~0	16	5~4	+3±	10	-40	2.5	-2
海津 (1979)	濃尾平野		11.5~0	7	6~5	+2?	10	-40	2	-2~-3
ISEKI and MORIYAMA (1981)	濃尾平野		10~0	15	6~5	+2	9	-45	2	-3
MAEDA (1976)	大阪湾岸		近畿	12.5~0	31	6	+3	10.5	-30?	3~1.5
豊島 (1978)	山陰海岸	山陰	8.5~0	8	6	+5			2	-2~-3
太田ほか (1978)	喜界島	西南	7~0	43	6.5	+3			2	-2

※単位千年, 前現在年

#### 4: 縄文後期～古墳期初頭の低海水準と考古学的資料

Chronostratigraphy, climate and relative sea level changes during the Holocene in the Japanese Islands (Fuji, 1982)

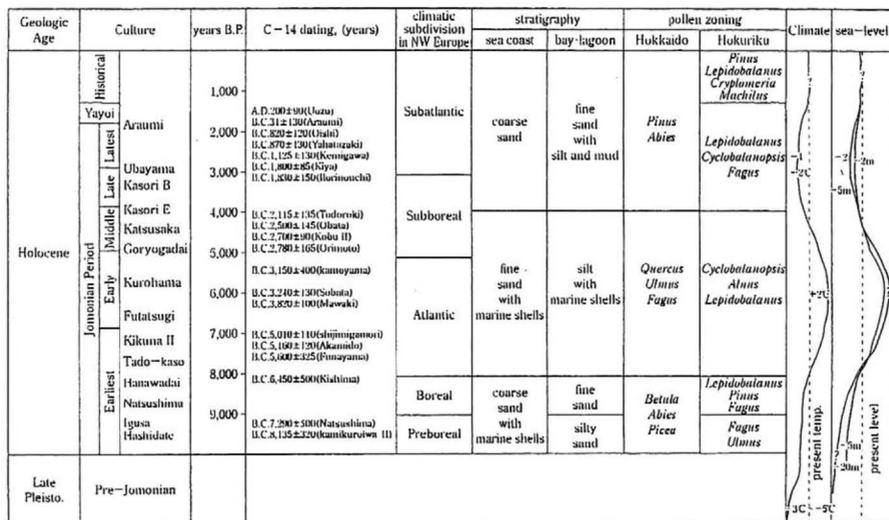


図3 日本における完新世の年代層序と気候・相対的Sea Level変化図 (Fuji, 1982)

#### 5: 後氷期後期の汎世界的海水準変動

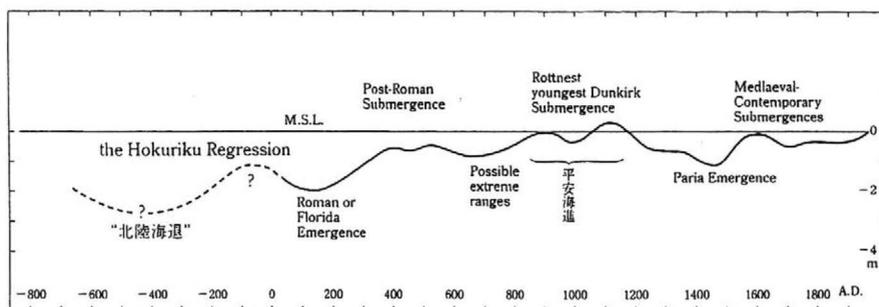


図4 過去約3000年間の海水準変化図 (UNESCO, 1963に一部加筆)

### 要 旨

世界における過去約2万年間の海水準変動を総括すると、縄文後期から古墳期初頭の海水準は、現海水準以下0～2m低下していたことが、海底林・海岸砂丘・古生物・考古学的遺物等の分布から結論される。この海水準の低下を“北陸海退 the Hokuriku Regression”と命名する。この海退と臨海性平野における新石器時代の考古学的遺蹟の分布とを解析した結果、現海抜0～数mの臨海性低地での縄文前期海進以後の河川等による沖積作用、北陸海退に伴う離水による陸化現象と縄文後期から古墳初頭期の古代人の臨海性平野への進出との間に、密接な相関性が在る。

## 魚類遺存体形成過程の研究 —部位ごとの遺存率の差を生み出す要因—

○植月 学\* 建石 徹\* 二宮修治\*\* 北田正弘\*  
(\*東京芸術大学 \*\*東京学芸大学)

### 1. はじめに

遺跡から出土する魚類遺存体には部位組成に偏りがあるのが一般的である。こうした偏りの中には人間による解体処理を反映する例がある。民族考古学的研究では、ベースキャンプでは胴部の骨（椎骨）が多いのに対し、解体場では頭部の骨が多く見られるという例が報告されている（Stewart&Gifford 1994）。このように魚類の場合には特に頭部と胴部の比率が問題となる。縄文時代の貝塚でも頭部・胴部比の偏りの例が報告されており、解体処理との関係が論じられている（富岡 1995、小宮 1998、樋泉 1998、西本 1999、金子 2000）。

部位組成に偏りが生じるもうひとつの要因として、各部位の属性差に起因する遺存率の差が考えられる。北米ではサケ科魚類の骨密度測定（図1、Butler & Chatters 1994）や劣化実験（図2、Lubinski 1996）により椎骨（胴部）に比べて頭骨が脆弱であることが明らかにされ、別の場所で頭部を落として保存処理した結果、椎骨主体の部位組成になったという従来の説に疑義が提出された。遺跡から出土する魚類遺存体の部位組成から、解体処理などの行為（人為的要因）を論じるためには、遺存率（自然的要因）の影響を検討する必要がある。本研究ではその基準となるデータの作成を目的とした。

### 2. 試料と方法

部位の諸属性のうち、破壊、腐食の度合いと密接な関係を持つ尺度のひとつに骨の密度や比重がある。そこで、遺跡から多産する魚種を対象とし、現生標本を用いて同定に用いられる主要な部位の比重を求めた。比重の測定には卓上精密比重秤（Sartorius YDK01）を使用し、空気中の重量 / （空気中の重量 - 水中の重量）の式で比重値を求めた。次に、この結果を関東地方の縄文時代遺跡の部位組成データと比較し、両者の関係を検討した。

### 3. 結果と考察

比重については頭部と胴部の関係をもとに、以下の3つのパターンが認められた。

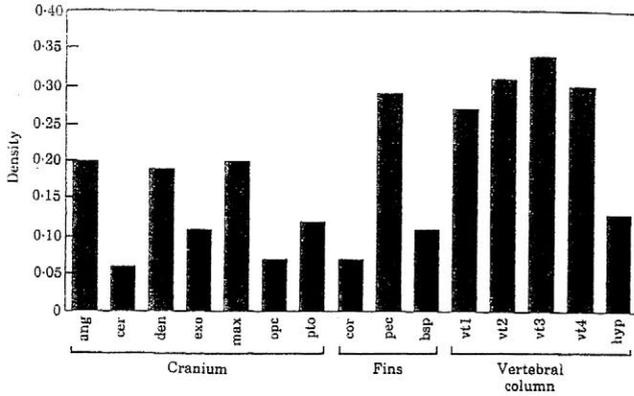
- ①頭部の比重が大きい種    ②胴部の比重が大きい種    ③頭部・胴部の差が小さい種  
①の例としてスズキ、②の例としてイワシ類、③の例としてマアジの分析結果を示す（図3～5）。

北米のサケ科魚類で指摘されたのは②のパターンだが、今回の結果に見られるように、部位の強度差は各種の生態に応じて異なると推測される。遺跡出土資料でも種によって部位遺存傾向が異なることが指摘されており（樋泉 1999）、遺存率を検討する際にはこのような種間差も考慮する必要がある。

各部位の比重と遺跡における遺存率の傾向を比較すると、おおむね一致することから、部位組成が強度の影響を強く受けている可能性は排除できない。つまり、仮に人為の結果による例が含まれていても判別は困難であると考えられる。

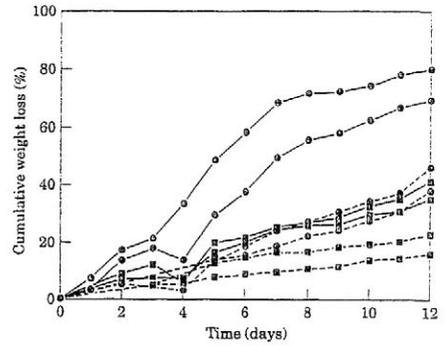
今後人為的要因の存在を論じ得るケースとして、3パターンそれぞれで逆の傾向（③の場合は極端な偏り）を示す場合が考えられる。現段階では青森県三内丸山遺跡（樋泉 1998）、秋田県池内遺跡（西本 1999）のブリ属について指摘されている例が人為による可能性が高い。ブリ属の比重は未測定だが、同じアジ科のマアジの例から、頭部の骨の少なくとも一部の部位は椎骨より遺存率が高いと推測される。頭部の骨が一律に少ないのは解体処理の結果であると推定される。

比重測定は部位全体を対象としており、同定部分と厳密にはずれがあるという問題もある。したがって、より多角的に部位属性を評価する必要があり、現在進行中の劣化実験、骨密度測定などによりさらに検討を加えていく予定である。



Salmon element volume density (VD), excluding otolith (which has a volume density of 1.41).

図1



Experiment 1 acidic solution weight loss. (■) boiled; (●) burned; (—) head; (---) trunk.

図2

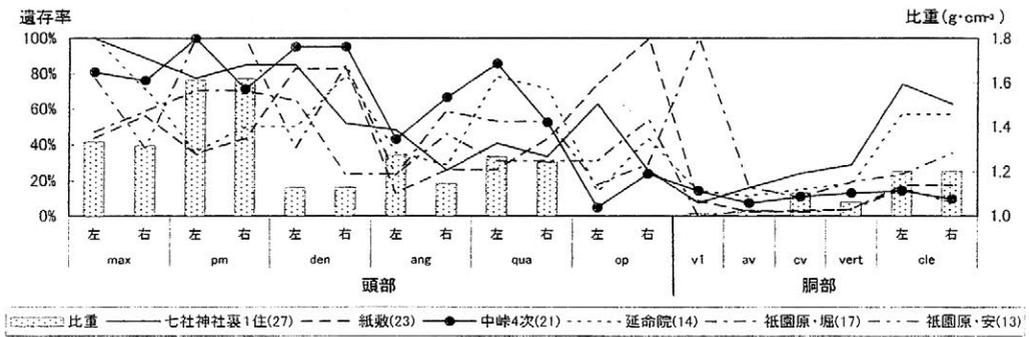


図3 スズキの部位別比重と遺存率

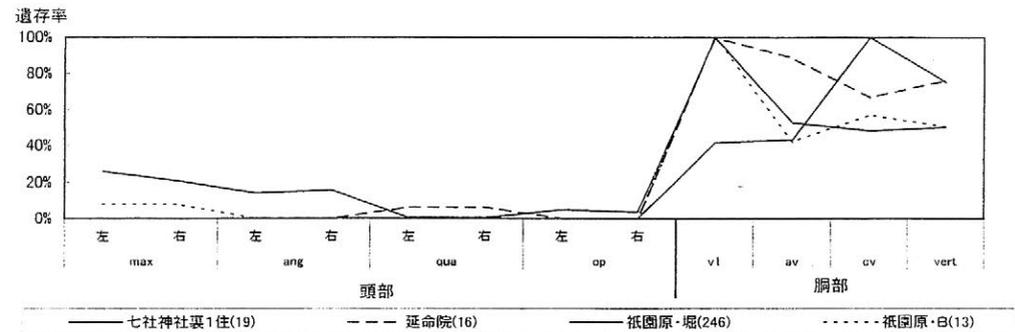


図4 イワシの部位別遺存率(比重未測定)

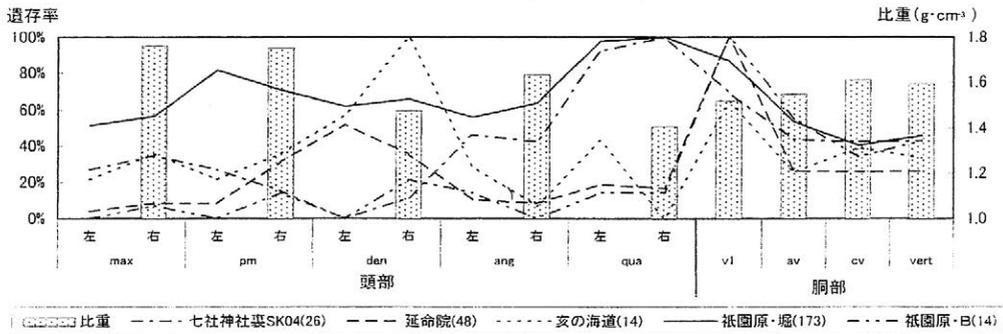


図5 マゴイの部位別比重と遺存率

## DNA レベルでのイネ遺存体における品種群判定の効率化

○柴内佐知子，大角信介（静岡大学・岐阜大学大学院），丹野研一（岡山大学），  
中村郁郎（千葉大学），佐藤洋一郎（静岡大学）

## 緒言

考古遺跡から出土するイネ遺存体の分析においては，DNA レベルでの解析も行われるようになり，古代のイネの遺伝学的研究に新たな見解を提示している．しかし，イネ遺存体の DNA 増幅は現存イネのそれと比較して依然として困難であり，すこしでも多くのサンプルからデータを回収するために分析技術の向上が望まれる．分析効率を高めるためには，DNA 抽出技術の向上と，その後の PCR 法による DNA 検出の際の技術向上が望まれるが，本研究では後者にしぼって技術改良を検討した．イネ遺存体の DNA は短く断片化されていると考えられており，現存イネと同様の方法で分析しても結果が得られない場合が多い．そこで本研究では，従来法より短い DNA 断片を増幅するための PCR プライマーを開発した．これにより従来法よりも効率的に，イネ遺存体における DNA 増幅を行うことができたことを報告する．

## 材料および方法

イネの葉緑体 DNA 中の plastid subtype-ID (PS-ID) 領域の配列をもとに，従来法よりも内側に新たなプライマー，PS-ID A4 を設定した．PS-ID 領域とは葉緑体 DNA 中の *rpl16-rpl14* 遺伝子間の介在配列である．イネの PS-ID 領域中には C の繰り返しと A の繰り返し配列が存在し，これら C と A の数の違いにより，イネを *japonica* (温帯 *japonica* と熱帯 *japonica*) および *indica* に区別することができる (Nakamura *et al.* 1997, 1998)．PS-ID 領域を増幅する既存のプライマーとしては PS-ID A, A2, A3 および B があるが，PS-ID A4 は A3 よりもさらに約 70bp 内側に設定し，約 210bp の DNA をターゲットとする (図 1)．PCR 法による DNA 増幅には，福岡県福岡市雀居遺跡出土のイネ遺存体から抽出し，凍結保存していた DNA を 50 サンプル用いた．従来法 (PCR 1 回目: PS-ID A2/B, 2 回目 PS-ID A3/B) および新法 (PCR 1 回目: PS-ID A3/B, 2 回目 PS-ID A4/B) で PCR 増幅を行い，アガロース電気泳動によりバンドの有無を確認した．その後，増幅率を比較した．

## 結果および考察

イネ遺存体 DNA の解析結果を表 1 に示す．従来法によると供試した 50 サンプルに

ついてバンドは全く検出できず、いわゆるスメアバンドとよばれる不明瞭な増幅産物像のみが 12 サンプルで検出できた。一方、PS-ID A4 を用いた新法では、18 サンプルで明瞭なバンドが見出され、3 サンプルがスメアバンドとして確認できた。従来法でスメアバンドであった 12 サンプルは、新法では 1 サンプルを除いてすべて明瞭なバンドが見出された。したがって PS-ID A4 を利用したことにより、PCR 増幅効率が大幅に上がったといえる。本研究で用いた DNA は凍結保存サンプルであることから、これまで増幅がうまくいかなかったサンプルについても、再分析することで遺伝子型を判別できる可能性が高い。

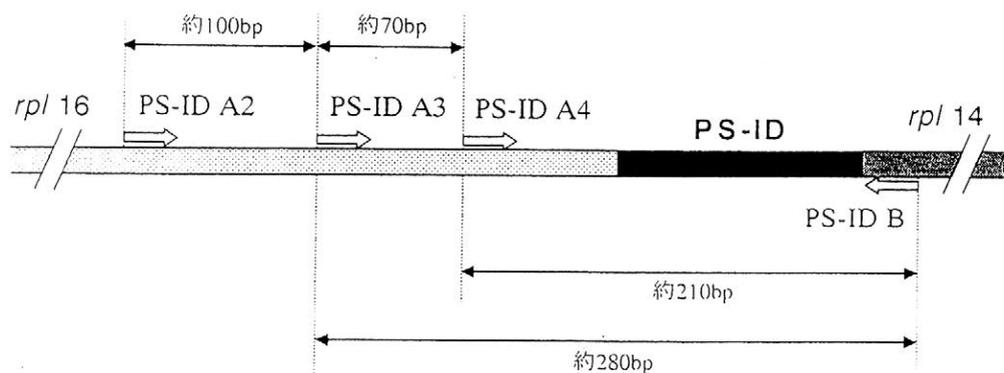


図1 PS-ID A2,A3,A4およびBの位置関係

表1 供試プライマーによるバンド検出の有無およびその数 (N=50)

供試プライマー	バンド検出の有無		
	明瞭なバンド	スメアバンド	バンドなし
従来法 (PS-ID A2/B,A3/B)	0 (0%)	12 (24%)	38 (76%)
新法 (PS-ID A3/B,A4/B)	18 (36%)	3 (6%)	29 (58%)

\* ( ) 内は数値を百分率で示したもの

## 北海道上川郡下川町高瀬遺跡における細石刃剥離方法の同定

○高倉 純（北海道大学）・出穂雅実（札幌市埋蔵文化財センター）

### 1. 分析対象と分析手法

北海道上川郡下川町に所在する高瀬遺跡は、天塩川の支流である名寄川沿いの段丘上に立地する遺跡である。1963年に山崎博信氏を中心として発掘調査が実施され、細石刃、細石刃核、搔器、彫器、削器、揉錐器、石斧、両面加工石器などによって構成される石器群が検出された（下川町教育委員会 1979）。石器群で主に用いられている石材は、黒曜石とチャートであるが、細石刃や細石刃核にはとくに黒曜石が利用されている。細石刃核には、広郷型細石刃核と考えられるものが出土している。本研究で分析対象とする黒曜石製の細石刃は、側縁、稜線、幅、厚さ、打面部などからみて、広郷型細石刃核から剥離されたものと考えられる。

なお、高瀬遺跡出土石器群に関しては、筆者らによって現在、再整理作業を進めているところである。その成果については、別途公表する予定である。

本研究では、フラクチャー・ウィング（石器の剥離面に観察されるV字状の模様）を用いた剥離方法同定研究の枠組み（高倉他 2000、投稿中）にもとづき、細石刃剥離方法の同定をおこなう。分析手法は以下の通りである。

- ①対象資料の選定：高瀬出土資料中から、打面部が残置している 10 点の被熱していない黒曜石製の細石刃を資料体とし、1 資料あたり 2～3 箇所フラクチャー・ウィングの計測をおこなった。
- ②フラクチャー・ウィングの計測：資料体とした細石刃の剥離面をアルコール綿で拭いたのち、金属顕微鏡を用いて 100～200 倍の倍率で検鏡し、写真撮影をおこなった。写真をもとに、Microstation を用いてフラクチャー・ウィングの角度計測（交差する二線分の角度計測）を実施した。あわせて、計測したフラクチャー・ウィングの打点からの距離についても mm 単位で記録した。
- ③亀裂速度の同定：フラクチャー・ウィング（ $\Psi$ ）から亀裂速度（ $C$ ）を求めるためには、 $C/C^2 = \cos \Psi/2$  の計算式にしたがう。 $C^2 = 3507\text{m/s}$  (Tomenchuk 1985) とする。

### 2. 分析結果

計測結果を表 1 に示す。資料体とした細石刃の亀裂速度は、資料番号 4 を除けば、多くは 163～167m/s の範囲におさまっていた。筆者らがすでに示した実験データをもとにする限り、これらの細石刃は押圧剥離法によって剥離されたものと考えられる。資料番号 4 は、亀裂速度が 157～159m/s の範囲にあったことから、軟質（木もしくは骨角）の剥離具を用いた直接打撃法か、あるいは間接打撃法によって剥離されたものと考えられる。

### 引用文献

- 高倉 純・出穂雅実（投稿中）「フラクチャー・ウィングによる剥離方法の同定研究」  
 高倉 純・出穂雅実・林 謙作（2000）「フラクチャー・ウィングを利用した剥離方法の同定研究」『日本文化財科学会第 17 回大会研究発表要旨集』  
 下川町教育委員会（1979）『モサナル遺跡（付 北町遺跡タカセ地点）』

表1 計測結果一覧

資料番号	計測番号	打点からの距離(mm)	角度(度)	亀裂速度(m/s)
1	01-01	12	162.6	530.4
1	01-02	21	163.6	497.9
2	02-01	12	164.7	466.4
2	02-02	16	166.1	424.3
3	03-01	18	166.1	424.3
3	03-02	22	166.7	406.1
4	04-01	6	157.2	693.1
4	04-02	11	159.0	639.0
5	05-01	7	161.2	572.7
5	05-02	13	165.5	442.5
6	06-01	10	164.8	463.8
6	06-02	16	164.1	485.0
6	06-03	22	167.4	384.8
7	07-01	10	164.1	485.0
7	07-02	16	163.8	494.1
8	08-01	12	163.2	512.3
8	08-02	15	166.9	400.0
9	09-01	10	164.1	485.0
9	09-02	12	164.9	460.0
10	10-01	7	164.1	485.0
10	10-02	16	164.3	478.9

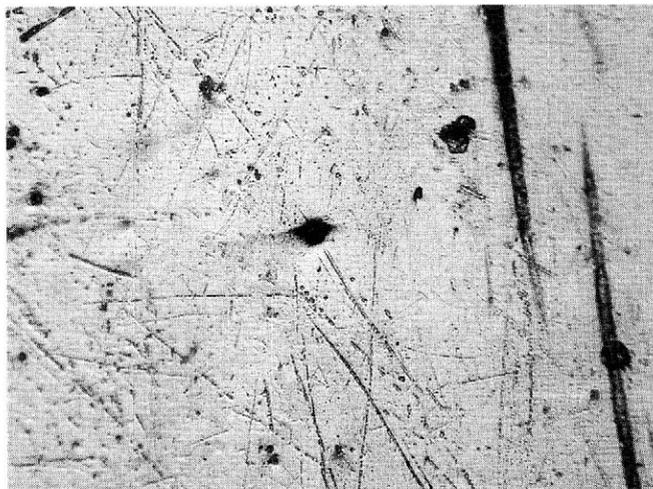


写真1 計測番号 07-01

## 化学分析と反射率測定による炭の同定と炭化温度の推定

### -大阪城堀堆積物中の炭を例にして-

○井上 淳・吉川周作・村上晶子(大阪市立大学理学研究科)

#### 1. はじめに

堆積物や遺跡からしばしば黒色に炭化した材や植物遺体が検出される。これらの黒色化した植物遺体や木材は、一般に「炭化物」と呼ばれている。しかしながら、炭化物と呼ばれるものの中には、堆積物中に含まれる前に植物の燃焼などの加熱によって炭化したもの（炭：英語での charcoal）と、材などの植物遺体が堆積物中に含まれた後に時代を経て黒色に炭化したものがある。これらの堆積物や遺跡から産出する「炭化物」が、加熱の伴ったものであるか否かを正確に認識することは、過去の植物燃焼や人による火の使用などを評価する上で非常に重要であるが、これまでの研究における区分は肉眼的な特徴に基づくもので、区別できないことも多い。また、加熱により生成された炭についても、その炭の母材（植物種）が議論されることがあっても、どの程度の熱で生成されたものであるかについてはほとんど議論されることがなかった。炭の炭化温度の復元は、当時の火の燃焼温度、さらには炭の成因などを考える上で重要である。

近年、地質学分野において堆積物中などから検出される炭化物の化学分析（炭素元素・水素元素比測定）や反射率測定を行い、植物の加熱実験と比較することで、炭化物の加熱の有無やその炭化温度を推定する試みが行われており、一定の成果を上げている（Sawada et al., 2000; Jones and Lim., 2000; 沢田ほか, 2000 など）。こうした手法は、遺跡などから検出された炭化物などでも有効であると考えられる。今回の研究では、大阪城の外堀から採取した堆積物中に含まれた炭を用いて、化学分析や反射率測定を行い、加熱の有無や炭化温度について検討した。

#### 2. 分析試料

分析は、2001年に大阪城の外堀で掘削されたコアに含まれた径1cm前後の4つの炭試料を用いて行った。これらの炭試料は、実体顕微鏡などで観察した際に、黒色で比較的鋭角的な形態で、植物質な構造がみられ、輝いていた。これらの特徴は、一般的に言われる炭の特徴（Rhodes, 1998）と一致している。採取されたコア長は、205cmで深度0cm～148cmまでは粘土・シルト層で、148cm～205cmでは主に砂層からなる。4つの炭試料は、それぞれ深度48cm, 63cm, 123cm, 141cmから採取した。これらの炭試料の年代は、大阪城が築城された16世紀後半から17世紀前半以降に堆積したものである。特に、深度141cmの炭試料は粘土層の最下部にあることから17世紀前半に、また深度48cmの炭試料はコア試料の重金属分析の結果から20世紀中ごろに堆積したものと推定される。

### 3. 分析方法

元素分析は、Sawada et al. (2000)に基づいて行った。まず、炭化物試料をNaOHやHCl溶液を用いて洗浄した後に、110°Cで乾燥させ、粉末化した後にFISONS (Carlo Erba) 1108 elemental analyzerを用いて行った。また、反射率測定についてはJones et al. (1991)を参考に千々和ほか(1998)の手法を用いて行った。炭試料を樹脂に埋め込み、研磨した後に反射顕微鏡と反射率測定用ソフトウェアMPVGEORを用いて細胞壁の部位50点以上について測定し、その平均反射率を算出した。

### 4. 結果と考察

元素分析結果(H/C:水素元素・炭素元素比)と反射率の測定結果とそれぞれから推定された炭化温度を表に示す。なお炭化温度は、元素分析についてはSawada et al.(2000)に基づいて、反射率についてはJones et al.(1991)に基づいて算出した。これらの炭化物試料は、比較的低いH/C値を取ることや高い反射率を示すことから、加熱によって生成された炭であると考えられる。江戸時代から現在にかけて大阪城は幾度かにわたって炎上しており、その際に炭が生成された可能性がある。

大阪城の外堀堆積物から採取した炭試料の深度とH/C値、反射率および推定された炭化温度。炭化温度の推定は、H/CについてはSawada et al. (2000)の式に、反射率についてはJones et al.(1991)の図に基づいて算出した。

炭試料採取深度 (cm)	H/C	H/Cから推定された 炭化温度 (°C)	平均反射率	反射率から推定された 炭化温度 (°C)
48	0.534	440	1.016	360
63	0.322	570	3.162	540
123	0.278	620	4.098	630
141	0.720	380	0.706	320

## 出土繊維遺物の顕微赤外分析による材質同定についての問題点

佐藤昌憲（奈良文化財研究所・客員）

## 1 はじめに

出土有機遺物は一般に劣化、分解が著しく進行しており材質同定が困難なことが多い。日本の古墳時代以前の繊維品については、絹、大麻、苧麻などが見出されているが肉眼による形態観察のみでは経験を積んでも明確に材質を判定できないこともある。機器分析法としての顕微赤外分析法は分析に必要な試料採取量がわずかで、測定までの準備操作も簡単であり、迅速な材質同定に適している。しかし得られた赤外スペクトルを解析し、材質を同定するには十分な経験が必要である。特に劣化、分解によるスペクトルパターンの変形に関しては多くの類似試料についての知見をデータベースとして蓄積することが必要である。ここでは特に文化財試料としての絹繊維を中心としてスペクトルの解釈に際しての問題点を明らかにする。

## 2 装置と実験方法

装置は堀場製 FT-520 型顕微赤外 (FT-IR) 分光計を用いた。まず実体顕微鏡の視野下で試料の必要部分(約 1mg 以下)を採取して金属台上に置き、プレスして薄層試料を作成する。試料を台のまま測定室に入れ、可視光下で測定必要部分をアパーチャーで限定し、光路を赤外光源に切り替え透過法でスペクトルを測定した。

## 3 結果と考察

周知のように絹を構成するフィブロイン分子は各種アミノ酸の重合体であり、その赤外スペクトル(図 1)は他の動物性物質のスペクトルパターンと類似している。特にアミノ酸とアミノ酸の結合部分(ペプチド結合)に由来する約  $1650-1550\text{ cm}^{-1}$ 間の 2 本の強い吸収(アミド I および II と呼ぶ)は動物性物質に共通する特性吸収である。しかしスペクトル全体を詳細に検討すると絹に特有の赤外吸収(吸収ピークと吸収パターン)も存在するので、それを目安にしながら劣化、分解による変形を考慮して同定する。出土絹の一例として、藤ノ木古墳から出土した絹の赤外スペクトルを図 2 に示す。現代絹のスペクトルと比較するとアミド I, II の吸収曲線間の切れ込みが少なくなり、アミド I の吸収極大波数が低波数方向に移動している。図 3 にアミド I, II の吸収部分を拡大して示す。更に劣化分解の著しい試料ではこの二つのピークが次第に合一して幅が広く強度の低いピークになってしまうことが分かっている。

今回これらの現象をもう少し詳細に検討するため、見掛けの吸収ピークは複数の基本吸収ピーク(ガウス関数を仮定)の集合体であるとみなして基本単位に分解した。まず劣化していない現代絹のアミド I, II の吸収を、それぞれ複数の基本吸収ピークの集合体として表現できた(図 3)。既に知られているようにアミド I, II のそれぞれの吸収曲線にはいずれもフィブロイン分子がヘリックス構造と、アモルファス構造のそれぞれに由来する成分が含まれている。今回の結果によると、出土絹繊維の劣化の過程では、アモルファス構成成分の増加が起こっていることが確認できた。

さらに電子線照射で人工的に劣化させた現代絹のスペクトルと、長期間の埋蔵環境下で劣化した出土絹のスペクトルを比較検討し、出土絹の分解機構について考察した。

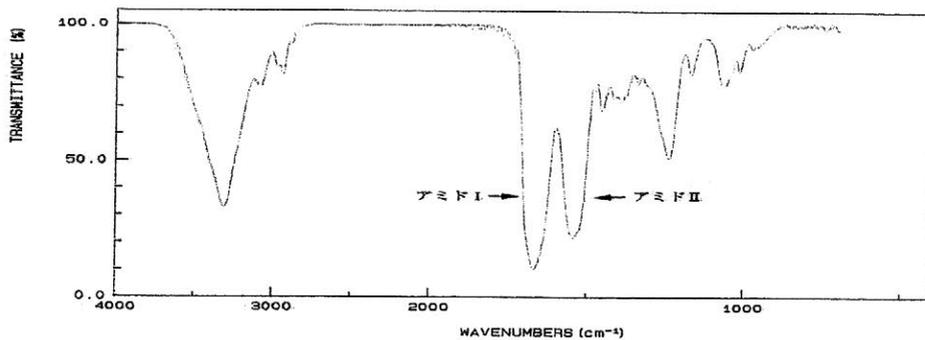


図1 現代絹の赤外スペクトル

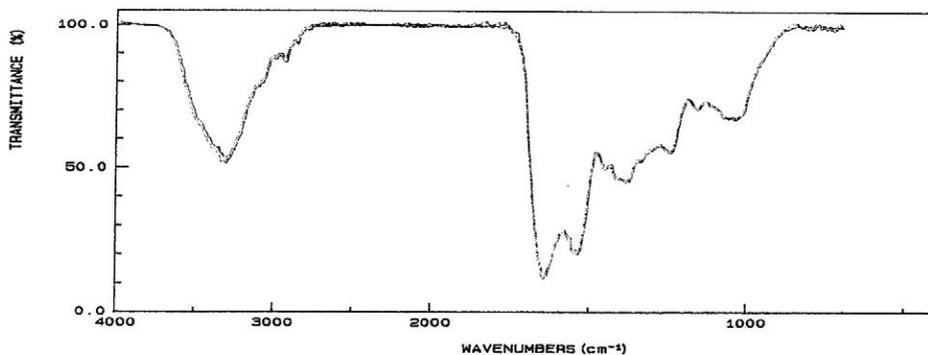


図2 藤ノ木古墳出土絹の赤外スペクトル

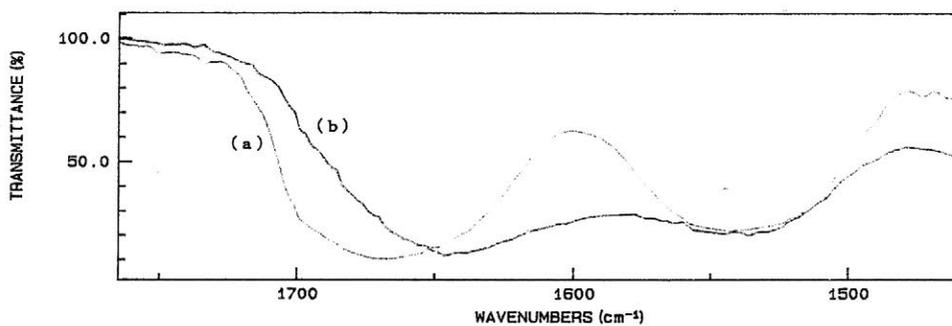


図3 アミド I、II 吸収の比較 (a) 現代絹 (b) 藤ノ木古墳出土絹

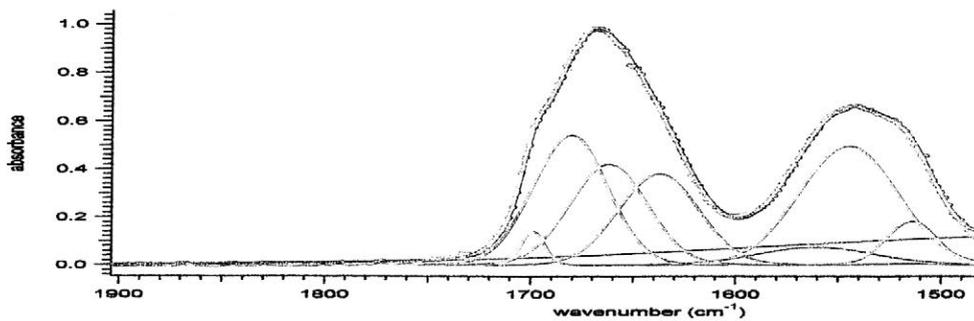


図4 現代絹アミド I、II 吸収の解析

## 国宝稻荷山鉄剣の銘文金線の化学組成

○早川泰弘・三浦定俊・青木繁夫（東京文化財研究所）  
大森信宏（静岡県埋蔵文化財調査研究所）  
今泉泰之（埼玉県立さきたま資料館）

### 1. はじめに

埼玉稲荷山古墳出土金錯銘鉄剣（稲荷山鉄剣）は昭和 43 年に銅鏡、鉄刀などとともに出土し、昭和 53 年から保存修復処置が行われ、昭和 56 年に国の重要文化財に、昭和 58 年に国宝に指定された。全長 73.5cm、中央部身幅 3.15cm、中心部厚さ 0.43cm の大きさで、剣身中央部に表面 57 文字、裏面 58 文字の合計 115 文字の金象嵌が幅 1mm 前後の金線を用いて施されている。

保存修復処置が完了した昭和 55 年 11 月以来、埼玉県立さきたま資料館において一定流量の窒素ガスを常時流通させる特殊な展示ケースに厳重に収められ、直立する形で展示がなされている。これまでに、館外への貸し出しが行われたのは 6 回だけであり、平成 12 年 3～5 月には東京国立博物館で開催された「日本国宝展」に出品された。この展覧会への出品後、修復処置から 20 年以上を経過した鉄剣の現状調査および材質調査が東京文化財研究所で行われた。ここでは、その中からポータブル蛍光 X 線分析装置<sup>1)</sup>により行われた銘文金線の化学組成測定結果を報告する。

### 2. ポータブル蛍光 X 線分析装置による測定

ポータブル蛍光 X 線分析装置による稲荷山鉄剣銘文金線の材質調査の様子を写真 1 に示す。使用した分析装置および分析条件は以下の通りである。化学組成の算出には、濃度を段階的に変化させて作製した 8 種類の Au-Ag 合金標準試料を用いて検出感度係数の校正を行った後、ファンダメンタルパラメータ法により計算した。

装置：セイコーインスツルメンツ SEA200

X 線管球：Rh(ロジウム)

管電圧・管電流： 50kV・100 $\mu$ A

X 線照射径：  $\phi$ 2mm

分析装置と資料の距離： 約 5mm

測定時間： 1 ポイント 300 秒

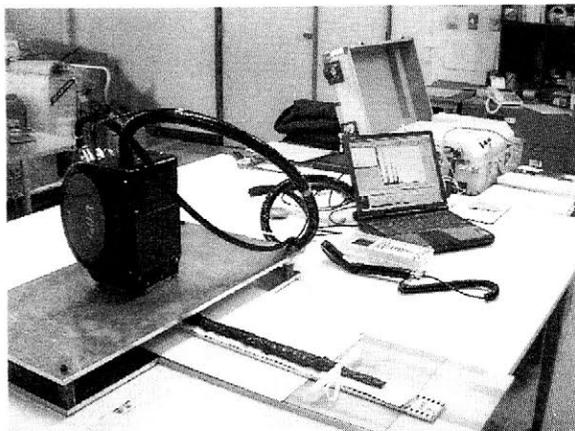


写真 1 ポータブル蛍光 X 線分析装置による国宝稲荷山鉄剣測定の様子

### 3. 従来<sup>2)</sup>の知見

これまでに、稲荷山鉄剣の銘文金線に関する材質調査は昭和 53 年から行われた保存修復処置の過程で一度だけ行われている。鉄剣そのものを分析対象とした蛍光 X 線分析と極微量の金線脱落片 ( $9 \times 10^{-4}$ g) を使った放射化分析が実施され、金線の化学組成は Au72～73% (残りは Ag) であると報告されている。

蛍光 X 線分析は  $\phi$ 25～30mm 程度 (報告書に記載なし) の入射 X 線を用いて、表面第 1 文字～第 37 文字、裏面第 1 文字～第 40 文字について分析が行われている。また、放射化分析に用いられた試料の脱落箇所は特定されていない。

#### 4. 稲荷山鉄剣銘文金線の化学組成

表面 57 文字、裏面 58 文字の 115 文字すべてについて、ポータブル蛍光 X 線分析装置による化学組成の測定を行った。金線の幅が 1mm 前後であるため、約  $\phi$ 2mm の X 線照射では金線とともに鉄地を同時に測ることは避けられなかったが、できるだけ平滑で凹凸や傾きが小さく、しかも異なる字画となる箇所を選定し、各文字で 2 箇所以上の測定を行った。

すべての測定において検出された元素は Fe、Au、Ag、Cu の 4 元素だけであった。このうち、Fe は鉄地に由来し、Au、Ag、Cu の 3 元素が金線によるものと考え、この 3 元素で定量計算を行ってみると、Cu 含有率は最大でも 0.5% であり、ほとんどの箇所は 0.2% 以下であった。このため、今回は Cu を除外し、金線材料が Au、Ag の 2 元素によって構成されているものと仮定して、その組成比を求めることとした。全測定結果について、鉄剣の銘文文字位置に対して Au 含有率をプロットした図を図 1 に示す。

図 1 からは、これまで知られていなかった以下の事実が明らかになる。

- (1) 鉄剣の銘文金線には、Au70%-Ag30%の材料と Au90%-Ag10%の材料の 2 種類が用いられており、表面、裏面ともに上方（切先側）で Au70%の材料、下方（柄側）で Au90%の材料が使われている。
- (2) 表面と裏面では金線材料が変わる文字位置が異なっており、表面第 1 文字～34 文字、裏面第 1 文字～46 文字では Au70%-Ag30%の材料、表面第 35 文字～57 文字、裏面第 47 文字～58 文字では Au90%-Ag10%の材料が使われている。
- (3) Au90%-Ag10%の材料が使われている文字の中に、Au 含有率 99%以上の材料が使われている部分が 3 箇所見出された。

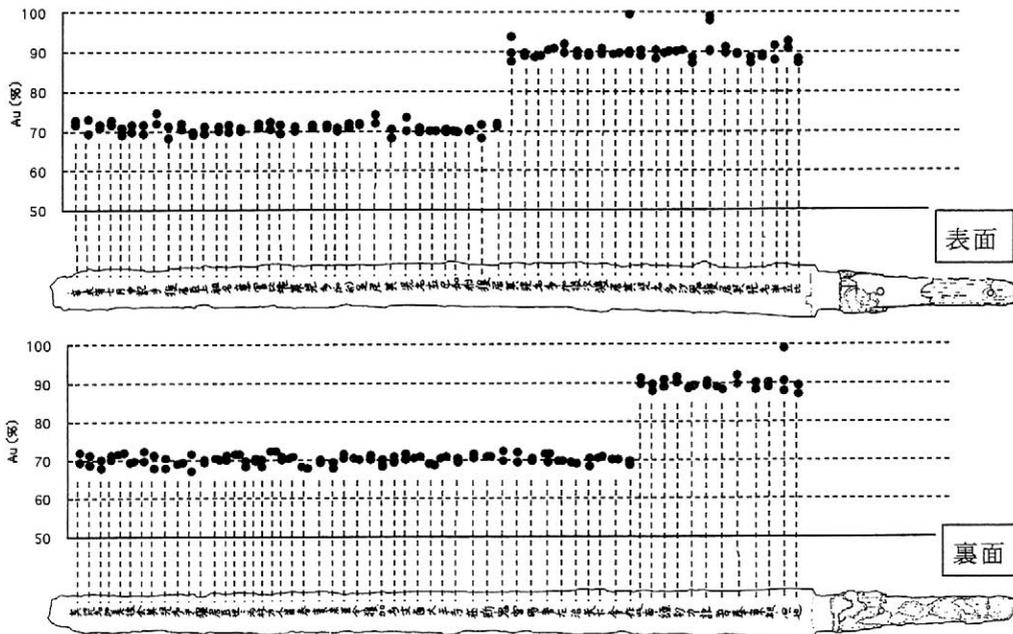


図 1 国宝稲荷山鉄剣の銘文金線の化学組成

- 1) 早川泰弘、平尾良光、三浦定俊、四辻秀紀、徳川義崇：ポータブル蛍光 X 線分析装置による国宝源氏物語絵巻の顔料分析、保存科学、39、1-14 (2000)
- 2) 『埼玉稲荷山古墳 辛亥銘鉄剣修理報告書』、埼玉県教育委員会、(1982)

## 出雲・青木遺跡出土の鉄製品に見られた「錆」について

○朽津信明（東京文化財研究所）・北野信彦（くらしき作陽大学）・伊藤智（島根県埋蔵文化財調査センター）・松本岩雄（島根県立博物館）

### 1. はじめに

中世～近世の遺構である出雲・青木遺跡から出土した鉄製品の中に、表面が鮮やかな赤色や青色を呈するものが多数認められた。本研究ではこれらの物質を特定することからその形成原因を考察し、そのことに基づき、同遺跡の状況に関して一つの仮説を提示する。

### 2. 遺跡の概要

青木遺跡は、島根県出雲市の扇状地に位置する弥生から近世にかけての複合遺跡で、今回注目するのは中世～近世初頭頃のもとの見られる遺構である<sup>1)</sup>。ここでは青灰色粘質土の遺構面に、堀立柱建物跡と見られる柱穴や希に柱根が認められ、その柱穴の一部表面には鮮やかな赤色顔料の付着が認められた。一方、同じ遺構面からは土器や木製品の他、多数の特徴的な鉄製品も出土した。本研究では、特にその鉄製品の状況に注目する。

### 3. 試料記載

まず、柱穴に認められた赤色顔料は、X線粉末回折による鉱物分析の結果赤鉄鉱 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が検出され、走査型電子顕微鏡下では粒度や粒形がよく揃っており、いわゆる鉄丹ベンガラと呼ばれるタイプの人造ベンガラ<sup>2)</sup>の形状と類似した状況が観察された（図1）。

一方、百数点の出土鉄製品中には、表面が赤色を呈するものが二十数点認められ、それが一部さらに青色物質に覆われている場合が数例見られた。その場合には、断面観察でまず内部に新鮮な金属鉄が認められ、その外側に1mm程度の厚さで黒色物質が、さらにその外側に250 $\mu\text{m}$ 程度の厚さで鮮やかな赤色物質が、それぞれ層状にほぼ遺物全体を囲むようにして存在し、さらにその外側に、0～3mm程度の厚さで鮮やかな青色物質が認められた（図2）。各層間の境目は比較的明瞭で、漸移層のようなものは認められなかった。比較のため、近接した地域で青色の「錆」が記載されている鉄製品の事例として、広瀬町の富田川河床遺跡<sup>3)</sup>出土の試料も調査対象とした。この試料では、金属鉄の外側には1mm程度の厚さの褐色物質が存在し、その外側に2mm程度の厚さで青色物質が認められた。

鉄製品のX線分析顕微鏡による元素分析の結果、いずれの層からも鉄が明瞭に検出され、各青色部分からは隣も併せて検出された。X線粉末回折による鉱物分析の結果、黒色層からは磁鉄鉱 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) が、赤色層からは赤鉄鉱が、そして青色層からは藍鉄鉱 ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) が、それぞれ主成分として鋭利なピークを持って検出された。これに対して富田川河床遺跡の試料では、青色部分からは藍鉄鉱が検出されたが、褐色部分からは針鉄鉱 ( $\text{FeOOH}$ ) が検出された。なお、鉄製品表面の赤色部分を走査型電子顕微鏡で観察すると、一部に上記赤色顔料と類似した組織が認められる部分が存在した。

### 4. 考察

藍鉄鉱は、酸化的環境である通常の大気条件下では、金属鉄の錆として容易に表面に形

成されるような鉱物ではないため、普通は還元的な埋蔵環境で後天的に表面に沈着した物質と考えられる<sup>4)</sup>。青木遺跡の場合も、包含層の状況から、藍鉄鉱の後天的沈着は十分にあり得る状況と考えられる。

ただし、そのすぐ内側に認められるのが、富田川河床遺跡のように一般的な鉄錆である針鉄鉱ではなく、赤鉄鉱（それも鋭利なピークを持つ）である点が、青木遺跡の試料の大きな特徴と思われる。赤鉄鉱は熱力学的に、藍鉄鉱が形成される同じ条件下で同時には形成され得ない鉱物である。遺跡の状況から埋蔵環境が途中で大きく変化したとは考えにくく、また赤鉄鉱は決して局所的ではなく層状にほぼ遺物全体を覆って存在している。従って当該製品は、赤鉄鉱（及び磁鉄鉱）が既に表面に存在する状態で埋蔵されていたのが、後に藍鉄鉱が表面に形成・沈着された状況と解釈するのが自然であろう。しかしながら赤鉄鉱も、温帯の大気条件下で鉄の表面に自然に形成される錆とは考えにくい。結晶度のよい赤鉄鉱が遺物表面全体を覆って形成される条件を考えると、問題の製品は、火を受けている可能性が強く示唆されるものである。一方で遺構面の状況から、赤鉄鉱を伴う鉄製品全てが火災にあっていないとは考えにくいことから、少なからぬ数の鉄製品が、何らかの事情で選択的に火を受けて表面に赤鉄鉱が形成された状態で破棄され、その後の埋蔵環境でさらに藍鉄鉱が沈着したと考えられる。

一方、青木遺跡出土の柱穴に認められた赤色顔料は、鉄丹ベンガラの子と類似しているが、鉄丹ベンガラとは、遅くとも近世中頃には知られているベンガラの製法で、意図的に錆びさせた鉄製品を焼くことで得られる赤鉄鉱を、顔料として用いる技法である。同じ遺跡内に鉄丹ベンガラに類似した粒形を示す赤色顔料が使用されており、また出土した鉄製品表面の赤鉄鉱にも一部類似した組織が認められる事実から考えると、一つの仮説として赤鉄鉱を伴う鉄製品は、鉄丹ベンガラを製造するために利用されたものの残骸である可能性が想定される。むろん今のところはこの仮説を証明できる段階にはないものの、もしもそうであるならば、鉄丹ベンガラの技法が従来知られているよりも古くから存在していたことを示すことになるため、今後はこの仮説の妥当性をさらに検証していく予定である。

文献 1)島根県埋蔵文化財調査センター（2002）青木遺跡調査概報、2)古文化財の科学、**42**、26-34、3)島根県教育委員会（1984）富田川河床遺跡発掘調査報告書、4)江本義理（1993）文化財をまもる

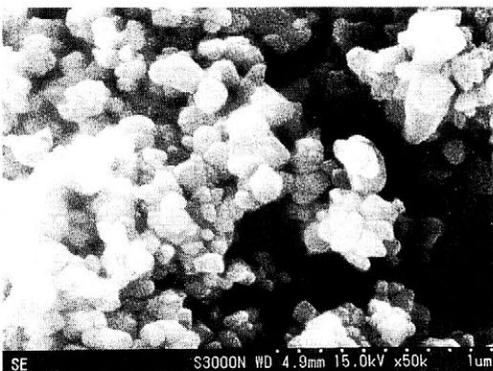


図1. 柱穴付着赤色顔料のSEM写真

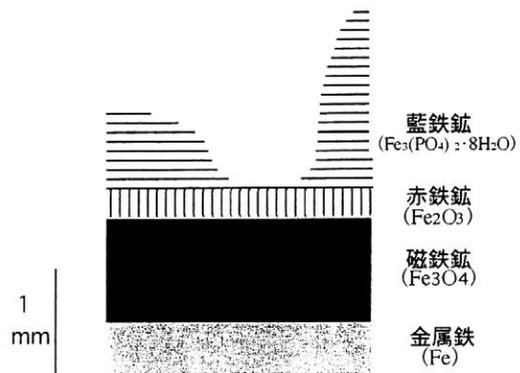


図2. 当該試料の模式断面図

## 西本願寺御影堂に使用されていた鉄釘の材質

○平井昭司（武蔵工業大学工学部）、岡田往子（武蔵工業大学工学部）

### 1 はじめに

寛永13年(1636年)に再建された西本願寺御影堂は、1800年(寛政12年)～1810年(文化10年)に大規模な修復工事が行われている。その後約200年間を経過した後、再び2000年(平成12年)～10年間をかけて大規模な修復工事が行われている。この修復工事では、文化のときと同様に屋根瓦の前面葺き替えや折れた梁や柱の取り替え等の作業が行われている。今回、屋根の基礎となる裏甲に打ち付けていた鉄釘と屋根の軒端に置く獅子口の瓦を留めている鉄釘と瓦のずれを銅線により補助的に留めていた鉄釘の3種類の材質を調査する機会があったのでその成果を報告するとともに、これら鉄を生産した鉄原料の産地を推定できたので併せて報告する。

### 2 鉄釘

御影堂の屋根の裏甲に打ち付けていた鉄釘は、図1のような長さ約20cm、重さ約100～130g、頭下部・中央部で約10mm角、の角皆折釘である。表面全体は黒色で多少滑らかさがあるが、一部黒褐色のところもある。獅子口の瓦を留めていた釘は、図2のように長さ約10cm角、重さ約9gと5g、頭下部で約3～4mmの頭巻釘である。獅子口を構成する複数の瓦を木枠に固定するため、釘と銅線が使用されている。風雨に曝されているため、頭部に近いところはかなり錆化し、短い釘は錆化のため、頭部の確認もできないほどになっている。屋根瓦のずれを押さえるためには、長さ約40cmの瓦用釘が使われているが、一部修復の際に銅線により瓦がずれるのを押さえている。このとき銅線を支持するものとして鉄釘が使われている。獅子口を留めている釘とほぼ形状は同様であり、先端部約3cmは木部に刺さっていたため錆化がさほど進行していないが、頭部にかけては錆が多く頭部は無くなっていた。また、これら鉄釘は、記録等から文化の時代のものであることが明らかとなっている。

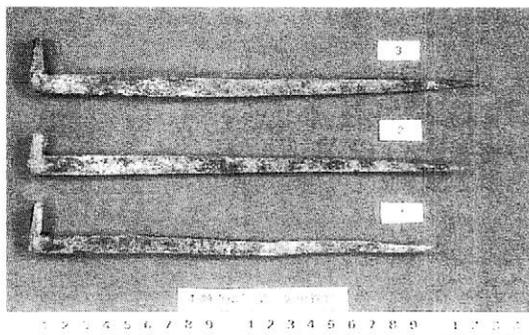


図1 御影堂裏甲に打ち付けていた鉄釘



図2 獅子口及び屋根瓦を止めていた鉄釘

### 3 鉄釘の分析

鉄釘の材質調査及び鉄材料の産地推定のために、鉄釘に含有される微量元素を定量する

中性子放射化分析法と燃焼赤外線吸収法を用い、前者では試料量約 50mg で Ti (チタン)、V (バナジウム)、Mn (マンガン)、Ni (ニッケル)、Co (コバルト)、Cu (銅)、As (ヒ素)、Sb (アンチモン) 等の 53 元素、後者では試料量約 100mg で C (炭素)、S (硫黄) とを定量した。Ti、V、Mn 等の元素は、親石元素と言われる元素で、製鉄過程で滓中に集まる元素で、Ni、Co、Cu、As、Sb 等の親鉄元素と言われる元素は、製鉄過程で鉄中に残存する元素である。特に、As/Sb 濃度比は、鉄原料の値を鉄中にもそのまま残している。C は鉄の硬さを示す元素で、この含有濃度の違いで鉄の種類を区別することにもなる。

#### 4 結果及び考察

鉄釘を分析した結果の定量値が得られた元素を表 1 に示す。また、表には、田部家に残されていた包丁鉄 (明治 19 年 (1885 年)) 及び靖国たたらで製鉄した包丁鉄 (昭和 19 年 (1945 年)) と砂味の分析結果を示す。C 濃度について、分析していない箇所もあるが、比較的低濃度で軟鉄あるいは低炭素鋼に分類され、裏甲用の方が留め釘よりは柔らかかった。製鉄過程で除去しやすい親石元素は、以前<sup>(注)</sup> 報告した瓦鉄釘と同様に低濃度であったが、Ti 濃度が一部の裏甲用釘で 10 倍ほど高かった。親鉄元素については、瓦鉄釘と同様に低い濃度であった。また、これらの値は、明治あるいは昭和の頃に奥出雲の砂鉄を利用して「たたら」操業して得られた鉄の濃度とも類似していることが明らかとなった。さらに、鉄原料の産地推定の指標となる As/Sb 濃度比を見ても、瓦鉄釘あるいは奥出雲の包丁鉄等の値と等しく、文化時代での御影堂の大修復における瓦鉄釘、裏甲用鉄釘、留め釘等の一連の鉄材料が奥出雲地方から運ばれていたことが推察できる。

表1 鉄釘中の元素濃度及びAs/Sb濃度比

元素	(ppm)							包丁鉄H 靖国たたら	包丁鉄O 奥出雲	砂味 奥出雲
	HO-1-1 中央部 裏甲用釘	HO-1-2 先端部 裏甲用釘	HO-2 中央部 裏甲用釘	HO-3 中央部 裏甲用釘	HOT-1 中央部 留め釘	HOT-2 端部 留め釘	HGT 頭部 留め釘			
C	200	—	78	130	820	1860	—	150	65	760
S	81	—	79	67	29	72	—	140	160	81
Na	49	25	1.3	35	22	18	46	7.8	0.49	40
Al	700	450	28	510	310	230	360	120	39	740
Ti	550	290	<19	360	71	<29	<55	<27	<31	920
V	37	21	1.3	33	6.7	3.4	24	3	14	92
Cr	15	14	11	23	12	12	<70	7	13	11
Mn	70	42	10	45	27	14	96	<45	<40	83
Fe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%
Co	140	160	160	120	160	130	120	120	120	110
Ni	<83	<22	130	<64	<24	<83	160	47	76	<61
Cu	63	65	66	72	94	110	<22	44	48	<110
Ga	29	29	17	29	24	20	43	25	33	14
As	13	21	20	16	28	61	14	32	14	16
Mo	20	21	2.8	17	31	22	10	4.2	10	19
Sb	1.2	2.2	2.0	1.9	1.8	4.4	1.4	3.2	1.1	2.1
La	0.33	0.21	0.28	0.20	<0.33	<0.29	2.2	0.096	<0.033	3.5
W	3.9	4.5	3.6	5.1	3.4	3.7	4.8	1.3	7.7	0.93
Au	<0.0054	0.0065	<0.0011	<0.0062	<0.0051	0.036	<0.0094	0.049	0.022	0.008
As/Sb	10.8	9.5	10.0	8.4	15.6	13.9	10.0	10.0	12.7	7.6

注) 日本文化財科学会第 18 回大会研究発表要旨集、pp32-33 (2001)

## 地質学的特徴を反映した石見銀山における製錬工程の材料科学的研究

○鳥越俊行<sup>1)</sup>・村上隆<sup>2)</sup>・高田潤<sup>1)</sup>

1)岡山大学, 2)奈良文化財研究所

### 1.はじめに

島根県大田市大森町に位置する石見銀山遺跡は、近世の金属生産遺跡として有名である。平成8年度から、島根県を中心に行われてきた総合調査により、金属生産の遺構や鉱石を製錬するときに排出される滓(鉱滓)などが数多く見つかっている。

本報では、銀生産の工程で廃棄された資料に対する材料科学的な調査結果を基に、これまで明らかとなった石見銀山における銀製錬工程について報告する。

### 2.石見銀山における銀製錬の特徴

石見銀山では、16世紀前半に銀の精錬法である灰吹法が導入されたことから、鉱石の採掘から製錬まで一貫した工程が現地で行われていたと考えられている。原料には性質の異なる二つの銀鉱床の鉱石が用いられ、それぞれ異なった作業工程が行われた。

### 3.石見銀山の地質学的特徴

石見銀山には、福石鉱床、永久鉱床、という二つの銀鉱床が分布する。福石鉱床は、凝灰角礫岩の空隙に自然銀や硫化銀、方鉛鉱が多く生成する鉱染鉱床である。硫化銅鉱物はほとんど見られない。永久鉱床は、熔岩の割目に硫化銅や硫化銀などの鉱物が脈状に生成する鉱脈鉱床である。砒素、アンチモン、ビスマスを主成分とする鉱物も産出する。

### 4.対象資料

石見銀山遺跡における科学的調査では、発掘調査で出土した銀製錬に関する遺物を、①熱の影響を受けていないもの(選鉱工程の資料)、②熱の影響を受けたもの(製錬工程の資料)に大きく区分し、調査を進めた。①にはズリ(低品位鉱石)、ゆりかす(比重選鉱後の微細な鉱石片)などが該当し、②には鉱滓、炉壁(鉱石を熔融した炉の壁)などが含まれる。

### 5.調査方法

実体顕微鏡や反射顕微鏡による観察、XRF(蛍光X線分析装置)やEDX(エネルギー分散型X線分析装置)を用いた定性分析、ICP(高周波誘導結合発光分光分析装置)による定量分析、XRD(X線回折装置)による鉱物同定や、EPMA(電子プローブマイクロアナライザー)を用いた元素分布の調査など、多様な分析機器を用いた多角的な調査を実施した。

調査資料は、分析装置や分析手法に応じて粉碎、樹脂包埋などの処理を実施した。

### 6.結果と考察

石見銀山における二つの鉱床から採掘される鉱石の製錬工程は、鉱床の性格を反映する異なった工程となるため、福石鉱床の鉱石を用いた製錬工程を【銀製錬工程Ⅰ】、永久鉱床の鉱石を用いた製錬工程を【銀製錬工程Ⅱ】と呼ぶことにする。以下にこれまでの調査結果<sup>12)</sup>を記す。

【銀製錬工程Ⅰ】

- ①選鉱工程：福石鉱床の鉱石中に含まれる銀は、岩石の空隙に生成していることから、鉱石を砕き比重選鉱することで、金属分と岩石を容易に分離できる。比重選鉱の廃棄品であるゆりかすが多量に出土することからも、これは裏付けられる。ズリやゆりかすには、銀や鉛を多く残存するものが見られることが明らかとなったが、これはこの程度の品位のものは廃棄したことによるものか、選鉱技術の未熟さによるものか、もしくはその両者によるものと考えてよいのではなかろうか。
- ②製錬工程：鉱滓は大きく分けて四種類出土しており、産状と組成から、(a)ガラス滓、(b)流動状滓、(c)板状滓、(d)塊状滓(一点のみ出土)に区分した。(a),(b),(c)の順に比重が大きくなり鉄が増加する。(d)では金属粒が顕著に見られる。これらの滓は、(a)石英などの熔融しにくい不純物の除去、(b)金属分を濃集させ岩石成分を除去、(c)造滓剤を添加し鉄分を除去、(d)鉛を添加し銀を合金化させ不要なものを除去、という作業により排出されたと想定できる。

【銀製錬工程Ⅱ】

- ①選鉱工程：永久鉱床の鉱石に多く含まれる硫化銅鉱物は、岩片粒子と比べ比重差が少ないため、比重選鉱による分離は困難である。ゆりかすに相当するものが出土しないことや、【銀製錬工程Ⅰ】に比べ鉱滓が多量に出土することから、銅をある程度含む鉱石は全て製錬したと考えられる。
- ②製錬工程：硫化銅鉱物を多く含むが、広島寺尾遺跡のような焙焼炉は見つかっていない。これは、鉱石に含まれる砒素や硫黄が多くないため、焙焼しなくても製錬が可能であったことによるのであろう。鉱滓は、大きく分けると流動状と板状の二種類が見られる。詳細な調査から、これらの滓には微細組織や元素の濃集状況が異なる多くの種類が確認された。多様な特徴を持つ鉱滓は、熔融温度や添加剤などの製錬作業を反映していると考えられる。

7.まとめ

近世の石見銀山における製錬工程は、地質学や鉱床学、冶金学、金属学や地球化学などの知見を元に解析したところ、鉱石の種類により【銀製錬工程Ⅰ】と【銀製錬工程Ⅱ】の大きく二つに体系化できることを明らかにした(図1)。

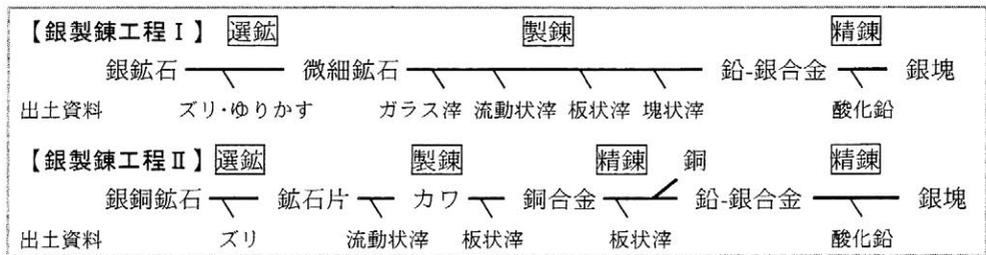


図1 近世の石見銀山遺跡における銀の製錬工程

文献

- 1)島根県教育委員会・大田市教育委員会編：『石見銀山遺跡総合調査報告書 第2冊科学調査編』, 1999.  
 2)村上 隆・鳥越俊行・高田 潤編：『石見銀山遺跡科学調査報告書 第1冊』, 2002.

## 前原市上町向原遺跡出土素環頭大刀の理化学的分析による年代及び産地同定

- 塚本敏夫 山田哲也 (財団法人元興寺文化財研究所)  
 岡部裕俊 (前原市教育委員会)  
 大澤正己 (㈱九州テクノリサーチ)  
 江波大樹 (名古屋大学大学院環境学研究科)  
 中村俊夫 小田寛貴 (名古屋大学年代測定総合研究センター)

### 1. はじめに

前原市上町向原遺跡出土の素環頭大刀は 1957 年に工事中偶然発見された箱式石棺の棺外から出土した。全長が約 120cm で国内出土の大刀としては 4 番目の長刀であり、以前から注目されていた。箱式石棺からは出土遺物がなく、この大刀の年代も古墳時代か弥生時代のいずれであるか研究者によって見解が分かれていた。

今回、前原市教育委員会からの委託業務として財団法人元興寺文化財研究所で保存処理(再処理)を行なう機会を得た。保存処理の事前調査として非破壊検査を行なったところ、外見と違い良好な金属鉄が残存していることが判明した。そこで、①素環頭大刀の製作年代や②製作技法によるある程度の製作地の推定ができないかとの目的で鉄の理化学的分析を行った。

本報告では保存処理および理化学的分析によって得られた若干の知見を報告する。

### 2. 上町向原遺跡と素環頭大刀の概要

上町向原遺跡は現在の伊都文化会館周辺に広がる弥生時代～古墳時代の墳墓を中心とする遺跡である。これまで、弥生時代中期の甕棺墓群、祭祀土坑、V 字溝、古墳時代前期の甕棺墓などが発見されている。素環頭大刀が出土した箱式石棺は旧糸島高等女学校の北校舎の中央部直下から発見された。

箱式石棺は大型で各壁が花崗岩の 1 枚岩でできており、内面は蓋石、側面とも全て赤色顔料が塗布されていたという。素環頭大刀は箱式石棺西側の棺外に副葬されていたという。

素環頭大刀は今回の処理前は若干内反りに復元されていたが接合検討の結果、反りはなく、全長は推定で約 119.4 cm を計る。環頭部は外径 7.6cm、内径 5.9cm×4.8cm を計り、環形状は楕円形もしくは扇形を呈する。柄と刀身の境は欠損しているため明瞭ではなく、刃長、茎長ともに不明である。刃幅は 3.2～3.3cm で茎幅は 3.3cm で、無関であった可能性が高い。今回の保存処理では外装となるような木質や布等は確認できなかった。前回の保存処理の記録が不明のため断言できないが刀身のみの抜き身の状態で副葬された可能性が高い。

問題となる環頭の造りである。肉眼観察では環体と茎部に明瞭な段差があり、別造りの様に見える。しかし、X 線ラジオグラフィの観察からは棟側は環体と茎部は同一で、刃側の環体端と茎部には接合線が観察できる。現段階では共造りで環を刃側に曲げているか、別造りの環体を茎端部の棟側に鍛接して曲げたかは区別できなかった。

### 3. 素環頭大刀の鉄分析

#### 3-1 試料

分析試料は X 線ラジオグラフィとメタルチェッカーで金属部分を確認して試料切り出し位置を決定した。試料採取位置は素環端から 37.2cm の位置で、刃側より逆 V 字状に切り出した。ここの身幅は 3.6cm、厚みは 10mm を測る。断面中央の白色部分が金属鉄で赤褐色皮金部分は錆化鉄である。

写真-1 に切り出した試料の断面マクロ写真を示す。

#### 3-2 調査項目

分析試料は (1) 肉眼観察 (2) マクロ組織 (3) 顕微鏡組織 (4) ビッカース断面硬度 (5) EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) 調査の 5 項目の調査を行なった。

#### 3-3 調査結果と考察

調査の結果、素環頭大刀の刃部の造りは高炭素鋼 (1.0% C) の芯金を皮金 (錆化鉄化) で包み込む合せ鍛えであった。芯金の鉄中非金属介在物は極端に少なく、楕円形状の米粒半分程 (400 倍) の珪酸塩 (57.4% SiO<sub>2</sub> - 6.7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 9.6% CaO - 6.2% MgO - 8.7% K<sub>2</sub>O - 1.1% TiO<sub>2</sub>) が 1 点のみ検出された。チタン濃度は 3% 以下であり、磁鉄鉱由来の可能性が高い。

一方、介在物形状に展伸傾向が乏しく、更には繰返し折り曲げ鍛接線の痕跡は全く認められなくて、丸鍛えが想定される。ビッカース断面硬度値は 285Hv と硬質である。

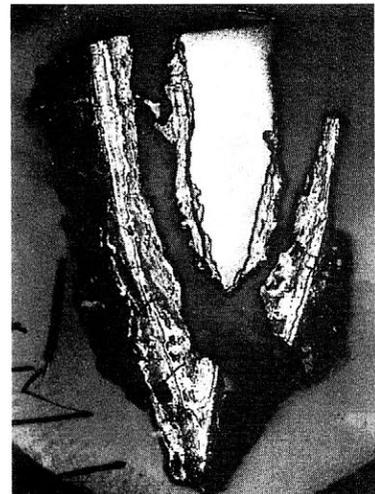


写真-1 試料の断面マクロ写真

この素環頭大刀は、非金属介在物を根拠に製造履歴を追求すると、介在物に硫化物 (FeS、MnS) やステナイトは存在せず鍛造鉄ではない材質であった。中国漢代開発の炒鋼製品の可能性をもつ。ただし、非金属介在物が量的にも少なくても炒鋼製品と断言はできない。いずれにしても、該品は高度の製鋼技術にもとづく鋼であり、熱処理ではパーライト組織の球状化までは至っていないが産地は大陸側に想定できよう。

#### 4. 素環頭大刀の $^{14}\text{C}$ 年代測定

##### 4-1 試料調整及び測定

鉄試料は、メタルチェッカーを用いて金属反応があることを確認し、グラインダーを用いて約 5 mm 角に切断した。採取した約 570mg の鉄試料から  $\text{CO}_2$  を抽出し精製した。精製後の  $\text{CO}_2$  を鉄 (Fe) 粉を触媒として  $\text{H}_2$  により還元することでグラファイトを合成し、測定用のグラファイトターゲットとした。

このグラファイトターゲットを、名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計 2 号機 (HVEE 社製、Model 4130-AMS) に装填し、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  比および  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  比を測定した。標準体には、NBS-シュウ酸 (RM-49) から調製したグラファイトターゲットを用いた。

炭素同位体分別の補正は、タンデトロン 2 号機で測定された  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) を用いて行った。

##### 4-2 結果と考察

測定で得られた  $^{14}\text{C}$  年代は、較正曲線 (INTCAL98) を用いて暦年代に換算した (Stuiver . 1998)。表 1 に  $^{14}\text{C}$  年代測定の結果を示す。

表 1. 鉄試料の  $^{14}\text{C}$  年代測定の結果

試料番号	材料	重量 [mg]	$\text{CO}_2$ の収量 [mgC] <sup>*1</sup>	$\text{CO}_2$ の収率 [%]	$\delta^{13}\text{C}$ [‰] Tande2 <sup>*2</sup>	$^{14}\text{C}$ 年代 [ BP]	較正年代 <sup>*3</sup> [cal AD]
KMN-1	鍛鉄(刀片)	573.78	4.07	0.71	-15 ± 1	1929 ± 29	31 ( ) 38,53(75)88,100 ( ) 124

\*1 炭素の収量を意味する。

\*2  $\delta^{13}\text{C}$  値は、タンデトロン 2 号機による測定値である。

\*3 ( ) 内の数値は  $^{14}\text{C}$  年代の中央値に対応する暦年代であり、( ) 外の暦年代は  $^{14}\text{C}$  年代の誤差範囲に対応している。

測定された  $^{14}\text{C}$  年代を較正して得られた暦年代は BC 1 ~ 2 世紀初頭 (中国の後漢の時期) の範囲を示した。これまでの研究結果から鉄素材が精錬された年代が炭素履歴としてでることまでは押えられており、芯金が炒鋼品とすれば、少なくとも刀の芯金が造られた年代を示している。刀の場合、芯金の製作から合せ鍛えを行なう最終の鍛冶工程までに長い時間差があるとは考えにくいので、今回得られた暦年代は製作年代と大きな開きがあるとは考えにくい。また、 $\delta^{13}\text{C}$  値は、鉄素材中の炭素由来の元である木炭の代表的な  $\delta^{13}\text{C}$  値 (-22~-28‰、Aitken, 1990) よりも大きな値 (-7~-17‰) を示している。奈良県香芝市の尼寺廃寺から出土した鍛冶滓の分析結果も同様の傾向を示しており、このずれの原因は製作工程の鍛造の段階で鉄中に含まれている炭素を除去する際に、軽い炭素同位体が優先的に除去される同位体分別が起きた可能性が考えられるが、今後の検討が必要である。

#### 5. おわりに

今回、いままで評価の定まらなかった素環頭大刀を鉄分析と  $^{14}\text{C}$  年代測定という複数の分析を通して大まかな製作年代や、製作技法による製作地の推定が可能となった。特に、鉄の  $^{14}\text{C}$  年代測定に関しては製品鉄器での年代測定の可能性が広がったことにより、今回のケースのように今まで鉄器しか出土せず、その鉄器自身の年代が不確定であったものでも年代が決定できる可能性があることを提示できたことは大きな進歩と言えよう。しかし、鉄の  $^{14}\text{C}$  年代測定は破壊分析であり、広く普及させるためにはまだまだ検討課題が山積している。まず、早急に鍛冶工程での炭素履歴の影響に関する検証実験を行い、信頼性のある年代測定法にしていきたい。また、鉄分析に関しても、今回の分析結果では確実な炒鋼法であるとは断言できなかった。今後、中国や朝鮮半島の出土品の分析を積極的に進めて類別やデータの蓄積を進めていきたい



写真一 2 素環頭大刀 (保存処理後)

## 古代ローマン・グラスの実験考古学的研究

○島田守, 西山要一(奈良大学)

### 1. はじめに

竿の先に熔解ガラスを巻き取り、息を吹き込んで器を作る宙吹き技法が発明されたのは紀元前1世紀半ばのシリアとされ、興味深いことに現在までそのままのスタイルで伝えられている。ここは当時ローマ領に属し、前27年から帝政ローマが発足、そしてローマ帝国の拡大とともにこの技法も広がっていった。それから紀元後395年の東西分裂までに帝国領で作られたガラスを一般にローマン・グラスと呼ぶ。その中には現在では珍しい器形のものが多い。その代表として「二連瓶」「三連瓶」「四連瓶」に注目して製作実験を行ったところ、従来考えられてきた技法とは異なることが分かった。

### 2. 二連瓶、三連瓶、四連瓶の特徴と製作実験の目的



写真1: 左から二連瓶(シリア、4-5世紀)、三連瓶(シリア、2世紀末-3世紀中葉)、四連瓶(シリア 4-5世紀)。それぞれ、ガラス管を接合したような特徴ある形となっている。(写真は全て岡山市立オリエンタ美術館所蔵品)。

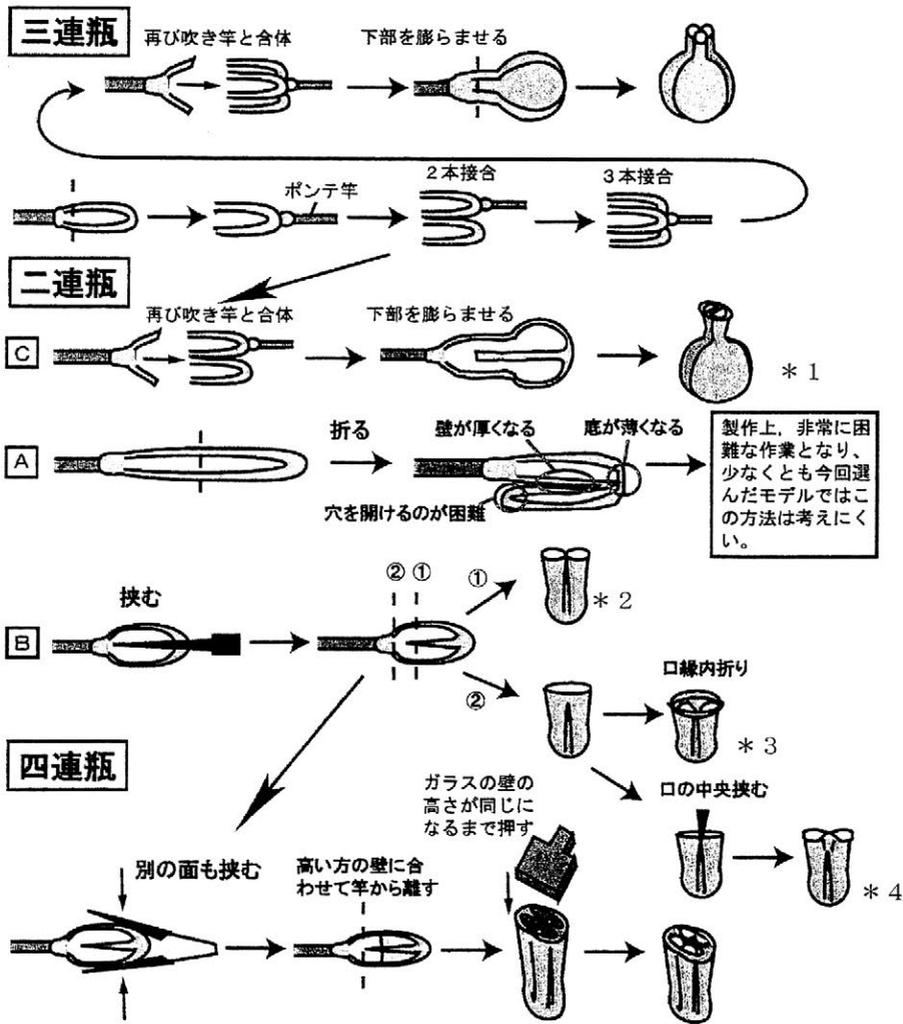
二連瓶は長いガラス管を真中で折り曲げて製作されたと考えられてきたが、外見からこの方法に疑問を持ったことから実際に製作してみることにした。また、多くの類例全てが同じ方法で作られているとは考えられず、別の方法も探ることにした。

三連瓶は3つ、四連瓶は4つのパーツを接合して作られたとされているが、具体的な方法を知るために製作を行った。またこれら連瓶シリーズは同じ技法上にあると推測し、全てに共通する技法的特徴を明らかにすることも目的とした。尚、用いた道具は古代から使われていたとされる吹き竿、ポンテ竿、ジャック、ピンサー、平板(平らなものは何でも利用できる)のみである。

### 3. 結果

二連瓶は丸く吹いたガラスの中央を道具で挟む方法がオリジナルに近い結果となった。この方法は四連瓶にも用いられていると考えられる。また吹き竿から離す位置の違いなどで別の二連瓶も作ることができる(B)。従って、技法による分類が可能となる。三連瓶はこれとは違う製作方法だったが、この方法による二連瓶もある(C)。以上のように二連瓶は技法による細分化が可能で、また、連瓶シリーズは技法的に共通することが明らかとなった(図)。観察のみでは分からない技法的な問題の解明に還元実験は非常に有効な研究手段であることが示せたと思う。さらにその結果を分類に利用するなど、技法的側面から新たな視点を提示することも可能と思われる。古

代ガラス技法や、その地域性・時代的特徴の解明のために今後も製作数を増やし、今まであまりなされてこなかった技法的側面からのアプローチを試みていきたい。



図：連瓶シリーズの技法。共通する技法が使われている。\*1 *ANCIENT GLASS in the Hermitage collection* p.226 \*2 写真1の二連瓶 \*3 ニューアーク美術館にこの方法による二連瓶がある \*4 中近東文化センター所蔵 登録 No.M00967

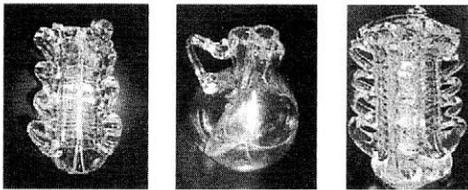


写真2：写真1をモデルにした復元品。

写真1は岡山市立オリエント美術館の許可を得て掲載しました。この場を借りてお礼申し上げます。

## CR・AR法を用いた非破壊材質調査の開発研究

—古代のガラスの材質判別—  
肥塚隆保（奈文研）・脇谷草一郎（京大）

### 1. はじめに

弥生時代から古墳時代にかけて多量のガラス玉類が流通した。なかでもカリガラスとソーダ石灰ガラスの分布地域と時代を正確に把握することが、東アジアにおけるガラスの交易を解明する重要な手がかりになる。しかし、ガラス玉類を1点ずつ分析するには莫大な時間を必要とし、これまで、重要な情報が欠落していた可能性があり、多量の遺物に対応した材質判別法の開発が必要となった。

本研究は、多量のガラス遺物に適用するため、遺物自身が有する自然放射能をIPに暴露して、そのPSL値から材質を判別する方法を開発した。ここでは便宜的にAR(Auto Radiography)法と呼んでいる。

### 2. 実験および測定の方法

CR法は従来のフィルムベース法にかわって、二次元放射線検出器としてイメージングプレート(IP)を利用する方法である。IPは超高感度と優れたダイナミックレンジを有し(図1)、かつデジタル画像の構築ができるので将来が期待される手法でもある。これまで、ガラス材質識別法として、アルカリケイ酸塩ガラスと鉛ケイ酸塩ガラスはX線吸収係数が大きく異なるのでCR法を適用していた。しかし、アルカリケイ酸塩ガラスはそれぞれX線吸収係数が近似しているためCR法での識別は困難であった。そこで、IPが有する超高感度特性を利用してガラス遺物自身に含まれる自然放射性物質から発生する放射能をIPに暴露して、その蓄積線量をレーザー照射による輝尽発光量(PSL値)として測定することによって、アルカリケイ酸塩ガラスの材質識別をおこなった。

実験および測定に用いた装置は、マイクロフォーカスX線拡大撮像システム( $\mu$ FX-1000)、イメージングアナライザー(BAS-5000)、暴露用鉛・銅製ボックスそして演算・出力装置などである。なお、IPはSR2025およびMS2025を使用した。X線照射後(CR)、もしくは、X線等放射線を照射しないで試料自身からの放射能を暴露後(AR)、IPに蓄積したエネルギーをレーザー照射励起(He-Neレーザー: 632.8nm)によって輝尽発光(PSL: Photostimulated Luminescence)させ、それを光電管(PMT:Photoelectric Tube)で検出して電気信号に変換(log amp)した後、A/D変換してデジタルデータとして画像を構築したり、PSL値を読み取った。

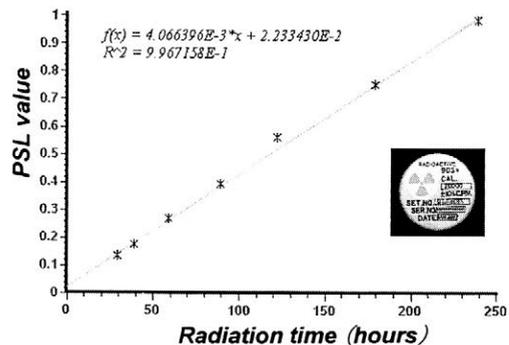


図1. IPのダイナミックレンジ

90Sr(20000±10%C.P.M.)を用いて2cmの距離からIPへβ線を照射して経過時間(蓄積線量の変化)とそのときのPSL値の変化について調べた結果、優れたダイナミックレンジを有していた。

### 3. 結果と考察

IP は二次元放射線検出器としては極めて高い感受性を有すると言われている。一般的に、ケイ酸塩を主体とする遺物にはウラン、トリウム、カリウム40 に由来する自然放射能が含まれている。ここでは標準物質として  $K_2CO_3$ 、JG-1a、JB-1a の粉体圧縮ピースを用いて IP 上に暴露して、時間の経過（蓄積線量）とそれぞれの PSL 値を測定した。その結果、短時間の暴露でもそれぞれの試料の識別が可能で、より長時間の暴露でその差がより明瞭に示されていた（図2）。また、いずれの試料でも時間の経過に対する PSL 値の間には良好な直線性が得られていた。

実際の出土ガラス遺物では、まず鉛ケイ酸塩ガラスとアルカリケイ酸塩ガラスの識別について CR 法を適用した。材質既知で厚さがほぼ同じ遺物に X 線を照射して、透過した X 線量を PSL 値として測定したところ、鉛ケイ酸塩ガラスでは吸収が大きく、アルカリケイ酸塩ガラスの 1/10 か、それ以下でありこれら両者の識別は容易である（表1）。いっぽう、アルカリケイ酸塩ガラスの材質については、CR 法では判別不可能であった。アルカリケイ酸塩ガラスの識別法として、カリガラスには 15% 前後の  $K_2O$  が含有して点に着目すると、他種類のアルカリケイ酸塩ガラスより強い放射能（40K）が放射していることが予想される。材質既知のガラス遺物と標準試料を IP に暴露して、PSL 値を測定したところ、ソーダ石灰ガラスは JB-1a より大きな PSL 値を示し、JG-1a よりやや小さな値を示すことが明らかになった。いっぽう、カリガラスは大きな PSL 値を示し、同時に暴露した JG-1 に比べてほぼ 2 倍の値を示していた。多量のガラス遺物を同時に暴露して、標準試料と比較することによって単に画像の濃淡だけでも材質の識別が可能であることを示している。本研究では、この手法によって、朝鮮半島北部（楽浪土城）から出土している mutisalah 玉の中からカリガラスを発見したり、古墳時代の青紺色ガラスにはカリガラスがかなりの量が流通していたこと、などが明らかにされつつあり、新しい非破壊材質調査法として将来が期待される。また、無機材質の遺物だけでなく、木材等にも適用可能なことが最近わかってきた。

表1. CR 法を用いたガラス材質の判別

Glass system	Soda glass	Potash glass	Lead glass	Lead glass
PSL value	2.157	2.020	0.152	0.194

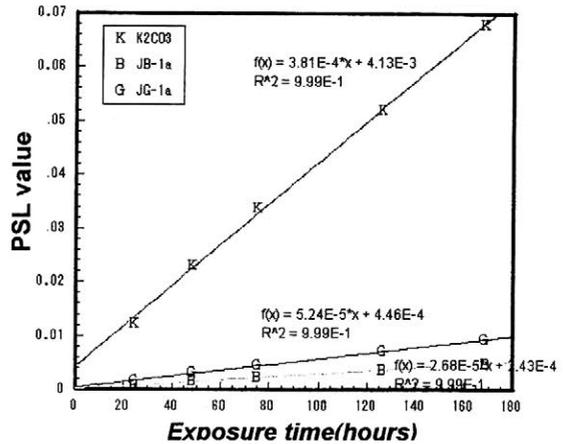


図2. 各標準試料を IP に暴露したときの、時間と PSL(pixel<sup>2</sup>)値の変化

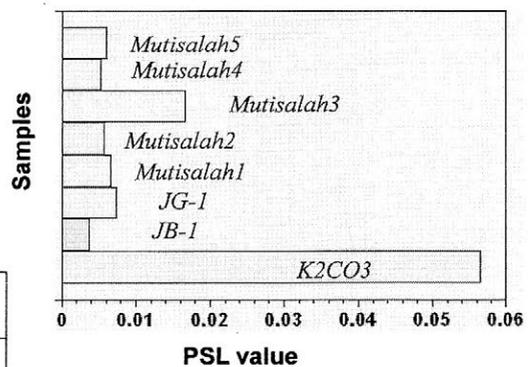


図3. 暴露実験によって得られた PSL 値

## 放射光 X 線分析によるイスラームラスター彩ガラスの装飾技術の研究

ほくろ

○保倉明子、沢田貴史、中井 泉（東京理科大・理）  
真道洋子（中近東文化センター・エジプト調査室）

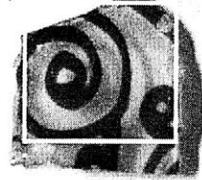
## 1. はじめに

エジプト出土遺物の中でも中世イスラーム時代のガラス器には、表面に褐色、黄色、赤色などの装飾を施した美しいラスター彩ガラスが存在する。同時代の遺物には、銅や銀の顔料を用いた金属的光沢をもつラスター彩陶器が有名であるが、ガラスの場合には陶器と異なり、ラスター顔料がガラスと化学反応したステイン現象が起きていると考えられている。しかしその色彩の発色機構や表面修飾技法の詳細は明らかになっていない。本研究では、非破壊測定法である蛍光 X 線分析および放射光を励起源とする X 線吸収分光法である XAFS 法を用いて、エジプトシナイ半島のラーヤおよびワーディ・アットゥール遺跡から出土したイスラームラスター彩ガラスの装飾技術を解明することを目的とした。なお本遺跡は中近東文化センターにより発掘調査（調査隊長 川床睦夫）が行われているイスラーム時代の港湾都市の遺構（8-12 世紀）であり、ラスター彩が施されたガラスや陶器の出土数が多いのが特徴である。

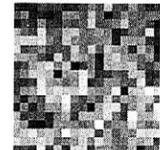
## 2. 実験

ポータブル蛍光 X 線分析装置（OURSTEX140 プロタイプ）を発掘調査施設に持ち込み、現地で遺跡から出土したラスター彩ガラスの素地およびラスター彩部分について組成分析を行った。またラスター彩に使用されている金属元素の化学状態を明らかにするため、中近東文化センターの所蔵品数点について、蛍光法による XAFS 測定を行った。Cu については高

(a) 分析範囲



(b) Ag



(c) Cu

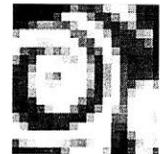


図 2. 二次元分析結果  
試料：DLG11  
(蛍光 X 線強度大：白)

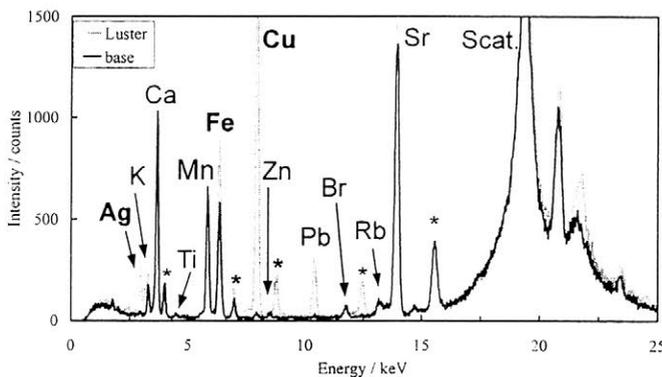


図1. ラスター彩ガラス(DLG11)の蛍光 X 線スペクトル  
\*: 主線のβ線

エネルギー加速器研究機構 PF BL-12C で分光結晶 Si(111)、ライトル検出器を用いて、Cu K 吸収端の XAFS 測定を行い、一方、Ag については高輝度光科学研究センター SPring-8 BL01B1 で分光結晶 Si(311)、ライトル検出器を使用して Ag の K 吸収端の XAFS 測定を行った。また XAFS 解析には理学電機㈱製の解析ソフト REX2000 を用いた。

### 3. 結果と考察

ポータブル蛍光 X 線分析装置によりガラス素地およびラスタ彩部分の組成分析を行ったところ、黄色、褐色、赤色の装飾部分からは Ag, Cu, Fe などが検出された。褐色に彩色されたラスタ彩ガラスの蛍光 X 線分析結果の一例を図 1 に示す。また実験室系の蛍光 X 線分析装置を用いて得られた Ag と Cu の二次元分布を図 2 に示す。Ag の強度は相対的に低くてわかりにくい、Ag と Cu が模様部分において検出されたことから、ラスタ彩装飾するにはこれらの元素を含む顔料を塗布していたことが確認された。

蛍光 XAFS 測定から得られた Cu と Ag のスペクトルをそれぞれ図 3, 4 に示す。化学形が既知の試薬（金属箔、酸化物）も同様に測定し、ラスタ彩ガラス試料と比較した。その結果、褐色(DLG11, 12)の装飾部分において、Cu は酸化物として存在しているのに対して、赤色部分(DLG15)では Cu は金属として存在していることが明らかになった。このことから銅赤（銅コロイド）による発色機構が推測される。一方、Ag については、いずれの試料についても金属 Ag に類似したスペクトルが得られた。

今後はこれらの知見をもとに、顔料の金属組成比、ガラスに装飾する際の焼成温度、雰囲気などの条件を調整して、ラスタ彩ガラスの再現実験を行い、当時の装飾技術や技術の変遷について考察を加える予定である。

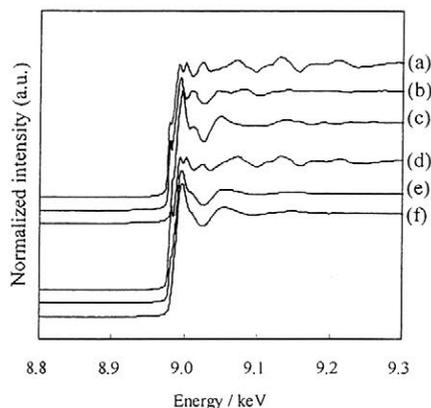


図 3. Cu K-XAFS スペクトル  
(a) 金属 Cu, (b) Cu<sub>2</sub>O, (c) CuO  
(d) DLG15 赤色部分, (e) DLG12 褐色部分,  
(f) DLG11 褐色部分

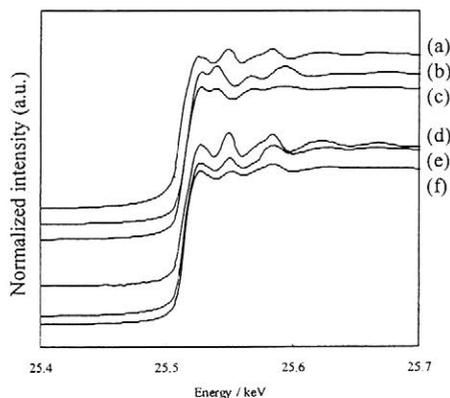


図 4. Ag K-XAFS スペクトル  
(a) 金属 Ag, (b) Ag<sub>2</sub>O, (c) AgO  
(d) DLG15 赤色部分, (e) DLG12 褐色部分,  
(f) DLG11 褐色部分

## ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた古陶磁伝世品のその場分析

○三浦 裕・中井 泉（東理大・理）・田村 哲・仲野泰裕（愛知県陶磁資料館）

### 1 はじめに

古陶磁伝世品の化学的研究を困難としている問題に対する一つの解決法として、ポータブル蛍光 X 線分析装置の利用が考えられる。この様な装置を用いて博物館や美術館内で化学的な分析が行われた報告は、早川ら<sup>1)</sup>による「源氏物語絵巻の研究」がよく知られているが、古陶磁伝世品の様に立体的な試料に対するその場分析が行われた事例は少ない。古陶磁伝世品に対する本格的な化学的研究が行われていないため、古陶磁伝世品には多くの未解決の問題が存在する。その一つが赤色下絵に関する問題である。日本に色絵の技術が伝えられた当時、赤色下絵顔料には金を発色元素とした「正円子」(しょうえんじ)と、銅を発色元素とした「釉裏紅」(ゆうりこう)と呼ばれる二つの顔料があったといわれている。江戸時代後期になると金を用いた淡い赤色の雰囲気を、金以外の安価な顔料を用いて呈色させる方法について試行錯誤がなされるようになってきた。そのため、特に明治以降の作品には淡い赤色を呈色したものが多く登場している。しかし、それらの作品が実際にどのような技術を用いて制作されたかを明らかにするためには化学分析が有効である。したがって、そのような作品を分析すれば赤色の下絵付技法に新たな知見を得ることができると期待される。本研究は、我々が装置メーカーと共同で開発した大型の文化財も高感度に分析できるポータブル蛍光 X 線分析装置<sup>2,3)</sup>を用いて、古陶磁伝世品のその場分析法についての基礎的検討を行うとともに、古陶磁に関する上述のような問題を解明し、産地や時代、技法と関係する化学的情報を得ることを目的とした。

### 2 実験

測定は愛知県陶磁資料館の館蔵品に対して行った。使用した装置は OURSTEX 社製ポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX140 プロトタイプ<sup>2)</sup>および OURSTEX100FA<sup>3)</sup>である。OURSTEX140 プロトタイプの光学系を図 1 に示した。本装置の特徴は Pd 管球からの X 線をトロイダルモノクロメータによって分光、集光し、高輝度の単色光を用いる事により、高感度分析を可能とした事にある。測定の目的に応じて励起源 (K 線, L 線, 白色 X 線, 1 次フィルタ) を選択することができ、本研究では Pd の K 線, L 線および白色 X 線を励起源としてそれぞれ測定を行なった。発生した蛍光 X 線は SDD で計測され、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)を用いて信号処理が行なわれる。また、さらに可搬性を高めた 2 号機である OURSTEX100FA では、三脚や特製の装置台を用いることで試料を定位置に据えたまま非接触で再現性の高い測定が可能となった(図 2)。試料として伊万里の染錦鯉滝昇長壺をはじめ、有田、瀬戸、犬山、九谷などの古陶磁伝世品計 108 点を分析した。また、色絵磁器が制作されたとする生産窯を中心とした、出土陶片試料を計 100 点、絵付顔料などの陶磁器原料計 12 点を分析した。

### 3 結果と考察

図 3 に染付花鳥文蓋茶碗(上段)および染錦鯉滝昇長壺(下段)の下絵赤色部分の蛍光 X 線スペクトルを示す。スペクトルからそれぞれ銅と金が検出され、染付花鳥文蓋茶碗の赤色は銅による発色であり、染錦鯉滝昇長壺は金による発色であることがわかった。このような分析結果より、開発した装置は絵付顔料の非破壊分析に大変有効であることがわかる。

図 4 は絵付けの釉(青色部分)について、地域による絵付け顔料の化学組成、技法の違

いを検討するために作成した、各元素の蛍光X線強度から求めたPb/(K+Ca)比とCo/Mn比をパラメータとする散布図である。絵付様式によるCo/Mn比に大きな差があることが明らかとなった。このことは生産地により釉に用いた原料が異なっていた事を示している。

以上の様に、古陶磁を分析することで産地や技法に関して有用な情報が得られた。このような知見は、技術の再現を試みるための基礎情報としても有用である。本法は、博物館や美術館で収蔵されている貴重な伝世品や発掘品に直接分析の光を当てることが可能であり、今後文化財の化学分析法として広く用いられることが期待される。

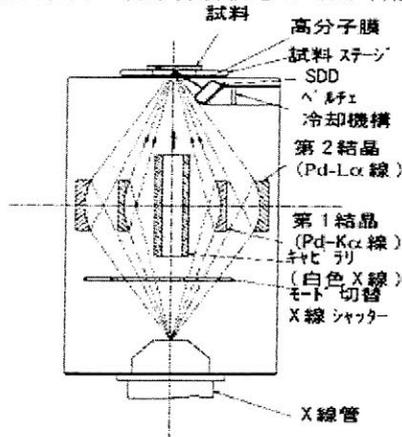


図1 装置の光学系

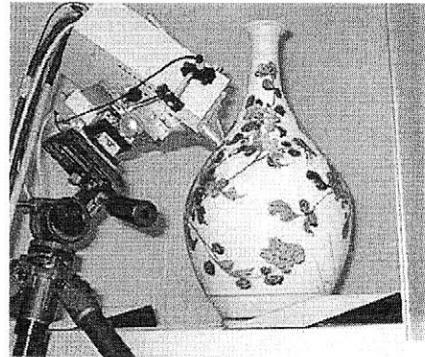


図2 測定風景

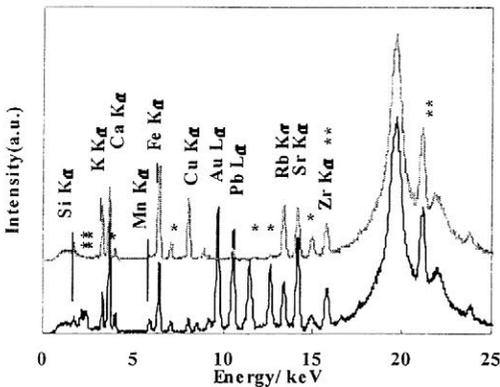


図3 染付花鳥文蓋茶碗(上段)および染錦鯉滝昇長壺(下段)の蛍光X線スペクトル  
\* : 主線のβ線    \*\* : 励起X線

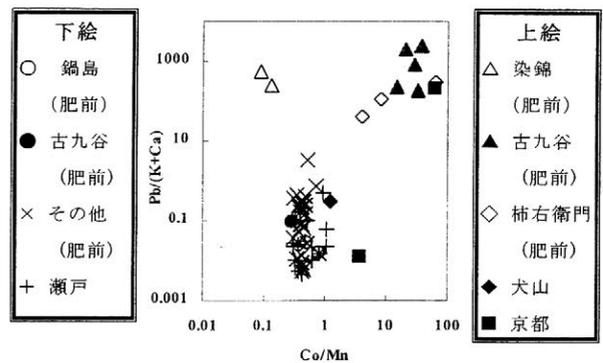


図4 青色顔料組成の違い

【文献】

- 1) 早川泰弘, 平尾良光, 三浦定俊, 四辻秀紀, 徳川義崇「ポータブル蛍光X線分析装置による国宝源氏物語絵巻の顔料分析」『保存科学』39, 1 (2000).
- 2) 中井 泉, 寺田靖子, 山田祥子, 中嶋佳秀, 椎野 博, 宇高 忠「新開発の3ビーム励起源とシリコンドリフト検出器を備えた可搬型蛍光X線分析装置によるシナイ半島出土遺物のその場分析の試み」『X線分析の進歩』33,331(2002).
- 3) 真田貴志, 保倉明子, 中井 泉, 前尾修二, 野村恵章, 谷口一雄, 宇高 忠, 吉村作治「新開発のポータブル蛍光X線分析装置によるエジプト, アブ・シール南丘陵遺跡出土遺物のその場分析」『X線分析の進歩』34,289(2003).

○小笠原正明（北大高等教育センター）・荒川竜二（北大工）・原奈々絵（同）

## はじめに

東日本および北日本の縄紋遺跡からは、さまざまな形で天然アスファルトが出土する。天然アスファルトは、古生代において海や湖沼などに沈積した生物有機体が、その後の地形の変化によって閉じ込められてできたものである。これらの根源生物であるバイオポリマー（リグニン、セルロース、脂質、蛋白質など）は、もともと化学構造が複雑なだけでなく、長い地質年代の経過とともにさまざまな変成作用を受けてさらに複雑な物質に変化している。そのため、長いあいだ出土アスファルトの化学分析から産地や供給ルートを推定することは困難とされていた。

1991年にイスラエルのグループは、重質油分析の方法を天然アスファルトに応用し、アルカンおよび芳香族類のガスクロマトグラフ分析、ガスクロマトグラフ質量（GCマス）分析などから、古代オリエント時代の死海周辺の天然アスファルトの分類を試みた。これとは別に著者らは、1994年に北海道の豊崎N遺跡で巨大なアスファルト塊が出土したことを契機に、考古学的な問題意識に直接こたえることができる化学分析法の開発を思い立った。アスファルトの元素分析や溶媒分割を手始めに、パラフィン成分と芳香族成分の比を比較する方法、パラフィン成分の電界電離（FI）マススペクトルの形状を比較する方法、FIマススペクトルのZ数を指標とする方法などを開発してきた。今回、Z数解析の結果をGCマス分析でクロスチェックする総合的な化学分析法について報告する。

## 実験

出土したアスファルト資料の表面部分を取り除いてベンゼン・メタノール混合溶媒で抽出し、溶媒に可溶性成分を蒸発乾固したあと、n-ヘキサンで抽出を行った。ヘキサン可溶性成分をオイル分、不溶分をアスファルテン分と呼ぶ。オイル分を高速液体クロマトグラフィーで脂肪族、脂環族などのパラフィン成分、1環芳香族成分、2環芳香族成分、極性化合物成分などに分割し、パラフィン成分についてFIマスやGC-マスのスペクトルを測定した。

## 結果と考察

### 1) FIマススペクトルのZ数解析の結果

天然アスファルトの産地としての条件は、1) 地表あるいは地表近くに、露頭あるいは層としてアスファルトが存在すること、2) 近隣に縄紋遺跡があること、の2つである。この条件をクリアする産地は、今のところ秋田県の昭和町槻木、同じく二ツ井駒形、新潟県新津市大入の3カ所だけである。単に油田があるだけでは、アスファルトの産地と必ずしも言えない。油田から得られる原油のオイル分のパラフィン成分のFIマスは、天然アスファルトと明らかに異なるパターンを示すからである。サハリン北部のストボで産出するタール状の物質などは、この原油のFIマスに固有のパターンを示す。

図1に示すように、わが国における出土天然アスファルトの分布は、これら産地の周辺だけではなく、東日本および北日本全域に広がっている。FIマススペクトルを、環構造の数の関数であるZ数ごとに分割し、Z=-8とZ=-6の成分スペクトルの面積比Rを比較することにより天然アスファルトを分類できる。産地である秋田県二ツ井の試料のR値は $0.632 \pm 0.034$ 、同じく昭和町の試料は $0.648 \pm 0.046$ と求められた。この2つの原産地の試料のR値は最終的に誤差の範囲で区別できないと結論されたので、これを合わせて秋田系と呼ぶ。一方、新潟県新津市の試料のR値は $0.837 \pm 0.058$ であり、統計的に区別できたので、これを新潟系と呼ぶ。



## 珠洲陶器の産地推定

○三辻利一（大谷女子大） 吉岡康暢（前国立歴史民族博物館）

### 1) はじめに

古代最大の窯業生産の産物は須恵器であり、その生産地である窯跡は全国各地に残っている。長年にわたる窯跡出土須恵器の分析化学的研究の結果、漸く須恵器産地推定法は出来上がってきた。その中核にある方法は2群間判別分析法である。如何にして2群間の判別分析に持ち込むかが主要ポイントとなる。他方、中世陶器の産地推定法の開発研究は遅れている。窯跡出土中世陶器の分析化学的研究が遅れているからである。方法としては須恵器の場合と同様、2群間判別分析法が中核になるが、どこに焦点を当てるかが問題である。本研究では、日本海側の中世陶器の伝播、流通の解明を目指して、多数の中世陶器窯跡が見つけれられている石川県珠洲市の珠洲陶器に焦点を当て、富山県八尾市の越中八尾窯、新潟県北蒲原郡笹神村の笹神窯、秋田県仙北郡南外村の大畑窯、秋田県山本郡二ツ井町のエヒバチ長根窯などのいわゆる、珠洲系陶器、さらに、福井県南条郡宮崎村の越前陶器も含めてその相互識別をまず、検討した。その結果を使って、北陸、東北地域の遺跡出土の珠洲陶器を検出した結果についても合わせて報告する。

### 2) 分析法とデータ解析法

資料の処理法と試料の作成法は須恵器の場合と同様である。判別分析に使用する因子もK、Ca、Rb、Srを中心とするが、地域差が明確に出た場合には、Na、Feも使用した。

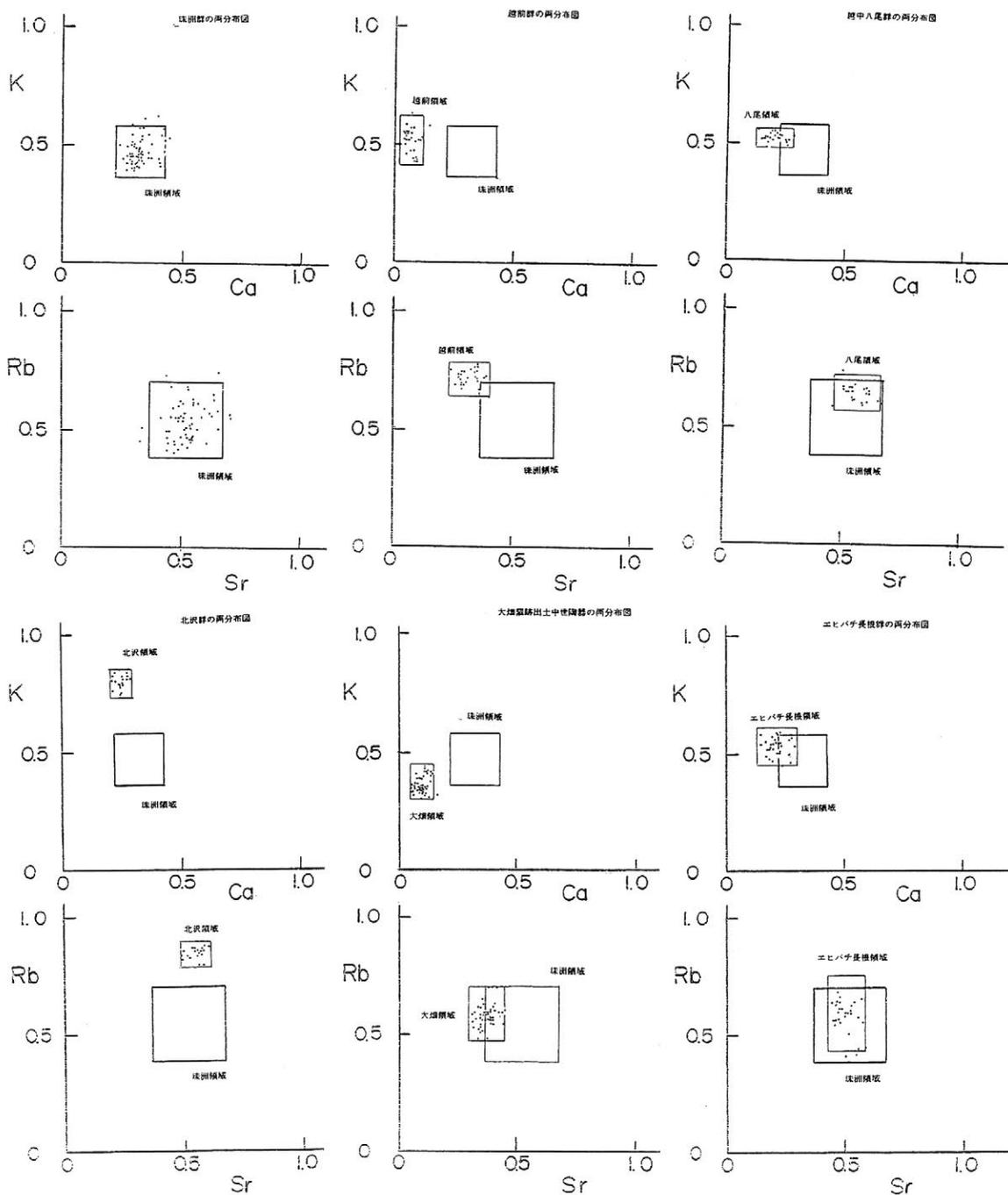
### 3) 分析結果

#### (1) 窯間の相互識別

窯跡出土中世陶器の分析結果はまず、K-Ca、Rb-Srの両分布図上にプロットされ、窯跡出土中世陶器の化学的指紋を定性的に把握する。次ページには珠洲陶器、越前陶器、珠洲系陶器の両分布図を示す。比較のために、各窯の定性的な領域を長方形で示してある。珠洲陶器は10基の窯跡出土破片の分析データである。各窯の分析データは必ずしもぴたりと一致する訳ではないが、珠洲群として一定の領域を作るほどのまとまりをみせる。これを珠洲領域とした。他の窯跡出土中世陶器の分布領域を珠洲領域と比較した。越前陶器は珠洲陶器に比べて、Ca、Sr量が少ないことがわかる。越中八尾領域は若干、珠洲領域と重複するところがあるものの、相互識別の可能性があることがわかる。相互識別ができるかどうかは判別分析にかける必要がある。越後の笹神丘陵の北沢窯のものはK、Rb量が珠洲陶器にくらべて多く、両群の領域は両分布図で明白に分離している。秋田の大畑窯の製品も珠洲陶器に比べて、Ca、Sr量が少なく、両分布図からも相互識別の可能性が十分あることが予想できる。エヒバチ長根窯の領域は珠洲領域とは少しずれる。以上の結果、珠洲陶器は越前陶器、珠洲系陶器から相互識別の可能性が十分あることが予想される。実際に、珠洲群と各珠洲系試料群との2群間判別分析の結果、相互識別ができることが証明された。したがって、珠洲群と越前群、珠洲群と珠洲系窯との2群間判別分析によって、珠洲陶器の伝播を追跡できる。

#### (2) 珠洲陶器の検出

日本海側の各県の遺跡から珠洲陶器が検出された。さらに、奥州藤原氏の柳の御所跡からも珠洲陶器が検出されており、珠洲陶器は考古学者が指摘していたように日本海側沿いに広く伝播していることが元素分析からも確認された。



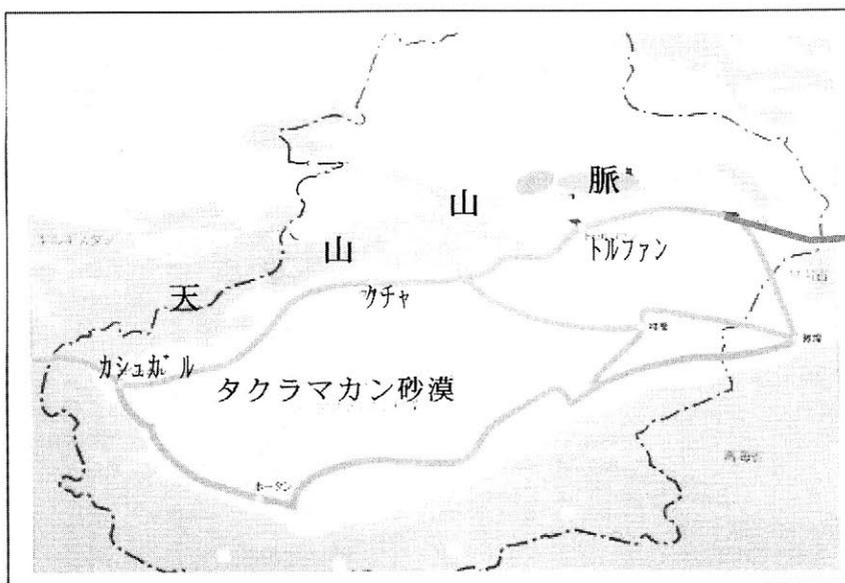
## シルクロードにおける銅生産

平尾良光（別府大学），榎本淳子（東京文化財研究所）

梅建軍，高浜秀（金沢大学）

はじめに

シルクロードとは中国前漢時代にひらかれた中国から西アジアへ通じる通商路のことである。時の皇帝の命により、この路を通して物資の交流が行われたことは有名である。しかしながら、このような組織的な事業としてではなくても、その以前から人々が往来したと理解されている。今回はシルクロード全域ではなく、その東側に当たる中国新疆天山山脈およびタクラマカン砂漠地域に焦点を当てる。図1で示されるように、新疆のこの地域は天山山脈が東西約千 km、天山山脈とタクラマカン砂漠とで南北が約六百 km に及ぶ広大な地域である。この地域から発掘された青銅資料が少ないながらも得られるようになった。



この地域における古代遺物に関しては考古学的な発掘がそれほど進んでいないため組織的な理解が深まっていない。また、それ故に、古代青銅器に関する自然科学的な測定・

考察もほとんど行われていないのが実状であり、中央アジアの青銅器の一部として、断片的に紹介されることがあるという程度である。

今回、この地域から少ないながらも約 30 点の銅精錬滓や、銅製品などが自然科学的な測定のために資料として提供されたので、化学組成と鉛同位体比を測定し、銅製品の流通に関する知見を得ようとした。化学組成は資料表面を研磨して金属面が出るようにしてから蛍光 X 線分析法で測定した。鉛同位体比は資料の一部を採取し、

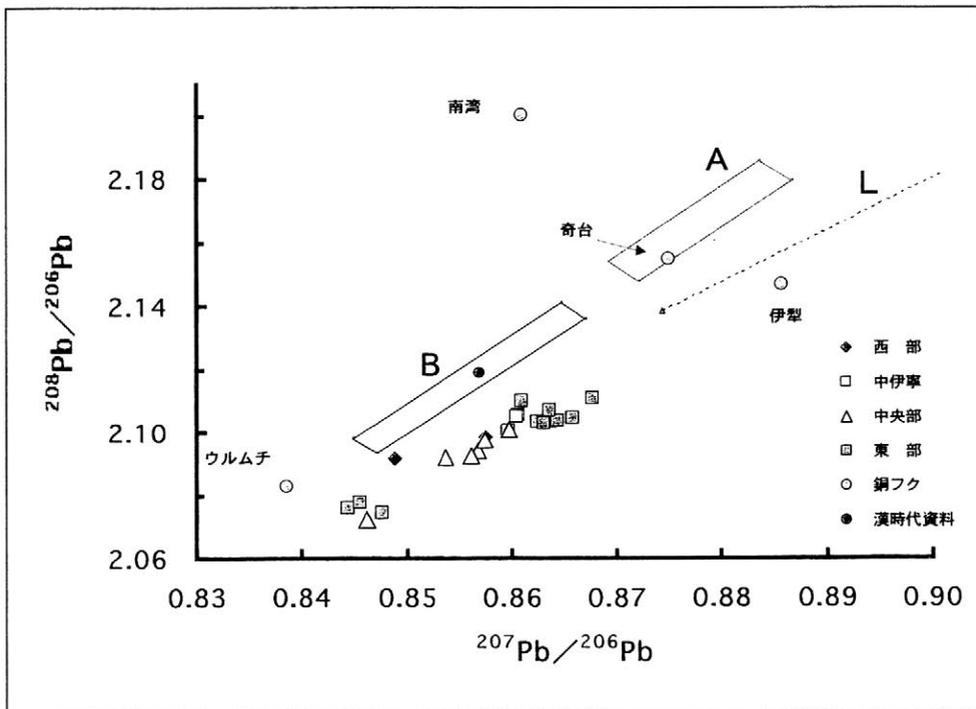
表面電型質量分析計で測定した。

## 結 果

化学組成から判断すると、全体的に純銅製品が多かった。いくつかの資料では鉛が10%に達する場合があり、時代が新しくなるにつれ、銅合金を製作するようになったと判断できる。

得られた鉛同位体比の結果を図2で示した。この図から、新疆地域に広がった資料は中国中原地域の材料とは明確に異なった分布を示した。天山山脈は東西約千kmに広がりながら、鉛同位体比はかなりまとまった分布を示した。

個々の資料がもつ鉛同位体比に関して得られた特徴は、1) 銅フクと呼ばれる容器が非常に大きくばらついた。このことは製作地の違いあるいは製作時期の違いを示唆し、時代的にまた地域的に異なった複数の地域で製作され、この地へもたらされたと推測される。2) 四川省産材料と似た値を示す資料や、後漢時代と推定された資料が華南産の材料と類似した値を示したことも注目される。このように、新疆地域の青銅資料が示す鉛同位体比はこの地域における材料の流通に関して、新たな知見を加えることが期待される。



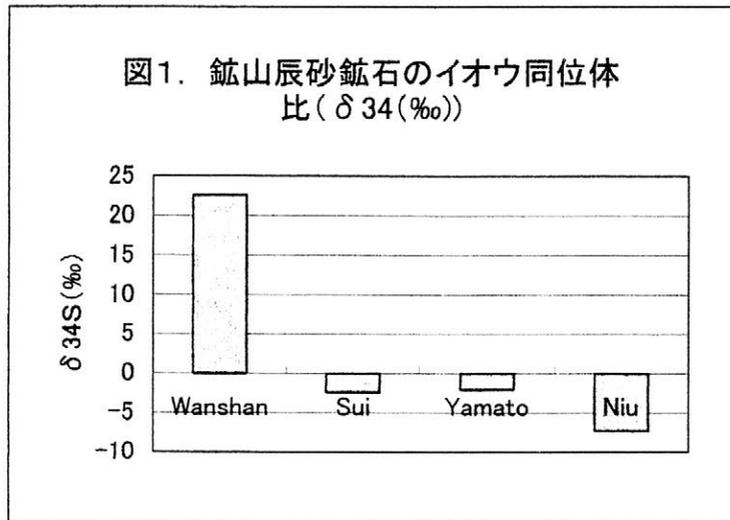
## イオウ同位体比より見た遺跡出土朱の産地推定

○ 南 武志 (近畿大) 今井 亮 (東大) 今津節生 (檀原考古学研究所)

### 1. はじめに

弥生から古墳時代の遺跡には、内部に赤色顔料の朱（硫化水銀）が用いられていたことを示す例が多数報告されている。我々は、この朱のルーツを探ることを目的として、まず始めに朱に混在する微量元素の分布の違いを観察した。硫化水銀は、結晶性の高い化合物であり、生成過程で他の元素を取り込むことは少ないと考えられている。しかしながら天然の辰砂鉱石を粉砕して朱を精製する過程では、どうしても母岩形成物質の混在を避けることはできない。我々は、遺跡より採取した朱の塊から周囲の汚染に注意して一部を高倍率の顕微鏡や SEM-EPMA で観察し、 $20\mu\text{m}$  前後の朱粒子と共に石英などが混在していることを確認している。それ故、朱に混在している微量元素の分布を調べることは、母岩組成に起因する可能性が高く、産出した鉱山にたどり着ける可能性を示唆していた。しかし、微量元素はあくまで混在物であり、より直接的な手法で朱のルーツを探る必要性が議論された。そこで、朱（硫化水銀）を構成するイオウの同位体比の測定に至った。前回の文化財科学学会では、中国の古い辰砂鉱山である貴州省銅仁地区万山特区と三重県丹生鉱山・奈良県大和水銀鉱山・徳島県水井鉱山から得た辰砂鉱石の辰砂部分のイオウ同位体比を測定した。その結果、図

1 に示すごとく中国万山産と日本産の間には明らかな違いがあること、また日本産の中でも丹生鉱山産と大和水銀鉱山産および水井鉱山産の間に違いがあることを報告した。そこで今回、西日本各地の弥生時代から古墳時代にかけての遺跡より出土した朱につい



てイオウ同位体比を測定し、その値から産地の推定が可能かを検討した。さらに、今回いくつかの遺跡朱について微量元素量も測定し、イオウ同位体比と微量元素の関係についても検討を加えた。

## 2. 測定試料と方法

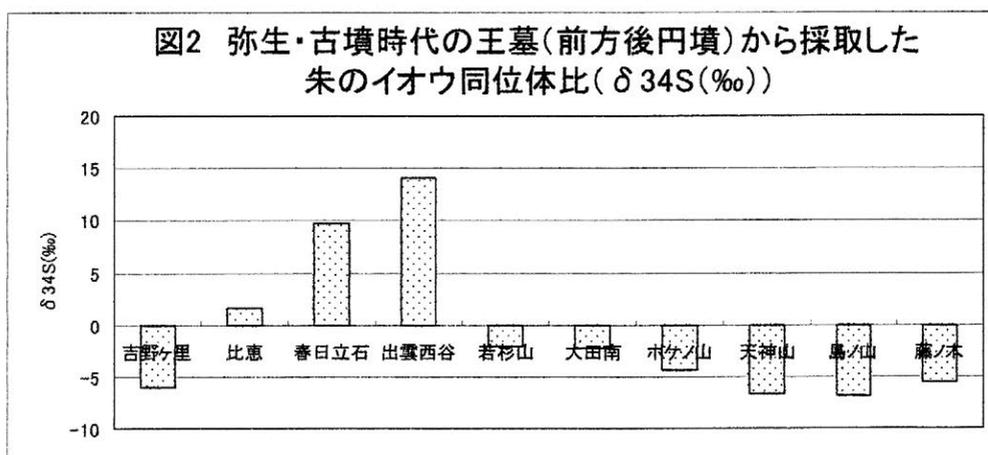
弥生時代から古墳時代にかけての西日本各地の遺跡より出土した朱について、不純物を実体顕微鏡下で出来るだけ取り除いた朱部分を測定に用いた。

イオウ同位体比の測定は、以下の方法に従って行った。すなわち、朱に濃硝酸と臭素を加えて硫酸化合物とし、そこに炭酸ナトリウムを加えて硫酸ナトリウムを作成、強酸型陽イオン交換樹脂で陰イオンを採取、塩化バリウムを加えて硫酸バリウムの沈殿を得た。これに五酸化バナジウムを加えて熱し亜硫酸ガスを発生させ、質量分析計に導入した。得られたデータは標準物質（キャニオンディアプロ隕石中のトロイライトの持つ同位体比）との千分偏差（ $\delta^{34}\text{S}(\%)$ ）で表示した。

朱に含まれる微量元素含量は、朱に王水を加えて溶解し、超純水で希釈後 ICP-AES で測定した。

## 3. 結果および考察

遺跡朱のイオウ同位体比を測定したところ、プラス7～20%の値を示すグループとマイナス5%を超えるグループに大別分することができた。また、プラスマイナスの境界付近を示すグループも僅かながら存在することが判明した。大きくプラスの値を示すグループとして、奴国の王墓群に位置する福岡県春日市立石遺跡（1世紀）や、出雲の王墓と考えられる西谷3号墳（2世紀末）などが上げられる。一方、マイナス5%を超えるグループとして、天神山古墳（3世紀末）、メスリ山古墳（4世紀初）、島の山古墳（4世紀末）、五条猫塚古墳（5世紀）藤ノ木古墳（6世紀末）など、大和を中心に築かれた巨大前方後円墳が上げられる。加えて、マイナス5%を超す一部の遺跡朱の微量元素を測定したところ、高値の砒素含量を示すものがあった。砒素は丹生鉱山から産出する辰砂に多く含まれる元素として知られている。以上のことから、イオウ同位体比の測定だけでなく微量元素含量を組み合わせることによって、より確率の高い産地推定が可能であると考えられる。



## 石鍋原材料の比較研究

○今岡照喜（山口大学）・中村徹也（山口県埋蔵文化財センター）・早坂康隆（広島大学）・松里英男（山陽町教育委員会）

### 1 はじめに

我が国における石鍋の産地としては、唯一長崎県大瀬戸町のホゲット石鍋製作所遺跡（国指定史跡、以下ホゲット遺跡という）が知られていたが、1986年に山口県宇部市の下請川南遺跡からも石鍋の原石を切り出していた作業場跡が発見された。石鍋の素材や特性に両者間の明瞭な違いが見つければ、関東地方から沖縄県までの各地の遺跡で見つっている石鍋の産地が特定でき、当時の交易圏や文化圏を探る上で重要な情報となるであろう。この度、両遺跡から出土した石鍋の岩石記載学的特性、全岩の主成分および微量成分化学組成、鉱物の化学組成などについて比較研究したところ、それらに明瞭な差異が見られることが分かったので報告し、いずれの遺跡からもたらされたものかを示す識別図を提案する。

### 2 ホゲット遺跡と下請川南遺跡の概要

**2-1 ホゲット遺跡** 長崎県西彼杵郡大瀬戸町に位置し、大瀬戸町教育委員会（1980）による詳細な報告がある。遺跡付近の地質は長崎変成岩類とよばれる低温・高圧型の変成岩類からなる。最近では、本地域の変成岩類は三波川帯に相当するとされている（Nishimura, 1998）。滑石片岩は、蛇紋岩と塩基性片岩ならびに蛇紋岩と泥質砂質片岩類との間に形成された反応帯の構成岩石であったと考えられる（西山、1989）。発見された資料は石鍋粗製品の欠損したものがほとんどで、そのほかにスタンプ型製品（用途不明）もわずかに産出する。石鍋の生産が行われた時期については、石鍋が出土している遺跡の時代が、おおよそ平安末～中世とされているところから、それとほぼ同時期と考えられている。

**2-2 下請川南遺跡** 山口県宇部市大字西岐波字笹尾に位置し、付近の通称名を下請川と称する。宇部市土地開発公社・山口県教育委員会（1987）によって遺跡の調査結果の詳細が報告されている。それによると、遺跡は、標高約85mの丘陵一帯に分布する。この丘陵および付近の地質は、230-160Maの年代を示す周防変成岩に属する各種の片岩、蛇紋岩および滑石片岩からなる。検出された遺構には、石鍋等滑石素材採掘址、採掘時の石屑や製作途中に破損した石鍋等未製品の投棄されたズリ山、テラス状遺構がある。出土した遺物には、石鍋未製品、棒状未製品・板状未製品があり、石鍋未製品が大半を占める。完成した石鍋製品は1点も認められなかった。

この生産址の時代的位置づけについては、土器などの手がかりとなり得る遺物を全く出土していないため判然としない。しかし、石鍋未製品の形状から完成品の形態を推定し、従来出土している石鍋製品の編年に対比するとすれば、森田（1983）の編年のC群に近いものとみられることから、室町時代ごろと推定されている。

### 3 研究試料と岩石記載

長崎県のホゲット遺跡の試料については、大瀬戸町教育委員会の許可とご協力を得て、遺跡内に散在する石鍋未製品を採取した。ノミ跡など明らかに加工の跡が見られるものを選んで採取した。宇部市の下請川南遺跡については、山口県埋蔵文化財センター所蔵の資料を中村が選り出し検討に供した。

石鍋の石材は、いずれの遺跡のものも滑石を90%以上含む滑石片岩である。下請川南遺跡の滑石片岩は、滑石のほかに直閃石、カミングトン閃石、トレモラ閃石、クロムスピネル（±）を含む。直閃

石は、片理を切って成長しており、明らかに片理形成後に成長している。

一方、ホゲット遺跡の試料は、滑石のほかにトレモラ閃石、緑泥石、クロムスピネル (±)、カオリン鉱物を少量含む。

両遺跡の滑石を比べると、そのサイズに違いがあり、ホゲット遺跡の試料はより大きい。さらに下請川南遺跡の試料における直閃石の存在は特徴的である。遺跡から水平距離で約 1.5 km のところに白亜紀花崗岩が分布し、直閃石はその産状から花崗岩による接触変成作用によって生成したものと考えられる。ホゲット遺跡の試料では、緑泥石とカオリン鉱物が特徴的である。

#### 4 全岩化学組成

石鍋の原材料の滑石片岩について、全岩の化学分析を行った。主成分および微量元素 (V, Cr, Ni, Cu, Ga, Rb, Sr, Y, Nb, Zr, Ba, Pb) の分析は山口大学機器分析センターに設置の理学電機製全自動蛍光 X 線分析装置 (RIX 3000) を用いて行った。蛍光 X 線分析 (XRF) による測定方法は、梅本ほか (2000) に従った。分析精度も、梅本ほか (2000) に記載されている。H<sub>2</sub>O (±) は重量法によって定量した。

主成分と微量成分を合わせて 24 元素について分析したが、結果として SiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に有意の差が認められた。ホゲット遺跡の試料は下請川南遺跡の試料より SiO<sub>2</sub> に乏しく、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富む。

#### 5 鉱物の化学組成

まず滑石についてみると、下請川南遺跡の試料では mg/(mg+Fe) 比が 0.91-0.96、ホゲット遺跡の試料のそれは 0.92-0.96 で、後者にやや同比が高いものが多いが、明確な違いは認められない。トレモラ閃石についてみると、下請川南遺跡の試料の mg/(mg+Fe) 比は 0.82-0.87 で、ホゲット遺跡のそれは、0.90-0.94 を示す。下請川南遺跡の試料のカミングトン閃石の mg/(mg+Fe) 比は 0.76-0.80 を、直閃石は mg/(mg+Fe) 比は 0.81-0.88 を示す。また、クロムスピネルの Cr/(Cr+Al) 比は 0.67-0.87 で、Cr に富む Cr-spinel である。ホゲット遺跡の試料の緑泥石は Si=5.8-6.9、Fe/(Fe+Mg)<0.18 で、clinochlore-penninite に属する。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は 11-18% 含まれる。カオリン鉱物は 23-36% の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を含む。

#### 6 結果と考察

既述のように、石鍋の化学組成についての検討結果から SiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に有意の差が認められることがわかった。石鍋の化学組成は、当然ながら滑石の化学組成とほとんど同じである。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> について見るといずれの遺跡のトレモラ閃石でも 0.8% 以下、カミングトン閃石では 0.8%、直閃石では 0.7% 以下で、これらはいずれも全岩の組成に大きな影響を与えない。しかし、ホゲット遺跡の試料では、緑泥石やカオリン鉱物の存在が特徴的である。緑泥石の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は 14-17%、カオリンのそれは 23-36% である。モードで 10% 以下でも全岩の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に大きな影響を与える。したがって、ホゲット遺跡の石鍋のより高い Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、緑泥石とカオリンの含有量に比例しているものと推定される。

長崎県のホゲット遺跡と山口県の下請川南遺跡から出土した石鍋の岩石学的な特徴は以下の通りである。薄片を作成して偏光顕微鏡で観察すること、あるいは XRF で分析することによって容易に識別できることがわかった。識別のポイントは以下のとおりである。

1. ホゲット遺跡の滑石片岩の滑石のサイズは、下請川南遺跡のそれと比較すると大きい。
2. ホゲット遺跡の滑石片岩には緑泥石やカオリンが見られる。
3. 下請川南遺跡の滑石片岩には直閃石が見られる。
4. ホゲット遺跡の滑石片岩は下請川南遺跡のそれと比較すると Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富み、SiO<sub>2</sub> に乏しく、両者は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 図上で識別可能である。

## 石器・玉類の原材産地分析（19）

○藁科哲男（京都大学原子炉実験所）

**はじめに** 現在までに日本、ロシア、台湾など含めて作った黒曜石の原石・遺物群の合計225群で、\*安山岩（サヌカイト）では、原石・遺物群は合計149個ある。従って、黒曜石では225個の産地分析結果が得られ、信頼限界0.1%の遺物は分析場所、角度を変え5回～20回分析し、最も高い検定確率で多くの回数同定された産地に判定。

**石器原材の産地分析**

産地分析結果を、遺跡名（所在地 時代）、原石産地名（個数）の順番に以下報告する。

北海道：奥白滝1（白滝村）赤石山（35）、あじさい滝（9）、所山（8）、ケショマップ（3）、十勝（1）、赤井川（1）、KS1群（1）：上白滝5（白滝村）赤石山（40）、所山（6）、あじさい滝（2）、ケショマップ（2）、KS1群（1）、HS2群（1）：北支湧別（白滝村）赤石山（3）：上似平（帯広市 旧石器）赤石山（16）、十勝（14）：落合（帯広市 旧石器）十勝（9）：川西C（帯広市 旧石器）赤井川（2）、判定保留（1）：南町1（帯広市 旧石器）十勝（3）：穂香竪穴（千歳市）所山（11）、赤石山（2）、あじさい滝（1）、十勝（1）：ケネフチ9（千歳市）赤石山（12）、あじさい滝（4）、十勝（3）、赤井川（1）：チプニー1（千歳市）赤石山（6）、十勝（3）、赤井川（5）：チプニー2（千歳市）赤石山（10）、白土沢（1）、赤井川（1）、近文台（1）：オルバベツ2（長万部町）赤井川（2）：栄浜1（八雲町）赤井川（38）：野田生1（八雲町）赤井川（7）、十勝（3）、所山（3）：野田生4（八雲町）赤井川（4）、所山（1）：部落1（八雲町）赤井川（8）：山越4（八雲町）赤井川（4）、豊泉（4）、所山（1）、赤石山（2）：青森県：八戸城跡（八戸市）湯ノ倉（8）、十勝（5）、赤井川（1）、男鹿（1）：秋田県：ヲフキ（象潟町）月山（119）、男鹿（30）、霧ヶ峰（25）、和田峠（2）、湯ノ倉（1）、出来島（1）：日廻岱（森吉町）男鹿（2）：向様田E（森吉町）深浦（1）、出来島（1）：掘量（湯沢市）湯ノ倉（15）、男鹿（4）、HR群（1）：岩手県：新田II（遠野市）雫石（7）、深浦（1）：台太郎（盛岡市 奈良時代）赤井川（1）：矢崎I（平泉町 縄文前期）雫石（3）：力持（平泉町 縄文中期）雫石（1）、出来島（1）：千葉県：六通神社南（千葉市 縄文草創期）\*二上山（4）、\*下呂（4）：六通神社金山（千葉市）\*千葉No1群（7）、\*千葉No2群（3）：有吉（千葉市）\*千葉No1群（3）、\*有吉No13群（1）、\*有吉No14群（1）：鎌取（千葉市）\*千葉No1群（10）：城ノ台（千葉市）\*千葉No1群（3）、\*千葉No2群（5）、\*千葉No3群（1）、\*千葉No4群（1）：草刈（千葉市）\*千葉No1群（9）、\*千葉No2群（4）、\*千葉No3群（2）：大阪府：郡戸（羽曳野市 旧石器）\*二上山（43）、\*向出No49群（4）、\*下呂（1）、\*金山東（1）、\*和泉（1）：兵庫県：寺田（神戸市 弥生前期後半）\*二上山（95）、\*金山東（37）、\*岩屋第1群（1）、\*向出No6群（1）、\*寺田No117群（1）：勝手野（小野市 旧石器）\*二上山（1）、\*岩屋（5）、久見（1）：岡山県：山ノ奥（勝北町 弥生中期）久見（1）：徳島県：矢野（徳島市 縄文後期）\*金山東（24）、\*白峰（5）、\*城山・金山西（1）：矢野（徳島市 弥生後期）\*金山東（8）坊僧（美馬町 旧石器）\*白峰（7）、\*国分寺（2）、\*金山東（2）、\*城山・金山西（1）：日吉谷（阿波町 旧石器）\*白峰（1）、\*国分寺・蓮光寺（3）：椎ヶ丸～芝生（土成町 旧石器）\*白峰（2）：柿谷（上板町 旧石器）\*二上山（1）：桧寺前谷川（鳴門市 縄文）\*金山東（1）、\*白峰（1）、\*二上山（1）：亀浦（鳴門市 縄文晩期）\*西路山・大崩（1）、\*金山東（2）：鮎

川西ノ宮(相生町 縄文) \* 金山東(4) : 陰谷北(相生町 縄文) \* 白峰(1) : 桑原西(海南町 縄文) \* 金山東(1) : 赤松野田(日和佐町 縄文) \* 金山東(1) : 庄(徳島市 弥生) \* 金山東(2), \* 城山・金山西(1) : 高知県 : 新改開キ丸(土佐山田町) \* 金山東(52), \* 白峰(1), \* 城山・金山西(4) : 島根県 : 鑿溝(八雲村)久見(1) : 下山(木次町 縄文早期~前期)久見(7), \* 金山東(2), \* 下山遺物群(2) : 下山(木次町 縄文前期~後期) \* 金山東(2), \* 城山・金山西(2), \* 下山 No11 群(1) : 下山(木次町 縄文後期中~晩期) \* 金山東(2), \* 平田遺物群(1), \* 下山 No5 群(1) : 東船(西郷町)久見(89), 加茂(12), 加茂・津井(6), \* 金山東(1), \* 東船 1 群(3) : 家の後 I (木次町)久見(1), \* 金山東(2), \* 家の後 No.4 群(1) : 垣ノ内(木次町)久見(2), \* 金山東(2), \* 城山・金山西(2) : 川平 I (木次町)久見(4), \* 金山東(4), \* 下山遺物群(3), \* 川平 No.2 遺物群(1) : 榎ヶ峠(木次町) \* 金山東(1), \* 榎ヶ峠石斧群(1), \* 榎ヶ峠石棒群(1) : 高田(津和野町)腰岳(57), 姫島(9), 久見(8), 不明(2) : 大分県 : 聖嶽洞窟(本匠村 旧石器)腰岳(30) : 宮崎県 : 上ノ蘭(小林市)桑ノ木津留(11) : 平瀬野(小林市)桑ノ木津留(3), 姫島(2) : 大平(小林市)桑ノ木津留(4) : 押田(高岡町)桑ノ木津留(2) : 橋上(高岡町)桑ノ木津留(12), 内屋敷 UT 遺物群(6), 腰岳系(6) : 永迫第 2 (高岡町)姫島(25), 淀姫系(3), 桑ノ木津留(2), 中町(1), 古里(1), 腰岳(1), \* 金山東(21), \* 城山・金山西(4), \* 永迫 No18 群(1), \* 永迫 No19 群(1) : 八久保第 2 (高岡町)桑ノ木津留(36), 腰岳系(19), 内屋敷 UT 遺物群(8), 姫島(5), 淀姫系(3), 上牛鼻(2), 日東・五女木(1), 竜ヶ水(1), 長谷峠・五ヶ瀬川(1), 大串(1), 嬉野・松尾(1) : 鹿児島県 : 計志加里(川内市 縄文晩期)腰岳系(35), 上牛鼻(2), 淀姫(2), 椎葉川・古里(2), 日東・五女木(7), 白浜(1), 計志加里 KK1 群(1), 計志加里 KK2 群(1), \* 多久(6) : 上ノ平(伊集院町)上牛鼻(242), 竜ヶ水(36), 日東・五女木(4), 腰岳(13), 淀姫(5), 古里・松浦(1), 嬉野・松尾(1) : 春ノ山(加世田市)上牛鼻(80), 淀姫・古里(10), 大串(4), 奥名野 OK 群(1), 桐木 KI1 群(1), 春ノ山 HM1 群(1), 春ノ山 HM2 群(3)。

### 玉類の原材産地分析

北海道八雲町野田生 1 遺跡の垂飾玉、山崎 4 遺跡の石製品は糸魚川・青海産硬玉と判定され、青森県八戸市丹後平古墳群の勾玉には糸魚川産ヒスイ、管玉には花仙山産碧玉、碧玉製勾玉は ESR 分析ができなかったが、蛍光 X 線分析の結果では神戸市新方遺跡で出土した玉材で作った新方 2 遺物群の成分組成と信頼限界の 0.1% を越えて一致し、同じ玉材と推定した。大垣市昼飯大塚古墳出土の管玉は花仙山産原石と未定 C 遺物群、女代南 B 遺物群に一致した。神戸市本庄町遺跡の縄文後期前半の丸玉には糸魚川産ヒスイ原石が使用されている。兵庫県市島町上ノ段遺跡の管玉は、女代南 B 遺物群に同定された。兵庫県和田山町梅田東古墳群の弥生後期末~古墳初頭の管玉は女代南 B 遺物群、猿八産原石が使用されている。また、梅田古墳群 1 号墳出土の勾玉は花仙山産が使用され、島根県木次町下布施横穴墓群 3 号墓出土の勾玉は花仙山産原石であった。兵庫県市島町的場遺跡の弥生前期の小玉は、島根県津和野町高田遺跡の縄文後晩期の管玉、管玉(穴なし)、玉材片、岡山県奥津町久田原遺跡の縄文晩期管玉に、鹿児島県出水市大坪遺跡の縄文時代晩期の玉類は、それぞれ上加世田遺物群に一致した。

### 謝辞

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

## ロシア・沿海州の後期旧石器遺跡から出土した

## 黒曜岩の原産地について

- 吉谷昭彦(前・鳥取大)・友田哲弘(旭川市教育委員会)・N.コノネンコ(ロシア・科学アカデミー極東支部歴史民族学研究所)・V.ポポフ(同地質学研究所)・I.スレプツォフ(同歴史民族学研究所)

## I はじめに

ロシア・中部沿海州の南部地域である、イリスタヤ川の上流地域付近で発掘された後期旧石器遺跡について、2001年9月下旬～10月上旬にロシア・科学アカデミー極東支部との共同調査を行った。調査の目的は、中部沿海州南部地域での後期旧石器遺跡から出土する黒曜岩フレイクの原産地を特定することであった。

対象とした遺跡は、ノヴォヴァルヴァロフカー1およびマラドウジュナヤ(ゴルヴァトカー5)の2つの遺跡である(図1, 2)。2つの遺跡から黒曜岩のフレイクを表採し、また発掘当時に採取された黒曜岩フレイクも試料に加えた。ノヴォヴァルヴァロフカー遺跡からの試料は2個、マラドウジュナヤ遺跡からは、11個の試料を得た。さらにイリスタヤ川およびアルセニエフカ川、ムラヴェイカ川などの上流域で黒曜岩原石を採取した(図2)。

## II 実験およびその結果

ロシアで採取した試料を日本に持ち帰り、波長分散蛍光X線分析(WDX)、エネルギー分散蛍光X線分析(EDX)による化学分析を行った。試料はすべて200～300メッシュの粉末試料にして、分析に供した。その他、必要に応じて放射化分析、EPMAによる分析も行った。分析の際の標準試料として、JG-1の粉末試料を用いた。

まず、遺跡からの黒曜岩フレイクの分析結果を検討すると、Ba-Sr 相関図(図3)に示されているように、5つのタイプに分けられる。この内、タイプIVおよびVに分類された黒曜岩フレイクは、そのたのフレイクと異なって、やや大きな黒曜岩原石から大型石器を製作した際のフレイクであるとされている(坂梨, 2001)。

遺跡から得た黒曜岩フレイク以外の黒曜岩原石は、直接に露頭から採取した試料以外はいずれも河床礫で小さな礫である場合が多かった。これらの黒曜岩原石も黒曜岩フレイクの場合と同様に、粉末試料にして分析に供した。分析結果をBa-Sr 相関図で示した(図4)。図4からも明らかなように、遺跡から出土した黒曜岩フレイクのほとんどは、タイプIおよびIIに属する現地性の原石から



図1 調査位置図



## 縄文時代中期の黒曜石交換に関する基礎的研究 —南関東の事例を中心に—

○ 建石 徹\*・津村宏臣\*\*・二宮修治\*\*\*・北田正弘\*

(\*東京芸術大学大学院美術研究科 \*\*東京大学空間情報科学研究センター \*\*\*東京学芸大学教育学部)

黒曜石は容易に鋭利な剥離面を作り出すことができるため、先史時代の石器石材として盛んに利用されたことが知られている。また、黒曜石は原産地が限定されることが知られており、したがって、遺跡出土の黒曜石資料の故地を検討することは、往時の資源獲得戦略、流通・交換の実態を復原する基礎資料となることが古くから注目されてきた。

1970年代後半以降、考古資料の自然科学的手法を用いた研究が飛躍的に進み、黒曜石資料は各原産地ごとに化学性や物理性に特徴があることが明らかにされた。その後、関東地域では、東京都、神奈川県地域を中心に多くの遺跡で縄文時代遺跡出土黒曜石資料の原産地推定がおこなわれてきた。これらをひと括りにして論ずることは出来ないが、多くの成果が土器の型式学的情報とは異なるレベルでの遺跡情報、地域間情報を得る手がかりとなっていることは周知である。近年は、これらの成果をもとに南関東地域および周辺全体を鳥瞰するような考古学的所見も提出されつつある(金山1988、古城1996、田上2000他)。

さらに、従来、当該領域の研究事例に乏しかった千葉県内でも、千葉県文化財センターによる総合的な共同研究(千葉県文化財センター 1987、2001)をはじめ、主に旧石器時代資料を対象とした良質な分析データが蓄積されつつある。縄文時代資料についても、筑波大学の研究グループによる研究(西野編1995)、望月明彦による研究(望月1999)、筆者らによる研究(建石・二宮2000、青沼・建石・古谷・森本2001他)など、徐々に研究の事例は増えつつある。

本研究では、筆者らが過去に実施した東京都・千葉県内の縄文中期諸遺跡より出土した黒曜石資料原産地推定結果を利用して考古学研究に昇華する試みの一環として、近年、注目されつつある地理情報システム(GIS)を用いた空間分析を実施し、考古学データと空間分析の相関について検討する。

東京都・千葉県内に立地する縄文時代遺跡より出土した黒曜石資料について原産地推定を実施した。分析の対象とした遺跡は、東京都立川市向郷遺跡(中期前半 建石・二宮 2002)、東京都西東京市(旧保谷市)下野谷遺跡(中期前半～後半 建石・二宮 1999)、東京都目黒区大橋遺跡(中期後半 建石・二宮 1998)、千葉県流山市中野久木谷頭遺跡(中期前半～後半 建石・津村・二宮 2002)、千葉県松戸市中峠遺跡(中期前半 建石 2000)、千葉県千葉市蕨立遺跡(中期前半 青沼・建石・古谷・森本 2001)、千葉県千葉市坊屋敷遺跡(中期後半 青沼・建石・古谷・森本 2001)、千葉県千葉市牛尾舛遺跡(中期後半 青沼・建石・古谷・森本 2001)、千葉県君津市練木遺跡(中期前半 建石 2002)、千葉県銚子市粟島台遺跡(中期前半～後半 建石・二宮 2000) 10 遺跡である。黒曜石原産地推定はいずれもエネルギー分散型蛍光X線分析によるもので、Fe、Ca、K、Mn、Sr、Rbの6元素の存在量の比較によって実施した。

東京都・千葉県に立地する縄文時代諸遺跡より出土した黒曜石の原産地推定結果は、縄文時代中期阿玉台式期から加曾利 E 2 式期はいずれも神津島産、加曾利 E 3 式期には神津島産に加えて信州産が卓越して出土する傾向が認められた。また、分析の範囲では、高原山産と推定できる黒曜石資料はほとんど確認できなかった。これらの傾向は、鈴木正男（1976、1987 他）、藁科哲男・東村武信（1988、1989 他）、望月明彦（1999 他）、田上勇一郎（2000）等、他の研究者による分析事例とも概ね一致する。

これらの結果と GIS による空間分析の結果との相関を検討する（各原産地からの移動コストモデルは紙面の都合により省略する）。黒曜石各原産地からの移動コストの等値線の傾向をみると、いずれの場合も関東平野でアクセス域を拡大している。原産地との関係では、この範囲内であればどこでも想定される移動コストに大差はないということがいえる。こうした地域は、より社会的なネットワークが発達しやすい空間条件を有していると評価できる。つまり、環境因子による空間機能の固定化はおこりにくい場所であるといえる。

今回取り扱った分析結果も含め、これまで蓄積されてきた黒曜石原産地推定に関するデータは、各遺跡での地域的・時期的傾向を顕著に示すものである。GIS を用いて、このデータから傾向面（Trend Surface）を分析し、地理的クラインを描出する。これと、本稿で示したデジタルマップ等とを重ねて比較すれば、その面的なウィグルを抽出することができる。これをさらに検討すれば、どこまでは直接的なアプローチがなされ、どこからは間接的なネットワークが形成されるのか、という往時の石材獲得戦略や社会的関係に関するより具体的な復原、また、それらの時系列での動態等が把握できる可能性が高い。こうした分析を経て、改めて東京都・千葉県内諸遺跡の空間的位置付けを考察したい。無論、ここで紹介したいいくつかのデータやいくつかの検討は、今後の研究につながる第一歩にすぎず、これだけで確定的な結論を出しえるものではない。今後、本遺跡における黒曜石原産地推定の分析事例を追加していくとともに、周辺遺跡・周辺地域においても同様の情報を整備し、より総合的な検討を加えたい。

表 東京都・千葉県内出土縄文中期黒曜石の原産地推定一覧(建石・二宮らによる結果のみ)

所在地	遺跡名	時期	神津	信州	箱根	高原	小計	
東京都	立川市	向郷	勝坂 2～3	107	3	0	1	111
東京都	西東京市	下野谷	勝坂 1～加曾利 E 2	122	19	5	0	146
東京都	西東京市	下野谷	加曾利 E 3～4	71	163	11	0	245
東京都	目黒区	大橋	加曾利 E 3	49	324	0	0	373
千葉県	流山市	中野久木谷頭	阿玉台～加曾利 E 2	135	1	0	0	136
千葉県	流山市	中野久木谷頭	加曾利 E 3	18	10	0	0	28
千葉県	松戸市	中峠	勝坂 3	2	0	0	0	2
千葉県	千葉市	藤立	阿玉台	149	1	0	0	150
千葉県	千葉市	坊屋敷	阿玉台	3	0	0	0	3
千葉県	千葉市	坊屋敷	加曾利 E 3	6	0	0	0	6
千葉県	千葉市	牛尾舛	加曾利 E 3	0	16	0	1	17
千葉県	君津市	練木	阿玉台	8	0	0	0	8
千葉県	銚子市	粟島台	阿玉台	11	0	0	0	11
千葉県	銚子市	粟島台	加曾利 E 3	8	2	0	0	10

## レーザーアブレーション ICP 質量分析法による

### 黒耀石原石の化学組成カタログの作成

○中井弥生（立正大地球）・福岡孝昭（立正大地球）・杉原重夫（明大文）

#### 黒耀石の化学組成の地理的分布

火山のマグマが噴火固結した火山岩の化学組成は、マグマの発生条件や生成過程が異なるため火山ごとに変化する。発生条件は地理的に異なるため化学組成も地理的に変化する。例えば、日本海側に位置する火山の火山岩の K、Rb、希土類元素（REE：原子番号 57La から 71Lu までの元素）などの含有量は高く、太平洋側の火山岩では乏しい。このように火山岩の化学組成の違いを利用して広域火山灰（テフラ）の識別が行われている（例えば、福岡（1988））。黒耀石も火山岩であり、同じ手法で原産地の識別が可能である。原産地不明の石器が出土した場合も、化学組成の地理的分布の特徴から、原産地の地域を推定することが可能である。

#### 黒耀石試料の化学分析法の比較

化学組成の地理的分布から黒耀石の産地を推定する場合、試料の化学組成の定量分析が必要である。しかし、定量分析法のほとんどは試料を粉末化するなど破壊する必要がある（表 1）。黒耀石石器は貴重な考古資料であるため、基本的に破壊することができない。したがって福岡・他（2002）、二宮・網干（1994）など少量例をのぞいて定量分析は行われていない。

近年開発されたレーザーアブレーション ICP 質量分析法（LA/ICP-MS）は主成分元素から微量元素まで約 70 元素の定量分析が可能であり、他の分析法と比較して著しく高性能である（表 1）。また本分析法は固体試料に直径約数 10 μm のレーザーを直接照射する。このときの照射痕は肉眼では見えないので、今度石器そのものの分析手段として期待される。

#### 化学組成カタログの作成

図 1 に本研究全体の流れ図を示した。全元素（全化学組成）の分析が LA/ICP-MS で可能であるが、本研究では主成分元素を中心とした化学組成の分析にはより容易な蛍光 X 線分析法（破壊法）で行い、LA/ICP-MS では同一試料について微量元素を中心に分析する。

現在明治大学では「石器時代における黒耀石採掘鉱山の研究」という黒耀石研究プロジェクトが進行している。本研究はその一環として行われ、日本各地の黒耀石原石の化学組成（定量分析値）カタログの作成を行い、化学組成の地理的分布を明らかにすることを目的としている。定量分析値は分析法、分析者などが異なっても同じ値になるのでこのカタログが完成した場合、多くの研究者が利用できるものと期待される。

	分析可能元素数	主な分析元素	試料の前処理
XRF (定性分析)	～20	主成分、少量成分 (Si、Fe、Sr 他)	岩石破片そのまま
XRF (定量分析)	～20	同上	粉末→ガラス化
INAA	～40	主成分～微量元素 (Fe、K、REE 他)	多くの場合粉末化
ICP-MS	～70	主成分～微量元素 (Si、Mg、REE 他)	粉末→溶液化
LA/ICP-MS	～70	同上	岩石破片そのまま

注 XRF：蛍光 X 線分析法、INAA：機器中性子放射化分析法

ICP-MS：ICP 質量分析法、LA/ICP-MS：レーザーアブレーション ICP 質量分析法

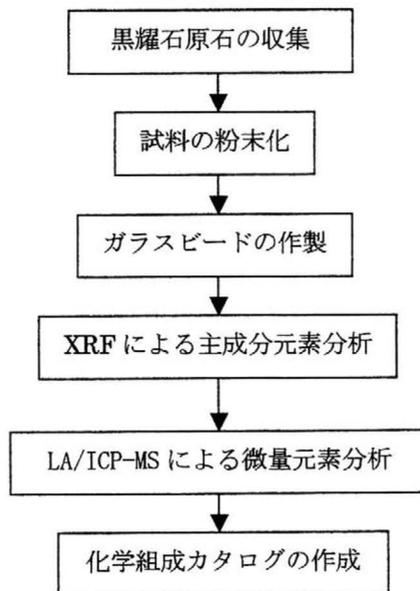


図1 研究の流れ

## 羽毛ケラチン加水分解物を用いた出土木材の保存処理 2 — 羽毛ケラチン加水分解物の分子量分布 —

○ 遠藤利恵(京都工芸繊維大学大学院先端ファイブ科学専攻), 河原豊(同)

### 1. はじめに

われわれは、羽毛(アヒル)というバイオマス素材を用いて出土木材の新しい処理法の開発を進めており、羽毛の加水分解溶液を用いて出土木材に処理を行うことにより、優れた寸法安定効果が得られることを明らかにした。そこで、この羽毛加水分解物処理による出土木材の寸法安定化のメカニズムを探るため、羽毛加水分解物に含まれるケラチンの分子量を測定し、溶液の作製条件を変更して作製した低分子量の溶液を用いた際の処理効果について検討した。

### 2. 実験

#### 実験 1 : 分子量測定

羽毛加水分解物の分子量を測定するため、ゲル濾過を行った。ゲル濾過カラムは、9 × 1000 mm のカラムに Sephadex G-25 fine を充填して作製した。緩衝液組成は 50 mM リン酸緩衝液(pH 7.0), 0.3 M NaCl である。分子量決定のための標準タンパクにはインシュリン(5.7 kDa), グラミシジン(1.1 kDa)の 2 種類を用いた。試料は 10% 溶液を遠心分離機にかけて不溶成分を除去してフィルタで濾過したのち、カラムに投入した。溶出の速度は 0.03 ml/min で、0.48 ml ずつ分画して 230 nm の吸光度でタンパク質を検出した。質量数は、質量分析計(島津製作所 Kratos Kompact MALDI II)を用いて分析した。マトリックスには  $\alpha$ -シアノ-4-ヒドロキシケイ皮酸を用い、ポジティブモードで測定した。

#### 実験 2 : 含浸処理実験

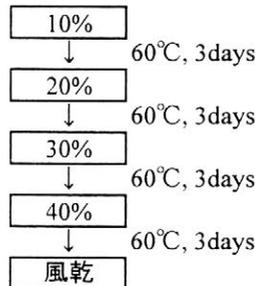
羽毛加水分解溶液は、羽毛をアルカリで溶解して作製する。このアルカリの濃度を変更してさらに加水分解が進んだ溶液を作製し、溶液の違いによる処理効果について検討した。出土木材試料は、前回と同じく最大含水率が約 480% のムクノキ(*Aphananthe aspera* Planch.)で、溶液の作製条件および処理工程を表 1 および図 1 に示す。

図 1 処理工程

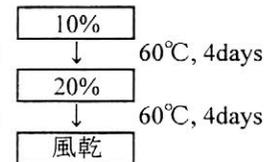
表 1 溶液の作製条件

1N 溶液	羽毛 + 1N NaOH 水溶液 (浴比 1: 9, 70°C, 3hrs) 酢酸で中和(pH 7.0)
2N 溶液	羽毛 + 2N NaOH 水溶液 (浴比 1: 9, 70°C, 3hrs) 酢酸で中和(pH 7.0)

#### 1N 溶液処理



#### 2N 溶液処理



### 3. 結果と考察

羽毛加水分解物のゲル濾過による分子量測定結果を図2に示す。図から明らかなように、5.7 kDa と 1.1 kDa の間に溶出ピークが認められた。この溶出ピークの画分を質量分析計で測定した結果を図3に示す。およそ 1 kDa から 5 kDa の範囲に多数のピークが認められたが、測定ごとにスペクトルの分布が異なり、良い再現性は得られなかった。すなわち羽毛加水分解物は、1.1 kDa から 5.7 kDa の範囲に分布するペプチドの混合物であり、1.1 kDa 以下の低分子量のペプチドをかなり含むことが明らかとなった。

羽毛加水分解物処理においては、既存の方法とは異なりわずか 40% と低濃度の処理において高い収縮抑制効果が得られることがわかっている。これは細胞壁に侵入しやすい低分子の溶質の影響であると考えられる。そこで、ケラチン分子をさらに低分子化させた 2N 溶液を用いた処理後の寸法変化率を表 2 に示す。1N 溶液処理と比較すると、2N 溶液処理ではわずか 20% と低濃度の処理において処理が完了し、ほとんど収縮が生じなかった。この結果は、羽毛加水分解物に含まれる低分子量のケラチンが主に収縮抑制効果を発現させることを示している。また、2N 溶液処理の含浸期間は約 1 週間と短期間で終了し、処理効率が高いことが予測されるが、2N 溶液の粘度が比較的高いため、大型の遺物への適応など詳細については今後の課題としたい。

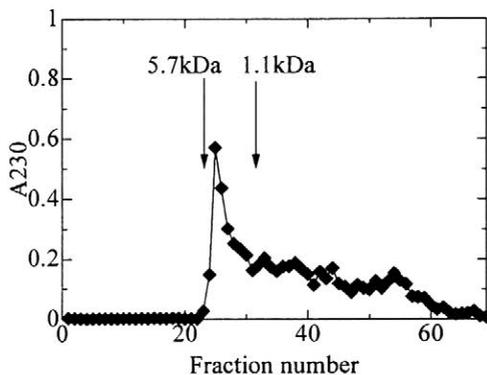


図2 アヒル羽毛加水分解溶液のゲル濾過による分子量測定結果

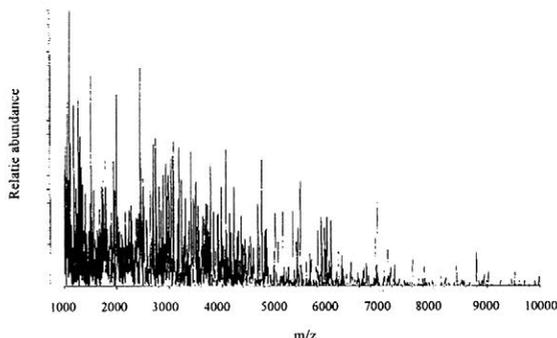


図3 図2の溶出ピークの質量分析結果

表 2 1N, 2N 溶液処理による寸法変化率の比較

	Tangential, %	Radial, %	Cross section, %	ASE
Untreated	65.4	34.0	77.2	
1N10%	37.9	11.6	45.1	41.6
1N20%	27.4	4.4	30.7	60.2
1N30%	7.2	0.2	7.4	90.4
1N40%	-3.1	-0.9	-4.0	105.2
2N10%	28.1	8.3	34.1	55.9
2N20%	0.9	0	0.9	98.8

## AE 計測による出土木材の保存処理の監視の可能性

○藤井義久、黒田朋未、築瀬佳之、奥村正悟（京都大学大学院農学研究科）、  
高妻洋成（（独法）文化財研究所奈良文化財研究所）

### 1. 緒 言

水浸出土木材を樹脂注入や乾燥によって保存処理する際、材料内に温度、含水率や樹脂濃度の分布に大きな差が生じると、割れ、落ち込み、ねじれや反りなどの異常な変形が生じることがある。これらの変形を防ぎ、適切な処理を施すには、事前に変形の徴候を捉えることが必要となる。アコースティック・エミッション（以下 AE）法は、材料内の微小な破壊や変形に由来する微弱な弾性波（AE 波）を検出することによって、材料内で進展する破壊や変形を非破壊的にモニタリングする手法である。本研究では、保存処理中の出土木材の変形を AE 法によって非破壊的にモニタリングする可能性を探るため、二三の保存処理を施す際に出土木材から発生する AE について検討した。

### 2. 実 験

#### I 出土木材の乾燥過程における AE 発生

一辺約 15mm の立方体試片（出土木材）に、AE 波を効率よく検出するためのウェーブガイドとして虫ピンを刺し、これに AE センサ（共振周波数 150kHz）を取り付けて恒温恒湿器に入れ、30℃、50%RH で乾燥させたときの AE を計測した。同時に試片の木口面をカメラで 30 分毎に撮影して収縮率の経時変化を、ロードセルによる別の試片の重量測定から含水率の経時変化を求めた。実験は、ウェーブガイドを試料に刺す方向（繊維、接線方向）、樹種（スギ、クリ）を変えておこなった。また比較として、スギの健全材でも同様の実験をおこなった。

#### II 出土木材のポリエチレングリコール（PEG）含浸処理における AE 発生

40%PEG 水溶液の入った容器に、寸法が 20(T)×10(R)×50(L)mm または 20×20×50mm の試片（出土木材：ヒノキ）を入れて含浸させ、水温を 60℃一定に保った温浴槽に浸けた。試片の重量、寸法を一定期間毎に測定し、重量増加がほぼ横ばいになった時点で PEG 水溶液の濃度を 80%に上げ、この前後での AE 発生の様子を捉えた。2つの同一寸法の試片のうち一方はウェーブガイドとなる鋼製保持具にとりつけて PEG 水溶液に入れ、水溶液に使っていない保持具先端にセンサをとりつけた。他方の試片については、試片で発生した AE 波のうち、水溶液中を伝わり、ガラス溶液に到達したものを捕捉するように、ガラス容器のの外周面に取りつけた。

#### III 出土木材の真空凍結乾燥における AE 発生

試料（出土木材：ケンボナシ、厚さ約 5cm の円盤の一部）にウェーブガイドとして鋼線を刺し、それに AE センサを取り付けて真空凍結乾燥をおこなった際の AE の計測をおこなった。乾燥炉内の冷却板の温度、試料温度と AE 発生との関係を検討した。

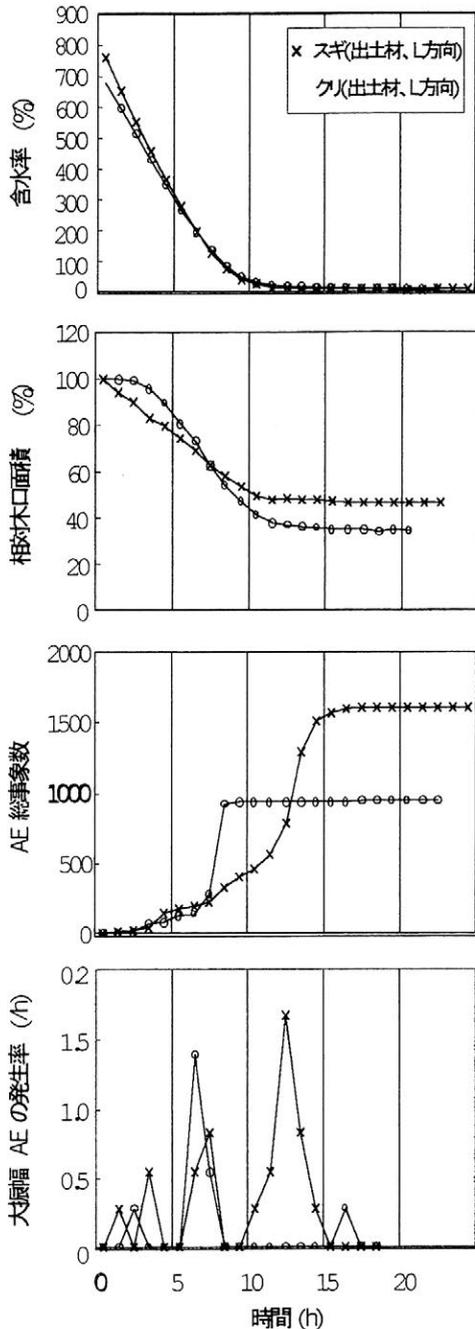


Fig.1 出土木材の乾燥過程における含水率、相対木口面積、AE総事象数、大振幅AEの発生率の経時変化

な割れに関連付けられる AE 波は検出されなかったが、乾燥の終盤では大振幅の AE 波の割合が高くなり、これらは試料の変形や破壊と関連していると考えられる。今後、試料寸法と AE 発生率の関係や AE センサの取り付け方等を検討する必要がある。

### 3. 結果

#### 実験 I

出土木材では、乾燥開始後、約 10 時間で含水率は 700%前後から 10%程度まで低下し、その間に木口面積は 40 から 50%にまで減少した。AE は含水率 400%前後から検出されはじめ、徐々に発生率が増加し、乾燥終盤で急増した。AE 総事象数はクリよりスギのほうが多く、クリでは含水率、収縮率が一定になる前に AE 発生がほぼ停止した。(Fig.1)。

健全材では、AE 事象総数は単調に増加したが、出土木材では、2 段階に分かれて急増した。1 段階目の増加が見られる頃に、試料の収縮率の増加率が最も大きくなった。

#### 実験 II

PEG 水溶液の濃度の上昇前後で、AE 事象率が増加する傾向が見られ、特に保持具を用いた試料からより多く検出された。試料重量、接線・半径方向長さにおいても、それぞれ濃度上昇直後に一旦減少し、その後増加に転じた。これは急激な PEG 濃度変化に対して、試料からの排水が選択的に生じたためと考えられる。試料の長さ変化は接線方向長さに於いて顕著であった。

#### 実験 III

冷却、昇温に伴って AE が発生し、特に真空引き中に急激に発生した。これは冷却によって縮もうとするウェーブガイドと木材との摩擦による AE と考えられる。試料の大きな

## 超臨界二酸化炭素を用いた保存処理-乾燥のメカニズムと漆遺物への適用-

猪股宏・菊池幹夫・田島栄一郎（東北大学超臨界溶媒工学研究センター）

手代木美穂（東北芸術工科大学）高妻洋成（奈良文化財研究所）

## 1. はじめに

水浸出土木製品に対する保存処理は、PEG・糖アルコール・高級アルコールなどの強化剤含浸法に引き続き、真空凍結乾燥や加熱乾燥などの乾燥をおこなう必要があるが、乾燥工程においては気-液相転移もしくは固-気相転移の2相境界を通過する際の界面応力に起因する変形・収縮を避けられないのが実情である。ところで、本研究で適用を試みている二酸化炭素を超臨界状態で水浸出土木製品に作用させた場合、その内包されている溶媒が超臨界二酸化炭素と相互溶解することで均一相下での処理が可能であることから、この方法が出土木製品の変形・収縮を軽減できる方法として有効であるといえる。これまで超臨界二酸化炭素の高い「拡散性」「溶解力」を生かし、水浸出土木材に対して超臨界乾燥および強化含浸～乾燥の一工程処理をおこなうと共に、in-situ FID 分析による乾燥速度の検討を行ってきた（手代木ら 2002 など）。これを受け、本研究では、出土木製品内溶媒の乾燥速度実験を種々の条件で行い、超臨界状態での乾燥メカニズムの解析と乾燥モデルの構築を行った。また、本法が脆弱な広葉樹試料処理に有効であることから、更に処理の難しい出土漆遺物への適用を試みた結果を報告する。

2. 超臨界 CO<sub>2</sub> を用いた乾燥メカニズム

試料は計5種類(Sample ID: A,B,C,D および E)で、試料 A,B,C は約 2000 年前の出土木材(トチノキ)で、含水率は約 1000%、試料 D,E は現生材(クリ材)で含水率は約 160%である。表 1 に用いた試料の寸法を示す。出土木材はいずれもほぼ同体積で約 0.40 cm<sup>3</sup>、現生材はそれぞれ 2.5、3.4 cm<sup>3</sup>であった。

実験では、エタノール含浸処理を行ったサンプルの寸法および重量を測定し、その後乾燥容器に仕込み、CO<sub>2</sub> を 40℃ に保たれている乾燥容器へ 10 MPa で圧力一定に保ちながら一定量で圧入した。乾燥容器内エタノール濃度は、出口流体を一部リストリクターで FID に送り、経時変化を測定した。図 2 は流速一定下で寸法が異なる試料 A および C を比較したものであるが、L のみが短い試料 C の減少勾配が大きく、乾燥時間も短くなった。次に含水率が小さい現生材の乾燥挙動について調べた。図 3 に L および T がそれぞれ異なる現生材 D と E における乾燥挙動を示す。現生材の場合も出土木材の場合と同様に繊維方向が長いほど乾燥時間が長かった。これらの結果より、木材の超臨界乾燥メカニズムは CO<sub>2</sub> の流速の影響よりも試料の形状、特に繊維方向の長さに対する影響のほうが大きいことが示され、このメカニズムの支配因子は木材中の溶媒エタノールの物質移動過程にあり、それらは含水率によって影響を受けることが確認できた。次に、木材中のエタノールの内部物質移動が拡散によるものと考え、

表1 試料の寸法

Sample ID	Length [cm]			含水率 [%]
	L	R	T	
A	0.88	0.60	0.78	1000
B	0.93	0.53	0.81	1000
C	0.43	1.01	1.01	1000
D	0.90	0.88	3.20	160
E	3.70	0.99	0.93	160



図1 模式図

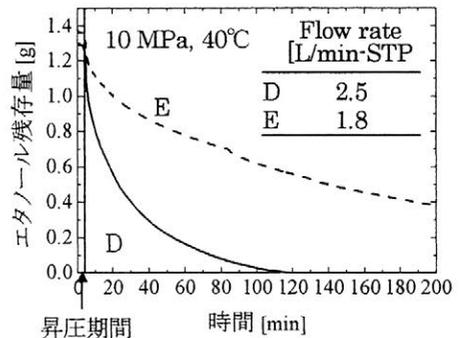


図2 現生材の乾燥挙動

乾燥前の溶媒濃度は木材中で均一、木材表面でのエタノール溶解は十分に速くバルク濃度と等しい、乾燥中で有効拡散係数は変化しない、エタノールの木材内拡散は L,R,T 方向に一次元独立であると仮定すると式(1)が得られる。

$$\Psi(L,R,T,t) = 1 - \{1 - \Psi_p(L,t)\} \{1 - \Psi_p(R,t)\} \{1 - \Psi_p(T,t)\} \dots \text{式(1)}$$

$$D_{eR} \cong D_{eT} \dots \text{式(2)}$$

T,R 方向の有効拡散係数をほぼ等しいと仮定し、有効拡散係数をフィッティングにより決定した。図3に計算値を併記したが、現生材 D の乾燥後期で偏差が観察されたが、ほぼ実験値の傾向は再現できた。

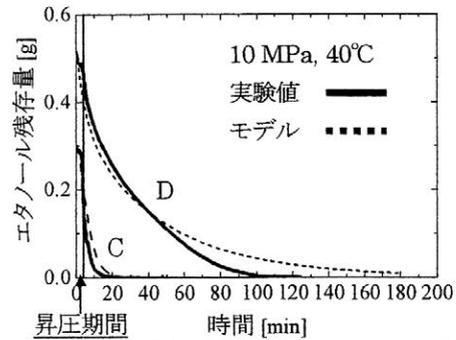


図3 実験とモデルのフィッティング

### 3. 水浸出土漆製品の超臨界 CO<sub>2</sub> を用いた保存処理

試料は漆器椀(身)(東北大学埋蔵文化財調査研究センター提供)で、18C 後葉に属する。長辺:4.24cm・短辺:1.02cm、樹種はブナで、表面は内が赤色(べんがら)、外が黒色、それぞれの塗りは1層、2層となっている(北野 2000)。木取りは柁目取りで木口面に漆塗彩が施されている。強化剤には糖アルコールの一種であるマンニトール(分子量 182)を使用した。実験では、試料をマンニトール水溶液 20%に含浸し、エタノールで置換(結晶晶析)したのち、CO<sub>2</sub>を加圧導入し、40°C・10MPa・24h 放置後-6h 流通(3L(STP)/Min)させた後、減圧(6h、3L/Min)した。試料の重量変化を表2に示す。寸法変化は測定5ヶ所においていずれも収縮が0.5%以下の良好な結果を得た。試料断面を電子顕微鏡で観察したところ、マンニトール結晶(20μm程度)は木材組織まで完全には入っておらず、部分的に結晶化している状態であった(図4・5)。水浸出土木材(クリ)に同様に適用した場合には木材組織まで結晶が含浸されていることを確認している(手代木ら 本会 2002)。この差違は木口面にある漆膜の存在によると推察され、マンニトール含浸が木材組織まで及ばなかったことが明らかとなった。しかし、この強化剤含浸を超臨界二酸化炭素下で適用することによって、漆遺物の木材組織内部まで強化剤を導入できる可能性があり、今後の課題としたい。本処理によって漆膜の剥がれなどはなかったことから二酸化炭素の持つ「マイクロ構造まで入りこむ」特性の有効性が示唆された。

表2 : 漆資料の重量変化

	重量(g)
含浸前	3.31
含浸後	3.58
乾燥後	1.10



図4 : 漆資料電子顕微鏡写真(1)

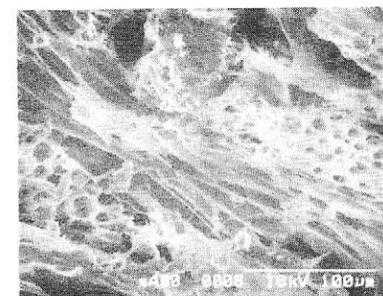


図5 : 漆資料電子顕微鏡写真(2)

参考)

「超臨界二酸化炭素を用いた埋蔵水浸木製品の保存処理-含浸補強処理と乾燥」

手代木 田島 菊池 猪股 高妻 文化財保存修復国際学会 2002

「超臨界二酸化炭素を用いた出土水浸木製品の保存処理」手代木 菊池 猪股 高妻

日本文化財科学会第19回大会 2002

「東北大学構内(仙台城二の丸跡)遺跡出土漆器資料の材質と製作技法」

北野信彦 東北大学埋蔵文化財調査年報 13 2000

## 奈良十輪院石仏龕の劣化要因と保存対策

○西山要一（奈良大学文化財学科） 林國郎（奈良大学研修員） 峠美穂（奈良大学保存科学研究室） 浦奈穂美（奈良大学保存科学研究室） 高橋修司（奈良大学大学院）

### 1 はじめに

奈良市に所在する十輪院は、鎌倉時代の書院様式を思わせる落ちついた風格ある本堂と同時代の作とされる石造地蔵菩薩と石仏龕で知られている。いまは東京国立博物館にある校倉造りの経蔵ももとは十輪院にあったものである。十輪院石仏龕は本堂建物内であって直接の風雨に曝されることはなく、しかも、堅固な花崗岩で作られていることもあって顕著な劣化・損傷は見られず、地蔵菩薩立像をはじめ仏龕に彫られた釈迦如来・多聞天などの薄肉彫りと線刻の諸像も極めて良好な保存状態にあり、後者には彩色も残されている。

しかしながら、細部を詳細に観察すると、持国天像・多聞天像や闕石などに白色の析出物が見えて僅かながら表面が剥落し、原因の究明と保存対策が急がれている。

### 2 十輪院石仏龕の環境

#### (1) 大気汚染・温湿度・光

奈良大学保存科学研究室では、1993年から十輪院本堂の内外で環境調査を行ってきた（図1）。2002年の大気汚染濃度においては、本堂内は本堂外に比べて二酸化硫黄は24%減、二酸化窒素は30%減、塩化物イオンは75%減、2002年12月11日～1月13日の温湿度においては、本堂内は本堂外に比べて、温度の日較差は77%の縮小、湿度の日較差は47%縮小していて、木造建造物である本堂が大気汚染と温湿度変化を緩和し、石仏龕の良好な保存環境を保っていることが判る（図2・表1）。また、2003年3月3日に行った石仏龕の東西南北面の照度と紫外線強度測定値も低く、彩色がよく保存されている要因であろう。

#### (2) 石仏龕表面のpH測定および塵埃と析出物の分析

石仏龕表面4か所で地表からの高さを変えながらpH測定を行った。石仏龕東面では、上方に行くにしたがって酸性度が高まるが（表3）、他の3か所のpH測定値も同じ傾向である。白色の析出物は蛍光X線装置とX線回折装置で分析した。持国天線刻像の地表上122cmに発生している析出物はナトリウムと硫黄からなる硫酸ナトリウム、闕石の地表上8cmに発生している析出物はカルシウムと硫黄からなる硫酸カルシウムおよび硫酸ナトリウムであることが判る（表4・図3）。石仏龕表面7か所に降下している細かい塵埃を採取し水で科学成分を抽出し、イオンクロマトグラフィーで分析した（表5）。その結果、陰イオンでは  $F^-$   $Cl^-$   $Br^-$   $NO_3^-$   $SO_4^{2-}$ 、陽イオンでは  $Na^+$   $NH_4^+$   $K^+$   $Mg^{2+}$   $Ca^{2+}$  が検出された。

#### (3) 熱伝導率測定による劣化度判定

可搬型熱伝導率計を使って、石仏龕の数カ所で熱伝導率を測定した。その結果、金剛力士像下部の地表面近くで、他より約20%低い熱伝導率を測定した。塩類風化の進行している箇所を示すものである。

### 3 結論

十輪院石仏龕は大気汚染や温湿度変化・光などの外気環境から、木造建造物である本堂によって守られているとはいえ、徐々に影響が積み重なっている。石仏龕の表面に発生している白色析出物は石材表面を剥落させている。地面近くにおいては地下水の上昇と溶出による石材中のカルシウム・ナトリウムと大気および塵埃中の硫酸化物が結合して硫酸カルシウムと硫酸ナトリウムとなり、上部では酸性物質を含む塵埃および大気水分の結露により石材中のナトリウムが溶出・結合して硫酸ナトリウムとなっている。

石仏龕の保存は、従来考えられていた地下水上昇の道を断ち切ることとともに、結露の防止、塵埃の除去、大気汚染の軽減など総合的な環境整備が必要である。

（本発表は日本文化財科学会第18回大会発表の統報である。なお本調査は奈良県文化財保存課と十輪院の許可・協力を得て行った。感謝申し上げます。）

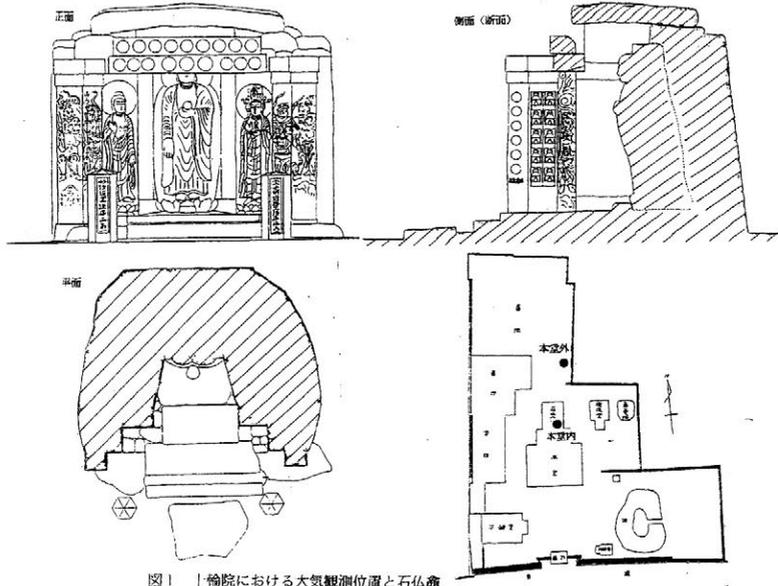


図1 十輪院における大気観測位置と石仏龕

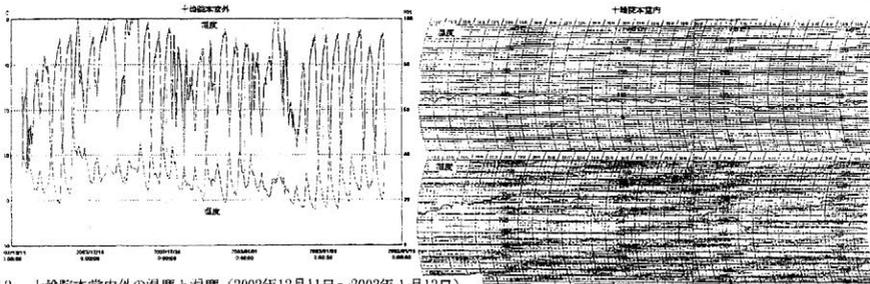


図2 十輪院本堂内外の温度と湿度 (2002年12月11日~2003年1月13日)

表1 十輪院本堂の外部と内部の大気汚染濃度 (2002年1月~12月) と温度・湿度 (2002年12月11日~1月13日)

	本堂外	本堂内
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	3.8 ppb/day	2.9 ppb/day
二酸化窒素 (NO <sub>x</sub> )	12.5 ppb/day	8.8 ppb/day
塩化物イオン (Cl <sup>-</sup> )	5.6 μg/100cm/day	1.4 μg/100cm/day
温度 最高 (°C)	25.0 °C	10.0 °C
最低 (°C)	2.6 °C	3.5 °C
	(平均 5.0 °C)	(平均 6.8 °C)
湿度 最高 (%)	100.0 %	79.0 %
最低 (%)	34.0 %	44.0 %
	(平均 74.9 %)	(平均 61.5 %)

表2 石仏龕の照度と紫外線強度の時間変化

位置	時刻	照度 (Lux)	紫外線強度
石仏龕南面 (正面)	10:30	580	1.7
	12:00	1510	4.7
	16:30	32	0.1
石仏龕東面	10:30	931	2.8
	12:00	3620	11.2
	16:30	89	0.2
石仏龕北面	10:30	821	2.5
	12:00	1375	4.7
	16:30	28	0.1
石仏龕西面	10:30	922	2.7
	12:00	3480	8.6
	16:30	75	0.2

表3 石仏龕東面の表面pH値

測定位置	pH
210cm	3.65
150	4.60
100	5.05
50	5.60
20	6.45
10	5.75
5	6.10
1	6.35
0	5.85
純水	6.15

測定位置は地面からの高さ

表4 析出物の組成分析 (蛍光X線分析)

元素	持国天像 (122cm)	多聞天像 (136cm)	圓石 (8cm)
Na	47.8	6.5	10.0
Al	0.0	9.0	2.9
Si	1.1	20.3	6.3
S	48.3	1.6	24.6
Cl	0.1	1.4	1.2
K	0.5	4.5	2.3
Ca	1.0	49.5	40.3
Ti	0.1	0.6	0.5
Fe	1.1	6.6	3.9

図3 析出物の組成分析 (X線回折分析)

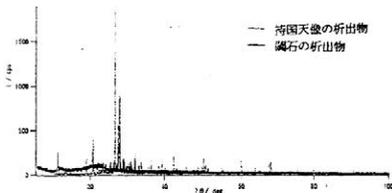


表5 十輪院石仏龕の塵埃の分析 (7サンプルの平均値)

F	Cl	NO <sub>x</sub>	Br	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
0.07	0.90	0.00	0.00	4.42	0.00	7.14	2.00	0.13	0.74	0.23	4.40

## 古代青銅鏡の土中における微生物腐食の可能性

○ 横田 勝、三船温尚、小堀孝之、清水克郎 (国立高岡短期大学)、  
菅谷文則 (滋賀県立大学)、宮原晋一、清水康二 (奈良県立橿原考古学研究所)

### I. 緒言

土中から発掘される青銅器は土中での埋蔵期間や環境にもよるが、一般に腐食を受けて複雑な変質層を形成する。筆者らは古代青銅鏡に関する科学的調査を行ってきたが、土中腐食を受けた古代青銅鏡の変質層内部または鏡の表面に純銅塊の出現とともに、数種類の正体不明の腐食生成物を確認した<sup>1, 2)</sup>。したがって、本研究では波長分散型X線分光分析 (EPMA)、エネルギー分散型X線分光分析装置 (EDS) 付き走査型電子顕微鏡観察 (SEM)、微小部X線回折 ( $\mu$ -XRD) およびX線光電子分光 (XPS) により、これら腐食生成物の正体を明らかにすることを主な目的とし、さらにこれら腐食層の生成に微生物が関与している可能性について検討した。

### II. 調査結果

写真-1は今回調査したヒ縁渦状爬紋鏡 (前漢代) (調査試料記号, KU-E) の切断面の顕微鏡写真であり、腐食は鏡体表面から内部にまで深く進行している。写真, KU-E-1から明らかのように、鏡体のうち最も厚い鏡縁内部の中心付近だけが腐食を受けず、厚さが薄い鏡体中心部は腐食層が貫通している。写真, KU-E-2およびKU-E-3で認められるように、土中腐食生成物の一つとして純銅塊が層状、粒

状、または稲妻状に析出している。写真, KU-E-4は鏡面近傍の断面写真であり、写真右の第I層は鏡面最外層に形成された黒色の半透明な約100  $\mu$  m厚さの層である。その内側に形成される暗緑色の厚さ約50  $\mu$  mの第II層は鏡面に平行して形成されているが不連続に出現する。鏡体のさらに深部では約130  $\mu$  mの明るい青灰色をした第III層が鏡面に平行して形成される。その内側には第III層と境界が直線状で区画された暗青色の第IV層が約30  $\mu$  mの厚さで形成される。さらにその内部には純銅色を呈する第V層が出現する。なお、第IV層と第V層の境界は凹凸状となっている。その内部写真の左端部分 (VI) は純銅色を呈する微細な粒状粒子や線状塊が混在した腐食層からなる。写真では削除されているが第 (VII) 部分として腐食を受けていない地金部分が存在する。

図中の [ I ] ~ [ VII ] の部分におけるEPMA分析、 $\mu$ -XRD回折およびXPS分析を行った。得られた結果をまとめて表-1に示す。これらの分析結果より、第I層は非晶質の $\text{SiO}_2$ 、第II層は $\text{Cu}(\text{OH})_2$ が明らかに存在するが、 $\text{Cu}_2\text{O}$ も混在している可能性がある。第III層はXPSの分析により $\text{Cu}_2\text{O}$ 単層、第IV層はCu, SnおよびPbの複合酸化物の他に微量のSn-有機化合物と $\text{PbSO}_4$ が検出された。また第V層は比較的に純度が高い純Cu層、第VIは純Cu塊を含有する腐食部と腐食を受けていない合金部が混合して存在するものと考えられる。第VII層は腐食を受けていない地金の部分であり、mass % 比でCu:Sn:Pb=72.4:25.1:2.6となる高Sn青銅であった。

我々は今回の調査結果から、土中における青銅鏡の微生物腐食の可能性を提案したい。さらにこの可能性を裏付ける他分野における知見および調査事実<sup>3-6)</sup> から判断して現段階では次のような

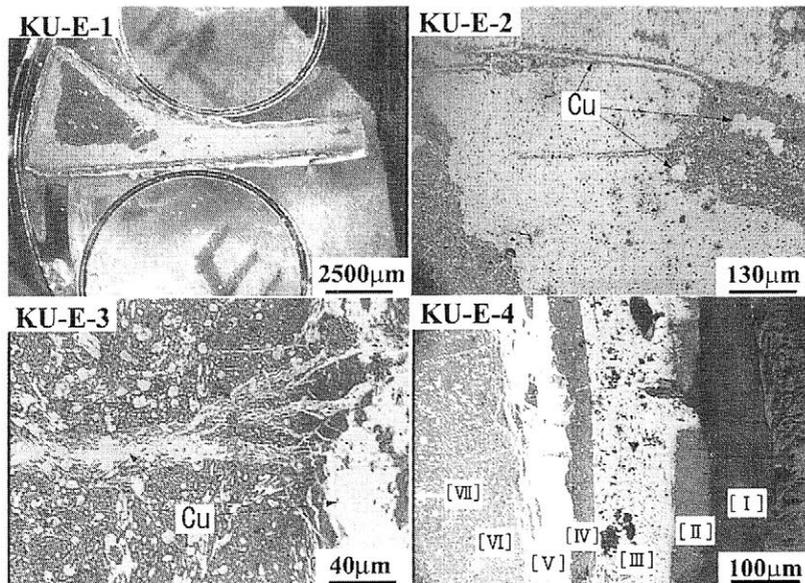


写真-1 古代青銅鏡ヒ縁渦状爬紋鏡 (前漢代) の断面顕微鏡写真

表-1 各種機器分析による腐食生成物の同定と分析結果

Analytical methods Positions	EDS (EPMA)	$\mu$ -XRD	XPS
I	SiO <sub>2</sub>	Amorphous like	Amorphous SiO <sub>2</sub>
II	CuO <sub>2</sub> ? (Cu(OH) <sub>2</sub> ?)	Cu(OH) <sub>2</sub> +Cu <sub>2</sub> O	Cu(OH) <sub>2</sub> +Cu <sub>2</sub> O
III	Cu <sub>2</sub> O	Cu <sub>2</sub> O	*
IV	(Cu, Sn, Pb)-oxide	Amorphous	Mixtures of Cu-metal oxide, Cu <sub>2</sub> O, Sn-Pb-oxides, Pb-Sn-Cu oxide, Sn-organic, PbSO <sub>4</sub>
V	Pure Cu	Pure Cu	*
VI	Mixture of non-corroded and corroded portions	*	*
VII	Non-corroded ground alloy; Cu: 72.4%, Sn: 25.1%, Pb: 2.6%	Cu <sub>327.92</sub> Sn <sub>88.08</sub> + $\alpha$ -Cu+Cu <sub>5.6</sub> Sn	*

\*: Not analyzed

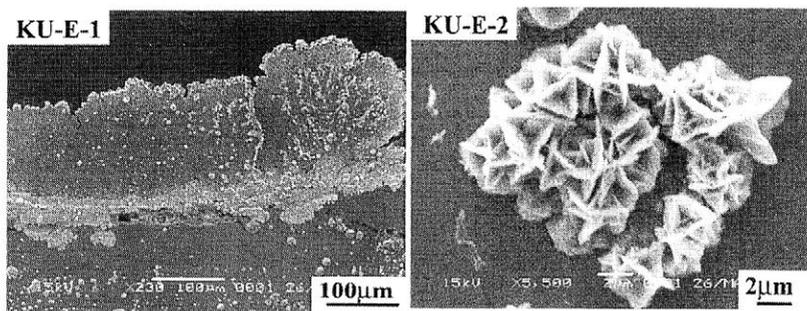


写真-2 古代青銅鏡の湿式研磨面に生成した徴状

点が予想される。

まず、銅および銅合金の微生物腐食が報告されている<sup>7)</sup>。この機構はいまだ明らかにされていないが、硫酸塩還元菌の増殖によって腐食性の強い硫化物が生成するとされている。すなわち、硫酸塩還元菌がSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を還元し、例えば腐食性の強いH<sub>2</sub>Sが多量に発生し青銅鏡を腐食する<sup>8)</sup>ものと考えられる。これを裏付ける現象として、筆者らの研究室で偶然に観察したのであるが、古代青銅鏡 (KU-E) を湿式により鏡面にまで研磨後、恒温・恒湿のデシケーターに約1ヶ月間保存した後、研磨面の土中腐食層をSEM観察したところ、写真-2に示されるような徴状の生成物が観察された。これをEDSで分析したところCu<sub>2</sub>Sであることがわかった。

古代青銅鏡の土中腐食層内には微量のPbSO<sub>4</sub>やSn-有機化合物の他に非晶質SiO<sub>2</sub>、Cu(OH)<sub>2</sub>、純Cu、Cu<sub>2</sub>O等の化合物の生成が確認された<sup>9,10)</sup>。これらの成因に関する研究は多くはないが古くから進められてきた<sup>11,12)</sup>。しかしながら、これらの研究はいずれも無機化学の立場から検討されており、土中腐食層の成因を明らかにするに至っていない。ましてや

筆者らが提案する古代青銅器の微生物腐食についても他に報告の例を見ない。

今回の科学的調査結果から、青銅器の土中腐食に微生物が関与している可能性を示唆する科学的調査結果を得た。青銅製文化財に限らず、多くの金属製文化財には腐食が伴う。これらに微生物腐食が関与することが明らかになれば、金属製器物の文化財保存の方面で保存方法の再考が迫られる可能性も出てくる。

(本報告の一部は日本金属学会誌、66 (10)、(2002)、pp.1030-1038. に発表した内容と重複することをお断りします。また、本研究の一部は平成14年度科学研究費補助金(

基盤研究B-2、課題番号12480029)の研究助成によることを付記する。)

#### 文献

- 1) 横田、菅谷、何、康：日本金属学会誌、65(9)、(2001)、pp.893-895.
- 2) 横田、菅谷、三船、小堀、清水(克)、中井、宮原、清水(康)：日本金属学会誌、66 (7)、(2002)、pp.708-714.
- 3) K. H. Eward and M. N. Hughes: Advances in Inorganic Chemistry 36(1991)、pp.103-135.
- 4) 藤田、桑原：資源と素材、109(1993) pp.564-601.
- 5) 千田編著：微生物資源工学、(コロナ社) (1996) Chap. 7.
- 6) H. A. Lowenstam: Proc. 27th Int. Geological Cong., 2 (1984)、p.9.
- 7) 井上：電子科学、22 (2)、(1972) pp.71-78.
- 8) 依田編、井上、高森、高井、相澤：微生物と材料、(装華房)、(2001)、pp.10-13.
- 9) 横田、菅谷、三船、小堀、清水(克)、中井、宮原、清水(康)：日本金属学会誌、66 (10)、(2002)、pp.1030-1038.
- 10) M. Yokota, F. Sugaya, H. Mifune, Y. Kobori, K. Shimizu, K. Nakai, S. Miyahara and Y. Shimizu: Mat. Trans. 44(2)、(2003)、pp.268-276.
- 11) R.J. Gettens: *The Freer Chinese Bronzes, Vol. II, Technical Studies*, (Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art (Oriental Studies, No. 9) (1969)、Chap. VIII、pp.171-195.
- 12) W. Geilmann: Verwitterung von Bronzen im Sandboden, Angew. Chem. 68(9)、(1959)、pp.201-211.

## 空間情報科学による先史時代集落の研究

— 縄文時代中期集落を対象に —

○津村宏臣（東京大学空間情報科学研究センター） 小林謙一（総合研究大学院大学）  
建石徹（東京藝術大学） 坂口隆（國學院大學） 西本豊弘（国立歴史民俗博物館）

### 1 はじめに —空間情報科学とGISの集落研究への応用—

従来、縄文時代の集落研究は、遺跡の立地や分布の規則性を視覚的に評価し、その空間的展開の分類と評価からセツルメントパターンとシステムを解釈してきた。しかし、この方法は、評価に際して地域的な地理的特性（e.g. 居住適地の潜在的パターン）や準備された背景図の影響（e.g. 河川流路と遺跡分布への言及）を少なからず受けている。そこで本研究では、遺跡分布を幾何的に評価・解釈する方法論として空間情報科学の考え方とGISの技術を導入し、遺跡立地・分布の因子となる背景を多次的に探る方法を試行した。

### 2 対象と方法

— 武蔵野台地東部の縄文時代中期の集落遺跡 —

武蔵野台地東部は、古くから細密な考古学調査が実施され、遺跡が最もよく把握されている地域の1つである（Fig. 1）。遺跡分布については、これまで多くの研究者が湧水と集落の関係や密集する集落間関係などについて検討してきた。空間事象の評価に不可欠な時間属性についても、中期13期31細別の新地平編年（黒尾・小林・中山1995）のような細かな時間軸が設定されており、これらの条件は本研究にとってのアドバンテージといえる。



Fig.1 対象地域と遺跡(98遺跡)

遺跡分布の評価方法では、遺跡出土の考古資料（土器型式・石器器種・炉形態・黒曜石原産地）の組成比を属性値とした傾向面分析と、遺跡からの眺望分析（Viewshed Analysis）を応用した遺跡間視認性の解析を実施した。前者は遺跡分布と“考古学的文化”の空間的相関を、後者は背景となる遺跡間の社会的関係を探る有効な方法と考えられる。

### 3 遺跡分布の空間分析 I 傾向面分析 -Trend Surface Analysis-

各遺跡出土の土器・石器・炉・黒曜石を型式・器種・形態・原産地別でそれぞれ分類し、組成比を遺跡分布座標に属性値として代入、2.5次元データを作成した。傾向面は、

$$\text{LINEAR} : z = b_0 + b_1x + b_2y$$

$$\text{QUADRATIC} : z = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2$$

$$\text{CUBIC} : z = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + b_6x^3 + b_7x^2y + b_8xy^2 + b_9y^3$$

の多項式でもとめ、適合度と検定により判別した。

各傾向面は時系列動態をもち、時期が新しくなるにつれ各傾向面が相反した展開から重複した展開へと転換する。遺跡数の増加に対応した、文化的な単純段階から重層段階への

変化を示している。ただ、炉形態の傾向面の場合 (Fig. 2)、対象地域内に傾向面の中心が存在し、文化的混雑の背景にも担者の帰属性の強さを示している。また、遺跡分布との関係では、分布密度と傾向面とに空間的相関はなく、人口の多さや集落の規模と文化要素の展開が連関しないことも判明した。

#### 4 遺跡分布の空間分析Ⅱ

##### 眺望分析 -Viewshed Analysis-

傾向面の中心の背景にある社会的因子を検討するため、1つの方法として遺跡間の視認関係について検討した。この視認関係は、各時期別、各遺跡単位でDEMを用いたGISの眺望分析をおこない、視界域に存在する遺跡の結線をネットワークとして抽出する。

Fig. 3に見るように、遺跡数の増加に比例し、視認関係が点⇒線⇒面(網)と段階的に複雑化することがわかる。居住空間の拡大が、視認関係に顕現するような社会関係を基盤に展開したことが示唆される。また、加曽利E1式期の視認ネットワークに炉形態の傾向面をオーバーレイしたFig. 4からは、対象域西側で南北に連なるネットワークと石囲炉・石囲埋甕炉に、北側のネットワークと地床炉に、南側のネットワークと埋甕炉に、それぞれ空間的相関があることがわかる。往時の人々の、文化担者としての帰属性と、集落間で相互に行為や活動を視認する(交流する)という社会性が、対象地域の遺跡分布の背景として介在していることが指摘できる。

#### 5 展望

ーセツルメントシステムの解明に向けてー

本研究で、対象域のセツルメントパターンが、河川流路などの自然環境的な背景より、人々の社会環境的な因子が強く係っていることが示唆できた。今後は時空間の異なる対象でこの分析を適用し、その結果の偏差の検討を通じて地域的なシステムの解明と特色の抽出を試みたい。(文責：津村)

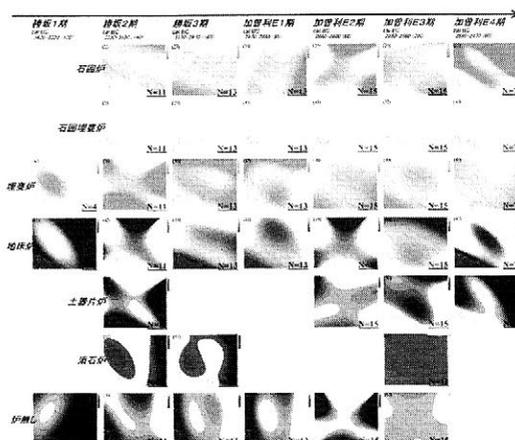


Fig.2 炉形態の傾向面

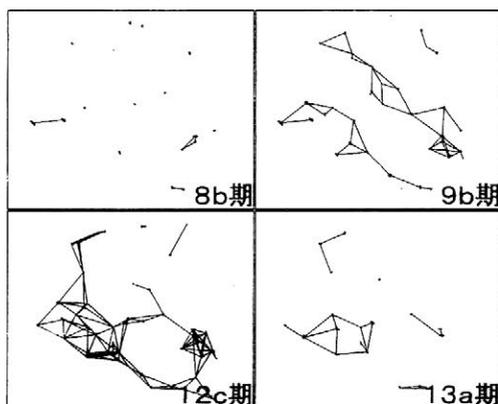


Fig.3 炉形態の傾向面

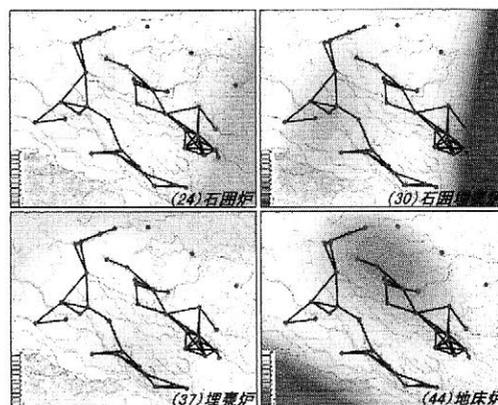


Fig.4 炉形態の傾向面

## TL/ESR測定による被熱変形した弥生土器の被熱温度推定

○長友恒人（奈良教育大） 西村誠治（奈良教育大） 柴田昌児（愛媛県埋文センター）

### 1. はじめに

焼石・焼土等の被熱した遺物の温度推定については、様々な試みがなされており、我々も主としてTL法による温度推定を行ってきたが、正確な被熱温度を測定によって推定することは困難な場合が少なくない。

愛媛県久枝Ⅱ遺跡では被熱して変形した弥生土器が出土した。これらの土器の表面は、同遺跡より出土した同一胎土、同型式の弥生土器と比較すると、表面に気泡が見られることなどから、かなりの高温で再加熱を受けたと考えられる。今回、再加熱によって変形したときの温度をTL法とESR法により測定し、良好な結果が得られたので報告する。

### 2. 測定法

再加熱温度推定の手順は図1に示す通りである。土器片から抽出した石英粗粒子を測定試料として用いた。図中で再加熱試料としたものは被熱変形土器で、対照試料としたものは同遺跡より出土した同一胎土、同型式の再加熱を受けていない土器である。

### 3. 結果と考察

図2にTL測定の結果を示す。Low Temp. Peak 及び High Temp. Peak は、それぞれ電気炉で加熱した対照試料のTLグローカーブの低温ピーク（200℃付近）と高温ピーク（300℃付近）のTL強度を加熱温度に対してプロットしたものである。低温ピークは600℃付近と800～900℃付近でTL強度が変化し、高温ピークは900℃付近で変化している。図中の◇印は、対照試料と再加熱試料のナチュラル試料（以下Nと略記）の高温ピークのTL強度である。（fadingのため、低温ピークは観測されない）。図で、対照試料Nの高温ピークのTLの強度は電気炉による加熱温度900℃以下のものと同じ程度であり、再加熱試料Nは加熱温度1000℃付近と同程度である。

図3にESR測定の結果を示す。図3の左側に示したものは、対照試料を電気炉で加熱したものである。これらは高温になるに従ってTiセンターに変化が見られ、800℃を越えた付近からは強度が小さくなり、1100℃ではほとんどTiセンターの信号が確認されない。図3の右側に示した対照試料Nと再加熱試料Nの信号パターンを、電気炉で加熱した試料の信号の変化と比較する。対照試料NにはTiセンターの信号が明瞭に確認できるが、再加熱試料Nにはそれがない。

以上のTL及びESRの測定結果より、対照試料Nは800℃程度で焼成され、再加熱試料

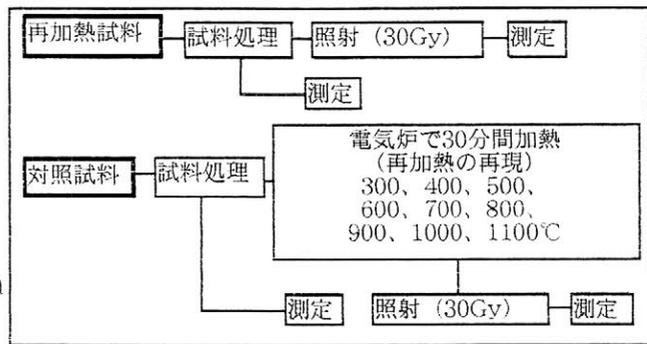


図1. 測定手順

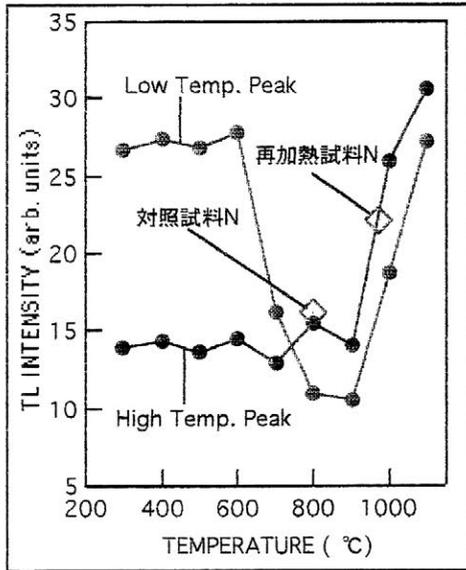


図2. TLピークの変化

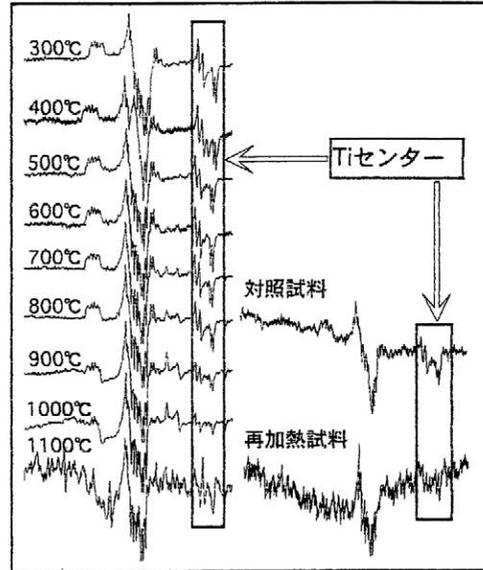


図3. ESR信号パターンの変化

Nは1000°Cあるいはそれより高温で再度加熱を受けたことが推定される。TL強度とESR信号の変化の原因としては、温度に依存する結晶構造の変化（低温型石英、高温型石英及びトリディマイトへの相転移）に起因するものと考えられる。この方法による被熱温度の推定は、対照となる試料の被熱温度がSiO<sub>2</sub>が相転移する程度の温度の場合に有効であり、それを下回る温度で被熱された試料の被熱温度を推定するには、上記とは異なる原理に基づいた測定を行う必要がある。以下にその測定例を示す。

図4に示したものは、遺跡から出土した焼石のTL測定結果である。ED1は加熱温度が低い中心部分で、ED2は十分に加熱された表面部分である。この測定は、TL年代測定で行われる付加線量法の等価線量（ED）測定と同様である。等価線量値をTLグローカーブの5°C毎に算出し、EDプラトーを作成したものを図4の下段に示した。ED2は220~225°Cと305~325°Cの温度領域でプラトーを示しているが、ED1は220~255°Cのプラトー領域のみであり、305~325°Cにはプラトー領域が見られない。このことは焼石の表面部分は300°C以上の加熱を受けており、中心部分は300°C以下の加熱しか受けていないと推定することができる。

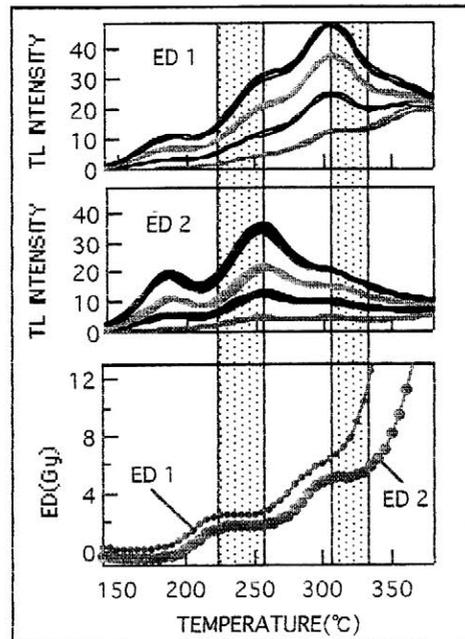


図4. EDプラトー  
(中心部ED1と表面部ED2)

日本列島のウルシ属 (*Rhus*) 植物の分布と栽培ウルシ(*R. verniciflua*)の花粉形態

○叶内敦子 (明治大学・文) ・関口千穂 (明治大学・文)  
 ・宮腰哲雄 (明治大学・理工) ・杉原重夫 (明治大学・文)

## 1. はじめに

漆器は東アジアで生産され、使用されるウルシ樹液はウルシ(*Rhus verniciflua*)、ハゼノキ (*R. succedanea*)の変種、ビルマウルシ (*Melanorrhoea usitata*)などから採取される。日本ではウルシ (*R. verniciflua*)から採取された樹液が使用され、この樹液の利用は縄文時代にさかのぼる。しかし、遺跡などから出土するウルシ属の植物遺体は種同定されたものは少なく、ウルシの木がいつ頃から日本列島に分布するかについては不明な点が多い。ウルシの種子は蠟分が多く自然状態では発芽しにくいいため、野生化したウルシはほとんど知られていない。本報告では、ウルシ液採取のために栽培されているウルシの花粉形態を観察し、ウルシ属 (*Rhus*) 花粉の種同定の可能性について検討した。

2. ウルシ属 (*Rhus*) 植物の分布と花粉形態

ウルシ科 (*Anacardiaceae*)植物は世界に70属800種 (79属600種) が分布する。ウルシ属 (*Rhus*) は150種 (250種) あるとされ、雌雄異株である。日本列島には、ツタウルシ、ヌルデ、ヤマウルシ、ハゼノキ、ヤマハゼ、ウルシの6種が分布する (図1)。ウルシは、歴史時代以前に日本列島にもたらされた史前帰化植物と考えられ、かつて全国に栽培されていた。ハゼノキは採蠟のために栽培され、野性化したものが各地に見られる。日本と中国ではウルシから樹液を採取する。

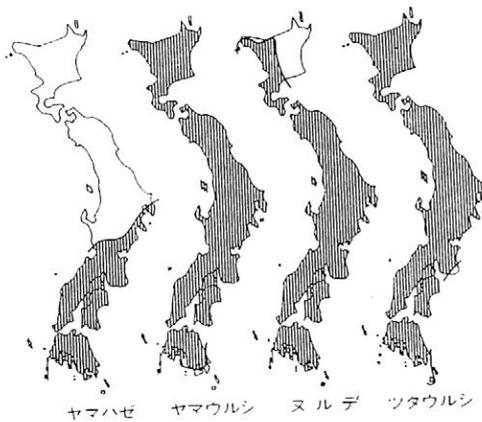
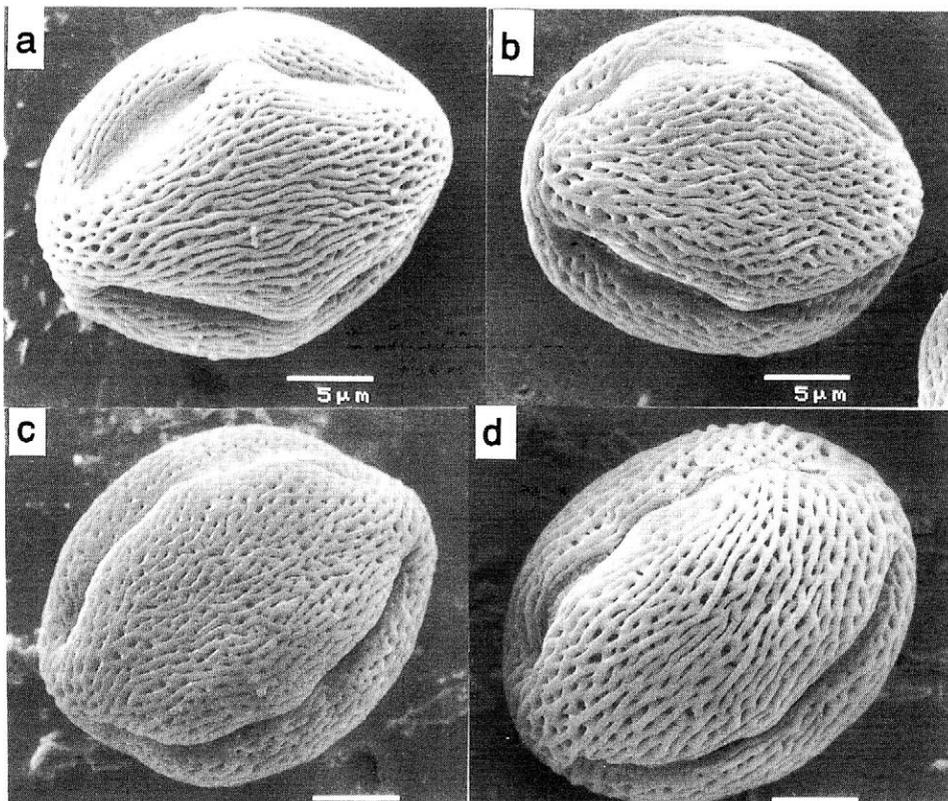


図1 ウルシ属植物の分布  
(堀田, 1975 一部改変)

ウルシ属花粉の観察は、アセトリシス法\*で処理した現生花粉を使用した。日本列島に分布するウルシ属植物の花粉は3溝孔型で、極軸の長さ約30  $\mu\text{m}$ 、赤道軸の長さ約25  $\mu\text{m}$ 、類球形～長球形である。光学顕微鏡観察では、花粉溝中央の横長の孔と、花粉粒表面の特徴的な小網状紋などによりウルシ属 (*Rhus*) と同定される。表面の小網状紋には種により特徴が認められ、走査電子顕微鏡像でタイプ分けが可能である (叶内・関口, 2002a)。

### 3. 栽培ウルシ (*Rhus verniciflua*) の花粉形態

分析試料は、岩手県浄法寺町、福島県高郷村、茨城県大子町、京都府夜久野町、会津若松市川前、多摩森林科学園、森林総研千代田実験林で栽培されているウルシ花粉17試料を使用した。花粉の粒径計測は光学顕微鏡(400倍)で1試料につき50粒計測した。その結果、極長21.3-40 $\mu\text{m}$ 、赤道長17.5-40 $\mu\text{m}$ の範囲で、最頻値はそれぞれ27.5-35 $\mu\text{m}$ 、22.5-27.5 $\mu\text{m}$ のものが多く、また、光学顕微鏡観察では、ウルシは花粉外膜が他の5種より厚い傾向がみられた。走査電子顕微鏡像では、花粉表面の小網状紋は畝の分岐が多い特徴的な形態を示す(写真)。ウルシ属6種のうち、山地に自生するヤマウルシは、雄花の花粉表面は鮮明な網状紋があり、雌花は花粉粒が比較的小型で表面の網状紋が不明瞭な個体が認められる(叶内・関口, 2002b)。ウルシ花粉についても、花粉粒の大きさと表面の小網状紋に多少の差が認められることが明らかになり、個体差と性差について検討した。



ウルシ (*Rhus verniciflua*) の走査電子顕微鏡写真

a : 茨城県大子町 b : 京都府夜久野 c : 福島県高郷村 d : 岩手県浄法寺

\* アセトリシス法 無水酢酸1 : 濃硫酸9の混合液(アセトリシス液)で10~20分湯煎→遠心分離→酢酸で脱水→遠心分離・水洗→水酸化カリウム(10%)を加え10秒湯煎→遠心分離・水洗。処理を行なった花粉は蒸留水に保存。光学顕微鏡試料は処理済みの花粉をグリセリンゼリーで封入。走査型電子顕微鏡試料は処理済みの花粉を試料台に滴下し、乾燥→蒸着。

文献

叶内敦子・関口千穂(2002a)日本文化財科学会第19回大会研究発表要旨集, p196-197.

叶内敦子・関口千穂(2002b)日本花粉学会第43回大会講演要旨集, p39.

床面に調湿建材を施工した気密型展示ケースの温湿度変化 (第2報)

○赤沼英男 (岩手県立博物館)、宮野則彦 (日本大学)、宮野秋彦 (名古屋工業大学)

1. まえがき: 最近、展示ケースの構造の高気密化に伴って、展示室の気温変動によるケース内湿度の過度の変動が問題となっている。

本研究の目的は、気密型独立展示ケースのように、展示面以外は全てガラス面で構成される空間の湿度を、ケース床面に施工した調湿建材によって調整しようとするもので、前報以来約1年間に亘り、各種調湿建材について実態調査的な実験を行ってきた。

2. 測定及び解析方法: 実験に当たっては、図1及び表1の独立型ガラスケースの展示面に5種類の調湿建材を順次施工し、各季節毎に約1週間ずつケース内及び展示室の温湿度を小型データロガーで測定した結果を解析した。

調湿性能の算定は、既報<sup>1)</sup>で述べたJISの密閉箱法によって定められた方法に準拠した。

3. 測定結果の検討: 本報では、ゾノトライト系けい酸カルシウム調湿建材(柿渋塗装品。試料No.1及びミルクカゼイン塗装品。試料No.2)の結果について報告する。

ゾノトライト系けい酸カルシウム調湿建材は、既に約20年以上前から各種文化施設の収蔵庫や壁付展示ケースの内装用調湿建材として使用され、優れた調湿効果を有する材料である。天然木材や合板などに比べるとやや軟質で、重量物の展示や壁付大型ケースの床材としては今後工夫改良の余地があるが、他の試料との比較のために測定した。

図2~3に4月及び9月の試料No.1に関する測定例を掲げ、表2には前回(加湿暖房時)及び今回(冷房停止時)の測定結果を比較した。

春季における測定で、ケース内の気温が展示室気温より高温となっているのは空調設備のレターンがケース近傍にあるためで、夏季には反対にケース内が低温となっている。従って、ケース内相対湿度はその影響を受けて、冬季から春季にかけてはケース内が比較的低温となり、秋季から冬季にかけてはケース内が展示室より高温となる。

またケースの密閉度が高い程ケース内相対湿度の日変動が大きくなる傾向が覗われる。

表1 ケースの寸法

幅	奥行	高さ
0.843	0.542	0.523

表2 解析結果の一例

No.	date	$\theta$	$\phi$	V	$\theta_r$	$\phi_r$	$V_r$	m	M
1-1	3/31	23.6	55	11.6	23.1	58	11.9	0.62	0.37
1-2	4/16	23.1	45	9.6	22.0	54	11.0	0.51	0.25
1-3	9/02	27.4	58	15.3	27.6	53	14.1	0.60	0.31
2-1	8/16	25.8	60	14.3	26.2	54	13.2	0.36	0.19

$\theta$ 、 $\phi$ 、V: ケース内の日平均気温(°C)、同相対湿度(%), 同絶対湿度( $g/m^3$ )、 $\theta_r$ 、 $\phi_r$ 、 $V_r$ : 展示室の日平均気温(°C)、同相対湿度(%), 同絶対湿度( $g/m^3$ )、m: 試料の調湿率( $g/m^3 \cdot ^\circ C$ )、M: 試料の調湿性能( $g/m^2 \cdot ^\circ C$ )

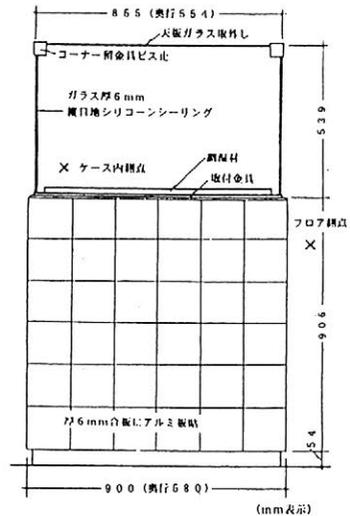


図1 独立型密閉展示ケース

壁付形の場合とは異なり、島形ケースの場合は調湿建材の施工部位が底板に限られ十分な面積を取ることができないため、ペレット状調湿剤の場合のように、ケースの底板の下の空間に調湿建材を格納し、ケース内と流通を図るのも1つの方法であろう。

表3より試料No.1の調湿率は、春から夏にかけて $0.51\sim 0.62\text{ g/m}^3\cdot\text{C}^\circ$ となっており、JIS A 1470-2(密閉箱法)によって求められた同一試料の調湿率(m値) $0.43\text{ g/m}^3\cdot\text{C}^\circ$ (建材試験センター測定。ただし、気温変動周期は48時間で実験)よりも大きな値を示している。

ミルクカゼインを塗装した試料No.2についての測定結果は、1シーズンのみの測定ではあるがm値は $0.36\text{ g/m}^3\cdot\text{C}^\circ$ で、試料1に比べて小さい値となっている。

4. むすび：これまでの1年間の測定には、完全気密タイプではない島形展示ケースを用い、No.1からNo.5までの試料を順次設置して約1週間ずつ測定する方法で行っている。

従って、設置する試料の含水状態は、それまで置かれていた室内の湿度環境の影響を受けているため、完全密閉タイプのケースに年間を通じて調湿建材を設置した場合とは当然異なる結果となっている筈である。

今後は、寸法形状の同じ複数の展示ケースに試料を設置し、完全密閉とするための断湿対策を施した上で同時比較測定を行う予定である。

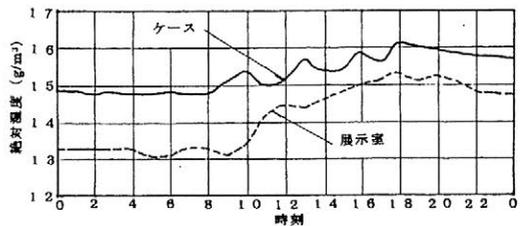
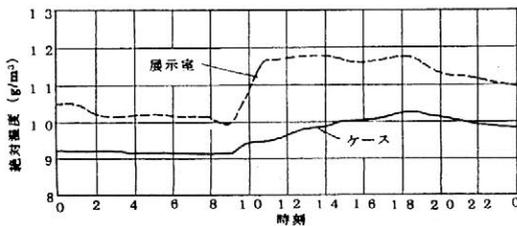
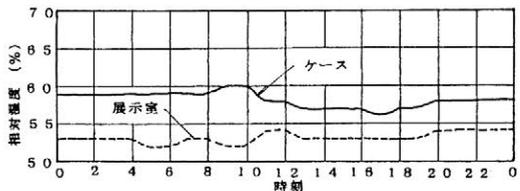
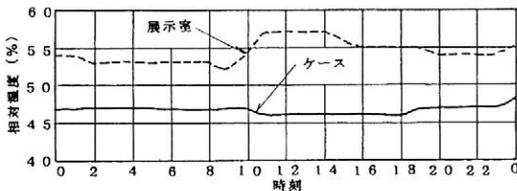
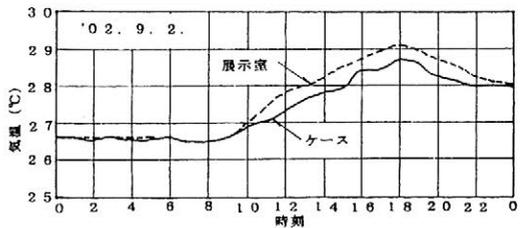
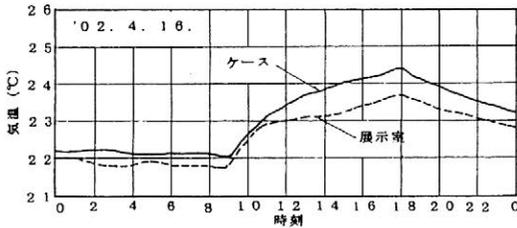


図2 測定例1 (けい酸カルシウム系調湿建材No.1)

図3 測定例2 (けい酸カルシウム系調湿建材No.2)

- 1) 赤沼英男、宮野則彦、水谷章夫、宮野秋彦：展示ケース内の湿度環境上の諸問題と対策、日本文化財科学会、第16回大会研究発表要旨集、1996年6月。

## 遺構保存用の親水性ポリマーが土壤中の水分移動に与える影響に関する研究

○ 三石 正一 宮崎毅 溝口勝 井本博美 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

### 1. はじめに

土の遺跡の露出展示を行う場合、遺構表面にポリマーを散布して遺構表面を強化する。しかし、その際に、大きく三つの問題 (①乾燥崩壊、②塩類析出、③黴や藻類の発生) が生じる。これらのうち①と②は、土壤水の蒸発が原因で起こると考えられる。最近では、これまで使用されてきた土壤表層を硬化させる高分子樹脂ではなく、親水性ポリマーを用いて土壤水分の蒸発の抑制を行い、良好な状態で遺構を保てるようになってきた。しかし、それでも塩類の析出は起こっている。

これまで遺跡の露出展示を行う際には様々な種類のポリマーが土壤に散布されてきたが、それらのポリマーと土壤中の水の移動との関係を明らかにした実験報告等はほとんどない。そこで本研究では以下の目的で実験を行った。

(1) 親水性ポリマーを散布することによる土壤の水分特性への影響を調べる。

(2) 親水性ポリマーが蒸発過程の水分移動に与える影響を明らかにする。

## 2. 実験

### 2.1 試料

東京都西東京市東京大学田無農場から採取した立川ローム (深さ 40~60cm) の 2mm 篩通過分を土試料として用いた。実験に使用したポリマーは、ポリシロキサン-ポリオキシアルキレンオリゴマー (分子量 700、以下 SAO) と、ポリエチレングリコール (分子量 400、以下 PEG) である。散布量はそれぞれ  $2\text{kg m}^{-2}$  とした。

### 2.2 方法

#### (1) 水分特性

Decagon Devices, Inc. の WP4 Dewpoint PotentialMeter を使用してポリマーを含む試料中の水ポテンシャルを測定した。実験条件を表 1 に示す。

### (2) 蒸発実験

直径 5cm、高さ 20cm のカラムに土試料を所定の乾燥密度 ( $0.46\text{Mg m}^{-3}$ ) で充填する。このカラムを脱イオン水で下方から 24 時間飽和させた後、24 時間排水し、排水後にポリマーを所定量カラム上面に散布した。そのカラムをチャンバー内 (温度  $25^\circ\text{C}$ 、相対湿度 70%) のターンテーブル上に置き、試料表面から自然蒸発させ、24 時間毎にカラム重量とマトリックポテンシャルを測定した。また実験開始から 30 日後に各層の含水比を測定した。こうした実験を無散布試料、SAO、PEG を散布した試料について行った。

表 1 ポリマー散布による水分特性変化の実験条件

実験試料	含水比
無散布	0.5,1.0,1.4,2.0
立川ローム+SAO	0.5,1.0,1.4,2.0*+SAO (4g)
立川ローム+PEG	0.5,1.0,1.4,2.0*+PEG (4g)
SAO+脱イオン水	0.5,1.0,1.5,2.0
PEG+脱イオン水	0.5,1.0,1.5,2.0

\* 立川ロームの含水比

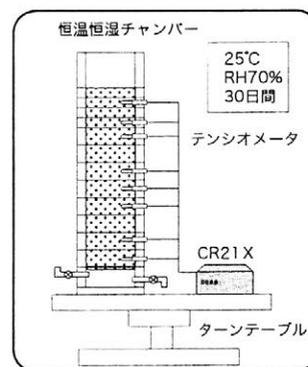


図 1 蒸発実験装置図

## 3. 結果と考察

### 3.1 水分特性

図 2 に無散布試料と立川ロームに SAO と PEG

を散布した試料の水分特性曲線を示す。親水性ポリマーを散布すると同一ポテンシャルにおける含水比が増大する結果となった。この傾向は SAO よりも PEG を散布した試料で顕著にあらわれ、また、PEG は SAO よりも土壌の保水性を高めることがわかった。このことから、親水性ポリマーの散布が土壌の保水性を高めることを確認することができた。

### 3.2 蒸発実験

図 3 に SAO、PEG、無散布試料の蒸発速度を示す。親水性ポリマーを散布した試料の蒸発速度は無散布試料の 1/2~1/3 程度にまで低下した。30 日を経過した段階でもポリマーを散布した試料の蒸発速度は無散布試料の半分程度であった。またポリマーを散布した試料において初期の蒸発速度に違いが見られるが、これはカラム試料の初期水分量が飽和に近いいため SAO ではポリマーに収着されにくい水が先に蒸発したのに対し、PEG では SAO よりも水になじみやすいため土壌中に SAO よりも広く浸透したため徐々に蒸発速度が上昇したものと考えられる。

図 4 に SAO 散布試料のマトリックポテンシャルの時間変化、図 5 に SAO 試料の各深さの不飽和透水係数を示す。無散布試料の不飽和透水係数はどの深さも同じ値となったが、SAO 散布試料は同じ体積含水率でも、表層に近い深さ 2.5cm の不飽和透水係数は他の層よりも小さい値となった。これは親水性ポリマーが表層で水の移動速度を低下させているために、深さが浅くなるにつれて不飽和透水係数が低下していったためと考えられる。

## 4. おわりに

親水性ポリマーを土壌表面に散布することで、保水性を高め、蒸発過程にともなう土壌中の水分移動速度が低下することがわかった。また同じ親水性ポリマーでも、種類によって土壌中の水分移動速度が異なることもわかった。これはポリマーの粘度や表面張力などの物性値に関係していると考えられる。今後は土壌-ポリマー系中での水移動のメカニズムの解明、そのメカニズムに与える塩類の影響、また土壌表層を硬化させる合成樹脂を使用して同様の実験をおこなう予定である。

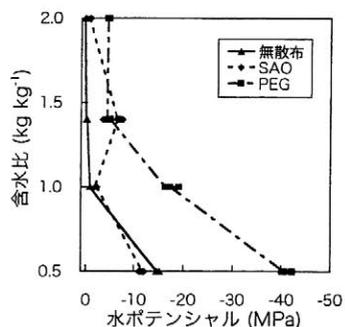


図2 ポリマー散布後の立川ロームの水分特性

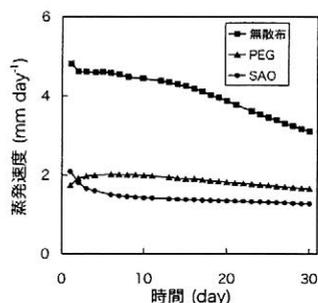


図3 各試料の蒸発速度

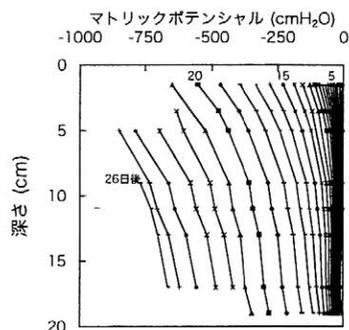


図4 SAO 散布試料のマトリックポテンシャル時間変化

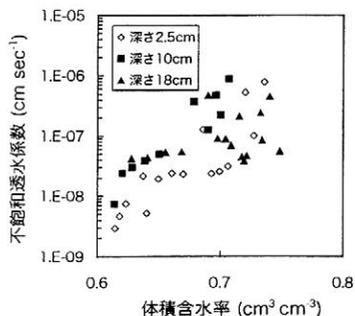


図5 ポリシロキサン(SAO)散布試料の不飽和透水係数

