日本文化財科学会第 21 回大会

研究発表要旨集

2004 年 5 月 15 日（土）・16 日（日）
立命館大学

日本文化財科学会

日本文化財科学会第 21 回大会・2004 年度総会日程

日時:2004 年 5 月 15 日(土)・16 日(日)

会場:立命館大学(京都市北区等持院北町 56-1)

総会:以学館 1 号ホール

評議委員会:以学館2階 25 号室

口頭発表:以学館1号ホール

ポスターセッション:以学館地下・多目的ホール1・2

特別ポスター展示(奈良教育大「吉備塚古墳」、立命館大学 21 世紀 COE プログラム「京都アート・エンタテインメント創成研究」「文化遺産を核とした歴史都市の防災研究拠点」、立命館大学文学部考古学コース発掘諸遺跡関連等。一部、アートリサーチセンターで展示とデモ)

機器展示・図書販売:以学館地下・多目的ホール3

懇親会:諒友館食堂

第1日　5 月 15 日(土)

9:00　受付開始

9:30～9:40　開会の挨拶　日本文化財科学会会長　水野正好(奈良大学)

9:40～12:00　口頭発表(1～7)

12:00～14:00 休憩

12:10～13:10 評議員会

13:10～14:00 ポスターセッション解説

14:00～17:20 口頭発表(8～17)

18:00～20:00 懇親会

第2日　5 月 16 日(日)

9:00～11:00　口頭発表(18～23)

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(24～29)

16:00～16:10　閉会の挨拶　第 21 回大会実行委員長　和田晴吾(立命館大学)

機器展示/図書販売（五十音順）

エクスロン・インターナショナルジャパン株式会社

応用地質株式会社

株式会社クバプロ

スナガ環境測設株式会社

株式会社丸紅ソリューション

三菱ガス化学株式会社

立命館大学文学部考古学コース

広告（五十音順）

株式会社アクト

エクスロン・インターナショナルジャパン株式会社

応用地質株式会社

三恒商事株式会社

三星商事印刷株式会社

スナガ環境測設株式会社

株式会社パレオ・ラボ

三ツワ理化学株式会社

日本文化財科学会

研究発表要旨目次

口頭発表

［年代測定］

1　炭素14年代法に用いる土器付着炭化物の同定の試み　2
　○坂本　稔（歴博）、小林謙一（総合研究大学院大学）、舛田奈緒子（東邦大）、
　今村峯雄（歴博）

2　考古学における年輪年代法導入例拡大のための基礎的研究
　－コナラ亜属の樹木における年輪幅の変動特性について－　4
　○藤井裕之（京都大学大学院人間・環境学研究科博士後期課程）

3　唐招提寺金堂基壇の塼のＴＬ年代測定　6
　○長友恒人・西村誠治（奈良教育大学）

［古環境］

4　能登三引遺跡における縄文海進変動の詳細解析　8
　○藤　則雄（金沢大学・金沢学院大学）、小嶋芳孝・金山哲哉・
　沢辺利明（石川県埋蔵文化財センター）

5　弥生時代における植生・環境の研究　10
　○金原正明（奈良教育大学）

［材質・技法］

6　塩化鉄（Ⅲ）水溶液の加熱で析出した酸化鉄（Ⅲ）の形状　12
　○烏谷俊江・石田信伍・竹内信行（京都工芸繊維大学大学院）

7　SPring-８を用いた出土鉄製遺物の材料科学的研究
　－鳥取県青谷上寺地遺跡出土鉄製遺物に対する放射光高エネルギー蛍光
　Ｘ線分析の事例－　14
　○村上　隆・深沢芳樹（奈良文化財研究所）、高田　潤・横山精士（岡山大学）、
　鳥越俊行（岡山大学、現九州国立博物館（仮称）設立準備室）、
　鳥取県埋蔵文化財センター

8　鉄の卸工程などに伴う炭素の挙動について　16
　○齋籐　努・坂本　稔（国立歴史博物館）、野田　稔（東邦大学）、
　尾崎保博（平野神社）、高塚秀治（東京工業大学）

9　古代金工技術における鍍膜・接合材としての錫利用の新事例　18
　○塚本敏夫・藤井章徳・植田直見、菅井裕子（財団法人元興寺文化財研究所）

10　北海道恵庭市カリンバ３遺跡出土の赤色漆塗り竪櫛の製作技法　20
　○小林幸雄（北海道開拓記念館）、上屋真一（恵庭市教育委員会）

11　レバノン、ティール出土ガラスの製作技法－化粧瓶の場合　22
　○島田　守（奈良大学大学院）、泉　拓良（奈良大学）

12　SPring-8 放射光蛍光Ｘ線分析による青銅鏡微量成分の研究　24
　○廣川　守・樋口隆康・外山　潔（泉屋博古館）、北野彰子・伊藤真義・
　梅咲則正（高輝度光科学研究センター）、住友芳夫・鈴木謙爾（住友金属工業）、
　今津節生（橿原考古学研究所）

［産地同定］

13　日本全国の辰砂鉱山より採取した朱のイオウ同位体比分析　26
　○南　武志（近畿大学）、豊　遙秋（地質標本館）、今津節生（橿原考古学研究所）

14　東大寺八角灯籠の鉛同位体比　28
　○平尾良光（東京文化財研究所、現別府大学）、早川泰弘・
　鈴木浩子（東京文化財研究所）

15　黒曜石産地推定測定方法間比較と最適分析フローの予備的考察　30
○鈴木正男(立大・理)、Allen,C(ANU)、安蒜政雄(明大・文)、
Ambrose,W(ANU)、Campbell,I(ANU)、池谷信之(沼津市教委)、
望月明彦(沼津高専)、大竹憲昭(長野埋文)、佐藤宏之(東大院・人社)、
島田和高(明大・考古学博物館)、戸村健児(立大・原研)、鶴丸俊明(札幌学院大・人文)、
渡辺圭太(立大・院)、山科　哲(明大・黒曜石研究センター)
16　ロシア・極東北東部に分布する後期旧石器遺跡から出土した黒曜岩の原産地同定　32
○吉谷昭彦、セルゲイ・スロボーディン(ロシア科学アカデミー)、
友田哲弘(旭川市教育委員会)
17　陶邑周辺の窯跡出土古式須恵器　34
○三辻利一(大谷女子大)
18　レバノン国ティール市郊外ローマ時代壁画地下墓の環境
－復原・整備・公開をめざして－　36
○西山要一(奈良大学)、島田　守・竹原弘展(奈良大学大学院)、
峠　美穂(奈良大学保存科学研究室)、泉　拓良(奈良大学)
19　古墳の石室内に用いる防カビ剤の壁画に及ぼす影響　38
○張　大石、松田泰典(東北芸術工科大学)、門倉武夫(東京都埋蔵文化財研究所)、
鈴木　稔(山梨文化財研究所)
20　歴史的木造建造物における生物劣化の非破壊診断　40
○藤井義久・築瀬佳之・藤原裕子・奥村正悟(京都大学大学院農学研究科)、
吉村　剛、今村祐嗣(京都大学生存圏研究所)
21　遺跡の保存と活用－エジプトの日乾煉瓦建造物遺構の保存処理から－　42
○西浦忠輝(国士館大学)、柏木裕之・吉村作治(早稲田大学)

[文化財科学一般]
22　三次元計測に基づくフゴッペ洞窟への光の差し込みのシミュレーション　44
○朽津信明(東京文化財研究所)、○増田智仁・山田陽介・池内克史(東京大学)
23　砂岩材の帯磁率から推定されるアンコール遺跡の建造過程　46
○須田千幸・内田悦生(早大・理工)、
オリビエ=クニン(École d'Architecture　de　Nancy)
24　サンボール・プレイ・クック遺跡における石材劣化　48
○大川智也・内田悦生・川口琢磨・下田一太・仙波典子(早大・理工)
25　携帯型マルチレーザーラマン分光分析装置の開発と応用　50
○高妻洋成・降幡順子・肥塚隆保(奈良文化財研究所)、
藤井尚志((株)ターボオプテクス)
26　土壌中のウルシ・ハゼノキ花粉の形態と保存　52
○叶内敦子・神谷千穂(明治大学・文)、宮腰哲雄・杉原重夫(明治大学・理工)
27　古代青銅鏡の腐食層内に潜む微生物の直接観察と DNA 検査　54
○横田　勝・三船温尚・(高岡短期大学産業造形学科)、
栃原美佐子(川鉄テクノリサーチKK)、菅谷文則(滋賀県立大学人間文化学部)、
宮原晋一・清水康二(奈良県立橿原考古学研究所)
28　電気探査による高松塚古墳墳丘内の水分分布モニタリング　56
○山口貴史・阿児雄之・亀井宏行(東京工業大学)、工藤博司(桜小路電機有限会社)
29　地理情報システムと理化学的資料分析を用いた先史社会の復原
－環境資源の移動とアロケーションモデル－　58
○津村宏臣、菅頭明日香(東京学芸大)、建石　徹(東京芸大)、二宮修治(東京学芸大)

ポスターセッション

[古環境]
P1　古墳時代と江戸時代の畑地堆積物堆積構造の比較
－大阪府久宝寺遺跡、京都府山崎津跡の事例－　62
○松田順一郎(財団法人東大阪市文化財協会)

P2　兵庫県芦屋市前田遺跡から検出された水田跡の微細形態学検討　64
○辻　康男・辻本裕也・馬場健司(パリノ・サーヴェイ(株))、森岡秀人(芦屋市教育委員会)
P3　畑遺構土壌の農耕地としての評価法に関して（第２報）
－土壌化学性に関する適応事例と詳細な検討－　66
○須永薫子(東京農工大学大学院)、坂上寛一(元東京農工大学農学部)
P4　沖積平野の発達と弥生集落の形成
－青谷平野と青谷上寺地遺跡をタイプケースとして－　68
○真島　健・金原正明(奈良教育大学)、金原正子(古環境研究所)
P5　唐古・鍵遺跡の花粉分析・珪藻分析からみた植生・環境と弥生環濠機能の変化　70
○金原正子(古環境研究所)、藤田三郎・豆谷和之(田原本町教育委員会)、
金原正明(奈良教育大学)
P6　京都大学北部構内遺跡における花粉分析　72
○上中央子(京都造形芸術大学大学院)
P7　琉球列島の稲作開始期とその変遷に関する研究（III）
－プラント・オパール分析から見た琉球列島における稲作－　74
○宇田津徹朗・蔵田真一(宮崎大学)、藤原宏志(宮崎大学名誉教授)
P8　山形県における遺跡出土木製品の用材傾向　76
○小林　啓(財団法人山形県埋蔵文化財センター)
P9　根来寺周辺遺跡から出土する炭化塊状栽培種実群の検討　78
○金原美奈子(古環境研究所)、本多元成(岩出町教育委員会)、
金原正明(奈良教育大学)
P10 魚類主要骨格の計測による体長復元－マダイ・クロダイを例として－　80
○石丸恵利子(京都大学大学院人間・環境学研究科博士後期課程)
P11 GISを用いた平安京のデジタル地形環境分析　82
○河角龍典(立命館大学)
P12 黒曜石水和層年代測定法による古気候復元への試み　84
○渡辺圭太(立教大理院)、Liritzis, I(Univ. of the Aegean, Greece)、
Stevenson,C(Virginia Department of Historic Resources),
Tsamasfyrou,M(Univ. of the Aegean,Greece)、鈴木正男(立教大理)

［材質・技法］
P13 植山古墳出土金銅装馬具の構造と材質に関する研究　86
○村上　隆・佐藤昌憲・花谷　浩・小野澤亮子(奈良文化財研究所)、
竹田正則・濱口和弘、横関明世、濵岡大輔(橿原市教育委員会)
P14 史跡斎宮跡出土金銅製金具の装飾技法について　88
○山岡奈美恵・菅井裕子((財)元興寺文化財研究所)
P15 出土馬具類に施された金の装飾方法について
－静岡県袋井市春岡A2号墳の分析結果から－　90
植田直見((財)元興寺文化財研究所)、○杉本和江(古美術修理すぎもと)、
渡辺智恵美((財)元興寺文化財研究所)、白沢　崇(袋井市教育委員会)
P16 ポータブル蛍光X線分析装置を用いたトルコ共和国キュルテペ出土金属製品の
化学分析　92
○増渕麻里耶・真田貴志・中井　泉(東理大理)
P17 棹吹き技法の復元的研究－棹銅製作から得られた知見について　94
○伊藤幸司(財団法人大阪市文化財協会)
P18 西分増井遺跡から出土した青銅製品の自然科学的調査　96
○渡辺智恵美・平尾良光(別府大学)、菅井裕子・井上美智子・
植田直見((財)元興寺文化財研究所)、出原恵三((財)高知県埋蔵文化財センター)
P19 福井県敦賀市経塚出土銅鏡についての材質調査　98
○清水梨代(京都国立博物館)、中野拓郎(敦賀市教育委員会)
P20 神戸市西求女塚古墳出土の青銅鏡の調査　100
○村上　隆(奈良文化財研究所)、千種　浩・安田　滋・中村大介(神戸市教育委員会)

P21 徳島県内から出土した銅鐸にみられる鋳掛け 102
○魚島純一(徳島県立博物館)
P22 神戸市西求女塚古墳の竪穴式石室石材・土器の赤色顔料の調査 104
○本田光子(九州国立博物館(仮称)設立準備室)、志賀智史・千種 浩・安田 滋・
中村大介(神戸市教育委員会)
P23 装飾古墳に用いられた赤色顔料について 106
○朽津信明(東京文化財研究所)
P24 江戸末～明治期の浮世絵、版本の彩色に用いられた石黄について 108
加藤雅人(龍谷大学 AFC)、河野益近(京都大学大学院工)、
○江南和幸(龍谷大学理工)
P25 石器石材の力学的性質に関する基礎的研究－黒曜石の強度特性を中心に－ 110
○米倉 薫・長谷川裕之・鈴木哲也(慶應義塾大学)
P26 出土琥珀の分析－熱分析と赤外分光分析を組み合わせて 112
○植田直見((財)元興寺文化財研究所)
P27 陶磁器の白化粧に関する基礎的研究 114
○降幡順子・肥塚隆保(奈良文化財研究所)、森本朝子(福岡市教育委員会)、
山崎一雄(名古屋大学名誉教授)
P28 エジプト出土ラスター彩陶器に見られる白色釉薬の化学的研究 116
○中川映理・保倉明子・中井 泉(東理大理)、真道洋子・川床睦夫(中近東文化センター)
P29 カマン・カレホユック遺跡出土黒色超磨研土器の焼成技法の解明 118
○白石圭代・保倉明子・中井 泉(東理大理)
P30 神戸市西求女塚古墳出土の金属製品に付着した有機物の調査 120
○岡田文男(京都造形芸術大学)、千種 浩・中村大介(神戸市教育委員会)
P31 遺構埋納物推定における脂質分析の効果と問題点 122
○田中義文(パリノ・サーヴェイ株式会社)、坂井良輔(北陸学院短期大学)、千葉博俊・
植木真吾・辻本崇夫(パリノ・サーヴェイ株式会社)
P32 日本に生息するウルシ属 *Rhus* の樹液に含まれる主要な脂質成分の分析 124
針谷紗世子・岸 直矢・○宮腰哲雄(明治大学理工学部)
P33 近世出土塗装資料の製作技法の研究 (1) 126
○武田昭子・増田勝彦(昭和女子大学)、
上條朝宏・門倉武夫(東京都埋蔵文化財センター)、赤沼英男(岩手県立博物館)
P34 青森県朝日山 (2) 遺跡出土縄文時代晩期の漆製品の塗膜構造 128
○本吉恵理子(平安学園)、岡田文男(京都造形芸術大学)、中嶋友文(青森県埋蔵
文化財調査センター)、汐見 真((株)吉田生物研究所)
P35 北海道・縄文時代遺跡から出土した赤色漆塗り様糸に関する考古科学的研究 130
○野沢悠子(京都大学大学院人間・環境学研究科)、田口 尚(北海道埋蔵文化財
センター)、小林幸雄(北海道開拓記念館)、佐藤昌憲・肥塚隆康(奈良文化財研究所)
P36 富山県石名田木舟遺跡出土漆塗り星兜の製作技法について 132
○大国万希子・山田哲也・藤田浩明・川本耕三(財団法人元興寺文化財研究所)、
宮田進一(財団法人富山県文化振興財団)
P37 古代ガラスの技法 134
○島田 守(奈良大学大学院)
P38 石川県辰口町下開発茶臼山古墳群 (9 号墳) 出土ガラス玉の科学的研究 136
○中村晋也(金沢学院大学)、菅井裕子((財)元興寺文化財研究所)、
高田実弥(京都大学原子炉実験所)

[産地同定]
P39 石器・玉類の原材産地分析 (20) 138
○藁科哲男(京都大学原子炉実験所)
P40 波長分散型蛍光 X 線分析装置による日本全国の黒耀石全岩定量分析 140
○嶋野岳人・石原園子・長井雅史(東大地震研・明大文化財)、
鈴木尚史・杉原重夫(明大文学部)

P41 縄文時代後期東関東における黒曜石の利用と交換 142
○建石　徹・津村宏臣（東京芸術大学大学院美術研究科）
P42 陶邑窯群とその周辺の窯跡出土須恵器、埴輪の化学的特徴 144
○三辻利一（大谷女子大）
P43 東京都新宿区水野原遺跡出土の三楽園焼の自然科学的研究 146
○新免歳靖・水本和美（新宿歴史博物館）、二宮修治（東京学芸大学）

［保存科学］
P44 寒冷環境下における版築の強度発現－復元 11 年目の築地塀解体調査－ 148
○武田一夫（帯広畜産大学）、石崎武志（東京文化財研究所）、登尾浩助（岩手大学）
P45 遺構における水の分布及び移動の探査法に関する研究 150
○脇谷草一郎（京都大学大学院）、肥塚隆保（奈良文化財研究所）
P46 遺跡等で使用する樹脂のカビへの抵抗性について 152
○木川りか・早川典子・山本記子・川野邊渉・佐野千絵・青木繁夫（東京文化財研究所）
P47 熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価（3）
－石造物の表面剥離層の定量化－ 154
西山要一・○林　國郎・竹原弘展（奈良大学文学部文化財学科）
P48 20GHz－TDR 装置と短いプローブを使った比誘電率測定の特徴 156
○登尾浩助・君島章太郎（岩手大学）、石崎武志（東京文化財研究所）、
武田一夫（帯広畜産大学）
P49 逗子市名越切通（なごえきりどおし）の崩落対策（1）－泥岩のスレーキングに対する保存対策－ 158
○小林　恵・岩下信一（応用地質株式会社）、橋本直樹（逗子市教育委員会）、
沢田正昭（筑波大学）
P50 糖アルコール含浸法の現状－処理精度の向上を図るための最新情報 160
○今津節生（橿原考古学研究所）、伊藤幸司・鳥居信子（大阪市文化財協会）、
山田哲也（元興寺文化財研究所）
P51 糖アルコール含浸法による漆製品の処理（2） 162
○西口裕泰・平井孝憲（株式会社京都科学保存技術研究所）
P52 糖アルコール含浸法の漆碗・種実類等への適用 164
○深瀬亜紀・金原正明（奈良教育大学）、木寺きみ子・金原正子（古環境研究所）、
P53 四川省綿陽市永興山 2 号墓から出土した漆塗り木製馬の保存処理実験 166
○岡田文男（京都造形芸術大学）、吉田秀男（（株）吉田生物研究所）、
全（四川省文物考古研究所）
P54 保存処理後遺物の経年調査（4） 168
○伊藤健司・藤田浩明・植田直見（財団法人元興寺文化財研究所）
P55 発掘現場における水浸出土木材の First Aid－出土木材の乾燥メカニズム 170
○渡辺淑恵（東北芸術工科大学大学院）、松井敏也（筑波大学大学院）、
大山幹成（東北大学大学院理学研究科附属植物園）、松田泰典（東北芸術工科大学大学院）
P56 乾燥中の出土木材の AE 波伝搬特性 172
奈良部善之・簗瀬佳之・○藤井義久・奥村正悟（京都大学大学院農学研究科）、
高妻洋成・肥塚隆保（奈良文化財研究所）
P57 FCR を利用した木材試料の研究 174
○松島朝秀（東京芸術大学）、三浦定俊（東京文化財研究所）
P58 薬剤含浸処理した資料の接着の力学的研究（3） 176
○川本耕三・江野朋子・藤原千沙・山岡奈美恵（財団法人元興寺文化財研究所）、
中村晋也（金沢学院大学）
P59 出土鉄製品に見られるさびとその情報 1 －新潟県黒田古墳群出土鉄製品－ 178
○松井敏也（筑波大学大学院）、三ツ井朋子（新潟県埋蔵文化財調査事業団）、
渡辺淑恵（東北芸術工科大学大学院）

［文化財科学一般］
P60 文化財診断車による発掘現場での遺物の非破壊診断と遺物の 3D デジタルアーカイブ 180
植田直見・○塚本敏夫・川本耕三・雨森久晃（財団法人元興寺文化財研究所）
P61 ベトナム胡朝城城門の 3 次元レーザー計測 182
○本田　卓・郡司英一（日立エンジニアリング株式会社）、菊池誠一・阿部百里子・
山本暉久（昭和女子大学）
P62 三角縁神獣鏡三次元デジタルアーカイブの活用－新しい遺物観察方法を目指して－ 184
○今津節生（橿原考古学研究所）、古谷　毅（東京国立博物館）、
徳田誠志（宮内庁書陵部）、森本国宏（橿原考古学研究所）、鈴木　勉（工芸文化研究所）、
樋口隆康（橿原考古学研究所）
P63 三次元デジタルデータを活用した複製品の作成 186
○徳田誠志（宮内庁書陵部）、本田　卓（日立エンジニアリング株式会社）、
今津節生（橿原考古学研究所）
P64 古銭の 3 次元デジタルデータ保存と修復 188
河嶋壽一・篠田潤一・○平田健太郎（龍谷大学）
P65 文化財用据置型高精細 3 次元デジタルアーカイブシステムの開発と文化財学課程
での利用状況 190
○塚本敏夫（財団法人元興寺文化財研究所）、森下章司・
魚津知克（大手前大学史学研究所）、糊田寿夫・久保直樹・
尾島隆信（コニカミノルタテクノロジーセンター（株））
P66 MeV 領域高エネルギーX 線 CT を用いた火焔土器の計測と応用 192
○建石　徹・北田正弘（東京芸術大学大学院美術研究科）、定岡紀行・
高木太郎（日立製作所電力・電気開発研究所）、須能　恵（日立製作所日立事務所）、
佐藤雅一（津南町教育委員会）
P67 写真測量技術の応用による 3 次元 DCM の取得と利用－文化財保存・活用への展開－ 194
○津村宏臣（東京芸術大学）、二神葉子（東京文化財研究所）
P68 復元竪穴住居の保存環境に関する研究（第 2 報）（富山市北代遺跡その 2） 196
古川知明（富山市教育委員会）、○宮野秋彦（名古屋工業大学）
P69 調湿建材による保存・展示用ガラススクリーン内部の湿度環境調整について 198
○宮野秋彦（名古屋工業大学）、宮野則彦（日本大学）、
若木和雄（日本インシュレーション（株））、村田　豊（（株）ヨーケン）
P70 調湿建材を施工した復元竪穴住居の湿気環境 200
○宮野秋彦（名古屋工業大学）、高田和徳（一戸町教育委員会）、
赤沼英男（岩手県立博物館）、村田　豊（（株）ヨーケン）
P71 遺構保存用の親水性ポリマー浸透土壌中の水ポテンシャル分布 202
○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）
P72 木質古文化財に残る「刃こぼれ痕」について 204
○藤井裕之（京都大学大学院人間・環境学研究科）、
奈良県文化財保存事務所大神神社出張所
P73 縄文土器に残留したステロールの分析 206
○堀内晶子・笠間愛央（国際基督教大学教養学部）
P74 木簡および農書によるイネは現存するか？ 208
○花森功仁子（岐阜大学連合大学院・株式会社ジェネテック）、
望月峰子（株式会社ジェネテック）、田淵宏朗（中央農業総合研究センター）、
佐藤洋一郎（総合地球環境学研究所）
P75 中国泥河湾地域旧/新石器遺跡の光ルミネッセンス年代測定 210
○長友恒人・波岡久恵（奈良教育大）、下岡順直（奈良大院）、
衛　奇（中国科学院）、佐川正敏（東北学院大）

口　頭　発　表

炭素14年代法に用いる土器付着炭化物の同定の試み

○坂本　稔*・小林謙一**・舛田奈緒子***・今村峯雄*
(*国立歴史民俗博物館・**総合研究大学院大学・***東邦大学)

1.　はじめに

先史時代の土器に付着する炭化物は，土器形式の比較とも相まって高精度の炭素14年代測定に有効な試料である。国立歴史民俗博物館ではこれまで土器付着炭化物の年代測定を数多くおこない，縄文時代および弥生時代の年代体系の構築に成果を上げてきた（日本学術振興会科学研究費補助金：13308009）。

炭素14年代法による年代値は考古学的な所見と慎重に照合しており，また多くの場合で同一遺跡から出土した他の試料の年代と一致することが，測定結果に対する一定の評価となっている。ところが，炭化物がどのような有機物に由来しているかという検証は，これまで必ずしも十分ではなかった。

土器付着炭化物が調理物に由来するとすれば，その年代は作物が収穫された年代を示し，収穫から調理までの時間差が小さいという前提に基づいて土器の使用年代とみなすことができる。作物が陸上生物の場合は問題ないが，海洋生物の場合は「海洋リザーバー効果」により実際よりも古い年代を与えることがあり，区別されなければならない。本研究は，土器付着炭化物の炭素・窒素比（C/N比），およびそれぞれの安定同位体比（$\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$）を測定し，その傾向について解釈を試みた。

2.　試料と実験

C/N比，$\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$については，土器に付着する炭化物を数mg採取し，昭光通商(株)に送付して元素分析計および安定同位体質量分析計による分析を依頼した。またBeta Analytic Inc.に炭素14年代測定を依頼した試料は，同時に安定同位体質量分析計による$\delta^{13}C$の測定がおこなわれた。また一部の試料は，年代測定試料を調製する過程で試料を完全燃焼して得られる二酸化炭素の一部をガラス管に封入し，(株)加速器分析研究所に送付して，安定同位体質量分析計による$\delta^{13}C$の測定を依頼した。

加速器質量分析計（AMS）による炭素14年代測定においては，同時に^{13}Cの測定をおこなって同位体分別効果を補正している。ここでの分別は測定試料となるグラファイトの調製および測定による効果が大きく，試料自身の$\delta^{13}C$としては採用できない。

3.　炭素同位体比（$\delta^{13}C$）

図1に，土器付着炭化物の$\delta^{13}C$の分布を示す。-25‰付近を中心に左右に広がっていることがわかる。一方，海洋生物の$\delta^{13}C$はこの分布よりもやや高い値を示すことが知られている。分布の右辺は海洋生物に由来する試料が混合している可能性がある。

例外的に高い$\delta^{13}C$を示した試料は，アワやヒエなどのC4植物の可能性を示唆する。植物はその光合成回路の違いからC3，C4，CAM

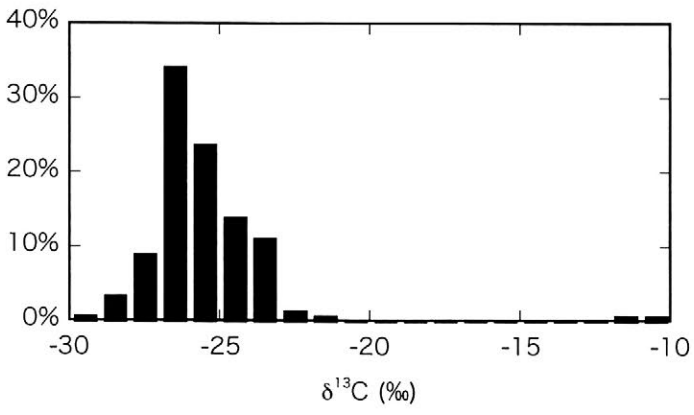


図1：土器付着炭化物143点の$\delta^{13}C$分布

植物に分類され，大部分はコメやムギなどのC3植物である。C3植物のδ^{13}Cは-25‰前後であるのに対し，C4植物は-15‰以上になることが知られている。このような試料は，種子の痕跡などを確認することで植物の推定が可能になるだろう。

4. 炭素・窒素比，窒素同位体比（δ^{15}N）

窒素に関する測定をおこなった土器付着炭化物について，δ^{13}CとC/N比の関係を図2に示す。C/N比の高い試料のδ^{13}CはC3植物の平均的な値である-25‰付近に分布している。ところがC/N比が20を下回ると，δ^{13}Cが高くなる傾向にある。

セルロースを主成分とする植物はC/N比が高いのに対し，アミノ酸に由来する窒素を含む動物のC/N比は低くなる。C/N比の低下とともにδ^{13}Cが高くなる試料は，δ^{13}Cの高い海洋動物の混合を受けた結果と考えられる。

図3は土器付着炭化物のδ^{13}Cとδ^{15}Nの関係を示したものである。図中の分布はC3植物（δ^{13}C=-25‰，δ^{15}N<5‰）の付近から上方に向かって延びているが，δ^{13}Cが高くなるグループと，δ^{13}Cがあまり変わらないグループの2つに分類することができる。これは，2つの異なる同位体組成を持つ試料がC3植物と混合した結果と考えることができる。前者のグループは海洋動物の混合を示唆し，後者は陸上動物の影響を示すものかも知れない。

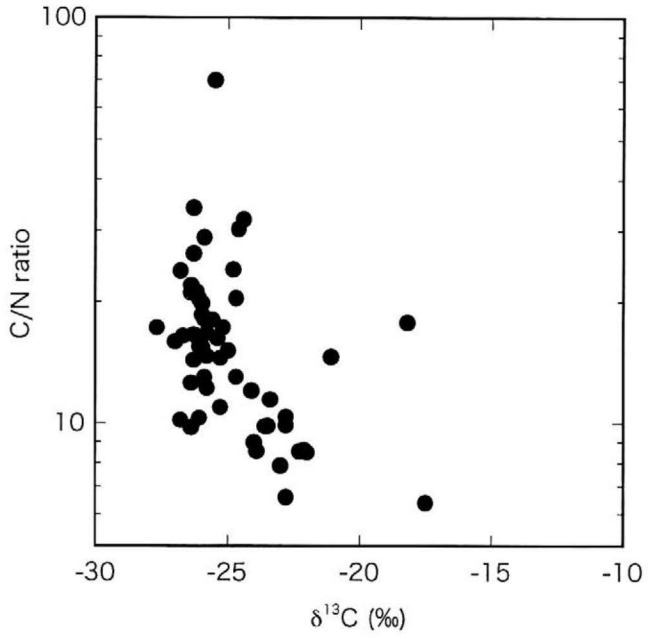


図2：土器付着炭化物のδ^{13}CとC/N比

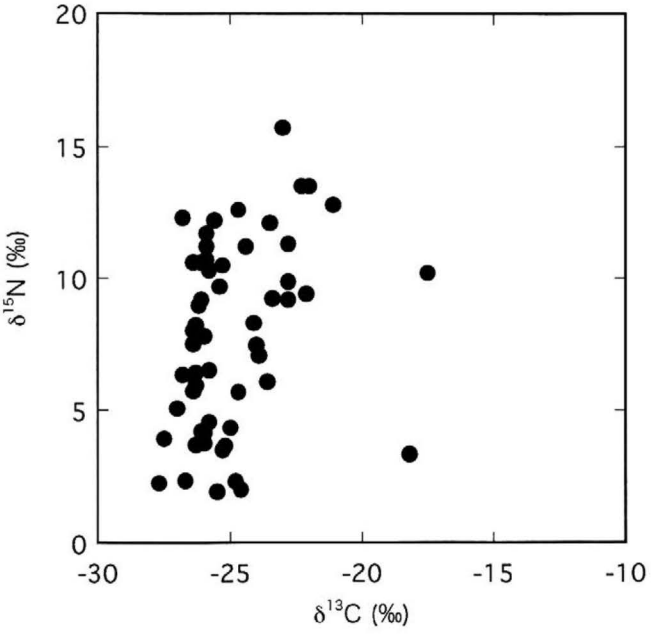


図3：土器付着炭化物のδ^{13}Cδ^{15}N

5. おわりに

土器付着炭化物のC/N比，δ^{13}C，δ^{15}Nから，その炭化物が由来する食材に植物，陸上動物，海洋動物の影響を確認することができた。今後は，炭化物の付着した土器が出土した遺跡の立地などから食性条件を推定し，また考古学的な年代との相関が良好でない試料については，炭素14年代法の測定結果を海洋リザーバー効果を考慮して再評価をすすめる計画である。

なお，この研究は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：15300295）による成果の一部である。

2

考古学における年輪年代法導入例拡大のための基礎的研究
－コナラ亜属の樹木における年輪幅の変動特性について－

藤井　裕之（京都大学大学院人間・環境学研究科　博士後期課程）

はじめに

暦年代の測定のほかにも、年輪年代法には広い応用の可能性がある。例えば、現在から過去にものさしを遡らせることができず、暦年代を与えることが無理な樹種であっても、年輪幅の変動特性が年輪年代法に適していることが判明していれば、1年単位の相対年代測定によって木材どうしの時間的関係を論じることができる。さらに、年輪パターンの相関度合から同材関係の推定や木材の産地推定を行うことも、場合によっては可能である。このような研究は年輪研究が普及したヨーロッパでは数多く行われており、日本でも考古学の立場から、相対的な年輪年代による研究の重要性が指摘されている（都出・松田 1997、冨井 2003）。これを実現するには、前もってさまざまな樹種の年輪データを現生木でよく検討しておかねばならないが、年輪年代法の研究が始まってまだ日の浅いわが国では、このような基礎的検討はまだ十分ではない。また、現在のところ年輪年代法に必要な年輪数として100年以上という目安が設けられているが、国外の先行研究ではそれ未満のかなり少ない年輪数でも照合を行っている例が見られる。年輪数の条件を緩和することをねらいに、若齢樹や短期の年輪パターンをいかに妥当な手法で照合させるか、という面からの検討も必要である。

本研究では、遺跡からの出土事例が比較的多いコナラ亜属の樹木のうち、アベマキ、コナラ、ミズナラの3樹種の現生若齢樹について、①同一円盤標本における各測線間、②同一樹幹における異なった樹高間、③同一伐採地における樹幹間、④異なる伐採地どうしの樹幹間の4項目から、年輪幅の変動特性を検討した。

1．試料と方法

検討に使用した試料は、樹幹19本分、合計134枚の円盤状輪切り標本（以下、円盤標本という）で、2003年2月に奈良県宇陀郡室生村の山林2ヶ所で伐採したアベマキ11本とコナラ5本、および同年3月に京都大学農学部附属和歌山演習林で伐採したミズナラ3本から得た。なお、これらの樹木はできるだけ通直な幹をもつものを選定した。円盤標本は各樹幹とも、地上高0.3mの位置と、胸高高さ（地上高1.3m）から樹冠方向へ2m間隔（地上高 3.3m、5.3m…）の位置から採取した。なお、円盤の直径が5cm を下回った場合は標本採取を行わなかった。円盤標本の木口面は電気カンナなどで平滑に整え、髄を中心に東西南北4本の測線を設定し、年輪幅の計測に備えた。

年輪幅の計測は、奈良文化財研究所保有の年輪読取器（精度0.01mm）を使用して木口面で行い、各測線とも樹皮側から順に各層の年輪幅を記録した。読み取った年輪データはパソコンに入力し、年輪幅の折れ線グラフと年輪幅の数値データの両方を作成した。年輪パターンの照合は、グラフの比較および数値データの相関分析によっておこなった。

なお、相関分析はベイリーの手法を利用し（Baille and Pilcher 1973、光谷ほか 1990）、

そのためのコンピュータプログラムは自作した。これは、ベイリーが公開したFortranⅣ用のプログラムをExcel上のVisual Basic for Applicationsで動作させるとともに、結果表示などを改良したものである。なおこのプログラムでは、相関度合はｔ値で示される。

２．照合結果とその評価

以下に概略を述べる。なお、同一円盤の各測線間の照合には各測線の年輪パターンをそのまま使用し、他の照合には円盤や樹幹ごとに適宜作成した平均値パターンを使用した。

アベマキ　　同一円盤の各測線間や同一樹幹内部では、基本的に高いｔ値で照合が成立する。アベマキの肥大成長は各方向の年輪幅に等しく反映されていると考えられる。同じ伐採地内の樹幹どうしを共通の樹高で比較すると、全体の約６割の組合せで、高いｔ値で照合が成立した。一方、約700m離れた、異なる伐採地の樹幹どうしを共通の高さで比較したが、全体の約２割で照合が認められたものの、ｔ値は全体的に低い結果となった。

なお、今回の照合はいずれも自由度60以下でおこなっている。年輪数が増えれば、相関分析の結果がよりいっそう安定することが期待できる。

コナラ　　同一円盤の各測線間では、基本的に照合は成立しない。また、各円盤の平均値パターンを使用した同一樹幹内での照合も、上下に隣接する円盤どうしを除き、基本的に照合は成立しない。樹幹どうしを共通の樹高で比較した場合の照合歩留まりは大変低い。年ごとのコナラの肥大成長は水平方向全体の細胞量に反映されてはいるが、各方向の年輪幅には直接反映されにくいことが考えられる。これは年輪年代法にとって不利な点である。

ミズナラ　　同一円盤の各測線間の結果や肥大成長のようすはコナラに近い。ただし、各円盤の平均値パターンを同一樹幹内で照合すると、かなり高いｔ値で照合が成立する点が特筆できる。

３．まとめ

以上の結果、アベマキは年輪年代法に適した樹種であることが考えられる。スギやヒノキのような広域編年は望めないにしても、限られた地理的範囲から得られた試料であれば可能性は大きい。クヌギ節と樹種同定される木質遺物において成果の発展が期待できる。ただし現在のやり方では、年輪数が少ない場合におこる誤照合の可能性を完全に排除し切れていない。この点の解決も含め、継続的な研究が今後もなお必要である。

最後になりましたが、供試木の伐採にあたっては山林所有者の北森義卿氏、奈良県室生村森林組合、京都大学農学部附属和歌山演習林、そして所属研究室のみなさまをはじめとする多数の方々のご協力をえることができました。心より厚く御礼申し上げます。

なお本研究は、平成14年度に交付を受けた「公益信託吉田学記念文化財科学研究助成」の助成金による成果の一部である。

参考文献

都出比呂志・松田常子 1997「年輪年代―未来につなぐ夢」『考古学研究』43-4 pp.15-25
冨井眞 2003「英国新石器時代の定住性の理解」『立命館大学考古学論集Ⅲ』pp.897-910
光谷拓実・田中琢・佐藤忠信 1990『年輪に歴史を読む』奈良国立文化財研究所学報第48冊
Baillie,M.G.L., Pilcher, J.R,1973 A simple crossdating program for tree-ring research. Tree-ring Bulletin33. pp.7-13

3

唐招提寺金堂基壇の塼のTL年代測定

○長友恒人・西村誠治（奈良教育大学）

1　はじめに

1998年に着工された唐招提寺金堂の修理は現在、金堂の解体調査が進められている。その一環として基壇の調査と修理が行われているが、基壇の敷石直下から検出された塼のTL年代測定を行う機会を得た。TL年代測定では、蓄積線量(PD)÷年間線量(AD)で年代を決定するが、通常、過去のADは現在のADと同じであると仮定する。しかし、基壇の敷石直下から検出された塼のADは、敷石が置かれた時を境として、周囲の幾何学的な配置が変化するので、それに伴ってADが大きく変化する。このことに着目して、塼の年代と敷石が塼の上に置かれた年代を推定した。測定試料として基壇正面中央と背面中央から各１点、及び背面東から２点の提供を受けた。

2　方法

2-1．敷石を置いたことによる年間線量の変化

今回の測定は塼に含有される石英粗粒子を測定試料としたが、その場合のADはβ線年間線量AD_β、γ線年間線量AD_γ及び宇宙線年間線量AD_Cの総和である。このうち、塼の上に敷石が置かれることによって変化するのはAD_γのみである。

2-2．AD_γの計算値

塼中の石英粒子が吸収するγ線は塼の周囲の土と敷石に含まれる放射線源から放射される。基壇にある現在の塼は土の上に配置され、敷石は塼の直上に土（厚さ1cm程度）をおいてその上に置かれている。敷石を置く前後での幾何学的条件の変化は図１のとおりである。シミュレーションを簡単にするために敷石、土、塼の密度は同じであると仮定し、自然放射線源から放射されるγ線の平均エネルギーを0.8MeVと仮定した。塼中の石英のまわりに塼が均質に無限遠まで分布している場合のAD_γを1.00として、塼直下の土(m_1)、塼(m_2)、塼直上の土(m_3)、敷石(m_4)が図のように配置されているとき、それぞれが塼に及ぼすAD_γの割合は0.29、0.41、0.05、0.21である。石英粒子をm_1、m_2、m_3、m_4がそれぞれ単独で均質に囲んでいるときのγ線年間線量をそれぞれ$AD_{\gamma1}$、$AD_{\gamma2}$、$AD_{\gamma3}$、$AD_{\gamma4}$とすれば、敷石を置く前後の総年間線量AとBは、

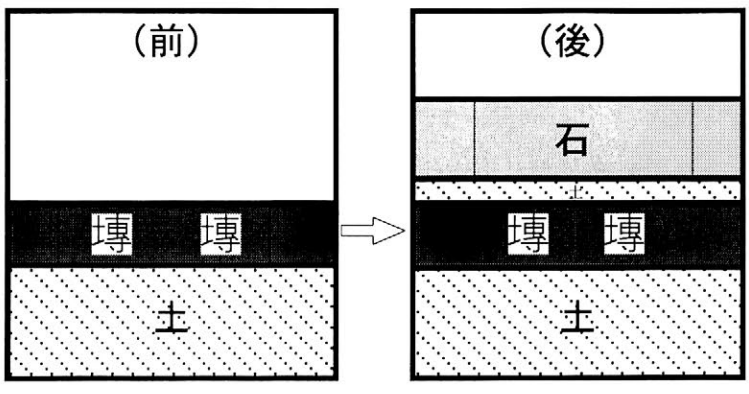


図１　敷石を置いた前後の幾何学的配置の変化

$A=AD_{\beta}+AD_{C}+(0.29AD_{\gamma 1}+0.41AD_{\gamma 2})$

$B=AD_{\beta}+AD_{C}+(0.29AD_{\gamma 1}+0.41AD_{\gamma 2}+0.05AD_{\gamma 3}+0.21AD_{\gamma 4})$

となる。ここで塼の焼成から敷石を置くまでの年数をX年、その後現在までの年数をY年とすると蓄積線量PDは、

$PD=AX+BY$・・・ (1)

である。

図２は敷石が塼の上に置かれることによって年間線量が変化し、それの伴って蓄積線量が変化することを示している。

２－３．PDの測定値と計算値の比較

PDの測定は石英祖粒子を試料として、付加線量法で行った。

過去に金堂の大修理が行われたのはAD1270年、AD1690年、AD1900年である。$AD_{\gamma 1}$、$AD_{\gamma 2}$、$AD_{\gamma 3}$、$AD_{\gamma 4}$は測定可能であるから、金堂の修理と同時に基壇に敷石が置かれたと仮定して、Yを733年前、413年前、103年前とおくことによってPDを計算することができる。

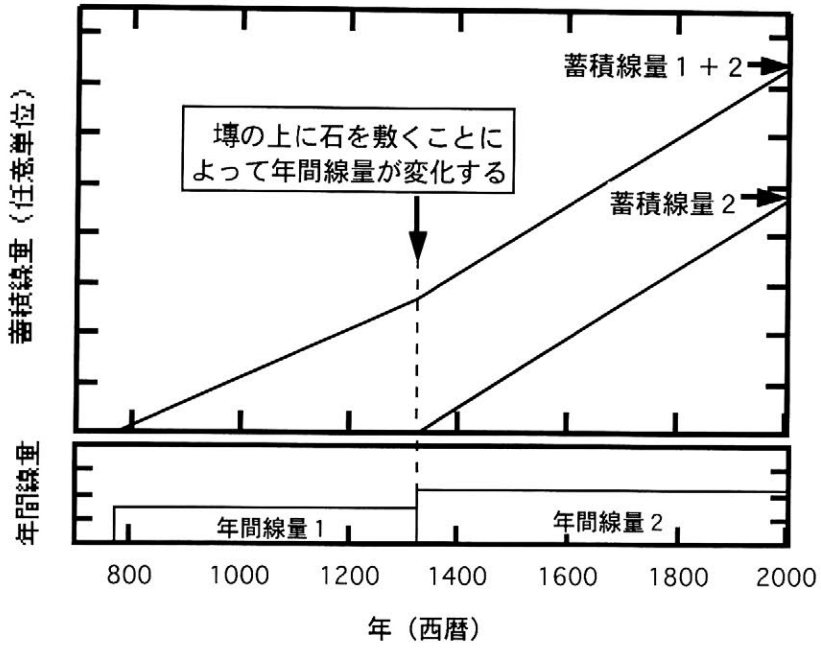


図２　年間線量が変化した場合の蓄積線量

測定によって得られたPD値と計算によるPD値を比較することによって、（1）式におけるPDを決定してXを求めることができる。X+Yは塼が焼成されてから現在までの年数を示すので、塼が焼成されてから時期をおかずに基壇に使われたものとすれば、基壇の築造または修理の年代を推定することが可能である。

３．結果と考察

上記の方法によってPDの測定値と計算値を比較した結果、３つの塼の年代と、基壇の築造年または修理年との関係が、最も矛盾なく説明できるのは敷石がAD1270年に置かれたと仮定した場合である。その結果から、基壇正面中央と背面中央の塼は鎌倉時代の修理の時に置かれ、背面東の塼は基壇築造当初から置かれていたと推定された。

本研究に当たって、資料の提供と発表の許可を与えていただいた唐招提寺と奈良県教育委員会に感謝します。

4

能登 三引遺跡における縄文海進変動の詳細解析

○藤 則雄(金沢大学・金沢学院大学) ・小嶋芳孝(石川県埋蔵文化財センター)
金山哲哉(石川県埋蔵文化財センター) ・沢辺利明(石川県埋蔵文化財センター)

The Detailed Analyses of Sea-level Change for the Jomonian Transgression Period in the Early Jomonian Mibiki Site, Central Noto

N.FUJI, Y.KOJIMA, T.KANAYAMA and T.SAWABE

1. はじめに

約1万8千年前にはじまるFlandrian transgression (有楽町海進) ― 特に海水面上昇の極頂期の縄文海進(Litorina transgression)は、日本のみならず世界的にみても、海水面の高度・規模・精度・変化のパターンにおいて地域的相違が認められる。この海進がeueustatic change であるならば、その起因たる気候・氷河・酸素ー炭素同位体比・微化石・植相・地磁気強度変化等間の相関性の有無と地域間の緻密で正確な比較が基本的に必要である。特に、考古学における発掘の精度はきわめて高いので、多面的視点からより多く活用することができる。就中、考古学的発掘における土層断面図の地質学的・堆積学的・自然地形学的視点での緻密な解析は Schichtungsgesetz (地層累重の法則)やgradierte Schichtung (級化成層)等を例示するまでもなく、緻密な観察と解析とによってより正確で精細な成果が得られる筈である。海水準変動のみならず、気候・地勢・植相・地磁気強度等の古環境解析にはこれら関連する諸分野からの学際的視点からの解析が必要である。

2. 縄文前期初頭 三引遺跡資料による海水準変動の解析

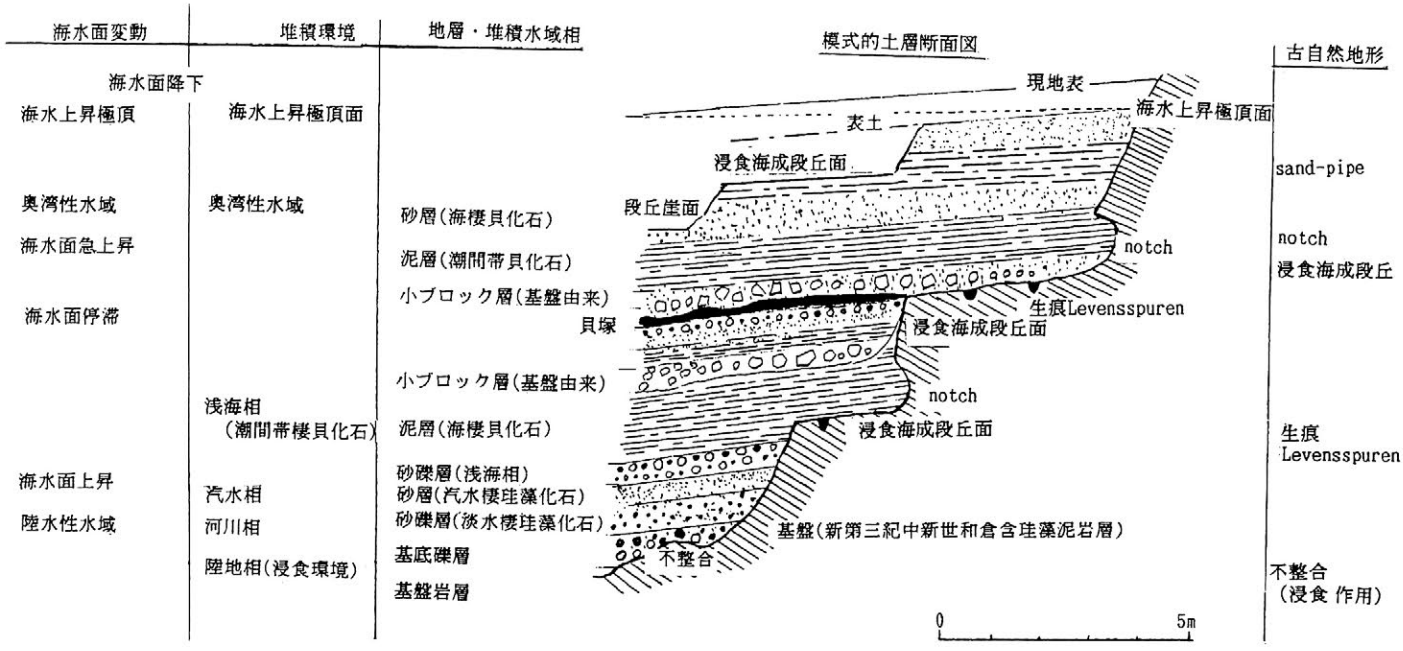
能登半島中央部 七尾西湾に面した沖積低地の奥、丘陵・低山麓に立地する三引遺跡は縄文早期末葉～前期初頭 ― 佐波式土器を主とする複合遺跡である。

本遺跡における縄文海進初頭から極頂期までの海水面上昇の詳細な変動：急上昇・停滞・一時的降下は基盤岩層(新第三紀中新世和倉含珪藻泥岩層)に残された浸食海成段丘面・生痕 Levensspuren・notch等とこの期の海成層に残された層相・化石によって、また海進極頂紀から降下期における海水面降下の詳細な変動：停滞・急昇降は海成層に残された浸食海成段丘面・sand pipe(=Levensspuren)等によって始めてより詳細に、正確に解析された。

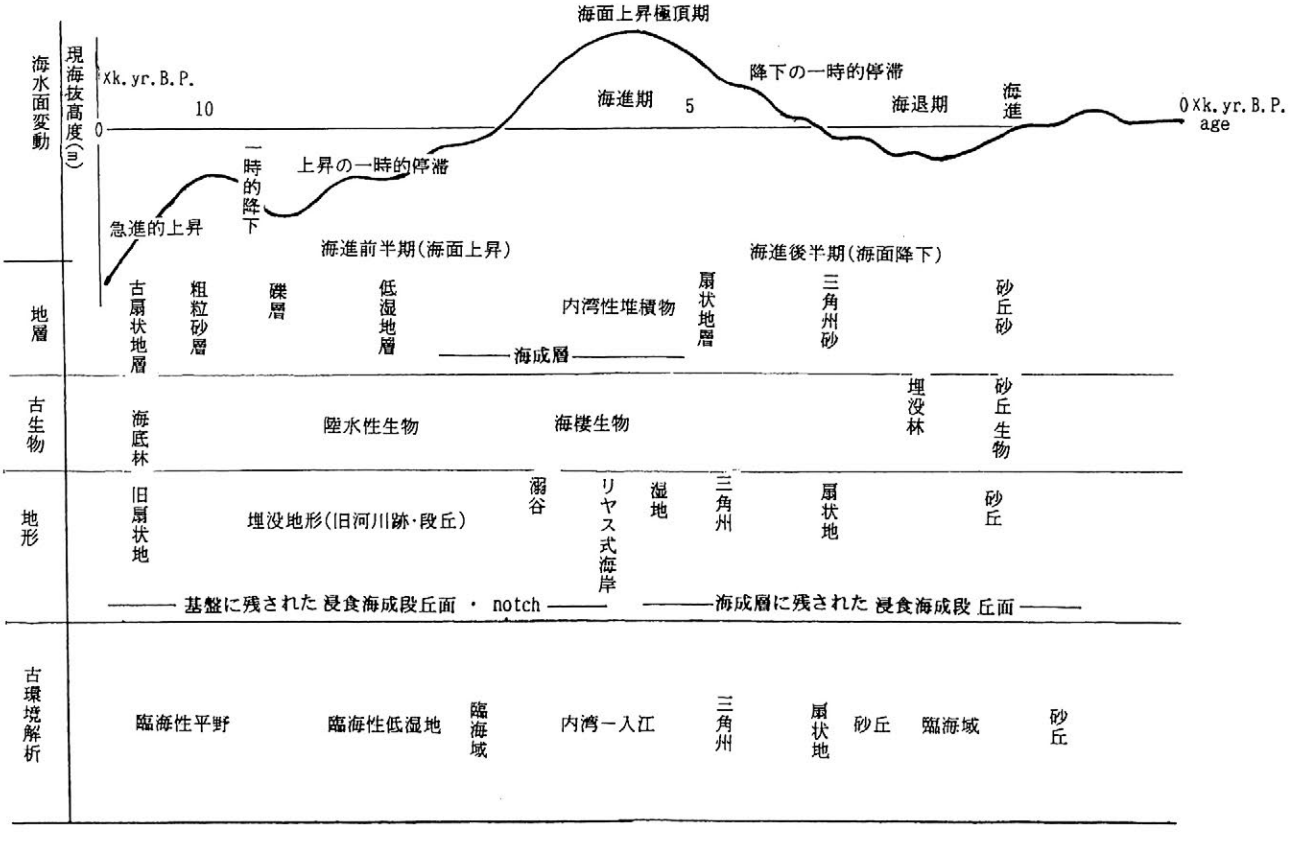
3. 総 括

a) 考古学的発掘による地層断面の詳細観察
   ① 基盤に残された微地形
   ② 層相の観察と基盤の微地形との関係
b) 古環境解析のための自然科学的資料の解析
   ① 気候環境の解析 ―― 花粉分析・大型植物化石・微化石・酸素同位体比
   ② 堆積環境の解析 ―― 珪藻分析・微化石・炭素同位体比・
   ③ 實年代測定 ――― 炭素同位体比・考古学的土器型式法・テフラ年代法
C) 古環境の総合的解析

地層断面・環境分析資料に基づく古環境解析



海水面変動と堆積物相・古生物種・自然地形の変化



5

弥生時代における植生・環境の研究

○金原正明（奈良教育大学）

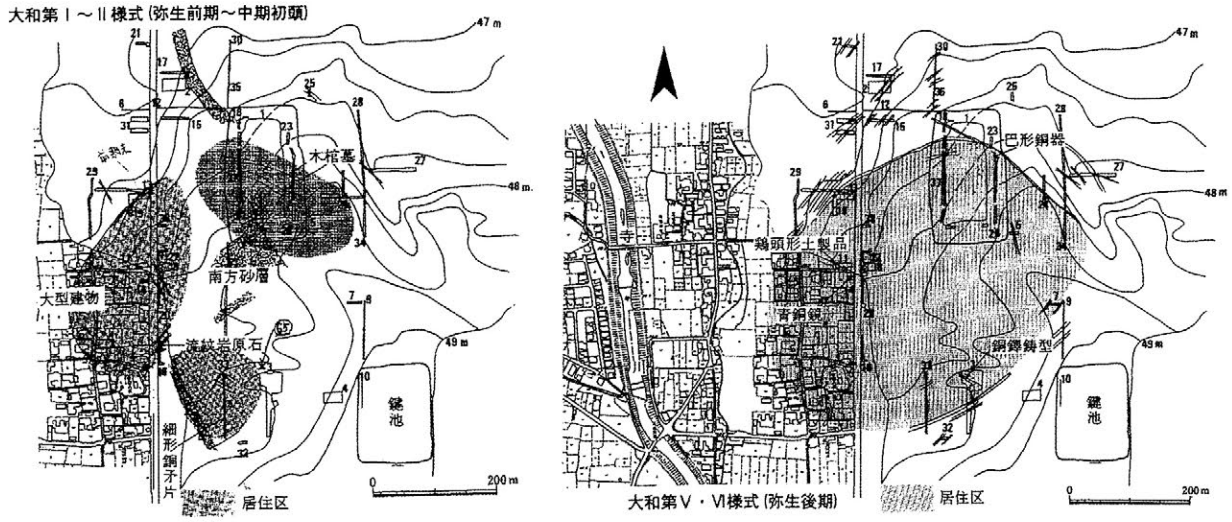
近年、奈良県唐古・鍵遺跡、鳥取県青谷上寺地遺跡、石川県八日市地方遺跡、大阪府池上・曽根遺跡の調査において、比較的総合的な環境考古学分析が行え、植生・環境の変遷と弥生集落の形成発達、二次林の成立、環濠機能の変化、栽培植物、地域性などが明らかになった。

唐古・鍵遺跡では弥生集落が形成される以前は、イチイガシ林を主とする照葉樹林とカヤツリグサ科などの水生植物が生育する低湿地が分布していた。集落が形成され、中期の拡大した集落が形成されると、環濠周辺でエノキ・ムクノキ・クヌギやコナラなどの二次林に覆われる。環濠は中期の段階では流水が流れるが、後期になると止水となる。後期にはこれら二次林の樹木が急減し、伐採される。栽培植物としては、イネ、ウリ類、ヒョウタン類、モモ、マメ類、アサ、エゴマ、果実が食用となるものとしては、ヤマモモ、クリ、イチイガシ、スダジイ、ムクノキ、エノキ、ヤマグワ、キイチゴ属、トチノキ、ブドウ属（ヤマブドウ）、サルナシないしマタタビ、サクラ節（ヤマザクラ）、ヒシ、人里に多い植物として、サンショウ、フユザンショウ、イヌザンショウ、アカメガシワの樹木、カナムグラ、タデ属、スズメウリ、カラスウリ、オナモミの草本が同定された。大環濠等では密度の高い寄生虫卵が検出され、環濠は汚水の排水の機能が示唆される。唐古・鍵遺跡では、照葉樹林を切り開いて集落が形成および拡大が行われ、弥生時代中期には環濠周辺が大きく二次林化し、後期において二次林が伐採される。伴って、環濠は中期においては流水が行われる環境であるが、後期では止水域となり大きく機能が異なる。

青谷上寺地遺跡では、縄文時代晩期以前は海水泥質干潟や海水藻場が比較的隣接し影響のある淡水域であり、流水域の環境から河川が流入する沼沢地へと変化し、弥生時代前期以前縄文時代晩期頃に海水の影響を強く受ける干潟の環境へと変化する。弥生時代中期に淡水の影響のやや強い干潟の汽水域の環境を経て淡水化ないし陸化が行われ、水田の分布拡大が示唆される。縄文時代晩期以前は周囲および周囲地域にはスギ林を主にコナラ属アカガシ亜属とシイ属の照葉樹林が分布するが、弥生時代中期頃に浅水域化と陸化に伴い草本主体の植生が拡大し集落域や水田も拡大が考えられる。周辺地域のスギ林を主にコナラ属アカガシ亜属やシイ属の照葉樹林が大きく減少していく。青谷上寺地遺跡では弥生時代中期に淡水化ないし陸化が行われ集落が大きく拡大する。

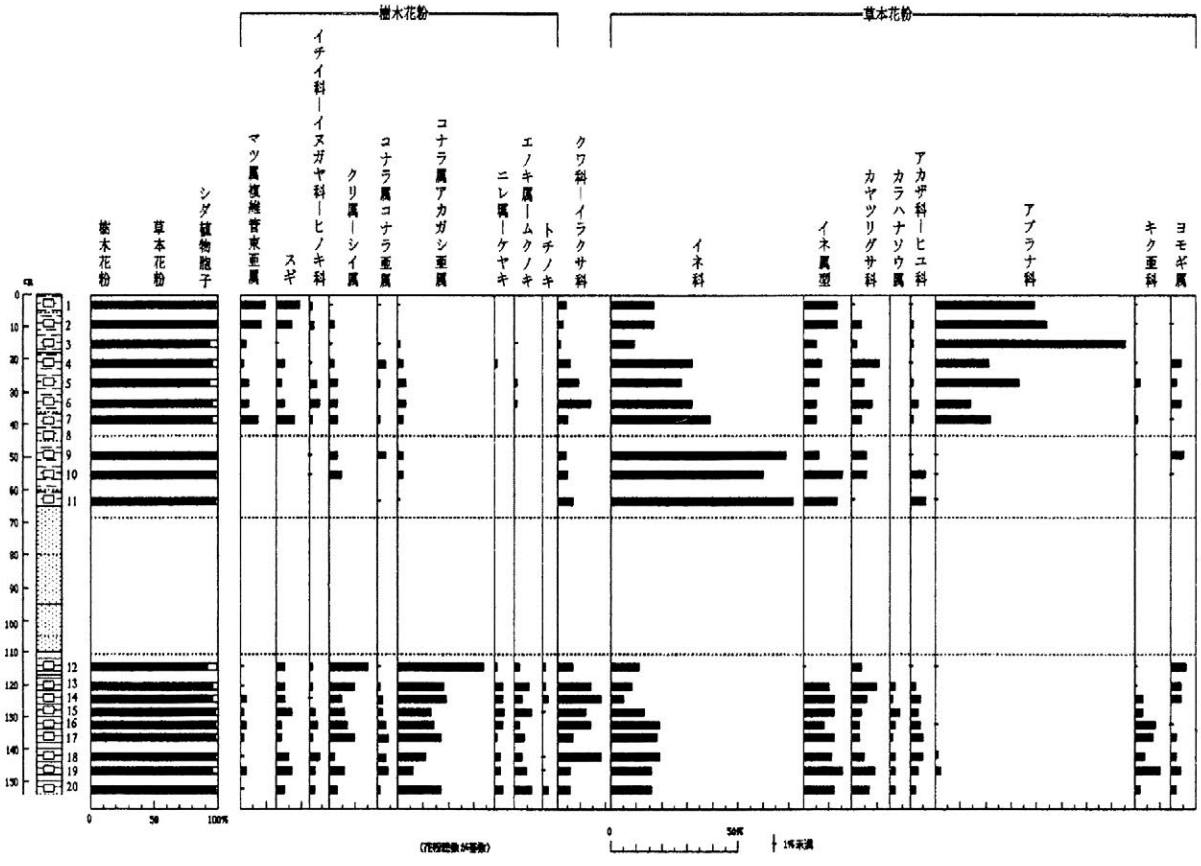
八日市地方遺跡では、弥生時代中期初頭頃、河辺にハンノキを主にトチノキやトネリコ属を伴う河辺林、周辺にはクヌギないしコナラ林を主にカシ林が分布し、森林の多い状態であったが、中期前葉になるとハンノキ林や周囲のクヌギないしコナラ林が減少し、集落域と水田等の人為地が拡大が行われる。中期中葉では、さらに人為地ないし水田が大きく拡大し、周辺のハンノキの河辺林やクヌギないしコナラ林は大きく減少し、環境の相対的な乾燥化が行われる。中期中葉以降は、乾燥を好み人里植物の性格を持つヨモギ属、アカザ科−ヒユ科などの草本が増加し、寄生虫卵の検出からも、集落域の拡大と人口の増加が示唆され最盛期をむかえたと考えられる。

環境考古学分析からみた弥生時代の環境・植生・農耕の大きな画期は地域や立地による現象の異なりはあるが、中期に認められた。遺跡における弥生集落の発達ともほぼ一致する。これらは、沖積層上部の堆積物の発達と堆積環境に起因すると考えられる。



唐古・鍵遺跡の集落変遷（田原本町教育委員会）

唐古・鍵遺跡第６５次調査地点（下部が中期前葉、中部が中期中葉）



第１地点における主要花粉ダイヤグラム

塩化鉄（Ⅲ）水溶液の加熱で析出した酸化鉄（Ⅲ）の形状

○烏谷俊江，石田信伍，竹内信行（京都工芸繊維大学大学院）

1. はじめに

赤色顔料として広く知られるべんがらは，その生成過程に応じ結晶形状や凝集状態などが異なるために色調に違いが生じる。べんがらは，実験室的には，$Fe(OH)_3$ がかなり酸性の領域で沈殿すること，また，これが 100℃程度の比較的低い温度で脱水することなどの理由で，$FeCl_3$ を鉄源として熱水中で加水分解する方法で得ている。一方，伝統的な焼き物の世界では，硫酸鉄(Ⅱ)を高温になりすぎないように注意しながら焼成して得る。

本研究は，この古くて新しい問題である，べんがらの前駆体である FeOOH の性状や，これから生成するべんがらの色についての基礎的な知見を集め，それをもとに，明るい赤色系や黄橙色系の色調のべんがらを得ることを意図して始めたものである。

2. 実験方法

鉄源には塩化鉄(Ⅲ)六水和物を用いた。この水熱処理はすべて 100℃で行なったが，沈殿生成物のうちのいくつかは 700℃で加熱した。また，鉄系酸水酸化物沈殿の凝集を抑制するため，微細かつ難溶性の白色固体物質を共存させて実験を行なったが，この場合，マトリックスには主にベーマイトを用いた。ベーマイトは，低温で生成するために作成が容易で，平滑な表面をもっているために発色がよい上，付着物の観察にも適する。作成した試料は，SEM 観察や XRD，DRS（拡散反射分光），ESR 等の測定に供したが，XRD 測定用のサンプルの作成については，若干説明を有するので以下にこれを付記する。XRD 測定用サンプルの作成：作成した試料のうち，マトリックスを用いていないものは固液分離が困難であるため，生成した酸化鉄を溶液のまま，XRD 測定用のガラス板上に滴下後乾燥するという操作を幾度か繰り返して作成した。

3. 結果および考察

図 1 に，0.1M 塩化鉄(Ⅲ)六水和物水溶液を 100℃，6h 水熱処理して得たβ-FeOOH の SEM 写真および XRD パターンを示す。一般に，Cl^- イオンが存在すると，中間生成物として黄色のβ-FeOOH が析出するといわれるが，鉄源濃度を 0.1M から 0.01M にかえて（反応前 pH 2.59）加熱処理した場合，β-FeOOH の色調は赤褐色となり黄色を示さなくなる。また，さらに溶媒を，水から 0.0075M HCl 溶液にかえて（反応前 pH 2.34）加熱処理した場合には，β-FeOOH の色調はもとの黄色を示すようになる。このような色調の変化は，反応前 pH の相違によるものであるとも考えられたが，NaCl 溶液中（反応前 pH 2.59）で水熱処理した場合には，黄色の生成物が生じることを確認した。なお，加熱時間を 24 時間に延長した場合，生成物はα-Fe_2O_3 に変化した。

図 2 に，0.01M 塩化鉄(Ⅲ)六水和物水溶液（以後，「水溶液」と略記，図 2A）および 0.01M 塩化鉄(Ⅲ)六水和物 0.0075M HCl 溶液（以後，「HCl 溶液」と略記，図 2B）の 3h 加熱処理後の SEM 写真および XRD パターンを示す。これらの XRD パターンをみると，ともにβ-FeOOH がほぼ生成しているが，SEM 写真を比

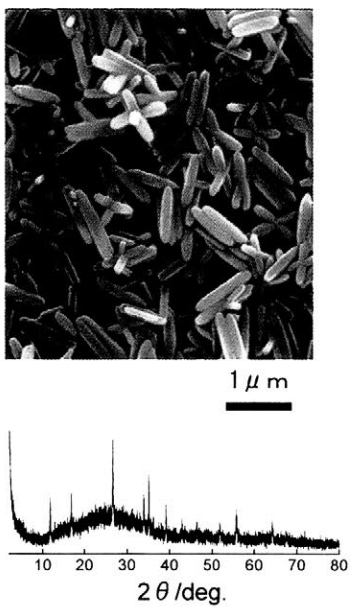


Fig. 1 SEM image and XRD pattern of β-FeOOH obtained by hydrothermal treatment of 0.1M $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ solution at 100℃ for 6h. A very broad peak ranging from 2θ=10° to 2θ=40° originates from the glass plate used.

較すると，「水溶液」と「HCl 溶液」とでは一次粒子の凝集状態が異なっていることがわかる。また，加熱処理後の pH 値の変化をみると，「水溶液」の場合，反応時間 0.5h ですでに 2.30 となり，反応時間 3h で 2.05 となるが，「HCl 溶液」では，反応時間 0.5h で変化がなく，反応時間 3h で 2.00 であった。したがって，「水溶液」は「HCl 溶液」にくらべ加水分解が進行しやすい状態にあると考えられる。そこで，前述の色調の相違が何によるものかを調べるため，「水溶液」にさまざまなカチオンやアニオンを共存させ，変化をみることにした。例えば，酢酸塩を添加した場合，酢酸イオンは Cl^- イオンより強く，生成結晶表面の Fe^{3+} イオンに配位して結晶成長に影響するため，β-FeOOH およびこれから導かれる酸化鉄の構造や性状にも影響を及ぼすものと考えられる。また，これと同時に，形状の異なるマトリックスとも共存させ，マトリックスに付着あるいは沈着した酸化鉄の形状や色調に与える影響を観察することにした。

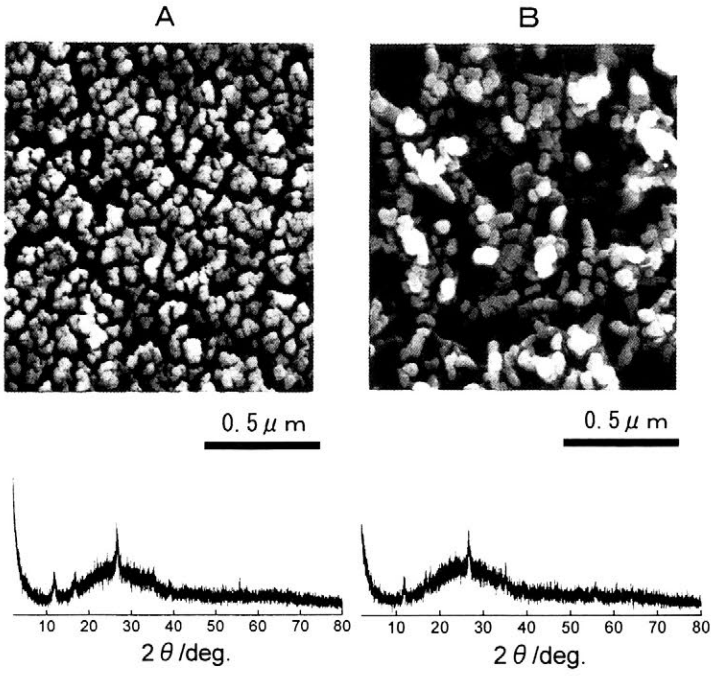


Fig. 2. SEM images and XRD patterns of synthesized products.
A: β-FeOOH obtained by heating 0.01M $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ solution at 100℃ for 3h.
B: β-FeOOH obtained by heating 0.01M $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ + 0.0075M HCl solution at 100℃ for 3h.

作成したマトリックス混在試料および市販の酸化鉄(Ⅲ)の DRS の結果を反射関数に変換したもの（図 3）で示したが，この試料は，0.01M 塩化鉄六水和物水溶液中に酢酸バリウムおよび粒径約 1.5～2.0μm の六角板状ベーマイトを共存させ，100℃で 24h 水熱処理したものであるため，市販の酸化鉄(Ⅲ)とは Fe イオン濃度が異なる。したがって，色調を比較するため，試料の反射関数値最大を市販の酸化鉄(Ⅲ)のそれと一致させた。なお，この試料は，XRD 測定により，α-Fe_2O_3 が生成していることを確認している。べんがらの色調は，おおむね粒子サイズおよび凝集（分散）の程度で決まり，粒子サイズが大きくなればなるほど，また凝集すればするほど，黒色味が生じるために彩度が低下する。市販の酸化鉄(Ⅲ)の場合，Fe^{3+} イオンが凝集するためにバンド構造が形成されて特徴的な吸収を示すが（点線），作成した試料は，400nm を中心とした吸収が黄橙色系であることを示しており（実線），マトリックス上で酸化鉄の分散状態が進行していることを示唆している。

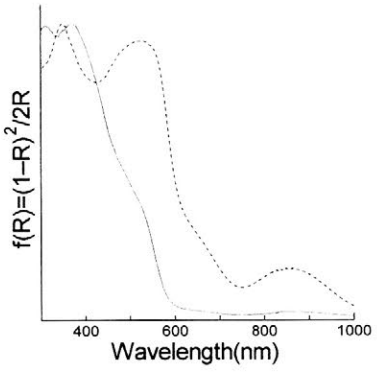


Fig. 3 Reflectance spectra of commercially available Fe_2O_3(……) and the sample(—) obtained by hydrothermal treatment of 0.01M $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ solution in the presence of $Ba(CH_3COO)_2$ and plate-like boehmite crystals at 100℃ for 24h.

SPring-8を用いた出土鉄製遺物の材料科学的研究

—鳥取県青谷上寺地遺跡出土鉄製遺物に対する放射光高エネルギー蛍光X線分析の事例—

○村上　隆[1)]・深澤芳樹[1)]・高田　潤[2)]・横山精士[2)]・鳥越俊行[3)]・鳥取県埋蔵文化財センター
1）奈良文化財研究所　2）岡山大学　3）岡山大学（現：九州国立博物館（仮称）設立準備室）

1.はじめに

弥生時代の鳥取県青谷上寺地遺跡は、多量の人骨や木製品の出土で有名となったが、同時に出土した大量の鉄製遺物も、従来の出土鉄製遺物に対するイメージを一新するほど保存状態が良好で、鉄地金の遺存度が高いことで注目される。今回の調査では、青谷上寺地遺跡から出土した多数の鉄製遺物を、SPring-8を利用した高エネルギー蛍光X線分析に供することで、これまでほとんど情報がなかった鉄地金中に残留する微量元素に対する情報を蓄積し、古代鉄の材質的特徴を明らかにすることを第一の目的とした。さらに、これらの材質情報の中に、古代鉄製品の始原材料と製作技術の解明に繋がる基礎的知見を探った。

2.分析に供した資料

青谷上寺地遺跡からこれまでに出土した鉄製遺物は約270点にのぼるが、SPring-8において今回分析に供した資料は、51点である。従来の出土鉄製遺物と比較して、腐食による損傷が小さく、本体の鉄地金の遺存度がたいへん高いことに着目した。いずれの資料も、X線ラジオグラフィーで内部状態を確認後、発掘担当者との入念な協議の上、直径約7mmΦの面積で鉄地金が表出するまで表面の腐食層を確実に除去した。これは、SPring-8における高感度分析に対して、埋蔵中の汚染や腐食層からのコンタミネーションの影響を排除するための作業である。

3.実験方法

SPring-8におけるビームラインBL08Wを使用した。Si(400)のモノクロメーターにより単色化された高エネルギー（115.6keV）のX線を資料に照射し、二次的に発生した蛍光X線をGe半導体検出器で検出した。蛍光X線の取り出し角度は90°、ビームサイズは、0.5x0.5cm²。蛍光X線スペクトルは、マルチチャンネルアナライザーにより取得した。測定時間は、約50分を標準とした。測定は、2.で述べた表出した鉄地金部分にビームを照射した。なお、定量のための校正に必要元素を含む鉄標準資料を同条件で測定した。これにより定量値を得た資料は31点である。

4．測定結果

今回の測定の第一次励起源は、115.6keVの単色X線である。従って、従来の蛍光X線分析では測定不可能であった希土類元素など、蛍光X線K線が50keV以上の重元素に対しては高感度な検出が可能である反面、装備する検出器の特性上、30keV以下では検出感度が低くなる傾向がある。装置に依存するこれらの特徴を踏まえた上で、今回得られた測定結果を解析し、次に示す結果が得られた。

① いずれの資料においても、希土類元素の残留はほとんど認められなかった。
② 不純物の極めて少ない鉄器が7点認められた（【type A】）。
③ タングステン（W）を特徴的に含むもの（【type B】）4点と、アンチモン（Sb）を特徴的に含むもの（【type C】）8点が確認できた。

※ここで取り扱った資料は定量評価を行った31点に限った。

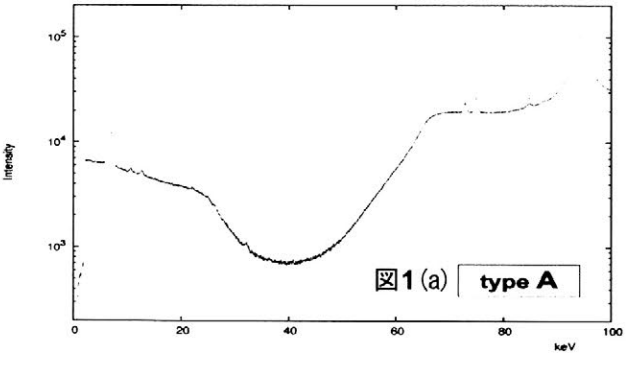


図1(a) type A

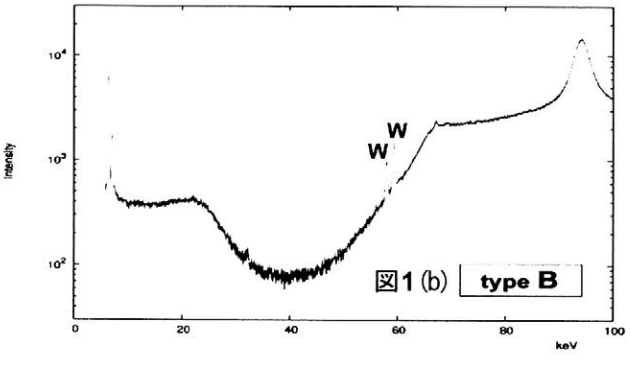


図1(b) type B

【type A】～【type C】の代表的な測定結果を図1に示した。Sb とW以外に、銅（Cu）、ヒ素（As）、モリブデン（Mo）、スズ（Sn）などが特徴的に検出された資料もあるが、いずれの元素の蛍光X線K線が30keV 以下であるため、今回の考察に加えることを控えた。【type B】は、これらの諸元素を含まずにWだけが顕著なもので、その下限の境界値を40ppm とした。また、【type C】は、Sb だけが顕著なもので、下限の境界値を80ppm とした。

図2は、【type A】～【type C】を、W と Sb の濃度で整理したものである。

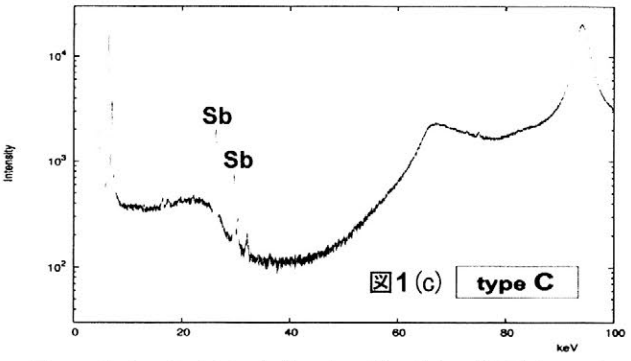


図1　SPring-8 を用いた高エネルギー蛍光X線分析による青谷上寺地遺跡出土鉄製遺物の分析例

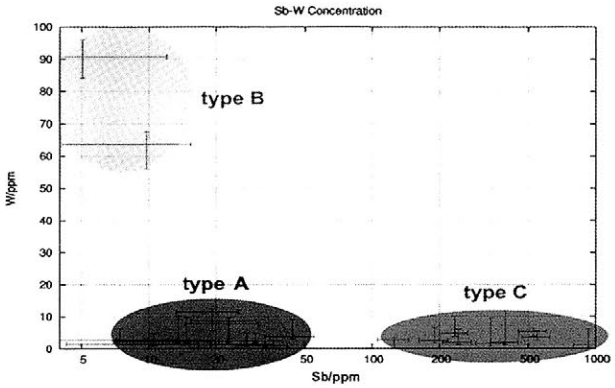


図2　タイプ別に見たW と Sb の濃度相関

5．考察

まず、測定結果①で述べた希土類元素について検証する。筆者らは、今回と同じ測定法で、希土類元素が金属製錬工程の初期段階で鉱滓に移動することを、銀製錬工程で排出された鉱滓分析にて実証した[1]。また、希土類元素は「元素の地球化学的分類」において、親石元素とされ、鉄器中に残存するには非金属介在物の存在が不可欠である。鉄地金中の非金属介在物の存在率は、青谷上寺地遺跡出土の鉄器2点に対して行った金属組織観察から推定して高々0.5vol%と見積もれる。

もし、介在物中に高濃度の希土類元素が存在したとしても、鉄器全体では今回の測定法の検出限界以下の濃度でしかないと判断できる。以上の考察により、測定結果①の妥当性は検証され、今後古代鉄器の分析において、希土類元素を考慮する必要はない、と考える。

なお、親石元素であるバリウム（Ba）、ランタン（La）やセリウム（Ce）などが検出される資料があったが、鉄地金の再表出によって消失をみたため、汚染層の残留に起因すると考えられる。このように、SPring-8 における非破壊分析の際には、表面汚染層に十分な注意を要することを指摘しておきたい。

次に、【type B】に有意に含まれるWと、【type C】に有意に含まれるSb の由来に対して、現段階での考察を加える。鉄器中に残留した親鉄元素W と親銅元素Sb は、鉄製錬工程中で鉱滓に移行せず、始原材料から精錬の最終段階まで鉄中に残る元素と判断してよい。古代鉄の始原材料としては、鉄鉱石と砂鉄が想定できる。もし、W が鉄鉱石由来であるとすれば、地質学的知見から鳥取県を含む山陰帯地域の産出とは考えにくい。砂鉄由来も想定できるが、砂鉄中のW の挙動に不解明な点もあり、現時点では断言できない。一方、Sb は、砂鉄にはほとんど含まれないが、鉄鉱石には含むものがある。従って【type C】の始原材料は、鉄鉱石系としてよかろう。また、W と Sb を含まない【type A】に対しては、今回の測定では、他の元素に対する情報が不足しているため、砂鉄由来の可能性を示唆するに留める。

6．まとめ、並びに今後の課題

本報は、青谷上寺地遺跡出土鉄製遺物を中心とする古代鉄研究の第一報である。SPring-8 における高エネルギー蛍光X線分析を用いて行う鉄地金中の微量元素分析に対する期待[2]があったが、今回、希土類元素に対する知見や、始原材料に関する基本的知見など、今後の調査に資する成果が得られた。微量元素分析に関しては、SPring-8 において比較的低エネルギーのX線を用いた測定なども予定しており、さまざまな観点からの検討を考えている。また、鉄母相の金属組織解析や、腐食メカニズムなどの材料科学的調査研究も平行して行っている。さらには、古代鉄器に対する考古学的考察との相互検討が残された課題である。

【参考文献】
1）村上 隆・鳥越俊行・横山精士・高田 潤：「SPring-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」、日本文化財科学会　第20回大会講演要旨集（2003）
2）明石雅夫・平井昭司：「微量不純物分析による鉄素材の原料地同定の可能性について」、『たたら研究』第42号（2002）

鉄の卸工程などに伴う炭素の挙動について

○齋藤努*、坂本稔*、野田稔**、尾崎保博***、高塚秀治****
(*国立歴史民俗博物館、**東邦大学、***平野神社、****東京工業大学)

1．はじめに

前近代において、鉄素材を精製し脱炭・浸炭によって炭素濃度を調整する「卸」と呼ばれる技術がある。本研究では、異なる3種類の江戸時代の素材に対して卸工程を実施し、炭素濃度と放射性炭素年代測定値にどのような変化が生じるか調べた。また、卸工程の生成物に対してさらに「折返し鍛練」を行い、炭素濃度の変化について調べた。

2．卸・折返し鍛練

刀工の法華三郎信房氏、栄喜氏（宮城県志田郡在住）に依頼し、下記のような卸工程（図1）と折返し鍛練を実施した。これらは同刀工の家に代々伝えられ、作刀の鉄素材を得るために日常的に行われている方法であり、前近代の技法を保持していると考えてよい。

a. 卸工程1（寛永通寶鉄四文銭の脱炭）

素材は19世紀後半頃と考えられる銑鉄（鋳鉄）である。作業は、まず火床（ほど）に水をおよそ10ℓしみこませ、その後火床に木炭を積み、ふいごで送風しながら約3分おきに、燃焼して減った分の木炭とともに素材を少しずつ装入する。作業時間はおよそ30分で、1.2kgの素材から、1.0kgの生成物（図2）を得た。

b. 卸工程2（仙台市愛宕神社の釘の浸炭）

慶長8年(1603年)、仙台藩祖伊達政宗の入府に伴って造営された愛宕神社（宮城県仙台市）の建築物から、最近修繕した際に取り外した釘を素材として使用した。作業手順は、卸工程1と同様である。作業時間はおよそ24分で、1.1kgの素材から845gの生成物を得た。本工程は当初、高炭素素材の脱炭を企図して行った。しかし分析の結果、実際は素材が低炭素の鉄であり、浸炭が起こっていたことがわかった。

c. 卸工程3（肘金鍛造資料の浸炭）

蔵金具の肘金(18世紀：木炭で加熱しながら鍛打し、3cm厚×10cm幅のものを2mm厚×3cm幅に加工したもの）を素材とし、火床に水を入れず、送風をやや弱めにし、約4分間隔で装入した。作業時間は約30分で、1.2kgの素材から、845gの生成物が得られた。

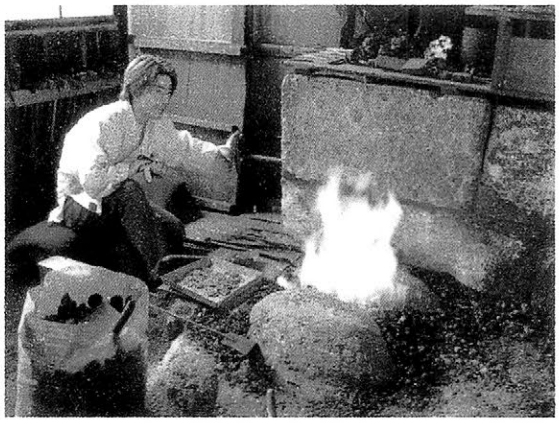


図1　法華三郎栄喜氏による卸工程の実施

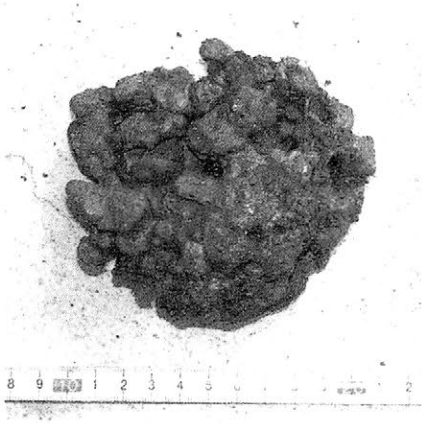


図2　卸工程1の生成物

d. 折返し鍛練１（卸工程１の生成物の鍛練）

卸生成物を加熱・鍛打して四角く成形し、わら灰をまぶしたのち粘土汁で表面を覆ってから、赤熱させ、鍛打して厚さが半分くらいになるまでたたき延ばす。中央で２つに切断し、これを重ね、わら灰・粘土汁で覆って赤熱・鍛打を繰り返す。今回の作業では、３回の折返し鍛練を行った。

３．分析

素材と生成物の一部をエポキシ樹脂に埋め込んで鏡面研磨し、1％ナイタールでエッチングして、電子線プローブマイクロアナライザー(EPMA：JEOL 社製JXA-8200)によって金属組織観察を行った。この結果と硬度測定結果から各観察部位の炭素濃度を推定した。また卸の素材と生成物について放射性炭素法による年代測定を行った。

４．結果

４．１．炭素濃度

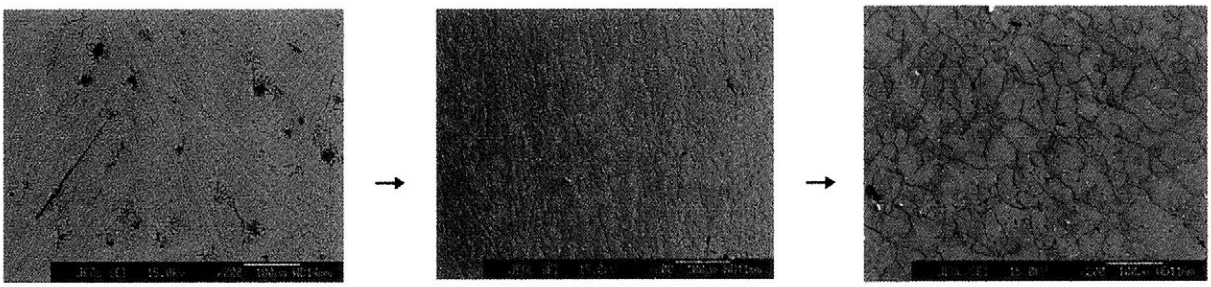
はじめに「卸工程１ → 折返し鍛練１」の一連の工程の結果（図３）について述べる。

卸工程１の素材の金属組織はバラ状黒鉛と針状セメンタイトで、炭素濃度約４％の銑鉄である。卸工程１の生成物の大部分はセメンタイトとパーライトからなる白銑の金属組織であり、炭素濃度は不均一で２～3％とみられる。この卸生成物に折返し鍛練を施したものは、全体にほぼ均一で、網状セメンタイトとパーライトからなる過共析鋼の金属組織を示し、炭素濃度は1.1～1.2％程度と考えられる。

卸工程２の素材は、一部炭素濃度 0.3～0.4％の箇所もあるものの、大部分は炭素濃度 0.1％以下の軟鉄である。生成物は不均一で、炭素濃度２～3.5％の白銑であった。

卸工程３の素材は、炭素濃度 0.1～0.4％の低炭素鋼である。生成物は不均一で、亜共析鋼～過共析鋼が混在し、炭素濃度 0.6～1.2％であった。

これらの結果からわかることは、前近代から伝えられる卸の工程によって、浸炭・脱炭が比較的容易に達成されることと、送風などの条件で生成物の炭素の濃度を調整することも可能だということである。さらに素材→卸→折返し鍛練の工程を経ることによって、鋳鉄中の炭素濃度を４％→（2～3％）→（1.1～1.2％）と低減させることができ、また生成物の均一化が行われていることがわかった。



a. 卸工程１の素材（C: ～4％）　b.卸工程１の生成物（C: ～2.5％）　c. 折返し鍛練の生成物（C:～1.2％）

図３　卸工程１、折返し鍛練１の各資料の金属組織（二次電子像、×200）

４．２．放射性炭素年代

卸工程１～３の素材と生成物について年代測定を行った結果、卸工程１と２の素材はそれぞれ 120±50、175±30（年 B.P.）の炭素 14 年代を示した。これらは江戸時代の年代範囲に入り、資料の来歴と整合するが、暦年較正曲線が平坦になっている時期と重なっており、正確な較正年代を求めることはできなかった。卸工程１、２とも生成物は 1950 年以降の炭素 14 年代を示した。これらの結果から、卸工程の際には、外部から炭素が鉄中に入る「浸炭」はもちろん、鉄中の炭素が外部に抜け出す「脱炭」の場合でも、内外で炭素原子の交換が起きていることがわかった。また工程３の場合、生成物の他に、卸に使用した素材そのものも現代の値を示した。これは、18 世紀の資料を鍛打して薄く延ばしたものであるが、その程度の加工でも炭素原子の交換が起こっていることになる。このことは、前近代、先史時代の鉄資料を対象として年代測定を行う際に、加熱や加工の履歴について配慮する必要があることを示している。

9

古代金工技術における鍍膜・接合材としての錫利用の新事例

○塚本敏夫、藤井章徳、植田直見、菅井裕子、(財団法人　元興寺文化財研究所)

1．　はじめに

古墳時代後期は大陸からもたらされた新しい金工技術が定着し、国産化がなされた時期である。金工品は古代のハイテク品であり、青銅器、鉄器に比べてより人間のイメージに近い精巧で複雑な製品の創出が可能となった。金工技術の定着は経済史における大きな技術革新の一つであり、その後の手工業生産の発展や社会への影響は計り知れないものがある。したがって、当時の金工技術を明らかにすることは技術の国産化の実態や手工業生産体制の実態解明の糸口になりうる。

今回、保存処理に先立って行っている理化学的な分析の結果から古墳時代の中・後期の金工品において、鍍膜や接合材として錫が利用されている新事例を何点か確認できたので報告する

2．錫利用に関する既往の研究

古代の日本列島における錫の利用は、まず弥生時代に青銅品の合金材料として利用されており、吉野ヶ里遺跡からの高純度の錫塊の出土が知られている。錫単体での利用は北海道・東北や北関東での耳環や釧などの装身具として7～8世紀にかけて集中する点が考古学的に指摘されている。近年、比佐陽一郎氏（比佐 2003）が福岡平野を対象として行った理化学的分析を含む総合的な研究により、比率は低いながらも全国各地に偏在している可能性が指摘されている。

鍍膜としての錫の利用は永嶋正春氏（永嶋 1986）によって栃木県星の宮神社古墳出土の耳環が分析の結果鉄地に錫を巻いた鉄地錫巻であるとの報告がされている。これに先行する資料としては九州地方の5世紀代の鉄製素環頭大刀で確認したとの指摘がされている（永嶋 1991）が正式報告がなされていないのでその実態が明らかでないのが実状である。

古代金工品の接合材としての錫に関する報告は管見ではない。

3．分析方法と分析機器

金工品の分析は全てケイ光X線分析装置を使用して含有元素の分析を行った。

【分析装置】エネルギー分散型ケイ光X線分析装置（セイコーインスツルメンツ㈱製　SEA5230）

【測定条件】モリブデン管球使用、大気条件下測定、コリメータ0.1㎜、管電圧50kV、管電流1000μA

4．鍍膜としての錫利用の新事例

（1）　鉄地錫巻（張）

鍍膜としての新事例が5世紀後半に遡る兵庫県宮山古墳第2主体出土の胡簶金具で確認された。当初鉄製の板を折り曲げて銅鋲で鋲止しているものと思われたがX線ラジオグラフィーによる観察から折り曲げた端部に別の金属による不透性反応があり、ケイ光X線分析を行ったところ全面から錫（Sn）のピークが確認された。鉄に錫箔をどのように張ったかについては不明である。

（2）　錫巻（張）

その可能性として既報告済みの7世紀初頭の島根県下布施1号横穴墓から出土した装飾付大刀の柄縁の柄頭先頭部分での分析例があげられる。分析時点ではその可能性を指摘するに留めたが、錫製の金具が先端にあった可能性が高いと考えている。

5．接合材としての錫利用の新例

古墳時代の金工品の接合材としては銀単体や銀鑞の分析結果が知られていたが、新たに錫を接合材とした軟鑞があることが分析の結果判明した。現在2例が確認できている。

①　島根県連行1号横穴墓出土銅装圭頭大刀の分析析

柄頭表面、鵐目金具および責金具は銅（Cu）が主成分であり、銅製の刀装具である。微少なピークとしては、部位によって異なるが、銀（Ag）、ビスマス（Bi）、鉛（Pb）、臭素（Br）、セレン（Se）お

よび金（Au）を検出した。これらのうち銀、ビスマス、鉛は銅に含まれる微量成分の可能性がある。また臭素、セレンは土中埋納中に結合したと推定される。

特筆すべきは銅製の板を接合したとみられる箇所に錫（Sn）が検出された点である。このことはこの柄頭の製作に融点の低い錫を用いた鑞付け技法を用いて接合を行っている可能性が考えられる。

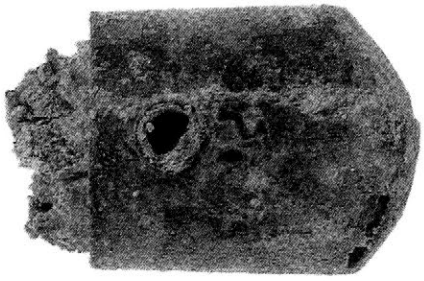


写真-1　連行遺跡出土銅装圭頭大刀

② 島根県原田古墳出土双龍環頭大刀の分析

双龍環頭柄頭はX線ラジオグラフィーの観察より、鋳銅造による可能性が高い。構造的に環本体と龍文板とは、破損面を見ても結合のための溝等は確認できなかった。そのため、文様板と環が接合する部分（11, 12）でケイ光X線による分析を行ったところ、その部分で錫（Sn）が高い強度で検出された。

これは母材の銅に含まれるものかもしれないため、環本体の母材部（3, 8）や双龍文板の母材部（2, 9）、鍍金部（5, 10）、さらに、鑞付けしたと推定できる環本体と双龍文板の接合部（1, 4, 6, 7）の計 12 個所でケイ光X線による分析を行った（写真-2）。

その測定結果を表-1 に示す。

測定結果から、錫を用いた鑞付技法を用いて接合を行っている可能性が考えられる。また、鉛（Zn）が検出されなかったことから錫-鉛合金（はんだ）ではないことが判明した。

ただし、非破壊調査であり資料の腐食も進んでいたため、錫単独（融点 232℃）のような軟鑞であるのか、融点の高い硬鑞（例えば錫－銅合金（50wt%－Sn）で融点約 680℃）であるのかを判断することはできなかった。

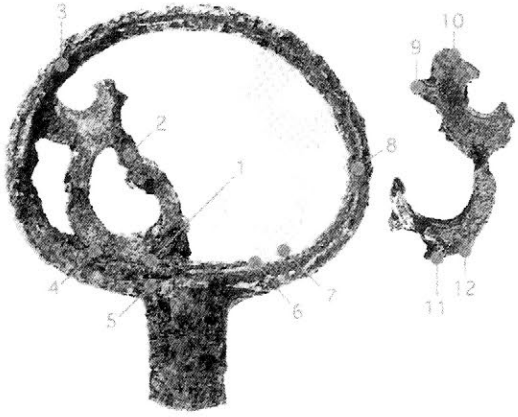


写真-2　双龍環頭大刀の分析個所

表-1　測定結果

分析個所	検出元素	分析個所	検出元素
1	Cu,Au,(Ag,Sn,Fe,Hg)	7	Cu,Au,(Ag,Sn,Fe,Hg)
2	Cu,Fe,(Ca,Ti,Mn)	8	Cu,(Ag,Se,Fe,Ti,Ca)
3	Cu,Fe,(Ag,Se,Ti,Ca)	9	Cu,Fe,(Au,Ag,Ca,Ti)
4	Cu,Au,(Ag,Sn,Fe,Hg)	10	Cu,Au,Hg,(Fe,Ca)
5	Cu,Au,Hg,(Ag),Fe	11	Cu,Fe,Sn,(Ti,Au)
6	Cu,Sn,(Au)	12	Cu,Fe,Sn,(Ag)

5．おわりに

古墳時代の金工技術の中で錫（Sn）を接合材として利用していた新事例を紹介することができた。その、2 例がいずれも島根県での出土例であることは非常に興味深い結果であった。また、鉄地に錫を巻いた鉄地錫巻である新事例も併せて紹介した。古墳時代の金工技術は非常に多様であり、今後も地道な分析事例の蓄積を行い、古代の金工技術に迫ってゆきたい。

尚、発表に当たって島根県教育庁埋蔵文化財調査センターの西尾克己氏、姫路市教育委員会の秋枝芳氏、また資料調査では正倉院事務所の成瀬正和氏にお世話になった。記して感謝いたします。

参考文献

永嶋正春「第5章　遺物の分析　第1節　X線機器による非破壊的調査」『星の宮神社古墳・米山古墳』(財)栃木県文化振興事業団 1986
成瀬正和「わが国上代の工芸材料としての錫」『正倉院年報』第 11 号　宮内庁正倉院事務所 1989
永嶋正春「古墳時代における金属錫の利用」『歴博』第 49 号　国立歴史民俗博物館 1991
比佐陽一朗「福岡市内出土の錫製品について」『福岡市埋蔵文化財センター年報』第 21 号　福岡市教育委員会 2003

北海道恵庭市カリンバ３遺跡出土の赤色漆塗り竪櫛の製作技法

○　北海道開拓記念館　小林　幸雄　　恵庭市教育委員会　上屋　真一

１．はじめに

縄文文化にはさまざまな漆製品が利用されている。“櫛”と呼ばれる装飾品は、縄文文化の漆製品としては代表的な存在であり、時代や地域の特徴が比較的よく現されている。北海道では、縄文文化の後期中葉と後期末葉の時期にまとまった数の櫛が出土する。全国的にも出土例数は多く、当時の漆工芸技術のあり方をさぐる上ではきわめて重要な資料である。

恵庭市カリンバ３遺跡は、北海道中央部の札幌－苫小牧低地帯（石狩低地帯）の南西部に位置し、JR 恵庭駅の北北東約 1 km にある。平成 11 年度の発掘調査では、現在から約 3,000 年前、縄文時代後期末葉（御殿山式期）の土坑墓が 30 基以上検出された。土坑墓には、櫛、頭飾り・額飾り、耳飾り、腕輪、腰飾り帯などの漆製品をはじめ、滑石・コハク、ヒスイ製の勾玉や小玉、赤く彩色した土製の玉、サメの歯や石棒などが副葬されていた。今回は、結歯式の赤色漆塗り竪櫛について、当時の材質や技法を検討し、いくつかの知見が得られたのでその結果を報告する。

２．資料と方法

本遺跡からは、櫛 57 点が出土した。透かし模様が入れられた資料が 28 点、透かし模様のない資料は 29 点である。資料自体については、肉眼と実体顕微鏡下での表面観察をおこない、適宜、軟Ｘ線透過写真撮影をおこなった。あわせて、資料から脱落した微小片について、断面部を研磨することで薄片試料を作製し、①光学顕微鏡、②走査電子顕微鏡、③エネルギー分散型Ｘ線分析装置などによる観察と分析に供した。

３．結果と考察

(1) 形態：　櫛の形態は、本体となる頭部の基本形によって半円形状と台形状の２種に大別できる。このうち、半円形状の櫛は１点のみであり、残る 56 点の全ては台形状を示す。台形状の櫛は、基本となる台形上辺の両端部に三角形状の角状突起を有し、上辺の鞍部はやや深く凹となるなどの点で共通する。同時に、透かし模様の有無やその内容、上辺鞍部の状態、表面の隆起状装飾部のあり方などによって分類することができる。北海道では、縄文文化後期末葉の静内町御殿山、恵庭市柏木 B、美沢川遺跡群（千歳市美々４，苫小牧市美沢１・美沢２）などから、多数の類例が出土する。これに対して、半円形状の類例は、北海道内では苫小牧市柏原５遺跡（縄文文化晩期）の１例のみが知られる。ただしこの場合には、透かし模様を有さない。

(2) 櫛歯と結束：　櫛歯の断面は部位などによって、①円形ないしは楕円形、②薄く削ぎ落とされることによって方形となる２種類が観察される。また、櫛歯を糸や紐で結束する際に生じた凹凸は、櫛の表面に装飾的な隆起部を形成し、横走する隆起線や瘤状の隆起として観察される。

(3) 透かし模様：　台形状を基本とする櫛の透かし模様は、櫛頭部の体部にのみ配される場合と、体部と上辺両端の三角形状突起基部の両方に配される場合がある。模様の基本要素には、竪臼（あるいは鼓のように、中央にくびれを有する形）、勾玉、十文字、三角形、直角三角形、菱形、円、楕円などの各形状がある。透かし模様は全体の構成が、左右対称となるように各基本要素が配置される。模様作りは、櫛歯を結束して塑形を施した後に、模様部分を切り抜く（擦り込む）ことで作り出している。なお、切り抜く部分は櫛歯の断面が薄くなるように削ぎ落とされている。一方、半円形状を基本とする櫛は、両端の櫛歯の間に紐を架け渡し、その後、紐の部

分にのみ下地材を塗布して彩色を施すことで、透かし模様が作り出されている。

(4) 下地・塑形：　下地および塑形のための材料としては、①漆以外には混ぜ物を多く含まない漆系と、②漆に対して積極的に混ぜ物－腐植質の植物系繊維質と推定される素材－を加えることで作られる木屎漆系の２種類が用いられていた。

(5) 塗り：　塗りの材料中には、鉄酸化物系あるいは硫化水銀系の赤色顔料を含み、それぞれベンガラ漆、朱漆として使い分けている。顕微鏡観察による櫛４例の塗り重ね状況は、①ベンガラ漆２層＋朱漆１層（１点）、②ベンガラ漆２層（１点）、③ベンガラ漆１層＋朱漆１層（２点）として確認された。ただし、質感や層厚などは部位や劣化状況などによって大きく異なる。

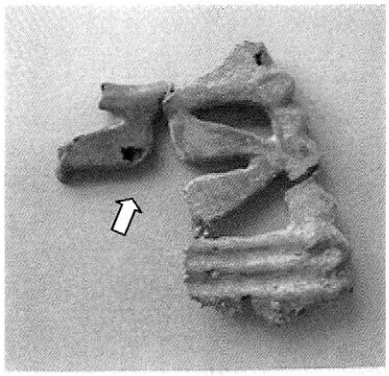
４．おわりに

北海道では、縄文文化後期中葉から後期末葉にかけて、あわせて 130 点以上の櫛が出土する。両者の櫛を比較して、①出土例数が大きく増加し、②大型化し、③透かし模様入りの櫛が出現することなどが指摘されてきた。今回は、縄文文化後期末葉期の櫛について、その材質や技法などを検討して、木屎漆系の塑形材料が本格的に導入されていること。また、透かし模様作りにおける櫛歯材加工や具体的な作出手順などを明らかにした。こうした“技術の変革”が、この時期の北海道において櫛の利用が盛んに進められる技術的な原動力となった可能性は高い。

文献

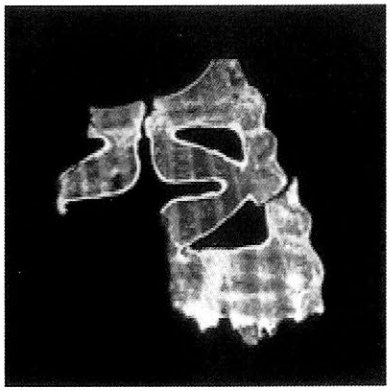
上屋真一：“カリンバ３遺跡”，恵庭市教育委員会(2003)

小林幸雄：恵庭市カリンバ３遺跡出土漆製品の材質と技法，“カリンバ３遺跡”，pp.315-324，恵庭市教育委員会(2003)

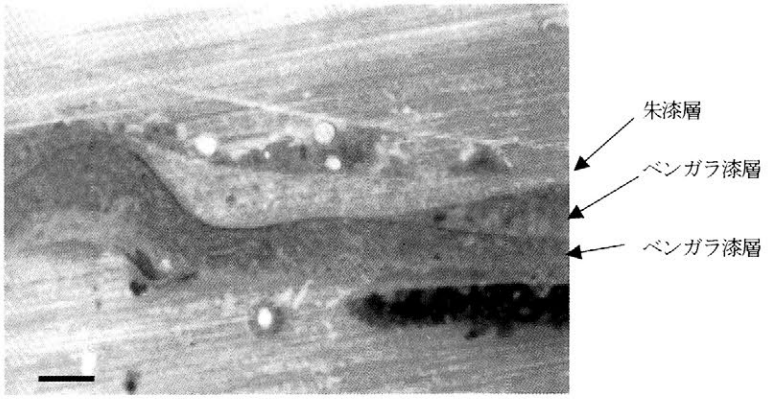


１．透かし模様入り赤色漆塗り竪櫛

２．空洞中（左の矢印部）に観察される櫛歯痕跡



３．軟Ｘ線透過写真



４．塗膜断面部の塗り重ね状況（マーカー：100μm）

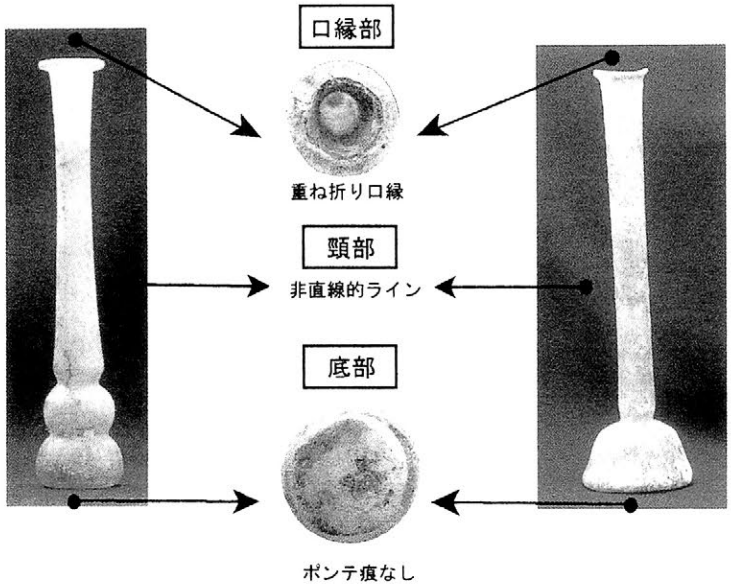
レバノン、ティール出土ガラスの製作技法－化粧瓶の場合

○島田守(奈良大学大学院)　泉拓良(奈良大学)

1．はじめに

レバノンの南に位置するティールでの発掘(平成 10～15 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B)(2)海外　課題番号１４４０１０２９)において、これまでに数点のガラス器が完形で出土している。その多くを占めるのがいわゆる化粧瓶と呼ばれるガラスである。脆いガラスが完形で出土することは稀で、技法を研究する上でも貴重な資料である。化粧瓶は非常にシンプルな形であるが、現代ガラス工芸の技術的観点から見るだけでは不明な点もあったため、実際に製作実験を行うという方法で技術の解明に取り組んだ。

2．化粧瓶の特徴



出土した化粧瓶には上図のように胴部が括れているものと円錐形のものの２タイプあり、特徴もほぼ同じであることから製作技法も同じであると考えられる。高さは上図左のタイプが 13ｃｍ弱、右が 14～15ｃｍで円錐形胴部の方がやや高い傾向にある。口縁部は折り重なっているが、その部分が口に部分的に被さっているものもあった。長い頸部はやや内側に湾曲しているものが多い。底面では宙吹きの証拠となる「ポンテ痕」がない。仕上がりは薄い。１世紀後半－３世紀のものと思われ、吹きガラスが発明されてから 100－300 年ほどしか経っていない作品である。

3．製作実験

宙吹きで製作する時の流れは、まず竿の先にガラスを巻き取って吹き玉を作る。これを伸ばして頸部とし、さらに先端を膨らませて胴部を成形し、吹き竿を離した後に口縁を成形する。非常に単純な工程であるが、「重ね折り口縁」「湾曲した頸部」「ポンテ痕のない底面」の全てを無理なく満たす工程を考えなければならなかった。

3－1．頸部の湾曲

ガラスを伸ばす方法は主に①道具で伸ばす②重力(竿を下に向ける)・遠心力(竿を振り回す)で

伸ばすの２通りがあり、①では普通、真っ直ぐな首になるので②による可能性が高い。さらに１回の加熱で一気に伸ばした方が薄く仕上がる。

３－２．胴部の成形

伸びた部分は冷えて硬化するが、ガラスの先端は厚みがある分、冷めにくいので吹けば膨らませることができる。再加熱してから膨らませると、分厚くなってしまう傾向があった。

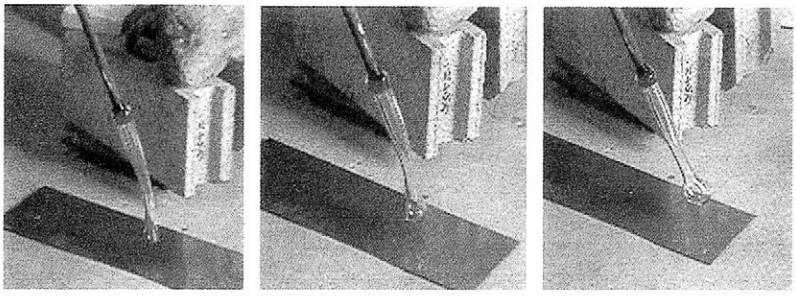


写真１：伸ばしてすぐに吹くと、まだ熱くて軟らかい先端だけが膨らむ。一気に頸部と胴部を作ることで加熱回数を減らせる。３つの写真は連続写真。

３－３．どのようにして口縁を折るか？

現代の技法の観点から見ると、「吹き竿を離して底部をポンテ竿で支え、ジャックを口に入れて口縁を成形した」と考える。しかし①ポンテ竿の痕跡がない②この方法では折れた部分が口に被さることはない、という２つの大きな問題があった。①に関しては何らかの道具で熱いガラスを持ったことは推測されるが現代で使われるような特殊な道具は使わず、日常品としてあるトングを今回は用いた。②に関しては現代では使われない、しかし単純な方法を考え製作実験を行った(写真２参考)。

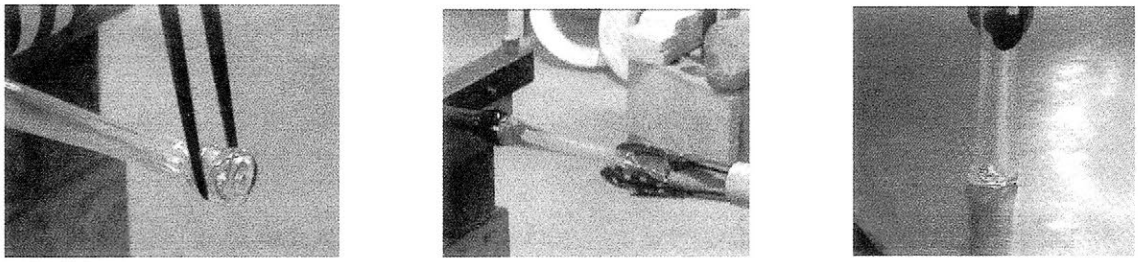


写真２：ジャックで括れを入れ(左)、トングで挟んで固定し(中)、口を熱してから平らなところに押しつけたところ、道具なしで簡単に口縁を折ることができた。

４．結果

道具を使わずにガラスを伸ばし、簡単な道具で掴んでから平らな板に口を押し付ける方法で工程上無理なく「重ね折り口縁」「湾曲した頸部」「ポンテなし」の３つの特徴を再現できた。伸ばす時のタイミングが最も難しかった。口の成形にジャックを使うことが当然の現代において「押す」方法は使われることのない技法で、実際に多くの製作実験をして初めて分かった方法である。化粧瓶と同じ特徴は多くの初期の吹きガラスに見られるが、どのようにしてポンテも使わずに口を処理したのか具体的にその製作方法を示した研究はほとんどない。ガラスを掴んだ道具に関してはまだ研究の余地はあるが、「押す」だけで重ね折りが可能であることを示せたことは初期の吹きガラスの技法を研究する上で大きな成果だといえる。

SPring-8放射光蛍光X線分析による青銅鏡微量成分の研究

○廣川守、樋口隆康、外山潔（泉屋博古館）
北野彰子、伊藤真義、梅咲則正（高輝度光科学研究センター）
住友芳夫、鈴木謙爾（住友金属工業）、今津節生（橿原考古学研究所）

1．はじめに　－分析の目的－

青銅鏡は、東アジアの古代文化を研究するうえで重要な鍵を握る遺物である。そのため従来より、銅・錫・鉛などの主成分を中心とした科学分析が多く行われてきたが、本実験ではさらに踏み込んだ検討を行うべく、SPring-8による蛍光X線分析を実施した。ここでは主成分そのものではなく、青銅鏡に含まれる微量成分に注目し、その残存量が原材料産地や製造方法に固有のものと想定し、微量成分の高精度測定を通して、製作年代および製作地の違いによる差異を検討することに主眼をおいた。

2．試料

実験対象とした青銅鏡は、泉屋博古館が収蔵する中国鏡69面（うち戦国鏡7面・前漢鏡23面・後漢鏡30面・三国西晋鏡9面）、古墳時代仿製鏡18面、三角縁神獣鏡8面である。

3．実験ならびにデータ解析方法

SPring-8における蛍光X線分析は、高エネルギーかつ高輝度の入射X線を用いるので、試料内部に存在する微量重元素の観察に有効である。そのため着目した微量成分は、放出蛍光X線Kαのエネルギー22.1Kevの銀(Ag)と26.2Kevのアンチモン(Sb)とした。測定には、ビームラインBL19B2を使用し、入射X線エネルギー70KeV、ビーム寸法0.5×0.5mmとし、90度散乱による放出X線をエネルギー分散型スペクトロメーターにより検出した。測定時間は１点５分として、試料の偏析などの影響を避けるため各鏡について3点測定し平均値をとった。また検討には、微量成分の絶対値を用いるのが理想であるが、主成分銅の放出蛍光X線Kαの測定精度が低いため、蛍光X線ピーク強度を主成分錫(Sn)のピーク強度で規格化した数値を採用した。

4．表面状態の違いによる測定数値の変動状況

実際の検討に入る前に、測定が表面の錆などでどの程度影響を受けるか検証した。検証には三角縁三神五獣鏡鏡面上で84点を測定した。この84点をほぼ地金と考えられる部分15点、表面が平らな薄い錆で覆われている部分32点、土などを含み分厚く盛り上がった緑色錆に覆われている部分37点に大別して測定した結果、地金部分及び平らな薄い錆部分は数値がほとんどばらつかず集中したのに対して、厚く盛り上がった錆の部分は、Ag/Sn値が大きくばらつく結果となった(図１)。このため薄い錆の部分は、ほぼ表面状況の影響を受けていないと判断した。

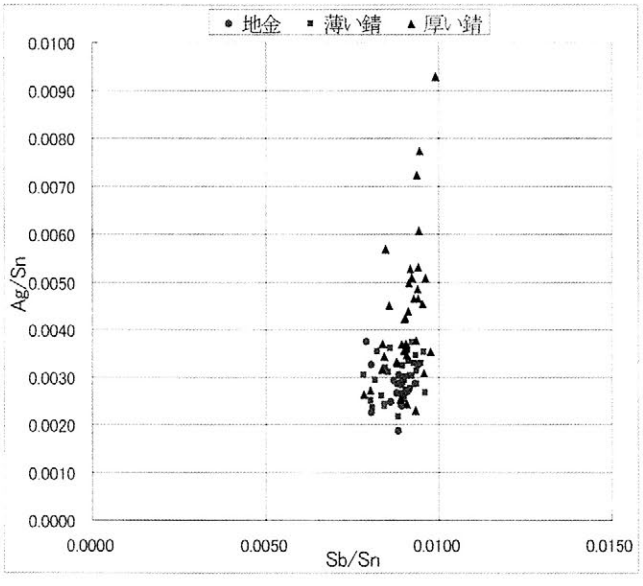


図１．表面状態の違いによる測定数値の変動

5．実験結果と考察

実験の結果、中国鏡については、製作時期により数値が変化することが判明し、大きく以下の３グループを抽出することができた（図２）。

・戦国後期～秦鏡：Sb/Sn値0.003以下、Ag/Sn値0.001弱～0.003を中心に分布。Sb/Sn値が非常に低い。
・前漢初蟠螭文鏡：Sb/Sn値0.003～0.005を中心に分布。
・前漢後期～三国鏡：Sb/Sn値0.005～0.013、Ag/Sn値0.002～0.005を中心に分布。とくに三国西晋時期の神獣鏡は、他形式鏡よりも分布が集中している。

また、古墳時代仿製鏡の測定結果は、Sb/Sn値0.01～0.025・Ag/Sn値0.0035～0.008あたりの広い範囲に分布しており、中国鏡に比べ、Sb/Sn値が大きいという特徴が確認できた。

次に三角縁神獣鏡の測定結果を検討する。測定した8面は、①②三角縁銘帯三神五獣鏡2面（同型）、③三角縁銘帯四神四獣鏡、④三角縁銘帯四神四獣鏡（久津川車塚出土）、⑤三角縁銘帯二神二獣鏡（八幡東車塚出土）、⑥三角縁三神三獣三炉鏡、⑦三角縁唐草文帯三神三獣鏡、⑧三角縁獣帯三神三獣鏡である。これまでの編年研究によると、①～④は古い段階、⑤⑥はそれより新しい段階のものと考えられる。また⑦は紫金山７号鏡と同型であるが、外区に突乳が10個付き、文様の鋳上がりも悪いことから、紫金山鏡を原模とした鏡と推測される。基本的に①～⑥は舶載鏡、⑦⑧は仿製鏡と考えられているが、⑦は⑧よりも文様表現・鋳上がり共に舶載鏡に近い。この8面の測定結果は、①～⑥が三国・西晋時期の神獣鏡分布範囲のなかに完全に収束し、⑦と⑧が古墳時代仿製鏡の分布範囲に入った。以上の測定結果より、舶載と考えられる三角縁神獣鏡の原材料は、中国三国・西晋時代神獣鏡のそれときわめて近いのに対して、仿製三角縁神獣鏡は舶載とは全く異なり、古墳時代仿製鏡に類似していることが指摘できる。

ただし、上記検討は測定件数が非常に少ないため、三角縁神獣鏡において原材料産地が複数存在する可能性を示唆するにとどまっている。今後、三角縁神獣鏡及び古墳時代仿製鏡の測定試料数を増やす必要がある。また、三国・西晋時期の中国鏡についても、今回は神獣鏡のみに留まっており、神獣鏡以外の魏・西晋鏡の測定も不可欠である。今回の実験は中間報告的な意味が強いが、少なくとも微量成分特性を検討することの意義を確認できたと考えている。

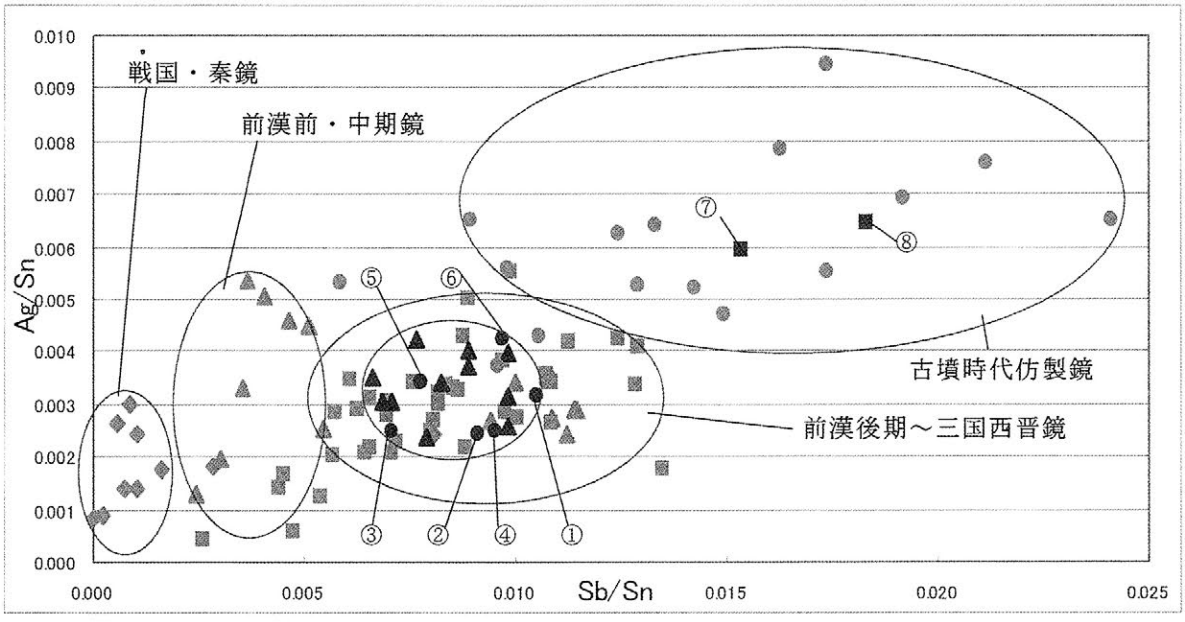


図２　青銅鏡のSb/Sn値･Ag/Sn値分布状況（▲三国西晋神獣鏡　●舶載三角縁　■仿製三角縁）

日本全国の辰砂鉱山より採取した朱のイオウ同位体比分析

○南　武志*・豊　遙秋**・今津節生***

（*近畿大学・**地質標本館・***奈良県立橿原考古学研究所）

1．目的

弥生時代から古墳時代にかけて、赤色顔料の一つである朱（硫化水銀）が埋葬施設内の床面や壁面から見いだされる例が全国の遺跡で報告されている。我々は、朱の構成成分であるイオウの同位体比（^{34}Sと^{32}Sの割合）を調べることにより遺跡の朱をいくつかのグループに分けることが出来ること、また中国貴州省銅仁市万山特区鉱山、三重丹生鉱山、大和水銀鉱山の３つの鉱山から採取した朱のイオウ同位体比も有為に異なることを本学会で報告した。加えていくつかの遺跡朱のイオウ同位体比分析値と３鉱山産朱の値が相似しており、このことから遺跡朱の産地が同定できる可能性を示唆した。しかしながらこれらの鉱山の値とずれる値を取る遺跡朱も存在する。朱は日本国内のいたるところに鉱山の存在が報告されている数少ない鉱物の一つである。そこで今回、日本全国の主な辰砂鉱山の朱鉱石を収集してイオウ同位体比分析を行い、遺跡朱の産地推定に役立てることを検討した。

2．試料

独立行政法人　産業技術総合研究所に所属する地質調査総合センターの地質標本館に保管されている日本全国の辰砂鉱山の朱鉱石標本より一部の委譲を受け、分析試料とした。今回分析に用いた日本国内の辰砂鉱山の配置図を図１に示す。

3．分析方法

朱鉱石よりカッターナイフで朱部分を削り取り、さらに実体顕微鏡下で夾雑物を排除してこれをサンプルとした。

サンプルに硝酸と臭素を加えて溶解し、イオウを硫酸イオンとする。これに塩化バリウムを加えて硫酸バリウムを分離し、五酸化バナジウムおよび珪酸と混ぜ合わせたのちに真空中で加熱し銅に接触させることにより亜硫酸ガスを発生させる。この亜硫酸ガスをThemoFinnigan DELTAplus質量分析計で測定し、イオウ同位体比（$^{34}S/^{32}S$）を算出した。さらに標準品にキャニオンディアブロ隕石のトロイライトに含まれるイオウ同位体比を測定し、標準品に対する割合を$\delta^{34}S$‰＝（サンプルのイオウ同位体比－標準品のイオウ同位体比）／（標準品のイオウ同位体比）Ｘ１０００　で算出した。

4．結果および考察

表1．　測定辰砂鉱山リスト

都道府県	鉱山名	測定鉱石数
北海道	常呂	8
北海道	明治	5
北海道	様似	3
北海道	ウッツ	4
北海道	ユーヤンベツ	4
北海道	那江	2
北海道	龍昇殿	43
北海道	北ノ庄	3
北海道	イトムカ	22
徳島	水井	16
高知	穴内	4
愛媛	日吉	7
岡山	和気	2
大阪	千早	2
和歌山	和佐	4
愛知	津具	2
長崎	波佐見	4
大分	別府	6
鳥取	大日	2
鹿児島	大口	3
奈良	神生	36
奈良	大和	69
三重	丹生	48

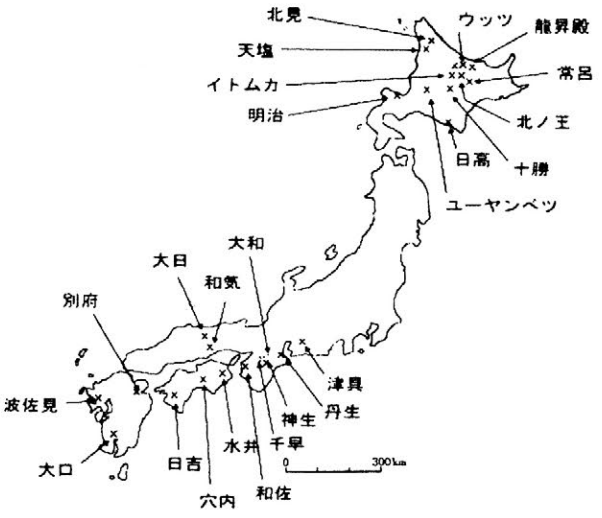


図1．　辰砂鉱山所在地1

我々は昨年度本学会において代表的な鉱山のイオウ同位体比と遺跡から出土朱の同位体比を測定して、弥生時代から古墳時代初めにかけて日本海側の一部の遺跡で中国産の朱と推定されるイオウ同位体比の高い朱が存在することを指摘し、古墳時代になると、日本産と推定される同位体比の低い朱が大和を中心とする古墳の埋葬施設に使用されていることを報告した。

しかしながら、吉野ヶ里遺跡の近くには長崎波佐見鉱山が、楯築遺跡の近くには岡山和気鉱山が、大和の巨大古墳群の近くには三重県丹生鉱山・大和水銀鉱山・奈良神生鉱山・大阪千早鉱山があり、四国には徳島水井鉱山・愛媛日吉鉱山がある。加えて辰砂鉱山は、北海道と中央構造線沿いに多いが東北や関東には鉱山と呼べる規模のものは少ない。このように、火山国である我が国には多くの辰砂鉱山が存在することから、表1に示す国内の代表的な鉱山の辰砂鉱石を網羅してイオウ同位体比を比較した。測定の結果、北海道イトムカ鉱山鉱石のイオウ同位体比は−1.4〜−4.1‰であったが、龍昇殿鉱山鉱石は＋12.7〜−9.3‰と大きくばらついていた。一方、丹生・大和・神生鉱山鉱石はほとんどばらつかず、丹生はマイナスに大きく傾き、大和・神生は−1〜−4‰の間であった。発表ではさらに四国・中国・九州地方の辰砂鉱石の分析の結果と、年代別および地域別の遺跡出土朱の分析結果を比較して発表する。

14

東大寺八角灯籠の鉛同位体比

○平尾良光*・早川泰弘**・鈴木浩子**
＊東京国立文化財研究所・現 別府大学
＊＊東京国立文化財研究所・現 東京文化財研究所

1　始めに

奈良東大寺大仏殿の前に奈良時代の製作といわれる八角灯籠がある。この灯籠が1995～1998年に修復のために解体された。この時に東大寺および文化庁の協力を得て、各部の約30カ所から銅あるいは鉛材料を採取した。これら試料の鉛同位体比を測定することから、当初材料の産地、あるいは今までの解体作業の際に用いられた材料の産地の違いを調査した。その結果に関して報告する。

2　日本における銅の産地の推移

日本に於ける銅の利用は今までの考古学的な考察に鉛同位体比のデータを組み合わせると次のように理解できる。すなわち、

前３世紀	日本で青銅利用の開始。朝鮮半島産の青銅が流入	（弥生時代前期後半）
前１～後３世紀	中国産の青銅が流入。朝鮮半島産の青銅止。	（弥生時代中期後半）
後３～７世紀	中国・朝鮮半島産材料が流入。	（古墳時代）
７世紀	日本で銅生産開始。中国・朝鮮半島産の銅あり。	（奈良時代）
８～10世紀	日本産の銅が大部分となる。	（平安時代）
11 世紀	日本産の銅が大部分。中国産の青銅が流入。	（平安時代後期）
13 世紀	日本の銅生産が激減。中国産の銅が流入。	（鎌倉時代初）
15 世紀	日本の銅生産力が増大。	（室町時代）
17世紀以降	日本産の銅材料が大部分となる。	（江戸時代）

これら材料の産地が変遷する中で、八角灯籠の各部分がどのような鉛同位体比を示すのかは灯籠の製作時期、あるいは材料物資の流通という問題を含んでいる点、測定の価値がある。

3　八角灯籠の製作と修理の経緯

八角灯籠の修理記録：東大寺八角燈籠修理報告書から（1999）

天平15年（AD743年）	大仏造顕の詔
天平勝宝元年（749年）	大仏鋳造終了
天平勝宝３年（751年）	「造燈炉料」の紙の借用に関する記録（正倉院文書） これにより、大仏と同時期に作られたと判断されている。
天平勝宝４年（752年）	大仏開眼の供養
永観２年　（984年）	大燈籠の記載あり。
康和３年　（1101年）	火焔宝珠に修理の刻印がある。どの程度かは判らない。
治承４年　（1180年）	兵火によって大仏殿焼失。燈籠はわからない。 基壇の整備状況からして、鎌倉時代の製作であるとも推測される。但し、現燈籠の部位の材質・形状および史料からは鎌倉時代の製作であるとは断定できない。
永禄10年　（1567年）	大仏殿は再度焼失。この時も燈籠がどうなったかは不明。
寛文 ８年　（1668年）	火袋を中心として、大きな補修工事あり。
明治36年～大正２年（1903～1913年）	大仏殿修理。燈籠も解体修理
昭和49年～55年（1974～1980年）、平成７年～10年（1995～1998）	解体修理

4　測定法と結果

八角灯籠から得られた錆あるいは金属試料から鉛を化学的に電気分解法で単離し、東京文化財研究所に設置されている表面電離型質量分析計で、鉛同位体比を精度良く測定した。測定値は同時に測定したNBS-981で標準化した。その結果を図として示す。

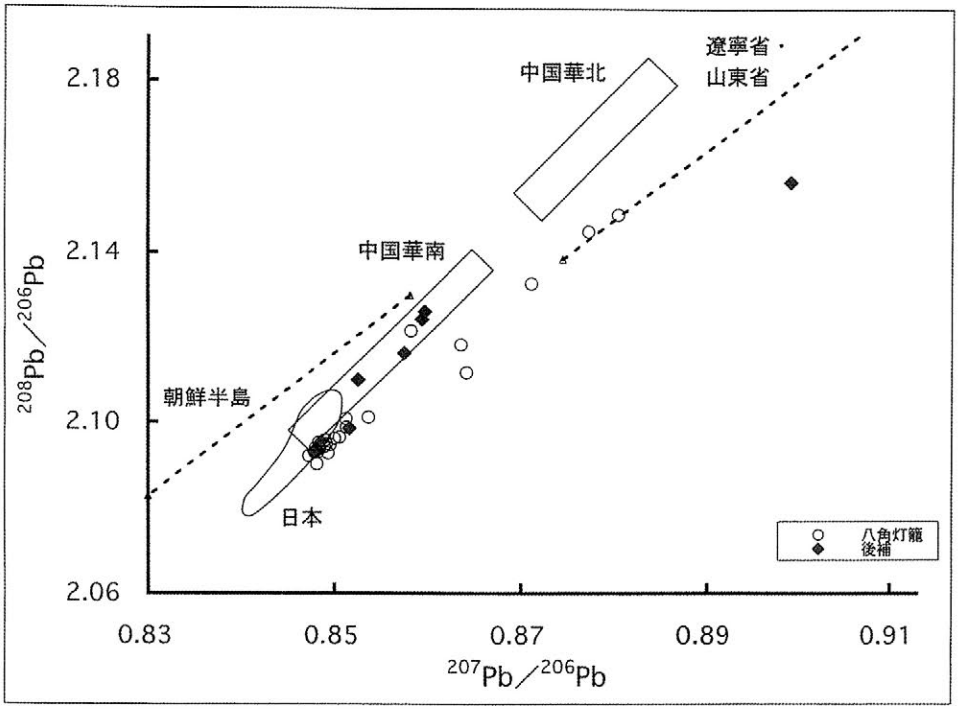


図１　八角灯籠の各部位が示す鉛同位体比分布
材料はかなりばらついて分布した。日本産ではない材料が利用されている。

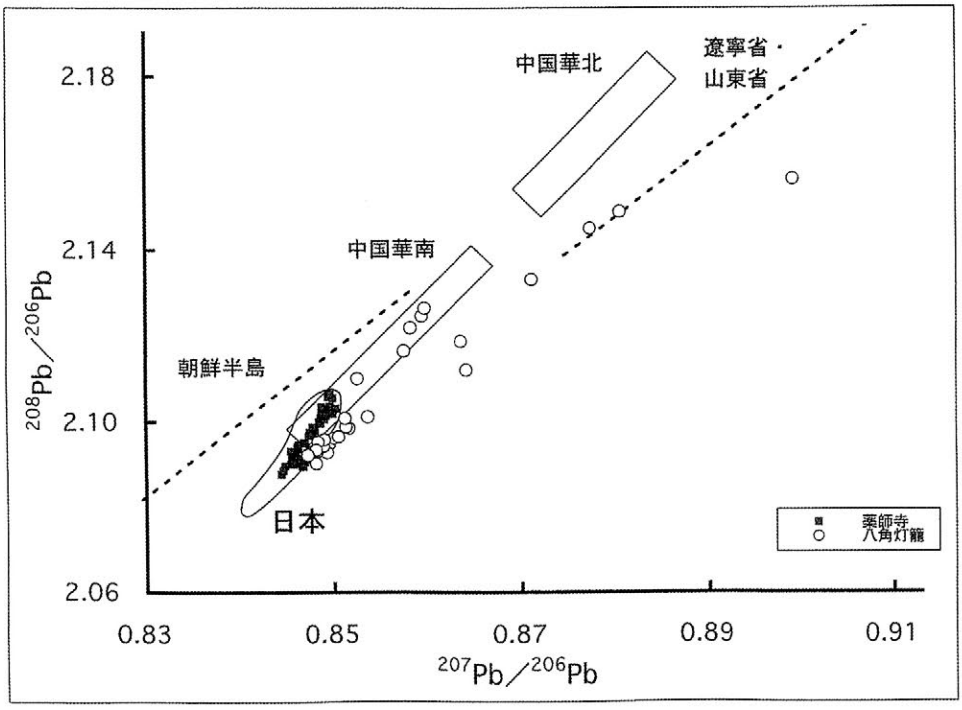


図２　薬師寺講堂の薬師三尊像と東大寺八角灯籠が示す鉛同位体比分布
薬師寺講堂の薬師三尊像と八角灯籠は当初材の産地が異なっている可能性が高い。

黒曜石産地推定測定方法間比較と最適分析フローの予備的考察

○鈴木正男*・Allen, C.*2・安蒜政雄*3・Ambrose, W.*2・Campbell, I.*2
・池谷信之*4・望月明彦*5・大竹憲昭*6・佐藤宏之*7・島田和高*3
・戸村健児*・鶴丸俊明*8・渡辺圭太*・山科　哲*3
(* 立教大学・*2 Australian National University・*3 明治大学・*4 沼津市教育委員会・*5 沼津高等専門学校・*6 長野県埋蔵文化財センター・*7 東京大学大学院・*8 札幌学院大学)

1．目　的

黒曜石の産地推定にはEDXRF, FT, ICP-MS, INAA, PIXE, PIGME, TXRF, WDXRFなど多種類の分析方法が適用されている。一方，推定される黒曜石の産地単位は，露頭（広義に採取地点を含む），露頭群，地域，地方などがあり，方法間で一様ではない。これを比較検討するため，同一試料をEDXRF(沼津高専など)，INAA(立大原研)，LA/ICP-MS(オーストラリア国立大学)の３方法で分析する国際共同研究が進行中である。

また，黒曜石の産地推定では，単に推定精度だけではなく，必要経費・所要時間・非破壊法か破壊法か，といった他の条件も考慮しなければならない。現在までに得られた２０００点を超える分析結果から，上記所要条件を考慮に入れた最適分析フローについて検討する。

2．試　料

日本全国の１００を超える採取地点を網羅することを目指しているが，今回の発表では，例示として北海道（本要旨に一部収録）及び中部・関東地方を取り上げる。

3．分析方法

方法は同一でも，それぞれの測定者（機関）が用いる手法は，測定効率等を考慮して工夫され改変され，必ずしもそれぞれの方法の限界のフルスペックが常時測定に用いられているわけではない。以下にそれぞれの方法で測定した核種・指標を示す。

EDXRF: Rb/sum (=Rb+Sr+Y+Zr), Sr/sum, Y/sum, Zr/sum, Fe/K, log (Fe/K), Mn/Fe（いずれもX線強度(%)，または強度比）(7)

INAA: As, Ba, Ce, Cr, Cs, Eu, Fe(%), Hf, La, Lu, Na(%), Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn, Zr (ppm) (23)

LA/ICP-MS: (majors) Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, P_2O_5, K_2O, CaO, TiO_2, MnO, FeO (%) (traces) P, CaO (wt% e-probe), Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, Rb, Sr, Y*, Zr*, Nb, Mo, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, W, Pb(1), Pb(2), Pb(3), Th, U, Pb208/Pb206, Pb207/Pb206 (ppm) (e-probe micro-analysis を含めのべ 52)

4．分析結果と考察

例示として，北海道の産地について行った相互検証法(cross-validation)による判別分析(SAS DISCRIM)の結果を以下に示す。□ で囲った部分が，露頭あるいは露頭群として判別される(P ≧ 90%)。

(INAA)

	AI	AN	TM2	TM1	01	05	02	03	04	RB	S1	S2	S3	S4	S5	S6
AI	60 100	←分析点数 ←判別確率														
AN		29 72.5	11 27.5													
TM2		3 4.4	62 91.2	2 2.9							1 1.5					
TM1			1 1.7	59 98.3												
01					76 95.0	3 3.8							1 1.3			
05					7 8.9	72 91.1										
02							72 91.1	4 5.1	3 3.8							
03							9 11.3	64 80.0	7 8.8							
04			1 1.3				12 15.0	6 7.5	61 76.3							

RB			1 1.5							67 98.5						
S1											62 78.5	7 8.9	9 11.4	1 1.3		
S2											5 6.3	61 76.3	6 7.5	8 10.0		
S3											1 1.3	4 5.1	73 92.4	1 1.3		
S4											4 5.0	2 2.5	4 5.0	70 87.5		
S5															80 100	
S6															4 5.1	75 94.9

(EDXRF)

	AI	AN	TM2	TM1	01	05	02	03	04	RB	S1	S2	S3	S4	S5	S6
AI	40 100															
AN		3 21.4	4 28.6	7 50.0												
TM2		6 15.8	29 76.3	3 7.9												
TM1		11 27.5	15 37.5	14 35.0												
01					27 67.5	13 32.5										
05					19 51.4	18 48.6										
02							20 50.0	15 37.5	5 12.5							
03							7 17.5	24 60.0	9 22.5							
04							8 20.0	26 65.0	6 15.0							
RB										40 100						
S1											21 55.2	12 31.6	2 5.3	3 7.9		
S2											3 7.9	27 71.0	6 15.8	2 5.3		
S3											2 5.1	17 43.6	13 33.3	7 18.0		
S4											1 2.5	23 57.5	8 20.0	8 20.0		
S5															25 62.5	15 37.5
S6															19 47.5	21 52.5

AI: Akaigawa; AN: Akangawa; TM1/2: Tokachi-mitsumata-1/2; O1-5: Oketo-1～5; RB: Rubeshibe; S1-6: Shirataki-1～6

この結果は，EDXRF および INAA の判別精度（正判別率）はほぼ等しいことを示している。詳細に見ていくと INAA vs EDXRF では，(AN+TN2, TN1) vs (AN+TN2+TN1)，及び(S5, S6) vs (S5+S6)のようにわずかに INAA の方が判別精度がよいことが分かる。

５．予備的な最適分析フロー

それぞれの方法の特徴を考えてみると，

EDXRF: 非破壊（製品にも適用可）・迅速（考古学的試料では測定時間５分）・きわめて安価であり（１千円以下），高性能の可搬型も開発され，遺跡の現場でリアルタイムに分析が可能になっている。遺跡出土全点試料分析向きである。

INAA: 原子炉など大型施設・設備を必要とし，熱中性子照射後の試料は RI として廃棄される。したがって，黒曜石破片・砕屑片の中に EDXRF によって(Wadatoge+Takayama)と判別される試料があった場合に，この方法でほぼ 100%の確率で識別される鷹山黒耀石採掘鉱山遺跡産黒曜石を抽出する場合や，同時に黒曜石水和層の SIMS H(+)プロファイリングを行う場合に選択される（ポスターセッション P12 参照）。

LA/ICP-MS: 多種類の主要・微量元素を高精度で測定することができる。測定効率は１日あたり 40 ～ 50 試料である。今回の委託研究経費は１点につき A$50.00 である。不定型な黒曜石製品の場合には試料積載台などに工夫が必要である。

このような種々の条件を考慮に入れた最適分析フローについては，発表時に示す。

ロシア・極東北東部に分布する後期旧石器遺跡から出土した黒曜岩の原産地同定

○吉谷昭彦*・セルゲイ　スロボーディン**・友田哲弘***

(*自宅・**ロシア科学アカデミー・***旭川市教育委員会)

ロシア・極東北東部の３州、マガダン・アナディール・カムチャッカの各州に分布する後期旧石器遺跡についての情報は、日本にはその全容が伝えられていない。　また、後期旧石器遺跡から出土した黒曜岩の原産地同定に関わる研究は、ロシアにおいても進展していない現状にある。

２００３年８月下旬に、マガダン州に赴き、ロシア科学アカデミーとの共同研究として、後期旧石器遺跡および黒曜岩原産地の踏査を行った。　ほかにロシア科学アカデミー極東支部マガダン総合研究所に保管されている出土黒曜岩の剥片・原石など、３８個の試料について、それらの原産地同定のための諸実験を行った。　その結果の一部を報告する。

1　目的

後期旧石器遺跡から出土した黒曜岩の原産地同定に関する研究の空白地域とも言えるロシア・極東北東部で、遺跡から出土した黒曜岩剥片および黒曜岩原石の化学分析を行い、その当時の社会的動態を明らかにするための基礎資料を得ることを、目的とする。

2．試料

マガダン州での踏査では、コリマー街道沿いに北緯63° 30´にまで達したが、黒曜岩原産地を認めることが出来なかった。　また、後期旧石器遺跡からも分析実験に耐えうる黒曜岩剥片を得ることができなかった。

マガダン総合研究所に保管されているアナディール州およびカムチャッカ州での遺跡出土の黒曜岩剥片、黒曜岩原石など38個選び出した(Fig. 1)。　分析精度を上げるために、破壊・粉末処理に耐えられる試料を19個、分析精度は低くなるが、非破壊で分析する試料を19個、計38個の試料を日本に持ち帰った。

3．分析方法

非破壊での分析は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(EDX)を用いて行った。　この分析は京都大学原子炉実験所・藁科博士に依頼している。

破壊・粉末試料とした19個の試料は、200～300メッシュの粉末試料に調整し、波長分散型蛍光X線分析装置(WDX)を用いて分析を行った。　分析値はJG-1に対する標準化値で示した。

分析精度は、WDX法で測定誤差が±5%で標準偏差も小さい。　EDX法では、±15～20%の測定誤差があり、分析値の解析には確率論的統計処理が必要である。

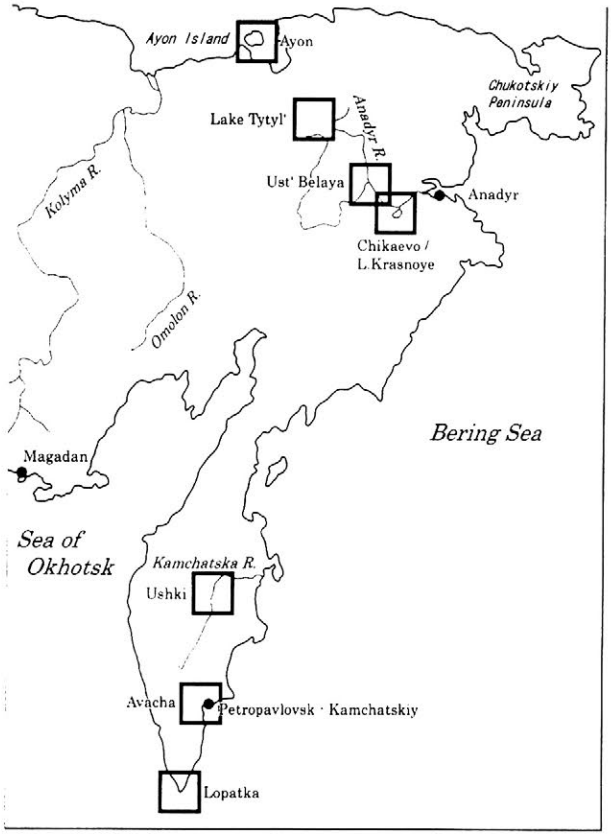
4．分析結果および考察

EDX 法による非破壊分析の結果は、まだ解析されていないため、破壊・粉末試料の分析結果

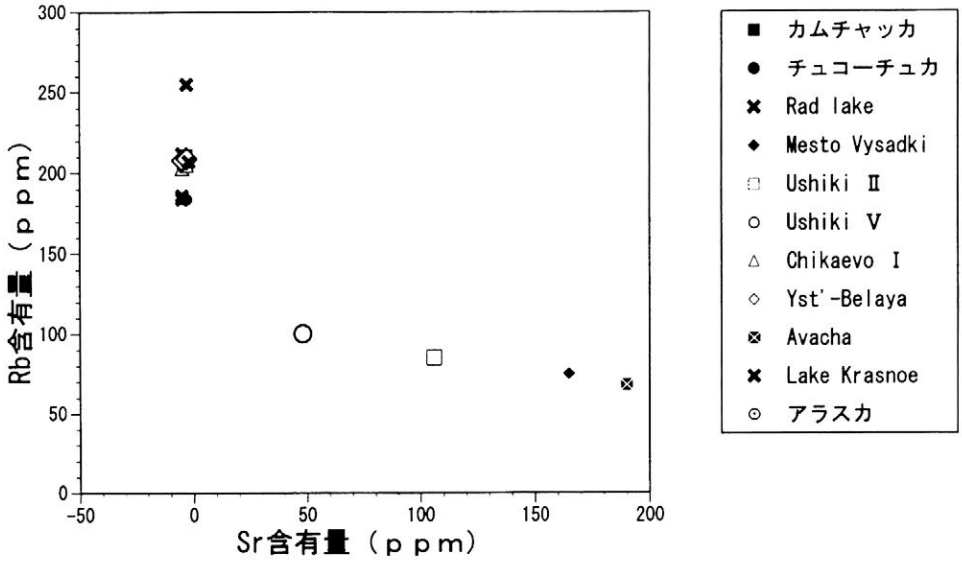
について報告する。　WDX法による分析結果をRb－Sr相関図(Fig.2)に示した。

Lake Krasnoe(美しい湖、or 赤い湖)産出の黒曜岩原石は、少なくとも２つのグループに区分される(Type Ⅰ,Ⅱ)。TypeⅡに属する黒曜岩剥片を出土したのは、カムチャッカ、Chukotska, Chikaevo Ⅰ, Y'st Belaya, およびアラスカである。　しかし、カムチャッカ及びアラスカの遺跡Pointについては、更なる検討が必要と考えるので、現時点では「赤い湖」産黒曜岩が、かなり広範囲に移動している可能性を指摘するにとどめておきたい。

カムチャッカの他の遺跡などから出土した黒曜岩剥片の原産地は、未調査のカムチャッカ半島に存在している可能性が大きい。



Ｆｉｇ．１ 位置図



Ｆｉｇ．２

Rb-Sr相関図　(WDX)　＜ロシア極東東北部＞

陶邑周辺の窯跡出土古式須恵器

○ 三辻利一（大谷女子大）

1.目的

大阪府堺市泉ヶ丘の通称、陶邑には数百基を越える須恵器窯跡があった。その大部分は初期、古式須恵器の窯跡であるという点で特異性がある。５～６世紀代には地方では限られた地域に数基程度の窯跡しか発見されていないのに対して、陶邑には圧倒的に多い窯跡があったという点に特異性がある。古墳時代が最盛期に入る５世紀代に何故、陶邑に 100 基を越える窯跡が出現するのかという問題については十分な解答は与えられてはいない。さらに、最近では、河内松原市、富田林市に古い須恵器窯跡が発見されている。これらの陶邑周辺にある窯跡出土須恵器の化学的特徴は陶邑の製品に比べてどの程度類似するのか、これは今回初めて取り上げる問題である。当然、これらの窯跡で製作された須恵器は何処に供給されているのかという問題とも絡む。今回は河内松原市の樋野ヶ池窯跡、富田林市の中佐備窯跡、一須賀２号窯跡出土須恵器を蛍光Ｘ線分析法で分析し、陶邑窯跡群の須恵器も含めて相互識別を検討した。また、これらの窯で製作された須恵器の供給先についても、検討を進めた。

2.試料および、その調整法

試料は河内松原市教委、富田林市教委、羽曳野市教委、大阪府埋蔵文化財センターから提供された。須恵器小片はまず、タングステンカーバイド製の刃をもつ小型研磨機でその表面を研磨したのち、タングステンカーバイド製乳鉢の中で 100 メシュ以下に粉砕された。粉末試料は塩化ビニール製のリングを枠にして高圧をかけてプレスし、内径２ cm、厚さ５ mm の錠剤試料を作成し、蛍光Ｘ線分析測定試料とした。分析装置は理学電機製 RIX2100（波長分散型）である。使用したＸ線管球は Rh（３．０ kw）であり、管球にかけられた電圧は 50kV、電流は 50mA（２．５ｋW）である。試料室の雰囲気は真空である。この装置には 50 個の試料がセットできる自動試料交換機が連結されており、完全自動分析が可能である。測定元素は Na、K、Ca、Fe、Rb、Sr の６元素である。定量分析のための標準試料は岩石標準試料 JG-1 である。分析値は各元素の蛍光Ｘ線強度を JG-1 の対応する蛍光Ｘ線の強度を使って標準化した値で表示された。なお、JG-1 による標準化値と地質調査所から公表されている分析値（％または ppm）の間には直線性があることが確認されている。データ解析は K-Ca、Rb-Sr の両分布図と２群間判別図を使用した。

3.分析結果

中佐備窯の須恵器の両分布図を図１に示す。この図には比較対照のため、定性的な陶邑領域と中佐備領域を描いてある。両分布図でも両者は容易に相互識別できることがわかる。陶邑群と中佐備群の判別分析の結果は図２に示してある。完全に相互識別できることがわかる。また、図１には一須賀２号窯の須恵器もプロットしてある。陶邑群の須恵器とも、中佐備群の須恵器とも異なることがわかる。このようにして、陶邑周辺の窯跡出土須恵器の化学的特徴は陶邑群の須恵器とは少し異なることがわかった。このことはこれらの陶邑

周辺の窯で製作された須恵器が何処へ供給されたかを蛍光X線分析によって追跡できることを示している。目下のところ、中佐備窯の須恵器を供給された古墳は見つかってはいない。一須賀２号窯の製品は野中古墳の墳丘から多数出土しているが、他の遺跡からは出土していない。いずれも、１基の窯跡しか見つけられていないので、地方窯同様、ごく周辺の古墳に供給されていたものと推察される。和歌山県の楠見遺跡出土の初期須恵器の胎土についても触れる。

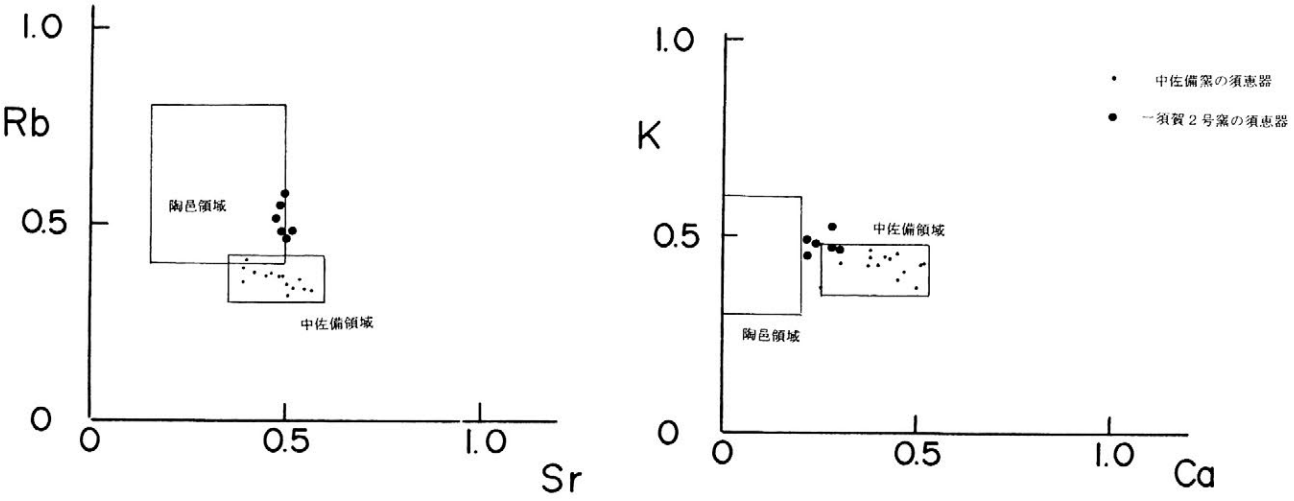


図１　中佐備須恵器窯出土須恵器の両分布図

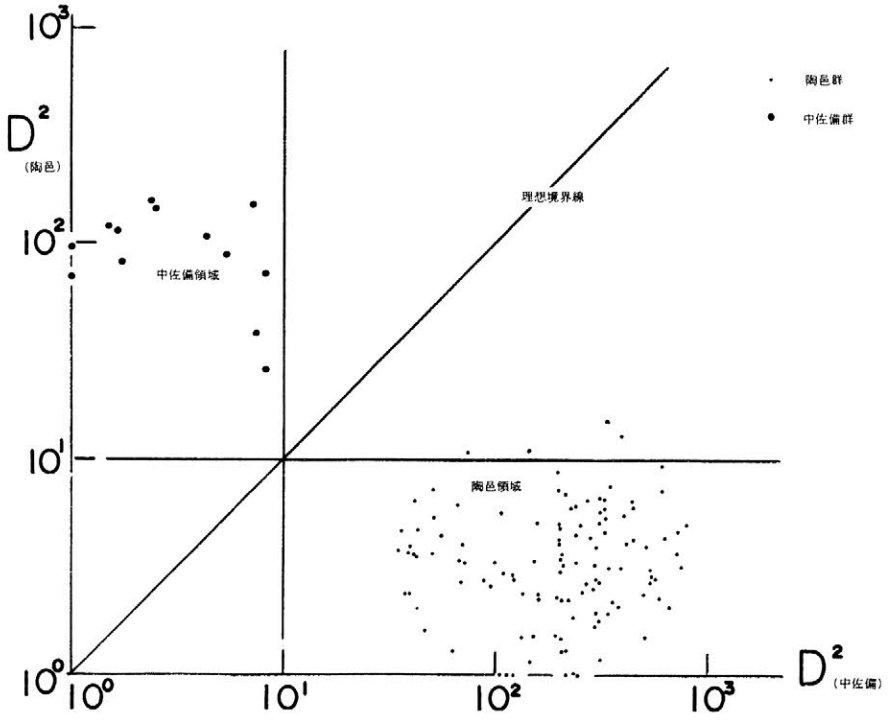


図２　中佐備群と陶邑の相互識別

レバノン国ティール郊外ローマ時代壁画地下墓の環境
—復原・整備・公開をめざして—

○西山要一・島田守・竹原弘展・峠美穂・泉拓良　(奈良大学)

1　概　要

レバノン・ベイルートの南約 80 キロメートルにあるティール(現スール市)には「世界遺産・フェニキアの中心都市として栄えた港町ティール」がある。フェニキア時代の遺構は未解明であるが、ローマ時代の港・列柱道路・記念門・公共浴場・劇場・貯水場・水道橋・ヒッポドロモス・ネクロポリスなどが発掘調査され良好に保存・整備されている。

ティールの東郊外およそ３キロメートルの丘陵斜面にはローマ時代の墓地が広範囲に営まれ、その数は数千基に達するものと見込まれている。この一隅のラマリ地区で、2002 年度より泉拓良(現京都大学・文部科学省科学研究費助成)を代表とする調査団により発掘調査が始まり、ローマ時代の地下墓や掘り込み墓が３０基の他、テラコッタの神像・ランプ・小皿・アンホラ（ワイン壷）・ガラス瓶・青銅コインなど多数の遺物が発見されている。

地下墓の１基、TJ04 は既に開口していて墓室内は損傷を受けていたが、墓室側壁や天井に壁画が描かれていることが判明し、発掘調査とともに壁画保存のための環境調査などをあわせ実施した。壁画の色彩測定・壁画顔料と漆喰壁の化学分析、温度・湿度・照度・紫外線強度・大気汚染等の測定のほか地下墓内環境安定化の試み、温純水と界面活性剤による壁面クリーニングのテスト、アクリル樹脂とシリコン樹脂による壁面強化と壁画剥落止めのテストなどを実施した。

ここでは、温湿度変化と安定化の試みについて興味あるデータを得たので検討する。

2　地下墓 TJ04 の構造と規模

墓室は 3 メートル四方、高さ約 3 メートル、両側壁と奥壁には上下に 2・3 段、左右に 3 列、両袖部にも上下に 2 段・左右 1 列のあわせておよそ 25 の棺棚が設けられていたものと推測される。棺棚の蓋はすべて取り除かれ、棺棚隔壁も破損し、全空間はおよそ 80 立方メートルになる。外気の流入は墓室入り口のほか、左側壁 2 段目の棺棚奥と左袖棺棚の破損部が隣接地下墓と繋がりここよりの外気の流入もある。

3　地下墓 TJ04 の温湿度変化

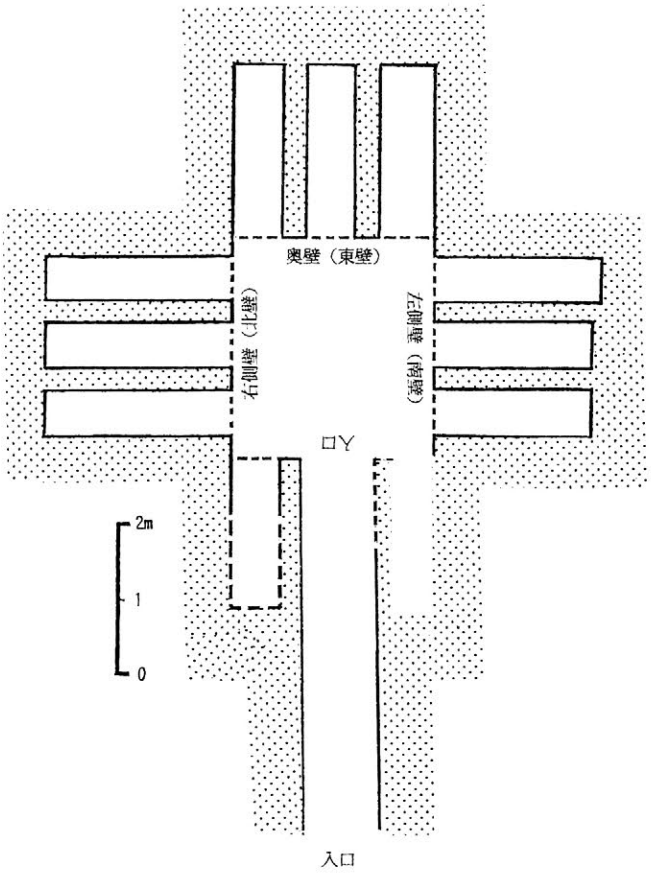
調査前の温湿度(2002 年 10 月～2003 年 1 月)、発掘調査中の温湿度(2003 年 6 月～2003 年 9 月)、調査後・暗幕閉塞後の温湿度(2003 年 11 月～2004 年 2 月)は図のとおりである。

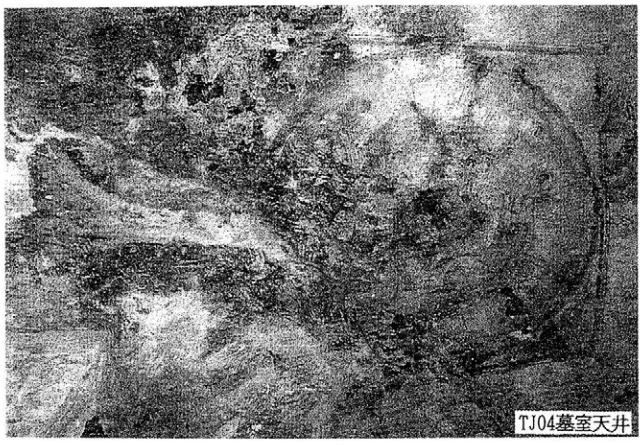
調査前には温度の日変化は 1～2 度、湿度の日変化は大きい日で 10～15 パーセント、そして、発掘調査中は温度の日変化は 2～3 度、湿度の日変化は大きい日で 5～10 パーセント、調査中に入り口に暗幕を設置して後は湿度の日変化はわずか 2～3 パーセントに縮小され、さらに、棺棚破損部を土嚢で閉塞してからは、墓室内作業のない日の湿度はほぼ 100 パーセントで安定し、調査後は温度の日変化 1～2 度、湿度は 100 パーセントで安定している。

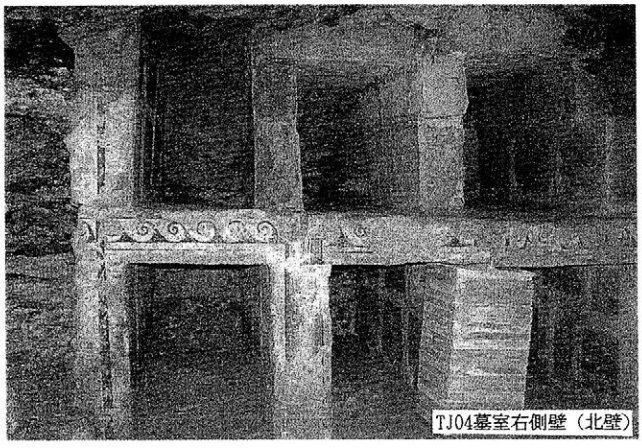
暗幕の設置と、棺棚破損部の土嚢による閉塞は、地下墓内の温湿度を安定化するとともに、照度・紫外線と大気汚染物質の流入を防ぐ良好な結果をももたらしている。また、墓室内の温度変化と壁面・壁画表面の温度変化の調査では、壁面にしみ出る水分の気化する時の気化熱が壁面の温度上昇を抑制していることも明確に示している。

高松塚古墳やキトラ古墳の壁画保存が話題になる今日、TJ04 における環境測定と保存環境づくりの試みは、地表下と大気の自然現象を利用しつつ保存する方法の有効性を示すものである。奈良大学では今後 3 年計画で TJ04 地下墓の調査・研究と保存修復整備を行い公開する予定である。本発表は、2003 年度(財)文化財保護振興財団の助成成果を含む。

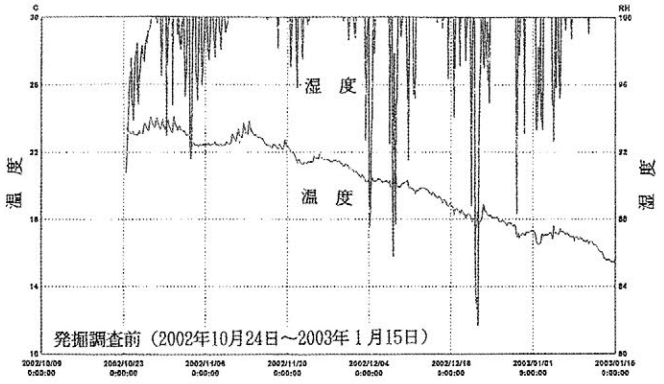
地下墓ＴＪ０４の現状（2003年９月）

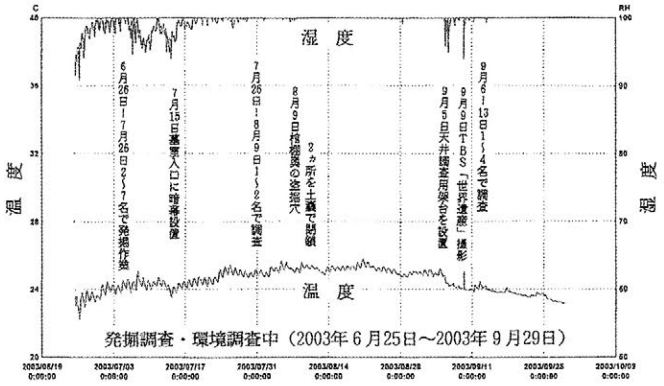


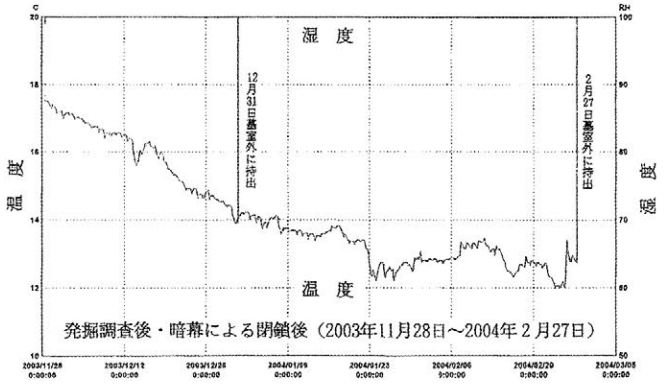


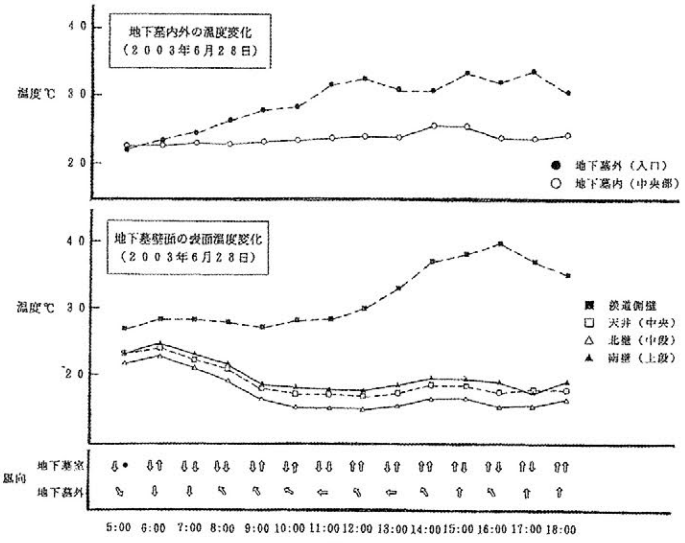


地下墓ＴＪ０４墓室内の温湿度変化









地下墓室のうち、左側矢印は墓室入口、右側矢印は墓室左袖破損部での風向を示し、上向矢印は墓室内に流れ込む風向、下向き矢印は墓室外に流れだす風向を示す。地下墓外の風向は上を北として東西南北で示す。●印は無風を示す。

古墳の石室内に用いられる防カビ剤の壁画に及ぼす影響

○張　大石・松田　泰典*・門倉　武夫**・鈴木　稔***
*東北芸術工科大学、**東京都埋蔵文化財センター、***帝京大学山梨文化財研究所

Ⅰ．序言

日本では1970年代に古墳の発掘調査が盛んに行われ、なかには高松塚、王塚、虎塚など大変貴重な壁画が画かれているものも多い。これらは共通して石室の前に保護室を設け、環境条件の緩和調節機能を備えた「石室密閉型」の保存対策をとっている。石室内は一般に高湿度環境のため、カビなどの生物劣化を受け易い。この生物劣化に対しては防カビ剤を用いて微生物の発生を抑制しているのが現状である。古墳の石室内に用いられる防カビ剤にはパラホルムアルデヒド（palaformaldehyde:PFA）や、ペンタクロルフェノール（pentachlorophenol:PCP）などがある。石室内での防カビ剤の使用は生物劣化の抑制効果とともに、成分の残留と蓄積にともなう壁画に及ぼす影響を長期的に予測することが求められる。本研究の目的は、古墳の石室内に用いられる防カビ剤の壁画に及ぼす長期的な影響を、色材の変褪色の定量化により検討することである。ただし、本報では変褪色の定量化および、パラホルムアルデヒドによる色材の影響に関する基礎的な検討事項を中心に報告する。

Ⅱ．研究方法

パラホルムアルデヒドによる色材への影響を調べるために、30℃－90％RH に調節した30w%のホルムアルデヒド水溶液入りのデシケーター内に色材を設置し、一ヶ月間の変化の過程を分光測定を行った。この際、デシケーター内の CO_2 流量は0.1L/minにした。実験に用いる色材は天然岩絵具の群青や緑青をはじめ、黄土、弁柄、辰砂、鉛丹、鉛白、胡粉、白土、酸化マンガン土などの無機系顔料に、金・銀箔と有機系の藤黄と藍を用いた。

Ⅲ．結果と考察

本研究では CIE 表色系の表示に基づいて、変褪色を色の主波長（λ_d、nm）と刺激純度（Pe、％）により定量化を行った。色材は光や熱、酸素、水、環境のガスなどが化学変化をもたらし、本来の発色機構が損なわれて変褪色を生じる。変褪色はさらに変色（discoloration）、褪色（fading）と分類される。変色は色相の変化を指し、色相は可視部における固有の波長域（λ_d、nm）で表されるため、変色の傾向とその度合いを把握することが可能である。褪色とは、色が褪せることによって彩度の低下をともなう。色材の白と黒変は彩度が無くなることを指し、刺激純度 Pe 値で表すことができる。従来の色差値（ΔE^*ab）も色の変化の定量表示が可能であるが、変化した色のデータを示すことは難しく、変褪色を同時に把握することができない。したがって、変褪色の定量化は λ_d と Pe 値を用

いることでより明確な色の変化を計量化できる。この変褪色の定量化に基づいてパラホルムアルデヒドの色材に及ぼす影響を以下に検討した。

古墳の石室内の平均的な温度条件は 20℃以下で年間変動も少なく安定している。一方で湿度は 90％RH 以上を示す。また、石室内の大気は主成分である N_2 や O_2 は外気よりやや低いが、CO_2 に関しては 100 倍以上を示す。今回の実験ではパラホルムアルデヒドの蒸散を考慮し、温度を実際の石室内より約 10℃以上高温に設定した上、CO_2 雰囲気中でパラホルムアルデヒドを水溶液にして色材に作用させた。その結果、無機系顔料および有機系顔料ともに色の主波長 λ_d の変化は殆ど少ないが、色材の種類によっては刺激純度 Pe 値がわずかながら低下する傾向がみられる。しかし、群青や緑青、黄土、そして白色系顔料では影響が殆ど生じなかった。一方、金属箔の場合、特に銀箔は分光反射率の増加にともなって Pe 値の低下が見られた。なかでも石灰と胡粉が混じった下地に藤黄を塗布した試料においては、λ_d の短波長シフトにともなう変色性も見られたが、この他は現時点で Pe 値の低下にともなう無彩色化、すなわち褪色を生じるものと考えられる。これらの変褪色に関与する因子としてパラホルムアルデヒドの酸化が考えられる。つまり、パラホルムアルデヒド（$HO(CH_2O)_nH$）はホルムアルデヒド（CH_2O）が鎖状につながったもので、ｎ＝2～100 くらいの低分子量を示す。今回の実験ではパラホルムアルデヒドを高濃度の水溶液にしたが、解重合にともなう溶解の過程でホルムアルデヒドが発生することが知られている。ホルムアルデヒドは大気中で酸化を受けて蟻酸（HCOOH）を生成し酸性度の増加につながるが、水溶液の状態でも蟻酸の発生する（$2CH_2O+H_2O \rightarrow HCOOH+CH_3OH$）。この他、ホルムアルデヒドが CO_2 と反応することにより、グリオキシル酸（OHCCOOH）を生成することも予想される。グリオキシル酸は CO_2 に分解する逆反応をも生じやすく、この際蟻酸を生じる。これらより、今回のパラホルムアルデヒドによる色材の影響は蟻酸による酸化が変褪色の一要因として関与している可能性は高い。

Ⅳ．まとめ

今回の実験では通常の古墳石室内の環境条件を変え、パラホルムアルデヒドの水溶液状態での色材に及ぼす影響を検討した。結果、色材の種類による差はあるが、わずかながら Pe の低下にともなう褪色が見受けられた。ただし、実際の古墳石室内の温湿度条件を考慮した場合、これらの変褪色性は生じにくいものと見られる。しかし、事前に変褪色のシミュレーションを行い、その度合いを数字化することは古墳壁画の長期的な診断と保存対策につながるものと考えられる。

歴史的木造建築物における生物劣化の非破壊診断

○藤井義久*、簗瀬佳之*、藤原裕子*、奥村正悟*、吉村　剛**、今村祐嗣**
（＊京都大学大学院農学研究科・＊＊京都大学生存圏研究所）

1．緒　言

寺社仏閣、城郭や商家など、日本に多数の歴史的木造建築物があり、その多くは国宝、重要文化財などの指定を受け、保存の対象となっている。建造物の解体修理に際しては、主として構造や材料などの調査が行われるが、腐朽や虫害といった生物劣化に関しては、それらが最も頻繁に見られ、時に重大な被害をもたらすにも拘らず、詳しい劣化状態の調査と、それに基づく修理が行われることはまれである。その原因のひとつには、生物劣化の診断技術（とりわけ非破壊診断）が十分確立されていないこと、生物劣化と構造の安全性とを関連づける知見が乏しいことなどがある。

本研究では、実際の歴史的木造建築物の劣化調査を行い、腐朽や虫害の発生状況を調べ、定量的な劣化診断の方法や装置を検討した。

2．劣化調査

表１にこれまで調査を行った歴史的木造建築物を示す。調査では、目視・打診・触診によって腐朽や虫害の症状や兆候を記録した上で、必要に応じて超音波の伝搬時間計測や反射型レーダによる走査によって、木材内部の腐朽や空洞部位の検出を試みた。同時に含水率計測も行った。また多少の破壊試験が許される部位については、鋼製ピンの衝撃打ち込みによる強度試験（ピロディン）や細いドリルで穿孔する際の抵抗を測定する装置（レジストグラフ）によって内部の密度分布を測定した。

さらに腐朽の診断に

表１　生物劣化調査の対象となった歴史的木造建築

名　　称	調査対象	名　　称	調査年
熊谷美術館	展示室(土蔵造)	萩市	1996-1997
鞆田家	土蔵（土蔵造)	広島県豊町	1997-1998
（重文）周防国分寺	槙(樹木)	防府市	1998-1999
岩瀬家	母屋(合掌造)	富山県上平村	1999
（重文）勝興寺	本堂(木造)	高岡市	1999
京都大学農学部附属演習林	標本館(木造)	京都市	1999
T氏邸	母屋(木造)	和歌山県粉河町	1999-2000
森村家	母屋(木造)	橿原市	1999
（重文）大浦天主堂	礼拝堂(煉瓦造)	長崎市	2000
伏見稲荷大社	鳥居（木造)	京都市	2000-2002
佐保会館	本館(木造)	奈良市	2001
（国宝）銀閣寺	東求堂他(木造)	京都市	2001
（重文）備中松山城	天守閣（木造)	高梁市	2002
（重文）功山寺	仏殿（木造)	下関市	2002
（重文）大徳時玉林院	本体（木造)	京都市	2003
（重文）西本願寺御影堂	本体（木造)	京都市	2004
（重文）東山手十二番館	本体（木造)	長崎市	2003
相国寺林光寺	本堂、庫裏、書院	京都市	2003
Y氏邸	母屋（木造)	京都市	2003
N氏邸	母屋他（木造)	吹田市	2003-2004
同志社大学クラーク館	本体（レンガ造)	京都市	2003-2004
道風神社	社務所（木造)	京都市	2003
（重文）旧日本郵船株式会社小樽支店	本体（石造)	小樽市	2004
（重文）旧札幌農学校演武場	時計台（木造)	札幌市	2004
（重文）旧下ヨイチ運上家	本体（木造)	北海道余市町	2004
金剛院	三重塔（木造)	舞鶴市	2004
松尾寺	山門、本堂（木造)	舞鶴市	2004
浅間神社	赤鳥居（木造)	静岡市	2004

ついては、現場から採取した小サンプルを用いて、培養試験を行い、木材腐朽菌（担子菌類）の発生の確認による腐朽診断、抗原抗体反応による木材腐朽菌の検出キット（ウッドチェッカー）を利用した腐朽診断も試みた。またシロアリ食害の兆候が見られた部位については、AE 検出装置（AE テスタ）によってシロアリが摂食する時の微小な木材破壊による弾性波（AE)の検出による食害評価を行った。

最後に、生物劣化診断の結果から、建造物の構造部材の劣化による断面欠損率を推定し、構造体の振動特性への劣化の影響を数値解析によって評価することを試みた。

3．結　果

1）目視調査

目視検査によってあきらかな腐朽や虫害の症状が発見される場合でも、その種類、程度や範囲を正確に評価することは難しかった。空洞の存在など触診や打診によって得られる情報も多いが、客観性や普遍性に欠け、評価方法や判定基準の一般化や規格化は難しい。調査した物件のなかで、シロアリ食害や腐朽が非常に進行した事例が見られた。これは長年の間にわたり劣化が見逃されてきたためと考えられる。

木部含水率の計測は、生物劣化を直接検出するものではないが、劣化の促進要因である水分の評価として重要であり、劣化の進行と関連性がみられた。

2）AE 計測（図 2）

AE 計測によって、シロアリ食害を非破壊的に検出できることがわかった。しかし多くの調査建造物では、進行中のシロアリ被害よりも痕跡が多かった。AE 計測によって、シバンムシやカミキリムシなどの木材穿孔性昆虫の食害も検出できることがわかった。

3）レーダ探査と超音波伝搬時間

用いたレーダ探査装置（発信周波数 1.4GHz）で、木材内の空洞や高含水率部位など木材と誘電率が大きく異なる内部欠点の検出ができた。しかし腐朽などによって生じるわずかな密度変動を検出することはできなかった。送受信プローブを用いる超音波伝搬時間計測により、内部空洞などを健全部との比較によってある程度評価できた。

4）穿孔抵抗の計測

穿孔抵抗によって、多少の破壊は伴うが局所的な内部の空洞や密度分布を評価できた。しかし、穿孔抵抗に関与する因子が複数あり、腐朽による密度の微小な変化を検出するには至らなかった。本研究で小型の穿孔装置を開発した（図 3)。

5）抗原抗体反応による腐朽菌の検出

この方法では、腐朽菌糸が発生する木材成分の分解酵素を特異的に検出する。この方法の結果は、培養試験など他の腐朽評価方法の結果と概ね対応した。

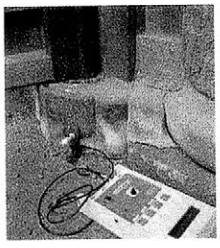


図 2　AE 計測（功山寺）

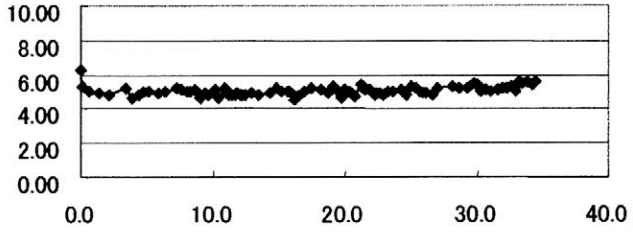


図 3　試作した穿孔抵抗測定装置の結果例

遺跡の保存と活用
－ エジプトの日乾煉瓦建造物遺構の保存処理から －

○西浦 忠輝（国士舘大学）
柏木 裕之・吉村 作治（早稲田大学）

１．はじめに

重要な遺跡であっても、遺構の残りが悪い場合には、その保護と活用が社会的に困難であるケースが多い。特に遺構が脆弱な材質からなっている場合は技術的にも保存が困難であるため、埋め戻し以外には方法がないのが実情である。しかしながら、多くの国では、一旦埋め戻された遺跡がその後も長く保全される保証はなく、むしろ破壊され消滅するケースが多いのが現状である。したがって、遺跡を保護するためには、技術的に困難な問題を抱えつつも、何らかの保存処理を施し、かつある程度遺跡としてビジブルな形に仕上げなくてはならない。これは最善の保護対策では勿論なく、次善の策でもない。遺跡の破壊、消滅という最悪の結果を防止するためにやむを得ず行う次悪の策ともいえよう。このような選択も状況によってはしなければならないと考えるが、これは保存哲学の問題ということができよう。本発表では、エジプトの日乾煉瓦建造物遺構の保存処理を例に、具体的な保存対策と紹介し、遺跡の保護と活用についての問題を提起したい。

２．アブ・シール南丘陵遺跡

早稲田大学エジプト学研究所は、1991年からエジプト、アブ・シール南丘陵地区において発掘調査を行っている。丘陵頂部からは、古代エジプト・第18王朝中期の王・アメンヘテプ２世(1431～1405BC)およびトトメス４世(1405～1395BC)に関わる日乾煉瓦建造物遺構と、第19王朝・ラメセス２世（1279～1213BC）の第４王子・カエムワセトに関係した石造建造物ならびにその付属施設（日乾煉瓦家屋）の遺構が発掘された。また、丘陵斜面からは２基の岩窟と大規模な石積み遺構が発掘されている。

３．日乾煉瓦建造物遺構の概要

日乾煉瓦建造物遺構は丘陵頂部の最も高い場所に位置し、地山をプラットフォーム状に整地して上に築かれたもので、周囲には空堀が巡らされ、王の建物にふさわしい堂々とした作りと推定される。

遺構の残存状態はきわめて悪く、壁体の基礎部分が部分的に元位置に残存するだけであったが、詳細な調査により、南北約25㍍、東西約22㍍の矩形平面を図面上で復元することができた。また、壁体約1.5㍍厚で、外側に横幅約１㍍、奥行き約40㌢（日乾煉瓦一個の長さ）の「張り出し」がバットレス状に付けられた形式であることがわかった。しかしながら、壁体の高さや内部の建築構造についての図面上復元は全く不可能な状況である。

４．遺構の劣化と保護

発掘調査中、出土した遺構については、詳細な測量と記録を行った後、上面を砂で覆い、さらに砂の飛散防止と雨水から護るために防水シートを被せて保護した。本方法は一時的な埋め戻しといえるものであるから、遺構が現在の地表面よりも下に位置する場合は有効であるが、本遺構のように丘陵頂部にある場合では、シートや砂が冬の強風でたびたび失われ、露出した遺構を翌年再び覆うという状況が繰り返された。

環境計測の結果、温・湿度の日変化がきわめて大きく、早朝時には多大の結露現象が年間を通して起きていることが確認された。結露現象によって生じる水の出入りが、泥の塊である日乾煉瓦を土へと戻していくという過程が繰り返されるのである。実際、発掘時に比べて、年々劣化が進行し、消滅の危機にあるといえる状況であった。

５．保存処理の基本的考え方

保存処理を行うにあたっては、下記の点を基本方針とした。

- 劣化の進行を可能な限り抑制する。
- 将来の抜本的な保存整備の妨げとならないようにする。
- 日乾煉瓦建造物遺構であることが視覚的に理解できるようにする。
- 可能な限り往時の姿がイメージできるようにする。
- しかしながら、新たな誤解を生じないようにする。

以上をふまえ、下記の保存処置を行うこととした。

1) 凝集力を失って紛状に崩壊しつつある日乾煉瓦に、凝集力を恢復させるために樹脂を含浸する。
2) 日乾煉瓦の水による劣化を防止するために、撥水性樹脂を含浸して防水性を与える。
3) オリジナル煉瓦を護るために、新しい煉瓦を周りに積む。
4) 当初の壁長、壁厚が判るように積むが、誤解を与えず、大規模な建造物遺構であることをイメージできるように段、傾斜等を工夫して積み上げる。

６．実際の保存処理

遺構を露出させた後、劣化し凝集力を失いつつあるオリジナル煉瓦群にアクリル樹脂溶液（パラロイド B-72 の 15%トルエン溶液）およびシリコーン樹脂溶液（SS-101）を含浸し、凝集力と防水性を付与した。次に、上から砂をかけてオリジナル煉瓦が砂に埋まる状態にしてから、その上に現代の日乾煉瓦を積み上げた。この際、将来の再調査、再処理の際に問題が生じないように、砂の部分に「2003.8」と記した石灰岩チップを多数埋め込んだ。現代の日乾煉瓦（25×12×8㎝）は当時もの（37～42×18～20×10㎝）より一回り小さいので、この点からも将来的に識別は容易であろう。

壁体の積み上げは、同定された位置と厚みで行ったが、壁体内部は煉瓦ではなく砂を充填することとした。煉瓦の目地は泥モルタル（現代の日乾し煉瓦を砕いた粉末＋砂＋水）とし、壁体頂部も同材料で被覆した。

遺構の西側の煉瓦列は最下段が一部残るだけであったため、オリジナル遺構は完全に隠れる形となった。東列は、部分的に２段立ち上がって遺っていたことに加え、プラットフォーム状に整形された地域の縁辺いっぱいの斜面ぎりぎりにあるため、側面（東面）に擁壁を築くことが困難であった。そこで、その部分については強化、防水処理を特に念入りに行い、露出したままとした。東からはほとんど風が吹かないという環境計測結果も考慮してのことである。

積み上げた煉瓦壁の高さは、西列が６段（約 65cm）、東列が２～３段である。西列は丘陵斜面下から見上げてその存在が確認できるようにやや高くし、その必要のない東列は低く抑えた。

７．おわりに

オリジナル遺構を保存しつつ遺跡全体を保護するためには、まずその遺跡が遺跡として認識され保全されることが必要である。そのためには、実際上、遺跡であることが視覚的に明らかであるように整備することが求められる。この、オリジナルの保存と遺跡の半復元整備という、相反する二つのことが、考古学的に許される範囲内で、かつ限られた時間内でどこまで可能なのかを現場で考え、実践したのが、ここで紹介した事例である。日乾し煉瓦という非常に重要でありながら最も保存が困難な材料からなる考古遺跡の現実的な保護対策について述べたが、広く遺跡の保存と活用という視点から、大方のご意見をいただければ幸いである。

三次元計測に基づくフゴッペ洞窟への光の差し込みのシミュレーション

○朽津 信明　東京文化財研究所
○増田 智仁　東京大学
山田 陽介　東京大学
池内 克史　東京大学

1　はじめに

北海道余市町のフゴッペ洞窟は, 新第三紀の凝灰質岩が浸食されてできた海蝕洞窟内に, 主として線刻の壁画が描かれている続縄文時代の遺跡で, 国の史跡に指定されている [1]. こうした洞窟遺跡で内部に壁画が描かれている場合には, 当時の人々がどのようにしてそれを描いたのかが問題とされる場合が多く, 通常は何らかの灯りが必要だと想像される. しかしながら, 当時の人々が得られた, 例えば灯明などが用いられたにしては, 一般に壁画面や天井などで煤の沈着が殆ど見られないことから, 少なくとも長時間にわたって灯明が用いられ続けたとは考えにくいと言う指摘 [2] があり, ならばどのようにして壁画が描かれたのかは未だ謎のまま残されていると言える.

一方, 洞窟内で灯明に頼らずに光を得るとすれば, 自然光からの採光が考えられる. 当時から, 少なくとも人間が出入りするために十分な大きさの開口部はあったはずであり, そこからの太陽光の差し込みで, 内部にいくらかの光は与えられていたであろう. それが具体的にどのくらいの光量であり, また実際に壁画の存在する面において, それを描くのに十分なものであったかどうかということも, 検討される必要があるだろう.

このようなことを検討するためには, 従来は模型などを作成して, 大規模な実験を行う必要があったが, 本研究ではフゴッペ洞窟の保存事業に伴いレーザーレンジセンサーで三次元計測を行い, 洞窟の三次元モデルをコンピューターグラフィックス上で復元し [3], これを用いて洞窟内部への光の差し込み具合をシミュレーションした. 当時の洞窟の形状や環境は現状と一致するとは限らないが, 第一段階として現状に基づいて考察してみた.

2　フゴッペの三次元モデリングとシミュレーションの方法

フゴッペ洞窟の三次元形状計測は, 計測範囲と計測精度を考慮しながら, CYRAX2500 と VIVID900 の 2 台のレーザーレンジセンサーを使い分けて行われた. これらのセンサーから得られる計測データ群は, 位置合わせ処理 [4] が行われ, 最終的にフゴッペ全体の三次元形状を得ることができる. また, 先に余市町で撮影されたカラーカメラによる写真を用いて, 三次元形状の上に色情報を付加した [5][6]. 一般的な三次元モデリングの手法については,[3] を参考にされたい.

このようにしてできた三次元形状データを地球座標上に適切に配置するために, xyz 直交座標系上で主成分分析によって推定された地表面を xy 平面に平行になるようにし, 基準点の情報を用いて x 軸が東,y 軸が北になるように方角を合わせた. また, 太陽の軌道は平均太陽時を用いて計算を簡略化し, 地軸の傾きと緯度, 地球の公転面における位置によって決定される回転軸回りの円軌道とした. この円軌道は公転面の位置, すなわち季節によって平行移動する.

本研究では, 太陽光源の移動により洞窟内がどのように見えるかをコンピュータグラフィックスを用いて再現した. ここでは, 春分・秋分, 夏至, 冬至の太陽光源下における見えの変化と, 南側の壁で線刻をしている人の影の移動を観察する.

実際のフゴッペ洞窟内は, 直射日光のほかに様々な物体による反射光などの二次的な光が差し込むが, 本研究においては直射日光のみを考え, 直射日光があたる領域とあたらない領域を観察する. また, 時間経過に伴う太陽輝度や光源スペクトルの変化も無視する. 直射日光があたる領域は, 光学情報で得られたカラー値をそのまま用いて表示することとし, 直射日光があたらない領域は一律に黒で表示することとする. 人の影のシミュレーションでは, 適当な人体の三次元データを使用した. この人体のデータは CAD によって, 現代人の標準的な体型 (身長約 160〜170cm) をもとに作成されたものである. この条件で得られたシミュレーション結果を図 1 に示す.

3　結果と考察

通常太陽光が一番届きにくいと考えられる洞窟最奥部南側で見ると, まず冬至には一日中殆ど光が与えられない. 次に春分秋分時には, 午前 6 時頃には光が射込むが, すぐに陰になってしまう. これに対して夏至時には, 午前 4 時頃から光が射し込み, 午前 9 時近くまでは光が与えられ続けるという結果が得られた. 以上をまとめると, 洞窟の最奥部であっても, 一年の半分以上の日には晴天であれば壁面に直射日光が与えられるタイミングがあり得, 特に夏至前後には一日 5 時間程度は光の差し込みがありることになる. またその際に壁面近くに人が立っても, 基本的には手暗がりのような現象は起きず, 殆ど影響がないことわかる.

今回のシミュレーションにより, 現在のフゴッペ洞窟において洞窟最奥部まで直射日光が届く場合があることが確認されたが, このシミュレーションはあくまでも現在の入り口の形状に基づいて行われたものであり, 当然のことながら当時の状況は現在と異なっていた可能性が考えられる.

当時の入り口に関して出土遺物などの状況から人間が頻繁に出入りしていたと想定されることから, 洞窟は当時も何らかの形状を持つ開口部を, 現在の入り口と近接した方角に向かって持っていたことは確実であろうと思われる. また, 現在の床面近くにも線刻画が豊富に残されていることから, 当時の床面は今よりも低かったと考えられ, シミュレーション結果よりも光が差し込みにくかった状況は考えにくい. 両側壁に関しては, 入り口近くまで線刻画が残されていることから, 当時の側壁面は現状とさほど異なっていないと考えられる. 天井については崩落が考えられるものの, 今回のシミュレーションにおいて洞窟最奥部に直射日光が与えられる前後の時刻にできる陰が, いずれも側壁面の遮蔽によるものであり, 天井の高さは余程大きく異ならない限りはシミュレーションに影響を及ぼすとは考えにくい.

次に地形や植生などの, 洞窟外部の障害が太陽光を遮る可能性についてだが, フゴッペ洞窟の東側に障害になるような高い山は存在せず, 標高 50m 程度の丘陵の存在は, 計算上シミュレーションには殆ど影響を与えないことが確認される. 植

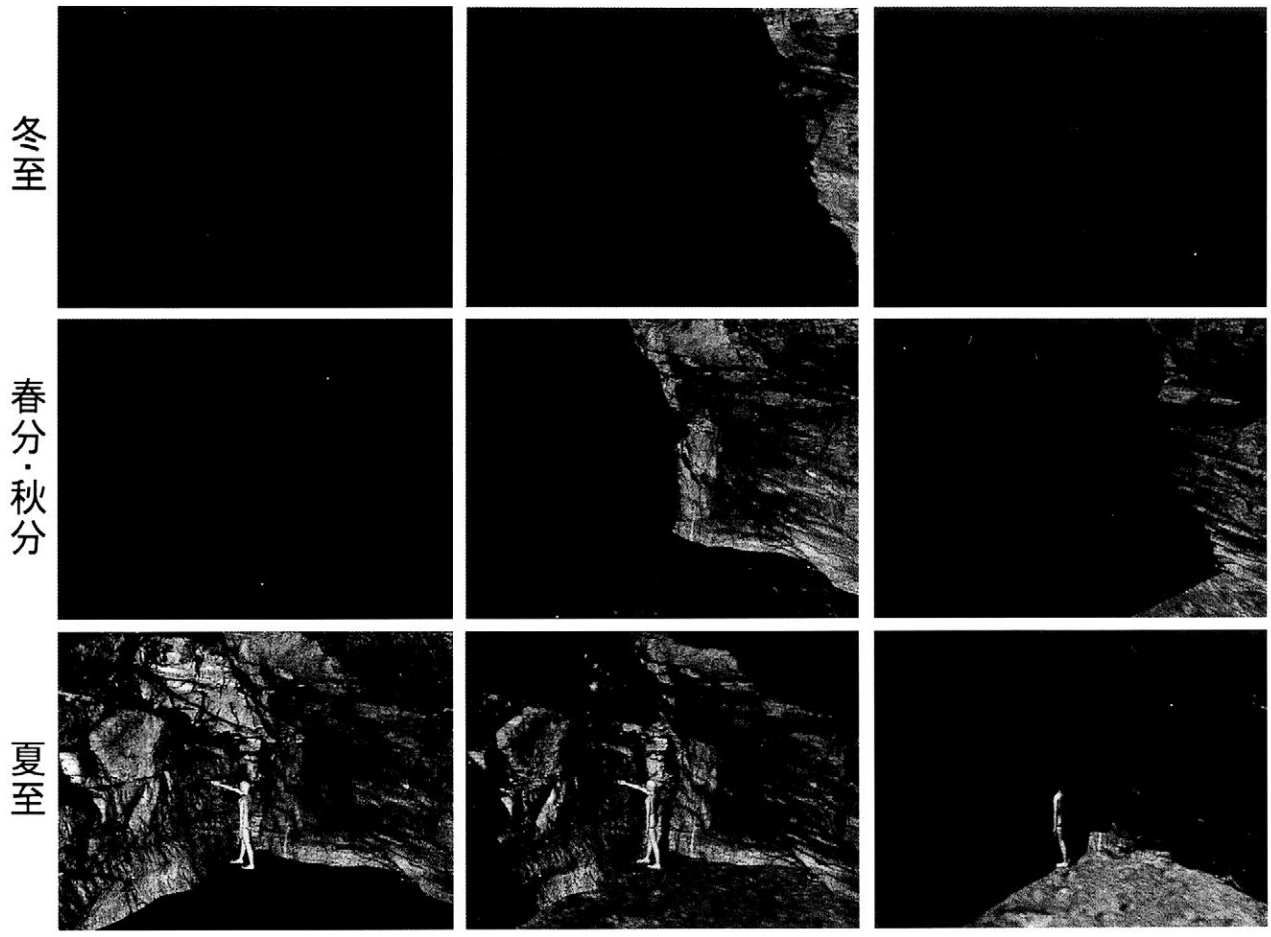


図 1: フゴッペ洞窟内の見えのシミュレーション. 上段から順に冬至, 春分・ 秋分, 夏至における洞窟内の直接光の差し込み具合を示し, 夏至の図中には南壁に向かって人が立った場合にできる影の様子を午前 5 時から 9 時までの 1 時間おきの時系列変化を示している.

生についても, 現在のフゴッペ洞窟で入り口全体が植物に覆われてしまうような状況は考えられず, 発掘結果から当時の植生も現在と類似した状況だったと考えられている [2]. すなわち, 何らかの例外的な木などの存在によって, 今回のシミュレーションには反映されていない陰が一部に生じる可能性は否定できないものの, 少なくとも洞窟最奥部まで直射日光が与えられる場合があるという結論を揺るがすようなものではないと判断される.

つまり細かな状況の相違から, 今回のシミュレーションでは具体的な季節や時刻, あるいは時間が厳密でない可能性は考えられるものの, 季節と時刻さえ選べば, 当時から洞窟内には豊富な太陽光が与えられる場合があったものと考えられる. また今回の場合には直射日光しか考えなかったが, フゴッペ洞窟の岩体は比較的明るい色を呈していることから, 入り口付近の壁面などに反射することによって二次的に与えられる光も, 無視できない程大きいものと予想される. 季節と時刻によっては, 当時の洞窟内は今回のシミュレーションよりもさらに明るい状況だった可能性が十分に考えられる.

以上から, フゴッペ洞窟においては, 特別に灯明のようなものを用いなくとも, 自然光の利用だけで十分に壁画を描くことが可能だったと考えられる. このように, 三次元計測に基づくシミュレーション方法は, 模型などを作ることなく, コンピューター上で正確なシミュレーションを実行できることから, 今後様々な分野でさらなる応用が期待される.

参考文献

[1] 峰山巖・掛川源一郎. 謎の刻画フゴッペ洞窟. 六興出版, 1983.
[2] 小樽市教育委員会. 手宮洞窟シンポジウム 波濤を越えた交流-手宮洞窟と北東アジア-記録集. 小樽市教育委員会, 1997.
[3] 池内克史. Crest 池内プロジェクト 概要. 情報処理学会研究報告, pp. 1–8, March 2003. ISSN 0919-6072.
[4] K. Nishino and K. Ikeuchi. Robust simultaneous registration of multiple range images. In *Proceedings of the 5th Asian Conference on Computer Vision*, Vol. 2, pp. 455–461, January 2002.
[5] R. Kurazume, M.D. Wheeler, and K. Ikeuchi. Mapping textures on 3d geometric model using reflectance image. In *Data Fusion Workshop in IEEE International Conference on Robotics and Automation*, May 2001.
[6] R. Kurazume, Z. Zhang K. Nishino, and K. Ikeuchi. Simultaneous 2d images and 3d geometric model registration for texture mappint utilizing reflectance attribute. In *Proceedings of Fifth Asian Conference on Computer Vision*, pp. 99–106, January 2002.

砂岩材の帯磁率から推定されるアンコール遺跡の建造過程

○須田千幸*・内田悦生*・オリビエ=クニン**
(*早稲田大学理工学部・**Ēcole d'Architecture de Nancy)

1. 目的

カンボジアのアンコール遺跡では主たる建築材料として砂岩とラテライトが使用されている。アンコール遺跡において多用されている灰色～黄褐色砂岩の帯磁率は建築時代により異なっていることが概査によって明らかとなっている。そこで本研究では、灰色～黄褐色砂岩に対して詳細な帯磁率測定を行い、帯磁率変化に基づき主要遺跡の建造過程の推定を行うとともに石切り場の変遷に関する考察を行った。

2. 測定方法

砂岩の帯磁率は微量に含まれる磁鉄鉱(Fe_3O_4)の含有量にほぼ比例すると考えられる。帯磁率測定にはチェコ製の携帯用帯磁率計(KT-5、SM-20)を用い、各地点において任意に抽出した 50 個の砂岩材に対して測定を行い、その平均値をその地点の帯磁率とした。測定に際しては、明らかに転用材であると判るもの(レリーフの痕跡があるものなど)については測定から除外した。また、風化を受けることにより磁鉄鉱が針鉄鉱へと変化し、帯磁率が減少するため、風化が見受けられる砂岩材についても測定から除外した。

3. 測定結果および考察

(1)砂岩材の帯磁率に基づく遺跡建造過程および石切り場変遷

遺跡の建造年代に関しては主として Gilberte de Coral Remusat(1940)の結果を用いた。測定結果を建造年代順に並べたものを図 1 に示す。時代の変化に伴って平均帯磁率が変化し、アンコール遺跡に使用されている灰色～黄褐色砂岩は、年代順に全部で 13 の phase に区分された。このことから Phase Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳa、Ⅴ－Ⅵa-c、Ⅶではそれぞれ単独の石切り場（それぞれ石切り場 A、B、C、D、E、F に対応）から石材が供給されたと推定される。帯磁率の分布が中間的な分布を示すことから Phase Ⅳb は石切り場 D と E から、Phase Ⅵd は石切り場 E と F からの 2 箇所から供給されたと推測される。Phase ⅦからⅧb にかけては変化が連続的であり、一つの石切り場での変化によるものであるのか、それとも Phase Ⅷb に対応する 7 つ目の石切り場(G)が存在し、Phase Ⅷa は石切り場 F と G から供給された 2 つの可能性が推定される。

タ・プローム、プレア・カーン、バイヨン、バンテアイ・クデイといったバイヨン期の大規模な遺跡では、増改築が行なわれているが、使用された砂岩材の帯磁率が時代によって異なることから、その増改築の過程が明らかとなるとともに、これら遺跡間の建築時期の対応関係が明らかとなった。

(2)石切り場調査

内戦時に埋められた数多くの地雷のため今現在カンボジア国内での石切り場調査は困難である。過去のフランス極東学院の調査によりシェムリアップの北東約 40km に位置するクレン

山南東斜面にクメール期の石切リ場跡が発見されている。その内の O Thmar Dap、Donn En,、Phnom Bai にて調査をおこなった。各石切り場では、表層近くだけが採掘されており、深くても 2-3m の深さまでが採掘の対象となっている。各石切り場における砂岩の帯磁率は比較的低く、Phase ⅡやPhase Ⅴに対応するような高い帯磁率を示すところはまだ見つかっていない。

石材の形や帯磁率からバイヨン期のものであると推測される石切り場である O Thmar Dap と Phnom Bai との間での帯磁率の変化は連続的であった。また、Donn En 石切り場では、斜面を登るにつれ帯磁率が下がるという様子が確認されている。

Phase Ⅴの典型であるアンコール・ワットでは、砂岩材の帯磁率が場所によらず一定で、また、均質であるが、このような砂岩がどの地域で採掘されたのかは今のところ不明である。アンコール遺跡で使用されている灰色～黄褐色砂岩は、下部～中部ジュラ紀のものであり、カンボジアではTerrain Rouge層と呼ばれ、タイのコラート層群のPhu Kradung層に対応している。今までのタイのコラート高原での調査でも高い帯磁率を示す灰色～黄褐色砂岩は見つかっておらず、アンコール・ワットの砂岩材供給地に関しては不明のままである。

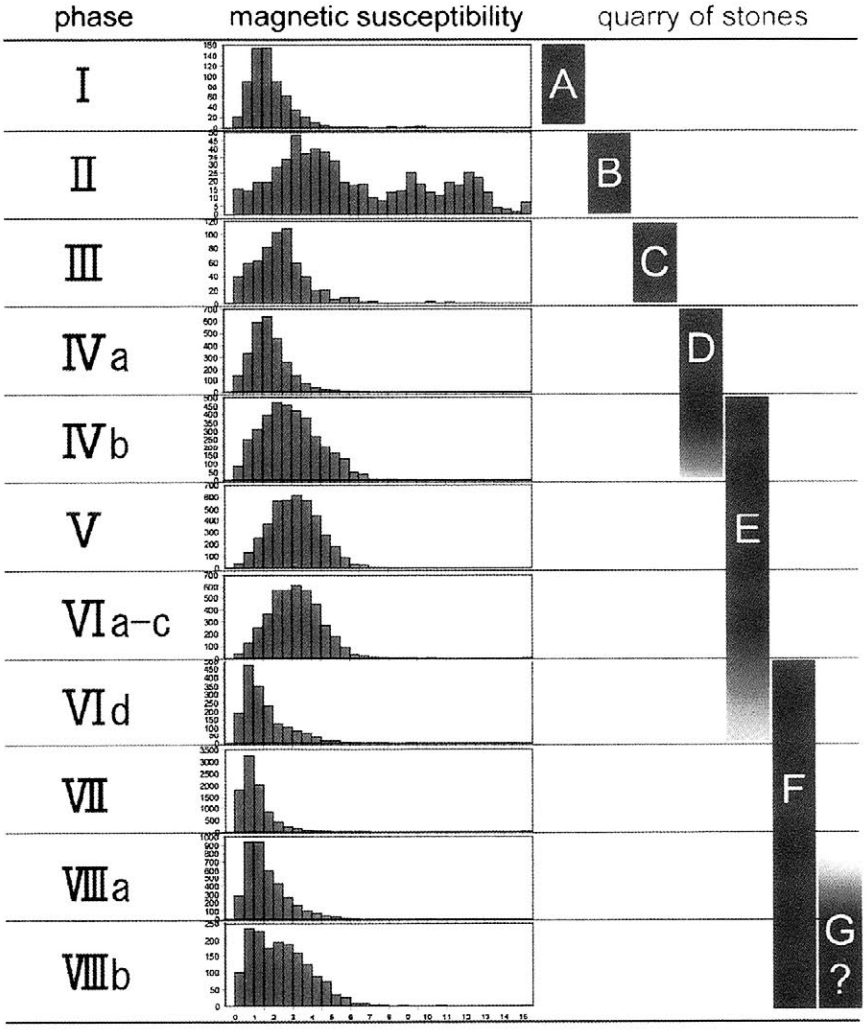


図 1 砂岩材の帯磁率頻度分布の時代変化と供給源との関係

サンボール・プレイ・クック遺跡における石材劣化

○大川智也*・内田悦生*・川口琢磨*・下田一太*・仙波典子*
(*早稲田大学理工学部)

1．サンボール・プレイ・クック遺跡の概要と研究目的

カンボジアの首都プノンペンの北北東約 180km に位置するサンボール・プレイ・クック遺跡は、7 世紀のチェンラの首都、イーシャナプラに比定されるプレ・アンコール期の遺跡群である。遺跡群内には今までにおよそ 260 のレンガ造遺構ならびにマウンドが確認されている。建造物の主要な建材はレンガであるが、開口部、偽扉、階段、ペディメント等には砂岩が、周壁や一部の建物にはラテライトが使用されている。また、レンガ積みの接着にはモルタルが、表面の仕上げ材としてスタッコが使用されている。

当遺跡は、20 世紀の初頭から 1970 年までの間、フランス極東学院によって学術調査・修復活動が行なわれている。1994 年以降、コンポントム州文化芸術局ならびに早稲田大学により遺跡の整備活動が行なわれているが、遺跡の崩壊は著しい状況にある。本研究では遺跡の保存・修復作業の基礎調査として(1)遺跡を構成する石材の記載、(2)石材劣化状況の把握、(3)遺跡崩壊機構の解明を目的に現地調査並びに室内分析を行った。

2．試料採取と分析方法

遺跡を構成しているレンガ、砂岩、モルタル、スタッコ、並びに劣化状況を調べるために石材表面の析出塩類及び劣化レンガ材の試料採取を行った。現地調査ではレンガおよび砂岩材の帯磁率とサイズ測定を行うとともに遺跡の劣化・崩壊状況の記載を行った。室内分析では採取した試料に対し顕微鏡観察、粉末 X 線回折分析、全岩化学組成分析、鉱物化学組成分析および色彩測定を行った。

3．調査結果および考察

(1) 建築材料

主たる建築材料であるレンガ材の主要構成鉱物は石英で、マトリックスに少量の赤鉄鉱、長石、ムル石等を含む。主要構成成分はSiO_2で、81～92wt％を占め、次いでAl_2O_3が 5～12wt％、Fe_2O_3（全鉄）が 0.8～2.2％と続く。レンガ材はおよそ長さ：幅：厚さ＝4：2：1 の比を示す。接着剤であるモルタルの主要構成鉱物もレンガ材と同様である。

レンガ表面の仕上げ材であるスタッコには、白色スタッコ（外壁のみ）と有色（赤、灰、茶）スタッコの 2 種類に分類される。白色スタッコは主に石英から成り、粒間を Calcite（$CaCO_3$）が埋めている。有色スタッコも主に石英から成り、粒間は Si、Al、Fe、Mg 成分に富んでいる。

(2) 塩類風化と析出塩類

レンガ材の劣化は、内壁下部で顕著に見られ、表面には白色（Photo 1）や赤色物質の付着・析出が見られる。白色物質は、Brushite（$CaHPO_4・2H_2O$）、Taranakite（$H_6K_3(Al,Fe)_5(PO_4)_8・18H_2O$）、Newberyite（$MgHPO_4・3H_2O$）、Whitlockite（$Ca_9(Mg,Fe)H(PO_4)_7$）、Berlinite

($AlPO_4$)、Hannayite ($Mg_3(NH_4)_2H_4(PO_4)_4 \cdot 8H_2O$) といった燐酸塩や、硫酸塩である Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) や Alunite ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$) から構成される。赤色部分からは Tinsleyite ($KAl_2(PO_4)_2(OH) \cdot 2H_2O$) が同定された。石材劣化はこれら塩類の析出によるものである。新鮮なレンガ材には燐や硫黄成分はほとんど含まれていないことから、これら燐や硫黄成分の供給源はコウモリの排泄物であると考えられる。コウモリの排泄物がバクテリアの作用により分解され、燐や硫黄成分が雨水に溶け、毛細管現象によって壁面下部から侵入・上昇し、水分の蒸発に伴い溶けていた物質が石材表層近くにおいて塩類として析出する。しかしながら、塩類風化が建造物の致命的な崩壊を引き起こしている事例は見られない。

塩類風化は建造物の内壁下部で激しく、外壁ではあまり見られない。外壁では雨水によって塩類が洗い流されるために、風化が起きにくいと考えられる。屋根が崩壊し、内壁でも雨水が直にあたる場所では、劣化がほとんど見られない。

(3) 遺跡の崩壊

雨季・乾季の存在するカンボジアでは、年間を通じての地盤の状態変化が大きく、建造物は地盤の不同沈下の影響を受けやすい。建造物の壁面には亀裂が入っていることが多く、地面から上に向かう亀裂 (Photo 2) は地盤の変化によって生じたと考えられる。逆に遺跡上部から下方に向かう亀裂も見られ、これは建造物の自重が許容量を超えたために生じたと考えられる。

レンガの隙間等に土が入り込み、植物が繁茂する状況が各塔の屋根を中心に確認される。特に樹木が建造物の亀裂や崩落によって生じた間隙で生育した場合には、その根は亀裂を押し広げ、更なる崩壊を促す。さらに、このような樹木が大きく生育した場合には、強風により樹木が揺れ動くことにより壁体が崩壊する場合もある。しかし、遺構によっては生育した樹木がレンガ積みを支持しているような状況にいたる部分も認められ、入り組んだ樹木を全て取り払うと、建造物自体がもはや自力では全体を支えきれず、崩壊する危険が伺われるものもある。また建造物付近に樹木が生育した場合でも、その樹木が建造物に接触あるいは倒れた際に崩壊を引き起こす恐れがある。これらの要因がからみあい、遺跡の崩壊を促進している。この他、盗掘や戦争など人為的な崩壊要因も少なくない。

Photo. 1　S1 塔内壁下部の塩類風化

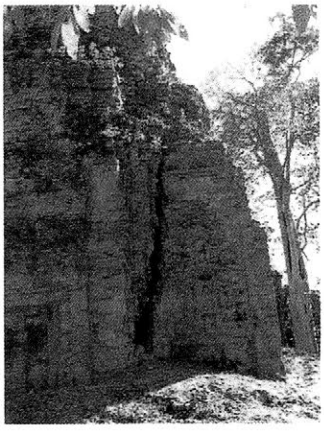


Photo. 2　N11 塔に見られる亀裂

携帯型マルチレーザーラマン分光分析装置の開発と応用

○高妻洋成*・降幡順子*・肥塚隆保*・藤井尚志**
（*奈良文化財研究所・**(株)ターボオプテクス）

1．はじめに

レーザーラマン分光分析法は、単一波長のレーザーを物質に照射したときに生じる物質固有のラマンスペクトルから未知物質を同定することができる分析法である。しかし、この分析法においては、照射レーザーによる蛍光発生による妨害と試料自体の照射レーザーの強い吸収によるラマン散乱効率の低下という問題がある。報告者らはこれまで、励起レーザーの波長を測定対象に応じて変えることにより、良好な分析結果を得ることができることを報告してきた。本研究では、複数の励起レーザーを備えた携帯型の分析装置を開発することにより、これまで実験室に運び込むことのできなかったもの、発掘直後あるいは発掘現場における遺物などに対してもフィールドにおいて迅速かつ精度の高い材質分析が可能となる装置を開発することを目的としている。

今回の報告では、2 本の異なる励起レーザー光源を備えた装置の開発と試験的に分析をおこなった事例について紹介することにする。

2．装置の概要

装置の概略図を図 1 に示す。装置本体にはラマンファイバープローブ、検出器およびレーザー光源が 540 mm×360 mm×180 mm のケースに納められている。今回開発した装置では、レーザー部に 532 nm と 785 nm の 2 本のレーザーが組み込まれており、分析対象に応じて切り替えて使用することができる。レーザーの波長切り替えは、分光器部においては制御部であるノート型コンピュータのソフトウェア上からおこない、ファイバープ

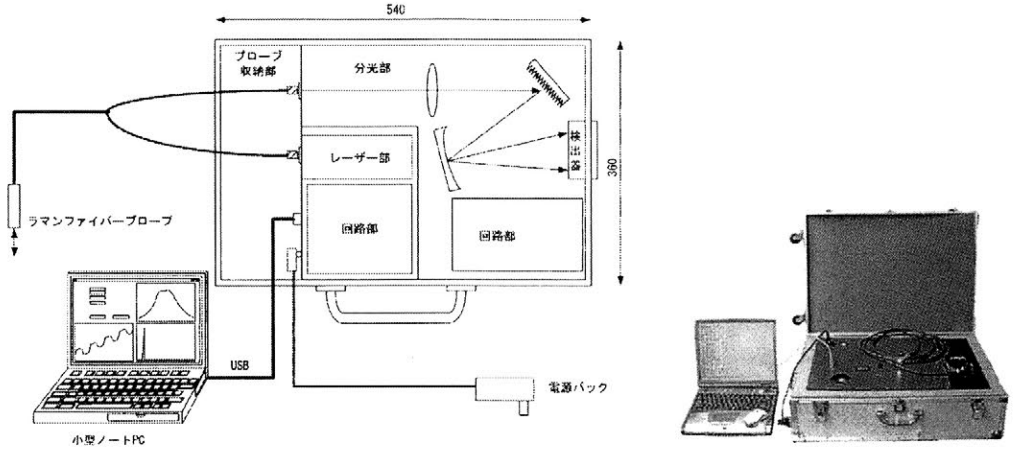


図 1　携帯型マルチレーザーラマン分光分析装置概略図

ローブ部については単純な付け替えによりおこなう。照射レーザーのスポット径は 110 μm、作動距離は 10 mm とした。分光器部はラマンシフトを分解能＜5 cm^{-1} で 200～1800 cm^{-1} をカバーできるようにセッティングしている。検出器部にはフルフレーム CCD（オープンエレクトロードタイプ）を用いている。

3．顔料標準試料の分析

本装置の開発と導入にあたり、手始めに顔料標準試料のラマンスペクトルを測定した。その一例を以下に示す。顔料の標準試料には所定の鉱物を用いた。ここでは、鉱物名で表記することにする。図 2 は海緑石（Glauconite, $2R_2O_3 \cdot 2(RO,R_2O_3) \cdot 8H_2O$）、孔雀石（Malachite, $Cu_2(CO_3)(OH)_2$）および緑塩銅鉱（Atacamite, $CuCl(OH)_3$）のラマンスペクトルである。これらの緑色の鉱物は 633 nm および 785 nm の励起レーザーでは、鉱物による吸収が大きく、ラマンスペクトルを得ることができなかったものであるが、今回、波長を 532 nm の励起レーザーに切り替えて測定したところ、良好なスペクトルを得ることができた。これとは別に藍銅鉱（Azurite, $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$）およびラピスラズリ（Lapis lazuli）についても 532 nm のレーザーを用いることで良好なラマンスペクトルを得ることができている。黄から赤色にかけての顔料に対して 785 nm のレーザーが有効であることは既に明らかとなっていることから、本装置を用いて広範な顔料の分析をおこなうことが可能となった。現在、実際の壁画資料に対してその適用を試みているところである。

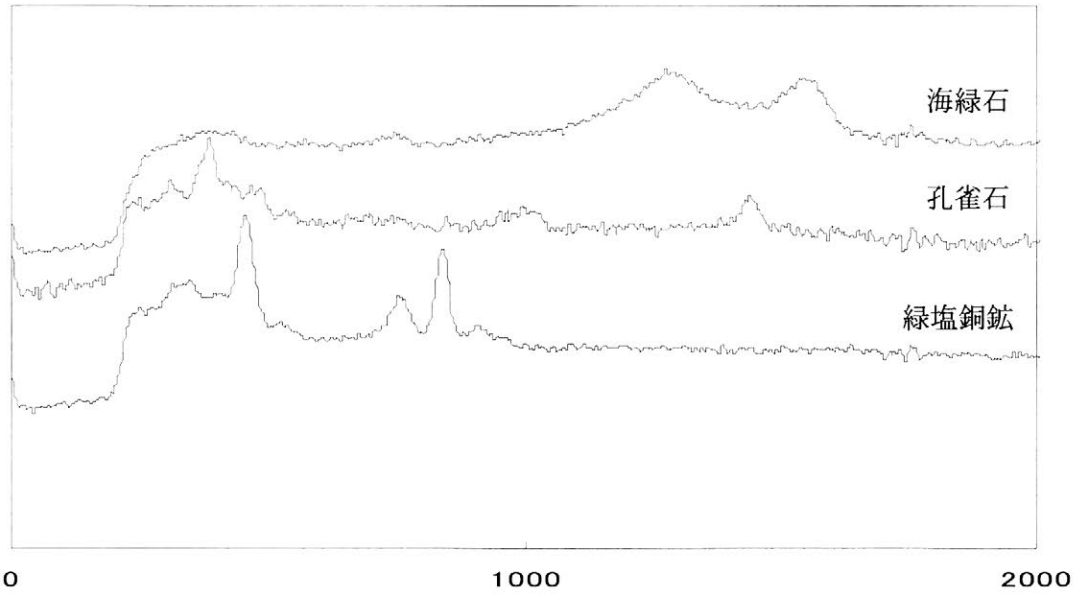


図 2　緑色鉱物標準試料のラマンスペクトル（532 nm のレーザー使用）

本研究の一部は平成 15 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究 B(2)「文化財資料用携帯型マルチレーザーラマン分光分析装置の基礎的開発研究」（課題番号 15300299、研究代表者：高妻洋成）によりおこなったものである。

土壌中のウルシ・ハゼノキ花粉の形態と保存

○叶内敦子* ・神谷千穂* ・宮腰哲雄* * ・ 杉原重夫*
(* 明治大学文学部・* * 明治大学理工学部)

1．はじめに

日本に分布するウルシ属（*Rhus*）樹木は6種あり，漆液はウルシから採取される．ハゼノキは琉球原産とされ，採蝋植物として日本各地に植栽されてきた．この2種のウルシ属樹木は日本列島で古くから利用されているが，その自然分布については不明な点が多い．日本各地の遺跡や湿地の堆積物からウルシ属花粉が検出されるが，ヌルデ以外は種同定はおこなわれていない．ウルシとハゼノキの花粉についてタイプ分類が可能であれば，分布と栽培の歴史などの情報が増加する．現生花粉の形態と土壌中の花粉の保存について，ウルシ（福島県）とハゼノキ（沖縄県）について検討した．

2．現生のウルシ，ハゼノキ花粉の特徴

ウルシ属花粉は3溝孔型で，極径約30 μm，赤道径約25 μm類球形～長球形で，花粉粒表面は特徴的な小網状紋を呈する．日本産ウルシ属花粉6種（赤道観）の走査電子顕微鏡像では，表面模様の違いが顕著である（図1）．

ウルシとハゼノキの現生花粉は，通常の花粉分析処理では花粉の粒径が変化し，種内の個体差もあるため花粉粒のサイズでは種間の比較は難しい．光学顕微鏡像と走査電子顕微鏡像を検討した結果，走査電子顕微鏡による赤道観の差異が顕著であることが明らかになった．現生のウルシとハゼノキの走査電子顕微鏡像を図2に示す．

ウルシ（*R. verniciflua*）　表面全体を同じ大きさの小網状紋が覆う．

ハゼノキ（*R. succedanea*）　表面は赤道部に線状紋が卓越する．

3．土壌中のウルシ花粉とハゼノキ花粉の形態と保存

ウルシ（福島県）およびハゼノキ（沖縄県）直下の土壌の花粉分析をおこない，開花期と秋～冬期のウルシ属花粉の形態と保存について検討した．

試料は調査地のウルシ，ハゼノキ樹木直下から採取した土壌（表層部50～100cc）をよく混和した後，5～10 ccを分析に供した．分析はKOH法-ZnCl2 比重分離法（比重1.9）- アセトリシス法（アセトリシス液で湯煎10分，KOH処理湯煎10秒）を行った．走査電子顕微鏡試料は，処理済みの試料に蒸留水を加え，1～2滴試料台に滴下してホットプレート上で乾燥した．

土壌から検出した花粉を図3に示す．開花期の樹木下土壌からは多数のウルシ属花粉が検出した．花粉粒はつぶれるものが多いが，表面は現生花粉に近い小網状紋が保たれる．それぞれがウルシ，ハゼノキのタイプに分類可能である．秋～冬期の土壌では，開花期より花粉数が少なく花粉粒の変形が著しい．表面の小網状紋も溶けた状態のものが見られる．保存状態によりそれぞれのタイプに分類可能なものが多い．ウルシ，ハゼノキ花粉は1年間程度は土壌中でも保存が良いことが明らかになった．

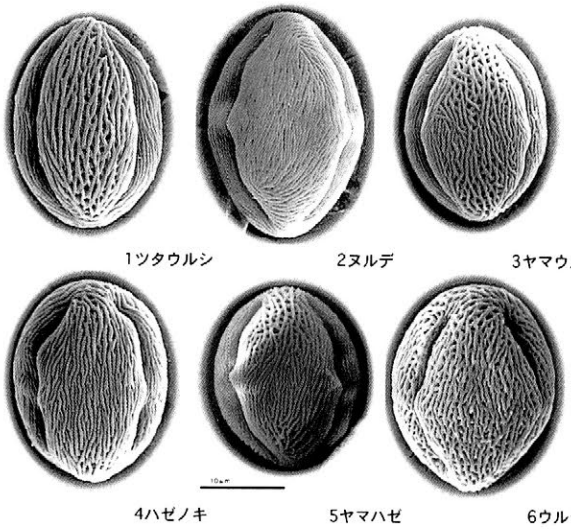


図1　日本産ウルシ属
6種の現生花粉

走査電子顕微鏡
日本電子製JSM5410LV
加速電圧10kv，金蒸着10秒

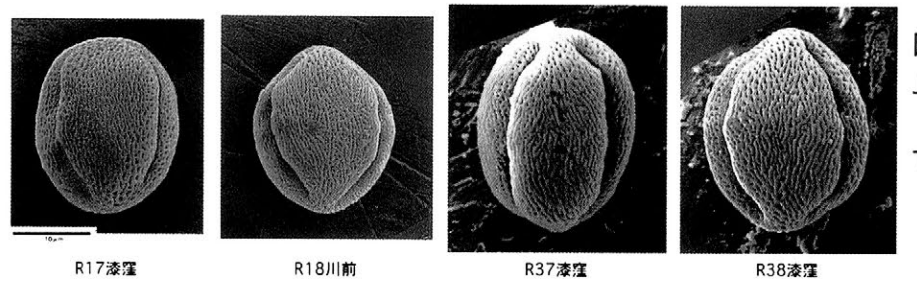


図2　現生花粉
上段：ウルシ
（福島県）
下段：ハゼノキ
（沖縄県，千葉県）

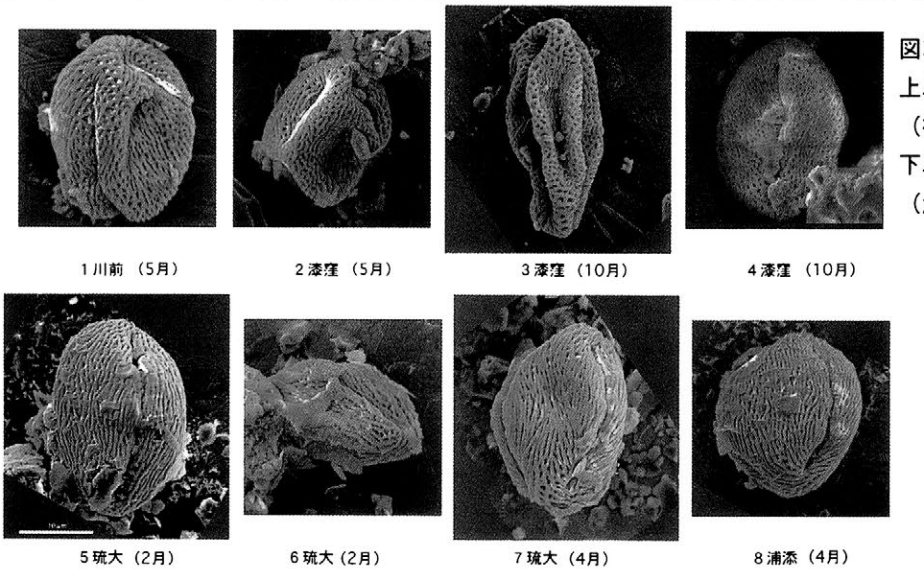


図3　土壌花粉
上段：ウルシの下
（福島県，2001年）
下段：ハゼノキの下
（沖縄県，2003年）

古代青銅鏡の腐食層内に潜む微生物の直接観察とDNA検査

○横田　勝*、栃原美佐子**、三船温尚*、菅谷文則***、宮原晋一****、清水康二****
(* 高岡短期大学、** 川鉄ﾃｸﾉﾘｻｰﾁKK、*** 滋賀県立大学、**** 橿原考古学研究所)

1. 目的

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。筆者らは現在までに20面余りの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、それらについて各種分析機器により分析と解析を行てきた。その結果、これら腐食生成物の生成に微生物が関与している可能性が高い根拠を得た。その後、青銅鏡内に潜む微生物と考えられる痕跡を直接観察するとともに、古代青銅鏡の内部からDNA解析のための試料を採取し、菌種の同定を行った。金属製文化財と微生物との関係について研究と考察を進めているので、本報告では今回得られた結果とその経緯を報告する。

2. 試料

今回調査を行った青銅鏡は製造年代が戦国時代から前漢時代の3面（試料：KU-3、KU-25、KU-53）であり、これらの概観図を図-1に示す。また青銅鏡の腐食による密度の減少率(%)はそれぞれ6.7、6.4、1.5であった。

3. 調査方法

3-1　SEMおよびEDSによる青銅鏡腐食層の形態観察と分析

SEM観察およびEDS分析に使用した装置ならびに測定条件は次のとおりである。装置：日本電子(株)製JED-2200（本体：JSM-5900LV)、加速電圧：20kV、照射電流：約1.0nA、補正法：φ（ρz)、照射時間：100 s。

3-2　DNA検査

DNA検査は川鉄テクノリサーチKKに依頼した。その手順の概略は次のとおりである。1　DNAの抽出。2　16s-rDNA断片の増幅。3　変性剤濃度勾配電気泳動。4　切出しおよびバンド確認。5　同定作業(担当：東レリサーチセンターKK)(塩基配列結果よりBLASTサーチにより細菌の検索を行った)。

4. 調査結果および考察

4-1.　青銅鏡の腐食層内に潜む微生物の直接観察

青銅鏡を破断し、その表面における状況をSEMにより直接観察し、微生物らしき痕跡を確認した。その結果をKU-3について図-2、KU-25を図-3およびKU-53を図4に示す。なお、いずれの図においても(a)は鏡の切断面を鏡面にまで研磨した際の写真である。図-2および-3で明らかなように、形態が細長い棒状と太い棒状をした2種類の微粒子が観察される。図-4では、(b)および(c)で明らかなように、直径約70 μmの窪地があり、その内部には針状のCu2Sが生成している。また窪地の周辺では丸みを帯びた微粒子が観察された。図-5は図-4に対応した部分の主だった元素の分布図を示す。微生物の存在を予想されるCが局部的に存在することが確かめられた。

4-2.　DNAの塩基配列解析による菌種の同定結果

試料、KU-53の破断面から採取した試料を対象にしてDNA検査を行った。塩基配列解析の結果、Unculturd eubacterium属が98%以上の相同性でヒットしていることから、eubacterium属の可能性が高いことが確認された。また、β-Proteobacteriumが比較的多くヒットしていることから、β－Proteobacteriumの可能性も高いと推察した。今後これらの菌類と青銅器の腐食との関係を明らかにする必要があり、青銅鏡から採取した資料を基に培養とスクリーニングを行うとともに、腐食試験を行い、これら両者の関係を明らかにしたい。

5. 結言

土中腐食を受けた古代青銅鏡の腐食層をSEMによる直接観察とDNA検査を行うことにより次のような

結果が得られた。

(1) 青銅鏡の破面に形態が異なる2種類の微生物らしき微小物が存在する。

(2) DNA検査の結果、確度の高いeubacterium属が検出され、またβ-Proteobacterium菌の存在も考慮する必要がある。

本研究の一部は、平成15年度科学研究費補助金(基盤研究B-2、課題番号15300294)の研究助成によるものであり、ここに記して感謝の意を表します。

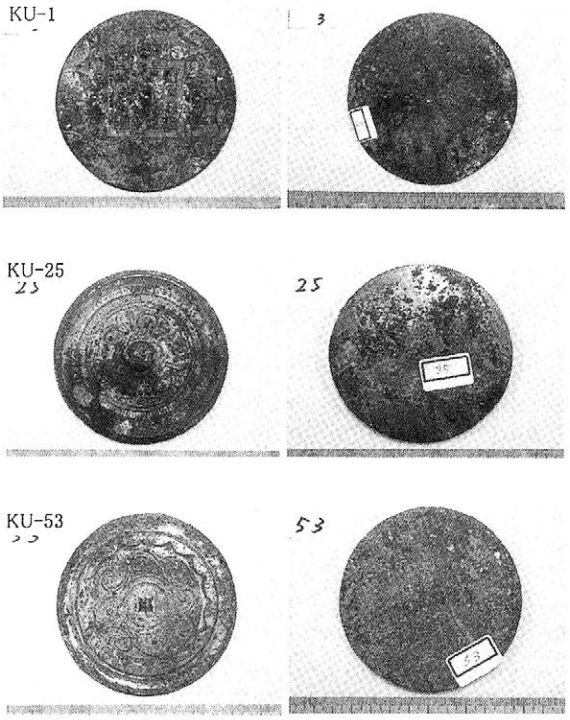


図-1 青銅鏡、KU-3KU-25KU-53の外観図

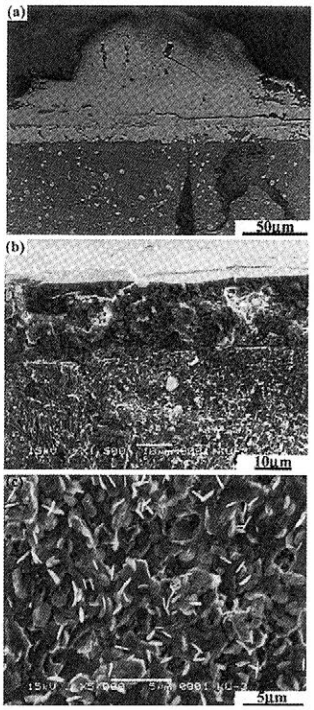


図-2 青銅鏡、KU-3の破断面

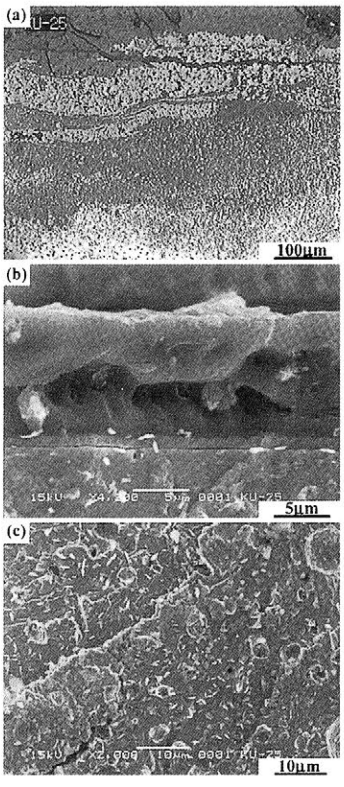


図-3 青銅鏡、KU-25の破断面

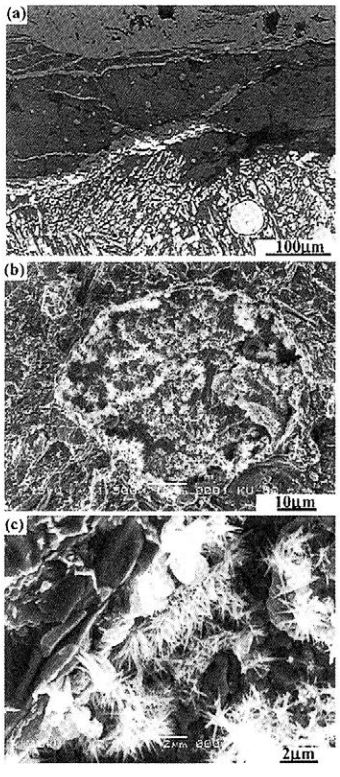


図-4 青銅鏡、KU-53の破断面

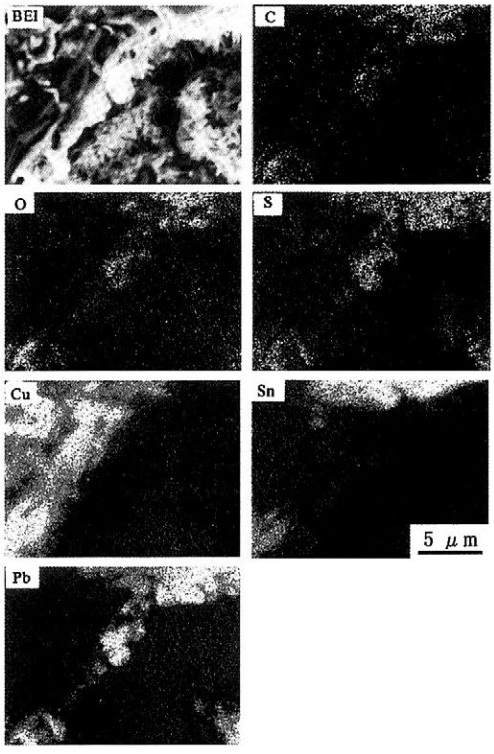


図-5 青銅鏡、KU-53断面の元素分布図

電気探査による高松塚古墳墳丘内の水分分布モニタリング

○山口　貴史*・阿児　雄之*・亀井　宏行*・工藤　博司**
（＊東京工業大学・＊＊桜小路電機有限会社）

1．目的

2002年、奈良県明日香村高松塚古墳壁画に黒カビの発生が認められ、2003年に墳丘上の竹林の伐採と防水シートによる防水処理が行われた。我々はこの防水処理に先駆けて電気探査による抵抗率分布測定をおこない墳丘内部の水分分布調査を実施し、また防水処理後も定期的に電気探査を行うことで墳丘内の水分分布モニタリングをおこなっている。実施された保存対策と測定した電気探査結果を照らし合わせ、保存対策による墳丘内部への影響を推定し、その上で保存対策の有効性について考察した。

2．探査概要

本調査に用いた装置は、Geoscan 社製 RM-4 である。この測定器に多電極切り替え装置とデータロガーを接続して測定を行った。多電極切り替え装置はあらかじめ設置した電極から電流・電位電極を選択する装置である。本調査では 0.25m 間隔で 108 本の電極を直線上に設置し、電極間隔を 0.25m から 5.0m まで 0.25m 刻みで 20 種類の Wenner 配置により測定した。

ここではGeotomo Software社のRES2DINV 及びRES3DINVを利用して測定データを解析することにより墳丘内部の抵抗率分布を求めた。

3．解析結果および考察

解析結果では、低抵抗率部分は水分を多く含み、高抵抗率部分は水分が少ないと考える。

2003年5月19日～23日にかけて電気探査を行い得られた測定結果に対して3次元解析を行った。解析により図1に示されるような抵抗率分布が得られた。図1より高抵抗率部分（石室部分）の東側に隣接して低抵抗率部分が存在することが分かる。これより石室の東側の土壌が多くの水分を含むことがわかり、カビ発生部位との相関が得られた。

壁画保存のため墳丘の防水対策が2003年9月から10月にかけて行われた。防水対策による墳丘内部の抵抗率分布の変化をモニタリングするため防水対策に先駆け、9月に図2に示す東西、南北各1測線ずつあらかじめ電極を埋め込んだ。この電極を利用して9月、10月、11月、2004年2月と電気探査を行った。

石室の東側の水分分布に注目し、図1の破線部分（図2における×印の点）付近における抵抗率の経時変化を図3、図4に示す。

9月17日と9月21日の解析結果を比較すると表層近くでは抵抗率が上がり、深いところでは抵抗率が下がっている。表層近くの抵抗率の上昇から、9月18日から行われた竹、木の伐採によって墳丘表面に直射日光が当たるようになり、また風通しもよくなったことで墳丘の浅い部分は乾燥したと考えられ、また深い部分の抵抗率の減少から伐採により木や竹による水分の吸い上げがなくなった為に水分が増加していると思われる。

防水対策完了後の11月以降の結果に関しては深度0.5m程度の地表面にごく近いところでは乾燥状態が保たれているのが認められるが、それより深いところでは抵抗率の上がっ

ている部分と下がっている部分がある。これは墳丘内部で水分の移動が起きているためと考えられる。また11月以降の解析結果を9月の解析結果と比較したときに深部では大きな変化を認めることはできない。

以上より墳丘内部の水分分布状況について現時点では大きな変化はないと考える。しかしながら短期の調査であるためこの傾向が続くかどうかは不明である。

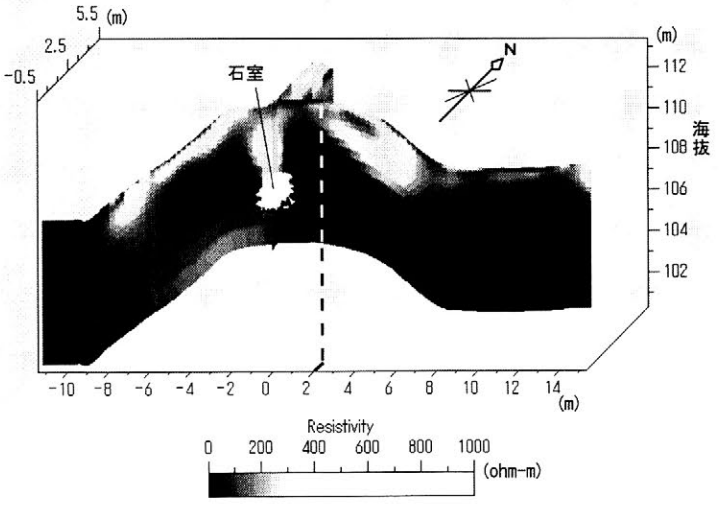


図 1　高松塚古墳3次元逆解析断面図

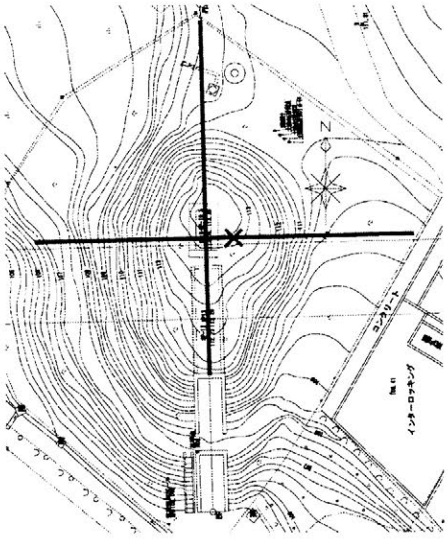


図 2　測線配置図

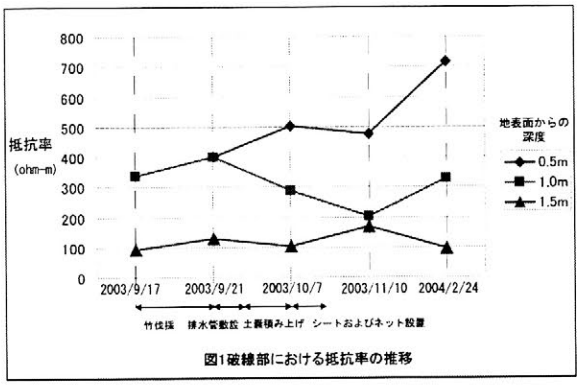


図 3　図1破線部における抵抗率の推移1

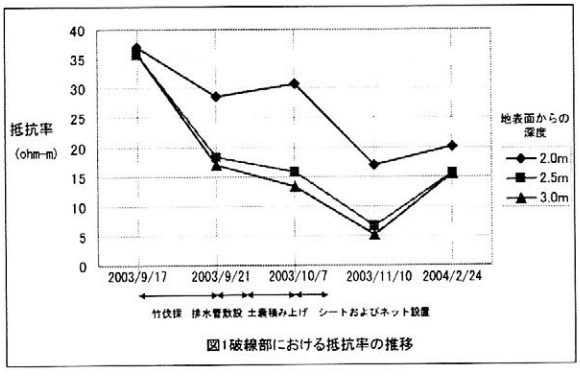


図 4　図1破線部における抵抗率の推移2

地理情報システムと理化学的資料分析を用いた先史社会の復原
－環境資源の移動とアロケーションモデル－

○津村宏臣*・菅頭明日香**・建石徹*・二宮修治**
(* 東京芸術大学・** 東京学芸大学)

1　研究の目的

遺跡が“そこにある”背景を、水場や古地形･古気候との単純な対応で理解することは、人類が社会的動物であること､歴史として文化･伝統をはぐくんできたことを単純化して結論することにつながる。人類を含めた古生態系の複雑さを複雑さとして評価するためには、様々な属性情報を多次元的に扱える地理情報システムの導入が後押しされる(小口 2002)。

本研究では、遺跡に残る物質文化を手がかりに先史社会(特に資源利用のあり方)を復原し、これと生活実践の舞台背景となる環境との相互作用環を描出、その時系列動態を人類生態史として展望する。対象として、かつてから貝塚立地が議論されている東京湾沿岸地域を中心とした関東平野の縄文時代集落を扱い、黒曜石(石器原材)や動物遺体(生活残滓)などの出土傾向を時空間的に分析する。

2　対象

東京湾沿岸には、地点貝塚を含めれば膨大な生活址が遺跡として検出されている。多くの遺跡は水利条件のよい中小河川沿いの緩傾斜地に立地し、遺跡群をなして分布する。大局的には、立地傾向は縄文時代を通じて大きな変化は見られないが、一方分布様態は、各時期(草創期～晩期)を通じて多様なあり方を見せる。また、遺跡数の増減や集落内での住居址数の変遷などから、所属するコミュニティー(例えば土器文化)の違いにより、変遷の方向性が全く異なることも知られている。

3　方法

古空間における現象の評価のため、ここでは３つのアプローチを実施する。

ａ．空間補間と時系列解析を用いた古地形復原(図１)

関東平野の古地理について、貝塚（貝塚 1987・貝塚編 1993 など）は、東京湾周辺域に関する地質学的検討から、過去 12 万年の相対的な地殻変動量を提示した。これをふまえ、下末吉面が形成された約 12 万年前からの関東地方の古地理変遷を､相対的沈降と隆起を考慮したモデルで再構築する。その際、①下末吉面は水平堆積で形成され、②地殻は等速変動し、③地表面形状は他の物理的営力を受けない、などの仮定を設定した。具体的な地形面の再構築には、ボーリングデータや露頭観察で得られた地形面標高値を利用し、解析に必要なポイントをランダムサンプリングで検証／選別、空間自己共分散による Kriging で内挿した。併せてこのモデルの DEM を生成して３次元形状解析をおこない、人間や物資・情報の移動に係る歩行負荷を計算した。

ｂ．移動コストと黒曜石原産地のアロケーションモデル（図２）

黒曜石は原産地ごとに化学性や物理性に特徴があること知られている。ここでは、関東平野を含めたより広い範囲での黒曜石の流れの評価のため、代表的な原産地を対象域別に

４域に大別し（高原山・信州・箱根/伊豆・神津島）、DEM から求めた地形傾斜モデルを基準に人間の歩行に係る負荷を算出して Cost-surface Analysis を実施、各原産地を中心としたアロケーション領域モデルを作成した。また、この領域モデルをもとに黒曜石の省コスト移動経路（最適パス）を推定した。

ｃ．遺跡出土資料の傾向面分析と面的ウィグルの評価

各遺跡出土の黒曜石について、エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析（非破壊法）を採用した各元素測定を実施した。分析装置はセイコー電子工業製卓上型蛍光Ｘ線分析装置 SEA-2001 である。主成分８元素（Si･Ti･Al･Fe･Mg･Ca･Na･K）のうち、原産地間で存在量の異なる Fe･Ca･Ｋと微量成分元素 Mn･Sr･Rb の６元素によるクラスタリングで資料の原産地を推定し、各遺跡での組成比をもとめた。この組成比データを GIS を用いた遺跡空間データベースにリンクさせて組成比分布図を作成し、各原産地・時期別の傾向面分析を実施した。傾向面は、LINEAR： $z = b0 + b1x + b2y$、QUADRATIC： $z = b0 + b1x + b2y + b3x^2 + b4xy + b5y^2$、CUBIC： $z = b0 + b1x + b2y + b3x^2 + b4xy + b5y^2 + b6x^3 + b7x^2y + b8xy^2 + b9y^3$、の多項式でもとめ、適合度と検定により判別した。

また、その他の物資の移動についても検討するため、東京湾周辺地域については、貝塚を対象として動物遺体(特に貝類:オキアサリ、イボキサゴ、ハマグリ、ヤマトシジミなど)のサンプリングデータ（樋泉・津村・西野 2002）をもとに、各遺跡での最小個体数による種構成比をもとめ、同様に傾向面分析を実施し物資の移動傾向を検討した。

４　まとめ

結果として、縄文時代中期～後期で黒曜石の流通パターンが変化すること、これに伴い各黒曜石原産地とのアクセスがより複雑な社会システムを基盤とするよう変化する可能性があること、動物資源の移動もこのマクロな黒曜石物流システムを取り込むかたちで変遷すること、などが明らかとなった。重要なのは、そうした社会変化が遺跡分布の位相変化を顕現している点である。（文責：津村）

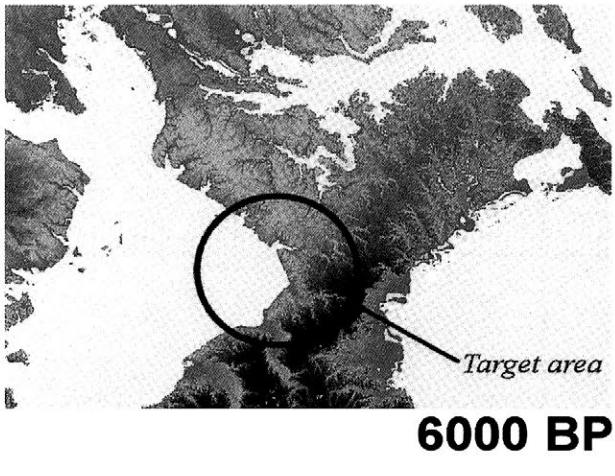


図１　東京湾周辺の古地形復元（DEM）

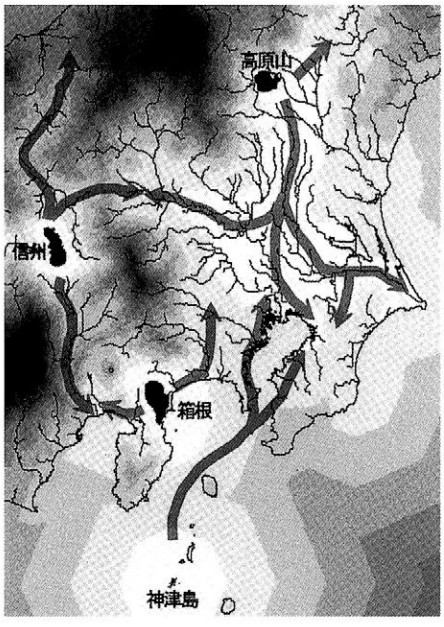


図２　ｱﾛｹｰｼｮﾝﾓﾃﾞﾙと移動の最適パス