ポスター発表
Poster Presentations

会場：体育館

ポスター解説日時

6月4日（土）　13:10 ～ 14:10

6月5日（日）　13:10 ～ 14:10

AMS^{14}C 年代測定による縄紋竪穴住居の埋没状況

Radiocarbon Dating of the Burial Process House-Pit Vestiges of the Jomon Period

小林謙一（中央大学）　Kobayashi Kenichi

縄紋時代の竪穴住居は、寒冷地である北海道は別として，１次・２次埋土に分かれて覆土を形成し埋没している。その中で，住居廃絶後に住居内貝層を形成する例や「吹上パターン」と称される多数の土器を一括廃棄する例，屋内墓として埋葬に用いられる例など，様々に窪地利用されながら埋没している。住居廃絶後埋没（途上の窪地再利用）までにどのくらいの時間経過があったのかは，縄紋社会が定住的集落なのか移動的生活なのかという解釈に通ずる重要な論点でありながら，短期的に人為埋立てされるという理解から長期にわたって自然埋没するという意見まで多岐にわたった仮説の提示に留まり実証的な研究は少ない。竪穴覆土形成過程を覆土内の層位・レベル毎に炭素 14 年代測定し時間的経過を復元すれば，縄紋集落研究における問題点の解決の１つの糸口となる。そこで住居内貝層を持つ竪穴例などの複数の出土炭化物試料の測定結果から，竪穴埋没の時間経過を検討してきた（小林 2007 他）。今回は水子貝塚の追加測定を検討する。

埼玉県水子貝塚は縄紋前期の覆土内貝層を持つ竪穴住居が調査されている。38 段階に整理される層位ごとの貝種の異なりから，カキ→ハマグリの季節性のサイクルがみられ，X群にわたる堆積の年次が想定されている。層位別出土種実の ^{14}C 年代から，床面近くの試料は 4230cal BC 頃で覆土上層の最も新しいIX群は 4130cal BC の可能性があり，埋没に 100 年程度見込まれ，覆土中貝層堆積の途中で２～３回にわたる断絶があったと推定した。

縄紋時代の竪穴の埋没に係わる時間を探るうえで３次元位置を記録した出土炭化物の炭素 14 年代は，多くの情報を提供する。1) 井出上ノ原 45 住床下・床面例など測定値に大きな差異があるケースは，出土層の内容物が二次的な廃棄や古い遺構包含物の混入を示し，遺構廃絶後の理解に重要な情報をもつ。野田貝塚 23 次 1 住例は明らかに後世の掘削により新しい炭化物が混在する。大日野原３次２住は遺構重複による新旧の炭化物の混在が見られる。2) 層位毎に連続的な測定値では，水子 15 住や山梨県梅ノ木 48 住のように層位を越えて同時期の年代が測定される短期的埋没が推定される例と，水子 16 住や井出上ノ原遺跡 45 住など時期幅が大きく長期間の断続的埋没を示す例がある。水子 16 住では 8-9 段階，11-15-17 段階間に時期的断絶が想定される。

遠部慎，小林謙一，宮田佳樹，植田弥生 2008「竪穴住居覆土内における混入の検討」『古代』122
小林謙一 2007「縄紋時代前半期の実年代」『国立歴史民俗博物館研究報告』137 集
小林謙一 2012「縄紋時代竪穴住居跡埋没過程の研究」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 172 集
富士見市教育委員会 1995『水子貝塚』富士見市文化財報告第 46 集

表　水子貝塚　堆積順序と測定値(*は新たな測定値.上が古く下が新しい)

試料 番号	出土遺構・出土位置・番号	内容	堆積段階	群	種類	測定機関番号	補正^{14}C年代		
SAH S13	17号住居跡 炉跡6	炉跡	居住中?		オニグルミ?	PLD-5195	5360 ±25		
SAH S12	17号住居跡 13B貝横層 No.1362	土層	—		オニグルミ	PLD-5194	5350 ±25		
SAH S14	16号住居跡 24C区16層	土層	2以前	I	オニグルミ	PLD-5196	5315 ±25		
SAH S15	16号住居跡 25C区10層 No.1787	カキ層	4段階	II	オニグルミ	MTC-05224	5285 ±40		
SAH S31	16号住居跡 4BSB区7層	シジミ層	6段階	II	クルミ?	YU-1789	5341±29	*	
SAH S32	16号住居跡 25D区15層	混土層	8段階	II	クルミ?	YU-1790	5400±29	*	
SAH S23	16号住居跡 25D区15層	混土層	8段階	II	種実?	PLD-5199	5260 ±25		断絶
SAH S16	16号住居跡 25C区4層	カキ層	9段階	III	不明堅果	PLD-4143	5375 ±30		
SAH S33	16号住居跡 3D区23層(6/27)	カキ層	9段階	III	シイ	YU-1791	5325±29	*	
SAH S34	16号住居跡 25D区5層	シジミ層	11段階	III	シイ?	YU-1792	5448±29	*	
SAH S17	16号住居跡 25D区5層	シジミ層	11段階	III	オニグルミ	PLD-4144	5420 ±30		断絶
SAH S18	16号住居跡 4C区11層	混土層	15段階	IV	堅果	PLD-5197	5275 ±25		断絶？
SAH S19	16号住居跡 9B東SB区5層 No.2005	シジミ層	17段階	IV	堅果	MTC-05225	5355 ±40		
SAH S25	16号住居跡 5DSB区17層	土層	22段階	V	種実?	PLD-5201	5315 ±25		
SAH S20	16号住居跡 5D南北SB南半15層 No.2372	カキ層	26段階	VI	オニグルミ	PLD-4145	5315 ±30		
SAH S21	16号住居跡 5DSB区14層	オオタニシ層	27段階	VI	オニグルミ	PLD-5198	5285 ±25		
SAH S35	16号住居跡 1CSB区1層No.02339(10/9)	混土層	28段階	VI	シイ?	YU-1793	5369±28	*	
SAH S36	16号住居跡 10A区7層 31段階	シジミ層	31段階	VII	シイ?	YU-1794	5365±29	*	
SAH S22	16号住居跡 5D南北SB南半3層 No.2333	シジミ層	31段階	VII	オニグルミ	MTC-05226	5300 ±40		
SAH S24	16号住居跡 1CSB区1層No.2339	シジミ層	31段階	VII	種実?	PLD-5200	5280 ±25		
SAH S37	16号住居跡 4A区4層	ハマグリ・シジミ層	36段階	IX	クルミ?	YU-1795	5353±28	*	
SAH S 2	15号住居跡 東SB17B区6層	混土層	1-3段階		オニグルミ	PLD-4136	5265 ±30		
SAH S 3	15号住居跡 3A区SB05層	シジミ層	5段階		オニグルミ	PLD-5192	5275 ±25		
SAH S 4	15号住居跡 3D区40層	シジミ層	5段階		オニグルミ	PLD-4137	5280 ±30		
SAH S 6	15号住居跡 19A区26層	シジミ層	8段階		オニグルミ	PLD-4138	5280 ±30		
SAH S 7	15号住居跡 南北SB南半13B区22層	シジミ層	12段階		オニグルミ	PLD-4139	5235 ±30		
SAH S 8	15号住居跡 13D区16層	シジミ層	14段階		オニグルミ	PLD-4140	5290 ±30		
SAH S 9	15号住居跡 13D区14層	混土層	16段階		オニグルミ	PLD-4141	5220 ±30		
SAH S10	15号住居跡 8A区04層	カキ層	18段階		オニグルミ	PLD-5193	5275 ±25		
SAH S11	15号住居跡 13D区11層	シジミ層	19段階		オニグルミ	PLD-4142	5290 ±30		

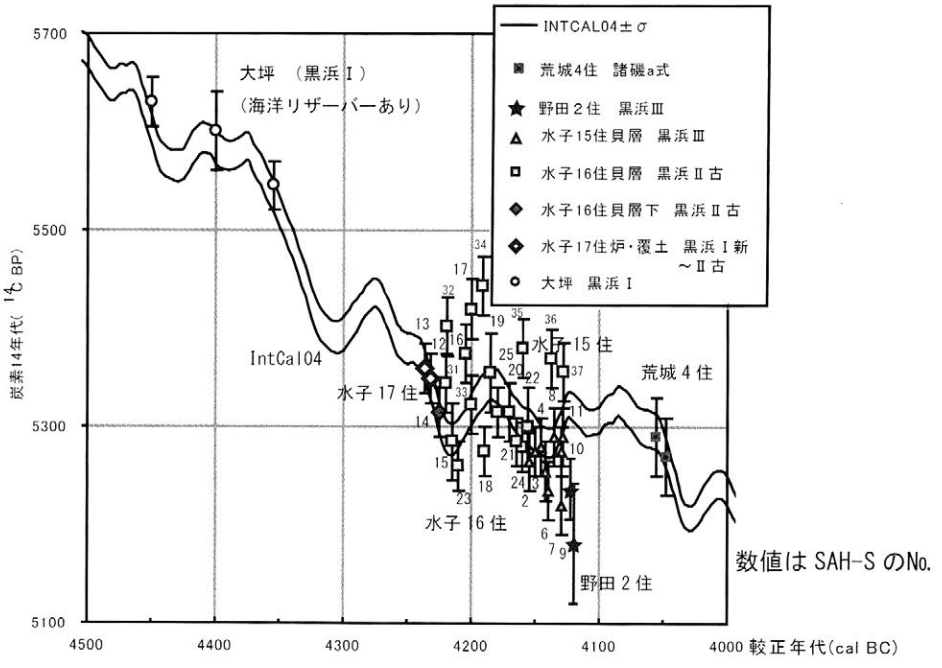


図　水子貝塚出土種実の^{14}C年代測定と較正曲線の関係

大河内薬師堂の ^{14}C年代調査

^{14}C Dating of Okawachi Yakushido, Matsusaka city, Mie pref.

○中尾七重（武蔵大学）、坂本　稔（国立歴史民俗博物館）、日塔和彦（元東京芸術大学客員教授）
○Nanae　Nakao (Musashi Unversity),　Minoru SAKAMOTO (National Museum of Japanese History),
Kazuhiko NITTOU (Tokyo University of Arts)

1. 大河内薬師堂

三重県松阪市大河内に所在する大河内薬師堂の創建は不詳であるが、もと薬師寺といい氏神牛頭天王社の別当寺であった。西蓮寺末であったが、明治初年に廃寺となる。薬師堂は桁行5間梁間3間の寄棟平入で、正面と側面に径約100mmの円柱が廻り、隅柱上にのみ舟肘木がある。腰貫・飛貫を通して軸部を固め、大引で床を支えている。内陣境の径約360mmの4本の粽付丸柱は複雑な痕跡を有している。正面中央間上下左右には大仏様繰形状の反転曲線を持つ蕨座がある。

薬師堂は、「内陣の四本の柱は鎌倉時代、他は室町時代にのぼる古材。稀に見る古建築で殊にその太い円柱は鎌倉時代の様風」[1]「内陣及前面の柱は當時の侭であり四方角の組物も當時の侭である。恐らくは鎌倉頃の建築であろう」[2]「中世に遡る堂かも知れないが、時代を判定する細部がなくて決しかねる」[3]など近世以前の建築と考えられている。装飾が少なく年代推定の難しい大河内薬師堂当初建築について、放射性炭素（^{14}C）建築年代調査を実施した。

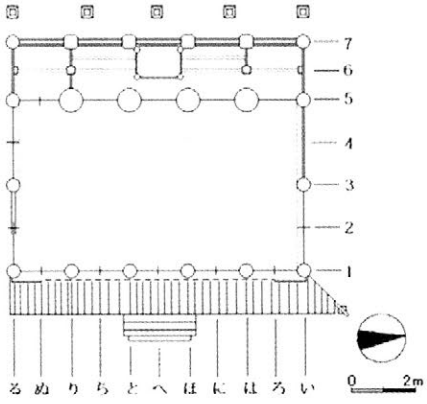


Fig. 1　薬師堂平面番付図

2. 試料採取および測定

2013年11月17日に大河内薬師堂の年代調査を行った。日塔・中尾が実測および痕跡を調査した。中尾・坂本が「と五」丸柱3点、「ほ一」柱4点、「と一」蕨座3点、「ほ一～と一」内法貫3点、「ほ七」背面柱3点の各5年輪試料を採取した。坂本が有機溶剤超音波洗浄およびAAA処理を行い、（株）加速器分析研究所がグラファイト化およびAMS^{14}C年代値測定を行った。

3. 調査結果

大河内薬師堂年代調査の結果、「と五」丸柱と「ほ一～と一」内法貫は15世紀中頃の同時期となる。また「ほ一」柱と「と一」蕨座はいずれも辺材の無い小材で、「と五」丸柱と同時期と考えられる。これらから得られた15世紀中頃が大河内薬師堂の建築年代と推定される。「ほ七」背面柱は江戸時代初め現在地への移建時の用材で17世紀前期の年代が選択される。年代調査の結果、15世紀中頃に大河内薬師堂は建築され、近世初頭に現在地に移建されたと推定される。

Table 1　大河内薬師堂測定データ

部材	位置	樹種	試料番号	測定番号	年輪位置 最外層を1年目	^{14}C年代 (yrBP±1σ)	最外層の較正年代 (確率)
丸柱	と五	ケヤキ	MEMOY-1.6-10	IAAA-134165	6-10年輪	527±22	1421-1442(95.4%)
			MEMOY-1.31-35	IAAA-134166	31-35年輪	527±23	
			MEMOY-1.51-55	IAAA-134167	51-55年輪	633±23	
柱	ほ一	ケヤキ	MEMOY-2.95-91	IAAA-134168	70-74年輪	756±23	1328-1353(95.4%)
			MEMOY-2.60-56	IAAA-134169	105-109年輪	772±22	
			MEMOY-2.35-31	IAAA-134170	130-134年輪	831±22	
			MEMOY-2.10-6	IAAA-134171	155-159年輪	804±22	
背面柱	ほ七	ケヤキ	MEMOY-1.1-5	IAAA-134172	1-5年輪	335±22	1504-1566(60.0%) 1578-1626(26.2%) 1628-1645(9.3%)
			MEMOY-1.21-25	IAAA-134173	21-25年輪	319±23	
			MEMOY-1.36-40	IAAA-134174	36-40年輪	369±23	
藁座	と一	クスノキ	MEMOY-1.1-5	IAAA-134175	1－5年輪	603±22	1376-1401(95.4%)
			MEMOY-1.31-35	IAAA-134176	31－35年輪	606±23	
			MEMOY-1.51-55	IAAA-134177	51-55年輪	543±22	
内法貫	ほ一～と一	スギ	MEMOY-1.1-5	IAAA-134178	1-5年輪	431±21	1438-1455(95.4%)
			MEMOY-1.26-30	IAAA-134179	26-30年輪	532±22	
			MEMOY-1.53-57	IAAA-134180	53-57年輪	595±21	

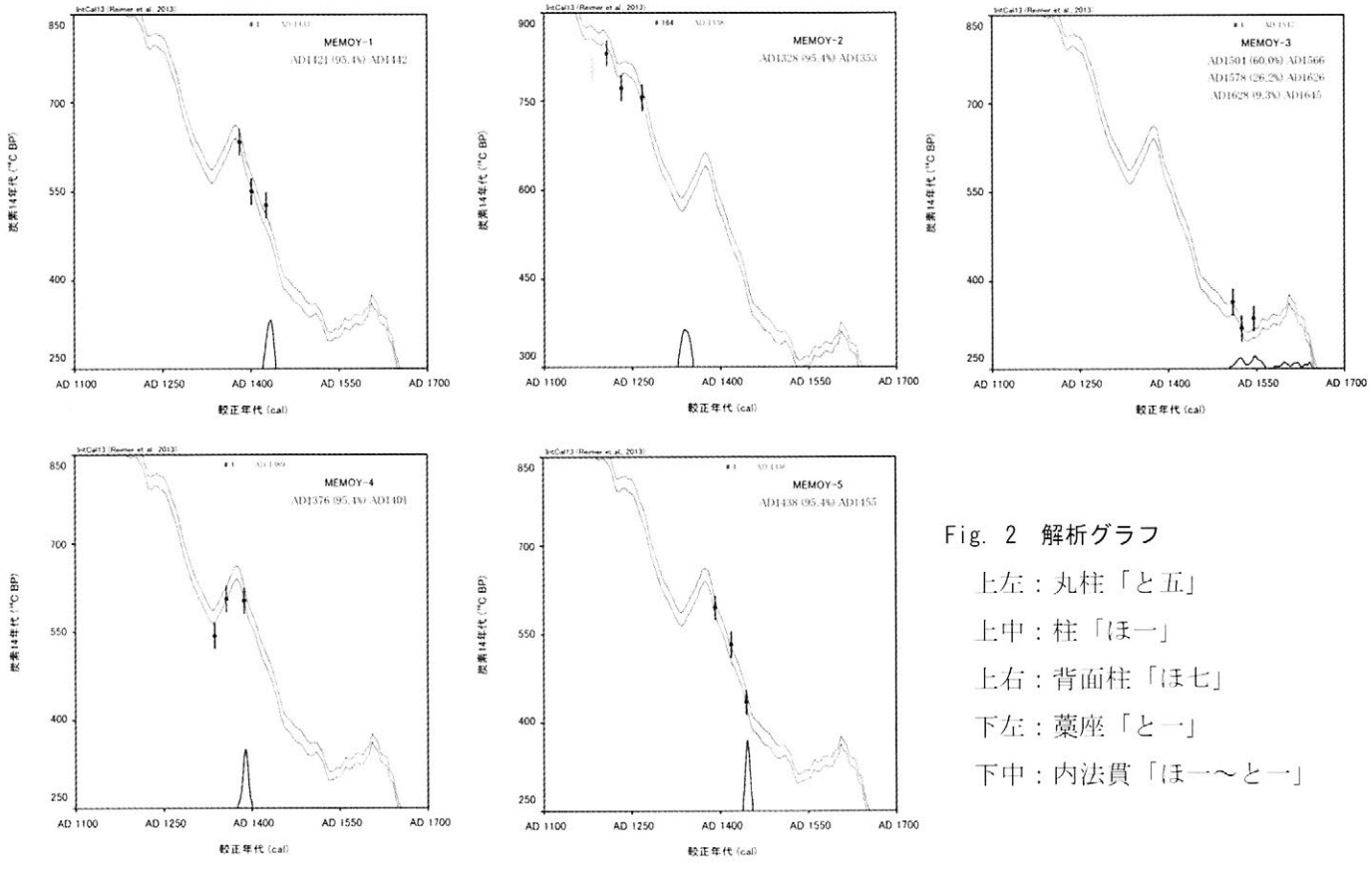


Fig. 2　解析グラフ

上左：丸柱「と五」

上中：柱「ほ一」

上右：背面柱「ほ七」

下左：藁座「と一」

下中：内法貫「ほ一～と一」

謝辞

調査にご協力いただいた鈴木均自治会長（当時）様、高杉勲連合自治会長（当時）様、公益財団法人鈴屋遺蹟保存会本居宣長記念館吉田悦之館長、鈴木保様、松田和生様に感謝申し上げます。

[1] 松坂市史　第3巻　史料編、松阪市史編さん委員会編、1980

[2] 薬師堂の由来、大河内薬師堂内掲示板、清水京一楼、昭和60年10月

[3] 浅野清、三重県の近世社寺建築、近世社寺建築調査報告書集成8、東洋書林、2004

年輪年代調査に基づく宝城坊厨子の造営年代に関する研究

A Study of the Age of Construction for the Zushi at Hojo-bo Temple Based on the Dendrochronological Research

○大河内隆之（奈良文化財研究所）
大野敏（横浜国立大学）、関口欣也（横浜国立大学名誉教授）

はじめに

神奈川県伊勢原市の宝城坊は、日向山霊山寺の別当坊であり、薬師如来の霊場として信仰を集める真言宗の古刹で、日向薬師の名で親しまれている。本尊は、平安時代前期の作とされる鉈彫りの薬師三尊で、本尊を収める厨子は、室町時代初期（14 世紀中頃）の造営とされてきた。この厨子は、桁行 2.45m、梁行 1.47m の大型のもので、内法長押以下の和様に対し柱頂に粽をつけ、頭貫・台輪で柱頂を結び、台輪上に禅宗様の三手先斗栱を詰組に配する。なお、軒は隅木だけ禅宗様で垂木配列を和様の繁垂木とする。本研究は、この厨子を年輪年代調査した結果、従来考えられていたよりも造営時期が古く遡かれた成果について論考するものである。

調査研究の方法

年輪年代調査に際しては、厨子周囲に脚立あるいは簡易的な足場を架けて、年輪年代測定に必要な概ね 100 層程度以上の年輪が各部材表面で観察可能なものを宝城坊宝殿（収蔵庫）内においてデジタル写真撮影し、奈良文化財研究所でコンピュータ画像計測する方針で実施した。

年輪幅データの計測には、発表者らの作成した年輪画像計測ソフトを用いてコンピュータ上で画像計測する方法によった。各部材において、部材中に含まれる計測可能な最古の年輪から最新の年輪までを一連の時系列データとして仕上げている。

年輪年代測定に際しては、年輪年代学において新たなクロノロジーを作成する際の定石的手法に従い、まず部材同士の照合を全組み合わせにおいて逐次実施し、照合の成立したものを平均化することで宝城坊厨子のサイトクロノロジーを作成する方針で臨んだ。照合に際しては、年輪幅の時系列データに対数変換と 5 年移動平均ハイパスフィルタ処理をおこなったのち、相関分析と t 検定によった。奈良文化財研究所では、概ね 100 層以上の重複区間をもち、t 値 5 以上であることを照合成立の統計的な基準としているが、宝城坊厨子の場合、部材が小さいため年輪数が 100 層に満たないものも散見された。そのような場合にも、年輪幅の広狭に特徴が認められ、パターンの一致が確認できそうなものについては、年輪年代測定対象から外さないようにつとめた。

宝城坊厨子のサイトクロノロジーを作成したのち、これを主に中部・近畿地方の木材や建築物・考古資料・木造彫刻などの年輪幅データを基に作成された暦年の確定しているヒノキの標準年輪パターン（以下、暦年標準パターンと記す）と照合することで、サイトクロノロジーおよびこれを構成する各部材に年輪年代を与えた。

さらに、測定対象の年輪幅時系列データと暦年標準パターンをプロットしたグラフを重ね合わせることで、暦年標準パターン上の指標年（これまでの研究の蓄積過程で、多くの個体で変動変化の傾向が一致した特徴的な年）における両者の一致についても確認した。

また、前述のプロセスによって得られた年輪年代と、原木の伐採年代との関係を考える際には、調査対象の中に辺材や樹皮が残存しているかどうかが重要になる。

結果

調査対象とした部材数を部位ごとにまとめた結果、ならびにそのうち年輪年代が確定したものを表 1 に示す。年輪年代の確定した部材のうち、辺材を残すもの 12 点中 11 点はスギ材と見られる壁板で

あった。斗栱の中では、ヒノキ材と見られる実肘木（南東隅・桁行）の１点にのみ辺材が認められた。年輪年代が判明した部材のうち、辺材の存在が認められたものの抜粋を表２に示す。年輪年代測定で年代の確定した90点全部材から構成された512年に及ぶ宝城坊厨子のサイトクロノロジーとヒノキの暦年標準パターンとのｔ値は、図１に示すように7.8であった。

表１　調査対象部材および年輪年代の判明したもの

部材名称	調査対象数	年輪年代の判明したもの
地垂木	2	1
琵琶板	3	1
斗栱	89	65
台輪	5	3
頭貫木鼻	4	1
方立	2	2
壁板	19	16
柱	1	1
合計	125	90

表２　宝城坊厨子の年輪年代測定結果抜粋

部材名称		照合年輪数	年輪年代	t値 (C)	t値 (H)	辺材幅 [mm]	900 1000 1100 1200 1300 A.D
壁板	東四	113	1230	3.0	3.9	55	1118 1230
壁板	西五	122	1230	2.2	3.7	47	1109 1230
壁板	東三	88	1229	3.6	11.6	60	1143 1229
壁板	西一	80	1220+9	3.1	9.4	38	1141 1229
壁板	東五	111	1229	4.2	12.3	48	1119 1229
壁板	東七	107	1224+1	3.3	13.4	45	1118 1225
壁板	東六	92	1222+1	2.7	7.6	40	1131 1223
壁板	西二	130	1217+1	2.7	2.5	15	1088 1218
実肘木	南東隅 桁行	55	1207+1	2.6	5.4	13	1153 1208
壁板	北七	117	1208	4.6	6.6	33	1092 1208
壁板	北六	121	1200+1	4.7	7.8	17	1080 1201
壁板	北五	134	1196	3.8	7.2	17	1063 1196

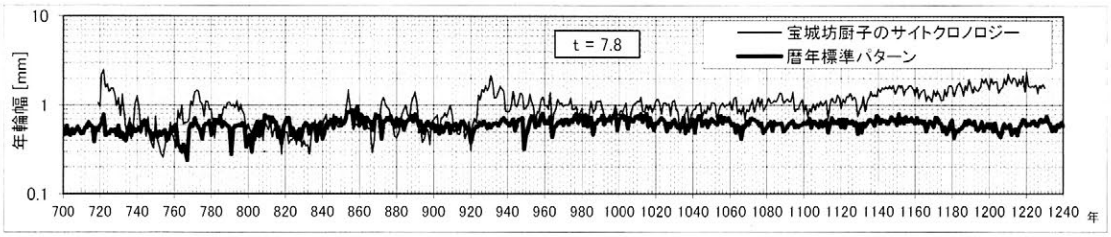


図１　宝城坊厨子のサイトクロノロジーと暦年標準パターンとの照合

考察

年輪年代法では、一連の部材の示す年代のうち樹皮や辺材が残り、かつ最も新しい年代を重視する。表２より、辺材を含む部材のうち、最新のものは1230年の壁板２点であり、ついで1229年のものが３点と続く。辺材を含むものの多くは壁板であり、厨子内部で彩色が施されず風食の及びにくい環境下にあったことが幸いして、辺材の残存を確実に識別することができた。また、一般的にスギはヒノキよりも辺材と心材の色調差が顕著であり、壁板にスギが用いられていたことも好条件であった。

筆者の経験では、一般的に樹齢400年くらいのヒノキの場合で辺材幅は25～30mm程度、スギの場合で45～50mm程度と捉えている。そのような観点に立つならば、1230年の年輪年代の得られた壁板（東四）の55mmならびに壁板（西五）の47mm、1229年の年輪年代の得られた壁板（東三）の60mmならびに壁板（東五）の48mmなどは、辺材部をほぼ完全に残していて、限りなく伐採年代に近しい年代が年輪年代として得られたものと解釈することができる。

以上より、宝城坊厨子の用材調達は、1230年を上限とする13世紀前半、さらに絞り込むとすれば1230年代頃であり、厨子の造営もその時期をさほど下らないものと考えるのが妥当であろう。宝城坊厨子は、冒頭で記したように頭貫から上の軒廻り組物は禅宗様の詰組である。禅宗様を取り入れた厨子の古い例としては、和歌山・長保寺本堂厨子（延慶４・1311年）、福島・法用寺本堂厨子（正和３・1314年）、滋賀・常楽寺本堂厨子（延文５・1360年頃）などが知られているが、1230年を上限とする13世紀前半（1230年代頃）という年代の得られた宝城坊厨子は、これらよりもはるかに古い。また13世紀の造営がほぼ確実視されている禅宗様建築は、長野・安楽寺八角三重塔（年輪年代：正応２・1289年）のみである。

したがって、宝城坊厨子は、禅宗様の厨子、さらには禅宗様建築の歴史を考える上でも、きわめて重要な建築物と位置づけることができる。

光ルミネッセンス法を用いた地表面に露出する先史遺構の年代推定の可能性

Methodological Potential of OSL dating for exposed structural remains in the prehistoric period

○下岡順直（立正大学）、藤井純夫（金沢大学）、足立拓朗（金沢大学）
○Yorinao SHITAOKA (Rissho Univ.), Sumio FUJII, Takuro ADACHI (Kanazawa Univ.)

1. はじめに

光ルミネッセンス（OSL）年代測定は、太陽光など露光によってOSL信号がゼロリセット（初期化）された考古堆積物に有効な方法である。OSL法は、露光後に堆積（埋没）してから現在までに吸収した放射線量を測定することで年代に換算する。この方法で、遺物が包含される層準の年代推定や土坑の埋没年代などを得ることができる。

一方、地表面に露出している遺構について、年代を推定することはきわめて難しい。考古学的には、層位的対比や共伴する遺構の特徴など、さらには後世遺跡の遺構との切り合いなどから比定される。そのほか、放射性炭素年代測定も有効であるが、対象となる遺構と確実に共伴した有機物試料が得られなければ年代測定は難しい。

今回、地表面に露出している先史時代の遺構の年代推定に際して、OSL法を試みた。遺構自体は地表面に露出しているが、遺構を形成する建材を設置した際に、その直下の表層土壌は露光によってOSL信号がゼロリセットされていることが予想される。その表層土壌をOSL年代測定することで、建材を設置した際に表層土壌が遮光されてからの年代推定を試みたので報告する。

2. 測定した考古遺跡について

ヨルダン・ハシミテ王国南部に位置するジャフル盆地では、新石器時代の水貯蔵施設（ダム遺構）を多数発見している。金沢大学ヨルダン遺跡調査団の調査により、ダム遺構は「貯留式灌漑農業用の開放的大型ダム」と「貯水専用の閉鎖的小型ダム」の2種類に区別でき、前者は主に先土器新石器文化B（PPNB）、後者は主に後期新石器時代に編年できることがわかってきた。これにより、ダム遺構を用いた編年を基に、ジャフル盆地における遊牧化が解明されようとしている。しかし、ダム遺構を新石器時代に比定した根拠

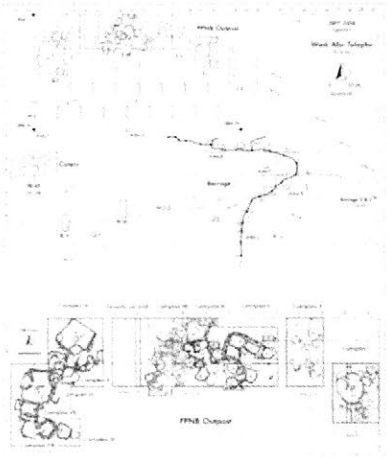


図1 Wadi Abu Tulayhaの遺構図

は、上述したような考古学的手法によるものであり、数値年代はこれまで得られていなかった。そこで今回、OSL法を用いて、砂漠の中に存在するダム遺構の年代推定を試みた。地点は、Wadi Abu Tulayhaにあるダム遺構および隣接する住居遺構である（図1）。ダム遺構自体は地表面に露出しているため、試料には原位置を動いていないとみられるダム壁建材直下の表層土壌を用いた（試料1～3）。この土壌は、建材となる石を設置した際に遮光されたはずである。試料採取では、できる限り土壌の表層部を薄く剥ぐように採取した。また、ダム遺構内に堆積した土壌（試料4）の年代測定も行い、年代の下限（この年代よりは古い）をおさえることとした。住居遺構においても、建材とした石材直下の表層土壌を採取した（試料5、6）。

3. OSL測定結果と考察

OSL測定は、自作のOSL測定装置NRL-99-OSTL2-KU （下岡ほか、2015）を用いて、Single aliquot regenerative-dose法で行った。試料の蓄積線量の評価には、複数の年代モデル（central age model：CAM、finite mixture model：FMM、minimum age model：MAM）を用いて検討を行った。そして、試料の等価線量の過分散値（表1のσ_{OD}）が40%以下の場合はMAMで、40%以上の場合はFMMで蓄積線量（と年代）を見積もった。

OSL年代測定の結果（表1）、ダム遺構内に堆積した土壌（試料4）を2.7±0.3 kaと評価した。これにより、ダム遺構の構築年代はこの年代よりも古い。試料1と2の年代は8～7 kaとなり、ダム遺構を新石器時代PPNBとする考古学的年代観と整合性ある結果が得られた。しかし、試料3はこれらと比べてとても新しい年代になった。この試料は、ダム遺構の中で最も下流側であり、建材が現位置を留めていなかった可能性がある。住居遺構跡で採取した試料5と6は、PPNBよりも古い年代であり、土壌が堆積した年代に近いと考えられる。

表1　Wadi Abu Tulayhaにおけるダム遺構のOSL年代測定結果

Sample	Annual dose (mGy/a)	n[a]	σ_{OD}[b] (%)	CAM		FMM				MAM	
				Palaeodose (Gy)	Age (ka)	Palaeodose (Gy)	Age (ka)	k[c]	Prop.[d] (%)	Palaeodose (Gy)	Age (ka)
1	1.79±0.16	17/18	33	20.3±1.8	11±1.4	15.48±0.38	8.6±0.8	2	53±12	13.89±0.74	7.8±0.8
2	1.28±0.14	18/18	44	7.23±0.76	5.6±0.9	8.9±0.23	7.0±0.8	3	61±12	3.62±0.41	2.8±0.4
3	1.72±0.15	7/9	65	2.93±0.73	1.7±0.5	2.13±0.12, 6.36±0.4	1.2±0.13, 3.7±0.4	3	43±19, 43±23	1.09±0.17	0.6±0.11
4	1.33±0.13	23/27	43	5.36±0.51	4.0±0.5	3.54±0.13	2.7±0.3	3	42±11	2.92±0.28	2.2±0.3
5	1.31±0.15	18/18	36	29.1±2.9	22±3	33.6±2.5	26±4	3	67±14	15±1.2	11±2
6	1.81±0.15	18/18	15	20.7±0.92	11±1.1	19.46±0.42	11±0.9	1	100±0	17±2.5	9.4±1.6

CAM - Central Age Model / FMM - Finite Mixture Model / MAM - Minimum Age Model

a - number of aliquots, accepted / measured, b - overdispersion value, c - number of component, d - proportion of the population

4. まとめ

地表面に露出している遺構に対して、OSL年代測定の有効性は強調できるだろう。その一方で、ジャフル盆地の他地点で採取した試料については、OSL信号のゼロリセット不完全（おそらく土壌の堆積年代）や後世の撹乱などによるOSL年代データのばらつきも確認できた。遺構が現位置をとどめているかも重要であるが、まずは、試料採取方法を確立することが第一だろう。

大島2遺跡の放射性炭素年代および土器付着物を用いた食性復元

Radiocarbon dating and analyzing food habits using charred remains on pottery in the Oshima 2 site

○國木田大（東京大学）、熊木俊朗（同左）、佐野雄三（北海道大学）、守屋亮（東京都埋蔵文化財センター）、山田哲（北見市教育委員会）、松崎浩之（東京大学）

○Dai Kunikita, Toshiaki Kumaki (The University of Tokyo), Yuzou Sano (Hokkaido University), Ryo Moriya (Tokyo Metropolitan Archaeological Center), Satoru Yamada (Kitami City Board of Education), Hiroyuki Matsuzaki (The University of Tokyo)

1. 研究の背景

大島2遺跡は、北海道北見市常呂町に所在し、東京大学考古学研究室・常呂実習施設と北見市教育委員会が2009年度より発掘調査を進めている。大島遺跡群は合計200基以上の竪穴が窪みで残る竪穴遺跡群であり、東西の二群（大島1遺跡・大島2遺跡）に分かれている。2015年度までに擦文文化（宇田川編年擦文後期～晩期）の竪穴住居跡2軒が完掘され、さらに2軒の調査が継続中である（熊木編2016）。常呂川下流域の大規模竪穴群遺跡の中では数少ない未調査の遺跡であり、また周辺の擦文文化竪穴群遺跡と比較して、標高の高い丘陵上に位置するという特異な立地環境であることから、遺跡の詳細な内容と性格の解明が必要となっている。

本発表では、大島2遺跡出土炭化材試料の放射性炭素年代測定および土器付着炭化物の炭素・窒素同位体分析、C/N比分析に関して報告を行う。宇田川編年後期～晩期の年代は11世紀後半～13世紀代が想定されている（臼杵他2007）。今回年輪数は少ないが、1号竪穴住居跡炭化材のウイグルマッチングを行い、年代がどこまで絞り込めるか検討した。また、土器付着物に関しては北見市常呂町常呂川河口遺跡の試料もあわせて分析し、各文化（擦文・オホーツク・トビニタイ）の比較検討を試みた。

2. 分析試料および方法

現状での分析試料は、大島2遺跡1号竪穴出土の炭化材が2点（No.310, No.104）、大島2遺跡2号竪穴出土の土器付着物が5点（個体数としては3点）、常呂川河口遺跡出土の土器付着物が19点である。常呂川河口遺跡の土器付着物の内訳は、擦文土器が11点（宇田川編年後期～晩期）、オホーツク土器が6点（貼付文期）、トビニタイ土器が2点になる。炭化材No.310は半径約5cmの丸材（トドマツ、年輪数28年）、No.104は直径約7cmの丸材（キハダ、年輪数18年）である。両試料とも約5年輪ごとにウイグルマッチングを行った。

年代測定における試料調製は、通常の方法にしたがって行った。炭化材試料は、AAA処理までを東京大学の実験室で行い、その後のガス化、グラファイト化、加速器測定はパレオ・ラボに依頼した。土器付着物の測定は、東京大学のタンデム加速器（MALT：Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator）を用いた。炭素・窒素同位体、C/N比測定はSIサイエンス株式会社に依頼した。

3. 測定結果と考察

今回の結果では、No.310 のウイグルマッチングが、1060～1150calAD(2σ)、1102～1120・1132～1154calAD(1σ)であり、11 世紀後半から 12 世紀前半の年代になる(図 1)。運悪く、暦年較正曲線が平坦な部分に当たっているため、高精度では年代が決まらなかったが、最外年輪 1 点での測定値と比較して、多少年代は絞り込めている。一方、No.104 は、1050～1099・1125～1170calAD(2σ)、1055～1078・1133～1137・1152～1164calAD(1σ)である。最外年輪 1 点での測定結果とほとんど同じであり、あまり成果はなかった。確率分布では、No.310とは異なり、平坦な部分の前半(古い年代値の方)が高くなっている。暦年較正曲線との兼ね合いにもよるが、最低20年輪以上は必要なのかもしれない。1 号竪穴の年代は、11 世紀後半から 12 世紀後半の範囲内で、12 世紀中頃(約 1140calAD)の可能性が高いと考えておく。今後、2 号竪穴も分析を実施し、住居間の年代差についても検討を加えたい。

大島 2 遺跡の土器付着物 5 点は、1760～1255BP であり、炭化材と比べて約 800～300BP 古い結果であった。炭素・窒素同位体分析では、両値がともに高い値を示すことから、海洋起源の内容物の可能性が高い(図 2)。海洋リザーバー効果の影響が考えられ、年代が古く得られたこととも整合する。常呂川河口遺跡の結果も、全ての試料で、主たる内容物は海洋起源と考えられる。擦文土器とオホーツク土器の比較では、両同位体比に少しの差がある。オホーツク土器の $\delta^{15}N$ 値が高いことは海棲哺乳類と関係している可能性が高い。$\delta^{13}C$ 値に関しては、カマドからキビが出土しており、C_4 植物の影響も考慮する必要があるかもしれない。土器サイズと内容物の検討では、大型サイズに $\delta^{15}N$ 値が高い傾向があり、海棲哺乳類との関係が考えられる。大島 2 遺跡の発掘は継続中であり、今後も分析を進めていきたい。

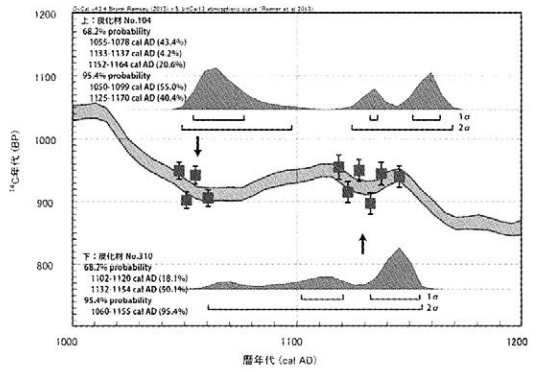


図 1　炭化材のウイグルマッチング

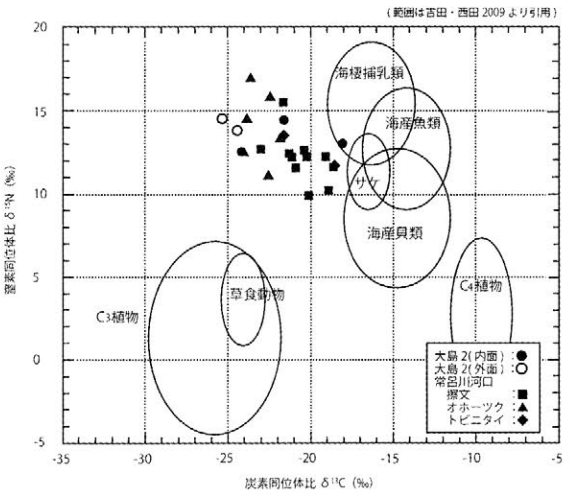


図 2　土器付着物の炭素・窒素同位体比

参考文献

熊木俊朗編 2016『擦文文化期における環オホーツク海地域の交流と社会変動－大島 2 遺跡の研究(1)－』東京大学常呂実習施設研究報告第 14 集 東京大学大学院人文社会系研究科

臼杵勲・熊木俊朗・高瀬克範 2007「北海道における続縄文～アイヌ期諸文化の暦年代の想定」『北海道における古代から近世の遺跡の暦年代 研究成果報告書』:48-54

平等院阿弥陀堂遺構材の調査1－年代測定について－

Research on remained wood members of Byodo-in Temple Amida-do.

- Dating -

◯坂本稔（国立歴史民俗博物館・総合研究大学院大学），光谷拓実（奈良文化財研究所），
中塚武（総合地球環境学研究所），横山操（京都大学），
田中正流（宗教法人平等院），鳴海祥博（同左），太田亜希（同左），神居文彰（同左）
◯Minoru SAKAMOTO (REKIHAKU / SOKENDAI), Takumi MITSUTANI, Takeshi NAKATSUKA,
Misao YOKOYAMA, Masaru TANAKA, Yoshihiro NARUMI, Aki OHTA, Fumiaki KAMII

1. はじめに

平等院浄土院の天井に展示・保管されている古材は，天喜元（1053）年の建立とされる阿弥陀堂（鳳凰堂）の当初の建築部材と伝承されている。これらは明治期の修理（1902～1907年）で取り外され，昭和大修理（1905～1957年）でも再利用されず今日に至る。平安期にさかのぼる建造物古材の調査例は限られており，良好な状態で保管されてきたこれらの古材は極めて貴重な資料といえる。

平成26～27年度に行われた建築遺構材の総合的な調査で古材からの試料採取が許され，年輪年代法と炭素14年代法による年代測定を実施した（横山ほか，鳳翔学叢12）。さらに，酸素同位体比法による年輪年代測定を実施し，日本における当時の炭素14濃度の挙動を明らかにする目的で，年輪年代の得られた試料の炭素14年代測定を実施した。

2. 試料と測定

年代測定の対象となった古材3点（部材3，部材4，部材5）は，いずれも横板張の野地板と推定される。平等院浄土院における調査時に，部材3と部材4は先端部の木口面を切断して測定試料とし，部材5は最も外側の年輪層を採取した。樹種識別の結果，部材3と部材5はヒノキ，部材4はコウヤマキであった（横山ほか，日本文化財科学会第33回大会）。

部材3は辺材が認められた。179層の年輪を計測し，年輪年代測定の結果1006～1184年の範囲に合致した。外側の未計測分3層を加え，伐採年までの年輪数を50層と仮定すると，伐採年代は1187年+50層で，13世紀初めころの用材と推定する。

部材4は辺材が認められず，年輪年代測定も不調であった。そこで彫刻刀を用いて木口面から年輪層を3か所（外側から1-5層，46-50層，86-90層）採取し，炭素14-ウィグルマッチ法による測定を実施した。その結果第1層の較正年代は1025～1050年となり，較正曲線IntCal13に対し1035年が最もよく合致した。伐採年までの年数は不明である。

部材5から採取した最外年輪層の炭素14年代は863±22 ^{14}C BPで，較正年代は1150～1225年（89.3%）であった。伐採年までの年輪数を仮定すると，部材3とほぼ同時期と推定する。

3. 酸素同位体比法による年輪年代測定

部材4の年代を確定するため，酸素同位体比法による年輪年代測定（中塚ほか，日本文化財科学会第29回大会）を実施した。木口面から厚さ1mmの年輪層を切断し，塩素漂白によるリグニンの除去と濃アルカリ溶液によるヘミセルロースの除去を行った。板状に抽出したセルロースから100～200μgずつ年輪層を採取し，銀箔に包んで酸素同位体比の測定試料とした。その際，第1層の外側にもう1年輪を確認したため，これを第0層として最外年輪とした。

94年輪の酸素同位体比を総合地球環境学研究所で測定し，中部日本におけるマスタークロノロジーと比較したところ，第0層を1040年とした時の相関係数が0.79と最も高い値を示した（図1）。この結果は，炭素14-ウィグルマッチ法による較正年代と整合的である。

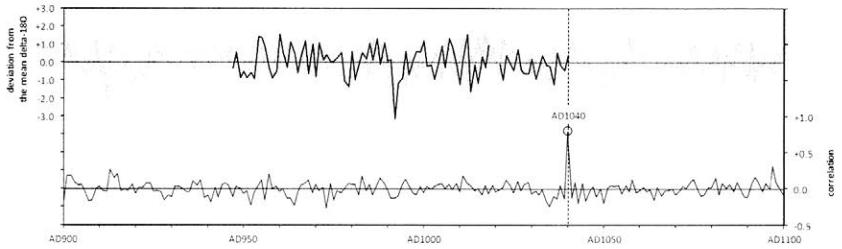


図 1:酸素同位体比法による部材4の年輪年代。背景はマスタークロノロジー。グラフ下部は相関係数。

4. 炭素14年代の較正曲線IntCal13との比較

年輪年代の確定した部材3と部材4を3.と同様に処理し，板状に抽出したセルロースから5年輪を1試料として採取し，(株)加速器分析研究所と(株)パレオ・ラボに，測定試料となるグラファイトの調製とAMSによる炭素14年代測定を依頼した。

部材3は1018～1178年を5年輪ずつ測定し，ほぼIntCal13に沿った結果が得られた。部材4も一部上方に外れる試料が認められるものの，ほぼIntCal13に沿っている。日本における当時の炭素14濃度は，基本的に北半球に共通した挙動を示していたと推測する。

総合地球環境学研究所の佐野雅規博士には測定，国立歴史民俗博物館の箱崎真隆博士には解析にご助力賜ったことを深謝する。本研究は科研費（25282075）による成果の一部である。

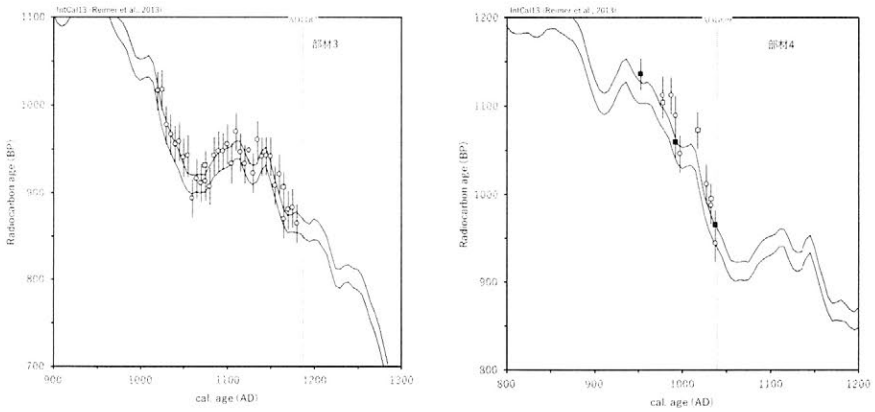


図 2:部材3(左)と部材4(右)の炭素14年代。丸は(株)加速器分析研究所，四角は(株)パレオ・ラボによる測定。炭素14-ウィグルマッチ法を実施した試料(黒四角)は酸・アルカリ・酸処理のみ。

日本産ツガ属の年輪年代測定（その９）
－これまでに収集したデータの俯瞰的検討－
Dendrochronology of Japanese Hemlocks 9:
Comprehensive study on already collected ring-width data

○藤井裕之（奈良文化財研究所）
○Hiroyuki FUJII (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

はじめに

ツガの年輪年代について本格的な研究がはじまってから、まもなく 10 年が経過する。それまで 3 本の現生材しか実績のなかったツガに関する年輪データも、この間に頂戴した多くの関係先のご協力により、ようやく一定の蓄積をみるようになった。本発表では、データ収集作業の到達状況や、照合等のデータ処理上の問題を俯瞰的に検討し、今後の見通しを明らかにしたい。

１．データ処理の方法

一連の作業における照合等のデータ処理の方法は Baillie（1980, 1995）によった。また、専門用語とその用法については、基本的に光谷ほか（1990）にしたがった。

２．適用可能な年代幅と地域等

ツガに関する年輪データの収集作業は、木曽および高野山産の 3 本の現生材と、2006～7 年当時、ちょうど保存修理工事がおこなわれていた當麻寺大師堂（奈良県葛城市）、および願泉寺本堂・築地塀（大阪府貝塚市）の古材の両方を起点として出発した。古材側で照合・蓄積されたデータ群と、現生材を起点にしたデータ群との直接の照合は、2016 年 4 月現在もまだ成功していない。しかし、近畿地方のヒノキ古材で別途収集した年輪データを援用することにより、長らく遊離状態にあった古材側のデータ群に年代を与えることができ（32 回大会発表）、その結果、1344 年から 1988 年までの 645 年間のパターンを連続的に追うことが可能になった。

データの収集は各方面からおこなっているが、もっとも成果をあげているのは建築に関係する調査である。ここでは、保存・活用がなされ、常時公開されている各地の建物に足を運び、ツガの利用状況を実際に目視で確認、記録して優先順位をつけ、その順に所有者・管理者に調査を依頼し、許可を得て年輪の計測をおこなうという手順を踏んだ。こうしてリストアップをしたなかから、現在までに北海道、近畿、四国、九州の各地方の建物でデータを収集することができた。

そのうち、年輪データの蓄積にもっとも寄与しているのは、現生、古材とも、いまのところ四国の物件である。四国産と考えられる現生材のデータは 1667 年、古材側からは 1771 年まで達している。現生古材間の直接の照合は、今後四国産材で実現される公算が大きい。近畿では古材のデータは十分あるが、18 世紀以降現在までのデータに事欠く。九州では全期間とも十分な数に達していない。屋久島産の現生材は、年輪パターンの延長にいまのところ寄与していない。

3．収集地と産地に関する問題

これまでに四国で調査した建物は、用材が遠隔地から入手された可能性を考えにくいものばかりであり、いずれの年輪データも四国産のものとみなすことができる。一方、北海道の旧中村家住宅（江差町、明治中期）、大阪府の願泉寺本堂・築地塀（前掲、江戸中期）のツガ材による年輪パターンは、それら四国産によるパターンと高い相関を示し、関係するツガ材がその頃に長距離を運ばれ、利用されたことがわかる。ツガの植生分布から外れた北海道では、明治後期の和風建築である旧相馬邸（函館市）でもツガ材が多数使われており、年輪データも収集済みであるが、いまのところ四国産材をはじめ、一切の照合が成立していない。これについては四国以外の、九州または近畿、中部方面からもたらされた可能性が考えられる。このように、伐採地の明確な現生材によらずとも、年輪パターンと社会的な文脈の対比により、材の産地をある程度まで絞り込める場面が少なくないと考えられる。四国以外のツガ年輪データの収集、またはツガ以外の樹種でも、特に新しい時代に関して、こうした調査を継続、発展させる必要がある。

4．データ処理上、遵守すべき手順について

日本における現行の年輪年代法の先駆けとなったヒノキの場合、暦年標準パターンを確立した後は各試料と暦年標準パターンをじかに照合し、年代を割り出すという取り扱いが長くおこなわれ、事実それを明記した報告がこれまで蓄積されてきた。

ツガの場合は、ヒノキに比べて年輪パターンの推移が大きく異なり、そのような取り扱いをそのまま適用すると、照合率の低下や照合誤りを招くおそれがある。ここで、かつてBaillie（前掲1980, p.85、同 1995, p.27）が、目視照合や統計的数値の算出とならぶものとして位置づけたReplication（再現性の繰り返し確認）の重要性があらためて意識される。とりわけ、総当たり比較を通した、その第一段階の手順を欠かしてはならない。具体的には、ある物件の、同じような経緯でもたらされたと考えられる材の年輪データは可能な限り多く収集し、暦年標準パターンとの照合は、それらを平均値パターンに集約したうえでおこなう必要がある。このことは、ヒノキの年輪データがいかに優れた性質を有しているかを、逆に浮き彫りにするものでもあるだろう。

5．年輪データの質的な地域差に関する予察

四国の建物で収集したツガのデータの場合、一つの物件のなかでごく少数のグループに収斂し、それを構成するデータ間の相関性も非常に高い。これに対して、奈良県内の近世建築で収集したツガのデータは、個別データのばらつきが大きく多数のグループが発生するうえに、その構成データ間の相関性もあまりよくない傾向にある。このような差異は、材の入手や流通形態の違いの現れとして理解することもできるが、それにしてもあまりに違い過ぎる。材が生産されたもとの森林環境の違いが反映されている可能性があり、今後のデータ収集でも注視しておきたい。

文献

M.G.L. Baillie. 1980 Tree-ring dating and archaeology. The University of Chicago Press, Ltd., London
M.G.L. Baillie. 1995 A slice through time: dendrochronology and precision dating. B.T. Bastford Ltd., London
光谷拓実・田中琢・佐藤忠信・八嶋厚 1990『年輪に歴史を読む－日本における古年輪学の成立－』奈良国立文化財研究所学報 48

千葉県君津市・鴨川市における炭窯跡の分布と立地

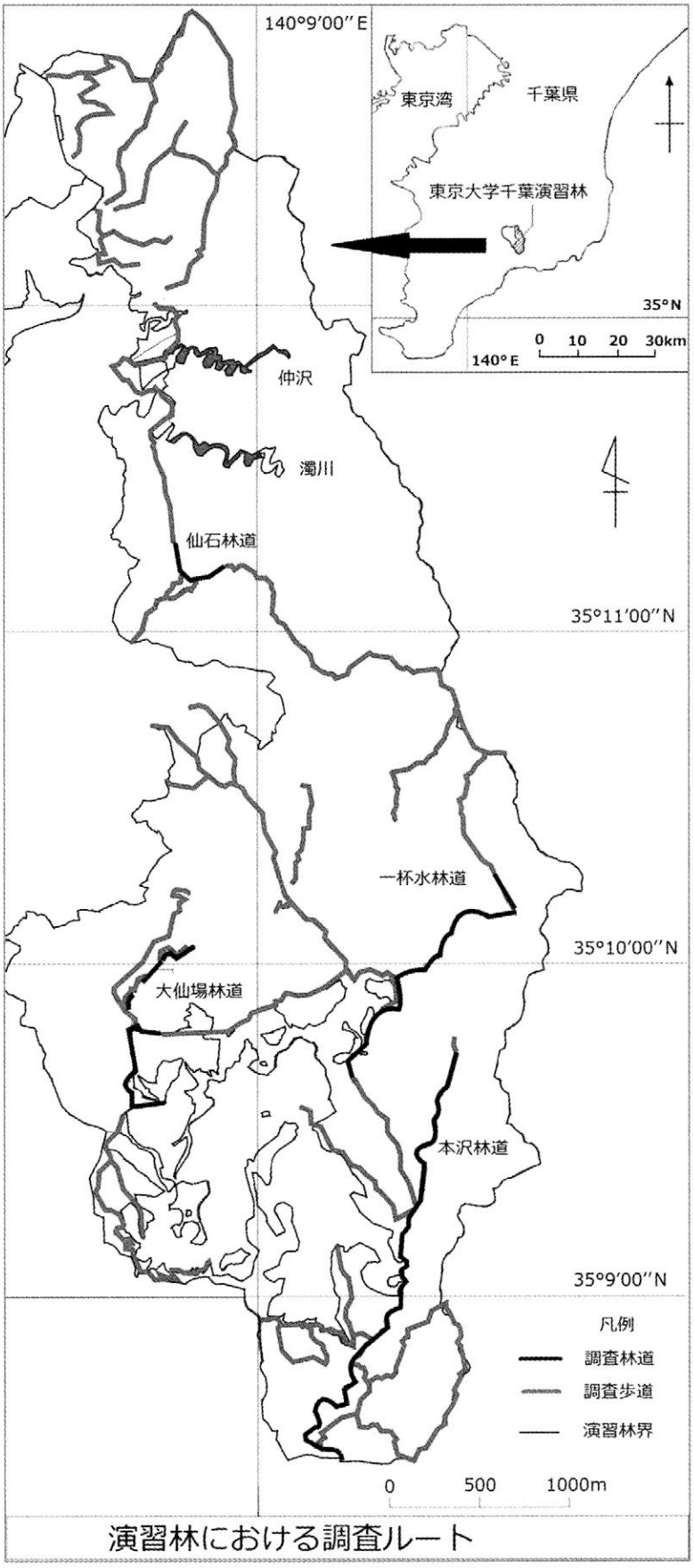
The distribution of abandoned charcoal producing kilns in the University of Tokyo Chiba Forest in the southern part of Chiba Prefecture

○江口誠一（日本大学）、金井敬宏（同左）、當山啓介（東京大学）
○Sei-ichi EGUCHI, Takahiro KANAI (Nihon Univ.), Keisuke TOYAMA (Univ. of Tokyo)

千葉県南部の君津市と鴨川市に位置する東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林は、川越藩の藩有地だった江戸時代より、木炭の一大生産地として機能してきた。その後、地元集落の住人が権利を購入し、立木を自ら伐採し製炭するか、当時の東京帝国大学が彼らを雇用し炭窯を直営する「官営製炭」などが行われた。炭焼きは1960年代の燃料革命まで盛んに続けられ、1962年末時点で周辺5集落の製炭従事者は200名以上であったと記録に残されている。しかし、その具体的な製炭の実施場所、地形的な立地環境などの記録が少なく、全貌は明らかにされていない。それらの実態の解明に向け、本研究では千葉演習林内に残存する炭窯跡の分布と立地、形態的特徴などを調査し検討した。

今回の対象地域は千葉演習林東部域で、設定された歩道・林道沿いを中心に実地調査した。炭窯跡の認定基準は、以下の項目で1つでも該当する場合とした。①土窯跡（あるいは石窯跡）の平面形がおおよそ楕円形状の窪み（石積み）で、長径、短径ともに2～4m前後であること。②窯壁（石積みの壁）に窯口部相当の切れ目が認められること。③穴窯跡が岩壁に掘られた穴で、天井部が石組みで構築されていることである。立地環境は「尾根」、「谷底」、山腹」と、さらに微地形上に細分し「平坦地」、「遷緩線上」、「斜面間平坦地」、「斜面上」、「斜面頂部平坦地」、「後方部微高地」、「穴窯」の7タイプに分類した。材質は「土」、「石」、「土と石の併用」の3タイプに、形状は「楕円」、「円」、「イチョウ」、「イチジク」の4タイプに分類した。

調査の結果、計73基の炭窯跡が見出だされた。土窯跡が37基、石窯跡が28基、それらの併用窯跡が6基、穴窯跡が2基であった。調査地全域にかけて広く分布し、特に北端部に集中する傾向がみられ、近隣の黄和田畑集落の住人が炭焼きをしていたと推察される。他の地区では沢沿いと林道周辺に炭窯跡が多く分布した。また、立地では谷底部タイプが38基、遷緩線上タイプが28基と最も多かった。これらより千葉演習林の炭窯は，作業上の水の利用や交通の利便性を考慮して築窯されたと考えられる。炭窯跡の形態的特徴として、調査地域の北部では土窯跡が多かったが、穴窯跡や固有の特徴を有した石窯跡など、多様な形態も確認された。形状は、楕円形が27基、円形が25基であり、どの地区においても多数を占めた。一方、南部の林道周辺では直径0.2m前後の石材が雑然と積まれた石窯跡が多かった。これらの地区による形態的特徴の違いは、それぞれで異なる製炭の様式が展開されていたことを示している。炭窯跡周辺の植生は、造林されたスギ・ヒノキ林が多いが、カシ類を中心とした広葉樹林内でも34基が確認され、それらは薪炭材として想定される。稼働当時の詳細な植生との対応関係は今後の課題となった。



演習林における調査ルート

イネプラント・オパール中に内在する遺伝情報抽出手法構築に向けた基礎的研究（第２報）

Fundamental study for the technique of salvaging the genetic information existing in the rice phytolith (Ⅱ)

○宇田津徹朗（宮崎大学）・田中克典（弘前大学）
○Tetsuro UDATSU（Miyazaki Univ.）、Katsunori TANAKA（Hirosaki Univ.）

1. はじめに

筆者らは、土壌中から検出されるイネプラント・オパール中にその存在が指摘されている遺伝情報について、その存否と利用の可能性の検証に取り組んでいる。遺伝情報を取り出すことが可能となれば、プラント・オパールが稲作を探査する指標として活用されていること、土壌中から数十万、数百万といった単位で収集が可能なことから、時間・空間的に栽培イネの情報を網羅的に整備できる。また、プラント・オパールの残留特性から、遺伝的な多様性についても高精度の評価が可能となるといったことが期待される。これまでの研究により、プラント・オパールに内在する遺伝情報の存在の確認とその抽出に成功している（宇田津・田中 2014、田中・宇田津 2015）。この結果を受け、さらにプラント・オパールそのもののへのダメージが大きい環境の土壌を供試するとともに、抽出工程における乾燥方法を遺伝情報への温度ダメージをゼロにできる低圧凍結トラップ法に切り替えるなど、抽出工程の改善を行い、遺伝情報抽出の可否を検討した。ここでは、その結果について報告する。

なお、当該研究は、2015 まで挑戦的萌芽研究（課題番号：25560137「イネのプラント・オパール中に内在する遺伝情報の抽出と利用に向けた開発的研究」）、2016 より基盤研究 B（課題番号：16H03104「プラント・オパールからの遺伝情報抽出手法の実用化に向けた開発的研究」）によるものである。

2. 供試試料について

当該研究の目的に照らし、プラント・オパールの抽出を試行する試料は、気候や堆積環境ならびに時代（弥生～室町時代）が異なる日本各地の水田遺構土壌を供試した。各試料についての実験結果を比較検討することにより、土壌中の風化作用および土壌の組成・性質によるプラント・オパール中の遺伝物質への影響の有無を検証する。

また、今回は、抽出工程の改善の検討で、海浜に立地する土壌に多数含まれている海綿骨針の除去工程を改善するために、2つの遺跡の土壌（①および⑤）を供試した。

具体的には図１に示す５つの地域の土壌を供試した。

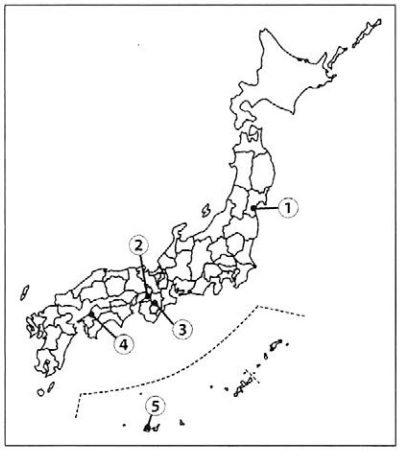


図1　供試試料を採取した遺跡の所在（右）

3. 抽出手法の検討とその方法

2014 年度までの取組により、まず、土壌からのプラント・オパールの抽出については、粒径分画と比重分画を組み合わせる方法によって、一般土壌 500gから 300mg 程度を抽出する技術が確立されている（宇田津ら 2012）。また、プラント・オパール中の遺伝物質へのダメージを抑制するための工程の改善としては、水田や畑の表面温度を参照し、乾燥工程における温度を 40℃未満（38℃前後）に設定した乾燥工程やダイジェスダール分解を超音波洗浄に代替したプラント・オパール付着有機物除去工程などを構築し、プラント・オパールからの遺伝情報抽出が可能であることを確認している（宇田津・田中 2014、田中・宇田津 2015）。

これらの実績を踏まえ、今回は、以下の 2 点の工程の構築と導入を試行した。その後、抽出されたプラント・オパールについて、遺伝情報の抽出を実施し、その効果の検討を行った。

① 凍結トラップによる低圧乾燥工程

温度によるダメージを完全になくすために、室温下で試料を乾燥できる凍結トラップ装置を組み込んだ低圧乾燥工程を構築した(図2)。

密閉容器(チャンバー)内の空気圧を下げ、蒸発した水分を凍結トラップ装置で取り除く。チャンバー内にシリカゲルを敷き詰めることで、トラップ装置で除去しきれなかった水分を吸収させ、乾燥することができる。

乾燥に必要な時間も、これまでの 40℃での乾燥工程では約2日かかっていたが、今回の方法を用いると、1日足らずで乾燥が可能となった。以上の結果から、当該工程による乾燥が有効と判断された。

なお、当該工程は、凍結乾燥装置で代替できることは言うまでもないが、当該装置一式は小型の凍結乾燥装置の半分以下の価格で構築でき、比較的多い試料乾燥が可能である。

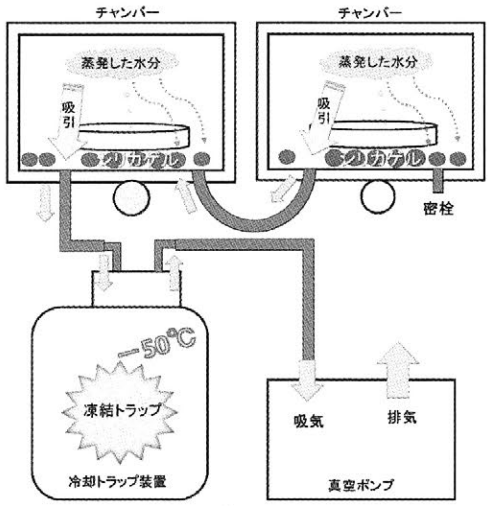


図2 凍結トラップによる低圧乾燥装置

② テトロンメッシュによる粒径篩別による海綿骨針を中心とした粒子除去工程

海浜部に立地する水田土壌には、海綿骨針が大量に含まれ場合が少なくない。これらは比重がプラント・オパールとほぼ同じであり、長さは 100～300 ミクロン程度であるが直径が10～20ミクロン程度であるので、これまでの用いてきた比重分画や粒径分画では除去できない。海綿骨針そのものは遺伝情報の汚染源とはならないが、これらを含む土壌では、抽出試料中におけるプラント・オパールの密度が大きく下がるため、解決する必要がある。

除去には、海綿骨針だけが対象となる80～120ミクロンのテトロンメッシュを水平に張り、そこに試料をごく薄く展開し、クリーンベンチ内で試料を水平に移動させ、篩別する方法を試みた。その結果、この処理を 2 回反復すると大部分の除去が可能であった。

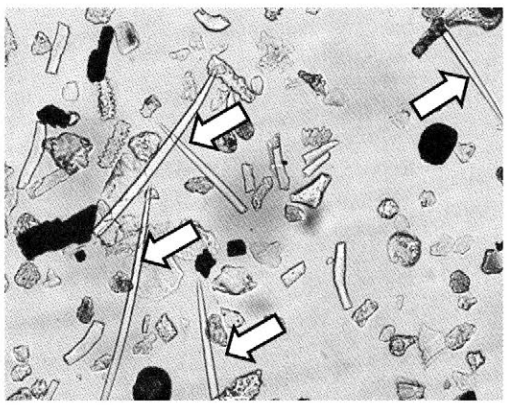


写真1 夾雑している海綿骨針

4. 新しく構築した抽出処理工程の効果について

1)プラント・オパールの抽出:光学顕微鏡下での観察では、海綿骨針を多量に含む土壌も含め、プラント・オパールの純度の高い試料が抽出されている。ガラスビーズを用いて定量した元土と抽出試料中のプラント・オパール数から求めた抽出率は、14～87%と試料によるバラつきが見られたものの、抽出量としては、どの試料も採取時重量 500gの土壌から、DNA 分析 50～100 回分を確保できた。

2)プラント・オパールからの遺伝情報の抽出状況:供試試料①～⑤から抽出したプラント・オパールについてDNA 分析を行った結果、現生イネと同じサイズの DNA 断片を確認することができた。また、従来の 40℃乾燥工程と新しい乾燥工程による試料から抽出できた葉緑体内の 2 つの遺伝子について抽出率を比較したところ、*rps16*遺伝子は従来の 80%が 100%となった。*Orf100*遺伝子では、10%が 40%近くに上昇しているという結果を得ている。

5. まとめ

新しい乾燥工程を導入したプラント・オパール抽出方法は、乾燥時間が短縮でき(2 日→1日)、DNA 分析に十分な抽出量を確保できている。また、現段階では限られた分析数ではあるが、遺伝情報の抽出状況も従来よりも優れており(少なくとも遜色なく)、更新に値する処理工程であると考察される。

良渚遺跡群荀山地区における水田遺構探査

Investigation of the ancient paddy fields buried in the Xun Shan area located in Liangzhu Sites Group

○ 宇田津徹朗（宮崎大学）・田崎博之（愛媛大学）・中村慎一（金沢大学）・浦谷綾香（宮崎大学）・劉斌（浙江省文物考古研究所）・王寧遠（同）・鄭雲飛（同）
○Tetsuro UDATSU(Miyazaki Univ.)、 Hiroyuki TASAKI(Ehime Univ.)、 Shinichi NAKAMURA (Kanazawa Univ.)、 Ayaka URATANI(〃)、 Bin LIU (Zhejiang Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology)、 Ningyuan WANG(〃)、 Yunfei ZHENG(〃)

1. はじめに

筆者らは、中国浙江省に所在する良渚遺跡群において、基盤整備型水田による稲作（弥生時代と同様な水田造成と水田稲作）が営まれていた地域の存否について調査を行ってきた。

調査では、日本列島・朝鮮半島南部の弥生時代・青銅器時代の水田立地（田崎 2002など）にもとづき、踏査による現地表の地形ならびに標高から水田造成適地（後背湿地や旧河道の縁辺、丘陵や段丘裾に開析された小規模な谷底面、段丘裾に形成された扇状地の先端付近、沖積平野に面した段丘面）を探索し、図に示す6つの調査区を設定した（宇田津・田崎ら2014、2015）。

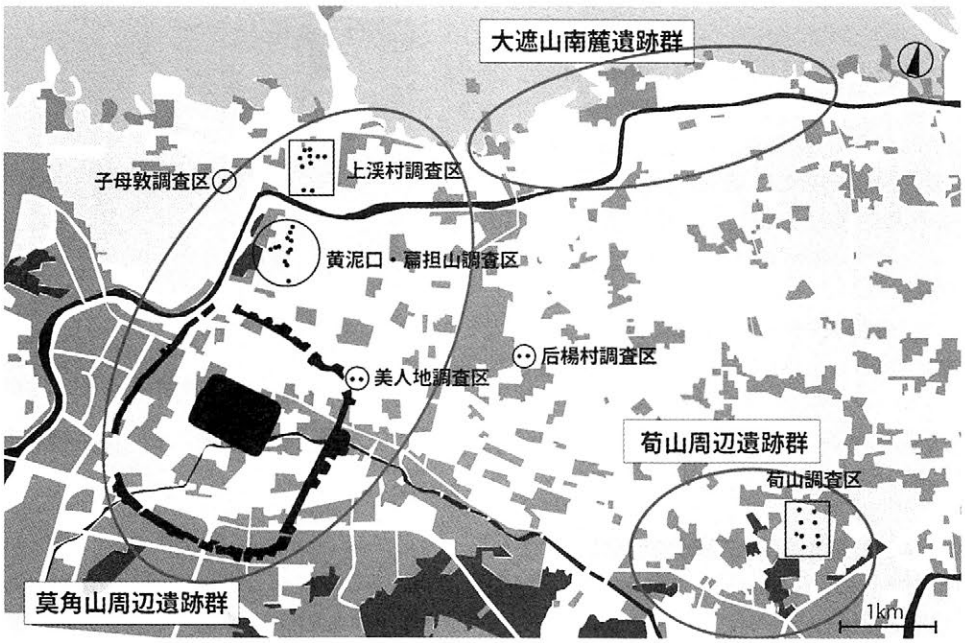


図1 良渚遺跡群における調査区の所在

各調査区では、良渚文化期の地層を含む地表下3mまでのボーリングを実施し、埋没微地形分析、堆積相分析ならびに採取土壌のフラント・オパール分析を行い、水田遺構の探索を行った。その結果、地形や堆積状況ならびにフラント・オパール検出密度から、上渓村調査区と荀山調査区が候補地として選定された。中でも荀山調査区は、良渚文化期の地層が確認されていることから水田遺構探査の対象として最適と結論づけられた（宇田津2016）。

そこで、2015年度からは当該調査区において水田遺構の埋没推定域ならびに試掘候補地を特定するためのボーリング調査を実施した。ここでは、その概要と結果を報告する。

なお、荀山調査区での調査は、2014年度までは基盤研究B（課題番号：24401002「長江下流域における基盤整備型水田の成立期に関する学際的研究」）、2015年度からは新学術領域研究（研究領域提案型 課題番号15H05968「イネの栽培化と植物質食料資源の開発」）によるものである。

2. 荀山調査区について

良渚遺跡群は東西11.5km、南北7kmの範囲に分布し、その面積は約42km^{2}におよぶ(浙江省文物考古研究所編2005)。遺跡群内には、遺跡が顕著に集中する3つの地域が確認されており、「莫角山周辺遺跡群」、「大遮山(天目山)南麓遺跡群」、「荀山周辺遺跡群」(図1)と整理されている(中村2003など)。荀山調査区は、この荀山周辺遺跡群の中心部分の標高2.3～2.8mの沖積低地に位置する(図2)。

3. 調査の概要と結果

前年度までのボーリング調査データならびに採取土壌のプラント・オパール分析結果から、当該調査区内に良渚文化期の水田が存在していると判断された。2015年度は、この沖積低地における河道や自然堤防など水利環境の復元を中心に行った。これに加えて、プラント・オパール分析による水田土壌の分布調査を実施し、水田遺構の埋蔵域ならびに試掘候補地を選定した。

具体的には、調査区をほぼグリッド状に網羅するように追加ボーリングを行い、堆積相分析ならびに採取土壌についてプラント・オパール定量分析を実施した。

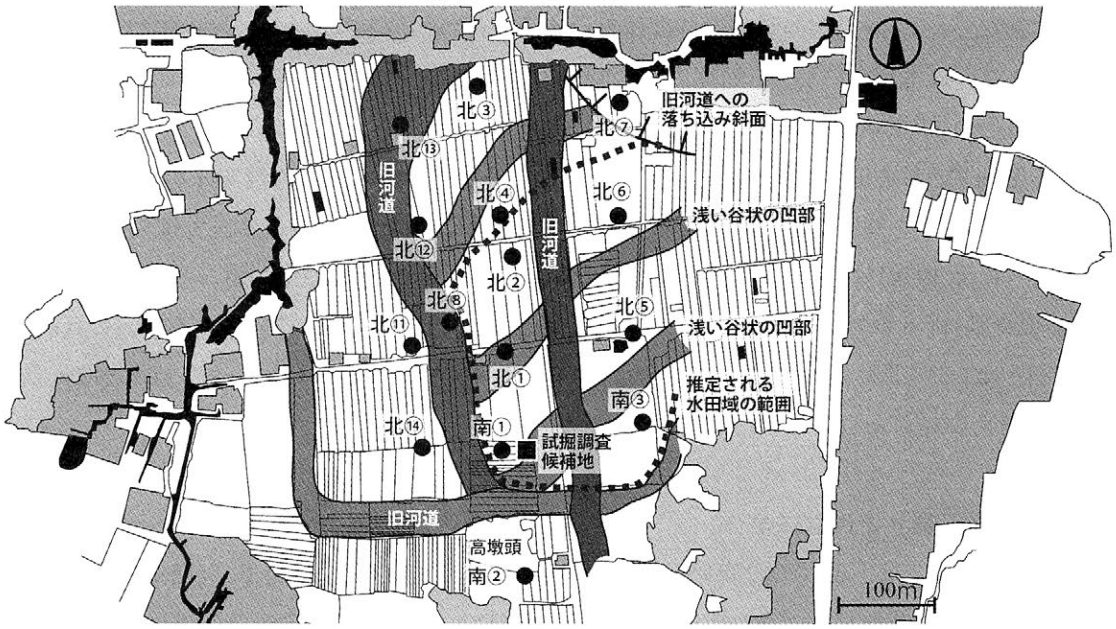


図2 ボーリング地点ならびに水田遺構探査結果(荀山調査区)

埋没微地形分析と堆積相分析の結果からは、良渚文化期の地層が発見されている現地表下0.7～1.3mに、北から流れる旧河道がつくる浅い谷状の凹部が列状に並び(図2参照)、その間に比高差30～50cm前後の微高地が展開する景観を復原できる。浅い谷状の凹部には湿地性堆積物が、微高地上には土壌の形成が確認された。土壌からはイネプラント・オパールが検出(多い地点では7,000～10,000個/g:日本では5,000個/gで水田が検出されている)され、この土壌が水田層に相当すると判断された。

以上の結果から、図2に示すとおり、当時の水田域は少なくとも南北約300m、東西200m以上におよぶと推定され(図中の破線)、試掘候補地としてはイネプラント・オパールの検出密度が高い地点が集まる調査区南側が適当と考えられる。また、紙幅の関係で詳細は割愛するが、標高とイネプラント・オパールの検出量との関係に着目すると、標高が1.7～1.85mでは高く、標高が1.25mでは低い。この結果と現地の地下水位の状況を勘案すると、当時の水田は湿田または半湿田であったと考えられる。プラント・オパール検出量から推定される百年単位の稲作が、こうした数十センチの起伏がある地形の下で営まれたとすれば、当該地域には水路をはじめとする水利施設が存在した可能性が示唆される。

4. まとめと今後の展望

荀山調査区での水田遺構探査の結果、良渚文化期の水田域の広がりの一部を把握するとともに水利施設の存在が示唆された。今後、未調査部分の探査を進め、当該地域における良渚文化期の水田稲作像を明らかにしてゆきたい。

偽石器はどうしてできたのか？
What Formation Process were Stone Tools-like Geofacts Produced by?

○上峯篤史（京都大学）
○ Atsushi UEMINE (Kyoto Univ.)

1. 研究の背景と目的

割れ面をもつ一つの石を取りあげて、それが人の手による石器か、偶然に石器らしく割れた自然礫なのかを見分けることは、時として困難である。人工品に頻繁にみられる特徴は、しばしば自然破砕礫にも観察される。そのような資料に、研究者が型式論や国内外の事例との比較にもとづく予見を投影することで、人工品としての評価に疑問符がつく「偽石器」が生み出される。近年にわかに活発になってきた、日本列島における前期旧石器時代の存否をめぐる論争も、石器と偽石器をどのように区別するかという点に核心がある。

両者を区別する普遍的な基準をもとめることは、先学の蓄積を参照すれば現実味がなく、偽石器とはどのようなものかを知っておくことが今後の科学的な議論の指針となろう。発表者は先に「金木の偽石器」（杉原 1954）に注目し、現地調査と採集資料の観察にもとづいて、偽石器が生じる環境や偽石器の特徴、両者の対応関係についての見解を取りまとめた（上峯ほか 2016）。本発表の目的は、旧稿のエッセンスを取りまとめるとともに、検討が不十分であった大形資料について特徴と地質学的な成因を考えることにある。

2.「金木の偽石器」とはなにか？

「金木の偽石器」は、現在の青森県五所川原市金木地区一帯で採取できる、自然破砕礫資料体である。1950 年代前半に注目された学史上著名な資料で、しばしば「礫層から出土する石器」の人為性を疑う根拠とされる、偽石器の典型例である。発表者らは、1950 年代当時に未解明、未公表に終わった「金木の偽石器」の実態を解明・共有すべく、金木地区を訪れてあらゆる露頭を調査した。偽石器の包含層準や産状を確認するとともに、約 670kg におよぶ石製資料を採取し、観察した。「金木の偽石器」は硬質頁岩を母材とし、その給源は金木地区の背後山地である津軽山地を構成する新第三系にもとめられる。偽石器を包含する砂礫層は、MIS6 や 8 に形成された複合扇状地性の段丘面構成層で、寒冷期に表層崩壊が多発するなかで、金木地区一帯に硬質頁岩をふくむ砂礫層が堆積したと考えられる。

「金木の偽石器」の成因は、①断層活動や急激な温度変化による破砕、②土砂移動にともなう石片縁辺の損傷にある。発表者の採集資料によれば、硬質頁岩製資料の約 20%が、あたかも粗雑に調整された剝片石器や、その製作残滓のように見える。それらを既存の石器分類にあてはめると、削器、錐、抉入石器や尖頭器、剝片、チョッパーや石核に分類できる。資料分析の結果、石器に見立てた場合に素材面（一次剝離面）に相当する大きな剝離面が先の①と、二次加工に相当する小さな剝離痕が②によって生じたと判断される。

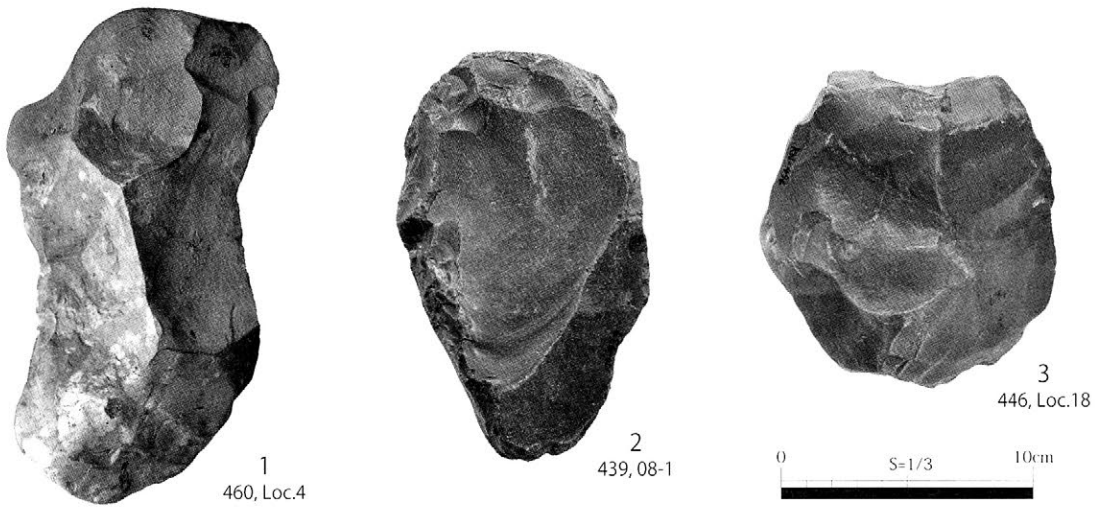


図 1　金木地区採集の石核様資料（偽石器）

3.「金木の偽石器」の観察

「金木の偽石器」には、最大長 3cm 程度の小形資料から 15cm をこえる大形資料までがある。二次加工状の剝離痕の形成過程にかんするデータは、小形資料では硬質頁岩片が土砂移動に巻き込まれ、何かにぶつかって縁辺を損傷し、そのような剝離痕が生じたことを示唆している。一方で大形資料では、別の小さな物体（土砂にふくまれる礫など）がぶつかることで、割れが生じると考えられる。とりわけ大形資料では石核様資料（図 1）が目立つが、人の手による石核とくらべた場合に剝離痕が 1 ～数枚程度にとどまる点が奇異で、石材消費の観点から違和感を認めうる。また金木地区では、円礫・亜円礫に多数の剝離痕がのこされたような石核様資料は自然には生じない。上述した偽石器の成因と、金木地区の地形環境がそれを許さないからである。偽石器を構成する各面は形成時期に相応の幅を持つはずだが、パティナの考古学的識別の分解能よりは短いようで、多重パティナを指摘しうる資料は約 7%しかない。これを石器と考えた際に「自然面（原礫面）」と判断する面と「剝離痕」と判断する面では、風化・水磨の進行程度の差は真正の石器にくらべて大きくない。やや風化や水磨をこうむった角礫～亜角礫に、それよりもわずかに風化・水磨の影響が弱い「剝離痕」がともなうにすぎない。

5. 結論

偽石器では、その分布のみならず偽石器の面構成など考古学的な特徴についても、岩石の給源や地形から論理的に説明できる。石器と偽石器の識別に必要なのは、遺跡学や痕跡学の観点から資料を観察するという基本姿勢である。これが貫かれる限り、少なくとも硬質頁岩のような考古学的解像度が高い石材において石器と偽石器の識別は難しくない。

引用文献

上峯篤史・菊池強一・渡辺満久・朝井琢也・松藤和人 2016「偽石器の変異と成因―青森県五所川原市金木地区における事例研究―」『旧石器考古学』81、pp.1-28。
杉原荘介 1954「青森県金木砂礫層出土の偽石器」『INQUA 日本支部連絡誌』7、pp.2-3。

東名遺跡（縄文時代早期）における環境変遷と生業

○金原正明（国立大学法人奈良教育大学）、西田巌（佐賀市教育委員会）、金原美奈子（一般社団法人文化財科学研究所）、渡邊英明（一般社団法人文化財科学研究所）

○Masaaki KANEHARA (Nara university of education) Masaaki Kanehara(Nara University of Education), Iwao Nishida(Saga-shi Board of Education), Minako Kanehara(Cultural assets scientific research center), Hideaki Watanabe(Cultural assets scientific research center)：Environmental changes in Higasimyo site(Early Jomon period)

東名遺跡は、西日本最大の貝塚が形成され、そこからの遺物は膨大な量であった。2015年度で整理および分析の一応のまとめの報告を行った。ここではそれに基づき、環境変遷と生業をまとめる。

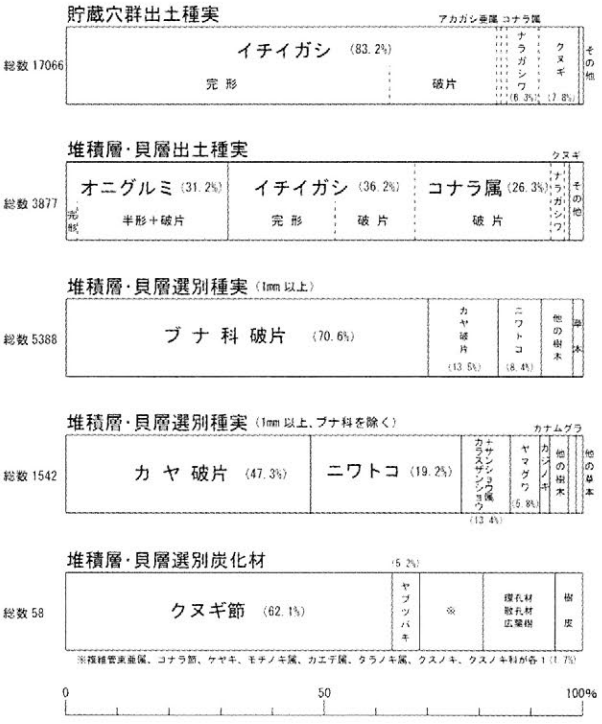
1．環境と植生とその変遷

基本土層を設定し各分析同定を行っきた。周辺地域にはイチイガシ林が優勢に分布し、イチイ科－イヌガヤ科－ヒノキ科（種実遺体からカヤ）が河道周辺などに分布し、海外沿いの遺跡周辺ではシイ属－マテバシイ属やムクノキが分布し、貝塚周辺にはナデシコ科やカヤツリグサ科などの草本とニワトコの低木が分布していた。なお、最下部は、コナラ亜属とヨモギ属などの草本の多い植生の分布が示唆されてきた。昨年度分析地点を増やし追加検討を行った。

Gトレンチでも前述と同じ環境と植生が示されるが、やや南側のIトレンチ北壁、南部のNベルト下部では、環境と植生の変遷が示唆できる群集が得られている。Iトレンチ北壁では、下部は淡水の沼沢湿地付着生の珪藻の優占から内湾種の優占へと変わり、陸生珪藻が優占し、内湾種の優占へと変化し、再び陸生珪藻の優占へと変わり、最上部で内湾種の優占へと変化する。このことから、海進によって海水準が上昇して停滞した期間があり、貝塚南部では淡水の沼沢湿地が形成され、海水準が上昇すると内湾海域の海水が入り込み、再び海進が停滞して湿地状の陸生珪藻が繁茂し、これを繰り返す。貝塚形成期間には、下部の沼沢湿地の時期を加え、3回海面上昇が短期間停滞した時期があったとみなされる。植生をみると、沼沢湿地から内湾環境へと移り変わるIトレンチ北壁下部では、カヤツリグサ科など草本の分布からコナラ亜属の森林へと変遷し、さらにコナラ亜属の森林が衰退する。コナラ亜属の森林は連続性がないことと、遺跡からクヌギ果皮が検出されることからクヌギと考えられる。海進の影響によって植生が破壊され、海水準の上昇の短期間の停滞があったため、草本の繁茂からクヌギ林へと遷移し、遺跡の南部では沼沢湿地が形成された。海水準が上昇すると、クヌギ林の多くは水没し衰退したと考えられる。南部のNベルト下部では、中-真塩性種の珪藻が混ざらず貧塩性種のみの沼沢湿地付着生種を主に好流水生種を伴う群集であり、流れ込みのある淡水の沼沢湿地が分布していた。

2．貯蔵穴と堆積層・貝層の大型植物遺体の特徴と生業

東名遺跡では貯蔵穴群が検出されたが、その多くからイチイガシの果皮が検出されている。貯蔵穴群出土の種実を統計すると（図）、その83.2%がイチイガシであり、クヌギ7.8%、ナラガ



シワ 6.3%と、イチイガシを主にクヌギ、ナラガシワで占められ、貯蔵穴にはこの３者が入っていた。また、ある程度数量があり、これらドングリ類の比率が計れる貯蔵穴では、イチイガシが 50%以上のものが 40（74.1%）、そのうちイチイガシだけのものが 23（42.6%）と極めて優占する。また、ナラガシワが多少は入るものもやや多い。クヌギ 50%以上は 8（13.0%）、ナラガシワ 50%以上は同じく 8（13.0%）で、クヌギは単独性が高いが、ナラガシワはイチイガイが入る傾向にある３者が著しく混在するものはない。なお、ドングリの成熟時期が異なり、クヌギは早く９月から、ナラガシワは 10 月中旬から、イチイガシは 11 月と遅く、採集時期の異なりが反映されたものとみられるが、貯蔵等に異なりがある可能性がある。なお、これら統計には入らないが、SK2089 に堆積層としてシイ属の果皮片が大量に投棄され、一部のも同定したがシイ属は基本的に貯蔵穴には入れられないとみなされる。堆積層・貝層出土の種実（図）では、オニグルミが最も多く、半形と破片が多く、割られ種子が取り出され投棄されたとみなされる。また、オニグルミは貯蔵穴には入らない。堆積層・貝層にはイチイガシも多く、果皮片は破片なのでコナラ属と同定したほとんどがイチイガイとみなされ、取り除かれた果皮は堆積層・貝層に捨てられている。少ないがナラガシワとクヌギも出土する。イチイガシでは完形のもやや多く、捨てられたのか、貯蔵穴とは異なる利用を行っていた可能性も考えられる。堆積層・貝層からは 1mm 以上の大型植物遺体が選別されており、その部分的な同定を行った（図）。細片のためブナ科破片としたが、イチイガシの果皮の細片が極めて多く、70%にも達する。これを除けば、カヤ核の破片が多く、割られ種子を取り出し投棄されたとみなされる。カヤも貯蔵穴には基本的に入らない。直接割られ核片が捨てられている。次にニワトコが多いが果実は食べることができず、酒を造ったという説もあるが不明である。ただ、何百粒がまとまって検出される試料もあり、一括した投棄の可能性があり、利用を考える必要もあるかも知れない。他はカラスザンショウ、ヤマグワ、カジノキと中には食べられる種類もあるがいずれも二次林種である。堆積層・貝層の選別大型植物遺体の炭化物（図）で、同定できる破片を同定した結果、クヌギ節が 62.1%と大半を占め、ヤブツバキ（5.2%）で他は１ずつ等であった。東名遺跡の縄文人は、選択的にクヌギ材を燃料として多用していた。クヌギ材は燃えるときパチパチと爆ぜず、類焼を防ぐための知恵と考えられる。東名遺跡のおける植物性食料は多いものから、イチイガイを主にナラガシワ、クヌギ、シイ属の堅果類が圧倒的に多く、次いでオニグルミやカヤ、他にヤマグワやムクノキなども食べられていた。栽培植物としてはヒョウタンとアサが少ないが検出された。

福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土馬冑の構造と材質に係る研究

Study of chamfron structure and techniques by Funabaru tomb in Koga City, Fukuoka Prefecture

○小林啓(九州歴史資料館)、加藤和歳(同左)、岩橋由季(古賀市教育委員会)、甲斐孝司(同左)、森下靖士(同左)、横田義章(同左)、今津節生(奈良大学)

○Akira KOBAYASHI, Kazutoshi KATO(Kyushu historical museum), Yuki IWAHASHI, Koji KAI, Yasushi MORISITA, Yoshiaki YOKOTA(Koga city boaed of education), Setsuo IMAZU(Nara university)

1. はじめに

船原古墳遺物埋納坑からは古墳時代後期(6 世紀末から 7 世紀初頭)の馬具・武具・武器類が未盗掘の状態で発見された。これまでの調査により、金銅製歩揺付雲珠やガラス装辻金具・雲珠など国内では他に例を見ない学術的・資料的価値の高い遺物が数多く発見されている。本稿ではこれら膨大且つ多彩な資料の中から、国内 3 例目の発見となる馬冑について、構造や材質、製作技法などの調査結果について報告する。

2. 資料と方法

船原古墳遺物埋納坑は L 字形の土坑で、馬冑はその中央部付近から出土している。馬冑は天地が逆さまになった状態で発見され、床面と接する部分には錆化した木質が付着している箇所もあった。箱などの容器に入れて埋納していたと考えられる。取り上げ後は、X 線 CT スキャナによる調査とその画像を元にクリーニングを繰り返し行ない、構造や製作技法を調査した。

3. 調査結果

馬冑は、面覆部(羽子板形の上板と左右の側板)、庇部(面覆部の後部に連結する半円形の部分)、左右の頬当部により構成されている。全体は 6 枚の鉄板で組み上げられ、鉄板の端部は全周外側に折り返し縁取りが施されている。全長は 48.5cm、幅(最広部)28cm、鼻先 23cm、庇の高さ 8.5cm である。

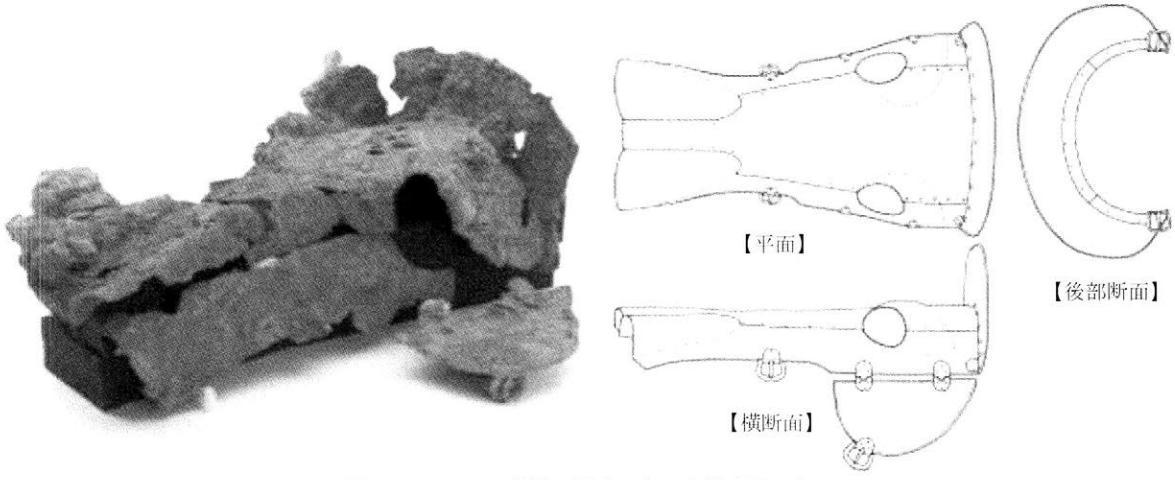


図 1：クリーニング中の馬冑（左）と模式図（右）

【面覆部】

左右の側板の上に羽子板形の上板を重ね鋲で留めている。鋲は、径 3mm、およそ 28mm 間隔で打たれ、片側 18 箇所、合計 36 箇所となる。鼻先は、裏側から鉄板を打ち出し膨らみを持たせており、眼孔部の後部も同様に曲面を作り出す。

側板の下方と後方には鋲具が取り付けられている。鋲具はU字形の「縁金」とT字形の「刺金」で構成され、小判型の鉄板を折り曲げ刺金を挟み込み側板に直接鋲留めしている。

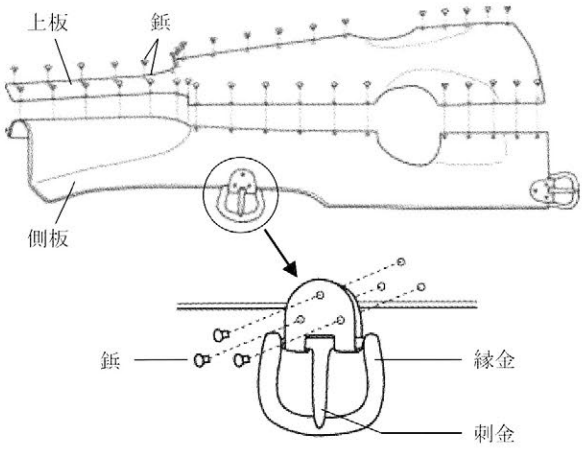


図 2:面覆部の模式図

【庇部】

庇部は 1 枚の鉄板で作られており、正面右側が一部欠損しているが、残っている部分の形状から本来は半円形だったと推測できる。

面覆部と庇部は鋲で固定されており、面覆部の端部をL字形に折り上げて、その前方に庇部の鉄板を重ねて鋲留めしている。鋲は、径 3mm、概ね等間隔に打たれ合計 10 箇所となる。

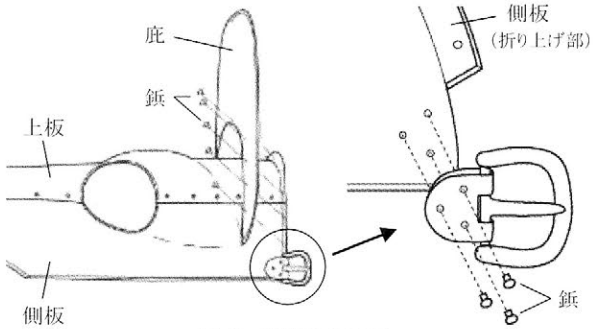


図 3：庇部の模式図

【頬当部】

頬当部は 1 枚の鉄板から作られており、全体は図 4 の様な形状となる。

頬当部と面覆部の接続には、蝶番を用いている。蝶番は、2 枚の小判型の鉄板を折り曲げ上部を凹型に下部を凸型にして組み合わせ、間に芯棒を差し込み稼働するようになっている。凹型を頬当部側、凸型を面覆部側に配して、3 箇所を鋲で打ち取り付けている。頬当部の下前方には鋲具が取り付けられており、鋲具の形や構造は、面覆部のものと同じである。

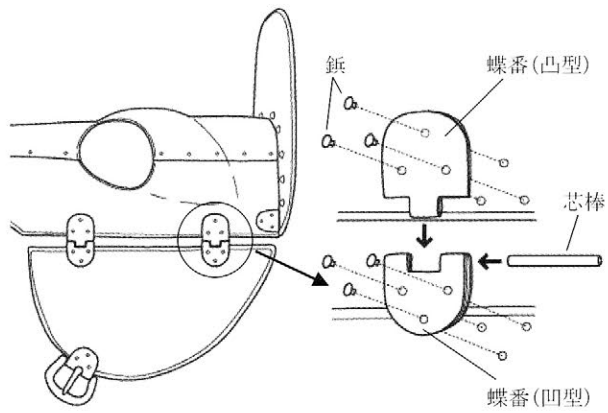


図 4：頬当部の模式図

4. まとめ

国内出土の馬冑には、埼玉県埼玉将軍山古墳と和歌山県大谷古墳の 2 例があり、前者は面覆部の上板を分割する系統、後者は分割しない系統である。国内 3 例目となる本報告の馬冑は、後者の上板を分割しない系統にあたり、形状や構造は大谷古墳の馬冑に似るところが多い。一方で、側板の下方・後方、頬当に鋲具が付く、頬当と側板の接続に蝶番を用いるなど上記 2 例にはない新たな特徴も明らかとなった。今後、韓国出土の馬冑との比較・検討により更なる調査を進めて行きたい。

終末期古墳における目地漆喰使用箇所の検討
Consideration on the distribution of the joint plaster in tumuli of Final Kofun Period

○朽津信明、前川佳文（東京文化財研究所）
○Nobuaki KUCHITSU, Yoshifumi MAEKAWA
(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

高松塚古墳など、終末期古墳では漆喰が使用される事例が少なくないが、古墳における漆喰使用の初期段階では、石室を構成する石材表面には塗布されることなく、石材間の目地にのみ用いられる事例があることが指摘されている[1]。本研究では、古墳の石室目地に漆喰使用が指摘されている事例について、その現存箇所を精査するとともに、材料分析を試みることから、初期段階における古墳への漆喰使用について議論の構築を試みた。

2. 調査対象

石室目地に漆喰の使用が指摘されている古墳の中で、岩屋山式と呼ばれる横穴式石室を持つ一連の終末期古墳が畿内にいくつか知られている[2]。その中で本研究では、相互に類似した石室プランであることが指摘されている、峯塚古墳（天理市）、ムネサカ１号墳（桜井市）、小谷古墳（橿原市）において、石材間の目地に現存する材料を非破壊で調査した。峯塚古墳は全長 11m、玄室長 4.6m、幅 2.7m、高さ 2.3m、ムネサカ１号墳は全長 16.6m、玄室長 4.6m、幅 2.7m、高さ 2.4m、小谷古墳は全長 11.6m、玄室長 5.0m、幅 2.8m、高さ 2.8m、の横穴式石室を持つとそれぞれ報告されている。

図１．峯塚古墳における薄茶色目地

3. 現存する目地材料

各古墳の目地に現存する物質は大きく二種類に分けられ、白色で均質な物質と、薄茶色で砂粒を含有する物質とのいずれかまたは両方が部位によって認められた（表１）。

峯塚古墳では、天井石と側壁石材との隙間に目地物質は現存せず、側壁や奥壁の石材間に薄茶色物質のみが認められた（図１）。ムネサカ１号墳では、天井石と直下の石材との間の最表面には、白色物質が認められ（図２）、その奥部や、側壁石材同士の間の最表面には薄茶色物質が認められた（図３）。小谷古墳では、天井石と直下の石材との間にも側壁石材同士の間に

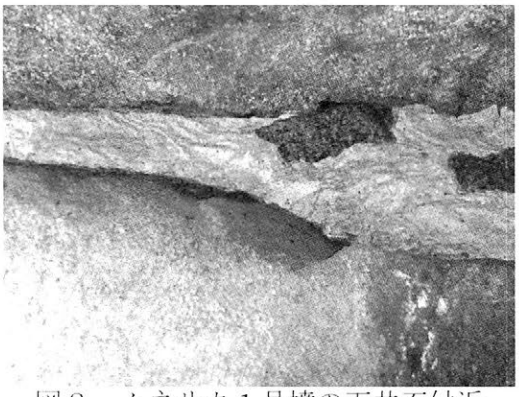


図２．ムネサカ１号墳の天井石付近

も、いずれも最表面には白色物質の残存が認められ（図４）、その奥部には薄茶色物質が確認された。

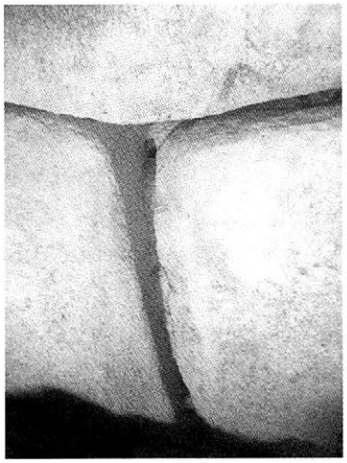


図３．ムネサカ１号墳側壁

4. 化学分析と結果

それぞれの現地において、認められた目地材料について非破壊で元素分析[3]を行った。その結果、いずれの古墳でも白色物質からはほぼカルシウムのみが検出され、薄茶色物質からはカルシウムは顕著には検出されず、鉄が検出された。

5. 考察

以上の結果から、今回調査を試みた峯塚古墳、ムネサカ１号墳、小谷古墳では、目地材料として漆喰と粘土とのいずれかまたは両方が部位によって現存していると言える（表１）。現存部位の残存状況から、現状が当初の使用状況を反映していると仮定すると、それぞれの古墳ごとにそれぞれの材料の使用法が異なっていると解釈されることになる。すなわち、峯塚古墳では漆喰は使用されず、ムネサカ１号墳では天井付近の表面のみに限定的に使用された可能性があり、これに対して小谷古墳では各目地の表面付近にはふんだんに漆喰が使用されていた可能性が考えられる。これは、石室構造が相互に類似していても、使用材料の面では異なる考え方が存在していたことを意味すると考えられる。岩屋山式以外でも、例えば岩屋山亜式とされる西宮古墳（平群町）や艸墓古墳（桜井市）でも漆喰現存箇所は天井石付近の最表面に限定され奥部には粘土が見られ（図５）、他地域でも例えば福山市の曽根田白塚古墳など、目地漆喰現存箇所が天井石近傍に限られる事例は他にもあり、何らかの機能的な理由で当初から限定的に目地漆喰が使用された場合が他にもあった可能性があるかも知れない。

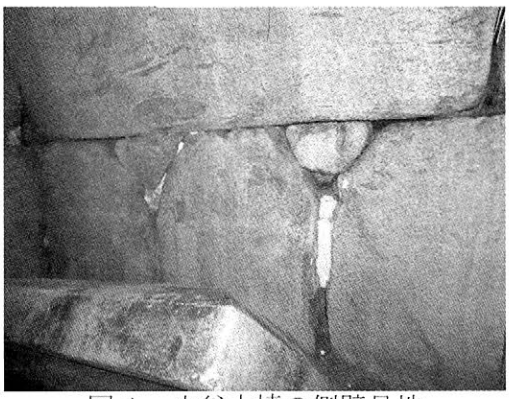


図４．小谷古墳の側壁目地

図５．西宮古墳天井石近傍の漆喰と粘土

文献 1)安田博幸・白石太一郎（1972)『壁画古墳　高松塚』76-81、2)白石太一郎（1967)，ヒストリア, **49**, 26 、3)朽津信明（2003）保存科学, **41**, 19

古墳名	天井石直下	側壁石材間	各目地奥部
峯塚		粘土	粘土
ムネサカ１号	漆喰	粘土	粘土
小谷	漆喰	漆喰	粘土

表１．各目地で現存が確認された材料

後期・終末期古墳における目地材料の骨材について

Aggregate for joint material in tombs of the Late and Final Kofun.

○前川佳文・朽津信明（東京文化財研究所）
○Yoshifumi MAEKAWA, Nobuaki KUCHITSU
(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

後期・終末期古墳の石室・石槨では、石材間に目地材料の使用が確認される場合がある。その種類には大きく分けて粘土と漆喰の二種類があるとされるが[1]、ここでは特に広島県福山市で粘土目地が観察される事例について着目し、より詳しく見て行くことにする。対象として選んだのは大坊古墳（図1）と山の神古墳（図2）であり、両古墳の築造年代には約半世紀前後の違いがあると推定されている[2]。

図1. 大坊古墳における粘土目地分布図[3]

図2. 山の神古墳における粘土目地分布図[3]

2. 大坊古墳・埋葬施設内にみられる粘土目地

大坊古墳は、広島県福山市神辺町にある7世紀の前半に築かれたとされる終末期古墳である。石室には切石状の花崗岩を使用し、玄室を構成する奥壁には大石が1枚、側壁には左右共に2枚ずつがほぼ対象に配されており、この構造が構築時期を定める上での重要な情報源のひとつとなっている。

本研究において着目する粘土目地は、この石室を構成する石材間の隙間を埋める形で使用されている。主に長辺が2m以上の巨石のみが使用されていることからおのずと石材間に生じる隙間は限定的となるが、その殆どに現存する粘土目地を確認することができる。

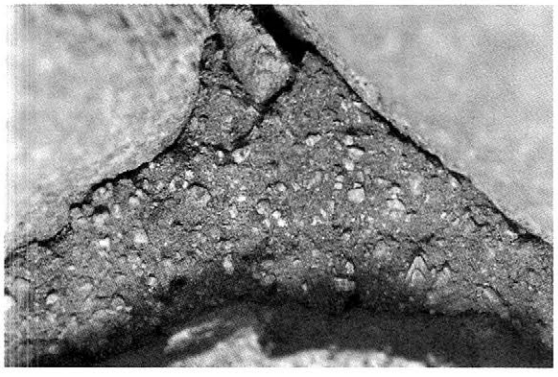


図3. 大坊古墳の粘土目地

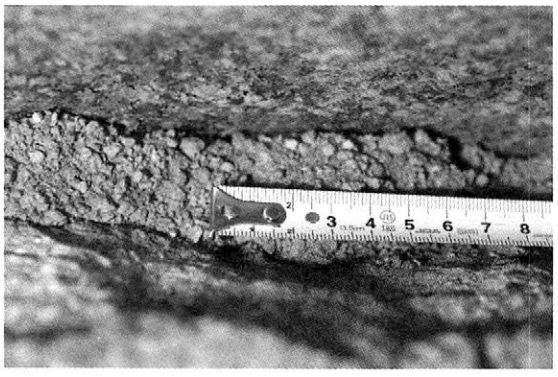


図4. 粒径の実測調査

また、この粘土目地には粒径の異なる淘汰度の低い細角礫が均等に分布している様子が観察され（図3）、実測の結果、粒径は2mm～4mm程度であることが分かった（図4）。

3. 山の神古墳・埋葬施設内にみられる粘土目地

山の神古墳も大坊古墳同様広島県福山市（駅家町）に位置し、6世紀中頃の後期古墳と推定されている。石室は、0.5～1.5m程度の石材を細かく積み上げて構成されており、大坊古墳と比較すると、石材間の隙間は圧倒的に多いといえる。

しかしながら、現存確認ができる粘土目地はごく僅かであり、その素材には大坊古墳とは異なり、円磨された砂が認められるに留まる（図5）。

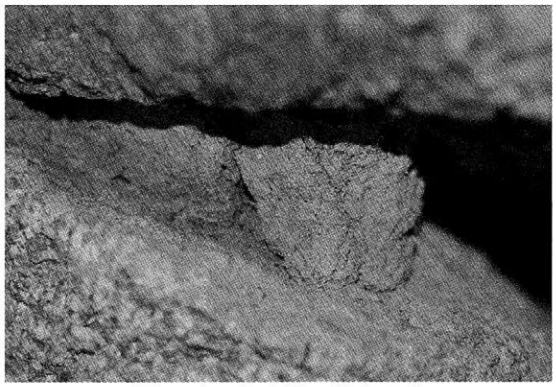


図5. 山の神古墳の粘土目地

4. 考察

以上の結果から、大坊古墳と山の神古墳にはそれぞれ粘土目地が確認されたが、粘土内に含まれる粒子の形状や現存状況には違いがあると言える。通常、風化により形成された粘土であれば、単結晶ではない岩片粒子が混在することは考えにくく、粘土が水中で堆積して自然に形成された地層だとすれば、岩片は円磨により円礫になっているはずである。従って、大坊古墳の目地に見られた粘土中の細角礫は、人為的に岩石片が砕かれ混入された可能性が考えられる。その一方で、山の神古墳にはそういった混入はなかったことになる。

人為的に細角礫が混入されたとすれば、それは骨材としての利用が考えられる。粘土に骨材を混入する利点としては収縮抑制や材料の節約が考えられるが、その形状や活用方法により耐久性は大きく変化する。例えば、粗粒骨材のみを利用した場合には、骨材間の隙間が大きくなり、それを満たすための繋ぎ材が多く必要となることから、耐久性に乏しくなり、細粒骨材ばかりであっても、骨材同士を繋ぎ合わせる繋ぎ材が多く必要となることから同様のことがいえる。

大坊古墳の粘土目地に着目してみると、粗粒骨材と細粒骨材が混ざり合う状態にあることでこうした弱点を補い、その活用法は理にかなっている。また、人為的に加工されたと推察される角礫は、円礫と比較すると表面が粗く粘土材の噛み付きが増すことで耐久性の向上に繋がると考えられることから、残存率が高い理由のひとつかと解釈される。これに対して山の神古墳では、こうした骨材への配慮がなされていなかったことが原因で既に崩落し、残存率の低い状況を生み出したのではないかと考えられる。

5. まとめ

大坊古墳は築造年代が山の神古墳より下ることから、技術の発展や改良があった可能性が考えられる。このことは、古墳造営に関わった技術者集団が異なり、単に持ち合わせた技術や知識の違いによるものとも考えられるだけに、より多くの事例調査を継続して行ってゆく必要がある。しかし、骨材の種類や含有率が目地材料の耐久性に影響を及ぼす可能性に言及できたことは、今後の古墳保存を考えてゆくうえでも重要であるといえる。

文献　1)朽津信明・前川佳文（2016）『終末期古墳における目地漆喰使用箇所の検討』日本文化財科学会第33回大会 2)福山市の指定・登録文化財〈http://www.city.fukuyama.Hiroshima.jp/soshiki/bunkazai/63787.html〉（2016/4/14アクセス） 3)粘土目地分布図作成に当たっては、脇坂光彦・小都隆（1991）『探訪・広島の古墳、芸備友の会』より引用、加筆

繊維遺物鑑別のための基礎研究
—国内各産地の大麻繊維の未処理・人工炭化・人工劣化の比較—

Microscopic Study for Identification of Archaeological Fibers
—Comparison with Hemp Fibers from Different Districts in Japan, Untreated Fibers and Artificially Carbonized Fibers and Artificially Degraded Fibers—

○ 伊藤美香(昭和女子大学)、小原奈津子(同左)
○ Mika Ito, Natsuko Kohara (Showa Women's University)

1. はじめに

繊維遺物の鑑別には比較対象となる標品繊維との形態比較が最も簡便で有効とされているが、劣化分解した繊維や炭化した繊維など、原形とかけ離れた形状となってしまった繊維遺物は鑑別が困難である。そのため、鑑別のひとつの指標となるように、特定の植物繊維について、これらの形態を走査型電子顕微鏡用いて観察し、単繊維の繊維幅および断面積の測定を行い、天然物ゆえの個体差のばらつきを考慮して、繊維種毎の特徴を捕えるためのデータを集めてきた。現在、これらのデータにさらに産地の違いなどを含めて検討し、データベースとして整理するべく取り組んでいる。今回、国内で生産された大麻繊維(宮城、福島、群馬、栃木、長野、大分)の各繊維の未処理状態と人工炭化および人工劣化後の形態および大きさの変化について、走査型電子顕微鏡を用いて調査し、比較した。

2. 試料

下記、8種の栽培地および栽培時期の異なる国内産の大麻繊維を試料として用いた。

表1　国内各産地の大麻繊維

番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
産地	宮城県 栗原市	福島県 昭和村	群馬県 東吾妻町	栃木県 鹿沼市 (栽培種)	栃木県 鹿沼市 (野生種)	長野県 鬼無里	長野県 美麻市	大分県 日田市
採取年	平成 21年	平成 22年	平成 23年	平成 23年	昭和 47年	平成 17年	昭和 30年頃	昭和 40年頃
状態	精麻	精麻	精麻	精麻	精麻	皮麻	皮麻	精麻

3. 実験方法

【試料前処理】各試料は、未処理の状態では単繊維同士の膠着が著しく、単繊維の輪郭を判別することが困難だったので、大麻繊維の苧績み(糸作り)の前処理[1]を参考として、米とぎ汁に浸漬した後、もみほぐして分析試料とした。

【炭化条件】人工炭化試料は熱分析装置(DSC6200：セイコーインスツルメンツ製)を用い、昇温速度1℃毎分と20℃毎分で450℃まで加熱し作製した。

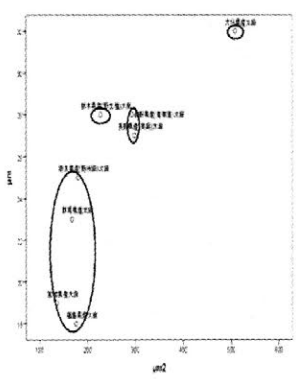
【劣化条件】　人工劣化試料はセルロース分解酵素であるドリセラーゼをpH4.8の50mMクエン酸緩衝液で2%溶液とし、前処理した試料を30℃の湯浴中で48時間反応させて作製した。

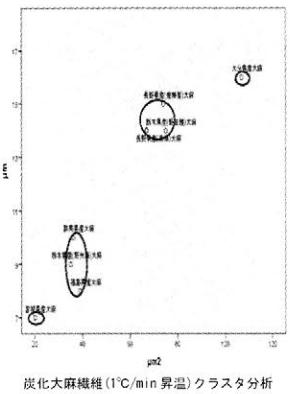
【観察・計測】分析試料は、低温アセトン包埋割断法[2]により切断面を作製し、走査型電子顕微鏡(JSM-6010LA：日本電子製)を用いて観察した。各試料50本の単繊維について、観察ソフト

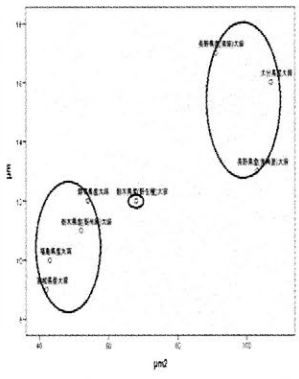
ウェア(In Touch Scope：日本電子製)の測長機能を用いて長径および断面積を計測し、それぞれの平均値を求め、統計ソフトSPSS(IBM)を用いて、クラスタ分析を行った。

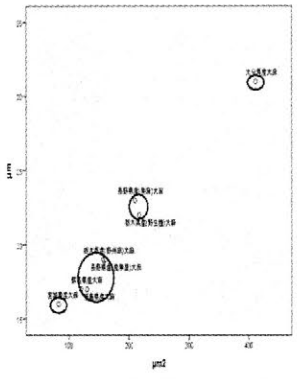
4. 結果および考察

未処理および各処理を行った試料について、断面積値平均X軸、繊維幅平均をY軸としてクラスタ分析した分散図を図1-4示す。


未処理大麻繊維クラスタ分析


炭化大麻繊維(1℃/min昇温)クラスタ分析


炭化大麻繊維(20℃/min昇温)クラスタ分析


ﾄﾞﾘﾙﾗｰｾﾞ分解大麻繊維クラスタ分析

これまで、各試料における繊維幅および断面積値の平均をそれぞれに分散分析、多重比較して有意差を求めてきたが、両者の関係を用いてクラスタ分析することにより、産地による大麻繊維の特徴がより明確になった。特に、未処理の状態においても他の産地から抜きんでて大きかった大分の大麻繊維はゆっくりと炭化した場合も、土中を想定して繊維分解酵素で人工的に劣化させた場合もその特性を失うことは無かった。また、宮城、福島、群馬、栃木(野州麻)は未処理の段階で同じクラスタに分類され、炭化や劣化によってもそのクループに大きな変動はなかったものの、炭化や人工劣化の処理の後は宮城産の繊維が最も小さくなる傾向が見られた。長野県産の2種は未処理の段階および両条件下の炭化においても一つのクラスタとして分類された。栃木県産(野生種)はクラスタとしては長野県産の繊維に最も近く、その後の各処理でも長野県産の繊維と同じクラスタに分類されることが多かった。長野県産と栃木県産(野生種)は収穫された時期から鑑みて、ともに野生種であった可能性が高い。

これらのことから、産地による違いに加え、栽培種か野生種かといった植物種の違いによっても形態に違いが生じてくることが考えられた。

今後は繊維の劣化分解による配向性の変化や他の植物繊維での傾向を調査していきたいと考えている。

【謝　　辞】貴重な試料をご提供くださいました栃木県立博物館 篠崎茂雄氏ならびに九州国立博物館 赤田昌倫氏に深く感謝いたします。

【参考文献】1) 博物館シリーズ1『苧』　からむし工芸博物館　(2001)　p. 46
2) 『新・走査電子顕微鏡』　共立出版 (2011)　p. 422-423

本発表は科研費(課題番号23501217)の助成を受けて行った研究成果の一部である。

麻類等の植物繊維の生体鉱物による鑑別

Identification of Plant Fibers by Crystals and Silica in their Ashed Specimens

石川莉英　(昭和女子大学)　、　伊藤美香（同左）、○小原奈津子(同左)
Rie ISHIKAWA, Mika ITO, ○Natsuko KOHARA (Showa women's university)

1．緒言

植物繊維は獣毛繊維とともに古くから衣服素材として利用されてきた。発掘試料中の植物繊維種の推測は出土した地域における植物の植生からある程度可能であるが、有機物である繊維は劣化しやすいため最も重要な根拠となる繊維形態からの鑑別がしばしば困難となる。他方、加熱灰化した植物中の植物ケイ酸体は劣化に影響されないため、これに関する研究は植物の分類学のみならず考古学の分野でも応用されている。植物内の生体鉱物（ファイトリス）には非晶質のケイ酸（シリカ）と結晶質のシュウ酸カルシウム（クリスタル）がある。本研究では麻類および類似の植物繊維の加熱灰化物およびそれに含まれるファイトリスの顕微鏡観察による、これらの植物繊維の鑑別の可能性を検討した。

2．実験

・試料　大麻、苧麻（4種）、黄麻、亜麻（4種）、洋麻、芭蕉、マニラ麻

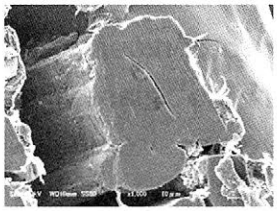
・実験　各繊維の形態：走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて、予め金蒸着した試料を観察した。
試料繊維の加熱灰化：近藤らの方法[1]を参考に、試料を入れたるつぼを加熱炉中で、炉の温度を100℃で10分間、150℃で5分間、200℃で10分間と徐々に上げ、最後に600℃で6時間加熱し、得られた加熱灰化物をSEM観察した。
シュウ酸カルシウム（クリスタル）の観察：偏光顕微鏡を用いて直行ニコル下で観察した。
植物ケイ酸体の観察：各試料の加熱灰化物をメチルレッド/四塩化炭素飽和溶液中に浸漬し灰化物中の植物ケイ酸体を赤く染色した後、四塩化炭素で洗浄し、光学顕微鏡で観察した。

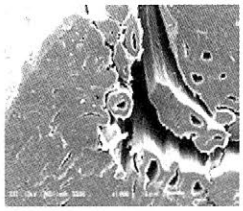
3．結果と考察

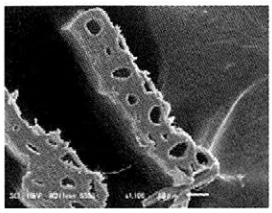
繊維断面形態の主なSEM像を写真1に示す。大麻は糸として販売しているものを試料としたため単繊維として観察できたが、他のほとんどの繊維は互いに膠着していた。全ての繊維で空孔が観察された。加熱灰化物は繊維の種類によってそれぞれに状態が異なっていたが、これらのSEM像のみでは鑑別の根拠となりにくかった。しかし、その中でも芭蕉は針状結晶状のものが顕著に見られ、特徴的であった（写真2芭蕉）。

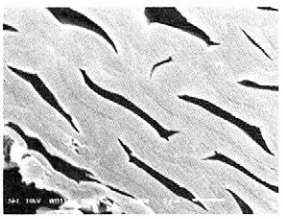
灰化物を偏光顕微鏡の直交ニコル下で観察するとクリスタルのみを選択的に観察することができる。大麻、洋麻、亜麻ではクリスタルは1.4μm以下で非常に小さく分散していた。また、

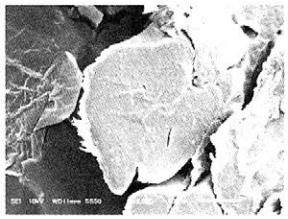
大麻（×1500）


苧麻（×1000）


黄麻（×1000）


洋麻（×1000）


マニラ麻（×3000）


亜麻（×2000）

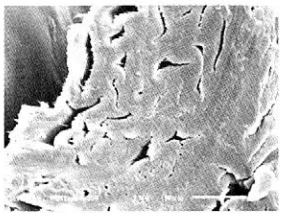
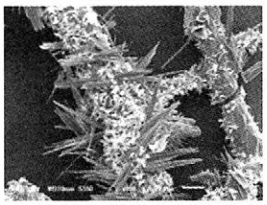
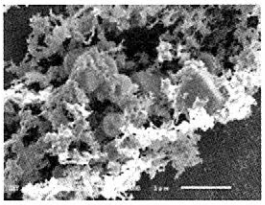

芭蕉（×2500）

写真１．植物繊維断面のSEM像

芭蕉のクリスタルは前述の針状結晶であり、黄麻は粒状で分散していた。苧麻の各種繊維（ラップ、青麻等）では粒状のクリスタルが分散、集合、あるいは連鎖状態で観察された。また一部の苧麻には棒状の結晶も観察された。黄麻と苧麻はクリスタルの形状が類似しているが、灰化物の形状には差異が認められた。


芭蕉（×500）


苧麻（ラップ）（×5000）

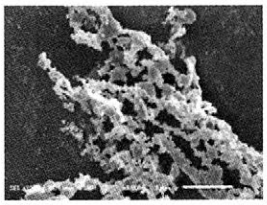

黄麻（×5000）

写真２．繊維の灰化物

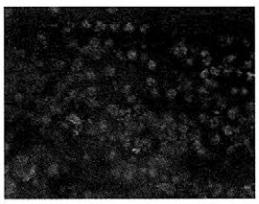

苧麻（青麻）（×400）

写真３．クリスタル

メチルレッドは灰化物中のシリカのSiOHと結合するためシリカのみが選択的に赤く染色される。そこでメチルレッドで染色したシリカを光学顕微鏡で観察した。シリカは細胞の鋳型と称され、同一の繊維にも様々な形態のシリカが観察され、現時点ではシリカの形態を繊維の鑑別に利用することは難しいと考えられた。

結論として、今回用いた麻類を主とする繊維の鑑別において、繊維形態、灰化物の状態、灰化物中のクリスタルをSEM, 光学顕微鏡、および偏光顕微鏡を併用した観察は、これら類似の繊維間での差異を明示できるため、鑑別の有用な手段となると考える。

[1] 近藤錬三、「プラント・オパール図譜」、北海道大学出版会、p. 200（2010）

非破壊オンサイト分析による古代エジプト銅赤ガラスの製法および変遷の解明

Investigation of the production technique and the transition of ancient Egyptian "copper-red" glass artifacts based on non-destructive on-site analyses

○日髙 遥香[1]、阿部 善也[1]、中井 泉[1]、菊川 匡[2]、四角 隆二[3]、
高橋 寿光[4]、河合 望[5]、吉村 作治[4]
(1：東理大・理、2：古代エジプト美術館、3：岡山市立オリエント美術館、
4：東日本国際大、5：早稲田大・高等研究所)
○Haruka HIDAKA[1], Yoshinari ABE[1], Izumi NAKAI[1], Tadashi KIKUGAWA[2], Ryuji SHIKAKU[3],
Kazumitsu TAKAHASHI[4], Nozomu KAWAI[5], Sakuji YOSHIMURA[4]
(1：Tokyo University of Science, 2：The Ancient Egyptian Museum, 3：Okayama Orient Museum,
4：Higashi Nippon International University, 5：Waseda University)

1. はじめに

銅による赤色着色が施されたガラスを「銅赤ガラス」と呼び、古代エジプトにおいてガラス生産の最初期[1]にあたる新王国時代 18 王朝中期（B.C.15 世紀）から、長期に渡り生産された。その着色要因は、赤色の赤銅鉱（cuprite：Cu_2O）の微小結晶がガラス中に析出している場合と、金属 Cu ナノ粒子による表面プラズモンが生じている場合の 2 種類がある。発表者らはこれまで国内美術館所蔵の古代エジプト銅赤ガラスを対象に、放射光 X 線分析を中心とした研究を行い、化学組成と着色要因に時代変遷が生じている可能性を明らかにした[2]。この知見は古代エジプトにおける銅赤ガラスの生産技術およびその変遷を考察する上できわめて重要であるが、分析点数が 6 点と少なく、その全体像を理解するには不十分であった。そこで本研究では、エジプト・ルクソールのアメンヘテプ III 世王墓の出土資料および国内美術館の収蔵の古代エジプトを中心とした銅赤ガラス製品を対象として、複数の可搬型分析装置を用いた非破壊オンサイト分析を行い、化学組成および化学状態の分析から、製法やその変遷を解明することを目的とした。

2. 分析資料および分析装置

分析資料は、ルクソール・王家の谷のアメンヘテプ III 世王墓（早稲田大学エジプト学研究所を中心とした発掘調査）より出土した銅赤ガラス製ビーズ 4 点と、古代エジプト美術館（渋谷）および岡山市立オリエント美術館（岡山）に収蔵された古代エジプトおよび周辺地域の銅赤ガラス 64 点の計 68 点である。これらは、新王国時代（B.C.15～11 世紀）7 点、プトレマイオス期～ローマ期（B.C.4～A.D.4 世紀）61 点に分類される。複数の可搬型分析装置を遺跡収蔵庫および美術館へと持ち込み、これらの資料を非破壊で分析した。まずデジタル顕微鏡により、資料の高倍率観察を行った。さらに可搬型蛍光 X 線分析（XRF）装置を用いた化学組成分析と、可搬型紫

外可視吸光分光分析（UV-VIS）装置と可搬型顕微ラマン分光分析（MRS）装置を用いたCuの化学状態分析を行った。

3. 結果および考察

顕微鏡観察の結果、透明のガラスマトリクス中に数十 μm の樹枝状の赤色結晶が析出しているものと、濃淡に斑のある赤色のガラスの2種類に分類することができた。MRS および UV-VIS を用いてこれら2種類の銅赤ガラスの着色要因を同定した結果、前者は cuprite、後者は金属 Cu ナノ粒子であることがわかった。アメンヘテプ III 世王墓出土資料について MRS から cuprite を同定した例を Fig. 1 に示す。これは、非破壊オンサイトの分析により古代エジプト銅赤ガラスの着色要因を特定した初の成果である。

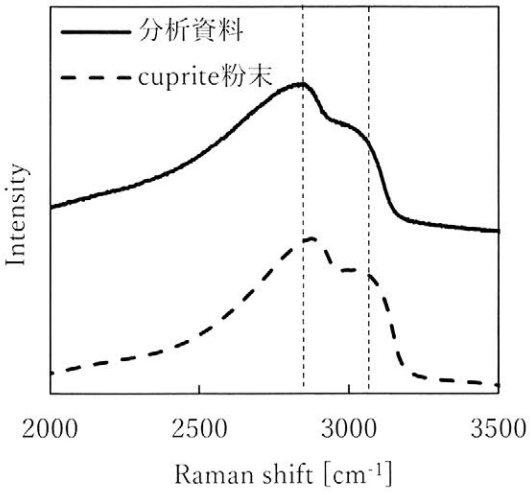


Fig. 1 分析資料（新王国時代）と cuprite 粉末のラマンスペクトルの比較

時代別に見ると、新王国時代に年代づけられる資料は全て cuprite 着色であったのに対し、プトレマイオス期～ローマ期の資料には cuprite 着色と金属 Cu ナノ粒子着色の双方が存在した。新王国時代の銅赤ガラスについて、XRF による化学組成分析から、融剤として植物灰のみが用いられていたことがわかった。また化学組成が非常に類似していたことから、限定的な工房で生産されていた可能性が示唆された。一方、プトレマイオス期～ローマ期の銅赤ガラスでは、cuprite 着色（CuO 濃度にして 16.7±4.0 wt%）と金属 Cu ナノ粒子着色（2.05±1.06 wt%）で Cu 含有量に明確な違いが見られ、融剤も着色要因に対応して前者はナトロン、後者は植物灰と2種類が用いられていた。この結果は銅赤ガラスの製法が時代により変遷した可能性を示すと共に、着色要因の違いに Cu 添加量と融剤が関係していることを示唆している。資料形態との対応を見ると、赤色単色のガラス製品は全て cuprite 着色であったのに対し、コア・ガラスやモザイクガラスなどの多色ガラス製品では金属 Cu ナノ粒子着色が圧倒的に多く見られ、プトレマイオス期～ローマ期において 2 種類の銅赤ガラスの使い分けが行われていた可能性が示された。また時代を問わず全ての資料において有意な量の Sn が検出された。これは Cu 原料として青銅を用いていたためだと考えられる。以上のように、非破壊オンサイト分析によって古代エジプトの銅赤ガラスの生産およびその変遷に関する興味深い知見が示された。

【謝辞】本研究は、東京理科大学奨励研究助成金の支援により実施されました。アメンヘテプ III 世王墓の保存修復は、日本国外務省ユネスコ/日本信託基金の助成を受け、またユネスコ、エジプト考古省の協力を得たプロジェクトとして実施されました。

【参考文献】

1) H.C. Beck：*Ancient Egypt* **19**, 7 (1934).

2) 菊川匡、阿部善也、中村彩奈、中井泉:「分析化学」 **63**, 31 (2014).

非破壊オンサイト分析による エジプト，コンスウエムヘブ墓の壁画顔料の同定

Identification of pigments used in the wall paintings of the private tomb of Khonsuemheb in Egypt by nondestructive onsite analysis

○扇谷 依李[1]、阿部 善也[1]、日髙 遥香[1]、中井 泉[1]、高橋 寿光[2]、
河合 望[3]、近藤 二郎[4]、吉村 作治[2]
(1 東理大・理、2 東日本国際大、3 早稲田大・高等研究所、4 早稲田大・文学学術院)

○Eri OGIDANI[1], Yoshinari ABE[1], Haruka HIDAKA[1], Izumi NAKAI[1], Kazumitsu TAKAHASHI[2],
Nozomu KAWAI[3], Jiro KONDO[4], Sakuji YOSHIMURA[2]
(1 Tokyo University of Science, 2 Higashi Nippon International University, 3,4 Waseda University)

1. はじめに

2013 年，早稲田大学エジプト学研究所の発掘調査により，エジプト・ルクソール西岸のアル・コーカ地区において，コンスウエムヘブ（Khonsuemheb）の墓が発見された[1]。同地域は 2007 年より調査が行われており，この墓は新王国時代第 18 王朝のアメンヘテプ III 世時代の岩窟墓である第 47 号墳の一部として発見され，第 19 王朝末に年代づけられると考えられる。前室は黄色い背景の銘文帯を基調とする壁画（例：Fig. 1）で装飾されており，天井を含めてほぼ全面が装飾されていた。壁画の保存状態は極めて良好であるが，各所でプラスター片が剥がれ落ちており，一部退色も見られる。現在早稲田大学を中心とした修復，保存が進められており，科学的な立場から壁画に関する理解と状況解明が求められる。そこで本研究では，この壁画に関する先行的な科学調査として，複数の可搬型分析装置をこの遺跡内に持ち込み，壁画の非破壊オンサイト分析を行った。各分析の結果を複合的に用いて，壁画に使用された顔料の詳細な相同定及び特性化を試みた。

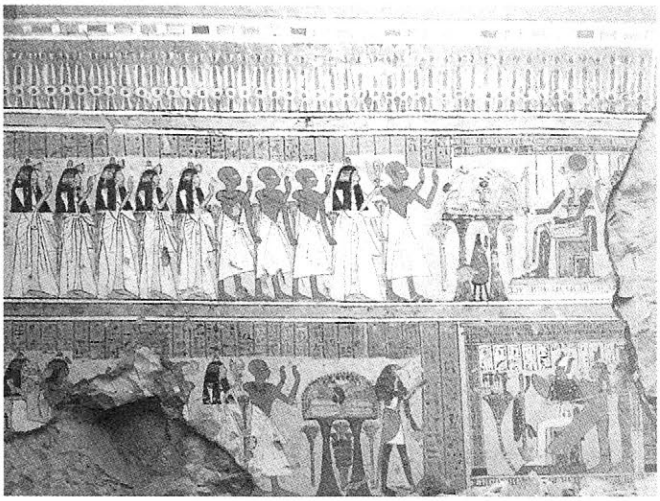


Fig. 1 コンスウエムヘブ墓 前室西壁南側

2. 実験方法

2016 年 1 月 9 日から 11 日にかけての 3 日間，蛍光 X 線分析装置（XRF），粉末 X 線回折計（XRD），紫外可視（UV-Vis）-蛍光分析装置，顕微ラマン分光分析装置（MRS）をコンスウエムヘブ墓内部に持ち込み，前室の西壁南側の壁画（Fig. 1）を中心として，各顔料の分析を行った。また剥落した壁画片についても同様に分析を行った。壁画顔料を全 9 色（白色，黒色，赤色，黄色，青色，緑色，ピンク色，クリーム色，水色）に分類し，各色の顔料及び下地について，壁画 41 か所，破片資料 4 点 27 か所を非破壊・非接触で分析した。

3. 結果及び考察

白色顔料について，XRF によって主成分として Ca が検出され，MRS によって石灰石（calcite: $CaCO_3$）が同定された。黒色顔料については，XRF から特徴的な元素が検出されず，MRS により無機炭素が検出されたため，カーボンブラックと同定した。黄色顔料及び赤色顔料に関しては XRF により Fe を主成分とすることが分かり，UV-Vis スペクトルの比較からそれぞれイエローオーカー，レッドオーカーと同定された。青色顔料について，赤色 LED（632 nm）を光源とする蛍光スペクトル測定により，約 900 nm に非常に強い蛍光を持つ物質であることが分かった。これは青色顔料エジプシャン・ブルーに特有の性質である [2]。この顔料は，銅とケイ砂，融剤を原料として合成される，銅カルシウムケイ酸塩（$CaCuSi_4O_{10}$）を主成分とする合成顔料である [3]。XRF により，青色顔料が Cu と Si を含むことが確認でき，また銅原料由来の不純物と考えられる微量の As 及び Sn も検出された。淡色系の 3 種類の顔料（ピンク色，クリーム色，水色）に関しては，XRF，UV-vis，蛍光分析によって，これらは上述の赤色，黄色及び青色顔料を白色顔料で薄めたものであることが分かった。

この壁画における重要な特徴として，緑色顔料の使用が挙げられる。壁画彩色における緑色顔料の利用は，古代エジプトにおいても多くの例があるが，他の色の顔料に比べて化学的な研究例が少なく，不明な点が多い。発表者らによるこれまでの研究では，古王国時代の壁画で緑色顔料として緑色鉱物の孔雀石（$Cu_2(CO_3)(OH)_2$）を同定した [4]が，アメンヘテプ III 世王墓内の壁画ではエジプシャン・ブルーに黄色顔料である石黄（As_2S_3）を混合したものが利用されていた [5]。今回のコンスウエムヘブの墓の壁画に使用された緑色顔料においては，XRF により Cu，Si と微量の As 及び Sn が検出され，先述の青色顔料のエジプシャン・ブルーと類似した組成を有することが示された。また蛍光スペクトル測定からも，緑色顔料中に少なからずエジプシャン・ブルーが含まれることは明らかとなったが，XRF により Fe や As の有意な増加は見られず，イエローオーカーや石黄などの黄色顔料を混合した痕跡は認められなかった。緑色部分の UV-Vis スペクトルの詳細な解析結果より，この緑色顔料はエジプシャン・グリーンであると考えられる。エジプシャン・グリーンは，エジプシャン・ブルーと同じ原料を用いて作られた合成顔料 [6]とされるが，非破壊オンサイトの分析によってこの顔料が同定されたのは初である。

このように，可搬型装置を複合的に用いた非破壊オンサイト分析により，コンスウエムヘブ墓前室の壁画に使用された顔料を同定することができた。当日は，現在解析中の XRD のデータに関しても発表を行う予定である。

【謝辞】 本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（基盤 A 15H02610）の支援により実施されました。本研究で用いた XRF（100FA）はアワーズテック（株），XRD（PT-APXRD-2）はテクノエックス（株），UV-Vis／蛍光分析装置は東京インスツルメンツ（株）と共同で，東京理科大学中井研究室が文化財分析用に開発したものです。優れた技術陣に深く敬意と謝意を表します。

【参考文献】

1) 近藤 二郎 他:『エジプト学研究』**21**, 19-44 (2015).
2) G. Accorsi *et al.*: *Chemical Communications* **23**, 3392-3394 (2009).
3) H. Jaksch *et al.*: *Die Naturwissenschaften* **70**, 525-535 (1983)
4) 扇谷 依李 他: 第 32 日本文化財科学会大会においてポスター発表 (2015).
5) 高橋 寿光 他:『エジプト学研究』**19**, 43-58 (2013).
6) S. Pagès-Camagna and S. Colinart: *Archaeometry* **45**, 637-658 (2003).

エミール・ガレのガラス作品の製法に関する科学的考察

Scientific consideration of production techniques of glass art works by Emile Gallé

○和泉 亜理沙（東京理科大学）、阿部 善也（同）、中井 泉（同）、
小林 宏子（北澤美術館）、池田 まゆみ（同）
○Arisa IZUMI, Yoshinari ABE, Izumi NAKAI (Tokyo University of Science)
Hiroko KOBAYASHI, Mayumi IKEDA (Kitazawa Museum of Art)

1. 初めに

エミール・ガレ(1846－1904)[1]は、フランス東部ナンシーのガラス工芸家・企業経営者である。1889 年および 1900 年のパリ万博においてはガラス作品でグランプリを受賞しており、19 世紀末から 20 世紀初頭にかけてヨーロッパに開花した芸術運動「アール・ヌーヴォー(Art Nouveau)」を牽引した一人である。その独創的なデザインと優れた技術で生み出されたガラス作品は、今日も高い評価を受けている。我々は 2012 年より、北澤美術館(長野県諏訪市)に収蔵されたエミール・ガレのガラス作品を対象に、各作品の科学的な理解や製作技術の解明を目的として、可搬型分析装置を用いた非破壊の科学分析研究を継続しており、その成果の一部を昨年度の大会において発表した [2]。本発表では、以前より用いていた蛍光 X 線分析(XRF)装置、紫外可視(UV-VIS)分光分析装置、蛍光分光分析装置に加えて、新たに導入した顕微ラマン(MRS)分光分析装置およびデジタル顕微鏡による分析結果を含め、最新の研究成果について発表する。

2. 実験内容

北澤美術館の館内に複数の可搬型分析装置を持ち込み、収蔵されたエミール・ガレのガラス作品を非破壊で分析した。2016 年 4 月現在、我々が分析を行った作品は計 83 点である。組成分析には、当研究室が OURSTEX(株)と共同開発した可搬型 XRF 装置 OURSTEX 100FA[3]を用いた。得られた XRF スペクトルから、検量線法により全 24 元素の定量を行った。UV-VIS 分光分析および蛍光分析には、当研究室が(株)東京インスツルメンツと共同で現在開発中である UV-VIS/蛍光分光分析装置を用いた。MRS 分析には B&W Tek, Inc.製の MiniRam を使用し，顕微倍率 5~20 倍で顔料の同定を試みた。さらに HIROX 製デジタルマイクロスコープ VCR-800 を用いて、50・100・200 倍の高倍率観察を行った。

3. 結果と考察

昨年度までの研究 [2]で、エミール・ガレのガラス作品には母材としてソーダ石灰ガラスとカリ鉛ガラスの 2 種類が使用されており、ガレが自社のガラス工場を設立した 1894 年を大まかな境界として、前期の作品ではソーダ石灰ガラスが、後期の作品ではカリ鉛ガラスが中心的となり、製作技法とも対応が見られることが示されている。ソーダ石灰ガラスの作品の化学組成に注目したところ、清澄剤としてヒ素(As)とアン

チモン(Sb)の 2 種類が利用されていたことが明らかとなった。さらに、現時点では、コバルト(Co)による淡青色着色が施された「月光色ガラス」と呼ばれるガラスでは分析した 3 点全てが As タイプであったのに対し，ウラン(U)による緑色着色のソーダ石灰ガラス 3 点は Sb タイプとなり、色との対応が見られた。

エミール・ガレの作品に見られる特徴的な製作技法の一つに「パチネ」が挙げられる。この技法は、金属酸化物や炭・灰などを混ぜてガラス表面で反応させることで、表面を曇らせたり窯変を生じさせたりして古色を付ける表面処理技術であり、ガレは 1898 年にこの技法の特許を取得している。この技法が使用された、「海」を題材にしたガレ後期の 3 点を分析した結果、XRF によりパチネ部分から銀(Ag)が検出された。よってこれらの作品において、パチネの特徴的な色調には Ag の金属光沢と、Ag ナノ粒子による散乱が影響していると考えられる。

また、主に前期に作られたエナメル彩ガラスの作品に着目し、エナメル部分の着色技法について調べた。XRF 分析により、エナメル彩が施された作品の大部分はソーダ石灰ガラスを本体とし、エナメル部分には鉛(Pb)を多く含むガラスが使用されていた。着色剤として、XRF により青からコバルト(Co)、黄と緑からクロム(Cr)、赤から鉄(Fe)が検出された。

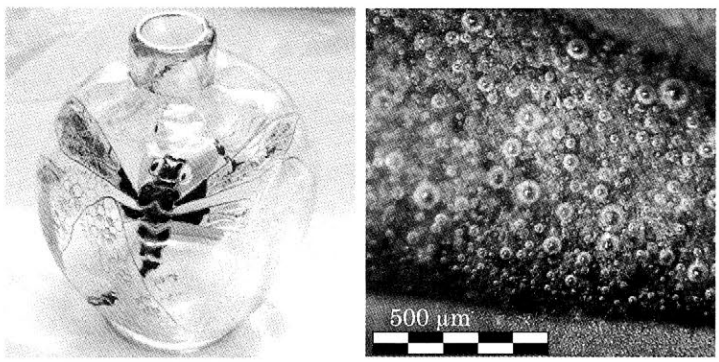


Fig.1 エミール・ガレ作『蜻蛉文香水瓶』1878-1889 年
北澤美術館蔵　左)本体全体像 (右)白エナメル彩部分

特に赤に関しては、MRS 分析により赤鉄鉱(Fe_2O_3)を同定することができた。ピンク部分では、金(Au)が検出され、エナメル彩にも金赤ガラスの発色源であるカシウス紫が使用されていたことが明らかとなった。また、白エナメルの一部では、デジタル顕微鏡による観察によって透明ガラス中に細かい気泡が含まれていることが明らかとなった(Fig.1)。これにより、色ガラスではなく、気泡による乱反射が白く見える原因であることが判明した。

このように、可搬型分析装置を複合的に用いた非破壊の化学分析により、エミール・ガレのガラス作品に使用された制作技法に関して、その一端を化学的に解明することができた。

【謝辞】

可搬型分光計の開発にご支援くださった(株)東京インスツルメンツの栗原文雄氏および同社の優れた開発陣に厚く御礼申し上げます。本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤 B 24350041)の支援により実施されました。

【参考文献】

1) 池田 まゆみ:『北澤美術館ガラス・コレクション ガレとドーム 四季の花』(2011、マリア書房刊).
2) 和泉 亜理沙 他:日本文化財科学会第 32 回大会ポスター発表, 要旨集 p.350-351 (2015).
3) I. Nakai *et al.*: *X-ray Spectrometry* **34**, 46–51 (2005).

サントリー美術館所蔵　重要文化財四季花鳥図屏風の彩色材料調査

Analysis of Colorants Used in *Flowers and Birds of the Four Seasons,* Important Cultural Property, collected in Suntory Museum of Art

○早川泰弘、犬塚将英、城野誠治（東京文化財研究所）
○Yasuhiro HAYAKAWA, Masahide INUDUKA, Seiji SHIRONO
(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1．はじめに

サントリー美術館が所蔵する四季花鳥図屏風（六曲一双、各隻 150.0cm×361.8cm）は室町時代に描かれた花鳥画の代表作として知られ、重要文化財に指定されている。伝土佐広周筆とされ、金地の背景に椿、薔薇、梅、牡丹、松などの花木と鳥や蝶などが描かれている。それらは中国の花鳥画を粉本にしていると考えられるが、やまと絵風の画面構成がなされている興味深い作品である。

東京文化財研究所では平成 27 年度に四季花鳥図屏風の光学調査を実施し、用いられている彩色材料等を詳細に検討した。本発表ではその調査結果の概要を報告する。

2．調査内容

(1) 高精細カラー画像撮影

5000 万画素マルチショット撮影、照明光源：キセノン放電管（色温度 5500K、紫外線除去ガラス装着）

(2) 近赤外線画像撮影

5000 万画素モノクロセンサー、照明光源：ハロゲン光源あるいは LED

(3) X線透過撮影

30kV×3mA×30 秒、照射距離 150cm、高解像度(50 μm)イメージングプレート(35.4×43.0cm)

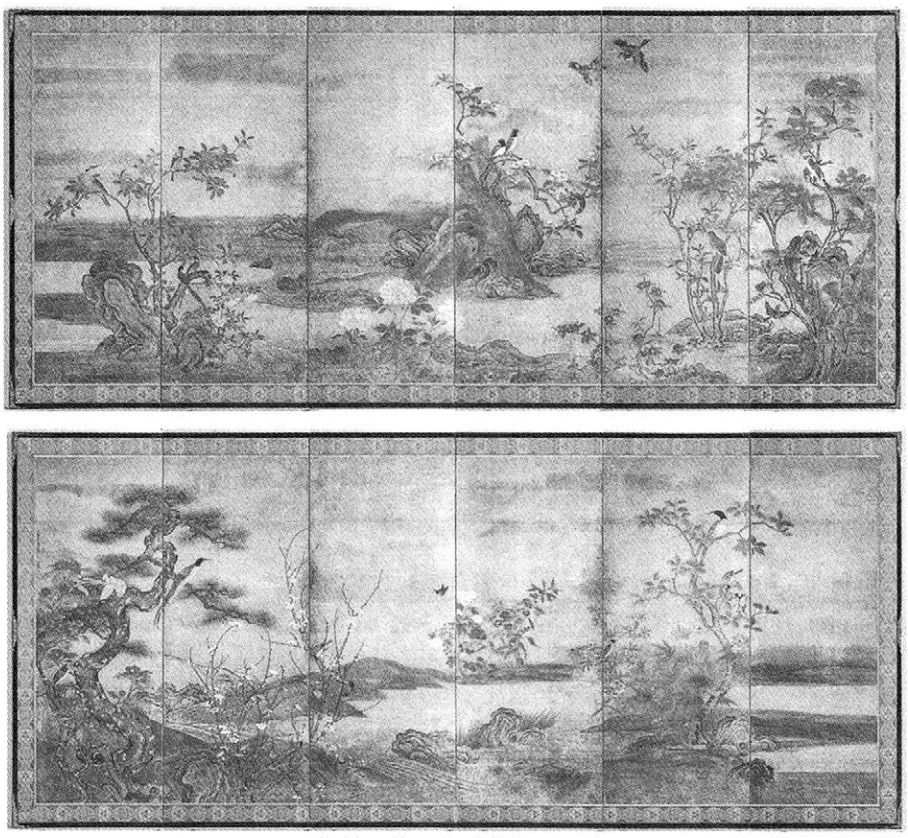


図 1　サントリー美術館所蔵　四季花鳥図屏風（上：右隻、下：左隻）

(4)可視反射分光分析

ポータブル分光光度計(日本分光製MV-2020VIS)、360-800nm、φ4mm

(5)蛍光X線分析

ポータブル蛍光X線分析装置（SII製SEA200）Rhターゲット、50kV×100μA×100秒、φ2mm

3．調査結果

（1）金色地

右隻、左隻の背景の金地を蛍光X線分析で調査したところ、Au含有率は98%以上、最大厚みは0.2μm程度と算出された。金色地部分からAgは検出されないが、Cuが微量検出された箇所が多い。微量のCa、Feも同時に検出されたが、紙地に由来していると考えられる。

（2）灰黒色地

右隻、左隻ともに背景の金色地の間には灰黒色の雲の表現が見られる。蛍光X線分析では、これら灰黒色部分からAgは一切検出されなかった。銀箔・銀泥などは背景の灰黒色部分には使われていないと判断できる。

（3）花・葉・樹木

梅や牡丹の花の白色に使われているのはPb系材料（鉛白）だけである。一方、椿の花などの赤色ではHg系材料（辰砂）とPb系白色材料（鉛白）の併用が認められる。赤色顔料と白色顔料の比率を変化させることで赤色の発色を調整していると考えられる。

葉の緑色にはCuを主成分とし（緑青）、少量のZnとAsを含む顔料が使われている。多くの箇所で少量のPbが同時に検出された。白色顔料と緑色顔料との比率を変化させることで緑色の発色を調整していると考えられる。右隻のほうが左隻よりCu検出量が大きく、厚塗りの傾向がある。

褐色の樹木の幹からは微量のHgが検出される。松葉の深緑色には染料が使われていると考えられ、可視反射分光分析を行ったところ、藍に近似する分光スペクトルが得られた。

（4）鳥・蝶

頭や首が黒色で描かれている鳥が多く、それらの部分からは微量のPbと少量のCuが検出された。ここでも、右隻のほうが左隻よりCu検出量が大きい傾向がある。緑色あるいは青色顔料の下塗りがなされている可能性が高い。

（5）川

川の多くの部分から蛍光X線分析でAgが検出された。線描きされている流水文様は、現在は黒色にみえるが、ここに銀泥が使われていると考えられる。一方、川の地の薄青色、暗青黒色部分からは特徴的な元素は何も検出されなかった。これらの部分について可視反射分光分析を行ったところ、藍の存在を示唆する分析結果が得られた。左隻一扇の川部分の分光スペクトルを図2に示す。670nm付近で反射率が増大し、藍の分光スペクトルの特徴と一致する。右隻、左隻に描かれている川の部分の可視反射分光分析を行ったところ、右隻より左隻の方が緑色の色調が強い（a*が小さく、b*が大きい）ことがわかった（図3）。

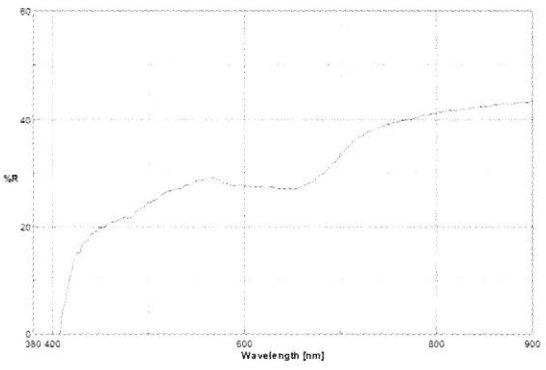


図2　左隻一扇の川の分光スペクトル

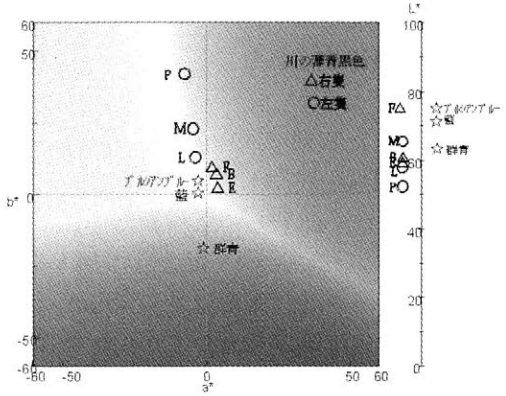


図3　四季花鳥図屏風の分光分析結果

愛知県三河地域の古墳時代後期のガラス小玉の調査

Study of the glass beads from Aichi Mikawa (late of Kofun period)

鈴木恵介（愛知県埋蔵文化財センター）、○堀木真美子（同左）
Keisuke SUZUKI, ○Mamiko HORIKI (Archaeological Research Center of Aichi Prefecture)

1. はじめに

本稿では、東三河地域の相生塚古墳、稲荷山1号墳から出土したガラス小玉の成分の分析と製作技法の分類を行った。分析対象のガラス小玉を出土した各古墳は、豊橋市街地の東側、弓張山地の南西端近く、豊川の支流朝倉川の北岸に位置する。双方の距離は約2.5kmと近い。両古墳の間には古墳時代後期から終末期にかけての多数の古墳を擁するキジ山古墳群を始め古墳が多数確認されている。相生塚古墳は直径17mの円墳で6世紀前半の築造、稲荷山1号墳は直径14mの円墳で6世紀後半頃の築造が想定されている。分析を行ったのは、相生塚古墳のもの188点、稲荷山1号墳から出土した試料283点である。

2. ガラス玉の成分と組織の観察

ガラス小玉の形状の測定、組織の観察、蛍光X線による化学成分の測定を行った。形状はノギスを用い、孔の軸方向に対してほぼ垂直面の長径（小口径）と、厚さ（孔の軸方向の厚さ）を計測した。組織の観察は、実体顕微鏡を用いて、様々な大きさの気泡がランダムに分布しているものを泡状組織、気泡が列をなしているものを平滑組織とした。

蛍光X線分析は、非破壊で、相生塚古墳のもの188点、稲荷山1号墳のもの234点を行った。使用した装置は（株）堀場製作所製のエネルギー分散型蛍光X線分析装置XGT-5000XII。測定条件は、励起電圧：30kV、電流：自動設定、計測時間：300s、X線管球：Rh、測定雰囲気：大気中、X線照射径：100μm。測定の結果から、ファンダメンタルパラメータ法による簡易な定量分析を行った。

3. 分析結果

1）形状・色・組織・化学組成

形状では、泡状組織を持つ試料が良いまとまりを示した。化学組成では泡状組織のものが分散し、平滑な組織を持つもののまとまりが見られた。また青色と水色のものでは、MnOの量に大きな違いが認められた。

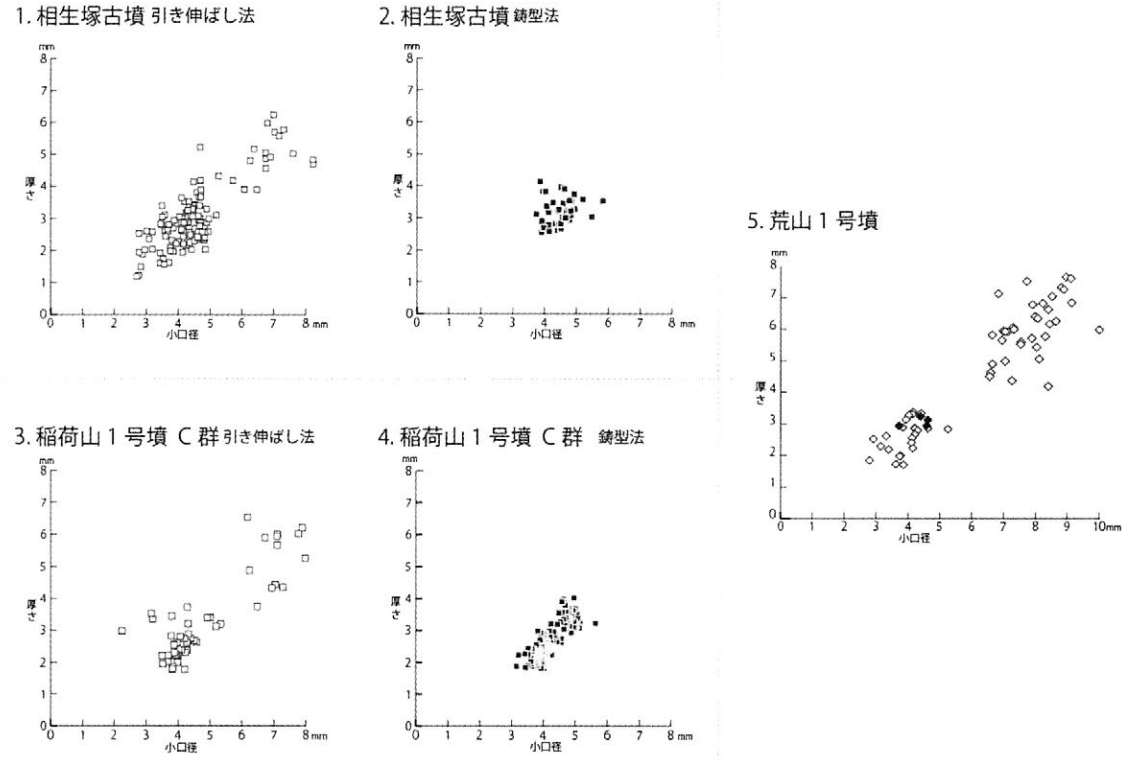
2）技法と時期

泡状組織を持つものは、ガラス小玉内部の気泡の大きさは様々であり気泡以外の異質物も多い。また、気泡の配列も内坑の軸方向に対して横方向やランダムに配置する。さらに内部や表面の細粒のガラス片が溶融したように見えるなどの特徴から、鋳型法によって製作されたと判断した。一方、平滑組織は気泡以外の部分がほぼ均質な状態であることや、気泡が内坑の軸方向と平行に並び、十分に溶けたガラスが引き伸ばされたと推測できることから、引き伸ばし法によって製作されたものと判断した。先に分析を行った西三河の3つの古墳の結果と合わせ、古墳時代後期～終末期にかけて、時期が下るほど鋳型法が増えている傾向が把握できた。

	H10～H61窯式期 (MT15～MT85)	蟹ヶ池～H-44窯式期 (TK43～TK209)	H-15窯式期	H-15～H-16窯式期	I-17窯式期
相生塚古墳	188(引:135、鋳:53)				
稲荷山1号墳		初葬～ 計283(引:55、鋳:228) ～追葬			
荒山1号墳		65(引:61、鋳:4)			
岩長ST06				108(引:14、鋳:94)	
岩長ST05					14(鋳:14)
車塚080SZ		8(引:7、鋳:1)			
車塚888SZ			101(引:1、鋳:100)		

3）装飾品の推定

相生塚古墳から出土したガラス玉は、首飾りの形状を留めて検出されている。また稲荷山１号墳では、石室内の出土位置について詳細な調査が行われており３群のまとまりが認められる。これらの形状のまとまりを比較したところ、荒山１号墳のガラス玉は、相生塚古墳と同様な装飾品であったと推測できよう。



4. まとめ

後期古墳では追葬が行われている例も多く、石室内の副葬品は散在していることが多いが、少なくとも 10～20cm の方眼ごとに出土数を示せば、装飾品としてのまとまりについて推定できる。今後の調査時の取り上げ方法の重要性を指摘しておきたい。今後は、色調・制作技法・化学成分の関連、古墳の時期と制作技法の関連について、より詳細な解析を行って行きたい。

謝辞

今回の分析を行うにあたり、豊橋市教育委員会様よりご協力を賜りました。記して謝意を表します。

<参考文献>
鈴木恵介・堀木真美子 2015 「古墳時代後期ガラス小玉の製作技法-矢作川左岸地域３遺跡の分析から-」 『研究紀要』第 16 号 愛知県埋蔵文化財センター,31-38

鷺ノ森遺跡出土金属製品に関する検討

Examination about The Saginomori Ruins exhumation metal product

○清水梨代（和歌山市教育委員会）
○Riyo SHIMIZU,

はじめに

和歌山市鷺ノ森遺跡は織豊期の雑賀御坊（鷺森御坊）を含む弥生時代から江戸時代にかけての複合遺跡である。鷺ノ森遺跡ではこれまでに10数次におよぶ調査が行われている。和歌山市内中心部の小中学校の統廃合による、小中一貫校建設に伴う今回の調査では、織豊期の雑賀御坊や鷺森本願寺に関連すると考えられる遺構が多数検出されている。その中でも特に、鷺森御坊に防御施設と考えられる堀（NR-2）からの出土品は時期を限定できること（1563～1615年）から、出土した金属製品の材質分析を行った。

調査方法

今回対象資料としたのは、堀から出土した刀装具2点と不明金属製品1点である。調査手法としては、対象資料の外観的特徴および製作技法を推定する事を目的に、従来の考古学的、美術工芸史的手法による観察を行い、さらに対象資料の材質を把握する事を目的として蛍光X線分析による元素分析を実施した。

【測定条件】　奈良大学文化財学科保存科学研究室設置
エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置 EAGLE　II　XXL　NR
X線管球：クロム（Cr）　電圧－電流：35kV－550μA　コリメーター：φ0.1mm
測定環境：真空　測定時間：200秒

結果

No.1は小縁のつかない一枚折り返し合わせ成型の無文の棒小柄である。元素分析の結果、主成分として銅と亜鉛が検出されたことから、真鍮製であることが判明した。No.2は平造りの小さ刀拵えの切羽である。短刀などの小刀用の刀装具と考えられ、No.2の切羽と同じ拵えの小刀が供伴で出土している。元素分析の結果、主成分として銅が検出された。No.3は片方に突起をもつ棒状不明金属製品である。元素分析の結果、主成分として銅および亜鉛が検出されたことから、真鍮製であることが判明した。

考察

以上のことから、次のようなことが推察される。

① No. 1 は真鍮製の一枚折り返し合わせ成型の小柄である。伝世品では、真鍮製の小柄の作例は江戸時代まで確認されておらず、真鍮を小柄の素材とすることはないとされてきた。しかしながら、大阪城出土小柄（大阪城 03）や今回の分析結果から、少なくとも織豊期には刀装具の素材として真鍮が用いられていたことが確認された。

② 織豊期の小柄は未だ明確な基準が存在しない過渡期のものであった為、後世のように長さ三寸二分（約 9.7cm）幅四分五厘（約 1.4cm）前後に集約される状況にはない。その意味では、No.2 の切羽と同じ拵えの小刀も No.2 と同一個体ではなく、別個体の小柄である可能性も考えられる。

③ No.3 の棒状不明金属製品の材質は No.1 同様に真鍮であった。香道具や茶道具等の一部である可能性も考えられるが用途は不明である。しかしながら、NO.3 の出土した鷺森御坊の防御施設と考えられる堀（NR-2）は時期を限定（1563～1615 年）することができ、織豊期には刀装具以外の金属製品にも真鍮の使用が普及しつつあった可能性が考えられる。

まとめ

今回、鷺ノ森遺跡出土金属製品の材質分析を行った結果、小柄（No. 1）および不明金属製品（No. 3）がともに真鍮製であることが判明した。今回分析を行った遺物は、時期を限定（1563～1615 年）できる鷺森御坊の防御施設と考えられる堀（NR-2）から出土した極めて重要な資料群に含まれる。特に、小柄に関しては大阪城（大阪城 03-1）でも、同様の真鍮製の一枚折り返し合わせ成型の棒小柄が複数出土しているが、鷺ノ森遺跡の堀（NR-2）は大阪城出土の小柄よりも時期的に古いことが明らかであり、江戸時代以前の真鍮製品の使用例として重要な一例となるものと考えられる。以上のことから今後、中近世の金工品の出土件数や科学的分析の機会が増えれば、伝世品から推定されていた装飾技法を含む製作技術や材質についての従来の年代観の見直しが進むだけでなく、新たな知見が得られるものと期待される。

参考文献

「日本の美術 137　刀剣」至文堂　1977　小笠原信夫

鷺ノ森遺跡第 13 次発掘調査現地説明会資料　2015　公益財団法人和歌山市文化スポーツ振興財団

古代塼の焼成温度推定のための鉱物学的アプローチ

Mineralogical approach for estimation of firing temperature of ancient brick

○張誠允 (韓国国立文化財研究所)、李讃熙 (韓国国立公州大学)
○Jang Sungyoon (NRICH, Korea), Lee Chan Hee (Kongju University, Korea)

1. はじめに

塼は、古代から現在まで広く使われている建築材料の一つである。塼は、木材とは異なり、腐食されず、上圧に効果的に抵抗することができる圧縮力を持つので、建築物の床、壁などに幅広く使用されている。特に韓国と中国では塼室墳の築造にも使われいた。塼というのは、強度と耐久性が要るので、胎土の構成成分と焼成温度が物性の決定に非常に重要な役割を果たしている。特に焼成温度は、塼の発色、吸収率、強度などの耐久性に影響を与える。古代の塼は、近現代期の赤レンガとは異なり、色が灰青色で褐色に多様であり、物性もそれぞれ異なっている。

この研究では、塼の焼成温度を精密に測定するために、土壌が焼成の過程から生じる変化を鉱物学的な観点と物理的な観点に分けて調査したのである。原材料の鉱物組成と微細組織の変化が色、吸収率、気孔、強度などのマクロな変化に及ぼす影響を見ようとした。また、この結果をもとにして、最近、ユネスコ世界遺産に指定された公州宋山里古墳群から出土された塼の焼成温度の推定に適用した。

2. 調査方法

この研究では、公州宋山里古墳群の塼室墳の産地として推定されたことがある夫餘ジョンドンリ窯跡より金剛方面に約 800m 離れた地点の百済時代の土壌を採取した(張誠允・李讃熙, 2013)。この土壌を水で練って試験片を作製し、日陰で 2 日以上の乾燥した後、電気窯で 500℃から 1200℃まで 100 度単位で 酸化環境で焼成した。Whitbread(1995)によって提示された焼成条件を参照して、昇温速度は、5℃/ min、目的の温度に滞在時間は 3 時間にした。また、還元環境での焼成は、ガス窯を使用して 900 度から 1000、1100、1250 度で試験片を焼いた。製作した試料の鉱物学的な分析は X-線回折分析、走査電子顕微鏡と偏光顕微鏡による組織分析を行った。また、それにあわせて物理的な分析のために色、磁化率(magnetic susceptibility)、超音波速度、吸収率を測定した。

宋山里古墳群から出土した塼の中で武寧王陵の出土品 10 点、宋山里 6 墳の 出土品 1 点、その他の宋山里の出土品 6 点、ジョンドンリ窯の出土品 1 点を焼成温度推定の対象として、先の鉱物学的および物理的分析方法を同様に適用した。

3. 結果と考察

古土壌の試料の鉱物学的特徴は鉱物組成と微細組織に分け調査した。古土壌は quartz、microcline、albite、mica、kaolinite、chlorite などで構成されていて焼成温度によって、鉱物の相転移(phase

transformation)が起こり、鉱物組成が異なっていた。500～600℃の区間では、kaolinite の回折線が消えて、700℃～800℃で chlorite の回折線が 消滅された。1000℃では mica の構造が崩壊され、spinel の一種である hercynite と mullite が生成された。微細組織は、500～800℃の区間では、微細な組織変化が、900～1000℃から粘土層間脱水による変化が現れ、1100℃で組織が かなりの部分が溶融され、1200℃では比較的均一な気孔が分布する基質として再結晶化され、緻密となる。

古土壌試料の物理的な特徴として色、比重(specific gravity)と吸収率(water absorption)、磁化率(magnetic susceptibility)で分析した。色は焼成温度に応じて変化の様相が明らかになったが Munsell 方式の Standard soil color で大きな変化を見せたのは色で、酸化環境では、黄色系から赤色に、還元環境では、褐灰色で明るい灰色を経て暗灰色に変化した。温度によっては、1000℃～1200℃の区間で急激な色の変化が見られ、1200℃の試料では、表面に光沢が観察される。吸収率と比重は 500～1000℃区間で ほとんど変化がなかったが、1100℃以降から吸水率が急激に低下し、色の変化と同じパターンを示した。磁化率は800℃までほとんど増加していないが、900～1000℃に至ると突然に増加し、1100℃～1200℃では、やや減少した。酸化環境では、粘土鉱物の部分溶融で出てきた Si、Al によって mullite が先に、hercynite が遅れて形成されるので Fe 酸化物によって 磁化率が高く表示されると考えられた。還元環境では、mullite と hercynite が同じ温度の区間で生成され、磁化率は低くなると見られる。それは焼成環境による鉱物学的な変化と考えられた。

焼成温度による鉱物学的変化が微細組織の変化をもたらして,さらに色や細孔構造などの物理的な変化をもたらすことと考えられる。特に色を含む物理的な変化は、1000℃～1200℃に主に集中してあり、変化の幅も大きい。

上記の研究結果をもとにして、宋山里古墳群から出土した塼の焼成温度を解析した。ほとんどの塼は、物理的な特性から見たとき、還元環境で 900℃～1,200℃の範囲であり、具体的な焼成温度は、鉱物組成および微細構造の観察結果に基づいて判断した。その結果、18 点の塼の中、1,200℃以上の過焼成品は 2 点、1,100～1,200℃の高温焼成品は 7 点、900～ 1,000℃の焼成品は 7 点、未焼成品は 2 点で判別することになった。

これらの鉱物学的および物理的な変化は、塼を含めた土器、瓦などの焼成品の精密な焼成温度の解析に活用することができると考えられる。しかし窯で焼成の時、熱的な非平衡によって同じ窯で焼いた焼成品にも温度の差があることを考慮すべきであると考えられる。

文献

1. 張誠允, 李讚熙, 2013, 宋山里 古墳群 벽돌의 生産과 受給, 韓国上古史学報 **82**, 27-53

2. Whitbread, I., 1995, *Greek transport amphorae – petrological and archaeological study*. The British School at Athens Fitch Laboratory Occasional Paper 4

中国戦国時代の青銅剣に対するＸ線ＣＴ調査

Study of X-ray CT for a Bronze Sword of the Age of the Warring States in China

○鳥越俊行（奈良国立博物館）、廣川 守（泉屋博古館）、今津節生（奈良大学－元九州国立博物館）、赤田昌倫（九州国立博物館）、大江克己（奈良国立博物館）

１．はじめに

京都市左京区鹿ヶ谷にある泉屋博古館は、中国古代青銅器の名品（いわゆる住友コレクション）を所蔵する美術館である。九州国立博物館は中国古代青銅器を泉屋博古館から半年ごとに約10点ずつ借用し展示を行っており、その際にＸ線ＣＴスキャナ（以下ＣＴ）や３Ｄ計測などの科学調査を泉屋博古館と共同で実施していた。泉屋博古館には、今回報告する紀元前４世紀の青銅製の剣も収蔵されており、この剣に対するＸ線透過撮影などの調査は行われていなかったことから、展示する青銅器とともに借用し、2010年１月から２月にかけてＣＴ調査を行った。

得られた画像の解析から、この剣は芯の部分と刃の部分を別々に鋳造していることが推定され、その成果の一部は九州国立博物館の企画展示にて紹介した。近年コンピューターの性能向上により、高解像度のデータを容易に処理できるようになったことから、測定したデータを再計算し再度画像を確認したところ、中国上海博物館が所有する実際に切断した剣の残片の調査研究［1］と同様の成果を非破壊で得ることができたため報告を行う。

２．計測の方法と条件

計測は、九州国立博物館のＣＴ（独YXLON International社製Y.CT Modular 320 FPD）で、2010年１月26日と２月22日に行った。Ｘ線出力はいずれも320kV、2mAで、１月の時は刀身の部分を空間分解能約0.1mmで拡大撮影し、結果が良好であったことから２月には全体を空間分解能約0.2mmで計測した。得られたデータはVolumeGraphics社のVGStudio MAXとMyVGLで解析した。ＣＴで計測した元データは、ソフトウェア処理で異なる分解能に再構成することができるため、全体を計測した二回目のデータは空間分解能約0.1mmに再構成し解析を実施した。

３．調査結果とまとめ

青銅などの金属製品では、資料表面を蛍光Ｘ線分析で非破壊分析することで材質の違いを推定できるが、表面のサビや付着物のため正確な組成を知ることは難しい。また、組成が類似していた場合は、Ｘ線透過撮影を行っても構造を知ることは困難である。

今回ＣＴ調査で得られた断面画像の観察から、これまで実資料を切断・研磨しないとわからない構造が非破壊で判明した意義は大きい。また、表面から見えない鋳造欠陥なども知ることが可能であることから、ＣＴで調査することは研究のみならず文化財の保管管理や取り扱いにも有用である。

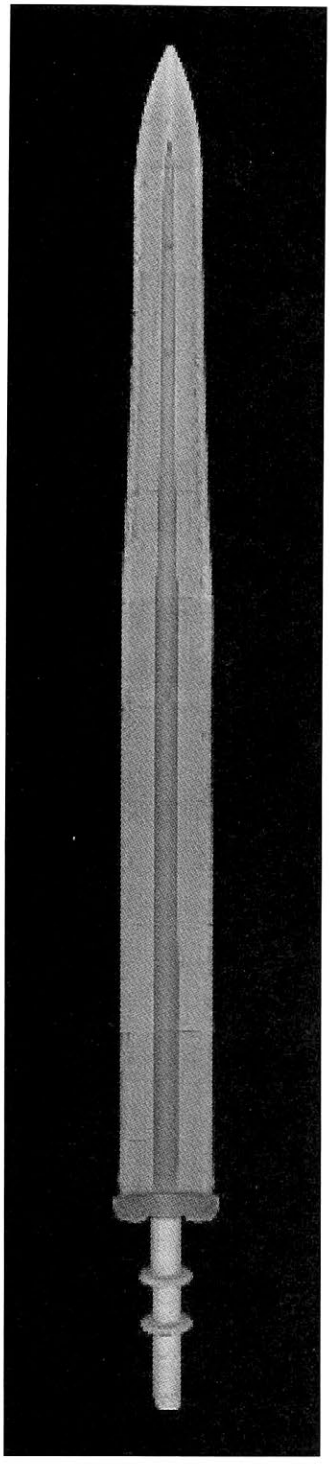


図１　青銅剣の３Ｄ像

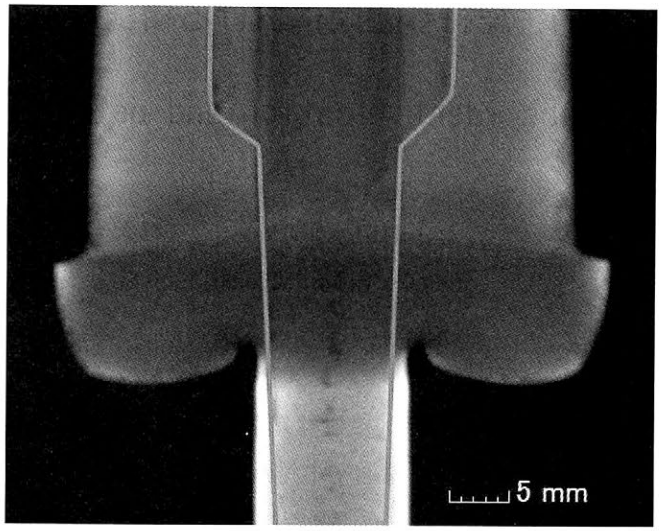


図２　柄付近の断層像

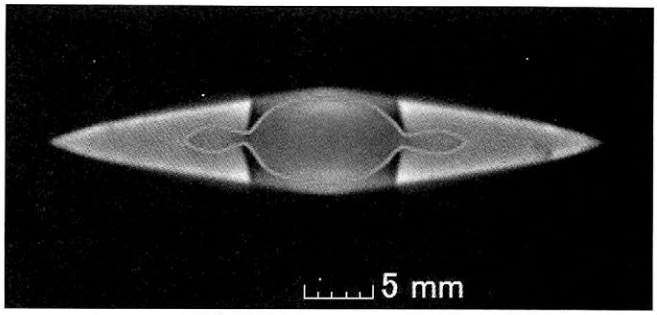


図３　刀身中央付近の断層像

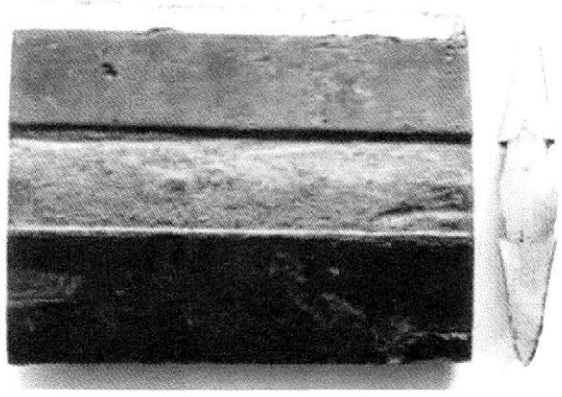


図４　上海博物館所蔵残剣及び断面研磨片

文献
［１］ 廉海萍・谭德睿　东周青铜复合剑制作技术研究. 文物保护与考古科学. 2002. 14(增刊). P.319-334.

総持寺祖院における樹種ならびに年代調査

Wood identification and dating of Sojiji temple

○田鶴(水野)寿弥子(京都大学)、杉山淳司(同左)
○Suyako Tazuru-Mizuno, Junji Sugiyama (Kyoto University)

1. 緒言

歴史的建造物の修理に際した樹種識別調査は、取り換え材の選択において有効な知見となるだけでなく、建造当時の木材流通や木材選択の情報獲得のためにも有益であることが、近年明らかとなってきた。本研究では、石川県能登半島に位置する曹洞宗大本山総持寺祖院の修理工事に際して、部材に使用されている樹種を科学的に同定し、地域的な樹種選択やその時代的変遷を明らかにすることとした。また加速器質量分析法（ＡＭＳ法）による放射性炭素年代測定を適用することにより、年代が不明な一部の建造物について年代測定を行い、建造年を推定した。

2. 実験と方法

曹洞宗大本山総持寺祖院の修理工事において、責任者の立ち会いのもと、試料採取を行った。試料は、割れ目や痛んでいる部位から採取し外見や強度に影響が無いように配慮した。また試料採取部位、ラベル、試料をデジタルカメラで撮影した。試料は研究室に持ち帰り、プレパラートを作成したのち光学顕微鏡による組織観察および樹種識別に供した。また白山殿ならびに白山蔵から採取した3部材については、株式会社パレオ・ラボにより、加速器質量分析計(パレオ・ラボ、コンパクトAMS:NEC製1.5 SDH)による放射性炭素年代測定を適用し、^{14}C年代、歴年代を算出した。

3. 結果と考察

樹種識別の結果、当初材の土台や柱にはスギとアスナロ属が多用され、また野地板や貫の大部分にはニヨウマツ類が使用されていることが判明した。本建造物が位置する地域はアスナロ属の中でもヒノキアスナロが多く分布する一帯である。アスナロ属は、顕微鏡による組織観察だけではアスナロとヒノキアスナロに分けることが困難であるが、今後ＤＮＡ分析やＮＩＲを活用してアスナロ属の詳細な分類を行うことで、当時の木材流通や植生に関する情報の獲得につながるものと期待される。また、年代測定の結果からは、白山殿由来の部材については15－16世紀初頭、白山蔵由来の２部材についてはそれぞれ１８世紀、19－20世紀との年代推定結果が得られた。将来的にはウイグルマッチング等、高精度な手法の適用も検討すべきであろう。

4. 謝辞

本研究は、株式会社パレオ・ラボ　第７回若手研究者を支援する研究助成により測定されまし

た。また、京都大学生存圏研究所の生存圏データベース（材鑑調査室）共同利用研究の助成を受けました。この場をお借りして心よりお礼を申し上げます。

古代ジョージアにおける銅合金利用の変遷

The Chronological Scientific Research for Usage of Copper Alloys in Ancient Georgia

○藤澤明（帝京大学）、Nino KEBULADZE（Georgian National Museum）、Nino KALANDADZE（同左）
○Akira FUJISAWA (Teikyo university), Nino KEBULADZE , Nino KALANDADZE (Georgian National Museum)

1. 研究背景

コーカサス地方は、西アジアと南ヨーロッパの接点に位置し、古来より東西交易の重要な要衝として機能し、さまざまな文化が交錯すると同時に独特の文化が形成されてきた。図1に示すようにジョージアは西アジアの北端にあることから古い歴史があり、膨大な数の金属資料が発掘されている。

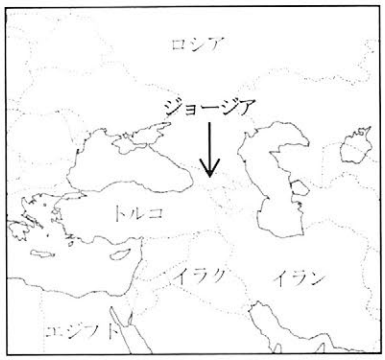


図1　ジョージアの位置

それらの多くを収蔵しているのがジョージア国立博物館（2004年設立）である。これらの資料の多くは、旧ソ連邦時代（1783年以降）に発掘された資料であり、1852年に設立されたコーカサス博物館から引き継がれたものである。また、コーカサス博物館であった1960年代から1970年代にかけて一部の資料については自然科学的な調査が行われているが、初期青銅器時代の資料に偏っており、銅合金利用の時代的変遷に関して十分には明らかとなっていない。

そこで、古代ジョージアにおける銅合金利用の変遷を明らかにするために、2014年よりジョージア国立博物館と共同で、初期青銅器時代から鉄器時代までの銅合金製資料の調査を実施している。

2．調査方法と対象資料

調査は日本から必要な機材を持ち込みジョージア国立博物館内で実施している。これは貴重な文化財を国外に持ち出すことが困難なためである。調査は非破壊的な手法で実施し、観察にはデジタル顕微鏡（マイクロアドバンス　DS-100）を使用し、含有元素の定性分析には可搬型蛍光X線分析装置（Innov-X Systems DELTA PREMIUM DP-4000）を使用した。分析モードは2 Beam Mining Plusを使用し、タンタル管球の電圧を自動で40kVと15kVに切り替えて測定することにより塩素、硫黄、カルシウムなどの軽元素の分析も可能である。また、ファンダメンタルパラメーター法により簡易的ではあるが、各元素の半定量値を算出することが可能である。分析時間は90 [sec]とし、X線の照射範囲は約φ10mmである。

表1　ジョージアにおける時代区分とこれまでに調査した資料数

	時代区分					
	初期青銅器（EB）	中期青銅器（MB）	後期青銅器（LB）	後期青銅器・初期鉄器（LB-EI）	古代初期（EA）	ヘレニズム（H）
	35-24 B.C.	23-18 B.C.	17-11 B.C.	10-7 B.C.	6-4 B.C.	4 B.C.-1 A.C.
武器と道具	10	17	29	23	1	0
装飾品	6	16	1	31	0	1
スラグ	0	0	3	4	0	0
その他	0	0	1	4	0	0
小計	**16**	**33**	**34**	**62**	**1**	**1**

分析対象とするのは主に初期青銅器時代から鉄器時代にかけての銅合金製資料である。剣や斧といった利器、指輪やブレスレットなどの装飾品を対象資料とした。これは合金設計と加工方法の関係を明らかにするためである。さらに、鉱石に含まれる不純物と、意図して混合した合金成分を明らかにするため、スラグを分析対象とした。これまでに調査した資料は147点であり、その詳細を表1に示す。

3．結果と考察

3．1．過去の保存修復処置の金属組成への影響

当該地域の銅鉱石には、わずかに亜鉛（＜1mass%）を含むことが知られている。しかし、過去に保存修復処置が施されている資料では、亜鉛が多く検出される。これは、保存修復処置において亜鉛電極を使用した電解処置が行われたためである。よって、保存修復処置が行われた資料に関しては亜鉛の有無については議論できない。また、亜鉛を使用しない保存修復処置も併用されていたと推測される。

3．2．古代ジョージアで使用された合金種とその変遷

検出された銅合金の種類は、砒素銅、青銅、銅－錫－砒素合金、真鍮であり、初期青銅器時代から初期鉄器時代にかけて砒素銅合金が検出されている。これまで当該地域においては、中期から後期青銅器時代に使用される銅合金が砒素銅から青銅に切り替わるとされてきた。しかし、図2に示すように砒素銅は初期鉄器時代にいたるまで使用され続けたことが明らかとなった。

また、中期青銅器時代以降、青銅も出現するが、錫と砒素の両方を含む資料も多い。これは、金属を再利用した可能性が挙げられる。つまり砒素銅製品を再溶解し、錫を加えて新たな製品を作製した場合に砒素と錫が含まれる。一方で、器種別に使用された合金種を考えると、武器類に使用された合金は砒素銅か青銅が多く、砒素と錫をともに含む合金の使用は少ない。中期青銅器時代以降、装飾品には砒素と錫を含む合金が多く使用されている。このことから、武器類を製作する際には、金属を再利用することが少なかったと考えられる。

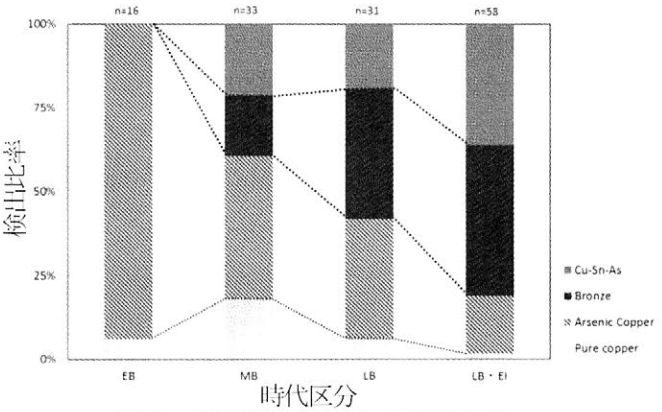


図2　各時代に使用された銅合金種

4．まとめ

・過去の保存修復処置において亜鉛電極を使用した電解処置が行われたため、保存修復処置が行われた資料に関しては亜鉛の有無については議論できない。

・検出された銅合金の種類は、砒素銅、青銅、銅－錫－砒素合金、真鍮であり、初期青銅器時代から初期鉄器時代にかけて砒素銅合金が検出されている。

・後期青銅器時代以降、青銅も出現するが、錫だけでなく砒素を含む資料も多い。これは、金属を再利用した可能性が挙げられる。

参考文献

・B. W. Roberts, C. Thornton, *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses*, Springer, 2014

・Ts. Abesadze, *Brinjaos Metalugiis Istoriisatvis Sakartveloshi*, Georgian National Museum, 2011

本研究はJSPS 科研費 26870898 の助成を受けたものである。

トルコ，カマン・カレホユック遺跡出土彩文土器に使用された黒/褐色顔料の非破壊分析による科学的分類および相同定

Nondestructive chemical classification and phase identification of black/brown pigments on painted pottery sherds excavated from Kaman-Kalehöyük, Turkey

○大塚晶絵（東理大・理）、阿部善也（同）、中井泉（同）、
松村公仁（アナトリア考古学研究所）、大村幸弘（同）
○Akie OTSUKA, Yoshinari ABE, Izumi NAKAI (Tokyo university of science),
Kimiyoshi MATUMURA, Sachihiro OMURA (Japanese Institute of Anatolian Archaeology)

1. はじめに

トルコ共和国・中央アナトリアに位置するカマン・カレホユック遺跡ではオスマン時代（A.D.1500~1700）から前期青銅器時代（B.C.3000~2000）まで長期的な人間活動を示す4つの文化層が確認されている。本研究では後期鉄器時代（B.C.700~300頃）に登場する「Black on Red」と呼ばれる彩文土器に着目した。この土器は彩文文様が独特で、土着の土器とは文化的に異なり、搬入品の可能性が高いとされている。そこでこの土器を技術的側面から、特に施文技術の観点から分析し、その特異性を明らかにしようとした。その第一歩として黒色の施文技術に着目した。先行研究[1]によりFeタイプ、Fe＋Mnタイプ、Mnタイプに分類されることが報告されている。さらに、Fe＋MnタイプおよびMnタイプの顔料は酸化焼成によって、Feタイプの顔料は還元焼成によって製作されることも分かっている。一方、一般的に土器の胎土の色に関して、赤色胎土の場合は酸化焼成、黒色胎土の場合は還元焼成で製作されたと考えることができる。このように胎土と顔料それぞれの焼成環境は分かっているが、彩文土器の場合は胎土と顔料の双方に関して焼成環境を考慮する必要があり、その製法とも深く関わっている。よって、本研究では酸化焼成で製作されたと考えられる赤色胎土の彩文土器について、先行研究[1]と同様に黒/褐色顔料の分析を行い、その焼成環境を明らかにすることを本研究の目的とした。「Black on Red」については重鉱物組成分析[2]による産地推定を含めた考古化学的な特性化を行った。

2. 実験方法

分析資料は、カマン・カレホユック遺跡北区XVIII、XIX、XX区より出土した鉄器時代に年代づけられる彩文土器53点であり、51点は酸化焼成による赤色胎土の土器片に、黒/褐色顔料を用いて彩文が描かれている。うち1点は「Black on Red」である。他2点は比較資料として黄色胎土の土器片に、黒/褐色顔料が用いられているものである。彩文土器は考古学的に特に貴重であるため蛍光X線を中心とした非破壊分析を適用した。まず、全ての資料についてX線顕微鏡（HORIBA XGT-2700）を用いた蛍光X線元素マッピングを行い、元素分布から顔料のタイプ

を分類した。さらに将来的に現地での分析を行うことを想定し、ハンドヘルド型蛍光X線分析装置（リガク NITON）を用いて簡易迅速に顔料分類を行えるか検討した。さらにデジタル顕微鏡を用いた彩文部分の詳細な観察や、顕微ラマン分光および粉末X線回折を用いた顔料の相同定を行った。さらに、「Black on Red」については走査型電子顕微鏡（SEM-EDS）を用いた重鉱物組成分析により、胎土部分の産地推定を行った。

3. 結果・考察

彩文土器に対して蛍光X線元素マッピングの一例を図1に示した。白点が多いほど蛍光X線強度が高いことを示している。図1より、この赤色胎土に黒/褐色顔料を施した彩文土器では、胎土部にSi, K, Ca, Ti, Feが彩文部にMn, Feが含まれていることが分かる。蛍光X線元素マッピングの結果、分析した資料の黒/褐色顔料は化学組成的にはFe+Mnタイプ（図2）もしくはMnタイプ（図3）の2種類に全て分類され、Feタイプは見られなかった。Fe+Mnタイプ、Mnタイプの2種類の黒/褐色顔料はいずれも酸化焼成で生成できるため、胎土と同様に顔料も酸化焼成で製作されたことが考えられる。また図3は「Black on Red」の彩文土器であるが、外見的特徴が還元焼成を利用して黒色を出している「ギリシャ黒陶（赤絵式）」と類似しているためFeタイプと予想したが、結果は酸化焼成で生成されるMnタイプであったため、「ギリシャ黒陶（赤絵式）」とは異なる技術で作られていることが明らかとなった。一方、現地分析への応用としてハンドヘルド型蛍光X線分析装置を用いて上記の顔料の識別が可能か試みた結果、複数点を測定することにより現地でも顔料分類が行える可能性が示唆された。当日は、顔料の相同定の結果や、重鉱物組成分析による「Black on Red」の産地推定の結果も発表する。

図1 赤色胎土に黒/褐色顔料を施した彩文土器の元素マッピング図

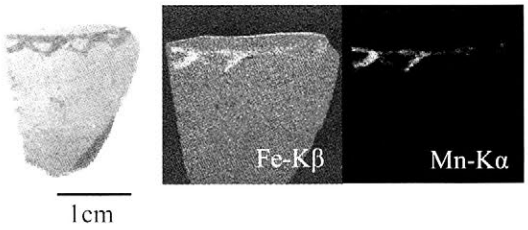


図2 Fe+Mn系顔料が使用された土器
(赤色胎土に黒/褐色顔料を施した彩文土器)
資料（左）とその元素マッピング結果（右）

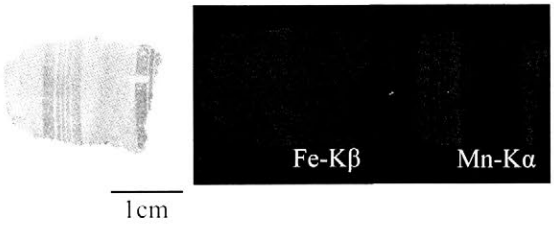


図3 Mn系顔料が使用された土器
(Black on Red)
資料（左）とその元素マッピング結果（右）

1) 五月女祐亮ほか：X線分析の進歩,**43**,331-340,(2012).

2) W.S.K.Bong *et al.* : *Journal of Archeological Science*, **37**, 2165-2178 (2010).

窯焼成技術にともなう胎土の特質—陶邑須恵器と韓国陶質土器の蛍光X線分析・顕微鏡分析を通じて—

Characterization of raw material for the production of pottery on the kiln firing: based on the X-Ray fluorescence analysis and petrologic analysis for the Sue ware from Suemura site complex and the Korean Dojil ware

○鐘ヶ江賢二（鹿児島国際大学）・長友朋子（立命館大学）・棟上俊二（福岡教育大学）
・岡戸哲紀（大阪府文化財センター）・河承哲（慶南発展研究院）

○ Kenji KANEGAE(International university of Kagoshima), Tomoko NAGATOMO(Ritsumeikan university), Shunji TOJO(University of teacher education Fukuoka), OKADO TETSUNORI (Osaka center for cultural heritage), He Seung Cheol (Gyeongnam development institute)

1. はじめに

須恵器の生産体制や技術を研究するうえで欠かせない問題として，窯による高温焼成技術の導入のプロセスと，それにともなう土器製作技術・生産および分配体制の変化をどのようにとらえるかが挙げられる。須恵器は韓国の陶質土器の技術に由来すると考えられるが，陶質土器の技術が須恵器にどのように移植されたのか，また須恵器と陶質土器と類似性および差異はどのようなもので，それが何に起因するのかなど，今後検討すべき課題は多いといえる。

そこで本研究は，陶邑（TG232窯）出土の須恵器と韓国古墳出土の陶質土器（金海望徳古墳，大成洞古墳群，晋州舟牧里古墳出土）に対して蛍光X線分析および顕微鏡観察を実施し，双方の土器の胎土の類似性と差異を検討することによって，高温焼成技術の導入のありかた，およびその特質を探ることにしたい。

2. 分析方法

蛍光X線分析は，福岡教育大学のリガク社製 RIX-2000 を使用した。X線強度から元素組成を算出する方法は，低希釈率（3倍）ガラスビードを用いた検量線法である。岩石学的分析は，土器片の上下断面に沿って切断し，表面を研磨した後，熱硬化性エポキシ系接着剤(ペトロポキシ154)を用いてスライドグラスに接着させ，約0.03mmの厚さの薄片を作成し観察を行った。

3. 分析結果

材料の母岩を把握するために，SiO_2/Al_2O_3の分布をみると（図1），陶邑はSiO_2が68%前後，Al_2O_3が18%前後にまとまり，均質性が高い。化学組成から，花崗岩など酸性岩に由来するとみられる。韓国側も同様な傾向を示すが，大成洞古墳群出土土器はばらつきが大きい。陶邑と韓国側の土器は両方ともAl_2O_3が20%以下のものが多く，縄文土器や弥生土器と比べて粒子部が多く粘土の基質部がやや少ない胎土組織を構成しているようである。

次にK_2O/Na_2Oの比率をみると（図2），陶邑は韓国陶質土器よりも若干低く分布し，長石類の風化度の違いを示すとみられる。地質の違いが，このような長石類に由来する元素の分布に表れていると推測される。

また，石英以外の長石および有色鉱物に由来する元素（Fe_2O_3, CaO, MgO, TiO_2, K_2O, Na_2O, MnO, ZnO）は，李盛周の研究でも言及されるように高温焼成時の焼きしまり，ガラス化の促進に関連すると考えられる（李 1988）。そこで，李盛周の研究にならい，これらのガラス化にかかわる元素をRxOyとして，Al_2O_3に対するSiO_2とRxOyの分子数比を検討した（図3）。RxOyは，陶邑よりも韓国3遺跡の陶質土器のほうが若干高い値を示しており，韓国陶質土器の方が，低い温度でもよく焼きしまる材質であることを示していると評価できるかもしれない。

偏光顕微鏡による観察は，全体的に基質のガラス化が著しく，詳細な鉱物組成などを把握するのは困難である。粒子の大きさなど陶邑と韓国陶質土器の胎土組織は類似する点も多いと推察するが，今後より詳細な分析が必要である。

4. まとめ

以上のように，陶邑出土須恵器と韓国陶質土器の材質の比較を行った。胎土の共通性や差異は，双方の地質環境の違いや高温焼成にともなう技術的特性に由来する可能性があるが，それを胎土のデータからどのように読み取るかが，今後の研究の進展にむけての鍵となると考える

なお，本研究の分析にあたっては，大阪府教育委員会・大阪府文化財センター，慶星大学校博物館，東西文物研究院，海東文化財研究院に資料を提供いただいた。厚くお礼申し上げたい。

文献

李盛周 1988「三国時代前期土器の研究」「韓国上古史学報」1

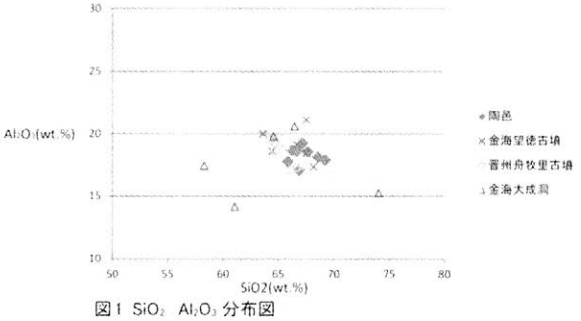


図1 SiO_2 Al_2O_3 分布図

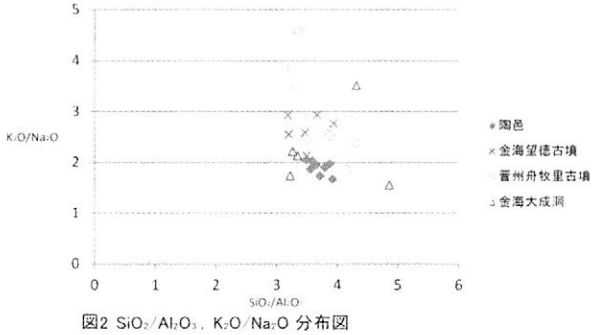


図2 SiO_2/Al_2O_3, K_2O/Na_2O 分布図

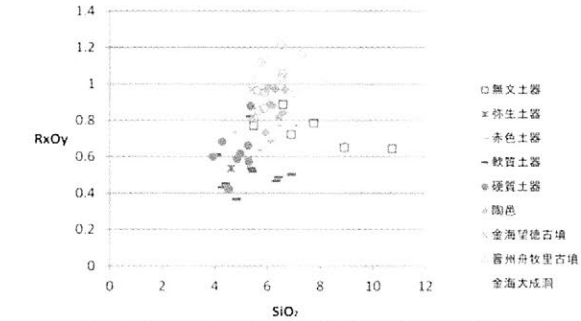


図3 Al_2O_3に対するSiO_2, RxOyの分子量比の値（李1988のデータと合わせて作成）

朝鮮刊本の微細表面粗さと3D形状計測

Surface roughness and 3D measurements of Korea old print books

Kim Heakyoung（龍谷大学理工学研究科）、 ○岡田至弘（龍谷大学理工学研究科）、
江南和幸（龍谷大学名誉教授）
Kim Heakyoung、 Okada Yoshihiro、 Enami Kazuyuki (Ryukoku University)

1. はじめに

朝鮮刊本は、歴史的、書誌学的、技術的にも重要な印刷文化資料である。印刷文化の嚆矢となる木版印刷は、版木による整版印刷や、木製・銅製・青銅製・鉄製の活字印刷へと変遷を遂げてきた。近年これらの復元の為、版木や活字そのもの保存と記録方法の研究が進められている。ここでは、非接触型（構造化光照射方式）微細形状計測により、料紙表面に現存する表面の構造を明らかにし、朝鮮刊本に残る微細形状特徴について報告する。金属活字および木活字によって作成された刊本の料紙表面に残る瘢痕（版圧による3D・凹凸構造）の定量化方法と、印面の活字ストローク表面に残る性質を3次元表面粗さとして計測可能であることを報告する。

ここでは、料紙表面の構造解析の手法として、材料粗さ計測の手法である光触針法による1次元表面粗さの計測方法を3次元面粗さへ拡張し、かつ0.1μm以上の凹凸構造の計測（微細3D形状）が可能であることを示す。

2. 金属活字と木製活字による朝鮮刊本

金属活字による刊本”唐百家詩“は隆慶4年9月(1570年)の紀年から開版年度と所蔵先が明確であり、朝鮮初期の申辰字・金属活字によって作成された。

金属活字は銅を主成分とする材料に若干の鉛・亜鉛の配合による合金と推測される。高麗時代の活字が銅および比較的多くの鉛・亜鉛の配合から、活字鋳造時の整形容易さを得る代わりに耐久性に問題を残すこととなった。朝鮮初期の金属活字の場合、銅含有量が多くなることから、耐久性が増し、活字のストロークそのものの耐久性・対摩耗性・平滑性も確保できたようである。

料紙の大きさ、200 x 328 mm、12行×20字で,各行は界線、1紙面は匡郭により囲まれ、五つ目線装本仕立て。 料紙は楮紙と同定され、他の刊本同様、麻、楮と共に副原料として雑草紙の併用については今後の検討が必要である。

木製活字による刊本“仏説大報父母恩重経”は、漢字・ハングルの表記による刊本であり、漢字表記末尾に、“歳柔兆執徐仲夏開印歳干花山龍珠寺”とあることから、15世紀朝鮮初期の“父母恩重經”の内容を用い1796年に刊行したものと推定される。料紙の大きさ、193 × 285mm、8行×16字で,各行は界線、1紙面は匡郭により囲まれ、五つ目線装本仕立て。 料紙は”唐百家詩“同様楮紙であり、金属活字同様、活字を版面とし、その凸面に墨を置き、一定の圧力で馬簾および刷毛により料紙に版を写しとる。

3. 朝鮮刊本の３D・凹凸計測

朝鮮刊本の紙面に残された情報として、一定の押圧により金属活字による版圧痕(凹み)が計測された。この計測には、Keyence 製 VR3100 (3 次元顕微鏡) を用い、20 倍(視野 30mm 平方)から 300 倍(1mm 平方)までの範囲で顕微鏡視野下での３D 計測 (高さ) を構造化光投影による三角測量法 (Multi Triangulation) により計測した。Fig.1 は、金属活字による”唐百家詩“中の紙面の３D 計測結果を示す。凹み深さ 51.3μm の印地面・墨の関係が残されており、全紙面平均約 30μm の版圧痕が観測された。また。Fig.2 に微細表面粗さの計測個所(4 点)を示す (Fig.1 に比べ 90 度回転) 。計測には、高さ (凹凸) の 3 次元計測結果を用い、かつ ISO (国際標準化機構) により標準化が進む” ３D 表面性状評価パラメータ“ (ISO 25178-2) を用い評価した結果をた table 1 に示す。

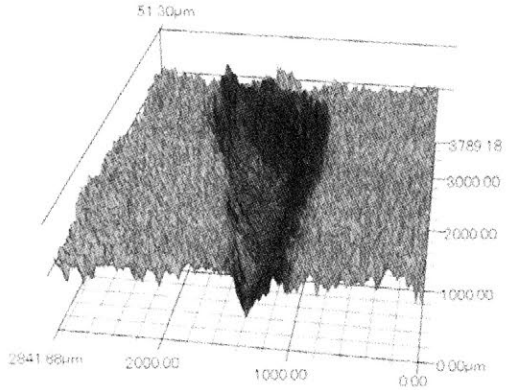


Fig.1　金属活字による版圧痕

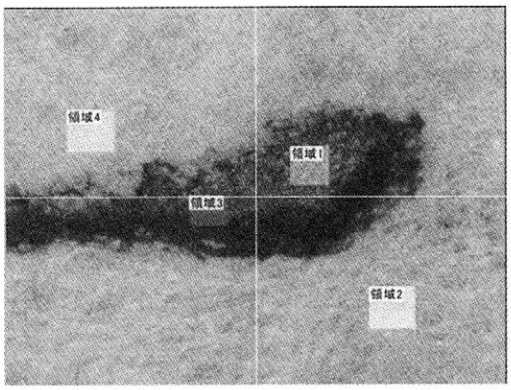


Fig.2　３次元表面粗さ計測個所

Table 1 3D 表面粗さ計測結果

領域名	Sq	Ssk	Sku
単位	μm		
領域1	1.03	-0.21	3.81
領域2	1.72	0.00	4.93
領域3	0.68	-0.08	3.14
領域4	1.25	-0.11	3.31

ISO で標準化されたパラメータの内、Sq は凹凸の平均粗さを、Ssk は基準面を中心とした時の凹凸部の対称性を(Ssk=0 の時、基準) 、Sku は基準面を中心とした凸部の鋭さを示す。Fig.2 での計測個所、料紙そのもの (領域 2,4) 、版圧痕・印字部 (領域 1,3) では、版圧により紙繊維が潰れることから平均粗さに明確な差がみられた。また領域 2 の Sku 結果からは紙面の繊維の飛び出し影響によるものと判断される。これらの傾向は”唐百家詩“の料紙中に見られ版圧痕だけでなく、表面粗さにより印字面の評価が可能となることを示している。同様に、木製活字による刊本“仏説大報父母恩重經”についても、３D・凹凸計測を試み、版圧痕として平均 12μm の凹みを計測した。一方、微細表面粗さの計測では、版圧痕・印字部にかすれ (木目) が多くみられることから金属活字の結果とは異なる。今後は、修復歴含めた料紙への影響とともに、３D 表面性状評価パラメータによる評価法について更に検討していく。

[1]「非接触による三次元表面性状の測定の現状」、佐藤 敦、精密工学会誌 81(10), 922-925, 2015

東日本の前期古墳出土丹塗土器に採用されたベンガラの地域性に関する研究

Study of regional characteristics of Bengala used to coloring pottery excavated from tumuli during the early Kofun period in Eastern Japan.

○志賀智史(九州国立博物館)／○SHIGA Satoshi(Kyushu National Museum)

はじめに

本研究では、東日本の前期古墳の祭祀に用いられた丹塗土器を対象とし、採用ベンガラの粒子形態からベンガラの地域性について検討を行なう。一般的に丹塗土器とは、土器焼成前にベンガラを塗布し、焼き上げたものを指す。ここでは同様にして製作された埴輪も含めて検討した。

1. 資　料

該当する古墳31基から出土した直接古墳に伴う丹塗土器206点を対象とした。一古墳で土器1点しか調査を行っていないものもあるが、調査古墳数を増やすことで全体の傾向把握に努めた。報告書掲載資料の全点調査を心がけたが、現地調査時間等の関係で代表的な土器だけに絞ったものも多い。

2. 調査方法

資料保管場所へ赴き、携帯型実体顕微鏡を用いて赤色顔料の有無を確認した。赤色顔料を認めたものから分析資料を採取し、持ち帰った。研究室では、実体顕微鏡を用いて調査所見を再確認した後、生物顕微鏡観察と蛍光X線分析を行った。生物顕微鏡観察でベンガラ粒子を認め、且つ蛍光X線分析で鉄を検出したものをベンガラとした。焼成前塗彩かどうかの判断は、土器表面のミガキに先行してベンガラが塗布されていることや器面にベンガラがしっかり固着していることを基準としたが、付着量が少ないものについてはこの限りではない。

3. ベンガラの分類

生物顕微鏡観察(透過光・側射光)の結果から、直径約1μmのパイプ状構造を持つベンガラ粒子を含むもの(ベンガラ(P))と、そうでないもの(ベンガラ(非P))に分類した。ベンガラ(P)は鉄細菌を、ベンガラ(非P)は鉄鉱石を素材としたものであることが特定もしくは推定されている(岡田 1997,本田 1997)。

4. 調査結果のまとめと考察

調査結果を図1に示す。古墳毎の傾向としては、一古墳でどちらか一方のベンガラだけを採用した事例が大半を占めていた。例外的な事例である青塚古墳と森将軍塚古墳は、埴輪を持つ前方後円墳として当該期の東日本では少数派である。両ベンガラ採用の背景には、地勢や畿内との関係、埴輪製作者集団など埴輪生産に関わる様々な環境の違いが考えられる。稲荷塚第6号墳では焼成前底部穿孔の二重口縁壺でベンガラ(P)が、甕形壺でベンガラ(非P)が採用されていた。甕形壺は古墳祭祀専用とは言えないため、二重口縁壺とは製作者集団や入手経路が異なっていた可能性が高い。元島名将軍塚古墳ではベンガラの遺存量が非常に少なく、粒子形態の観察が十分行えなかった可能性がある。本来はベンガラ(P)だけであったと考えたい。

分布の傾向としては、全体的にベンガラ(P)が採用されていたが、「下越・置賜・会津」、「能登・越中」、「尾張」の3地域ではベンガラ(非P)の採用が目立っていた。これらベンガラ(非P)の採用地域内には、鉄鉱石の原産地があったと考えられ、流通体系も存在していた可能性が高い。

下越・置賜・会津　置賜と会津では両ベンガラが採用されており、この地域の境界にあたると考えられる。置賜では、隣り合う蒲生田山3号墳でベンガラ(非P)が、蒲生田山4号墳でベンガラ(P)が採用されていた。両古墳の二重口縁壺は異なる特徴を持っており、土器製作者集団の差が採用ベンガラの差となって現れた可能性がある。会津では、稲荷塚第1・6号墳と男壇1号墳でベンガラ(P)が、森北1号墳と亀ヶ森古墳でベンガラ(非P)が採用されていた。ベンガラ(非P)は後者のような規模の大きな古墳で採用されており、その採用の背景には有力在地勢力との関わりが考えられよう。

この地域のベンガラ(非P)の原産地については、下越の新潟県新発田市にある赤谷鉱山(赤鉄鉱)が候補となる。阿賀野川沿いに会津へ、荒川沿いに置賜への搬入ルートが予想される。また、近年活発に議論がなされている続縄文文化との接点を考えるのであれば、岩手県北上市にある和賀仙人鉱山(赤鉄鉱)や青森県今別町赤根沢(赤鉄鉱)も候補となるかもしれない。山形以北の状況把握が必要であろう。

能登・越中　勅使塚古墳と国分尼塚1号古墳のベンガラ(非P)には、海綿骨針もしくは珪藻等の微化石が大量に含まれていた。同様な微化石は、国分尼塚1号古墳および同じく能登の前期古墳である阿尾島田A1号墳と雨の宮1号墳の各埋葬主体部で採用されたベンガラ(非P)にも大量に含まれていた。この地域は珪藻土の産地としてよく知られている。今後ベンガラの原産地を絞ってゆく上で、この産状は有益な情報となりうるであろう。

尾張　1期以前から2期の廻間1号墳、西上免1号墳、東の宮古墳でベンガラ(非P)が採用されていた。これらは、パレス・スタイル土器とよばれる白色系の胎土にベンガラ彩色を施した土器で、弥生時代後期から古墳時代初頭の濃尾平野で盛行するものである。

この地域のベンガラ(非P)の原産地については、濃尾平野北西端、岐阜県大垣市赤坂の金生山(赤鉄鉱)が候補となる。パレス・スタイル土器成立の背景として、在地の豊富な赤鉄鉱との関わりを予想したい。尾張以外では弘法山古墳、高尾山古墳、貝沢柳町1号墳のパレス・スタイル土器の調査を行っている。このうち東海西部からの搬入の可能性が指摘されている弘法山古墳のみでベンガラ(非P)が採用されている点は、今回の検討結果と矛盾しない。

4期の青塚古墳では壺形埴輪でベンガラ(P)が主体、鰭付等の円筒埴輪や朝顔形埴輪でベンガラ(非P)が採用されていた。前者は在地系、後者は畿内系と考えられており、器種によって採用ベンガラが異なっていた。これ以前の時期では在地系でベンガラ(非P)が採用されており、容易に解釈できない。畿内では、前期古墳の埋葬主体部で採用されたベンガラはベンガラ(P)であるものの、4期の大王墓である津堂城山古墳だけはベンガラ(非P)が採用されている。このような状況をも加味しながら、今後意味付けしてゆく必要があろう。

※今回分析を行った土器、参考文献、協力機関などについては紙面の関係で省略した。基礎となるデータは平成28年度刊行予定の『城の山古墳発掘調査報告書』(胎内市教育委員会編)所収の筆者による分析報告を参照されたい。本研究は、科研費(18720223、20720218、25370906)を使用した。

古墳名	所在地	集成編年	墳形	墳長(m)	調査個体数	ベンガラ粒子形態 P	ベンガラ粒子形態 非P
天神森	山形県川西町	2	方方	74	3	0	3
蒲生田山3号	山形県南陽市	2	方方	29	13	0	13
蒲生田山4号	山形県南陽市	3	方方	29	9	9	0
城の山	新潟県胎内市	2~3	円	40	3	0	3
稲荷塚1号	福島県会津坂下町	1以前	方	9	3	3	0
稲荷塚6号	福島県会津坂下町	2	方方	24	5	4	1
男壇1号	福島県会津坂下町	2	方	23	2	2	0
森北1号	福島県会津坂下町	2	方方	41	8	0	8
亀ヶ森	福島県会津坂下町	4	方円	127	36	0	36
保内三王山11号	新潟県三条市	4	円	22	1	1	0
森将軍塚	長野県更埴市	4	方円	96	10	9	1
弘法山	長野県松本市	1	方方	63	1	0	1
勅使塚	富山県富山市	2	方方	66	18	0	18
国分尼塚1号	石川県七尾市	2	方方	53	1	0	1
雨の宮1号	石川県中能登町	3	方方	64	1	0	1
花野谷1号	福井県福井市	1	円	20	1	1	0
山頂	福井県福井市	2	円	60	4	0	4
大安場1号	福島県那山市	4	方方	83	5	5	0
吉田温泉神社	栃木県那珂川町	2	方方	50	2	2	0
那須八幡塚	栃木県那珂川町	3	方方	68	8	8	0
山王寺大桝塚	栃木県栃木市	3	方方	96	2	2	0
貝沢柳町1号	群馬県高崎市	1	方	11	3	3	0
元島名将軍塚	群馬県高崎市	2	方方	90	10	8	2
北山茶臼山西	群馬県富岡市	3	方円	30	9	9	0
成塚向山1号	群馬県太田市	3	方	20	10	10	0
高尾山	静岡県沼津市	1以前	方方	62	10	10	0
新豊院山3号	静岡県磐田市	1	方	12	1	1	0
廻間1号	愛知県清須市	1以前	方方	25	1	0	1
西上免1号	愛知県一宮市	1以前	方方	41	14	0	14
東之宮	愛知県犬山市	2~3	方方	67	1	0	1
青塚	愛知県犬山市	4	方円	123	11	8	3

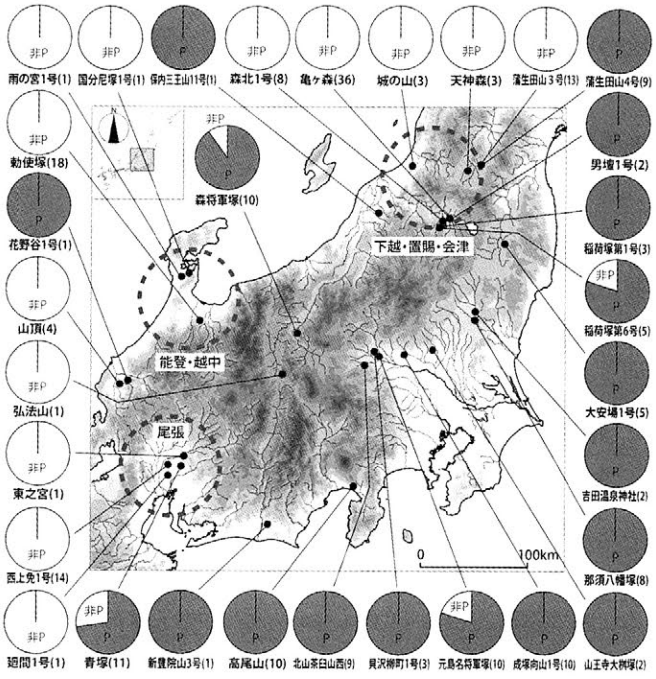


図1　調査結果一覧と古墳の分布

豊田市高橋遺跡における赤色顔料の利用について

The utilization of red pigment at Takahashi site, Toyota city.

○竹原弘展（パレオ・ラボ）、長田友也（中部大学）、中村賢太郎（パレオ・ラボ）
○Hironobu TAKEHARA (Paleo Labo Co., Ltd.), Tomonari OSADA (Chubu university),
Kentaro NAKAMURA (Paleo Labo Co., Ltd.)

1. はじめに

愛知県豊田市の矢作川左岸、高橋地区に所在する高橋遺跡では、塊状や粉状の赤色鉱物および赤彩土器が出土している。また、同じく矢作川左岸百々町の岩長遺跡においても、同様の粉状の赤色鉱物が出土している。赤色鉱物と赤彩土器に使用されている赤色顔料の比較検討、また赤彩土器の塗彩方法の検討を目的として、これら赤色鉱物と赤彩土器に使用されている赤色顔料を観察、分析した。さらにその由来を検討するべく、豊田市周辺の高位段丘面（挙母面）の最上部に発達する赤褐色粘土質層（通称トラ斑）の赤色鉱物や、同じく挙母面で採取された鬼板等についても観察、分析を行い、遺跡出土資料と比較検討した結果を報告する。

2. 試料と方法

分析を行ったのは、高橋遺跡住居址等より出土した赤色鉱物4点と赤彩土器3点、岩長遺跡より出土した赤色鉱物3点の計10点で、時期は弥生時代後期～古墳時代中期前半である。赤色鉱物は、固結した塊状のタイプと、粉状のタイプが存在する。これらについて実体顕微鏡下で赤色部分を極微量採取し、蛍光X線分析および走査型電子顕微鏡（SEM）観察試料とした。赤彩土器については、表面の実体顕微鏡観察および断面プレパラートを作製し、SEM観察およびSEM付属のエネルギー分散型X線分析装置による元素マッピング分析を行った。蛍光X線分析には（株）堀場製作所製分析顕微鏡XGT-5000Type IIを、SEM観察および元素マッピング分析には日本電子（株）製JSM5900LVおよび同JED-2200を使用した。

また、比較試料として豊田市内の現地踏査で得た赤色土壌や軟質の鬼板等の赤色鉱物6点と豊橋市教育委員会よりご提供いただいた高師小僧1点について、電気炉で焼成実験を行った（750℃、6h）。焼成後試料についても、蛍光X線分析およびSEM観察を行った。図1に採集位置を示す。

3. 結果と考察

蛍光X線分析の結果、遺跡出土資料はいずれもケイ素（Si）、アルミニウム（Al）、鉄（Fe）が主に検出された。鉄（Fe）の含有量は約11～18%（FP法による半定量値）とそれほど多くはないが、水銀（Hg）や鉛（Pb）は検出されておらず、いずれも赤色顔料としてはベンガラに分類される。SEM観察では、いずれもパイプ状粒子は確認されず、粒度にばらつきのある不定形粒子が観

察された。

SEMによる土器断面観察および元素マッピング分析では、土器表面約5～30μmに鉄の輝度の高い層が認められた。塗彩部表面の実体顕微鏡観察では、土器胎土表面の細かいひび割れと共に、上に塗られている赤色顔料も割れている様子が観察され、割れ目に顔料が侵入している箇所は確認できなかった。表面の細かいひび割れは焼成前の乾燥か焼成時に起こったと考え、顔料の塗彩は土器の焼成よりも前と推定した。

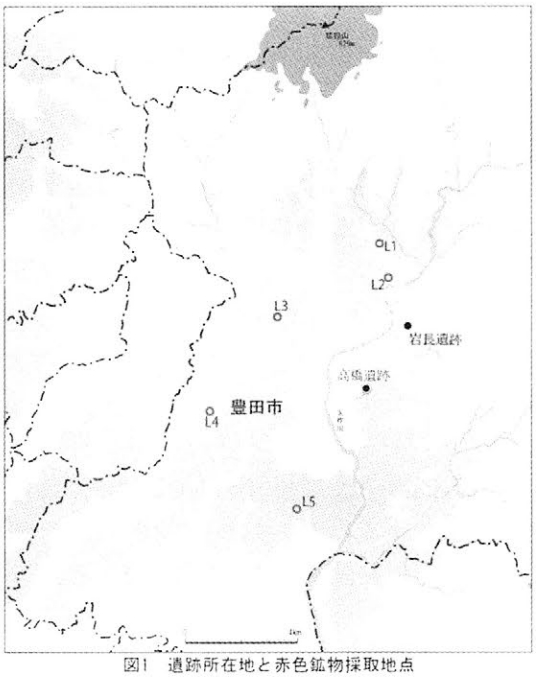


図1　遺跡所在地と赤色鉱物採取地点

比較試料は焼成実験の結果、特に豊田市内採集の赤色土壌や鬼板はいずれも赤みを増し、遺跡出土資料により近い色調となった。やや砂粒が多い試料もあったものの、軟質な鬼板は遺跡より出土した固結した塊状赤色鉱物に、トラ斑と呼ばれる赤色土壌は遺跡より出土した粉状赤色鉱物によく似ていた。トラ斑および軟質な鬼板は、蛍光X線分析では鉄（Fe）含有量が約11～22%で、SEM観察では不定形粒子が観察されており、これらの特徴も遺跡出土資料に近い。一方、高師小僧は、焼成による赤変はほとんど認められず、また鉄含有量が極めて高く、粒子形状もやや丸みを帯びた異なる形状であった。以上より、遺跡より出土した赤色鉱物や赤彩土器に使用されている赤色顔料は、遺跡周辺で採取可能な赤色土壌等の身近な赤色鉱物に由来する可能性が高い。

今回豊田市内の挙母面で採集されたような赤色土壌は、同様の高位段丘面上に広く分布し、日本列島のいたるところで入手可能だったと考えられる。赤色顔料は、交換財・威信財とみられることも多い。確かに水銀朱は産地の限定される物質であり、原産地から消費地への流通があったと考えられる。高橋遺跡においても土器内面に付着する水銀朱が出土しており、非在地系の赤色顔料が流入してきていることが確認できる。一方、ベンガラについては加工・精製の必要はあるとしてもどこでも比較的容易に調達できる物質である。このことを念頭に置き、在地系の材料としての視点を持って、ベンガラの利用については検討する必要があろう。

参考文献：長田友也編（2015）高橋遺跡　中央区・南西区．豊田市埋蔵文化財調査報告書第66集，豊田市教育委員会．

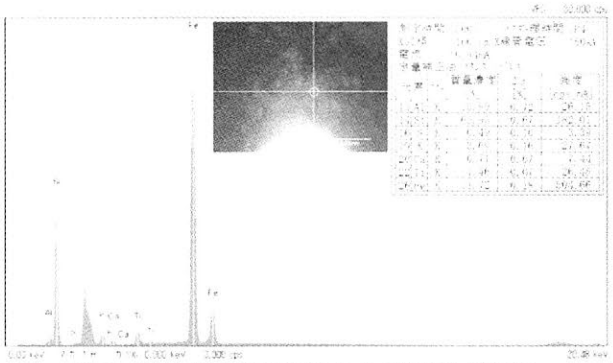


図2　遺跡出土赤色鉱物の蛍光X線分析結果

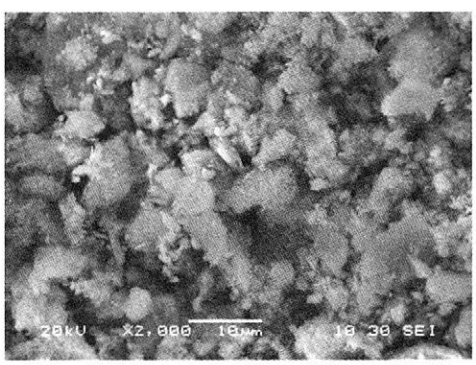


図3　遺跡出土赤色鉱物のSEM二次電子像

鋳造復元における製作技法の検討

－茨木市指定文化財キリシタン遺物メダイの鋳造復元を例として－

Study of casting techniques in casting restoration.

- As an example the casting restoration in Ibaraki City designated cultural assets Christian relics -

○ 西村あかね[1]、撫養健至[1]、小泉武寛[2]、小泉裕司[2]、魚島純一[3]
([1]株式会社スタジオ三十三　[2]和銅寛　[3]奈良大学)

1. はじめに

現存する金属製伝世品や遺跡から出土する金属器の多くは、経年劣化により製作当時の状態を失っている。筆者らは製作された当時の金属の輝きや色、音色を再現するために、鋳造による復元品製作を行ってきた。その際に、鋳造復元品製作のひとつの指標となるのが、蛍光X線分析などをはじめとする分析結果から得られる数値である。

大阪府茨木市指定文化財キリシタン遺物メダイ８点の鋳造復元において、公表されている実物資料の分析結果[1)]をもとに鋳造復元品製作を行った。実物資料の分析結果の数値に比べ、鋳造復元品８点（図１）それぞれの色や光の輝きの違いに疑問を持ったため、蛍光X線分析による定量分析を行ったところ、実物資料の分析結果に対して、鉛と亜鉛の含有量の値が低く検出された。

そこで、今回は鋳造復元品８点の分析結果の報告と、鋳造復元品の分析結果を、復元において与えられた数値（実物資料の分析結果）に、いかにして近づけることができるかの製作技法について考えてみた。

2. 対象資料

茨木市指定文化財キリシタン遺物メダイ鋳造復元品

① 教皇クレメンス８世像　（縦 22 ㎜×横 15㎜）
② 教皇グレゴリオ 14 世像　（径 39 ㎜）
③ 聖体秘跡　（縦 20 ㎜×横 15 ㎜）
④ ロヨラとザビエル　（縦 18 ㎜×横 13 ㎜）
⑤ 無原罪のマリア　（縦 21 ㎜×横 11 ㎜）
⑥ 聖母子とキリスト　（縦 29 ㎜×横 24 ㎜）
⑦ イエスとマリア　（縦 33 ㎜×横 21 ㎜）
⑧ 福者フランシスコ・ザビエル（縦 26 ㎜×横 17 ㎜）　計８点

3. 分析方法

分析機器　エネルギー分散型蛍光X線分析装置　EDAX 製 Eagel XXL（奈良大学設置）
測定条件　管電圧 35kV、管電流 30μA、照射時間 200 秒、管球 Cr（クロム）、真空
定量方法　ファンダメンタル・パラメーター法（ＦＰ法）
測定箇所　メダイの片面　上部・中部・下部・中左部・中右部　計５か所

4.結果と考察

蛍光X線分析の結果、メダイ復元品 1～5・7・8 については、Fe（鉄）、Cu（銅）、Pb（鉛）、Sn（錫）、Zn（亜鉛）、メダイ復元品 6 については、Cu（銅）、Pb（鉛）、Sn（錫）が検出され、用意した鎔湯と同様の元素をそれぞれ検出した。しかし、いずれも実物資料の分析結果の数値に対して、Pb と Zn の数値が低くめに検出された。また、測定箇所間においての元素検出数値の差異については、Zn では測定点 5 か所での大きな差異は見られないのに対して、Pb では測定点 5 か所で明確な差異が見られる資料もあることが分かった。

しかし、メダイ 8 点における測定点 5 か所での数値の差異にはっきりとした規則性は見られず、今回は明確な結論に至っていない。

5.まとめ

鋳造復元品の分析結果において、Pb と Zn の検出数字が低く検出された理由について、今回は、はっきりとした答えを導き出すことができなかった。

Pb と Zn が低く検出される原因としては、各元素の比重の違いにより比重の重い元素が坩堝の底に沈んだ可能性や、蒸発点の低い元素が融解の過程で蒸発する点、銅と錫のように結合しやすい元素と結合しにくい元素がある点などの金属元素の特性によるものや、融解温度や融解時間、金属を溶かす順番、攪拌方法などの鋳造技法によるものが考えられる。しかし、これらの中の 1 つが要因となっているのではなく、複数の要因が重なって、Pb と Zn が低く検出されることになったと思われる。そのため、原因を突き止めるためには、考えられる条件を 1 つ 1 つ検証していかなければならない。このことを踏まえて、今回は鋳造実験も行ったので、その実験結果についても発表する。

今回は明確な結論を出すことができなかった実物資料の分析値と鋳造復元品の分析値とが異なった原因について検証を続け、今後も製作当時本来の輝きをつきとめる鋳造復元品製作のための鋳造技法の検討を行っていきたい。

図 1　メダイ鋳造復元品 8 点

参考文献

[1]魯 禔玹・平尾 良光（2016）「大阪府茨木市所蔵キリスト教関連遺物に関する化学組成調査」『千提寺・下音羽のキリシタン遺物研究』長崎純心大学

X線CTスキャナを用いた国宝「初音の調度」見台の構造調査

Study of structure for Hatsune Furnishings using X-ray CT

○赤田昌倫*、吉川美穂**、川畑憲子*、今津節生*
*九州国立博物館、**徳川美術館

1. はじめに

九州国立博物館では、文化財の調査の中でX線CTスキャナを積極的に活用している。これはX線CTの特性を用いることで、目に見えない亀裂等を確認する「文化財の健康診断」や、木胎・素地に関する樹種や接合方法といった「構造調査」が可能となるためである。これまで数千点にわたる文化財の調査を行っているが、その中でも近世における大名婚礼調度の最高峰ある国宝「初音の調度」の調査は、健康診断と構造調査ともに大変意義があるものである。本発表では平成28年に九州国立博物館にて借用展示した徳川美術館所蔵の「初音の調度」のうち、見台についてX線CTによる構造調査を行い、一部の金属について蛍光エックス線分析を行ったので、その成果について報告する。

2. 調査

X線CTスキャナは九州国立博物館の（YXLON International社製Y.CT Modular 320FPD）を用いた。スキャンパラメータは管電圧320kV、管電流 2.5mAであった。全体撮影時は0.6mmの解像度で、部分的に詳細に撮影を行う場合は、0.17mmの解像度で撮影を行った。

蛍光エックス線分析についてはオリンパス社製DELTAを使用した。電圧は40kV、電流値は自動であった。分析時は試料から約5mm離して分析を行った。図1に見台の全体図と分析箇所を示す。分析箇所は図1-aのウグイス部、図1-b,c,dの葵紋（1-b上の葉、1-c右の葉、1-d左の葉）、図1-5の梅の形をした紐金具であった。今回の調査では分析箇所の金と銀の比率を検証することを目的としているため、金銀の標準資料を用いて検量線を作成した。ただし、実際の資料の分析箇所は平滑面ではなく、さらには密着していない状態であったため、金と銀の比率は参考値とする。

3. 結果および考察

図2は見台全体のCT像である。図中の番号は拡大図の各部位の位置を示している。図3に金具のCT像を示す。部位としては図2の1番にあたる。図3の矢印部には、金属の仕切り板があり、金具の上下で異なる木材を用いていることが分かった。金具には金属製の6本の釘が見られ、上下の部材を固定している。図4は台座と台座内の引き出しについて、短側面方向に平行スライスしたCT像、図5は長側面方向に平行にスライスしたCT像である。部位としては図2の2，3番にあたる。足の固定と引き出しの構造について検討を行った。図4を見ると、台座にほぞ穴を彫り、足の先端を嵌め込んでいることが分かった。ほぞの輪郭が特に白く映っていることから固着には漆などの接着剤を使用した可能性が考えられた。次に引き出しについては図4の矢印で示した部位（矢印2）に短側面の部材を横断するよう

な白い筋が見られた。これは図５の側面図では三角形の断面形状に見え充填物があるように思われる。不鮮明ではあるが、短側面の部材の先端は別材で接着剤によって接合するとともに、刻苧などを充填して強度を上げていることが考えられた。

蛍光エックス線分析の結果、ウグイス（図 1-a）、葵紋上の葉（図 1-b）は主として金、わずかに銀、銅、鉄が検出され、金の比率が高いことがわかった。葵紋右の葉（図 1-c）も主として金、わずかに銀、銅、鉄が検出されたが、葵紋上の葉よりも銀が数%多く含まれていると考えられた。葵紋左の葉（図 1-d）については他の葵紋よりも銀の比率が高く、10%以上含まれていることがわかった。梅の形をした紐金具（図 1-e）については金と銀が同程度に検出され、その他に水銀が検出されており、銀地に金鍍金であることが考えられた。

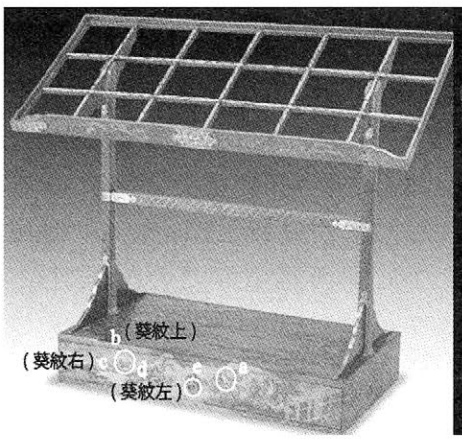


図１　見台全体図

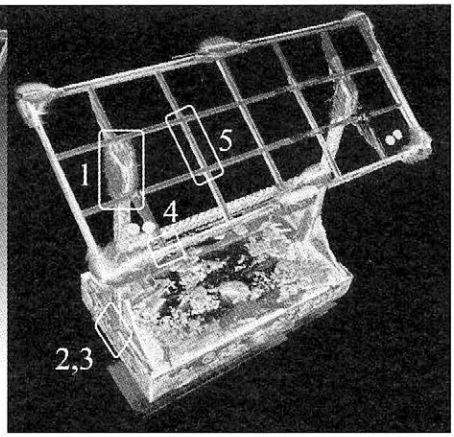


図２　見台全体の CT 像

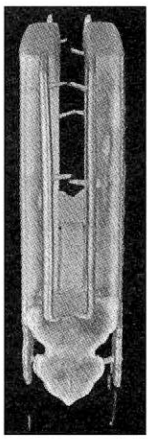


図３　金具の CT 像

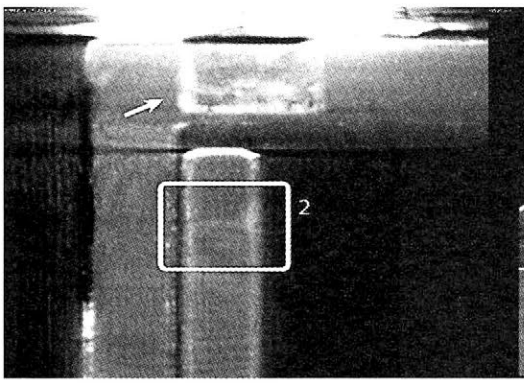


図４　引き出しの短側面方向の CT 像

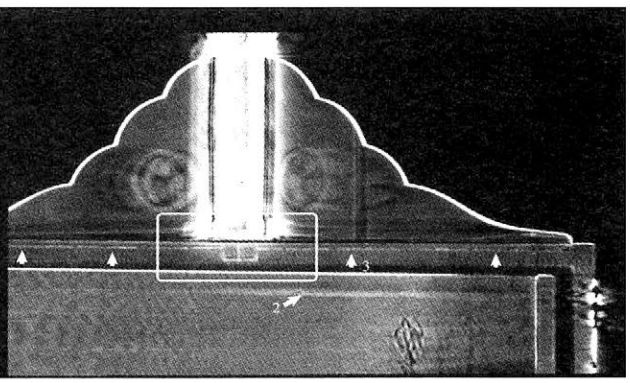


図５　引き出しの長側面方向の CT 像

4.　おわりに

「初音の調度」見台についてX線CTスキャナと蛍光エックス線による調査を行った。今回の調査結果から「初音の調度」見台の各部材について細かな亀裂等は確認されなかった。構造については、足の取付けなどに特徴が見られた。蛍光エックス線分析については各部位で金と銀の比率が異なることから、色調などを考慮して製作されたと考えられた。見台については調査を継続し、より詳細な構造の特徴を報告する予定である。

参考文献：『三の丸尚蔵館年報紀要第 13 号』 p43-43 （2008）

謝辞：木胎の構造は大西漆芸修復スタジオの大西智洋氏に助言を頂きました。記して感謝いたします。

土井ヶ浜遺跡出土124号人骨のX線CTによる非破壊調査

Non-destructive investigation by the X-ray CT at Doigahama site buried human bones.

○赤田昌倫*、大薮由美子**、高椋浩史**、田中麻美*、今津節生***
*九州国立博物館、**土井ケ浜遺跡・人類学ミュージアム、***奈良大学

1. はじめに

X線CTスキャナは非接触で物質の内部を透過し、さらに三次元で表現できることから貴重な文化財の調査に多く活用されている。九州国立博物館のX線CTスキャナは動物骨や人骨を透視するのに十分な能力を備えており、これまでにも骨の内部情報を検証した発表を行ってきた。九州国立博物館と土井ヶ浜遺跡・人類学ミュージアムは2016年に共同で土井ヶ浜遺跡出土124号人骨のX線CTによる調査を行った。この人骨は弥生時代前期の人物のもので、体幹部分から12本の石鏃が出土している。さらに数か所に及ぶ受傷痕があること、右腕に南海産のゴホウラ貝の腕輪を2つ装着していたことが分かっており、この地域において重要な地位にあった人物であったと考えられている。本研究では、この人物に打ち込まれた鏃の形状と、鏃がどの方向から打ち込まれたものかを明らかにし、当時の戦闘の様子に関する検証を行った。

2. 調査対象と調査条件

調査対象は土井ヶ浜遺跡出土124号人骨の中で、左右の寛骨と椎骨2点、下肢骨3点であった。今回の調査ではYXLON International 社製Y.CTModular 320FPDの機材を使用した。撮影条件は管電圧225kV、管電流1.3mAとし、ピクセル分解能は全体撮影時0.3mm、高精細撮影時0.06mmであった。

3. 結果と考察

X線CT調査の結果、各骨において海綿質などの内部組織と、骨に突き刺さった石鏃の形状を確認することができた。図1に椎骨1に貫入した石鏃を示す。椎骨に1点ずつ、左右の寛骨に1点ずつの全4点の石鏃が見られた。二つの椎骨と右寛骨に見られた石鏃はその一部が崩壊しており、具体的な貫入角度等は不明だが、椎骨1は下向きに、椎骨2と右寛骨は上向きに貫入していることが分かった。

図1　椎骨1の石鏃

図2に左寛骨と貫入した鏃のCT画像を示す。画像の右上枠は鏃の貫入の様子を現すため、データ上で左寛骨の一部を切り取ったものである。左寛骨の鏃は図2を見るように、外見からはほとんど視認できず完全に骨の内部に入り込んでいたが、本調査によって新規に発見することができた。

鏃についてCT像から寸法の測定を行った。その結果、長さ（最大値）14.9mm・幅1.6mmで、体積は約90mm^{3}であった。同条件で撮影した土井ヶ浜遺跡出土の鏃と近い輝度値が得られたことから、石鏃であると思われる。推定重量は安山岩の石鏃であれば約0.25gである。

この石鏃は非常に良く残っており、その形状からほぼ完形の石鏃であると考えられた。そこで、CT 像から貫入角度を算出し、どのような方向から打ち込まれたのか検証を行った。図３に左寛骨の正面図（左図）と見下げ図（右図）を示す。また、図４は左右の寛骨と石鏃の貫入角度を示した図である。各矢印は貫入の方向を示している。石鏃の先端を見ると、図３の正面図からは石鏃が下方向から上に向いていることが分かった。124 号人骨の人物が直立した状態であったと仮定すると、石鏃の貫入角度は約 42 度である。また、図３の見下げ図からは、石鏃が左寛骨の内側から外側に向かって貫入していることが分かった。石鏃が左寛骨に貫入するには、右寛骨と仙骨の間を通る必要がある。つまり、図４の矢印で示したように、石鏃は右の臀部と大腿骨の間に打ち込まれ、右寛骨と仙骨の間を貫通し、左寛骨に突き刺さったと推定される。また、左寛骨に対する進入角度が大きいため、高低差がある地点から攻撃された可能性が考えられた。

4. おわりに

本研究で示したように、人骨内に残存した石鏃の形状を捉え、石鏃が貫入する方向を検証することに X 線 CT は特に効果的であった。今後は本データを精査し、推定される怪我の程度や、使用された武器の強さと具体的な戦闘の様子について検証を行う予定である。

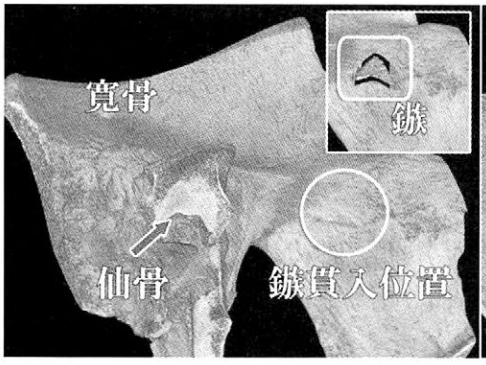


図２　左寛骨と貫入した鏃

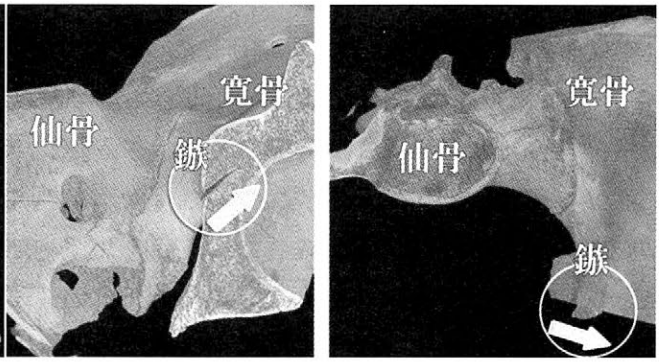


図３　左寛骨の正面図（左）と見下げ図（右）

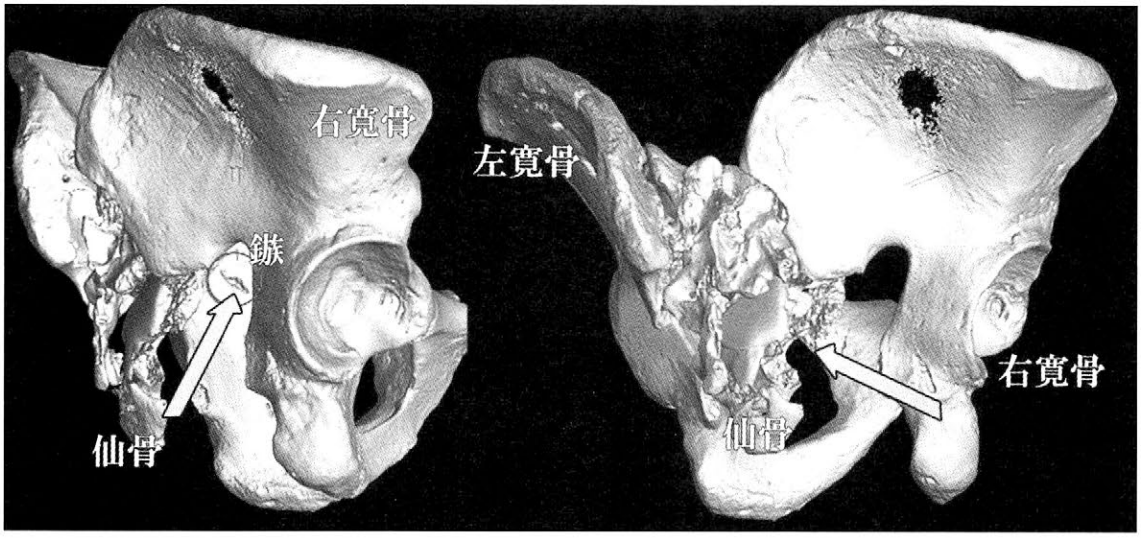


図４　左右の寛骨と石鏃の貫入角度

ハンドヘルド蛍光X線分析装置による縄文時代赤彩装身具の顔料同定

Application of Handheld XRF to Identification of Pigment on Jomon Ornament

○上峯篤史（京都大学）、小泉翔太（京都大学大学院）、井ノ上佳美（御所市教育委員会）

○Atsushi UEMINE (Kyoto Univ.), Syota KOIZUMI (Grad. Sch. Kyoto Univ.), Yoshimi INOUE (Gose city Board of Edu.)

1. 分析の目的

赤彩遺物に塗布された顔料が水銀朱なら、蛍光X線分析装置（EDXRF）で化学成分を調べ、Hgの有無を問うことで認識可能である。発表者らはこの手順をさらに簡便化するため、ハンドヘルド蛍光X線分析装置（HHXRF）による顔料同定を試みた。

2. 分析対象資料の概要

分析対象資料は、観音寺本馬遺跡（奈良県御所市・橿原市）出土の縄文時代晩期中葉の遺物から選定した。第2次、第4次調査では晩期中葉の墓群や、建物跡が検出されたほか、篠原式中段階～新段階に比定される遺物が多量に出土している（木許・西村編 2015）。

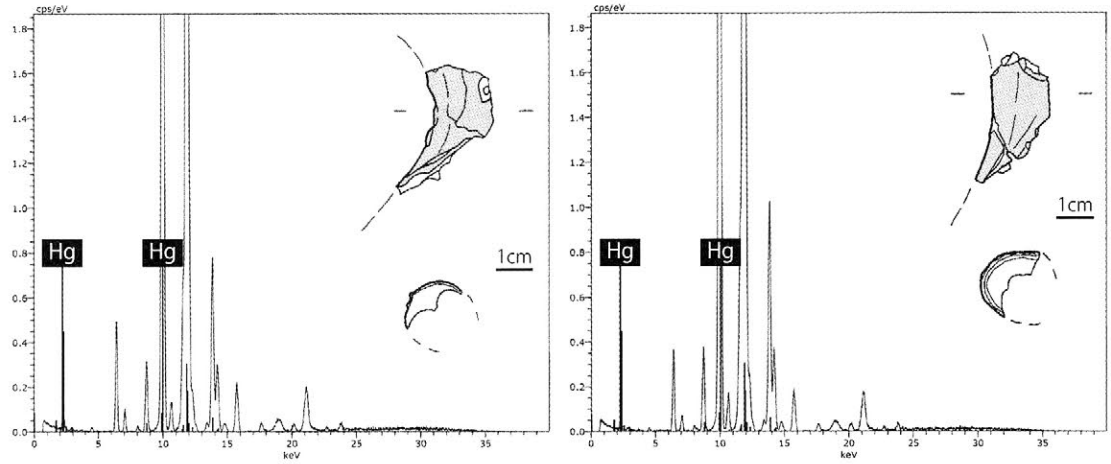
赤色部を認めた資料12点（18箇所）について、蛍光X線分析によって赤色部に水銀朱が付着しているかを調査した。対象資料の内訳は、漆塗木製品5点、土偶1点、磨石・敲石6点である。漆塗木製品は直径が9～13cm程度の輪状を呈することから、腕輪と考えられる。どの資料も漆塗膜のみが残存しており、基体となる木質部は失われていた。漆塗膜がもっとも顕著な報告書図217-29では9層以上の重ね塗りが確認でき、赤漆と黒漆が交互に塗布されているものが多い。文様意匠をもつものはない。磨石・敲石では赤色顔料はまだらに付着し、一部の資料では敲打痕中にも顔料が遺存するものがあり、顔料の粉砕や磨り潰しに使用されたと推定される。

3. 分析の方法

赤色顔料の由来となる主成分元素の検出を目的として、蛍光X線分析を実施した。Bruker社製ハンドヘルド蛍光X線分析装置 Tracer Ⅲ -SD を用いた。この測定機器にはロジウム・ベースのX線管と、シリコンドリフト検出器（SDD）が装備されている。X線管の電圧は40kV、電流は30 μA とし、大気雰囲気にて、測定時間を180秒に設定して測定した。ハンドヘルド型の利点を活かして、分析対象遺物を所蔵機関から持ち出すことなく、御所市教育委員会文化財課事務所にて測定を実施した。資料の保存のため、赤色部のみをサンプリングすることはせず、資料の赤色部に測定機器を当てて測定した。

4. 分析の結果と顔料の同定

得られたスペクトルには、赤色部ならびに非赤色部（資料の地肌）の両方に由来する値が現われている。今回は、赤色部が水銀朱の付着に由来するのかどうかを判断するため、水銀（Hg）の有無にのみ着目した。結果、図1のように水銀を識別でき、水銀朱が付着していると判断できた。



報告書図 199-38　　報告書図 217-29

図 1　ハンドヘルド蛍光 X 線分析装置による赤彩装身具（腕輪）の蛍光 X 線スペクトル
＊実測図は報告書（木許・西村編 2015）による

5. 議論

(1) ハンドヘルド蛍光 X 線分析装置の有効性

このたび導入した機器および付属ソフトウェアでは、Hg の有無の判断は容易であり、水銀朱の塗布例を識別するには充分であった。また顔料をサンプリングすることなく所蔵機関にて分析が実施できる、文化財管理上の利点は明らかである。分析のハードルを下げることができるハンドヘルド装置を利用することで、考古学者の問題意識（製作工程、顔料塗布部位、顔料塗布部位と単なる赤色部の区別など）にそった分析が可能となる。

(2) 顔料同定結果の解釈

縄文時代晩期以降は水銀朱の利用が低迷すると考えられているが（市毛 1998、奥 2007・2011）、西日本では晩期にも水銀朱が検出された事例は少なくない。本遺跡の隣接地区でも水銀朱が付着した土器や石器、漆塗木製品が知られているし（岡田編 2013）、上里遺跡（京都府京都市）では、晩期の流路から奈良盆地南部産の可能性がある辰砂鉱石が出土している（豊 2010）。今回の分析で漆塗木製品（腕輪）は、亀ヶ岡文化の西日本への波及現象としてとらえられるが、北日本ではベンガラで赤彩された事例が多い点（児玉 2005）、本遺跡をふくめ西日本の関連資料は特異である。西日本で水銀朱が多用される理由を辰砂鉱石の手に入れやすさに求めることが許されるなら、西日本で亀ヶ岡文化的な要素をもつ器物が自給生産されたことが推定される。

引用文献

市毛 勲 1998『新版 朱の考古学』雄山閣
岡田雅彦（編）2013『観音寺本馬遺跡 I （観音寺Ⅲ区）』奈良県立橿原考古学研究所
奥 義次 2007「朱の生産と供給―中央構造線東部周辺の関連資料をめぐって―」『縄文時代の考古学』6、pp.240-245。
奥 義次 2011「縄文時代の主に関する覚書－朱の生産地域としての伊勢南部から－」『森添遺跡発掘調査報告書 第 1 分冊』、pp.247-254。
木許 守・西村慈子（編）2015『観音寺本馬遺跡』御所市教育委員会
児玉大成 2005「亀ヶ岡文化を中心としたベンガラ生産の復元」『日本考古学』20、pp.25-45
豊 遙秋 2010「流路状遺構 18-1215 出土の朱鉱石の鉱物学的検討とその産地の推定」『上里遺跡 I 』、pp.117-118。

中世の大陸伝来漆器と列島内製作漆器に用いられた

下地調整技法に関する比較分析

Comparative Analysis of Ground Coating Production Techniques in Medieval Asian Lacquerware

○武田昭子（昭和女子大学）、赤沼英男（岩手県立博物館）、土谷信高（岩手大学）
○Akiko TAKEDA(Showa Women's University), Hideo AKANUMA(Iwate Prefectural Museum), Nobutaka TSUCHIYA (Iwate University)

1　はじめに

列島内における中世漆器の普及に、大陸から伝来した漆器および漆器製作技法が重要な役割を果たしたことは広く知られているが、その技術内容の詳細は未解明の状況にある。その要因の一つとして、国内に伝世する、あるいは国内から出土する中世漆器が大陸で製作されたものか、列島内で製作されたものかを識別するための指標が定まっていないことが挙げられる。大陸伝来漆器の製作技術上の特徴を明らかにすることを目的として、筆者らは形態上11～17世紀に比定される大陸伝来漆器とほぼ同時代に比定される列島内出土漆器の、塗膜断面構造と下地調整技法について比較した。以下に調査結果を報告する。

2　比較分析資料

比較分析した資料は9資料(No.1～No.9)である。No.1およびNo.3(いずれも食籠、伝世品)には堆朱、No.3(椀、伝世品)には屈輪文、No.4(箱の一部、福井県一乗谷朝倉氏遺跡出土)には沈金による装飾が施されていて、形態上大陸から伝来した資料と推定された。No.1、No.3は東日本大震災で転倒し、大きく破損した資料で、放射性炭素年代測定によってNo.1は11世紀代、No.3は16～17世紀代の資料と判定された。No.2は様式上、元から明代の資料と推定されたが、放射性炭素年代測定では明代の結果が得られた。併せて、後代に補修が施されていたことも確認された。No.4は検出遺構および共伴遺物から、15～16世紀代に比定された。

No.5（岩手県柳之御所遺跡出土）は輪花型の盤で、放射性炭素年代測定によって12世紀代の結果が得られ、大陸からの伝来が推定されていた。No.6およびNo.7(6は椀、7は皿。神奈川県鎌倉市若宮大路周辺遺跡群出土)は13～14世紀前葉、No.8およびNo.9(それぞれ椀の一部、容器の一部。朝倉氏遺跡出土)は15～16世紀に位置づけられた。

3　塗膜断面構造および下地調整技法に関する調査方法

No.1、No.3、およびNo.4については破損した部分から微小試料を採取した。他については医療用メスを使い、それぞれの資料の形態学的研究に影響を及ぼすことがないよう細心の注意を払いながら、調査試料を摘出した。摘出した試料を2分し、一方を薄片にして透過光で断面構造を検鏡した後、偏光顕微鏡で下地構成鉱物を同定した。もう一方をエポキシ樹脂に埋め込み研磨後、EPMA(Jeol、JXA-8230)で上塗りに混和した色材料、下地混和鉱物相を分析した。

No.1～No.3、および No.5 については、上記塗膜断面構造解析とは別に、放射性炭素年代測定を実施し、また、下地結合剤を調べるため下地層から微量試料を摘出し、FTIR 分析に供した。

4　調査結果

4－1　素地加工および塗膜断面構造

No.1 および No.2 の素地の加工に巻胎技法が使用されているが、列島ではほとんどみられない技法である。塗膜上塗り層の回数は No.1～No.5 が 2～3 回、No.6～No.9 が 3～6 回で、後者の方が塗り回数が多く、厚く施工する傾向を示している。ここで、南宋様式の影響を受けた No.5 は、No.6～No.9 の上塗りより薄く施工され、No.1 ～No.4 に近い傾向にあるといえる。No.1～No.3 の塗膜には、明瞭な修復の跡がみられた。

4－2　下地混和鉱物

調査した試料はすべて鉱物下地で、いずれにも微細な砂状物質が混在していた。形態上大陸からもたらされたと推定される No.1～No.3 の下地構成鉱物は、石英(Qtz)、斜長石(Pl)、緑レン石(Ep)、カリ長石(kfs)、普通角閃石(Hbl)、黒雲母(Bt)からなる。花崗岩砕屑物を主体とする砂が下地調整剤として混和された可能性が高い。3 試料からはモナザイト(Mnz)、ゼノタイム(Xet)、トール石(Trt)といった、希土類鉱物やトリウム鉱物が検出された。No.3 の高台内面には、微細な火山ガラス(Gl)が確認された。花崗岩砕屑物に少量の火山灰が混じった砂が混和された可能性が高い。当該部位から列島内では産出が稀な菫青石が見いだされたことをふまえると、調査した塗膜は大陸において修理された時のものの可能性が高い。No.4 の下地において同定された鉱物は Qtz および kfs であり、岩源の推定は難しい。下地層からは微細な Mnz が検出された。FTIR 分析から、No.2 および No.3 の下地結合剤として、膠が使用されている可能性の高いことが分かった。

既述のとおり、No.5 は宋洋式の形態を有している。下地構成鉱物は Qtz、Gl、Kfs、Hbl で、混在する火山ガラスは多量であることから、火山灰を主体とすることが分かった。No.6～No.9 にはいずれも珪長質な火山灰と花崗岩砕屑物が混在した砂が混和されていた。

5　考察

No.1 および No.2 の素地の加工には、列島内ではほとんどみられない巻胎技法が用いられていた。No.1～No.4 は他の 5 資料に比べ、下地層の層厚は上塗層に比べ厚く、上塗層の塗り重ね回数が少ない傾向にある。下地混和材には花崗岩砕屑物が使用されていて、列島内では産出が稀な鉱物が確認された。一方、列島内で製作されたとみなすことができる No.6～No.9 は、下地混和材として火山灰を主体とするもの、あるいは花崗岩砕屑物と火山灰が混在した砂を使用したものからなり、希土類元素の混在は確認されなかった。既述のとおり、No.5 は南宋で流行した様式で大陸からもたらされた資料と推定されていたが、中尊寺金色堂内陣巻柱および長押から剥離した塗膜の下地混和材に混在する火山ガラスと中尊寺敷地内で採取される風化凝灰岩中の火山ガラスの化学組成がほぼ合致したことから、奥州藤原氏関連の工房で製作された資料であることがわかった。一連の結果は、資料形態に塗膜断面構造および下地混和材、とりわけ構成鉱物種を加味することによって、中世の大陸伝来漆器と列島内製作漆器とをより精度高く識別できる可能性が高いことを示している。

No.2 および No.3 には、下地結合剤として膠の使用が確認され、No.6 には酸化カルシウム(生石灰)の使用が認められた。いずれも下地の乾燥時間を短くするという点で利点がある。増大する漆器需要に対応するために施された措置と推定される。

上記解析によって、素地の加工方法、塗膜断面構造、下地混和材の組成を明らかにすることによって、中世漆器を大陸で製作されたものか、列島内で製作されたものかを識別することができる可能性の高いことが明らかとなった。今後、中世漆器を上記視点で調査し、その結果を多面的に解析することによって、中世漆器普及の実態に迫ることができると思われる。

ロシア沿海地方と北海道内遺跡出土ガラス玉の製作技法及び材質的変遷

The material transition and fabrication techniques of Glass beads from Vladivostok and Hokkaido

○高橋美鈴（様似町教育委員会）　田村朋美（奈良文化財研究所）
Misuzu TAKAHASHI(Samani Town Board of Education),　Tomomi TAMURA(Nara National Research institute for Cultural Properties)

1. はじめに

近年、北海道の遺跡から出土するガラス玉について多くの研究データが蓄積され、大陸からの搬入品と考えられるものがみつかるなど、新たな見地が得られ始めている。さらに、ガラス玉に共伴するメノウ製の装飾品についても、沿海地方やアムール川流域との関連が指摘されている（厚真町教育委員会 2011）。このような状況を受け、本稿では 12～13 世紀の遺跡であるロシア沿海地方シャイギンスコエ遺跡出土資料と同時期の北海道内の資料について比較をおこない、北海道から出土するガラス玉の生産地や流通経路解明の一助としたい。

2. ロシア連邦シャイギンスコエ遺跡概要

本稿で比較をおこなうシャイギンスコエ遺跡は、ロシア連邦沿海州地方に所在し、河川に面した谷沿いの舌状台地上に立地する 12～13 世紀初頭の山城である。広さは約 45ha で、丘陵の尾根に沿って土塁が巡らされている。城郭内からは冶金や貴金属細工、骨材彫刻の作業痕跡や、鎧の小札製造工房跡がみつかっている。

3. 北海道内出土ガラスのガラス材質の編年と特徴

北海道では続縄文文化期の後北式期に引き伸ばし技法により製作されたカリガラス製小玉が流通する。その後、北大Ⅰ式期になると新たに引き伸ばし技法の低アルミナソーダ石灰ガラス製小玉が加わる。擦文文化期になると、カリ鉛ガラスが出現し、カリガラスなどの古代のガラスは見られなくなり、製作方法も引き伸ばし技法から巻きつけ技法に変わる。さらにアイヌ文化期でも材質・技法ともに擦文期の特徴が継続する（高橋　2015）。

擦文期以降の出土・分析例を概観すると、擦文文化期の遺跡である根室市穂香竪穴群では、住居跡から 57 点のガラス小玉が出土している。これらのガラス玉は自然科学分析により、51 点中 34 点前後が「鉛―ケイ酸塩」ガラスであり、17 点前後が「石灰―鉛―ケイ酸塩」ガラスであるとの報告がなされている（加藤ほか 2006）。また、オホーツク文化期では目梨泊遺跡からガラス玉が出土している。これらは、同時期の本州以南のガラス玉とは異なる様相を示し、大陸からの流入が示唆されている（田村・大賀 2015）。アイヌ文化期では、厚真町オニキシベ２遺跡や恵庭市カリンバ２遺跡、余市町大川遺跡など多数の遺跡から出土が報告されている。それらのほとんどは巻きつけ技法で作られており、主なガラス材質は擦文文化期と同様にカリ鉛ガラスとカリ石灰ガラスの２種類である（高橋 2015）。

道内から出土するガラス玉の色調は、全文化期において青系統が特化している。続縄文文化期では、後北期に Cu 着色淡青色を中心に流通し Co 着色の濃紺色は僅かであるが、北大Ⅰ式になると Co 着色の濃紺色の割合が多くなる。擦文文化期では、Cu 着色の水色不透

明が多くややCo着色の青色や白、透明などの他色もみられ、アイヌ文化期では青系統のほかに白や透明、茶、黒などが入り多色になる。

表1　北海道内におけるガラス玉の変遷

		続縄文文化期			オホーツク文化期	擦文文文化期		アイヌ文化期	
		B・C1式	C1・D式期	北大Ⅰ式期		前半	後半	中世	近世
材質	カリガラス	○	○	○					
	植物灰ガラス			○					
	ナトロンベースガラス			○					
	高Al石灰ガラス			○					
	カリ鉛ガラス						○	○	○
	カリ石灰ガラス						○	○	○
色調	淡青色	○	○	○	○		○	○	○
	濃紺色			○	○		○	○	○
	白色						○	○	○
	その他							○	○
製作技法	引き伸ばし	○	○	○	○				
	巻きつけ						○	○	○

4. 北海道出土遺跡とシャイギンスコエ遺跡の比較

シャイギンスコエ遺跡で調査した76点の資料のほとんどは巻きつけ技法で製作されており、巻きつけ技法以外で作られたものは3点であった。そのうち1点は淡青色半透明ガラスで両端面が平坦で胴部の丸みが乏しく臼状を呈する。全体的に気泡の配列方向は一定ではなく、開口部の形状が両端面で異なるのが特徴である（田村2016）。このようなガラス玉の日本列島での類例は、北海道目梨泊遺跡にみられ、色調及び形態的特徴が極めて類似する（大賀・田村2015）。

巻きつけ技法で制作されたガラス玉は主に淡青色、無色、黒色、白色、濃紺色、赤色などの色調が出土しているが、淡青色半透明、淡青色不透明、無色半透明が多数を占める。これらの多くは上端面と下端面の径が**非対称**で、やや雫形のような形態を持ち、こうした特徴は北海道の擦文文化期やアイヌ文化期の遺跡から出土するガラス玉にも見受けられる。さらに、シャイギンスコエ遺跡で出土している濃紺色では、端面の研磨が顕著なものが2点ほど確認され、道内の類例には根室市穂香竪穴の濃紺色不透明ガラス玉があげられる。そのほか、札幌市発寒遺跡（**中村・竹内・越田2013**）の淡青色ガラス玉などでもシャイギンスコエ遺跡と同様やや雫型に近い形態的特徴をもつ資料がみられる。

5. まとめとして

今回の観察では、沿海州において北海道のガラス玉と極めて類似性の高い資料が出土している点を指摘出来た。同時代の本州の遺跡でほとんどガラス玉の出土が見られない中、道内では多くの遺跡からガラス玉が出土する。中にはひとつの遺跡から百を超える数のガラス玉が出土し、極めて特異な地域であるといえる。また、沿海州との接触を考慮すべき地域性であるが、形態的特徴だけでガラス玉の起源を求めることは性急であり、基礎ガラス材質も含めた詳細な比較を行うことが不可欠である。今後とも多方面の流通経路を意識した慎重な調査をおこなう必要があるだろう。

参考文献

厚真町教育委員会2011『オニキシベ2遺跡』
加藤晃一・千谷洋平・齋藤建・小笠原正明2006「擦文遺跡から出土したガラス玉の分析」『考古学と自然科学』第53号、pp23-35
高橋美鈴2015「続縄文時代におけるガラス小玉の材質的特徴と変遷」『北海道考古学』第51輯、pp37-56
田村朋美・大賀克彦2015「目梨泊遺跡出土ガラス小玉の考古科学的検討」『枝幸研究』6、pp21-35
田村朋美・竹森杏奈・高橋美鈴2016「ガラス玉の制作技法からみたロシア沿海地方と北日本」『第17回北アジア調査研究報告会発表要旨』, pp42-45
中村和之・竹内孝・越田賢一郎2013「札幌市発寒遺跡出土ガラス玉の分析」『北大植物園紀要』第13号、pp49-56

千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品の材質分析（2）
－ICP-AESによる定量分析－
Analysis of modern glasses from Sendagaya 5-chome site (2)

○新免歳靖（東京学芸大学）、向井 亙（金沢大学）、井上曉子（東海大学）
齊藤晴子（町田市立博物館）、粕谷 崇（渋谷区教育委員会）、二宮修治（東京学芸大学）
○Toshiyasu SHINMEN (Tokyo Gakugei University), Ko MUKAI (Kanazawa University)
Akiko INOUE (Tokai University), Haruko SAITO (Machida City Museum)
Takashi KASUYA (Shibuya City Board of Education), Syuji NINOMIYA (Tokyo Gakugei University)

1. はじめに

東京都渋谷区千駄ヶ谷五丁目遺跡第3次調査では、近代初頭（1880年代前半）の140号遺構から板ガラスやランプの火屋（以下、火屋とする）、食器類などのガラス製品が大量に出土した。これらのガラス製品は国産品および輸入品と推定されるが、近代ガラス製品はその生産の実態や製品自体についても不明な部分が多く、生産地の特定にはいたっていない。そこで、報告者らは、千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品の化学分析や資料観察を通して資料の生産地推定に向けた基礎調査を行い、近代日本におけるガラス製品の生産と輸入の実態、ガラス製造技術などの解明などを目的として研究を進めている。前報では、蛍光X線分析（XRF）により材質の化学組成を求め、資料の分類を行なった。その結果、資料の大半がソーダ石灰ガラスであったが、板ガラスと火屋・食器類では主成分元素の化学組成に顕著な違いが認められた（新免ら 2015）。一方、微量成分元素についてはXRFの定量下限の問題があり、またFP法による半定量分析であったため、必ずしも正確な分析値が得られたわけではなかった。そこで、本研究ではICP-AESを用い、より正確な主成分元素と微量成分元素の取得を目指した。以下に報告する。

2. 分析資料

ICP-AESによる定量性を確認するため、NIST製標準ガラス試料SRM1831・SRM620（主成分元素）、SRM612（微量成分元素）を用いた。分析資料には、前報資料（69点）から板ガラス資料10点、火屋資料10点の計20点を選択した。

3. 分析方法

ICP-AES（Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy）は、主成分元素から微量成分元素までの多元素を高感度、迅速に測定可能な分析法である。分析装置にはAgilent Technologies 720 series ICP-OESを使用した。定量元素は、ケイ酸塩物質の主成分元素Ti・Al・Fe・Mn・Mg・Ca・Na・Kの8元素（Siは試料調整方法上、測定できない）と、前回のXRFで検出された微量成分元素Cu・Zn・Rb・Sr・Sb・Ba・Pbの7元素の合計15元素である。測定条件については省力する。試料調整には、採取・粉末化した試料100mgをテフロン密封容器による加圧分解法と蒸発乾固法により溶液化した（100ml定容）。定量用の標準溶液として和光純薬等の金属

元素標準溶液を用い、各元素の濃度を 100ppm に調整し、検量線法によって定量した。

4. 結果および考察

4.1 標準ガラス試料の定量分析結果

表 1 に SRM1831・SRM620 の主成分元素の定量分析結果を、表 2 に SRM612 の微量成分元素の定量分析結果を示した。おおむね認証値と一致したが、主成分元素では CaO・MgO・Na_2O の高濃度の元素、微量成分元素では Rb・Ba などの分析値が、認証値よりも若干高い傾向が認められた。標準溶液の濃度や測定波長なども含め分析方法を再検討する必要がある。

4.2 千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品の定量分析結果

表 3・4 に板ガラス資料 10 点と火屋 10 点の平均値と標準偏差を示した。主成分元素のうち、高含有量の CaO と Na_2O は比較的まとまった値となり、板ガラスと火屋では化学組成に違いが認められた。この点は XRF の分析と整合性のある結果である。一方、微量成分元素は資料間のバラツキが大きく、種類によってまとまる傾向は看取できなかった。現時点では微量成分元素の挙動と主成分元素には相関性は認められない。微量成分元素の濃度は、生産地やガラスの再利用などの問題を考える上でも重要なデータであるため、この挙動が何を示すかは検討を要する。

謝辞 本研究に用いた千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品は、渋谷区教育委員会が所蔵する資料です。本研究にあたりまして渋谷区教育委員会よりご協力を賜りました。謹んでお礼申し上げます。

参考文献 新免歳靖ほか 2015「千駄ヶ谷五丁目遺跡出土近代ガラス製品の材質分析－国産ガラス・輸入ガラスの識別を目的として－」『日本文化財科学会第 32 回大会　研究発表要旨集』日本文化財科学会

表 1　標準ガラス試料 主成分元素の定量分析値（%）

標準試料		TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
SRM1831	分析値	0.023	1.17±0.01	0.102±0.001	4.28±0.04	9.11±0.13	13.85±0.11	0.51±0.01
	認証値	0.019±0.002	1.21±0.04	0.087±0.003	3.51±0.05	8.20±0.05	13.32±0.05	0.33±0.02
SRM620	分析値	0.020	1.79±0.03	0.055±0.006	4.78±0.08	8.39±0.23	15.21±0.02	0.61
	認証値	0.018±0.002	1.80±0.03	0.043±0.004	3.69±0.05	7.11±0.05	14.39±0.06	0.41±0.03

表 2　標準ガラス試料 微量成分元素の定量分析値（ppm）

標準試料		Cu	Zn	Rb	Sr	Sb	Ba	Pb
SRM610	分析値	434±2	557±1	582±3	533±1	468±2	580±3	427±7
	認証値	444±4	433	425.7±0.8	515.5±0.5	415.3±3.7	453±37	426±1

表 3　分析資料 主成分元素の定量分析値（%）

種類		TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
板ガラス	平均値(n=10)	0.06	0.82	0.27	0.07	0.39	13.81	11.58	0.36
	標準偏差	0.02	0.28	0.08	0.11	0.31	0.66	0.86	0.24
火屋	平均値(n=10)	0.08	0.40	0.12	0.40	0.44	8.17	16.07	0.70
	標準偏差	0.04	0.15	0.04	0.23	0.35	1.99	1.84	0.80

表 4　分析資料　微量成分元素の定量分析値（ppm）

種類		Cu	Zn	Rb	Sb	Sr	Ba	Pb
板ガラス	平均値(n=10)	17	25	36	17	130	175	59
	標準偏差	25	9	22	23	38	237	50
火屋	平均値(n=10)	21	40	48	605	69	120	8459
	標準偏差	38	56	29	481	45	113	12584

寺院跡から出土した施釉瓦・磚胎土の化学的特徴

Chemical characteristic of clay excavated from temple sites - Consideration in the glazed tile -

○降幡順子（奈良文化財研究所）、今井晃樹(同左)、中川二美（東大寺）

○Junko FURIHATA, Koki IMAI, Fumi NAKAGAWA

(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

藤原宮・京出土瓦を対象とした胎土分析の既報告では、瓦窯出土資料と胎土の肉眼観察をもとに型式として分類されている資料に対して、蛍光 X 線分析を実施し、従来の手法とのクロスチェックをおこない、既往の生産地研究を検証できる見通しが立てられた。また平城京内から出土した鉛釉瓦の鉛同位体比分析をおこない、資料は国産鉛原料と推定されている C 領域に分布し、若干のバラツキは認められるものの、奈良時代の鉛釉陶器・青銅器が多く集中するグループ I 内およびその近傍に分布することを明らかにした。

そこで平城京内に所在する寺院跡から出土した釉薬を施された瓦磚資料、とくに本発表では、瓦・垂木先瓦・磚の別を明確にし、それらの胎土粘土の化学的特徴、さらに出土地との相関があるのかどうかを、寺院出土資料の分析事例を増やし検討した。その結果、奈良時代後期を中心とする寺院の瓦生産地の一端を示す可能性のあるデータが得られたので報告する。

2. 分析資料・分析方法

分析に供した資料は平城京内の寺院跡から出土した施釉された瓦・垂木先瓦・磚、および参照資料として平城宮・京から出土した瓦磚資料の計 60 点である。出土地等詳細は表 1 に示す。これらの胎土資料について、瓦磚に付着している埋土を除去したのち、胎土を 5～10mg 採取し分析試料とした。胎土分析は微少量の試料に対して実施していることから、ここで得られた化学組成は主にマトリックス部の特徴を示していると考える。使用した装置は蛍光 X 線分析装置 EAGLE Ⅲ (EDAX 製)、測定条件は管電圧 30kV、管電流 100μA、X 線照射径 50μm、測定時間 300 秒、ターゲット Rh、真空雰囲気中である。定量分析の標準試料には岩石標準試料など 9 点を用い、検出元素の各酸化物の合計が 100wt%になるよう規格化し FP 法によって定量値を求めた。分析は一資料に対し 5～10 回測定し平均値をとっている。

表 1 出土地と資料別点数

出土地	瓦(軒・丸・平)	磚(刻線文・水波文)	垂木先瓦(円形・方形)	計
西大寺	3	8	6	17
薬師寺	0	1	5	6
法華寺	1	9	0	10
阿弥陀浄土院	2	1	0	3
平城宮(東院地区)	9	5	0	14
平城京	10	0	0	10
計	25	24	11	60

3. 結果とまとめ

図 1 は、施釉瓦の結果および垂木先瓦・磚が 5 点以上出土している寺院についてその結果を三角ダイアグラム(Na_2O-CaO-K_2O)に示している。既報告の藤原宮・京出土瓦のグループⅣ(推定近江産、牧代瓦窯、西田中・内山瓦窯)とした領域と分布が類似する資料がみられ、この分布領域は瓦の白色系粘土の化学的特徴を表しているといえるであろう。本資料群では、瓦磚の多くは図 1 中○で示したまとまりを持つことがわかり、胎土の供給地を考える上で興味深い。この範囲から外れ、散在する垂木先瓦・磚について着目すると、薬師寺出土垂木先瓦の値は K_2O が少なく CaO が多い。西田中・内山瓦窯の結果と類似するなど地理的に近い点からみても興味深い。しかし鉄含有量は、藤原宮出土瓦(西田中・内山瓦窯)の方が多いため、施釉と無施釉の違いを反映している可能性があろう。散在する磚の結果では、東院地区出土磚は、K_2O が少ない傾向を示す。K_2O・CaO がやや多い傾向を示す法華寺・阿弥陀浄土院出土資料とは○範囲から外れ散在する傾向が異なる。また西大寺および法華寺出土磚は明瞭に分布範囲が分かれないため、別の元素(K_2O-Fe_2O_3)を用いて判別を試みた(図 2)。その結果、法華寺出土磚は鉄含有量が少ない傾向が認められた。

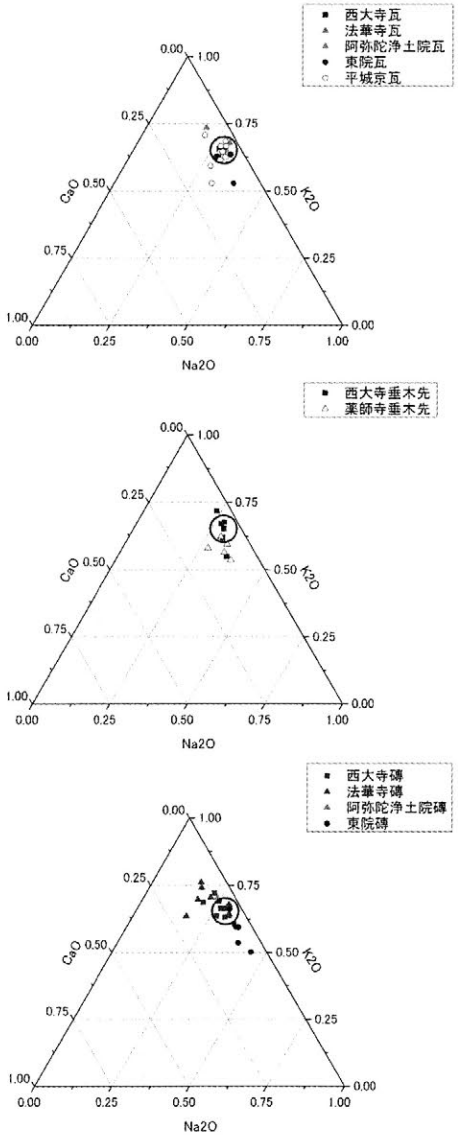


図 1　三角ダイアグラム (Na_2O-CaO-K_2O)

法華寺出土磚のうち 1 点に外面は灰白色を呈し、内部のブロック状に詰めた粘土は淡黄橙色という資料がある。灰白色の粘土は図 1 の集中する範囲に分布し、淡黄橙色の粘土はこの範囲外にばらつく点など、胎土の供給、使い分け、水簸との関連など今後も注意していきたい。

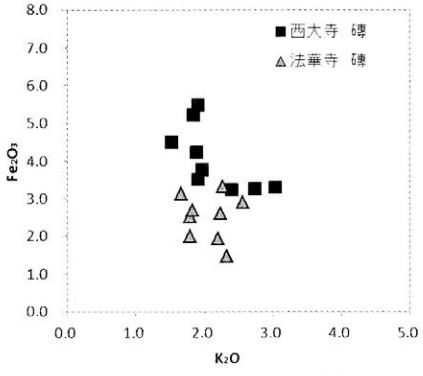


図 2　別の元素による比較

8 世紀になると平城山周辺に築窯し、供給されたことが既報告から判明している瓦もある。しかし施釉瓦を生産した瓦窯は平城山周辺では未検出であり、今後さらにデータを蓄積することで産地推定の信頼性を高めていく必要があると考える。

謝辞　本研究は JSPS 科研費の 25350399、15K03000、16K01190 の助成を受けたものです。

大分県国東半島における修正鬼会面の彩色材料について

The painting Materials Used for Shujo Onie at Kunisaki Peninsula in Oita Prefecture

○稗田優生（大分県立歴史博物館）、
松本啓子（国東市教育委員会社会教育課）、神崎哲也（国東市教育委員会文化財課）
○Yuki HIEDA(Oita Prefectural Museum of History),
Keiko MATSUMOTO, Tetsuya KANZAKI(Kunisaki City Board of Education)

1. はじめに

大分県北部に位置する国東半島には、六郷山寺院とよばれる天台系の山岳寺院が点在している。それらの寺院では中世から六郷山寺院独特の法会である「修正鬼会」が行われ、現在修正鬼会が行われている寺院は少ないものの、伝統的に受け継がれている。国東半島の修正鬼会は、神と仏と鬼が融合した国東半島の独特な祭りで、鬼は鈴鬼や荒鬼などの鬼会面をつける。修正鬼会が行われていた寺院には、江戸時代の鬼会面や仏具をはじめとする道具類が残されている。修正鬼会の鬼会面に関する研究は鬼会面の形態的研究[1),2)]が行われているものの、多くは研究されていない[3)]。平成27年度に国東市歴史体験学習館（大分県国東市）で、六郷満山開創千三百年祭プレイベント－仏と神と鬼が集う前夜祭「六郷満山霊場の寺宝展」が開催された。この展覧会で紹介された国東半島で近世から近代に用いられた鬼会面の彩色材料を調査する機会が得られ、蛍光X線分析法を用いた彩色材料調査を行った。

2．国東半島における修正鬼会

修正鬼会とは国家安穏、五穀成就、万民快楽の成就のために、国東半島の天台宗寺院群で行われる法会である。修正鬼会の「鬼」は祖霊と習合し、「幸福をもたらす鬼」という善鬼的な性格をもつ。鬼会面は鬼の姿をした「荒鬼」、人間の男女の姿をした「鈴鬼」に大別される。さらに荒鬼は「災払鬼」、「荒鬼」、「鎮鬼」と3つの種類がある。

修正鬼会は昭和52年（1977）に国の重要無形民俗文化財に指定されている。古くは鎌倉時代や室町時代に行われ、江戸時代には20カ所以上の寺院で行われていたが、現在は3ヶ所で行われるのみとなった。今回調査した鬼会面を所蔵する寺院は行人寺（国東市）など国東半島の東側に位置し、もともと修正鬼会が行われていた寺院である。

3．調査結果

調査はポータブル蛍光X線分析装置（別府大学所有SIIナノテクノロジー株式会社製SEA200）

を使用した。調査した鬼会面は荒鬼の種類である災払鬼面、荒鬼面、鎮（メ）鬼面、鈴鬼の男面、女面である。各面の彩色材料について、以下にまとめる。

調査のようす（行人寺所蔵鈴鬼面）

【災払鬼面】面全体に赤色が施されている。面全体に彩色される赤色はベンガラのみが用いられている場合、朱や鉛丹が用いられている場合があった。

【荒鬼面】面全体に赤色あるいは黒色が施されている。面全体に赤色が施されている面はベンガラのみが用いている場合と朱や鉛丹が用いられている場合があった。面全体に黒色が施されている面は黒色に由来する元素が検出されなかったため、墨が用いられていると推測された。

【鎮メ鬼面】面全体に赤色あるいは黒色が施されている。面全体に赤色が施されている面はベンガラが用いられている。面全体に黒色が施されている面は鉄、銅、亜鉛、鉛が検出された。本調査のみで黒色の彩色材料は特定できず、これらの元素がどのような彩色材料に由来するのか今後さらなる調査が必要である。

【鈴鬼（男・女）】面全体に白色が施されている。白色は胡粉が用いられているとわかったが、X線強度は低いものの鉛が検出された。鉛が検出された理由として、白色に赤みを出すために鉛丹を用いている、あるいは白色顔料として鉛白が用いられているなどが考えられる。

【そのほかの彩色について】各面の目や角には金色が施されており、これらの金色は金（金泥）が用いられていることが多かったけれども、金が検出されない箇所があり、金以外の材料を用いている可能性が推測された。

4．まとめ

近世から近代に用いられた鬼会面の彩色材料は伝統的に日本画で用いられる彩色材料と同じであり、本調査から国東半島における鬼会面の彩色材料の一端を明らかにすることができた。同じ赤色の鬼会面でも赤色の材料が異なるなど、鬼会面によっては彩色材料の使い分けが示唆された。この彩色材料の使い分けが、鬼会面の種類の違いに関係するのか、あるいは国東半島の東側に位置する寺院の鬼会面における特色なのか、今後の調査に期待したい。

参考文献

1） 衛藤賢史：国東半島の鬼会面－形態による分類（1）－，別府大学紀要，21，1980

2） 衛藤賢史：国東半島の鬼会面－形態による分類（2）－，別府大学紀要，22，1981

3） 稗田優生：国東半島における鬼会面の彩色について－辻小野西明寺の鬼会面－，大分県立歴史博物館研究紀要，16，2015

布留遺跡出土ガラス製勾玉の流通に関する研究

Archaeometrical investigation of distribution of an ancient glass bead excavated from Furu site

○村串 まどか（東京理科大学）、和泉 亜理沙（同左）、阿部 善也（同左）、中井 泉（同左）、
日野 宏（天理大学付属天理参考館）、巽 善信（同左）

○Madoka MURAKUSHI, Arisa IZUMI, Yoshinari ABE, Izumi NAKAI (Tokyo university of Science),
Hiroshi HINO, Yoshinobu TATSUMI (Tenri University Sankokan Museum)

1．はじめに

布留遺跡は奈良盆地東部に位置する複合遺跡であり、古墳時代前期を代表する「布留式土器」の出土地として知られる他、古代の有力豪族・物部氏の拠点跡としても著名な遺跡である。本遺跡の杣之内（樋ノ下・ドウドウ）地区では、石製臼玉や鉄鉗などの玉作りや鍛冶に関連した遺物が出土している。また当地区からは、ガラス製小玉の鋳型やガラス製勾玉が1点出土しており、当時の布留遺跡の工人たちはガラスも扱っていたと考えられている。本研究では、布留遺跡の工房跡から出土した希少なガラス製勾玉の化学分析の結果を報告するとともに、その流通について考察することを目的とした。

2．分析資料および装置

資料は布留遺跡杣之内（樋ノ下・ドウドウ）地区から出土した、6世紀中頃に年代づけられるガラス製勾玉1点である。本資料は風化が激しく、一部が欠けており、色調は水色不透明を呈している。分析装置は、可搬型蛍光X線分析装置（100FA-IIL および 100FA-IV：アワーズテック（株）製）、可搬型顕微ラマン分光分析装置（Mini Ram：B&W TEK Inc.製）、可搬型紫外可視分光分析装置（(株）東京インスツルメンツ製）を用いた。蛍光X線分析によりガラスの化学組成を、ラマン分光分析および紫外可視分光分析（以下UV-VIS）によりガラスの着色要因の解明を行った。

3．結果および考察

Fig.1に示した蛍光X線スペクトルからは明瞭なPb-L線とBa-L線が確認でき、このガラス製勾玉は鉛バリウムガラス（$PbO\text{-}BaO\text{-}SiO_2$）であることがわかった。鉛バリウムガラスは中国の春秋戦国時代から存在し、中国で発達したと考えられるガラスである。日本国内では弥生時代前期末の北部九州で出土例が確認されて以降、弥生時代の終わりに衰退したと考えられている[1]。そのため、6世紀中頃と年代づけられる本資料は大変珍しい例であるといえる。水色不透明の着色要因については、Fig. 1の蛍光X線スペクトルから微量のCuのピークが検出されたことから、古代中国で使用されていた人工の青色顔料・漢青（ハンブルー：$BaCuSi_4O_{10}$）の可能性が考えられた。漢青は赤色光を照射すると蛍光を示すことが知られているため[2]、本資料に漢青が用いられている場合、赤色レーザー光を使用してラマン分光分析を行ったときに蛍光を示す可能性が考えられたが、蛍光やピークは確認できなかった。そこで、UV-VISスペクトルを反射法で測定したところ、Fig. 2に示すようにCoと考えられる吸収が確認され、本資料の主要な着色要因と

してCoが利用された可能性が示された。Co着色鉛バリウムガラス製品は、朝鮮半島・楽浪などで出土している[3]。

以上のことから、布留遺跡の工房跡で出土したガラス製勾玉はCo着色の鉛バリウムガラスであることがわかった。鉛バリウムガラスは古墳時代の出土例はあまりないことから、弥生時代に流通していたものが、工房を備えていた物部氏に伝えられた可能性が示唆された。さらに本資料は、朝鮮半島で流通していたものと同様の化学組成的特徴を持つことが明らかになった。

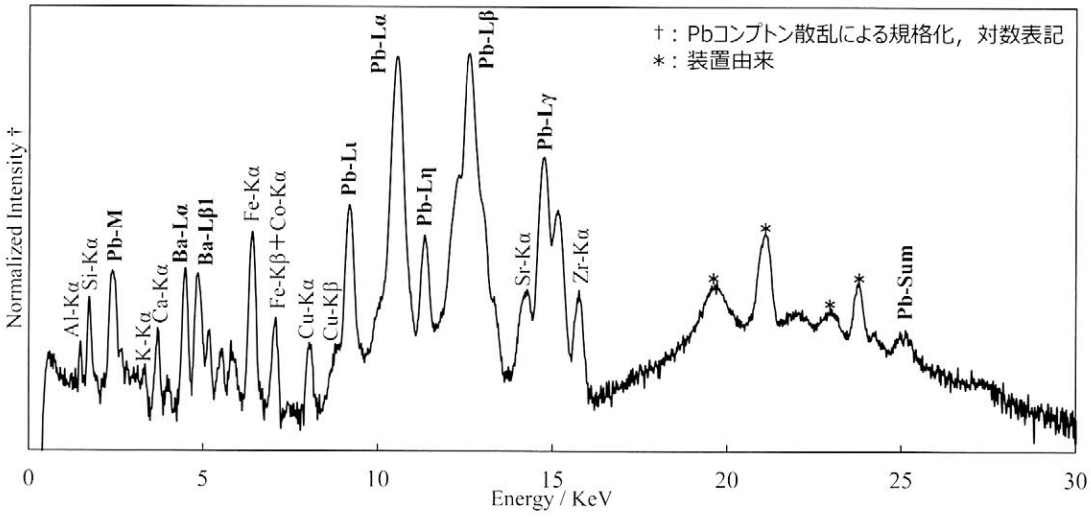


Fig. 1　ガラス製勾玉の蛍光X線スペクトル

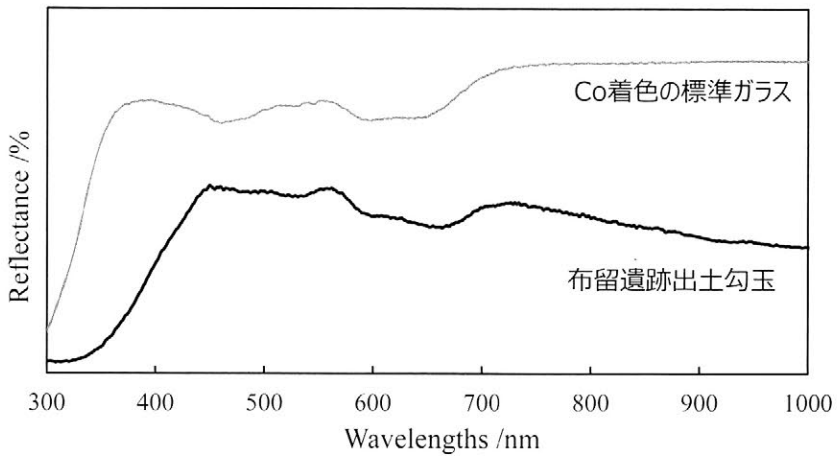


Fig. 2　ガラス製勾玉のUV-VISスペクトル

謝辞

本資料の分析を許可してくださった埋蔵文化財天理教調査団の池田保信氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 肥塚隆保，田村朋美，大賀克彦：月刊文化財，**566**, 13-25 (2010).

2) G Verri : *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **394**,1011-1021 (2009).

3) 柳瀬 和也，小寺 智津子，澤村 大地，村串 まどか，中井 泉：X線分析の進歩，**47**，179-198 (2016).

奈良県内の近世建築に使われたカツラについて

New findings on Katsura (*Cercidiphyllum japonicum*) timber in Early Modern wooden historical buildings, Nara prefecture

○藤井裕之（奈良文化財研究所）

○Hiroyuki FUJII (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

ポスター発表

年代測定

古環境

材質・技法

産地

保存科学

文化財科学一般

探査

文化財防災

1．はじめに

2008年から2015年にかけて実施された重要文化財當麻奥院本堂・方丈の修理工事においては、1200点以上の木部材を対象に樹種同定調査をおこない、その結果、造作の時期と使用樹種に一定の対応関係が見出されるなどの知見が得られた（奈良県教育委員会文化財保存事務所（編）2016）。とりわけ、延享２年（1745）頃の大がかりな修理では、化粧、野物を問わず、多種多様な用途にカツラ材が利用されていた。また、その近傍で現在修理中の近世民家（重要文化財村井家住宅）の調査でも、垂木にカツラ材がまとまって存在していた。近畿地方の建築用材にカツラがこれだけ多用されていることは、従前の一般的な理解からすると、一種の特異動向と言わざるを得ない。

ここでは、上記２例に関する樹種調査の内容を紹介し、若干の指摘をおこないたい。

2．検出状況

a. 當麻奥院本堂・方丈（葛城市當麻）

（本　堂）本堂は慶長９年(1604)に一応の完成をみたが、内部の造作については寛永14年(1637)頃にかけて漸移的に仕上げられていったものと考えられる。その後、延享２年（1745）に大修理がおこなわれ、このとき正面に向拝と木階が付け加えられたほか、軒廻り、縁廻りが全面的に改装され、擬宝珠高欄が新設された。

樹種同定は当初、対象の選定を任意とし、目視観察によるグループ分けも併用して作業にあたったが、解体工事の進捗にともない、風蝕が著しいことなどにより疑問点が数多く出た主要構造材（軸部材）や、組物、長押、敷・鴨居、畳寄せ等の主要な造作材、高欄の構成部材、縁板など縁廻りの材については、ほぼ全点で樹種同定をおこなう結果となった。一方で、見え隠れ部分の割合が多く、目視選別が容易にできた軒廻りの材などは、大幅に選定数を割愛した。

検出されたカツラは、痕跡調査の結果や発見された墨書の内容をふまえると、いずれも延享２年の大修理で新たに補足・取替えがなされたものと考えられる。まず縁廻りでは、正面（東面）の縁板や、高欄の斗束、込栓、地覆、平桁、架木の大半がカツラであった。軒廻りでは、布裏甲、切裏甲とも、延享材と考えられるものはすべてカツラであることが、樹種同定結果をふまえた目視判断により確認できる。また、向拝の主要材にケヤキが充てられているなか、軒桁、手挟み、茅負、打越垂木や、向拝部分にかかる母屋桁についても、軒廻りと同様、カツラと確認できた。本堂におけるカツラは、参拝者の目に入りやすい個所に多く使われているということができる。

（方　丈）方丈は慶長17年（1612）に現在よりも南東の位置に建立、延享２年（1745）に曳屋

され、現在地に移されたものと考えられる。樹種同定は、柱根継材については全点を対象としたが、その他は一部を選択的におこなうにとどめた。カツラは、南面広縁の縁板や柱根継材の約半分に充てられていたほか、長押や鴨居の一部にも使われていた。いずれも延享を中心に明治頃までに補足・取替えがなされたものと考えられるが、柱根継材は延享の曳屋による可能性がたかい。

b. 村井家住宅（葛城市（旧新庄町）南道穂）

村井家住宅は、當麻奥院（當麻寺）の約4km南南東に位置する。ここに現存する建物のうち、主屋、内蔵、表門の3棟（重要文化財）は、普請帳（『家普請材木諸品買方并人用帳』）の記述等により、元禄12年（1699）から翌13年にかけて建立されたものとされる。平成24年にはじまった屋根葺替及び部分修理にともない、網羅的な樹種同定調査を継続しておこなっている。

カツラは、内蔵下屋根の垂木にまとまって使用されていた。垂木30点（二丁継をそれぞれ別材として）の樹種構成は、カツラ14点、ツガ属11点、ニヨウマツ類5点で、カツラとツガ属は当初材、残りは新しい時期の取替え材と考えられる。ニヨウマツ類がいずれも二丁継材に関係していることからすると、当初の下屋根の垂木は、カツラかツガ属のどちらかであったと推察される。

3．その存在が物語るもの

a. 多用の背景について　カツラは日本特産の落葉広葉樹で、北海道、本州、四国、九州に分布する（伊東ほか2011など）。しかし「どちらかといえば北方系の木で」（上村2001、p.129）、「古建築などで使われている例も間々見られるが、これも東海、北陸以北の主産地に限られ、構造部材に使われている例は少ない」（上村前掲、p.134）。今回紹介した2例は、以上のような一般的な理解からすると、稀有の事例といえよう。ただ、どちらも江戸中期以降のことである。当時、全国規模で活発であった木材の荷動きを背景に他地域から移入されたものか、それとも地域内で新たに利用樹種の拡大が図られた結果なのか、いまのところ判然としないが、こうした多用の背景には、採取林業から育成林業に至る過渡期的な要素も大きく影響していたはずである。

b. 材の色調について　もう一つ注意されるのはカツラ材の色調で、とくに心材は赤（紅）味が強く出がちになる。ヒノキやケヤキの新材と混ぜて使うとかなり目立っていたはずで、素木のままでは統一感に欠け、着色や塗装には特別な工夫を要したと思われる。あるいは部分的な補足・取替え材向けに、古色塗りを省略できる素材として特に選ばれた可能性もありうるだろうか。

c. 當麻寺に関して　岡田英男氏によると、當麻寺西塔（国宝）にはヒノキやケヤキ、何らかの雑木とならんでカツラが多用されている（岡田1984）。一方、先述のとおり、當麻奥院では延享期にカツラの利用が集中し、この頃の建立と考えられる奥院境内の別の建物における樹種同定でもカツラが認められている（前掲2016報告書）。このように、もともと稀有なカツラの利用が当時の當麻寺境内全体に広がっていたとすると、西塔のカツラも延享頃の補足・取替え材であった可能性が大いに考えられる。

文献　奈良県教育委員会事務局文化財保存事務所（編）2016『重要文化財當麻奥院本堂及び方丈修理工事報告書』
岡田英男1984「古代建築に使った木」『普請研究』第8号、pp2-26
上村武2001『木と日本人－木の系譜と生かし方－』学芸出版社
伊東隆夫・佐野雄三・安部久・内海泰弘・山口和穂2011『カラー版　日本有用樹木誌』海青社

Comparison of Microstructural Features on Composition of Iron-smelting Slags in Korea

○Hea-Wean Cho, Min-Jee Oh, Chae-Rin Bae, Nam-Chul Cho, Hyun-Kyung Cho

(Department of Cultural Heritage Conservation Science, Kongju National University)

Ⅰ. Introduction

Generally in the an iron manufacture remains, we can excavate lots of slags coming out from iron ore left after producing iron or smelting process. Slags from an iron manufacture remains can be used for investigating an ancient iron making technology like smelting method, raw material and atmosphere in furnace by various scientific analyses. Also, Slag has various components composition and microstructure according to iron making method, a furnace wall, a raw material, and addition of additives. Especially, there are various microstructures that composed by TiO_2 which is a meaningful component for distinguishing raw material and CaO which is a main component of liming material adding for additives. However, when we analyze slags from iron manufacture remains, there are no more sufficient studies that variously investigate the character of microstructural difference from iron making remains yet.

Therefore, I classify characteristic microstructures reviewing previously-analyzed domestic iron making slags in this study. Especially, I study various features of microstructures according to TiO_2 that is distinctive component of raw material and CaO which is main component of liming material adding for additives, among the component compositions.

Ⅱ. Subject of study and Method

1. Subject of study

I classify slags microstructures for each characteristic that is unearthed from national iron production site up to now and already analyzed. Furthermore, I investigate what distinction can I make between microstructures depending on component content of TiO_2 and CaO, what metallic oxides can exist in the slags.

2. Methods

In case of slag analysis, a chief component is analyzed by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectroscopy; WD-XRF and Energy Dispersive Spectrometer; EDS, microstructures most come from a metallographic microscope and Scanning Electron Microscope; SEM. In addition, a main crystal phase is analyzed by X-ray Diffraction System; XRD. On this study, based on results of distinguishing microstructures for each characteristic, each structure is reanalyzed by SEM-EDS and Electron Probe Micro Analyzer; EPMA and Micro Raman Spectroscopy is used for identifying the crystal phase of microstructure.

Ⅲ. Results

Dendrites or silky structures of Wüstite and long-columnar structures of Fayalite largely occupy the microstructure of slags from general iron production remains. In slags of this study, there are not only long-columnar structures of Fayalite but also silky structures of Wüstite, polygonal of Ulvospinel, skeletons of Magnetite, and various microstructures of Fayalite and Wüstite, or Fayalite and crystal grain of high Ti contents of Ulvospinel or Magnetite.

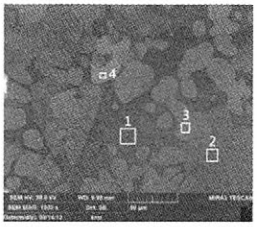


Figure 1 SEM image of slag from Miryang Gumgok-ri iron production remains.

Area	Components (wt%)									
	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	V_2O_5	MnO	FeO	C
1		11.68	27.67	5.34	19.15	0.45			29.06	2.35
2	2.14		20.13		1.69			0.72	72.67	2.64
3		4.89	9.6	1.38	4.71		0.63		77.09	1.7
4		3.95	6.93	0.91	3.22				83.31	1.68

Table 1 EDS analysis data of Figure 1.

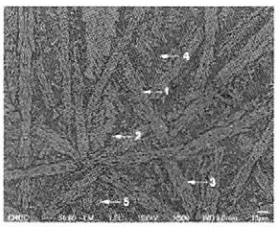


Figure 2 SEM image of slag from Yadong-ri iron production site.

Area	Components (wt%)									
	FeO	SiO_2	CaO	K_2O	Al_2O_3	MgO	MnO	TiO_2	Na_2O	C
1	64.13	23.55				2.65	0.93			3.21
2	25.76	35.87	10.72	2.75	13.26			5.32	1.09	
3	67.84	24.04				1.84	0.93	0.82		
4	23.20	35.94	11.75	2.84	13.09			6.09	1.37	
5	53.25	8.36	1.79	0.89	5.37			21.69		2.89

Table 2 EDS analysis data of Figure 2.

In Figure 1, the slag from Miryang Gumgok-ri iron production is composed by gray long-columnar structures and dendrites of Wüstite that is generally seen in smelting slags. And as shown in EDS analysis, TiO_2 content is highly small. On the other hand, there are high-Ti contents of Wüstite between gray long-columnar structures in the slag from Yadong-ri iron production site, and I estimate that there is also Ulvospinel with high Ti. As we see in two slags, the microstructure varies according to titanium content.

Ⅳ. Consideration and Conclusion

As a result of comparing microstructures and analyzed TiO_2 content of each slag, we can identify that each structure has different TiO_2 composition ratio. With this analysis about titanium content of slags from iron making site, a necessity of only observing the difference in the microstructure but also slags' component composition arises. Henceforth, we ought to study correlation between Ti content in the slag and microstructure by more various analyses.

古墳時代中期短甲の革綴技術に関する概念の相違

The concept of leather string techniques on armor during the tumulus period

○大江克己（奈良国立博物館）、中尾真梨子（福島県文化振興財団）、
西山要一（奈良大学名誉教授）、続伸一郎（堺市博物館）、
清水早織（京都府埋蔵文化財調査研究センター）
○Katsuki OE (Nara National Museum) , Mariko NAKAO (The Culture Promotion Organization of Fukushima Prefecture) , Yoichi NISIYAMA (Professor emeritus of Nara university) , Sinichiro TSUDUKI (Sakai city museum), Saori SHIMIZU (The Kyoto Prefecture Research Center For Archaeological Properties)

1. 諸言 -本発表の前提-

本発表では、古墳時代中期短甲に施される革綴技術について問う。技術には、部材や技法を基礎に置き、これらを別の形で具現化するという一つの性質を保持している。ここでは、技術を観点とし革綴技術を考えてみたい。なお、本発表では、古墳時代中期短甲の中でも5世紀前半頃の帯金式革綴短甲を対象とする。また、ここで示す革綴技術は、当該短甲に施される革組覆輪の技法と地板間の綴技法(以下、連結技法)を表す。以上の事項は本発表全体を通した基底である。

2. 背景 -革組覆輪と連結技法の概観-

古墳時代中期短甲の研究は、技術的変遷観に則した型式学的変化を軸に、生産体制や軍事組織・政治体制に於ける検討が主流を占める。その中で、革組覆輪の技法と地板間の連結技法に関する研究は、短甲生産の一様相を反映する属性として着目されてきた。革組覆輪は、革紐の組み方による表面模様の違いから、3つの類型(革組I技法・革組II技法・革組III技法)に分類される。革組III技法(図1)の事例が多いことや、その技法には地域的な差異は見られないこと、覆輪の変化と短甲形式の変化が連動すること等が指摘され、製作者(製作集団)の差が反映された結果と推測されている。また、連結技法については、革紐の綴方向の観察から組み立て順序の推定が行われており、綴方向の情報蓄積は製作者(製作集団)を示す一つの指標になると予察されている（高橋 1992)。

図1.革組覆輪(革組III技法)

3. 目的 -着目視点と問題の所在-

技術の行使により具現化される技法は、如何なる様相を経て眼前のものと表れるのか。この様相について、1).目的(製作の目的・設計)、2).材料(具現化に用いられる部材)、3).形質(部材を形に仕立てる技法)、4).結果(具現化された物)の4つの様相を経ると推測される。この様相を基に革組覆輪や連結技法を概観すると、遺物から抽出可能な情報は、2).材料(革紐自体)と3).形質(革組や綴じの方法)となる。上記と併せ先行研究を概観すると、革組や綴じの方法は検討されるが、革紐を考慮した検討は実施されていない。革組覆輪や連結技法は、革紐を編むという技法上の共通点もあり、使用される革紐が同一か否かは短甲製作の背景(製造過程での製作意図)に直接的な影響を与える。また、同一の革紐が用いられていない場合、覆輪の類型や短甲型式・時期などによる変化等、検討の項目は多いが、革組覆輪と連結技法の製作概念(製作上の認識)の相違にも影響を与えると考えられる。

以上の観点から、本発表では、革組覆輪と連結技法の製作概念の相違について、知見を得ることを目的に検証を実施した。その相違の有無について考察を試みたい。

4. 検証 -資料選定と調査方法-

検証資料の選定：研究初期のため、革組覆輪と連結技法が明瞭であり、革組覆輪は例の多い革組Ⅲ技法(図 1)の資料が適応する。この理由から、かつて復元を行った百舌鳥大塚山古墳出土の三角板革綴襟付短甲を用い、復元作業から得た知見を基に検証を行った。

調査方法：革組覆輪と連結技法に用いられる、革紐自体に対する寸法比較(幅・厚さの比較)が有効である。連結技法は測定可能であるが、革組覆輪は地板に編み込まれるため、その測定には工夫を要する。そこで以下の方法にて測定を実施した。(単位：cm)

① 革組覆輪の幅は革紐から直接測定を行った。厚さは以下の式 1 にて算出した。厚さの測定箇所は襟部竪上第一段、押付板である。覆輪内の測定箇所を図 2 に示す。

$$L\text{-}t = (\ t - t(b)\ ) / 2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{式 1}$$

(L-t：革紐の厚さ　t：測定箇所(厚さ)　t(b)：地板厚さ)

② 連結部分は革紐の幅・厚さを直接測定した。測定地点は 19 点である。測定箇所とその位置を図 3・図 4 に示す。

※ 連結技法は地板間の孔を 2 周し連結するため、連結部分の革紐厚さは紐 2 本分の厚さとなる。覆輪の革紐の厚さは、紐 2 本分の厚さとなる様に計算している。

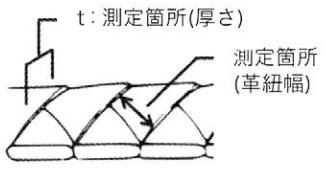


図 2.革組覆輪内の測定箇所
(革組Ⅲ技法)

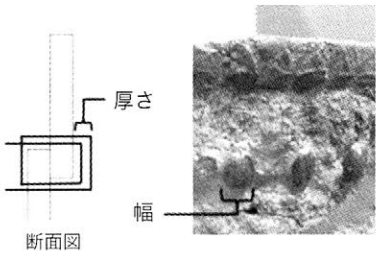


図 3.地板連結部分の測定箇所

5. 結果 -測定結果及びその考察-

革組覆輪の革紐寸法：算出及び測定の結果、革紐幅は 0.8cm であり、厚さは 0.4cm であった。2 箇所の測定を行ったが、同様の値を示した事からこの値は比較的有効な値であると考えられる。

連結技法の革紐寸法：測定結果を図 5 に示す。革紐幅については、その値に若干のばらつきが見られるが、比較的一定の値である事がわかる。値としては、0.6cm 前後の値を推移している。算術平均値は 0.58cm であった。革紐厚さについては、一定の値を保つ事がわかる。ほぼ 0.4cm に収束する。算術平均値は 0.43cm である。

まとめと考察：検証結果をまとめると概ね以下の値となる。

革組覆輪：革紐幅 0.8cm・革紐厚さ 0.4cm

連結部分：革紐幅 0.6cm・革紐厚さ 0.4cm

革組覆輪と連結技法の革紐幅の差は約 0.2cm である。連結技法の革紐幅は概ね約 0.6cm に収束する事から、この値は有効的な差として捉えられる。つまり、革組覆輪と連結技法の革紐幅に寸法差が確認できる。革紐幅の違いは、革紐製造時の裁断の様子に依存する事から意図の差として考えられ、部材の相違が確認できる。短甲の地板形態との相関性や覆輪孔・綴孔の径との対応関係を併せる必要があるが、この部材の違いは、製造過程での製作意図の表れであると考えられる。検証を行った短甲に限っては、革組覆輪と連結技法の革紐についての相違例と認められ、革組覆輪と連結技法の製作概念(製作上の認識)の相違を表している。

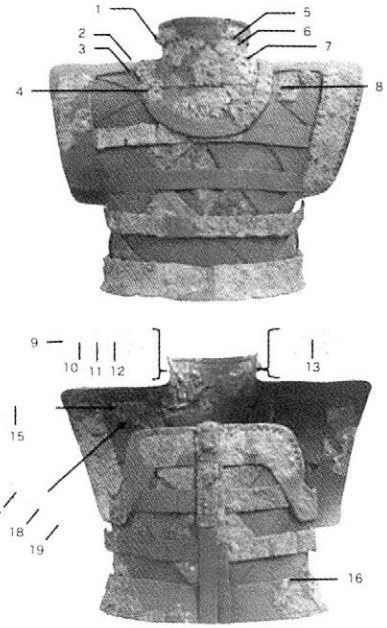


図 4.地板連結部分の測定位置

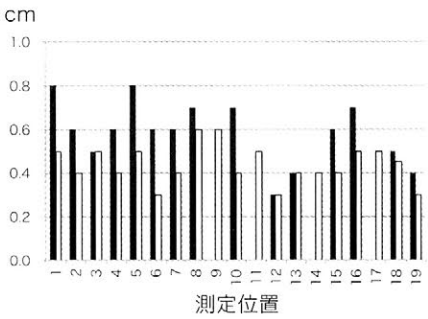


図 5.連結技法の革紐幅・厚さ
(■:革紐幅　□:革紐厚さ)

6. 結言 -今後の課題-

革組覆輪と連結技法の製作概念の相違について考察した。今後、覆輪の類型や短甲型式・時期等を視野に入れ検討する必要がある。短甲生産の背景について、鮮明化に向けた検討を継続したい。

【参考文献】
1. 高橋工　1992「甲冑製作技術に関する若干の新視点」『盾塚 鞍塚 珠金塚古墳』由良大和古代文化研究協会
2. 高橋工　1995「東アジアにおける甲冑の系統と日本-特に 5 世紀までの甲冑製作技術と設計思想を中心に-」『日本考古学　第 2 号』日本考古学協会
3. 大江克己・中尾真梨子・西山要　・・続伸一郎　2013「大阪府百舌鳥大塚山古墳出土 三角板革綴襟付短甲の復元」『日本文化財科学会第 30 回大会　発表要旨集』日本文化財科学会

岩手県盛岡市萪内遺跡出土漆櫛の材質・技法研究
Elucidation of the fabrication techniques and materials used in lacquerware combs excavated from the site of SHIDANAI in IWATE prefecture

○片岡太郎（弘前大学北日本考古学研究センター）、上條信彦（同左）、
佐藤信輔（東北大学大学院文学研究科）、佐々木理（東北大学総合学術博物館）
○Taro KATAOKA[1], Nobuhiko KAMIJO[1], Shinsuke SATO[2] and Osamu SASAKI[3]
[1] Archaeological Research Center for Northern Japan, Hirosaki University,
[2] Tohoku University, Graduate School of Arts and Letters, [3] Tohoku University Museum

1. はじめに

筆者らは縄文時代の漆櫛をはじめとする漆工品の製作技術からみた技術変遷と社会基盤に関する研究を行っている。ここでは、X線CT（X-ray computed tomography）観察を主軸とした非破壊内部構造の解析を行い、断層像から漆工品の表面と内部の精細な三次元コンピュータグラフィックス（3DCG）を作成し、従来のレントゲン像では判断の難しかった部分の詳細な観察を可能とした（片岡ほか2015a、2015b）。これまで縄文時代晩期の漆櫛について、秋田県域と青森県域を中心とした調査を行い、櫛歯の束ね方（結歯方法）に共通した技法が用いられていることを明らかとしてきた（片岡・上條2015c）。

本研究では、調査地域を拡げて、岩手県の内陸部に所在する萪内遺跡出土漆櫛について調査した。萪内遺跡は北上川水系の雫石川右岸に発達した沖積世段丘上に位置しており、御所ダムの建設に先立ち、昭和51年の岩手県教育委員会、昭和53年～55年の岩手県埋蔵文化財調査センターにより発掘調査が行われた（岩手県埋蔵文化財センター1982）。その結果、縄文時代後期～晩期の竪穴住居跡、配石、墓壙・貯蔵穴のほか、木造遺構、縄文人の足跡が検出され、岩手県域では数少ない低湿地遺跡の調査例である。なかでも7点の漆櫛には、北東北に共通してみられる結歯式漆櫛だけでなく、東北では数少ない透かし模様入り漆櫛が出土している。本発表では、透かし模様入り漆櫛のうち、これまで内部構造が判明していない頭部形状が二等辺三角形の漆櫛について、萪内遺跡出土漆櫛の結歯方法などの製作技術を解明することを目的とし、X線CTを使った非破壊・非接触による内部構造解析を行った。

2. 調査資料と分析方法

2.1 調査資料

本発表では、萪内遺跡から出土した頭部形状が二等辺三角形の透かし模様入り漆櫛（報告書資料番号0009）について報告する（図1A）。時期は周辺から検出された土器から後期と推定される。三角形の頭部だけが残存し、9本の櫛歯が確認できる。結歯式で頭部中央に穴があくが、切り抜き法（小林2008）による透かしタイプではないと思われる。赤色顔料は蛍光X線分析からベンガラと同定した。

2.2 X線CT装置による分析

X線CT装置は、東北大学総合学術博物館の高出力大型標本用CT装置（コムスキャンテクノ株式会社ScanXmate-D180RSS270）を使用した。撮影条件は、X線管電圧：100kV、X線管電流：100μA、解像度：42.7μmである。断層像の再構成には、conCTexpress（有限会社ホライトラビット社製）を使用した。撮影データの表示と3DCGの解析は、Molcer（有限会社ホワイトラビット社製）とCTAn / CTvox（Bruker Corporation Skyscan1174）またはMeshlab（Italian National Research Council Visual Computing lab）で行った。

3. 結果と考察

図1Bは、漆櫛0009の断層像である。断層像は白黒の8bit（256色）のグラデュエーションで表現し、白色へ近づくほど密度が大、黒色へ近づくほど密度が小であることを示す。ベンガラ層と塑形材は相対的に密度が高く、櫛歯は相対密度が低いが残存している。一方で、結歯材はほと

んど消失していた。9本の櫛歯はすべて断面形状が方形であり、頭頂部ほど細くなる。図1C・Eはサーフェスレンダリングによる3DCG（表裏）である。これに対して、図1D・Fは櫛歯と結歯材部分を抽出した3DCGである。これにより、結歯方法は、横架材による固定ではなく、紐だけを使って束ねていることがわかった。図1Dについて、頭頂部から基部へと結歯方法みてみると、歯6本を編み込むように紐で束ねている（図中a）。次に両端3本ずつを同様に束ね（b）、さらに中央付近でも束ねられている（c）。中央付近では、両端3本の間に、歯3本が挿入されている（d）。また、中央から基部付近へかけて、矢羽状となるように9本の歯を編み込むように束ねられている（e）。以上から、櫛歯の組み方を考察すれば、予め3本を1単位とした櫛歯材を紐で束ねておき、これを組み合わせ後、矢羽状となる編み組みで固定したと推定した。矢羽状の編み組みは、秋田県中山遺跡や青森県八幡崎遺跡の漆櫛にみられる。また、中央部に大きくあく透かし様の穴は、cにみられる紐端の存在から、櫛頭部の一部を切り抜く「切り抜き法」によるものではなく、歯を組む段階であけておいたものと推定した。

以上、非破壊によるX線CT観察から、葎内遺跡出土の漆櫛について、櫛歯の形状と紐を使った固定方法について解明した。縄文時代後期～晩期には、多種多様な形状の頭部を持つ漆櫛が見られるが、紐による編み組み技術の基盤が存在し、切り抜き法や本資料の透かし技術などを考慮すれば、これらの組み合わせにより複雑な頭部の形状がかたどられているものと考える。

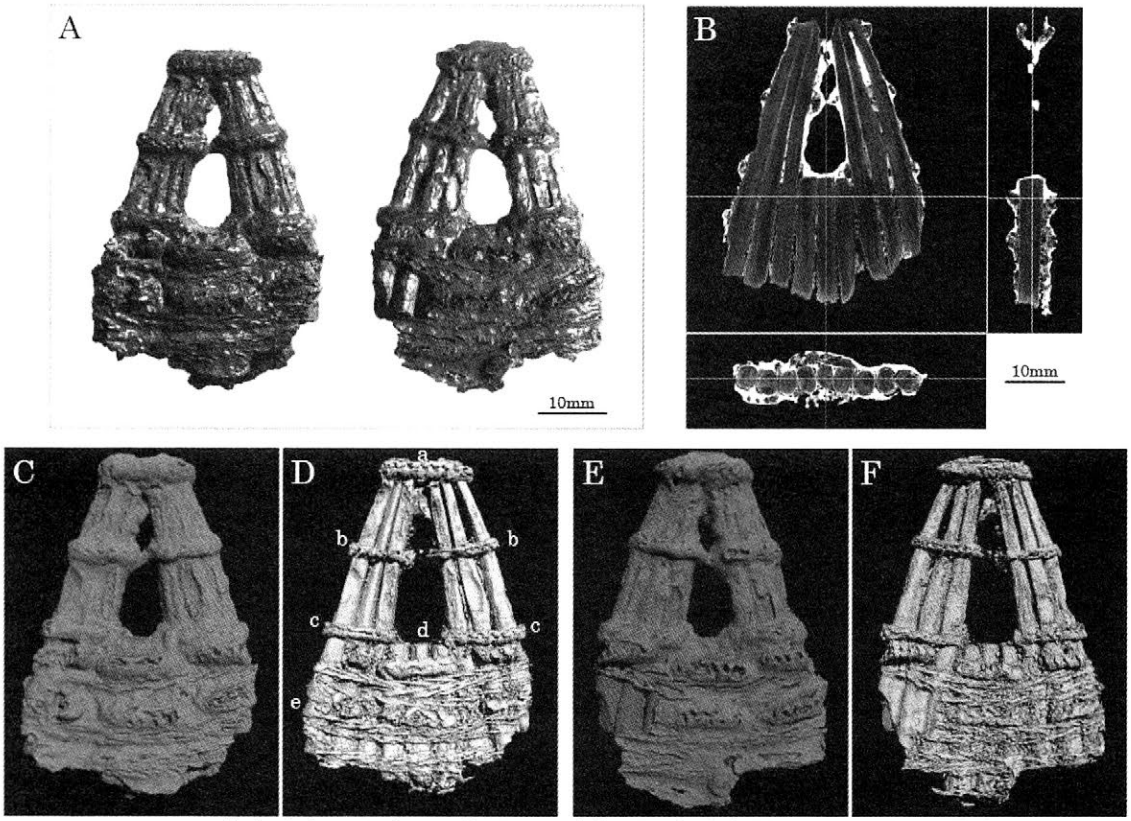


図1　葎内遺跡出土透かし模様入り漆櫛（報告書資料番号0009）の構造

A：現状写真、B：断層像、C・E：表面3DCG、D・F：櫛歯と紐の3DCG

謝辞：本研究の遂行につきまして、（公財）岩手県文化振興事業団埋蔵文化財センターに多大なるご協力を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

引用・参考文献

小林幸雄・二野紀雄 1979「美沢川遺跡群出土赤色漆塗櫛の製作技法について」『北海道開拓記念館研究年報7』

片岡太郎ほか 2015a「宮城県大崎市根岸遺跡出土籃胎漆器の製作技法-X線CT分析を使った構造調査-」『東北歴史博物館研究紀要』16 東北歴史博物館 pp. 53-58

片岡太郎ほか 2015b「青森県板柳町土井(1)遺跡出土漆器類の材質同定と製作技術の解明」『考古学と自然科学』67 日本文化財科学会 pp. 2-23

片岡太郎・上條信彦 2015c「亀ヶ岡文化の漆工芸 II 北日本における先史資源利用の研究」『冷温帯地域の遺跡資源の保存活用促進プロジェクト研究報告書5』弘前大学北日本考古学研究センター

岩手県埋蔵文化財センター・岩手県教育委員会 1982「御所ダム建設関連遺跡発掘報告書 盛岡市 葎内遺跡」

古代・中世における木製横櫛の製作工程—民俗考古学的研究—

The study of revealing processes of forming wooden combs in the ancient and middle ages by Ethno-archaeology.

○岡田麻衣子（立命館大学大学院）
○Maiko OKADA (ritsumeikan university)

はじめに

近年竪櫛の構造や製作技術・工程について、解明されつつある。一方横櫛において、構造や製作技術・工程の違いから、異なる視点での微細観察が必要だが、なかなか行なわれていない。

そこで、現在の民俗事例と未成品資料の木取り、工具痕を比較・微細観察を行い、古代・中世における木製横櫛の製作工程の復元を試みた。

1．民俗事例における横櫛の製作工程

以下民俗事例における〔はままつ櫛・お六櫛・春日部櫛（石川 1986・川上 1994）〕の製作工程。

①製材：玉切りし、縦・板目取りで楔形の板に製材する。②乾燥：製材後すぐに乾燥させ、水分を蒸発させる。③板締め：タガや荒縄で、板を強く締めることによって、板を真っ直ぐ伸ばす。④燻蒸：板を板締めにした状態で、燻す。⑤寝かせる： 長期間寝かせ続け、木が真っ直ぐになるよう安定させる。⑥板削りと板の選別：板の表面を鉋がけし、燻蒸の際に付着した焦げ目を削り取る。ヒビが無いかなど、板の選別も同時に行う。⑦毛引き線を入れる：型を当て、歯元、棟の形を鉛筆や錐で線を入れる。⑧歯挽き：弓鋸を使用し、片面を左端から順に挽いていき、裏返して、同じく左端から順に挽いていく。そして、板を垂直にして歯の根元を平らに挽く。⑨摺り：金ヤスリ、トクサを米粒で貼り付けた木製の三角摺り棒で歯間を摺り、根摺り棒で歯の根元両端を整える。→⑩成形：肩、背を毛引き線に沿って切る。背部の両端を小鉋で整える。→⑪仕上げ：様々な用具を用いて、磨く。

廃材の用途や作業日数、作業名称、仕上げ用具は各職人のこだわりがあるため異なるが、工程順はほぼ同じであった。また、民俗資料の歯間【図１】を確認すると、裏挽き痕が表挽き痕を覆い被さるように斜めに工具痕が付く。そして挽実が山形になり、さらに水平に挽くことで山をとると挽実が一字形になる。

考古資料において歯間の工具痕は、報告書にて示されていない。そこで平城京出土：古代【図２】・銭畑遺跡：中世【図３】の例を観察すると、工具痕の方向はほぼ一致した。しかし工具痕の深さ、歯元は異なる。よって歯を表挽き→裏挽き→山貫きの動作は同じであるが、使用する工具、用材樹種、製作者の技術力差があると考えられる。

2．滋賀県 襖遺跡（古代）、大阪府 上町東遺跡（中世）おける木製横櫛の製作工程の復元

横櫛の未製品が出土している遺跡は、大変少ない。各遺跡ともに保存処理がされており、歯間の工具痕は観察出来なかったが、民俗事例をふまえ、未製品資料の木取りや工具痕を観察し、以下の製作工程順が推定される。

【襖遺跡】①製材：原木を玉切りにし、芯と端を取る。そして縦木取り板目材に製材し、両端を割り、楔状に加工する（端は廃材にしていた）。② 毛引き線を入れる：三角刀状工具で、歯の根元になる線1本直線に入れる。③歯挽き：表挽きし裏挽きする。（④歯摺り）。⑤成形：棟の両端部のみ切り取り、丸く調整する。（⑥研磨）。

【上町東遺跡】①製材：原木から玉切りし、芯と端を取り、縦木取り板目に製材する。そして工具で2回加工し、最後に割り、楔状にする。②毛引き線を入れる：歯の根元になる線と棟上部になる線をキリ状工具で2本入れる。③歯挽き：表挽き→裏挽き→山抜きをする。（④歯摺り）⑤山を成形する：一度最上部を縦に切り入れ、端から中心に取る。⑥ 成形：山の両端を取る。（⑦ 研磨）。

おわりに

民俗事例の製作工程が古代・中世における木製横櫛の製作技術復元に重要な役割を果たすことを確認した。今後、製作工具についても検討する必要がある。

参考文献　（その他割愛）

石川裕子　1986「つげ櫛職人」『研究紀要』3巻　埼玉県立民俗文化センター　pp.1-32

川上由美子　1994「木櫛の製作技術―春日部市の職人を中心にして―」『研究紀要』10巻　埼玉県立民俗文化センター　pp.62-83

望月精司　1992『銭畑遺跡』小松市教育委員会

※各考古資料は、襖遺跡：滋賀県教育委員会、上町東遺跡：泉佐野市教育委員会、平城京跡：奈良文化財研究所が保管している。

謝辞：今回の発表にあたり、立命館大学 木立雅朗先生、松山順一氏（はままつ櫛）、北川聰氏（木祖村お六櫛組合）、小國神社、泉佐野市教育委員会、滋賀県教育委員会、奈良文化財研究所 考古第一研究室の皆様をはじめ、多くの方々に大変お世話になりました。記して心より御礼申し上げます。

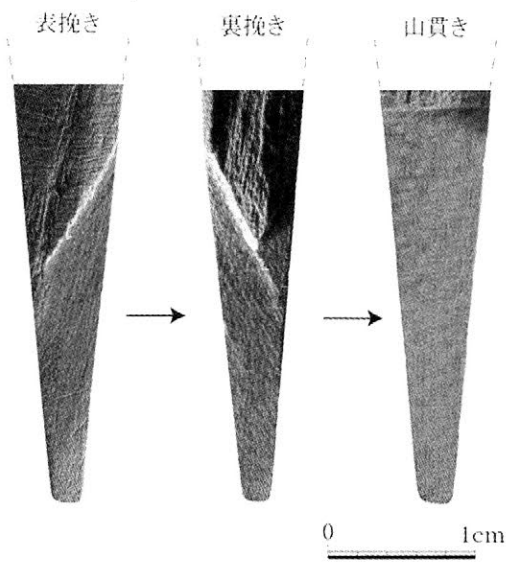


図１：はままつ櫛　工具痕

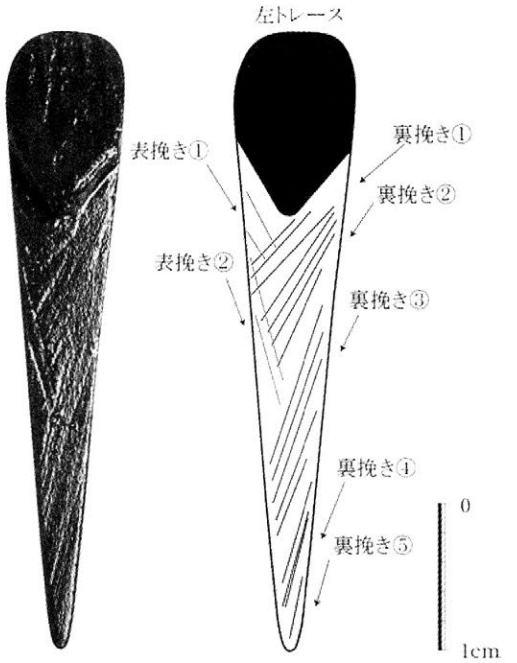


図２：平城京出土横櫛

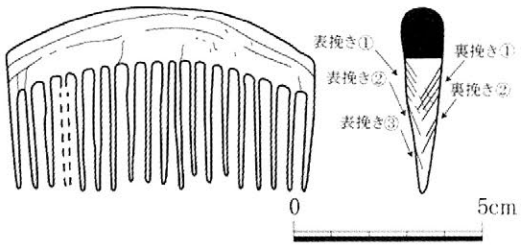


図３：銭畑遺跡出土横櫛（望月 1992 一部加筆）

鼓の用材樹種について Ⅳ X線CTスキャンを用いた検討

Wood Identification of Japanese Small Hand Drum

○横山操(京都大学)、大河内隆之(奈良文化財研究所)、伊東隆夫(奈良文化財研究所)

○Misao YOKOYAMA (Kyoto university), Takayuki OKOCHI, Takao ITOH

1. はじめに

和楽器、鼓における鼓胴用材について検討を行っている。本報告では、マイクロフォーカスX線CTスキャナーを用いた、用材樹種調査について報告する。

調査対象の鼓胴の表面には、一般に、漆や蒔絵が施されている場合が多い。そのため、これらの木製鼓胴について、高解像度のマイクロフォーカスX線CTを活用することにより、非破壊で樹種調査を行うための基礎検討を行った。

2. 実験

マイクロフォーカスX線CT(島津製作所 SMX-100CT-D)による断層画像を取得する手法を採用した。撮像条件は、管電圧50kV、管電流60μAとした。

また、鼓胴の用材として可能性があると考えられる樹種を含む、国産材20種を対象として、同一条件下において、標準資料画像を取得し、鼓胴資料から得られた画像との比較検討を行った。

図1に、木製鼓胴の撮像風景を示す。

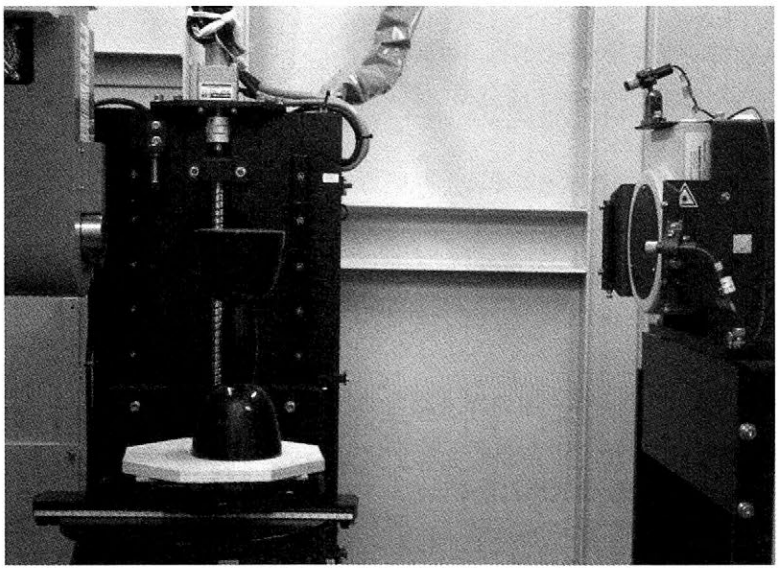


図1　鼓胴の撮像風景(島津製作所 SMX-100CT-D)

3．結果と考察

「木材ノ工藝的利用」という書籍には、「大鼓、小鼓ノ胴はさくらヲ用フ」という記述がある（農務省山林局（編）大日本山林會 1912)。一方、能楽の大鼓、小鼓の演奏者である囃子方らには、「大鼓はケヤキ材、小鼓はヤマザクラの材から作られる」とされている*。

著者は、本研究に先立ち、国立歴史民俗博物館蔵・生田コレクションの大鼓・小鼓の木製鼓胴について、フラトベットスキャナー画像を用いた用材調査を行ってきた。これらの鼓胴は、大正期から昭和の初めにかけて収集されたものであり、いずれも室町期から江戸期・明治期にかけて作製されたとされる。それぞれの鼓胴の革口に認められる木口面のスキャナー画像を取得することによって、これらの木製鼓胴は、いずれも広葉樹・散孔材であることを明らかにしてきた。ここで、ケヤキ （*Zelkoba serrata* (Thunb.)Makino） は広葉樹・環孔材であり、広葉樹・散孔材であるヤマザクラ （Subgen. *Cerasus* spp. (Prunus)） とは異なる。しかしながら、木口面のスキャナー画像のみでは、サクラ材であるか否かを含め、用材の樹種を精査するには限界がある。

そこで本研究では、マイクロフォーカスX線CTを用いて、木口面・柾目面・板目面それぞれの断層画像を取得し、用材樹種について検討を行った。対象となる資料は、明治期に作製され、大正から昭和初期にかけて用いられていたとされる小鼓の鼓胴（個人蔵）である。

木口面の断層画像の一例を図２に示す。

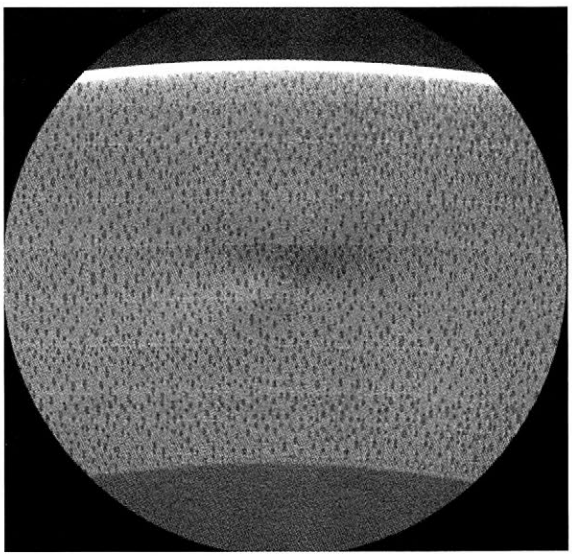


図２　マイクロフォーカスX線CTによる鼓胴の断層画像（木口面）の一例
（撮像視野径 18mm）

学会では、得られた断層画像から木材の組織学的特徴を抽出するとともに、国産材の標準資料から取得した画像と比較検討を行った用材調査結果について、その詳細を述べる。

謝辞*　小鼓幸流・林吉兵衛先生、大輝先生、大鼓石井流・石井保彦先生から、小鼓・大鼓についての貴重なご教示をいただきました。記して深い謝意を表します。

X線と中性子を用いた非破壊分析による佐賀城天守台跡より出土した和釘の材質並びに製造技法の解明

Nondestructive study of Japanese iron nails excavated from Saga Castle to clarify material properties and manufacturing techniques using X-ray and neutron

○田中眞奈子[1]・塩田佳徳[2]・水谷予志生[3]・Klaus-Dieter Liss[4]・Joseph Parker[5]・鬼柳善明[2]、
(1 東京藝術大学、2 名古屋大学、3 岐阜県工業技術研究所、
4 Australian Nuclear Science and Technology Organization、5 CROSS 東海)

1．はじめに

金属文化財の詳細を調べるには金属組織観察が必要であるため必然的に破壊分析となる。しかし、貴重な文化財の分析には非破壊・非接触が強く望まれる。発表者らは現在、X線と中性子を用いて鉄鋼文化財の非破壊分析に取り組んでいる。X線と中性子は物質との相互作用が異なり、また侵入深さにも違いがあるため、相補的に利用できると言われている。更に近年、パルス中性子を用いたエネルギー分析型イメージングを用いることで、鉄内部の結晶歪、格子定数、結晶子サイズ、結晶配向性などの情報を実空間イメージとして得られることが分かってきた。このような物理量を非破壊分析で得られるのは中性子だけである。本報では、これらの技術を用いて佐賀県史跡「佐賀城跡」内の天守台跡より出土した和釘（図1、佐賀市教育委員会所蔵）を分析した結果について報告する。日本古来の和釘は純度の高い鉄を利用して鍛造で製造されるため、加工性が良く錆びづらいと言われている。1609年に完成した佐賀城天守台は1726年の火災により焼失したため実態は不明であったが、近年の発掘調査を通して、天守が佐賀(鍋島)藩の武器庫だったことなどが明らかになってきた。本研究は、高エネルギーX線および中性子を用いて佐賀城天守台跡より出土した和釘を分析し、得られた結果の総合的解析により、江戸時代に佐賀城で用いられていた和釘の材料特性や、製造・加工技術について非破壊で明らかにすることを目的としている。最終的には鉄鋼文化財の非破壊分析手法の向上に寄与することを目的としている。

図1 佐賀城跡天守台跡より出土した和釘の一例

2．分析方法

佐賀城天守台跡より出土した和釘の高エネルギーX線CT撮影（岐阜県工業技術研究所）、中性子CT撮影（Australian Nuclear Science and Technology Organization, Dingo）およびパルス中性子透過実験（中性子線施設 J-PARC, MLF BL10）を行った。パルス中性子透過実験においては中性子エネルギー分別測定可能な2次元検出器（μNID）で中性子透過スペクトルを測定し、ブラッグエッジ解析による和釘の結晶組織情報の検討を行った。

3．結果と考察

実験によって得られた和釘の高エネルギーX 線 CT 画像を図２に示す。和釘内部に線状に非金属介在物が分布している様子が観察された。これは、折り返し鍛錬が数回行われた鉄材が用いられていることを示している。図３に示す中性子 CT 像からは、和釘内の非金属介在物の分布や表面生成物の情報に加え、和釘の結晶相に関する情報を得ることができた。具体的には、和釘の鉄材は２種類の異なる結晶相で構成されていることが３次元的に確認された。更にパルス中性子透過実験を通して得られた中性子透過スペクトル（図４）のブラッグエッジ（ブラッグ回折に起因した波状の透過スペクトルパターン）解析により、和釘に用いられている鉄材にはセメンタイトが晶出していることや、鉄材の含まれる化合物をいくつか同定する確認することが出来た。これらのデータは、佐賀藩天守に用いられていた和釘の材料特性や製造方法を推定するにあたり非常に有効である。

図2 佐賀城天守台跡より出土した和釘の X 線 CT 画像（岐阜県工業技術研究所、Y.CT Precision S、管電圧出力：225kV）

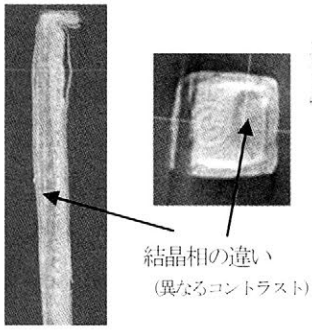


図3 佐賀城天守台跡より出土した和釘の中性子 CT 画像（豪州中性子施設 ANSTO Dingo、Number of rotations:722, exposure time: 45s）

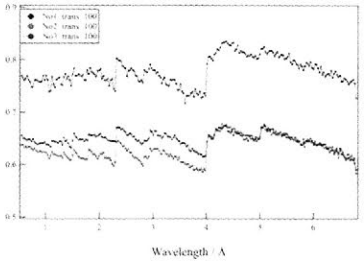


図4 佐賀城跡天守台跡より出土した和釘３試料の中性子透過スペクトル

4．まとめ

X 線 CT と中性子 CT を用いて佐賀城跡内の天守台より出土した和釘を分析したところ、非金属介在物の配列や、結晶相などの情報を非破壊で得られることが明らかになり、X 線と中性子の相補利用が非常に有効であることを確認することが出来た。更に、パルス中性子透過実験を通して、鉄材の炭素量の違いや含まれる不純物に関する情報など、鉄鋼文化財の材料特性や製造・加工技術を検討するにあたり極めて重要な成果を得ることが出来た。引き続き X 線と中性子のデータの比較・検証と基礎データの蓄積をすすめるとともに、国内外の鉄鋼文化財の体系的な非破壊分析に取り組んでいく予定である。

謝辞

本研究は J-PARC の成果公開型実験課題 2014A0270、2014B0144 および 2015A0151 にて行われたものです。貴重な文化財の調査の機会を下さった佐賀市教育委員会の関係各位に厚く御礼申し上げます。本研究の一部は日本鉄鋼協会第 24 回鉄鋼研究振興助成、池谷科学技術振興財団平成 26 年度研究助成、科学研究費補助金（No. 26702004）ならびに同（No. 23226018）によるものでご支援に深謝いたします。

奈良県唐古遺跡出土木製品の樹種再同定と木取りの調査

The research of the second wood identification and wood use in the Karako site

○村上由美子（京都大学総合博物館）、能城修一（森林総合研究所）
○Yumiko MURAKAMI（The Kyoto University Museum）, Shuichi NOSHIRO（Forestry and Forest Products Research Institute）

1. はじめに

奈良県唐古遺跡（唐古・鍵遺跡）において1936～37年に行われた発掘調査では、弥生時代研究の礎となった土器や石器とともに多くの木製品が出土した。木製品の報告では樹種同定の結果も踏まえ、木材利用の様相について考察がなされており、木製品の分析・報告の基本的な視点や方式が固まった調査と位置づけられる〔文献１〕。本研究では、京都大学総合博物館に保管されている木製品のうち農具を中心とした30点について、現在の基準に基づく樹種同定を行うとともに、報告時には十分に提示されていなかった木取りや原木径について調査を進めた。発掘調査から80年を経て、樹種同定における木材組織学的検討や木製品の考古学的検討の深まりを示すとともに、唐古遺跡の木材利用について、樹種と木取りの観点から考察する。

2. 資料の現状と調査の方法

唐古遺跡出土の木製品の樹種については、1939年に京都大学農学部の尾中文彦が同定結果を発表し〔文献２〕、報告書にも掲載されている。木製品には２cm角程度のサンプリング痕がみられるものの、樹種同定時のプレパラートは残されておらず、当時の同定結果や識別根拠を資料に即して確認することはできなかった。木製品は出土後、半世紀近くにわたって水浸け状態で保管されたのち、1980年代にPEGによる保存処理が行われた。今回、その処理済木製品から樹種同定用の切片を採取するにあたっては、資料の一部をシャーレに入れたお湯に浸して軟化させたのち、通常の水浸け木製品のサンプリング時と同様にカミソリを用いて木口、柾目、板目の３方向に薄い切片を切って永久プレパラートを作製し、樹種識別を行った。プレパラートはNAR-473～502のサンプリング番号をつけて森林総合研究所で保管している。

原木径は、発達した広放射組織をもつコナラ属（アカガシ亜属とクヌギ節・コナラ節）の製品について、木取りと広放射組織の状況から復元できる最小の原木半径を放射径と定義し、30点のうち20点についてこれを求めた。木取りについては木製品の木口面などの観察に基づき、柾目、板目、追柾目、縦木取り／横木取りといった項目を記入し、傾向をまとめた。

3. 結果

樹種同定と木取り観察の結果は下表に示し、1939年の樹種同定結果（一部）も対応させた。

表　唐古遺跡(1次調査)出土木製品の樹種と木取り

報告書図	木製品名称	番号	樹種同定結果	樹種(1939)	木取り	放射径(cm)	時期
第71図-37	平鍬	NAR-473	イチイガシ？	シラカシ	柾目	14	弥生前期
第71図-38	平鍬	NAR-474	イチイガシ？		柾目	19	弥生前期
第71図-41	平鍬	NAR-475	アカガシ亜属		板目	6	弥生前期
第71図-42	平鍬	NAR-476	アカガシ亜属	シラカシ	板目	6.5	弥生前期
第71図-43	平鍬	NAR-477	アカガシ亜属		板目	5	弥生前期
第71図-44	又鍬	NAR-478	イチイガシ？		柾目	12	弥生前期
第71図-45	斧反柄	NAR-479	クヌギ節	クヌギ	割材	6.5	弥生前期
第71図-46	斧反柄	NAR-480	クヌギ節	クヌギ	割材	7	弥生前期
第71図-48	斧膝柄未成品	NAR-481	クヌギ節		割材	3.5	不明
第72図-49	平鍬未成品	NAR-482	イチイガシ		柾目	26	弥生前期
第73図-58	斧直柄未成品	NAR-483	アカガシ亜属	アベマキ	割材削出	7.5	弥生前期
第73図-59	鋤	NAR-484	アカガシ亜属	イチイガシ	柾目	8.8	不明
第74図-62	竪杵	NAR-485	クヌギ節		割材削出	6	弥生前～中期
第74図-65	竪杵	NAR-486	クヌギ節		割材削出	7	弥生前期
第74図-67	竪杵	NAR-487	クヌギ節		割材削出	7.5	弥生前期
—	布送具(凸形)	NAR-488	クワ属		柾目	-	弥生前期
第74図-75	横槌	NAR-489	クヌギ節	クヌギ	割材削出	7	弥生前期
第75図-101	剣形	NAR-490	クヌギ節	アベマキ	柾目	7.8	不明
第75図-102	剣形	NAR-491	イチイガシ	イチイガシ	柾目	7	弥生前期
—	鍬未成品	NAR-492	イチイガシ		柾目	12.2	不明
—	鍬	NAR-493	イチイガシ		追柾目	10	不明
—	鍬	NAR-494	アカガシ亜属		柾目	-	不明
—	鍬	NAR-495	アカガシ亜属		柾目	-	不明
—	鍬	NAR-496	アカガシ亜属		柾目	-	不明
第68図-13	高杯	NAR-497	ケンポナシ属	ケンポナシ	横木取り	-	弥生前期
第68図-10	脚付容器	NAR-498	クワ属		横木取り	-	弥生時代
第68図-17	高杯	NAR-499	クワ属		横木取り	-	弥生前期
第68図-22	小型臼	NAR-500	クワ属		芯持丸木	-	弥生前～中期
第69図-23	四脚盤	NAR-501	クワ属		横木取り	-	弥生中期
第70図-28	匙	NAR-502	イヌガヤ		芯持削出	-	弥生前期

4. 考察

樹種再同定を行ったものは30点中10点を占め、うち8点については双方の結果に矛盾はない。アベマキとイチイガシ各1点がアカガシ亜属と再同定されたことについては、識別根拠の差異などを考える必要がある。また弥生時代前期の平鍬（諸手鍬とも呼ばれるもの）3点は原木直径が15cmに満たない小径木の半割材から作られ、木取りが板目を呈することがわかった。

〔文献1〕末永雅雄・小林行雄・藤岡謙二郎 1943『大和唐古弥生式遺跡の研究』

〔文献2〕尾中文彦 1939「古墳其の他古代の遺構より出土せる材片（其の二）」『日本林学会大会講演集』

トチノキのあく抜きに関する事例

Case for removing harshness from Japanese horse chestnut

○金原裕美子（一般社団法人文化財科学研究センター）、金原正明（奈良教育大学）
○Yumiko KANEHARA (Cultural assets scientific research center), Masaaki KANEHARA (Nara university of education)

はじめに

トチノキは縄文時代から食されており、古くからデンプンを摂取するのに有用な木の実である。しかし摂取するためにはタンニン、アロイン、サポニンが含まれ、食すと強い苦みや渋みがあり多量に生食するのは難しく、あく抜きが必要である。同様にデンプンの摂取に有効に利用されたドングリ類（ナラ、クヌギ、カシなど）は、流水にさらしたり、湯で煮沸するなどのあく抜きが必要である。そして、ドングリ類とは異なりトチノキのあく抜きでは灰が利用されることはよく知られている。トチノキのあく抜きの方法は日本各地に伝承されており、これまでもあく抜きの事例は紹介されてきている。それらと重複するが、奈良県吉野地方の川上村で現在でも行われているトチノキのあく抜きの方法をここで紹介する。

1．トチノキの種子を利用する背景

奈良県吉野郡川上村は山林の沢沿いの斜面に民家が建ち並んでいる。平地が少なく、その平地には家屋を建てており、また日照時間が少ない土地である。斜面に水田を営むことが難しく、そのため他の豊富な資源を生かし林業を生業としてきた。水田がないことから、乾燥させると1年保存が可能なトチノキの利用が昔から見られてきた。また、市場に材木を運ぶ際には搬出する木材で筏を作り、吉野川を利用して和歌山へと運搬しており、市場で米など山では手に入れにくいものを購入し持ち帰っていた。そして、その持ち帰るものの中に餅米があり、餅米とトチノキを利用して、とち餅を作る習慣が古くからあった。そのため、とち餅を作るためにトチノキのあく抜き方法が世代を超えて受け継がれてきた。

図1　トチノキの種子

2．川上村のトチノキのあく抜き方法

（1）灰汁を作る

灰汁を作るには、まず必要なものは灰である。本事例では木灰を利用しており、日常的にお風

呂を沸かすのに薪を利用して木灰を貯蓄している。そして一斗缶を２つ用意し、これらを上下に重ねて灰汁作りに利用している。なお、上部の一斗缶の底には穴を空けて、上部の一斗缶の底に布（本事例では手ぬぐい）を敷き、簡易濾過器を作る。布の上に木灰を入れるが、一度に入れてしまわず、木灰を３cm程度入れて手で緩く押し固めるを繰り返し、全ての木灰を入れていく。最後に上から熱湯を注ぎ、一滴ずつ下部の一斗缶にしずくとして灰汁が溜まっていく。この下部の一斗缶に溜まった灰汁が鬼灰汁と呼ばれ、あく抜きに利用される。また、あく抜きの仕上げに利用する灰汁は鬼灰汁を薄めたもので食い灰汁と呼ぶ。

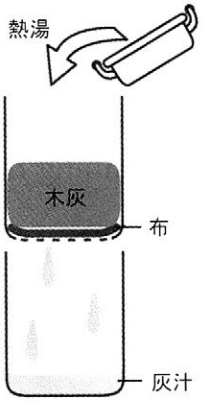


図２　灰汁作りに利用される簡易濾過器

（２）あく抜き

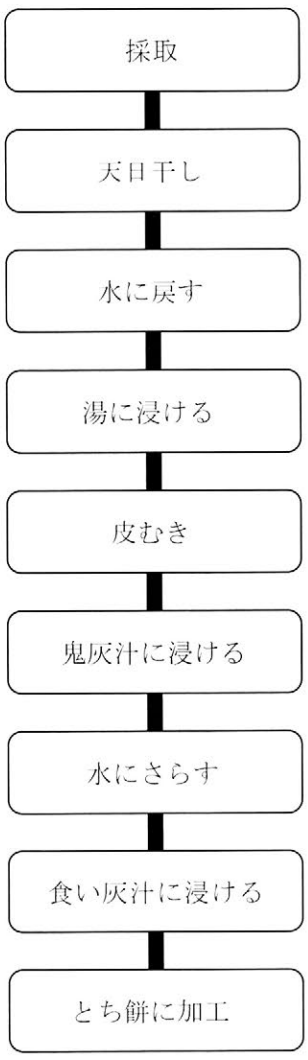


図３　とち餅に加工するまでのフローチャート

暖かい時期に実の成りそうなトチノキを谷筋で目星をつけておき、８月下旬から９月中旬に熟した種子を拾う。採取した種子を天日干しで乾かす。このときの乾燥によって種子は１年後にも利用できる程度に保存できるようになる。次に１週間程度種子を水に戻し、その後湯につけ、種皮をむくときには種子を湯で温めながら行う。種皮をむくには古くから利用されてきた２枚の板の一端を針金で留めた道具を使用し、下板と上板に種子を挟み込むようにして種皮を割って剥いていく。この道具は武藤 2002 では「トチオシ」と称されている。種子を鬼灰汁に２から３日浸ける。その後種子を３日程度水にさらし、鬼灰汁を薄めた食い灰汁に浸ける。食い灰汁に浸ける日数に決まりはないが、これによって味が決まるので舌で味加減を見て調整を行う。以上の作業で食用にできるトチノキになり、とち餅などに加工を行う。

おわりに

トチノキの種子はあく抜きをすると食すのに適したものになると言われるが、食い灰汁に浸けている状態では食べるとまだ渋みがあり常食するには躊躇する味わいであった。その後とち餅などにするために蒸すなどの加工を行うことで食すのに適したものになったように考えられた。

謝辞

現地調査において奈可憲人氏からあく抜き法をご教示受けたことを明記して謝意を表します。

レバノン共和国ティール遺跡の人骨に残存するコラーゲンの質量分析によるアミノ酸配列解析

Amino-Acid Sequence Analysis by Mass Spectrometry of Collagen Remaining in Human Bones Excavated from a Grave in Tyre, Lebanon

苅野茉央（奈良女子大学）、西山要一（奈良大学）、○中澤　隆（奈良女子大学）
Mao Karino (Nara Women's University), Yoichi Nishiyama (Nara University),
Takashi Nakazawa (Nara Women's University)

1．はじめに

レバノンの南西部、ティール世界遺産地区に隣接して紀元2世紀頃の遺跡、ブルジュ・アル・シャマリ遺跡（T.01）がある。この遺跡の地下墓（T.01-I）から発掘された骨と墓の壁画片に残存するタンパク質のマトリックス支援レーザー脱離-イオン化（MALDI）およびエレクトロスプレーイオン化（ESI）質量分析によるアミノ酸配列解析を行った。こうした考古学資料に含まれるタンパク質としてコラーゲンが一般的で、骨であればI型α1およびα2鎖、膠着材にしばしば用いられる膠にはI型に加えてIII型α1鎖が検出される。これらのコラーゲン鎖はそれぞれ動物種に固有のアミノ酸配列を示すので、その解析によって容易に種の同定ができる。さらに最近は、コラーゲン分子の経年劣化に伴う種々の構造変化を解析することで資料の年代推定決定を試みる研究が盛んになっている。

本研究では骨資料としては比較的新しいT.01-Iの骨（図1）から抽出したコラーゲンを対象として、アメリカ合衆国テキサス州のホーン・シェルター遺跡（約1万年前）から発掘されたヒトの骨についての構造解析結果（1）と経年劣化に伴う分解状況を比較した。100年以内の新しいタンパク質では見られないペプチド結合の非酵素的分解を検出・確認するために、50%の重酸素（^{18}O）を含む水溶液中でコラーゲンのトリプシン消化を行い、加水分解によるペプチドへの^{18}O取り込みの有無を調べた。

図1 ブルジュ・アル・シャマリT.01遺跡から出土した骨片資料

2．実験方法

ティール市郊外のブルジュ・アル・シャマリT.01遺跡から出土したヒトとされる骨片7.0 mgにEDTA•2Naの250 mM水溶液70 μLとグアニジン塩酸塩の6 M水溶液70 μLを加え80℃で6時間加熱し、無機質を溶解除去した。透析後、上澄み液中に抽出されたコラーゲンに50 μLのトリプシン溶液(2 μg/μL)を加え、37℃で17時間酵素消化した。また、透析後の上澄み液に$H_2{}^{18}O$を50 μL加えて$^{18}O/^{16}O$比を1とした。この溶液に50 μLのトリプシン溶液(2 μg /μL)を加え37℃で17時間酵素消化した。トリプシン消化物に10 mM TMPP-Ac-OSu（図2）のアセトニトリ

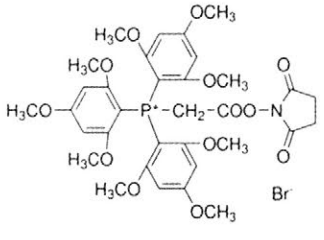


図2　N末端配列解析用修飾試薬
N-Succinimidyloxycarbonylmethyl tris(2, 4, 6-trimethoxyphenyl)phosphonium bromide (TMPP-Ac-OSu)

ル溶液（2 μL）を加え、N 末端配列解析用の試料とした。試料溶液をチップ型 C18 樹脂充填カラム（Ziptip C18、ミリポア株式会社）で予め脱塩・濃縮し、MALDI サンプルプレート上で測定溶液 1 μL とマトリックス溶液（α-cyano-*p*-hydroxycinnamic acid アセトニトリル溶液）1 μL とを混ぜて乾燥し、MALDI 質量分析（AXIMA Performance, Shimadzu/Kratos, Manchester）を行った。

3．結果

骨を構成する I 型コラーゲンの繊維は、2 本の α1 鎖と 1 本の α2 鎖が互いに絡まりあった 3 本鎖構造をもつ。T.01-I の骨から抽出したコラーゲンをトリプシン消化して得られたペプチドは、全長約 1, 400 残基のコラーゲンのアミノ酸配列中、両端のテロペプチド部分を除く 3 本鎖構造のほぼ全域にわたって分布していた[図 3 (A)]。各ペプチドのアミノ酸配列を、同様に分析したホーン・シェルター遺跡のコラーゲン由来のものと比較すると、配列の多くが一致した。これらの結果はさらに 8 千万年前の恐竜の骨に残存していたコラーゲンで検出されたペプチドの分布ともよく一致していた（図 3）。考古学資料中に残存するペプチドのこうした分布パターンは、コラーゲンの三重鎖構造の安定性を反映すると考えられ、骨以外の画材中の膠着材についての結果（2）をも説明する。今回の T.01-I の骨資料に関する実験結果で特徴的な点は、TMPP 化試料の MALDI-MS によって 3 本鎖領域の N 末端ペプチド（ISVPGP MGPSGPR）が検出でき、ペプチド結合の非酵素的切断で生じたと考えられる配列 GEPGPPGPAGF（C 末端がトリプシンの特異的切断部位と異なるフェニルアラニン（F）となっている）が見出せたことである（切断個所を図 3 の矢印で示す）。以上の結果を T.01-I で埋葬された人物像とどう結びつけるかは今後の検討課題である。

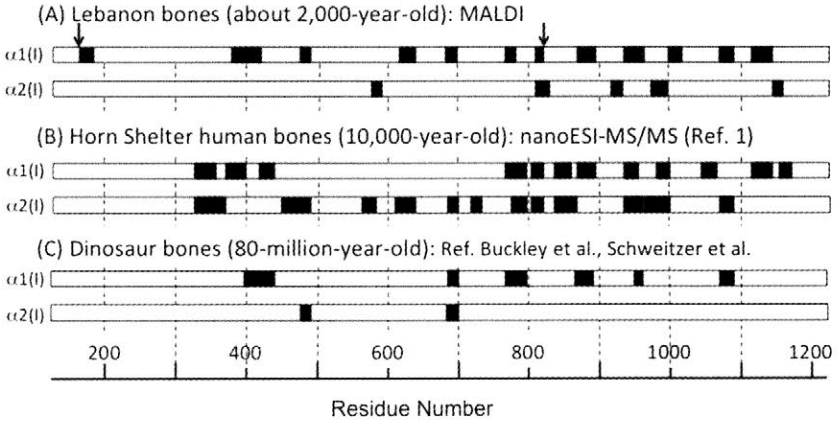


図3 考古学資料に残存する骨のコラーゲンペプチド（黒く塗りつぶした部分）のアミノ酸配列上の分布。(A) レバノンのT.01-I、(B) ホーン・シェルター遺跡の骨、(C) 8千万年前の恐竜の骨（San Antonio, J. D.; Schweitzer, M. H.; Jensen, S. T.; Kalluri, R.; Buckley, M.; Orgel, P. R. O. (2011) Dinosaur peptides suggest mechanism of protein survival. *PLos ONE*, *6*, e20381. ）。

4．参考文献

（1）Kawahara, K., Fukakusa, S., Moini, M., Nakazawa, T. (2015) Mass spectrometry of collagen preserved in archaeological specimens including human bones. *Proc. 63rd ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics* (http://asms.inmerge.com/Proceedings/CurrentProceedings.aspx)

（2）Mazurek, J., Svoboda, M., Maish, J., Kawahara, K., Fukakusa, S., Nakazawa, T., Taniguchi, Y. (2014) Characterization of binding media in Egyptian Romano portraits using enzyme-linked immunosorbant assay and mass spectrometry. *e-Preservation Sci.* **11**, 76-83.

三次元形状計測を用いた加茂岩倉遺跡の同笵銅鐸(24・38・39号鐸)の検討

The study of the Bronze bells excavated from the Kamo-Iwakura site made from the same mold using the three-dimensional measurement

○北井利幸(奈良県立橿原考古学研究所附属博物館)、水野敏典(奈良県立橿原考古学研究所)、奥山誠義(同左)、柳田明進(同左)、増田浩太(島根県埋蔵文化財調査センター)

○Toshiyuki KITAI(The Museum, Archaeological Institute of Kashihara, Nara Pref.), Toshinori MIZUNO (Archaeological Institute of Kashihara, Nara Pref.) , Masayoshi OKUYAMA (Archaeological Institute of Kashihara, Nara Pref.) , Akinobu YANAGIDA (Archaeological Institute of Kashihara, Nara Pref.) , Kota MASUDA(Investigation Center for Buried Cultural Items, Shimane Pref.)

1. はじめに

島根県雲南市の加茂岩倉遺跡から出土した39点の銅鐸群は外縁付鈕1式から突線鈕1式に分類される。法量は中型(45cm前後)のものと小型(30cm前後)のものに分けられ、2点一組として中型品の中に小形品を入れ子にして埋納していた。同時期に使用されていたものが集められ、一括して埋納されたと考えられる。これらの銅鐸には15組26点の同笵銅鐸が確認されている。このうち7組18点の銅鐸が加茂岩倉遺跡内で同笵関係の明らかな資料である。本研究では小型に分類される外縁付鈕1式の加茂岩倉24号・38号・39号鐸の3点の銅鐸の同笵関係とその製作順について三次元形状計測により検討した。計測には、ドイツGOM社製のATOS Compact Scan 5Mシステムを使用した。計測データはGoldenSoftware社製のsurferを使用して図化した。

2. 分析対象とした銅鐸と三次元計測による分析

分析対象とした銅鐸は、加茂岩倉銅鐸の24・38・39号鐸である。24・38号鐸のA面に見られる笵傷が39号鐸のA面にないことから39号鐸が先行して製作されたこと、38号鐸のB面の鈕に見られる笵傷が24号鐸のB面にないことから39号鐸、24号鐸、38号鐸に製作されたとされる。笵傷から同笵関係、製作順を指摘されているが、これら3点の銅鐸には共通した明確な笵傷は見られない。

明確に共通する笵傷が認められないため各銅鐸の三次元計測画像から同笵関係を検討した。図2は各銅鐸の舞部分を基準に重ね合わせた画像である。舞から鐸身部分にかけて形状は一致するが、裾部分と鈕部分では39号が最も内側に、38号鐸、24号鐸の順に外へ拡がる。鈕部分では38号鐸が最も外側となる。図3は各銅鐸の鐸身部の横断面を比較した画像である。鐸身部の形状は各面・各部分でほぼ一致した。鰭から鐸身部にかけての部分を比較するとA面のA-A'の左側で38号鐸が他の2鐸と比べ分厚くなっている(図2右側拡大図)。38号鐸製作前に鋳型が一部破損した可能性が考えられる。

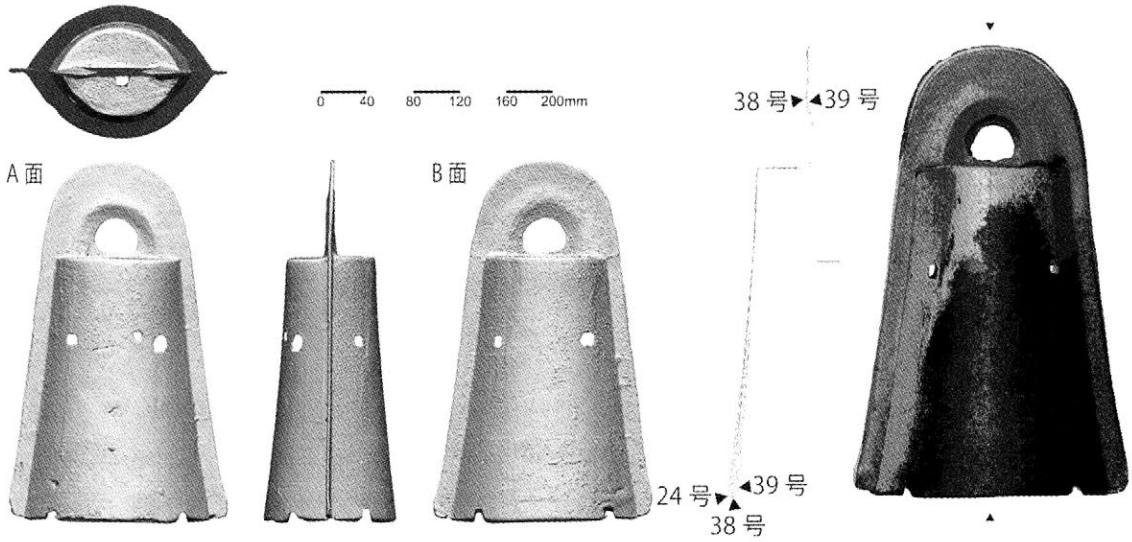


図1　加茂岩倉 39 号鐸

図 2　24・38・39 号鐸の縦断面比較

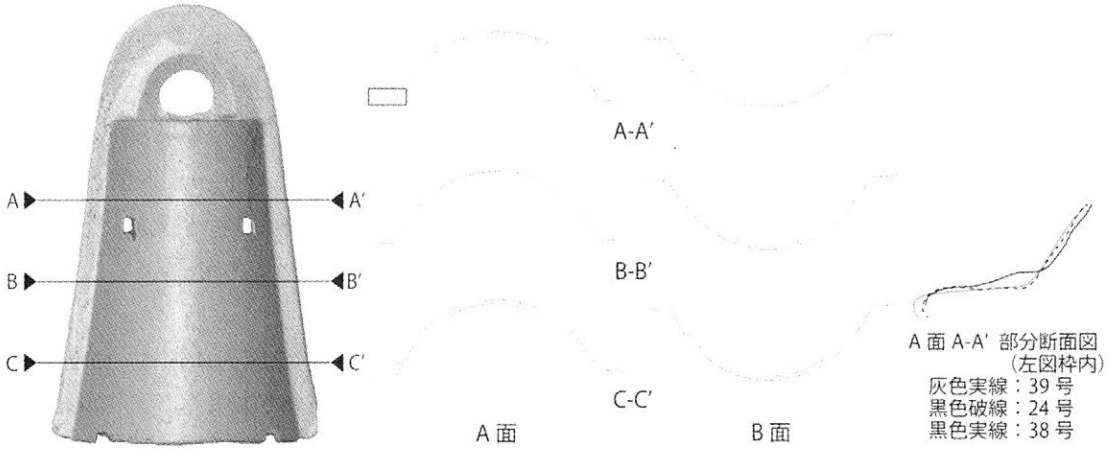


図 3　24 号・38 号・39 号鐸の横断面図（左側に図示した銅鐸は 38 号鐸 A 面）

3. まとめ

三次元形状計測画像を用いて比較した結果、3 点とも外面の形状は一致していた。つまり3点の銅鐸を製作する過程で鋳型が大きく損傷しなかったことを示している。鋳型が一部破損したと考えられる鰭部分の厚さの比較から製作順を従来のとおり 39 号鐸、24 号鐸、38 号鐸と確認した。

謝　辞

計測において島根県立古代出雲歴史博物館の協力を得て、増永光令と勝川若奈より技術的な協力を受けた。本研究は島根県立古代出雲歴史博物館との共同調査の一部であり、JSPS科研費 25284161（基盤研究B「三次元計測を応用した青銅器製作技術からみた三角縁神獣鏡の総合的研究」研究代表：水野敏典）の成果の一部である。

参考文献

1. 水野敏典・奥山誠義・北井利幸ほか 2010「三次元形状計測を用いた兄弟銅鐸の検討」『日本考古学協会第 76 回総会研究発表要旨』日本考古学協会
2. 水野敏典・北井利幸・奥山誠義・青木政幸 2011「三次元形状計測による石製鋳型の銅鐸の分析」『日本文化財科学会第 28 回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会

トルコ、カマン・カレホユック遺跡出土のろくろ製土器の重鉱物組成と化学組成による産地推定

Provenance of wheel-made pottery shards excavated from Kaman-Kalehöyük, Turkey based on heavy mineral and chemical compositions

○高橋 友里恵(東理大・理), 関本 敦久(同), 松村 公仁(アナトリア考古学研究所), 大村 幸弘(同), 中井 泉(東理大・理)

1.はじめに

アナトリア(現在のトルコ共和国) においてろくろ製土器の利用・製作は前期青銅器時代(紀元前 3 千年紀)に開始されたと考えられている。その初期の利用・流通に関する研究例 [1),2)]はあるが、胎土成分による理化学的視点からみた産地推定などは行われていない。そこで本研究では、前期青銅器時代の中央アナトリアにおけるろくろ製土器の製作および流通状況の解明を目的とし、中央アナトリアに位置するカマン・カレホユック遺跡より出土した前期青銅器時代のろくろ製土器の重鉱物組成による産地推定を器形別に行った。土器胎土中に微量に含まれる重鉱物の組成は、使用された粘土の採取地の地質的特徴を強く反映するため、重鉱物組成の比較から製作地を直接的に推定することが可能となる [3)]。本遺跡では、遺跡から出土した古代土器と遺跡周辺の堆積物の重鉱物組成について SEM-EDS により分析・比較し、産地推定を行った。また非破壊で行えるハンドヘルド型蛍光 X 線分析計を用いて化学組成による産地推定の可能性も検討し、蛍光 X 線分析と重鉱物組成分析を組み合わせることによって蛍光 X 線分析の結果の有用性について考察した。

2.実験方法

分析資料は、カマン・カレホユック遺跡 北区 IV 区(前期青銅器時代)と北区 VII 区(アッシリア商業植民地時代)から出土したろくろ製土器と手づくね製土器である。(土器資料が検出された Room 番号を Fig. 1 に示す)ろくろ製と手づくね製の判別は、X 線透過装置およびデジタル顕微鏡を用いて推定した。また器形別にみるために文献を参考に器形を推定した。各試料から重液(比重 2.82)を用いて重鉱物を抽出し、SEM で鉱物の形態と、化学組成を分析することにより鉱物種を同定した。1 試料あたり 200 粒以上の重鉱物を分析し、割合を求めて試料中に含まれる重鉱物の組成を求め、重鉱物組成とした。そして土器と同遺跡周辺 50 km 圏内で採取された Zone①~Zone⑥に分類された堆積物 85 点 [3)](Fig. 2 参照)の重鉱物組成と比較し、土器の産地推定を行った。またハンドヘルド型蛍光 X 線分析計にて非破壊で分析し産地推定を試みた。

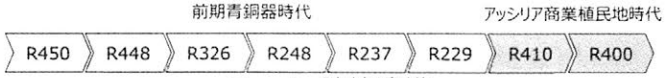


Fig. 1 建築遺構

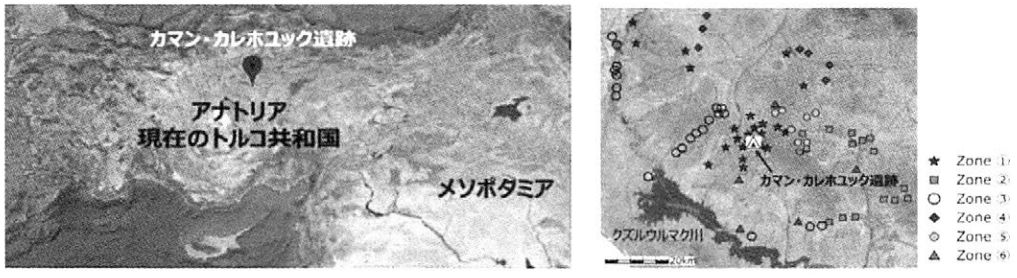


Fig. 2 堆積物採取地点とエリア

3.結果・考察

分析した土器資料 18 点と Zone①の堆積物の重鉱物組成を Fig. 3, 4 に示した。Fig. 3, 4 より、現段階で最も古い建築層の R450 から出土したろくろ製土器は遺跡堆積物 Zone①の重鉱物組成と類似し、Zone①は遺跡近郊であるため在地品と判明した。このことから少なくとも本遺跡では R450 の時期から、ろくろ製土器の製作技術が存在していたことが明らかとなった。先行研究[4]より上層の R448 は C14 年代測定により B.C.2150～B.C.2100 と推定されているので、少なくとも B.C.2100 には本遺跡においてろくろ製土器の製作技術が存在していたことになる。器形とろくろ製土器の製作技術との関係を建築層ごとにっていくことによって同遺跡におけるろくろ製土器の製作技術の発展を跡付けることができた。蛍光 X 線分析では得られた元素定量値をもとに元素比(Rb/Sr, Ca/Sr, Ti/Zr, K/Rb, Ti/Fe, K/Ti, Fe/Rb, Fe/Sr)からカマン・カレホユック遺跡の在地品の土器と周辺遺跡 6 遺跡(Büklükale, Cevizli, Tataroğlu Höyük, Sevdiğin Höyük, Kuruhöyük, Acı Ağız)の在地品の土器を用いて階層クラスター分析を行ったところ、土器資料はカマン・カレホユック遺跡とその他の遺跡に分類された。これは重鉱物組成による判別結果と一致した。このことから傾向 X 線分析の結果の有効性を示唆することができた。今後は化学組成のみでの分類と、製作遺跡を特定できる可能性を検証するために、判別率など非破壊での蛍光 X 線分析がどのくらい有用であるかを議論することが必要であろう。

【参考文献】

1) Murat.T,*MASROP E-DERGI*,**Sayı7**,45-111(2012).

2) Mellink.M, *The End of the Early Bronze Age in the Aegean*, G.Cadogan *et al.* ,139-152(1986).

3) W.S.K. Bong *et. al.* „*Journal of Archaeological Science*, **37**, 2165-2178 (2010).

4) 渥美　晋ほか, 考古学と自然科学, **第 57 号**, 37-53(2008).

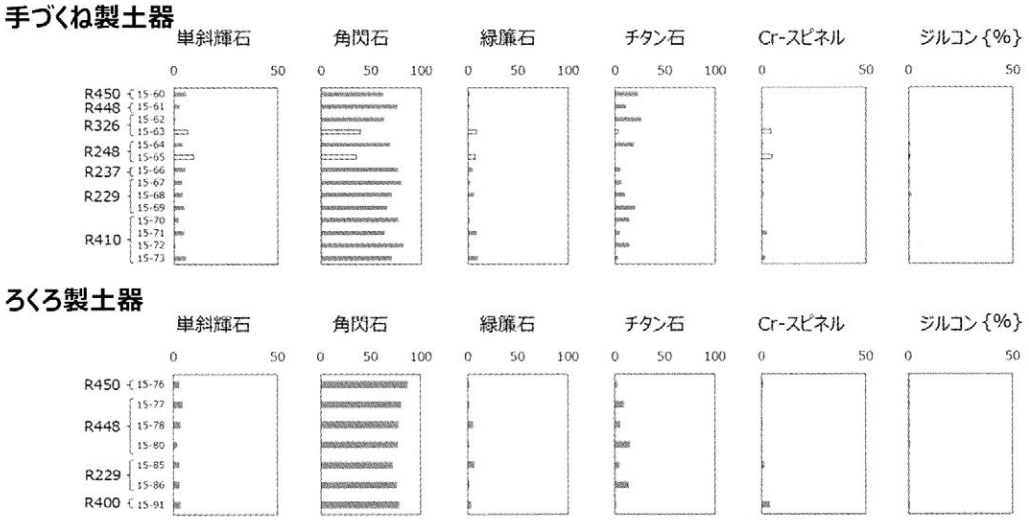


Fig. 3　手づくね製土器とろくろ製土器の重鉱物組成

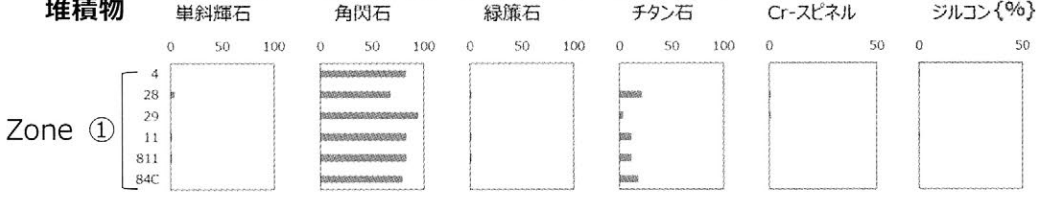


Fig. 4　Zone①の重鉱物組成

“在地土器”の製作者：
渡来人集落における朝鮮半島系土器と在地系土師器の関係

Potter of “local pottery”：
Relationship between Korean Peninsula style pottery and local style Haji ware in settlement of migrant

○石田智子（鹿児島大学）、足立達朗（九州大学アジア埋蔵文化財研究センター）、田尻義了（同左）、小山内康人（九州大学大学院比較社会文化研究院）、小澤佳憲（九州歴史資料館）

○Tomoko ISHIDA (Kagoshima University), Tatsuro ADACHI, Yoshinori TAJIRI, Yasuhito OSANAI (Kyushu University), Yoshinori OZAWA (Kyushu Historical Museum)

1．はじめに

九州北東部の京築地域は、朝鮮半島からの渡来的要素（L字状カマドや須恵質土器など）をともなう古墳時代集落が集中し、渡来した人々やその子孫が居住していた可能性が高い地域である。本研究で対象とする塔田琵琶田遺跡（福岡県豊前市）でも、古墳時代中・後期の竪穴住居跡の多数でL字状カマドが検出された。遺跡出土土器の多数は当時期・当地域に広くみられる形態・胎土などの外見的特徴をもつ在地系土師器であるが、朝鮮半島の軟質土器に形態的特徴が類似する土師質土器が数点出土した。土器生産体制に着目して、朝鮮半島系土器と在地系土師器の胎土組成を比較検討することで、渡来的要素をともなう集落に居住していた人々の集団像を明らかにすることが本研究の目的である。

2．試料と方法

塔田琵琶田遺跡は、河川の開析・堆積作用で形成された扇状地に位置する（図１）。基盤岩は後期白亜紀に形成された変成岩類・花崗岩類であり、後期中新世－前期鮮新世の火山活動にともなう英彦山火山岩類（安山岩-デイサイト溶岩、火山砕屑岩）が被覆する。

分析試料は、朝鮮半島系土師質土器３点（表１：試料No.１～３）と、同時期の古墳時代中期後半～古代前半期に比定される在地系土師器７点（表１：試料No.４～10）である。

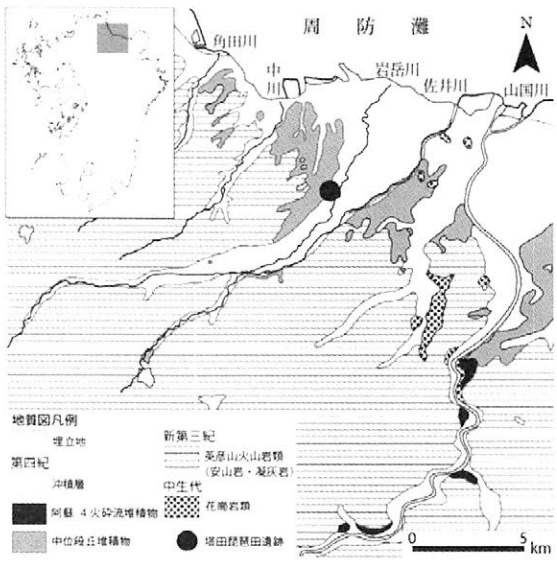


図1　対象遺跡の立地と地質環境

分析は、①肉眼および実体顕微鏡観察による胎土の特徴把握、②研磨薄片の偏光顕微鏡観察による含有物質の組合せの検討、③蛍光Ｘ線分析・誘導結合プラズマ質量分析によるバルク元素組成分析を実施した。土師器の観察・実測・全体写真撮影・実体顕微鏡写真撮影などの考古学的記録を作成した後、超低粘度エポキシ樹脂（ニチカ製 E205）を用いて真空含浸・包埋した試料の

表1 含有鉱物組成

試料No.	器種	岩石片		含有物 石英	斜長石	カリ長石	角閃石	斜方輝石	緑簾石	ジルコン	その他
1	平底甕	黒曜石		○	◎		△(褐色)	△			
2	甑把手	黒曜石		○	◎	×	△(褐色)	△	×		
3	甑底部	火山岩		◎	○		△(緑褐色)	△			
4	直口壺口縁部			◎	△	△	×(褐色)				
5	直口壺口縁部			◎	△	△	×(緑褐色)	×			
6	甕口縁部	珪長質岩		◎	△	○	△(褐色)	×	×	×	
7	甕口縁部	黒曜石	火山岩	○	◎	×	△(緑褐色)	△			×(単斜輝石)
8	甕口縁部	珪長質岩		◎	△	△	×(緑色)		×		
9	甕口縁部	珪岩	火山岩	◎	○	△	△(緑褐色)	△			
10	甕口縁部	珪長質岩		◎	△	△	×(緑色)	×	×	×	

注:◎多量. ○普通. △少量. ×極少量

薄片プレパラートと、土師器試料 1.80000g と融剤 3.60000g（混合比＝１：２）のガラスビード試料を作成した。元素測定には、九州大学大学院比較社会文化研究院設置の波長分散型蛍光 X 線分析装置（XRF；リガク製 ZSX primus II）およびレーザー溶出型誘導結合プラズマ質量分析計（LA-ICP-MS；レーザー:New Wave Research 製 UP-213;ICP-MS:Agilent7500cx）を用いた。XRF では主要元素 ［SiO_2・TiO_2・Al_2O_3・Fe_2O_3・MnO・MgO・CaO・Na_2O・K_2O・P_2O_5］（wt%）および微量元素 ［V・Cr・Zn・Ga・Ni・Cu・Rb・Sr・Y・Zr・Nb・Ba］（ppm）を、LA-ICP-MS では希土類元素［La・Ce・Pr・Nd・Sm・Eu・Gd・Tb・Dy・Ho・Er・Tm・Yb・Lu］および Hf・Ta・U・Pb・Th（ppm）を測定した。詳細な分析手順は石田ほか（2016）を、測定条件は中野・小山内ほか（2012）を参照されたい。

3．分析結果と考察

含有鉱物・岩石片の種類では、朝鮮半島系土師質土器と在地系土師器はやや異なる。試料№.1～3・№.10 は、安山岩構成鉱物（斜長石、褐色角閃石、斜方輝石）や黒曜石・火山岩岩片を含む火山岩的胎土である。№.4～9 は、石英やカリ長石、緑色角閃石を含む花崗岩的胎土である。ただし、両者の特徴が混在する試料も存在し、明瞭な区別はできない。希土類元素に富む鉱物・岩石片を含まないことから、希土類元素は土師器の主体を成す粘土に由来すると考えられるが、希土類元素存在度パターンでは朝鮮半島系土師質土器と在地系土師器は区分できない。これは、粘土が同質であることを意味する。鉱物組成のカリ長石の有無と対応する K_2O や、重希土類元素の含有量など、やや異なる傾向を示す元素もあるが、総体として両者の区分は曖昧である。

つまり、朝鮮半島系土師質土器と在地系土師器の区分は不明瞭であり、いずれも遺跡周辺で採取可能な原材料を用いて製作された「在地土器」である。胎土組成は近似するが、鉱物組成に差異が認められることから、混和材や粘土の採取場所選定、朝鮮半島の土師質土器に対する理解度の差などを含む土器生産単位が異なる可能性がある。

鉱物化学組成分析の実施による原材料産地推定精度の向上、人間活動と「在地土器」概念の関係整理、土師器と須恵器の生産流通様態の比較検討が、今後の課題である。

参考文献

石田智子・足立達朗・田尻義了・小山内康人・小澤佳憲 2016「朝鮮半島系の特徴を持つ土師質土器について」『塔田琵琶田遺跡第６次』東九州自動車道関係埋蔵文化財調査報告 26，九州歴史資料館，pp.70－83.

中野伸彦・小山内康人・足立達朗・米村和紘・吉本紋・Nugroho SETIAWAN2012「蛍光 X 線分析装置・レーザー溶出型誘導結合プラズマ質量分析計を用いた低希釈率ガラスビードの主成分・微量・希土類元素の迅速定量分析」『比較社会文化』第 18 巻，九州大学大学院比較社会文化学府，pp.81-94.

鳥取県青谷上寺地遺跡出土琥珀の産地推定

Provenance study of excavated amber from Aoya-Kamijichi site, Tottori Prefecture

○植田直見（(公財) 元興寺文化財研究所)、水村直人（(公財) 鳥取県教育文化財団)、
渡邊緩子（日鉄住金テクノロジー株式会社)

○Naomi UEDA(Gangoji Institute for Research of Cultural Property), Naoto MIZUMURA (Tottori Foundation for Education and Culture), Hiroko WATANABE(Nippon Steel&Sumikin Technology, Co.,Ltd)

1. はじめに

昨年、岐阜県瑞浪市産の琥珀と同じ分子構造を持つ琥珀が複数箇所から出土することを報告した。今回、弥生時代の交易拠点として著名な鳥取県青谷上寺地遺跡出土琥珀2点について、これまでと同様に赤外分光、熱分解-ガスクロマト/質量分析を行った結果、瑞浪市産の琥珀と類似した分子構造を持つことがわかった。同時に本遺跡に地理的に近い中国山地産出の琥珀を新たに入手することが出来、同様の分析を行った結果、瑞浪市と同様の結果が得られた。これらは瑞浪市産と地質年代もほぼ同じで、有機物の分析法では区別することが出来ない。そのため、考古学的、地理的な観点からの考察を加え、本遺跡出土琥珀の産地の特定に向けて検討したので報告する。

2. 分析試料

今回分析した琥珀2点が出土した調査区は、青谷上寺地遺跡の中心域の一部に相当し、人々の日常生活の痕跡が多々残存している場所である。琥珀が出土した包含層には土器が多量に含まれており、これら土器群と共伴する琥珀も、弥生時代後期後葉～古墳時代前期初頭帰属の可能性が高い。資料は2点とも人為的な加工が見られない礫と破片で、内部は健全な状態であると推測された。出土資料と合わせて分析した標準試料は岐阜県瑞浪市、岡山県高梁市、同奈義町、広島県三次市の4箇所で、これらは地質学的にはほぼ同じ時代のものである。

3. 分析方法と条件

全反射フーリエ変換赤外分光(以下ATR-FTIR)はSENSIR TECHNOLOGIES製（TravelIR)を用い、検出器にDLATGS、分解能 4cm^{-1}で測定した。熱分解-ガスクロマト/質量分析(以下 Pyro-GC/MS)はフロンティア・ラボ製(EGA/PY-3030D 型)熱分解装置と、バリアン製(Saturn2000 型)GC/MS あるいは日本電子(株)製(JMS-Q1050GC 型)GC/MSを使用し、EI法により分析した。

4. 結果と考察

ATR-FTIRでは標準琥珀の指紋領域付近のスペクトルと比較した結果、吸収位置と強度が、瑞浪市、高梁市、奈義町、三次市の4産地と非常に近似したスペクトルとなった(図1)。次にPyro-GC/MS は出

土琥珀と瑞浪市産琥珀の熱脱着物質(350℃)のトータルイオンクロマトグラム(以下TIC)と熱分解物質(550℃)のTIC を図2に示した。また、高梁市、奈義町、三次市と瑞浪市産出琥珀の350℃のTIC と550℃のTIC を示した(図3)。その結果、ATR-FTIRと同様に、出土琥珀は、4地域とほぼ一致する結果となった。これら4地域は地質学的に同年代で、おそらく由来する植物も同じである可能性が高く、自然科学的な分析では区別がつかなかった。そのため、共伴する土器の特徴や各地域と青谷上寺地遺跡との交流関係について考察した結果、現時点では吉備地方北東部(美作)がその産地の一つとしての推定に妥当なエリアと考えた。

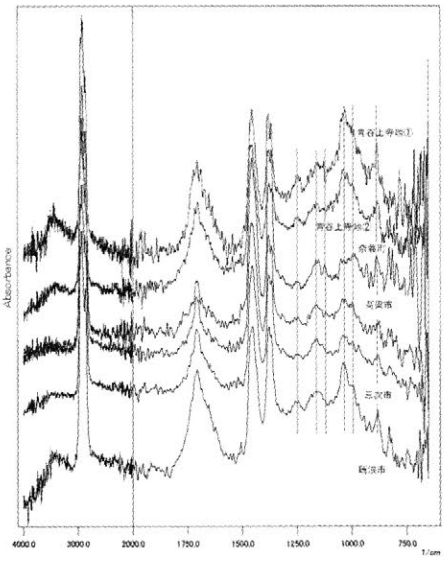


図1. 出土琥珀と標準琥珀の ATR-FTIR スペクトル

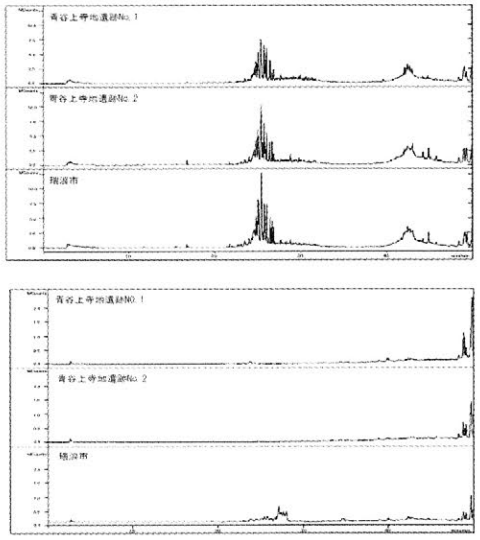


図2. 出土琥珀と瑞浪市産琥珀の Pyro-GC/MS による分析結果(上図:350℃ 下図:550℃)

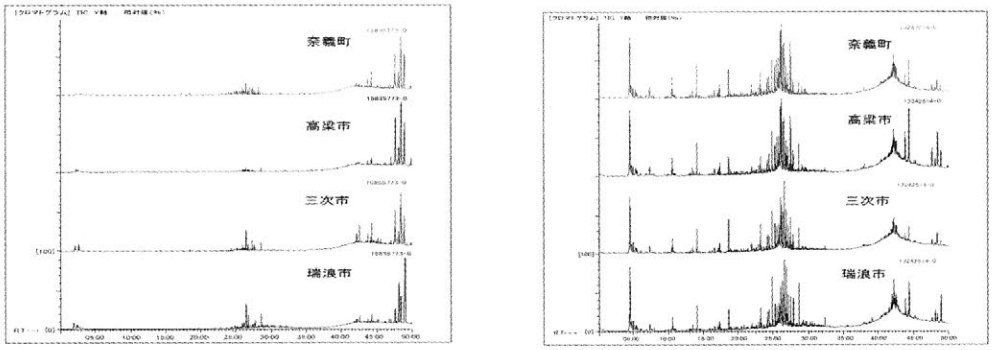


図3. 標準琥珀の Pyro-GC/MS による分析結果(左図:350℃ 右図:550℃)

5. おわりに

今回、自然科学的な分析を通して数カ所の産地を推定することが出来たが、さらに特定に向けては考古学的・地理的な観点等からアプローチと考察が必要であることを示した。今後も、出土琥珀の産地推定に向けては様々な分野からの情報を取り入れることも必要であると考える。

最後に試料をご提供いただきました、瑞浪市化石博物館柄澤宏明氏、なぎビカリアミュージアム柴田守氏、広島県立歴史民俗資料館葉杖哲也氏、島田朋之氏に感謝いたします。

纒向遺跡出土の石製装身具の産地同定

Source identification of stone ornaments excavated from *Makimuku* site

○中村大介（埼玉大学）、藁科哲男（遺物材料研究所）、福辻淳（桜井市教育委員会）
Daisuke NAKAMURA (Saitama University), Tetsuo WARASHINA (Research center of artifacts and materials), Jun FUKUTSUJI (Sakurai city board of education)

1. はじめに

翡翠製勾玉や碧玉製管玉は、弥生時代初期から愛好されてきた伝統的な装身具であり、弥生時代後期以降に西日本各地の政体が成長する際も、副葬品として選択されてきた。しかし、大和盆地東南部は大和王権が成立する中心的な地域であるにも関わらず、古墳時代成立前後（庄内期～布留0期）にこれらを欠いていることが、近年の研究で明らかになってきた。この奈良盆地の様相は、王権の成立と地域間との関係を考える上で重要な問題も内包しているといえる。ただし、纒向遺跡からは、布留0式期とされる碧玉製の巴形石製品が出土しており、単純に大和盆地東南部に碧玉が流通していなかったわけではない。そこで、筆者らはこの時期の玉類の流通を解明する基礎研究として、桜井市埋蔵文化財センターが所蔵する布留0式期から布留1式期頃の翡翠製勾玉、碧玉製品及び未成品に対し、蛍光X分析による産地同定を行った。対象とした遺跡と出土資料については、表1に示した通りである。

2. 分析の方法と結果

今回、資料したのは、明治大学古代学研究所の機材（OURSTEX 100FA 改良型）、遺物材料研究所の機材（セイコ- SEA2110L）である。碧玉製品及び未成品については、蛍光X線分析法で玉類の元素の種類と含有量を求め、試料の形や大きさの違いの影響を打ち消すため、元素同士で含有量の比をとり、この元素比の値を、原産地を区別する指標とした。そして、これまで藁科哲男が分析してきた原石群（55群）及び遺物群（375群）と比較し、産地推定を行った。その際、客観的な判定を行うため、数理統計のマハラノビスの距離を求め、それらの結果を用いてホテリング T^2 検定を、元素を8元素として近似計算により判定を行った。そのため、確率は小さめに算出されている。信頼限界を0.1%以上に設定し、最終的には、①蛍光X線分析法で求めた原石群と碧玉製遺物の分析結果を数理統計によって比較する定量的判定、②ESR分析法による原石群の信号と遺物の信号との比較、③遺物の岩石種類を推測するためのアルキメデス法による遺物のかさ比重の計測を行い、①～③を総合して産地同定を行った（表1）。

また、翡翠製品については、12地点の原石からSr/Feの比値とSr/Zrの比値の分布範囲、Ca/Siの比値とSr/Feの比値の分布範囲、Na/Siの比値とMg/Siの比値の分布範囲を作成し、そこに遺物の分析値をプロットすることで、判定を行った（表2）。

表1　桜井市出土の碧玉製品及び未成品の総合判定

遺跡	遺構/遺物No.	形態	分析No	ホテリングT2検定結果(確率)	ESR信号形	比重	総合判定
赤尾熊ヶ谷	2号墳1号棺　No.2	管玉	125552	未定C遺物群(37%)，車塚2遺物群(9%)，持田古墳C遺物群(0.8%)	未定C形	2.509	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.3	管玉	125553	未定C遺物群(15%)，車塚2遺物群(0.1%)	未定C形	2.578	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.4	管玉	125554	未定C遺物群(33%)，車塚2遺物群(11%)，持田古墳C遺物群(0.1%)	未定C形	2.510	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.5	管玉	125555	未定C遺物群(2%)	崩れ	2.518	未定C遺物群？
	2号墳1号棺　No.6	管玉	125556	未定C遺物群(8%)，持田古墳C遺物群(2%)，新穂村B遺物群(0.1%)	崩れ	2.355	未定C遺物群？
	2号墳1号棺　No.7	管玉	125557	未定C遺物群(5%)，持田古墳C遺物群(1%)	未定C形	2.584	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.8	管玉	125558	未定C遺物群(56%)，持田古墳C遺物群(13%)，車塚2遺物群(5%)	未定C形	2.524	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.9	管玉	125559	未定C遺物群(35%)，持田古墳C遺物群(5%)，車塚2遺物群(3%)	未定C形	2.504	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.10	管玉	125560	持田古墳C遺物群(38%)，未定C遺物群(22%)，車塚2遺物群(2%)	未定C形	2.522	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.11	管玉	125561	未定C遺物群(10%)，新穂村B遺物群(0.4%)	未定C形	未測	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.12	管玉	125562	未定C遺物群(34%)，持田古墳C遺物群(14%)，車塚2遺物群(4%)，新穂村B遺物群(0.2%)	未定C形	2.534	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.13	管玉	125563	未定C遺物群(4%)，持田古墳C遺物群(3%)	未定C形	2.492	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.14	管玉	125564	持田古墳C遺物群(45%)，未定C遺物群(28%)，車塚2遺物群(0.3%)	未定C形	2.473	未定C遺物群
	2号墳1号棺　No.15	管玉	125565	赤尾熊ヶ谷No.15群(59%)	不明	2.485	赤尾熊ヶ谷No.15群
	2号墳1号棺　No.16	管玉	125566	菩提-1(3%)，女代南B遺物群(0.2%)	菩提・女代南B形	2.542	菩提-1
	2号墳1号棺　No.17	管玉	125567	滝ヶ原(6%)，菩提-1(0.8%)，女代南B遺物群(0.8%)，芝ヶ原C遺物群(0.4%)，新穂村A遺物群(0.2%)	滝ヶ原・女代南B形	2.610	滝ヶ原
	2号墳1号棺　No.18	管玉	125568	滝ヶ原(14%)，菩提-1(3%)，女代南B遺物群(0.2%)新穂村A遺物群(0.2%)	滝ヶ原・女代南B形	2.564	滝ヶ原
纏向180次	SD1002 北半上層	剥片	125569	纏向SD1002群(72%)	遺物過大	2.240	纏向SD1002群
纏向183次	SK1005 上層	剥片	125570	纏向SK1005群(65%)	不明	2.242	纏向SK1005群
	(1個体が分離)	剥片	125571	纏向SK1005群(72%)	遺物過大		纏向SK1005群
纏向176次	SK1006	巴形	125572	滝ヶ原(17%)，菩提-1(11%)，女代南B遺物群(3%)	遺物過大	2.549	滝ヶ原
纏向54次		石釧片	125573	纏向54次群(83%)	遺物過大	2.380	纏向54次群
纏向80次	SX2001	石釧片	125574	纏向80次群(69%)	遺物過大	2.054	纏向SX2001群
大福30次	SX03・SK04を含む断割	管玉	125575	大福30次群	遺物過大	2.639	大福30次群

表2　桜井市出土の翡翠製勾玉の総合判定

分析番号	分析部位	各分類基準による判定				総合判定	比重
		総合判定に使用	風化影響大の軽元素のため判定から除外		風化比重への影響小さい		
		Sr/Fe:Sr/Zr判定	Ca/Si:Sr/Fe判定	Na/S:Mg/Si判定	比重＆基準(2)		
125551-1	尾部	IT, OS, WK, OY	IT, OS, WK	IT, WK	IT, IN	糸魚川産	3.315
125551-2	頭部	IT, OS, WK, OY	IT, WK	IT, WK	IT, IN	糸魚川産	
125551-3	背部	IT, OS, OY	IT, OS, WK	IT, WK, KM	IT, IN	糸魚川産	

IT:糸魚川 WK:菅桜 OS:大佐 NG:長崎 HK:日高 IN:引佐 OY:大屋 KM:神居コタン HD:飛騨 MY:ミャンマー

注：Ni/Fe比は日高産地および飛騨産地に同時に帰属された遺物の分類指標

（飛騨産原石，42個の平均値±標準偏差）Ni/Fe=0.091±0.030，（日高産原石，14個の平均値±標準偏差）Ni/Fe=0.065±0.028

3. 結果と考察

分析の結果、纏向遺跡から出土した巴形石製品は北陸地方の菩提・滝ヶ原産であることが判明した。この産地は、一時期を除き、弥生時代中期以降、継続的に日本列島の東西に石材を供給してきた地域である。また、纏向遺跡からは碧玉や緑色凝灰岩製の石釧、剥片が出土しているが、これらの産地は不明であった。剥片は纏向遺跡での玉作りの可能性を示唆しているが、北陸地方の菩提・滝ヶ原や山陰地方の花仙山といった主要な産地からきたものではないため、これらの地域から大和盆地東南部へ原石が安定供給される状況ではなかったといえる。従って、巴形石製品は、北條芳隆の指摘通り、北陸地方の製作工房に依頼した新たな石製品の試作品と推定された。

一方、布留1式期以降は、桜井茶臼山古墳などで翡翠製勾玉、碧玉製管玉及び石製品がみられ、以後、安定的に副葬されるようになる。今回分析した赤尾熊ヶ谷2号墳1号棺から出土した碧玉も朝鮮半島産の未定C群を主体として、菩提・滝ヶ原産も含まれていた。これは、弥生時代中期からみられた産地組成であり、桜井茶臼山古墳の段階には伝統的な翡翠製勾玉と碧玉製管玉の流通網が掌握されていたことを意味している。

横浜市内諸遺跡出土黒曜石資料の産地分析
－縄文時代中期末から後期初頭の事例－

Source analysis of obsidian excavated from various sites in Yokohama, Kanagawa Prefecture: Cases from the end of Middle to the beginning of Late Jomon

○濱田翠（東京文化財研究所）、新免歳靖（東京学芸大学）、建石徹（文化庁）、二宮修治（東京学芸大学）

○Midori HAMADA(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Toshiyasu SHINMEN(Tokyo Gakugei University), Toru TATEISHI(Agency for Cultural Affairs), Shuji NINOMIYA(Tokyo Gakugei University)

1. はじめに

近年、報告者らは横浜市内諸遺跡において蛍光 X 線分析による黒曜石産地分析データの蓄積に努めている。本発表では、称名寺貝塚や港北ニュータウン遺跡群等をはじめとする 5 遺跡から出土した黒曜石資料の産地分析結果について報告する。

2. 試料（資料）

産地分析に供した黒曜石資料は、称名寺Ⅰ貝塚（10 点）、荏田第 2 遺跡（31 点）、三の丸遺跡（16 点）、加賀原遺跡（26 点）、稲ヶ原遺跡（24 点）より出土した計 107 点である。いずれも縄文時代中期末・後期初頭（加曽利 EⅣ式・称名寺式期）に帰属すると考えられる。

3. 分析方法

産地分析に用いる各元素の測定には、エネルギー分散型蛍光X線分析(非破壊法)を用いた。分析装置はSIIナノテクノロジー（現日立ハイテクサイエンス）製の蛍光X線分析装置SEA-5120S、測定条件は、線源ターゲット：モリブデン(Mo)管球、電圧：45kV、X線照射径：φ1.8mm、測定雰囲気：大気、測定時間：100秒、定量分析の計算法：FP法、標準試料：なし、である。定量した元素は、黒曜石の主成分元素のうち産地分析の指標元素となるFe、Ca、Kの3元素と、これら元素の挙動に相関性のある微量元素のMn、Sr、Rbを加えた6元素である。

産地分析は、分析資料と東日本の主要な産地黒曜石資料の6元素の測定結果をもとに、最遠距離法によるクラスター分析（IBM社製SPSS Statistics 20）を実施し、分析資料と産地資料の類似度を比較し、遺跡出土黒曜石の産地を決定した。

4. 結果と考察

本分析により得られた結果は、星ヶ塔産50点、神津島産57点であった。遺跡別の内訳は表にまとめた。

関東地方の縄文時代中期から後期初頭の黒曜石産地の一般的な傾向としては、中期初頭から中期後半（加曽利EⅡ式期）までは神津島産が卓越し、星ヶ塔産などの長野県産がそれを補完する。中期後半（加曽利EⅢ式期）から後期初頭までは星ヶ塔産などの長野県産が卓越し、神津島産がこれを補完することが知られている(日本考古学協会2011年度栃木大会実行委員会編2011)。

本分析では、加賀原遺跡と稲ヶ原遺跡が前述の傾向、すなわち中期末から後期初頭では星ヶ塔産が卓越し、神津島産がこれを補完する傾向が認められる。しかし、称名寺I貝塚、荏田第2遺跡、三の丸遺跡では神津島産が卓越し、本当該期の関東地方の一般的な傾向とは異なっていることが指摘される。

当該期に神津島産が卓越する事例は、千葉県上谷津第2遺跡や西広貝塚、栃木県寺野東遺跡など東関東の一部の遺跡が知られる（池谷2008、杉原・小林2008)。同様の傾向を示す事例は、従来の神奈川県域の分析結果にはほぼなく、注目される。また、今回の分析結果では、中期末の星ヶ塔産が卓越している傾向を後期初頭に引き継いでいる遺跡と、中期末とは異なり、後期初頭では神津島産が卓越する遺跡があるという傾向が認められた。今後、周辺地域での分析事例の蓄積をしていくとともに、横浜市内でみられた傾向の違いについても詳細に検討を加える必要がある。

参考文献

池谷信之　2008「常総地域出土黒曜石製石器の原産地推定結果について」『千葉縄文研究』2

杉原重夫・小林三郎　2008「考古遺物の自然科学的分析による原産地と流通経路に関する研究—神津島産黒曜石遺物について—」『明治大学人文科学研究所紀要』62

日本考古学協会 2011 年度栃木大会実行委員会編 2011「石器時代における石材利用の地域相－黒曜石を中心として－」『一般社団法人日本考古学協会 2011 年度栃木大会研究発表資料集』日本考古学 2011 年度栃木大会実行委員会

三浦麻衣子・濱田翠・建石徹・二宮修治 2012「横浜市加賀原遺跡出土黒曜石資料の産地分析」『加賀原遺跡・佐江戸８遺跡』横浜市ふるさと歴史財団埋蔵文化財センター・横浜市教育委員会

表　各遺跡の分析結果（点数）

遺構名	時期	高原山	小深沢	男女倉	星ヶ塔	麦草峠	神津島	箱根	柏峠
加賀原遺跡	加曽利E式最終末	－	－	－	19	－	7	－	－
稲ヶ原遺跡	加曽利EⅣ式	－	－	－	1	－	－	－	－
	称名寺式（最古）	－	－	－	17	－	6	－	－
称名寺Ⅰ貝塚	称名寺式(古～中)	－	－	－	4	－	6	－	－
荏田第2遺跡	称名寺中段階	－	－	－	4	－	27	－	－
三の丸遺跡	称名寺式	－	－	－	5	－	11	－	－

イオウ同位体比分析からみた出雲・石見地域における朱の特色

Peculiarity of vermillion collected from burial mounds in Izumo and Iwami areas by using sulfur isotope ratio

○上山晶子(島根県教育庁埋蔵文化財調査センター)、南武志(近畿大学)、今津節生(奈良大学)
○Shoko UEYAMA(Investigation Center for buried cultural properties,Shimane Prefecture),
Takeshi MINAMI (Kindai University),Setsuo IMAZU(Nara University)

1. はじめに

弥生時代後期後葉から古墳時代中期にかけて、出雲・石見地域の墳墓や古墳では朱(硫化第2水銀;HgS)を多量に使用している。朱は近年、イオウ同位体比分析の手法(南・今井・今津 2003)によって、出雲地域における弥生時代の四隅突出型墳丘墓や古墳時代の古墳から出土した朱の産地が推定され、代表的な四隅突出型墳丘墓の西谷3号墓と2号墓の朱は中国産であり、そのほかの中小規模の四隅突出型墳丘墓の朱は国産であり、古墳では主に国産の朱が使用されていることがわかった(南ほか 2011)。今回、新たに石見地域も含め3遺跡の朱の産地同定の結果が明らかとなり(島根県 2010・2014)、2016年3月現在で、島根県内では9箇所の四隅突出型墳丘墓と9箇所の古墳から出土した朱の産地が推定された。そして、これらの朱が、出雲・石見地域においてある特色を示すことがわかった。

2. 材料と方法

試料より朱とそれ以外に分け、朱の部分をイオウ同位体比の試料として測定した。分析方法はMinami et al(2005)の手法に基づき、^{32}Sに対する^{34}Sの存在比を標準物質の同位体比と比較し$\delta^{34}S$(‰)で表した。この分析で対象にしたのは、弥生時代後期後葉から末期の四隅突出型墳丘墓から出土した試料9点、古墳時代前期初頭から中期にかけての古墳から出土した朱の試料9点である(図1)。なお、全ての試料は、島根大学考古学研究室、出雲市教育委員会、島根県教育委員会から提供を受けたもので、2016年3月現在において調査報告書等で報告済のものである。

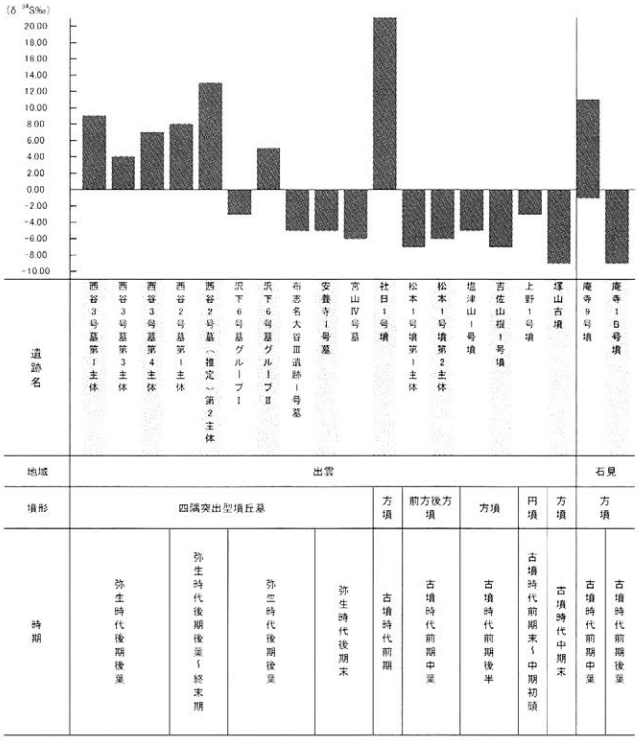
3.結果

イオウ同位体比分析の結果をまとめたものが図1である。出雲地域の四隅突出型墳丘墓では西谷3号墓・2号墓は中国産の値を示し、布志名大谷Ⅲ遺跡1号墓・安養寺1号墓・宮山Ⅳ号墓では国産の値を示す。沢下6号墓では国産の値を示すグループⅠと中国産の値を示すグループⅡとに分かれた。また、古墳では社日1号墳が中国産、塩津山1号墳・吉佐山根1号墳・松本1号墳・上野1号墳・塚山古墳では国産の値を示す。石見地域の古墳のうち、庵寺9号墳では国産と中国産の中間の値を示し、庵寺1-B号墳では国産の値を示した。

4.考察

中国産の朱を用いたとみられる西谷3号墓・2号墓は、埋葬施設やその他の副葬品から、大陸との直

接的な交流が想定される。しかし、主に国産の朱を用いている四隅突出型墳丘墓は、在地的な要素が強く、他地域との交流は日本海沿岸地域と行なっていたに過ぎず、朱もその過程で得られていたとみられる。沢下6号墓では、副葬品の中に朝鮮半島に由来を持つとみられるものもあることから、少なくとも間接的には大陸と関わりを持っていたとみられる。古墳時代に入っても、出雲地域では墓上祭祀や墳墓構造などに弥生時代の在地の要素が残り、前期初頭には北部九州や丹後・北陸地域まで及ぶ日本海沿岸地域での活発な交流が行なわれていたとみられる。社日1号墳の副葬品や朱はそのような交流の中で得られたものであろう。そして前期中葉の頃には、墳墓構造や副葬品に畿内の影響が見られるようになり、その頃には朱も畿内からのルートで搬入されていた可能性が高い。一方、石見地域の古墳時代前期中葉から後葉の古墳である庵寺9号墳と1-B号墳は在地的要素の高い墳墓であり、出雲地域の島根半島沿岸部や伯耆・因幡、丹後地域と継続的な交流を受けている中で連携を持ち、朱もそのような交流の中での入手が推測される。したがって、当該時期の出雲・石見地域では、大陸や半島、北部九州から北陸に至る日本海沿岸地域との交流が継続して行なわれる中で朱を入手しつつも、次第に畿内王権の影響下で朱を入手していくようになっていく様子が窺えるのである。



【図1】出雲・石見地域の四隅突出型墳丘墓と古墳から出土した朱のイオウ同位体比

【謝辞】

島根大学考古学研究室、出雲市教育委員会、島根県教育委員会からはイオウ同位体比分析に際し、試料の提供ならびに結果の使用に際し、ご快諾いただきました。記して深く感謝申し上げます。

【引用・参考文献】

島根大学考古学研究室・出雲弥生の森博物館 2015『西谷3号墓発掘調査報告書』

島根県出雲市教育委員会 2006『西谷墳墓群-平成14年～16年度発掘調査報告書』

南武志・岩橋孝典・大庭俊次・伊藤智・柴崎晶子・坂本豊治・今津節生・渡邊貞幸 2011「硫黄同位体比分析から推測する出雲地域西谷墳墓群および他の墳墓出土朱の産地」『考古学と自然科学』第62号

島根県教育委員会 2010『梨ノ木坂遺跡・庵寺古墳群・庵寺遺跡II』

島根県教育委員会 2014『庵寺古墳群II・大迫ツリ遺跡・小釜野遺跡』

南武志・今井亮・今津節生 2003「イオウ同位体比より見た遺跡出土朱の産地推定」『日本文化財科学会第20回大会研究発表要旨集』

Minami,T.,A.Imai,M.Bunno,K.Kawakami,and S.Imazu 2005 Using sulfur isotopes to determine the sources of vermillion in ancient burial mounds in Japan, *Geoarchaeology*,20

※その他の遺跡調査報告書・参考文献等については割愛

イオウ同位体比分析によるアスファルトの原産地推定の試み

Identification of the sources of bitumen using sulfur isotope ratio in Japan

○上條信彦　（弘前大学）、南武志（近畿大学）、高橋和也（理化学研究所）
○Nobuhiko KAMIJO（Hirosaki university）、Takeshi MINAMI（Kindai university）、
Kazuya TAKAHASHI（RIKEN）

1　分析の目的

アスファルトは、原油中の軽質分及び潤滑油留分を取り除いた残油で、黒色粘着性の常温で半固体状の物質と定義されている（石油学会 2005）。アスファルトは、縄文時代前期以降、東北地方を中心に、北は北海道、南は奈良県まで出土している。その多くは土偶の破損面や石鏃の基部に付着しており、高い粘性と撥水性を有し、熱を加えると容易に融解する性質を持つため、接着材として利用されていたことが分かる。アスファルトの産出地である主要な石油鉱床地帯は北海道稚内から石狩低地帯、渡島半島南部を経て本州の青森から新潟県域までの日本海沿岸に分布している。出土アスファルトは太平洋沿岸域などの鉱床地帯から 100km 以上離れた遺跡からも数多くみられ、広域な交易活動があったと推察される。こうした物質の流通過程を知ることは集団どうしの交流関係を知るうえで重要であり、縄文社会の構造解明につながる。

こうした流通を明らかにするための手段として最も重要なのは製作地（原産地）と消費地との関連であり、アスファルトにおいても数々の分析法が検討されている。これまでバイオマーカーやパラフィン成分の分子量分析（小笠原 1999）、イオン化質量分析やガスクロマトグラフィー質量分析（小笠原・阿部 2007 ほか）が行われ、原産地推定が試みられ、天然アスファルトの産出する豊川油田や駒形油田（いずれも秋田県）が原産地として有力視されてきた。

それに対し、筆者らは原油の生成過程（有機熟成）に注目し、石油地質学的な原産地推定を推進している（氏家・相澤ほか 2015）。これまで北海道南部から北東北の 23 試料の炭素と水素の元素分析・マセラル分類・amorphinite 反射率測定を行った結果、複数の原産地の存在が示唆された。そのほか、秋田県堀之内遺跡など原油を気化させてアスファルトを作り出している事例が見つかり、天然アスファルトだけでなく、原油そのものからのアスファルト製作が考えられる

イオウは原油中において炭素・水素に次いで多く含まれその含有量は産地によって大きく異なる。原油の硫黄同位体組成は 1950 年代末ごろから測定され始め、原油の同定や原油の成因的な分類、 移動経路の推定、変質過程の追跡などに利用できる。日本においては加藤・梶原 1997 がこれに注目し、地域的なイオウ同位体比の違いを見出しているが、ほかの文献は見当たらない。文化財におけるイオウ同位体比分析の応用は朱の原産地推定で実施されている（たとえば河野・南ほか 2014）。

そこで、本発表では、上記分析法の検証および、考古資料に対する新たな分析法の確立のため、

イオウ同位体比に注目して、日本における新たな原産地分析の有効性を検討したい。

2. 分析試料と方法

分析では天然アスファルトの産地として知られる秋田県豊川油田のほか、新潟県新津天ヶ沢油田、北海道釜谷油田の３地域の試料を用いた。また、油田から直接採取した原油（液体）のほか、それぞれ 300 度で固化させたアスファルト状態の試料（固体）を作成した。

試料は酸素（高純度）共存下で燃焼させ、酸化反応管（酸化タングステン）と還元管（純銅）で、硫黄成分を二酸化硫黄として調整し、精製カラムで分離し IsoPrime100 へ導き同位体分析を行った。

3. 結果及び考察

分析の結果、豊川油田と新津天ヶ沢油田がプラス値を、北海道釜谷油田はマイナス値を示した。またプラス値の豊川油田と新津天ヶ沢油田は、それぞれ 1.00‰以下と 1.50‰以上の値を示した。また原油とアスファルトとでは最大 0.50‰程度の差が認められた。

このように考古学上で議論となっている３つの産地間において、同位体比が異なることが判明した。さらに原油とアスファルト（固体）の違いによって同位体比は若干変化するものの、産地推定には影響しないことが確かめられた。したがって、本分析法が遺跡出土アスファルトの産地推定に有効であり、今後の出土資料への応用が期待される。

謝辞

分析に際しては下記の機関、個人より試料提供のご協力を賜った。記して感謝申し上げる。

木古内町教育委員会、新潟市文化財センター、佐々木榮一、横山英介

参考文献

氏家良博・相澤武宏・川村啓一郎・ほか 2015「石油地質学からみた遺跡出土アスファルトの原産地推定」『考古学と自然科学』67，pp.47-56

小笠原正明 1999「アスファルトの化学分析と原産地」『考古学ジャーナル』452，pp.2-5．ニュー・サイエンス社

加藤進・梶原良道・中野孝教 1997「東北日本油田地域における原油の硫黄分と硫黄同位体組成」『石油技術協会誌』62-2，pp.142-150

河野摩耶・南武志・今津節生 2014「九州北部地方における朱の獲得とその利用：硫黄同位体比分析による朱の産地推定」『古代』132，pp.27-38．早稲田大学考古学会

石油学会 2005「アスファルト」石油学会編集『石油辞典』p.74.丸善

Minami T., Imai A, Bunno M., Kawakami K., Imazu S., 2005. “Using sulfur isotopes to determine the sources of vermillion in ancient burial mounds in Japan”.*Geoarchaeology* 20，pp.79-84

肉眼観察による縄文時代のチャート製石器の産地推定
—京都盆地周辺の丹波帯の踏査をもとに—

Sourcing chert artifacts of Jomon period by observing attributes visible to the naked eye: A study based on a field survey of cherts in the Tamba Belt around the Kyoto Basin

○高木康裕（京都大学）
○ Yasuhiro TAKAGI（Kyoto University）

1. 研究の背景と目的

中部高地黒曜石原産地と二上山サヌカイト原産地との間にある美濃－丹波帯には、未発見のチャート原産地が多数存在することが予想される。黒曜石やサヌカイトと同様にチャートでも原産地、消費地、消費過程に関する研究が増えれば、先史社会における集団関係、地域間関係、移動・居住形態、活動領域などをより詳細に複眼的に解明できるようになると考えられる。

チャートは広大な地質体のなかに面的に分布し、理化学的手法の適用が困難な堆積岩であるため、産地研究が敬遠されてきた。発表者は現状を打開すべく、ひとまず肉眼観察でとらえられる属性に着目し、産地推定ができないかを試みた。本発表では、丹波帯に取り囲まれた京都盆地をフィールドとし、比叡山西南麓遺跡群（縄文時代早期末～晩期）のチャート製石器を対象に石材採集地を推定する。

2. 方法

(1) 破断面を肉眼で観察し、色調と石質という二つの属性でチャートを記述することにした。

色調は、黒、灰、白、褐、黄、緑、青、赤紫、赤褐、複色の10色に大別し、共通理解が得られるように各色の範囲を土色帖で明確に定義した（表1）。石質は森先（2003）を参考に、貝殻状断口か否か、節理の多寡、肌理を観察し、○・△・×の三段階で評価した。

(2) 各大別色・各石質の河床礫の分布を供給源である岩体を含めて明らかにするため（田村・国武 2006）、京都盆地を流れる桂川・鴨川・高野川の源流部や支流など50地点以上を踏査し、礫の色調と石質を観察した。

(3) 露頭での採掘・採集の可能性を考慮し、層状チャートの露頭中や露頭直下のチャートブロックと河床礫とを比較し、露頭採集か河川採集かの判別基準を整備した。

(4) 遺跡出土のチャート製石器81点を対象に、(3) を点検した後、色調と石質を観察し (2) で整備した分布データと対比し、チャートの採集河川・採集流域を推定した。

3. 結果

2-(1)(2) の結果、黒色と灰色を除く各大別色のチャートはそれぞれ限られた地点に分布し、石質が○のものについてはさらに分布が限られることがわかった。黒色と灰色のチャートは丹波帯Ⅰ型地層群中に普遍的に存在するが、節理が多く肌理が粗い△・×のものがほとんどである。緑色や赤褐色のチャートは丹波帯Ⅱ型地層群に多く、石質は○・△のものが比較的多いが、分布量については黒色に比べて圧倒的に少ない。白・黄・青・赤紫・複色についてはわずかな地点でのみ分布し、

表1　色調によるチャートの大別分類

大別	土色帖の表示方法と JIS 表記
黒色	黒（N1.5/、N2/）、暗灰（N3/）
灰色	灰（N4/、N5/、N6/）
白色	灰白（N7/、N8/）
	灰白（5YR8/1、7.5YR8/1、10YR8/1、2.5Y8/1、5Y8/1、7.5Y8/1、10Y8/1、2.5GY8/1、5GY8/1）
褐色	色相 7.5YR、10YR の各色（明度 8、彩度1 の灰白を除く）
黄色	色相 2.5YR、5Y の各色（明度 8、彩度1 の灰白を除く）
緑色	色相 7.5Y、10Y、2.5GY、5GY、7.5GY、10GY、5G、10G の各色（明度 8、彩度1 の灰白を除く）
青色	色相 5BG、10BG、5B、5PB の各色
赤紫色	色相 5P、5RP、5R、7.5R（彩度1 の各色）の各色
赤褐色	色相 7.5R（彩度2 以上）、10R、2.5YR、5YR（明度8彩 度1 の灰白を除く）の各色
複色	2 色からなり縞状を呈する

分布量は一地点あたり礫数点と極めて少ない。褐色チャートは今回の踏査では発見できなかった。

2-(3) については、円磨度、二面の自然面（層理面と節理面）がなす稜の鋭さ、層状チャートの粘土質薄層の色調（黒褐～黄褐色）や剥落具合を観察することにより、露頭採集か河川採集かを判別できることがわかった。

2-(4) では、自然面が観察できる資料 23 点を対象に 2-(3) の判別にかけた結果、すべて河川採集であることが判明した。そのため 81 点すべてが河川で採集された礫が由来であると判断した。

81 点のチャート製石器のうち、緑色チャートは 33 点（○ 21 点、△ 11 点、× 1 点）、赤褐色は 25 点（○ 24 点、△ 1 点）、黒色は 11 点（○ 4 点、△ 5 点、× 2 点）、灰色・褐色・黄色・青色は数点ずつ利用されていた。比叡山西南麓の縄文人は、特定の色調の良質チャートを選択的に利用していることがわかる。2-(2) で得た分布データをもとに、遺跡からの距離を勘案して、各大別色チャートの採集地を推定した。例えば、赤褐色チャートの採集地は京都盆地内の桂川本流などと推定された。

4. 方法についての展望

今回の踏査の結果、特定の色調でしかも石器石材として使われるような良質のチャートは、非常に限られた地域だけに分布することが強く実感された。色調と石質の二つに着眼すれば、肉眼観察という簡便な手法で、一定の客観性を保ちつつ採集地を推定する（採集候補地を挙げる）ことが可能であるとの見通しを得た。ただし、この手法はできるだけ多数の地点を踏査することが必須である。本研究で実践したような調査密度で美濃－丹波帯全域を踏査すれば、採集候補地が悉皆的に浮かび上がり、当該地域におけるチャート原産地研究が進展する可能性がある。

【引用文献】

田村隆・国武貞克 2006「下野－北総回廊外縁部の石器石材（第 3 報）―関東山地のチャート・珪質頁岩の産出層について―」『千葉県史研究』第 14 号 pp.128-137

森先一貴 2003「チャート石材の分布と石質について」『栗生間谷遺跡 旧石器・縄紋時代編』（財）大阪府文化財センター pp.191-196

ハンドヘルド蛍光X線分析装置による隠岐・九州地方黒曜岩の原産地推定

Application of Handheld XRF to Provenance Studies of Obsidian from Western Japan

○上峯篤史（京都大学）、朝井琢也（同志社大学大学院）、L ドレイク（Bruker Corporation）、竹原弘展（パレオ・ラボ）

○Atsushi UEMINE (Kyoto Univ.), Takuya ASAI (Grad. Sch. Doshisha Univ.),

L. DRAKE (Bruker Corporation), Hironobu TAKEHARA (Palaeo Labo Co., Ltd)

1. 研究の背景と目的

先史時代の交流を知るうえで、黒曜岩製遺物の原産地推定はもっとも確実かつ豊富な情報を提供する。原産地推定には蛍光X線分析装置（EDXRF）が利用されるが、分析のためには所蔵機関から資料を借用し、デスクトップ型装置（Laboratory EDXRF; LXRF）がある機関に持ちこまなければならない。この貸す側、借りる側にとってのハードルの高さが、原産地推定を停滞させる原因となっている。発表者らは携行が可能な蛍光X線分析装置（Handheld EDXRF; HHXRF）であれば悉皆的な原産地推定が容易にできると考え、日本列島各地の石器石材を対象に原産地推定手順を整えているところである。本発表では隠岐・九州地方の黒曜岩の原産地推定がHHXRFでも可能で、精度の上でもLXRFに大きくは劣らないことを示す。

2. 研究の対象と方法

隠岐・九州地方で黒曜岩を採取して分析用サンプルとした。ただし九州地方南半部など、未調査の原産地がいくつかある。採取した原石を打ち割って新鮮面を露出させ、アルコールとメラミンスポンジで測定面をぬぐった後、蛍光X線分析に供した。

測定にはBruker社製HHXRFのTracer III -SDを用いた。この測定機器にはロジウム・ベースのX線管と、シリコンドリフト検出器（SDD）が装備されている。X線管の電圧は40kV、電流は30 μAとし、大気雰囲気にて、測定時間を180秒に設定して測定した。一次フィルタとして、装置に備え付けの緑フィルタ（150 μm Cu, 25 μmTi, and 300 μm Al）を使用した。比較対象としてLXRFでも同じ黒曜岩を、ややサンプル数をおさえて測定した。測定には株式会社パレオ・ラボ所有のSIIナノテクノロジー社製LXRFのSEA1200VXを使用し、測定時間100秒、X線照射径8mm、電圧50kv、電流1000 μA、試料室内雰囲気は真空とし、一次フィルタにはPb測定用を用いた。

3. 分析の結果と議論

HHXRFによる測定値をもとに作成した判別図が、図1である。黒曜岩の採取場所の選定、黒曜岩原産地の区分方法、用語体系は先行研究（金成ほか2011）を踏襲したが、発表者らは現時点では、星鹿半島系の一部と腰岳系など化学組成が酷似するものであっても、地理的に隣接しない場合は別々の「系」として名称を与えている。こうした事情から、星鹿半島系や古里系の設定について、見かけ上は独自のものなっている。また一つの「系」のなかで複数の化学組成のパターンが見いだせる場合はアルファベットを用いて細分しているが、発表者らが測定したサンプルの中で多いものか

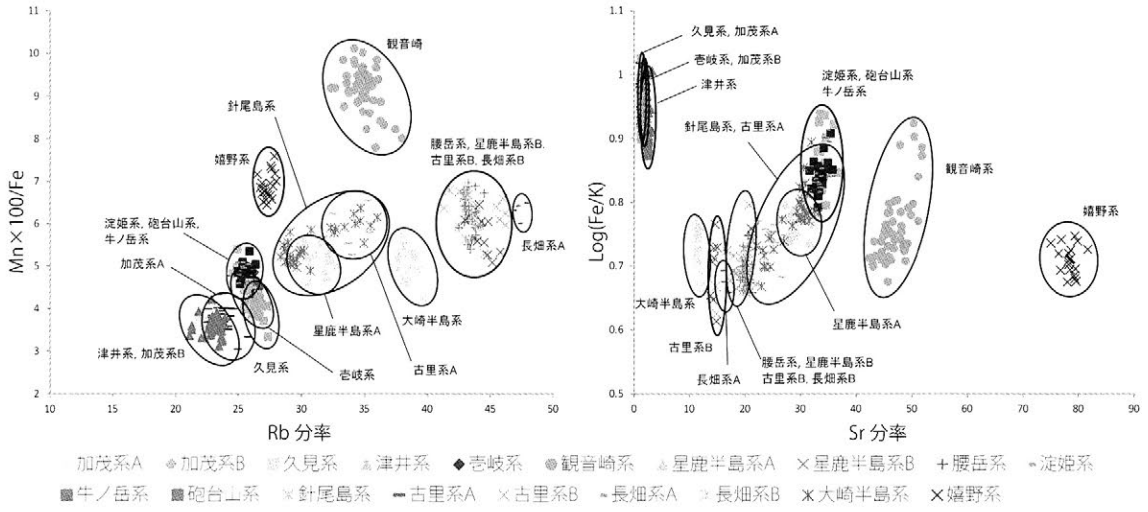


図 1 HHXRF による隠岐・九州地方の黒曜岩原産地推定判別図

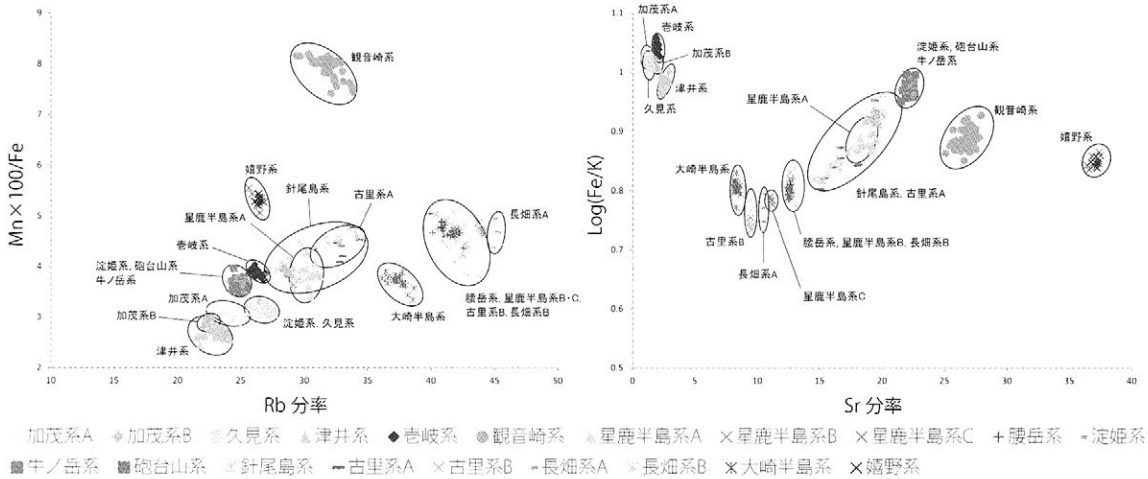


図2 LXRF による隠岐・九州地方の黒曜岩原産地推定判別図

らA、Bとしており、それぞれが金成らの同一名称の「系」と一致するか否かは確認できていない。また姫島の黒曜岩を「観音崎系」と改名したほか、貴船神社（佐世保市長畑町；中島 2000）や砲台山（佐世保市針尾北町；米倉 1990）の黒曜岩も採取・分析して、長畑系や砲台山系を設定した。隠岐地区の黒曜岩は、Rb 分率や Sr 分率の高低にしたがって無理なく細分できる。

HHXRF で得られた判別図は、発表者らが LXRF で作成した図 2 や、金成ら（2011）の図とよく一致する。ただし総じて LXRF のほうが値のまとまりがよく、系相互の重なりも少ないため、判別図上での原産地推定が容易である。HHXRF は LXRF と同程度の系を認識できるが、原産地密集地域での細かな原産地推定については困難な場合があると結論づけられる。

引用文献

金成太郎・長井雅史・柴田 徹・長岡信治・杉原重夫 2011「隠岐・九州地方産黒曜石の記載岩石学的・岩石化学的検討－黒曜石製遺物の原産地推定法に関する基礎的研究－」『資源環境と人類』4、pp.3-40。

中島眞澄 2000「宮貴船神社周辺の黒曜石原産地」『談林』33、pp.54-62。

米倉浩司 1990「佐世保市針尾島の黒曜石・サヌカイト原産地と旧石器遺跡」『旧石器考古学』41、pp.55-72。

金山産サヌカイトの化学組成の多様性は地質学的に説明できるか？
Can Geological Environment of Kanayama-Sanukite Resource Explain Diversity in Chemical Composition?

○上峯篤史（京都大学）、朝井琢也（同志社大学大学院）、渡邊貴亮（関西大学大学院）、竹原弘展（パレオ・ラボ）

○Atsushi UEMINE (Kyoto Univ.), Takuya ASAI (Grad. Sch. Doshisha Univ.),

Takaaki WATANABE (Grad. SCH. Kansai Univ.), Hironobu TAKEHARA (Paleo Labo Co., Ltd)

1. 研究の背景と目的

蛍光X線分析にもとづく先駆的認識（藁科ほか 1977）をきっかけに、香川県坂出市金山に産するサヌカイトが縄文・弥生時代に石器石材として広域流通したことが明らかになっている。消費地と原産地の研究は石材原産地推定が連結するが、金山産サヌカイトは研究初期から、化学組成において「金山東群」と「金山西群」に区分されている（藁科 1977）。一方、遺跡出土例の考古学的研究からは、サヌカイトの原礫面や石質が一様ではないことが知られ、金山の開発・利用状況を知る術として注目されている（竹広 2003 など）。サヌカイトはマグマが固化したものなので、化学組成の違いはマグマ生成時の起源物質や物理条件、周辺物質との相互作用など、火山地質の違いに帰結すると考えられる。金山産サヌカイトの研究では、場所—火山地質—化学組成—考古学的特徴の対応関係が不明瞭で、それが金山の開発史の解明を難しくしている。本発表では、これまで未徹底であった火山地質と化学組成との関係、化学組成と考古学的特徴との関係を明らかにする。

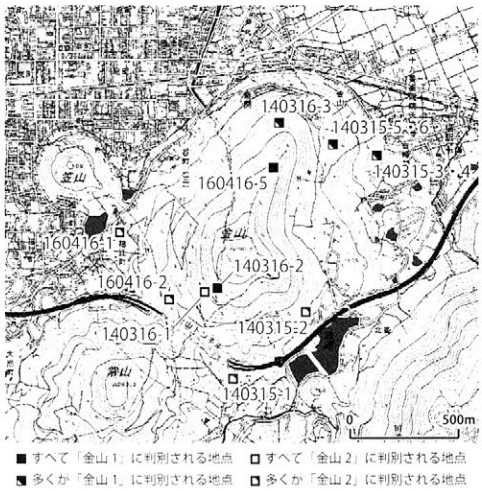


図1 調査地点の位置と蛍光X線分析の結果

2. 研究の対象と方法

火山地質が記載できる露頭や考古学上重要な散布地にて、サヌカイト原石を採取した（図1）。これを打ち割って新鮮面を露出させ、アルコールとメラミンスポンジで測定面をぬぐった後、蛍光X線分析に供した。分析には、株式会社パレオ・ラボが所有するSIIナノテクノロジー株式会社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置SEA1200VXを使用し、測定時間100sec、X線照射径8mm、電圧50kv、電流1000 μA、試料室内雰囲気は真空に設定、一次フィルタにはPb測定用を用いた。蛍光X線分析用サンプルの作成と並行し、原礫面の特徴と石質（流理の発達と粘性）を記載した。

3. 測定と観察の結果

原位置性が高いと判断される状態で回収できた140316-2地点（4地点；藁科 2010）、140316-1地点（5地点；藁科 2010）のサヌカイトは、既報の判別図（竹原 2012）ではそれぞれ「金山1」、「金

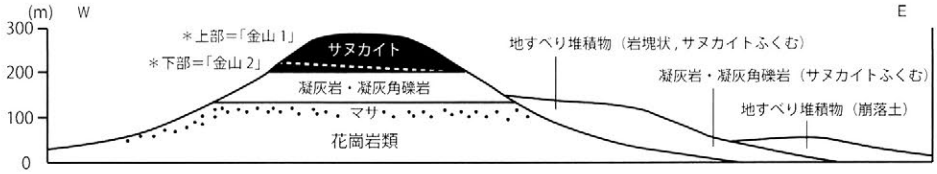


図2　金山の地質環境とサヌカイト層の細分模式図　＊（長谷川ほか 2002）の図に発表者らの研究成果を加筆

山 2」に判別される。定量値やサンプル採取場所からすれば、「金山 1」が藁科の「金山東群」、「金山 2」が「金山西群」に対応すると考えられる。金山北麓や北東麓の 140316-3 地点、140315-5・6 地点、140315-3・4 地点では、「金山 2」にふくまれるものがあるが、「金山 1」が多い。南西麓や南東麓の 140315-1 地点（P22; 長井 2004）、140315-2 地点（P3; 同）、160416-2（P16; 同）、160416-1 地点（P17; 同）では、若干数の「金山 1」をまじえながらも量的主体は「金山 2」にある。「金山 1」に判別されるサヌカイトは朽木状や溝状の原礫面を呈し、石理の発達が著しい。一方「金山 2」に判別されるサヌカイトは原礫面が海綿状のクレーターに覆われ、石理の発達は顕著ではない。

4. 結論

「金山 1」を産した 140316-2 地点、「金山 2」を産した 140316-1 地点はそれぞれ標高約 230m、200m の場所にあり、両者を連続して観察できる露頭は見いだせなかったものの、その層序関係は明白である。金山のメサ頂部を構成するサヌカイト層は、下部が「金山 2」、上部が「金山 1」からなると見られる（図 2）。長井（2004）が記載した地質の南北差は長谷川修一ら（2002）の認識を裏づけており、北麓や北東麓のサヌカイト集塊は地すべり堆積物に由来すると考えられる。南西麓や南東麓の調査地点でも同様にサヌカイトが再堆積しており、規模は小さいにせよ土砂の流出とともにサヌカイトが移動したことがうかがえる。北麓、北東麓と南西麓、南東麓でふくまれるサヌカイトが異なるのは、「金山 2」を産する下部サヌカイト層が金山北半部には発達していないからではないかと予想される。火山地質と原礫面や石質の特徴については長井謙治（2004）の記載と齟齬はなく、金山各地点における化学組成の多様性、類似性（藁科 2010）とも矛盾しない。朽木状あるいは溝状の原礫面で、石理が顕著なサヌカイトは上部サヌカイト層に、海綿状のクレーターが不規則に見られ、原礫面の溝や石理が未発達なサヌカイトは下部サヌカイト層に由来すると考えられる。

引用文献

竹原弘展　2012「判別図法によるサヌカイトの産地推定について」『日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集』、pp. 238-239。

竹広文明　2003『サヌカイトと先史社会』淡水社

長谷川修一・田村栄治　2002『瀬戸内の石の文化』日本応用地質学会中四国支部・日本応用地質学会。

長井謙治　2004「金山の地質環境―石材資源に関わる基礎研究―」『香川考古 9』、pp. 1-17。

藁科哲男・東村武信・鎌木義昌　1977「蛍光 X 線分析法によるサヌカイト石器の原産地推定」『考古学と自然科学』10、pp. 53-81。

藁科哲男　2010「金山遺物散布地点におけるサヌカイト原石の産地分析と産地組み合わせ法による原石伝播源の推測法研究」『香川県金山産サヌカイト製石器の広域流通システムの復元と先史経済の特質の検討』、pp. 31-50。

小豆島・大坂城石垣石切丁場跡残石の帯磁率調査と京阪神域石造文化財の産地推定

Magnetic susceptibility survey of the cultural properties in Shodo island and Kansai historical area.

○津村宏臣（同志社大学文化情報学部/文化遺産情報科学研究センター）、
岸田徹（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）辰己拓郎（同志社大学文化情報学部）
○Hiroomi TSUMURA, Toru KISHIDA, Takurou TATSUMI (Doshisha University)

1. はじめに

文化財石造建造物の調査の一般的な方法は、形状の記録などを除けば多くの場合が破壊調査であり、特に対象の技法や材料に関する研究は、物件の一部を破壊して試料を取得、石材産状の同定のための岩石学/鉱物学的なアプローチへと進む。しかし、本研究で対象とする“大坂城石垣”のような指定物件については、その材料に関する破壊調査は実施できず、これまで非破壊的手法（文献史）による推定がなされているのが現状である。本研究では、これまでの大坂城大名石普請の議論で、概括して「小豆島から運ばれている」と指摘される石材材料について、特に産状（丁場）により差異が認められるかどうかを実験的に実施することとした。

2. 帯磁率と文化財調査

ある物質に外部磁場（H）を加えた際、その物質が帯びる磁化強度をMとした時、M=χHの関係が定義されており、この時の比例定数χを帯磁率（または磁化率）という。岩石の帯磁率の値は、岩石中に含まれる磁性鉱物の量および種類・粒径に依存する。火成岩の場合、現実に帯磁率の値に影響を与えるのは一般に磁鉄鉱を主体とする強磁性鉱物の量である（先山 2005）。近年では、計測装置の小型化が進んでおり、また野外でも簡便に測定できることから、地質学のみならず石製文化財の産地推定の指標の一つとして考古学・歴史学分野でも利用されている（今岡ほか 2001、長 2015 など）。

3. 対象

香川県小豆島郡小豆島町及び土庄町内に所在する、大坂城石垣に使用された石材を切り出したとされる石切丁場において、矢穴の存在する石材を対象に帯磁率の測定を実施した。測定を実施した丁場は、①八人石丁場、②天狗岩丁場、③豆腐石丁場（小豆島町岩ケ谷地区）、④大山津見神社裏、⑤西谷丁場、⑥東谷丁場（小豆島町福田地区）、⑦小瀬原丁場（土庄町）の

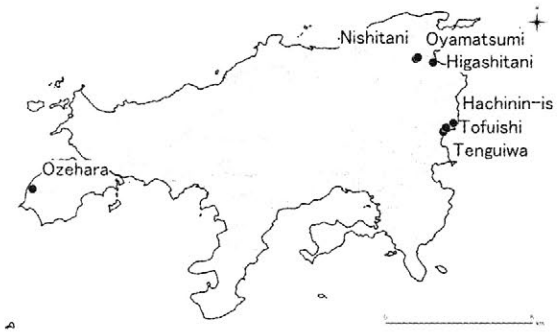


Fig.1 小豆島大坂城石垣石切丁場

計7か所である（Fig.1）。

帯磁率の測定は、ZH instruments 製の SM-30 携帯型帯磁率計を用いた。実際の測定は、測定面の観察により、コケ類などの被覆や風化の著しい個所を除いた凹凸の少ない地点を選定し、帯磁率計を石材表面（一石について15箇所以上測定）にあてて測定した。測定時間は使用するモードにより多少異なるが、概ね1点5秒以内で完了する。これら計測値の基本統計量が Table.1 である。

Table.1 各丁場計測値基本統計量

	①八人石	②天狗岩	③豆腐岩	④大山津見	⑤西谷	⑥東谷丁場	⑦小瀬原
平均	0.1198	0.1526	0.1399	0.1151	**0.2785**	**0.2675**	0.0865
中央値	0.1225	0.154	0.139	0.111	0.271	0.137	0.0838
標準偏差	0.0372	0.052	0.0517	0.0452	**0.111**	**0.2825**	0.0521
分散	0.0014	0.0027	0.0027	0.002	**0.0123**	**0.0858**	0.0027
最小	0.0158	0.0249	0.0448	0.0267	0.121	-0.075	-0.06
最大	0.186	0.258	0.249	0.181	**0.548**	1.06	0.191
標本数	100	87	53	19	15	75	63
測定個数	5	5	3	1	1	4	3

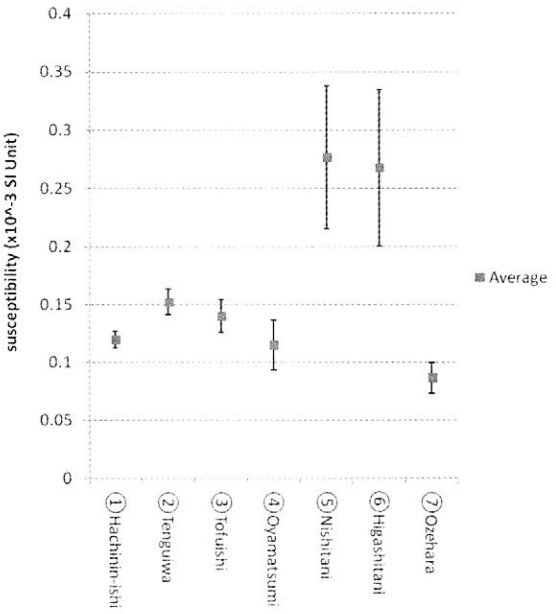


Fig.2 各丁場帯磁率平均と信頼区間（95%）

4. 結果

石切丁場で計測された帯磁率の値（×10-3 SI Unit）のヒストグラムを示す（ポスター）。各丁場により計測数が異なっているため、縦軸は値の個数ではなく割合を示している。この図から、福田地区に存在する⑤西谷、⑥東谷丁場については計測値のばらつきが大きいが、その他の丁場については、比較的まとまった値を示していることがわかる。

また、Fig.2には、各丁場で計測された帯磁率値の平均値をプロットし、95%信頼区間を上下のエラーバーで示している。この図から、福田地区に存在する⑤西谷、⑥東谷丁場の2丁場の石材については、他の石切丁場とは大きく異なる帯磁率を示している。しかし、大山津見神社の石材については、前述の2か所とは異なり、岩ヶ谷地区の丁場に近い値を示している。岩ヶ谷地区の①②③の石切丁場と土庄町の⑦小瀬原丁場については、小瀬原丁場の方がやや低い値を示しており、僅かながら差異が認められる。

5. まとめ

大坂城再建に関する大名石普請については、それぞれの大名が瀬戸内岩沿岸域の各産状を石切丁場として開発し、各地から大坂に向け石材が搬出されたことを文献史が明らかにしてきた。本研究では、帯磁率を用いた非破壊調査によって、小豆島島内の狭い範囲の石切丁場跡群について、複数の帯磁率の傾向があることが看取できた。半定量的なデータであるが、同様の調査を大坂城石垣で実施することにより、ある信頼性を持った定量値相互の比較から点と点を線でつなぐ研究へと深化していくことが予想される。

出土木製品保存処理の省コスト化・省エネルギー化に向けた研究（その３）
－トレハロース含浸処理法における含浸手法の検討－

Study of saving cost and energy of the waterlogged wood conservation treatment (3)
- Study of impregnation processing technique for Trehalose method -

○伊藤幸司（公益財団法人大阪市博物館協会　大阪文化財研究所）、藤田浩明（同左）、今津節生（奈良大学）
○Kouji Ito, Hiroaki Fujita(Osaka City Cultural Properties Association), Setsuo Imazu (Nara University)

１．はじめに

我々は出土木製品の保存処理方法としてトレハロース含浸法を実用化し、その有効性と新たな可能性について研究を推し進めてきた。これまで布や土付きの編み物など、資料をできるだけ浸漬せずに含浸を終える方法を検討し、成果をあげてきた。近年、日本においても沈没船など海底遺跡出土大型木製品の発見が相次ぎ、それらの保存処理について、より有効な方法を考える必要に迫られている。

当研究は、大型木製品の処理を念頭におき、浸漬槽を用いることなく、溶液を滴下する含浸処理手法を実験的におこない、その可能性について検討した。

２．噴霧法による布の保存処理

対　　象：大阪市内遺跡出土布製品（近世）（写真１）

保存処理方針：対象資料の状態を鑑みて、トレハロース水溶液に浸漬せず、短時間で、含浸後、資料表面に結晶を析出させない方法を検討し、以下の工程で処理をおこなった。

含浸処理工程：①トレハロース水溶液25%程度を霧吹などを用いて段階的に浸みこませた。
②資料中のトレハ溶液が少しでも高濃度になるように、ドライヤーなどを用いて、温風をあてた。
③その後、室温下で扇風機などを用いて風をあて、結晶化を図った。
④表面処理を行うことなく、保存処理終了。

写真１　出土布製品（左：処理前　右：処理後）

3．滴下法・浸漬法比較実験

これまでの出土木製品保存処理は、浸漬槽中で長い時間をかけて加熱含浸するのが常であった。しかし長さ10mを超えるような沈没船などの場合、設備が大きな問題となる。そこで、これまで行なってきた噴霧法の成果を基に、試料にトレハ溶液を点滴して含浸させる「滴下法」を考案し写真2のような実験装置を作製、以下の条件で浸漬と滴下の比較実験を行った。

（条件）　試　料：針葉樹（スギ）・広葉樹（ケヤキ）　4×5×1.5cm（木口取り）

条　件：浸漬液･滴下液　濃度40%　液温40℃　滴下試料静置面温度　40℃

試料設置空間温度　実験①約30℃　実験②約40℃

滴下量　1分間で約30ml

重量測定：各試料の重量を朝、夕2回測定。測定時はペーパータオルで表面の液を吸い取る。

（結果）

図1に実験①の実験開始から8日目までの重量変化率を示す。浸漬したものよりも滴下したものの方が、わずかではあるが重量増加率が高い。試料設置空間温度を高くして同様に行った実験②でも、滴下のほうが増加率が高い。

4．まとめ

今回の実験は、その可能性を検討する為の予備実験である。結果が良好であった事から、今後は大きさや木取り、樹種など様々な条件の試料を用いて、さらに有効性を検討する。この含浸手法が実作業に於いて効果的であるのならば、大型木製品を想定した含浸処理手法として、省コスト・省エネルギー化に大きく寄与するであろう。

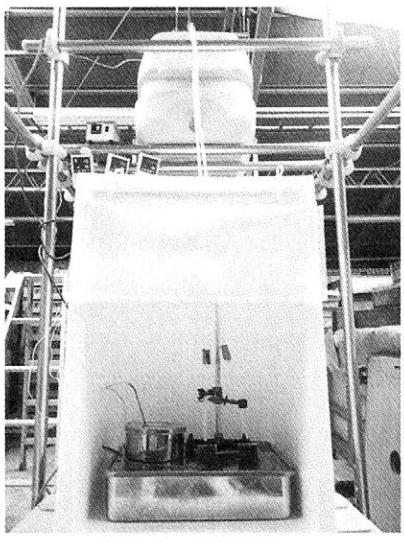


写真2　実験装置

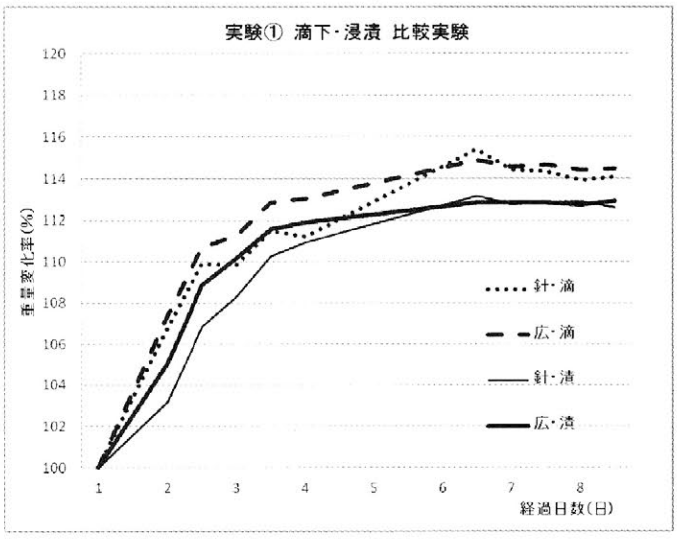


図1：重量変化率

＊本発表は科学研究費助成事業（研究代表者：伊藤幸司　基盤研究B　課題番号：15H02952「トレハロース法による海底遺跡出土文化財の保存処理研究 - 自然エネルギー利用に向けて」）の研究成果の一部を含んでいる。

虎塚古墳の破片を用いた赤色顔料の分析調査

Analysis of Red Pigment by Fragments of Toratsuka Tomb

◯李　素妍（鳥取大学）、稲田健一（ひたちなか市埋蔵文化財調査センター）
◯Soyeon LEE (Tottori university), Kenichi INADA (Hitachinakashi center for archaeological operations)

1. はじめに

茨城県ひたちなか市にある虎塚古墳周辺の土壌を用いてパイプ状ベンガラの製造方法に関する研究成果を報告（李ら、2015）したが、その古墳壁画の赤色顔料に対するパイプ状ベンガラの使用は明らかにされていない。古墳周辺の鷹ノ巣遺跡では土器の中にパイプ状ベンガラが出土している（財団法人ひたちなか市文化・スポーツ振興公社、2008）。虎塚古墳やその周辺遺跡にベンガラの原料産地が存在していると推定されるが、ベンガラの製造方法に関する情報は不十分である。本研究では虎塚古墳の赤色顔料の観察および分析して製作したパイプ状ベンガラとの関係を調査した。

2. 実験方法

虎塚古墳の壁画から落下した破片を資料に選定してそれを観察するために、デジタルマイクロスコープ（キーエンス、VH8000）、複合機能付電界放出型走査電子顕微鏡　(SEM;HITACHI S-4800)を用いて結晶形状を確認した。管電圧:20kV、WD:11.1mmの条件で観察した。X線回折装置（XRD;Rigaku RINT-TTR、Target：Cu）を用いて、粉末法により結晶構造を同定した。管電圧：50 kV、管電流：300 mA、測定範囲：5～60 °　(2θ)、測定速度：1 ° / 1 minの条件で測定した。

3. 結果と考察

資料は肉眼観察によって赤色の有無を把握して顕微鏡観察で資料表面に赤色のほかに白色、黄色および褐色物質を観察した。赤色物質は白色物質の上に付着していて資料の全体に観察された。SEM観察では無定形結晶および棒状結晶がみられているが、パイプ状結晶は確認できなかった（Fig.1）。XRD結果によると、Kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)、Quartz (SiO_2)を検出した。Kaoliniteは白土のケイ酸塩鉱物でこれは顕微鏡観察で確認した白色物質であり、Quartzは土壌成分の由来であると考えられる。ベンガラは自然界では赤鉄鉱として存在し、鉱物名はヘマタイトと呼ばれているα-Fe_2O_3である。しかし、広い意味でのベンガラは酸化鉄系無機顔料の総称であり、さまざまな色の化合物が属している。赤色のα-Fe_2O_3以外に、褐色のγ-Fe_2O_3（鉱物名：マグヘマイト）、黒色のFe_3O_4（同:マグネタイト）、黄茶色のα-FeOOHなどがある（高田　潤、2005）。ベンガラは製法によって黄から赤ないし黒の色を示すが、通常は赤色ないし黄色である（日本化

学会編、2005)。また、虎塚古墳周辺の土壌を焼成して制作したパイプ状ベンガラではHematite(α-Fe_2O_3)を検出した(李ら、2015)。虎塚古墳の発掘調査報告書によると、壁画顔料にHematiteを検出しているが(茨城県ひたちなか市教育委員会文化課、2005)、本研究の資料では酸化鉄が検出されていない。顔料の色彩は肉眼観察で確認できるが、XRD分析によって結晶構造は把握できない可能性が考えられる。本研究では元素分析を実施しないため資料中の鉄元素含有に関する情報は不明であるが、元素分析による検討が必要である。また、虎塚古墳周辺の黄土を用いた実験結果によると、800℃および1100℃の焼成のみでHematiteを検出している(李ら、2015)。本研究の資料ではHematiteの確認ができなかったが、発掘調査報告書の分析結果を考慮すると虎塚古墳の赤色顔料は800℃以上で焼成していたと推定される。

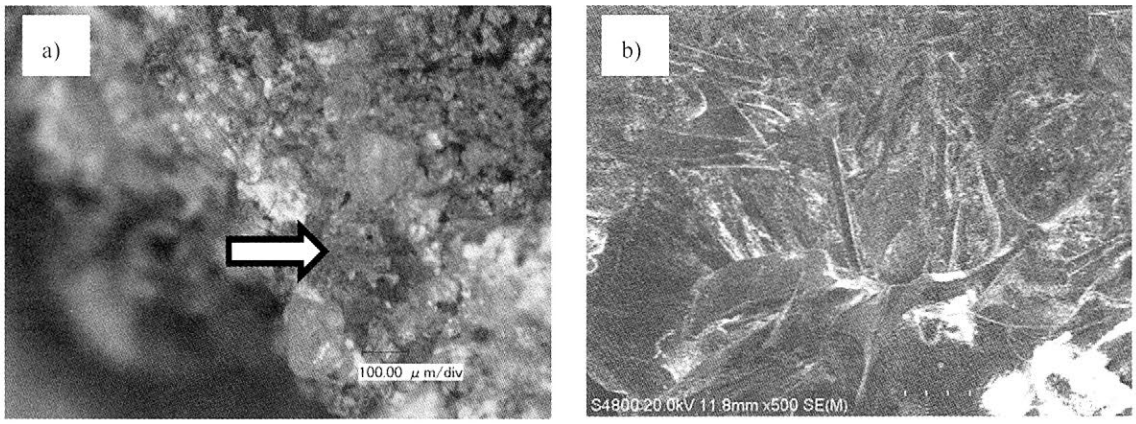


Fig. 1　a) 虎塚古墳の破片の顕微鏡画像(矢印：赤色顔料)
b) 虎塚古墳の走査型電子顕微鏡の画像

4. まとめ

本研究の赤色顔料の観察でパイプ状の結晶形状の確認ができなく、赤色顔料の結晶同定が不明であったので分析方法の改善を必要とする。しかし、虎塚古墳壁画の破片資料をもちいて顔料が塗られている情報を取得し、一部の顔料に関する結晶構造が把握できた。

引用文献

李素妍、松井敏也、吉川英樹、奥山誠義、伊勢孝太郎、畠中沙綾(2015)「パイプ状ベンガラの生成方法に関する研究」『文化財保存修復学会第37回大会研究発表要旨集』. 328-329pp.

財団法人ひたちなか市文化・スポーツ振興公社(2008)「鷹ノ巣」『財団法人ひたちなか市文化・スポーツ振興公社文化財調査報告第37集』. 1-104pp.

高田　潤、浅岡裕史(2005)「伝統顔料の赤に挑む」『現代化学』. 25p.

日本化学会編(2005)『第2版標準化学用語辞典』. 丸善株式会社、270p.

茨城県ひたちなか市教育委員会文化課(2005)『史跡虎塚古墳-発掘調査の概要』. 大富印刷株式会社、15p.

本研究はJSPS科研費26560146の助成を受けたものです。

熊本県玉名市内の装飾古墳保護施設と石室内温度状況

The protection facility of the decorated Tombs and temperature regime in the stone chamber in Tamana city, kumamoto prefecture

○末永　崇、田中康雄（玉名市教育委員会）

1．はじめに　熊本県北部の菊池川下流域に位置する玉名市内には、古墳時代後期に築造された横穴式石室を有する国指定史跡の装飾古墳が３基所在する。いずれも過去に保存整備工事を実施しており、温湿度測定などのモニタリングを続けながら管理を行っている。装飾古墳保護施設内の温度状況については、これまで石室見学時の温度状況の考察などの先行研究があり、大坊古墳などの温度データは一部公表されている（池田ほか 2014）。今回の検討では、玉名市内の３古墳の状況を整理し、それぞれの１年を通した温度測定結果と保護施設の構造を示した上で、その温度変化の特徴を検討する。

2．古墳の状況　大坊古墳は、全長約 40m の前方後円墳で、横穴式石室内部の石屋形奥壁などに赤、黒、灰色で三角文や円文が彩色される装飾古墳である。早くから開口しており、盛土の一部を失い横穴式石室の入口が露出した状態であった。1978（昭和 53）年に玉名市で整備を行い、鉄筋コンクリート造の保護施設を設置して保存を図っている。見学室などには発泡ウレタンや密閉式の金属扉などを使用し、断熱性は３古墳の中で最も高いと判断される。永安寺東古墳と永安寺西古墳は、大坊古墳から 600m ほど離れた地点に並んで所在し、２古墳とも円墳で主体部は複室の横穴式石室である。永安寺東古墳は前室部に円文、三角文が赤で彩色されている。永安寺西古墳は、奥室の壁面に円形の線刻があり、彩色は失われているものの、本来は彩色されていたと考えられている。平成 13 年から 16 年にかけて保存整備工事を行い、永安寺東古墳が大坊古墳と同様、前室部に鉄筋コンクリート造の保護施設を設置した。見学室への入口扉は２ヶ所あり、いずれもガラリ戸を採用して空気が自然循環する。永安寺西古墳は、奥室上のみ墳丘が残存しており、立地などの条件で鉄筋コンクリート造の建造物の設置が難しかったことから、石室及び墳丘全体を覆う鉄骨造のドーム型覆屋を設置して保護を図っている。ドームの屋根部分の断面構造は、20 ㎝厚の硬質発泡スチロールパネルで、表面は５～ 10 ㎝厚のモルタル吹き付け工法で仕上げられている。前室正面に相当する部分に風除室を設け、前室へ直接入って見学する構造である。３古墳とも防水処置はしておらず、雨水が石室内に自然浸透する。大坊古墳と永安寺東古墳の墳丘表面は芝張で定期的に除草作業している。３古墳とも、装飾や石室などの状況を目視による確認を基本としながら経過観察を続けており、現状で装飾が大きく劣化することはなく、比較的良好に保存されていると判断している。また大坊古墳と永安寺東古墳年は年に２回程度、定期的に石室内部を一般に公開しており、これ以外にも見学希望者には可能な限り応じている。

3．測定・記録方法　温度の測定は、大坊古墳が山武（現アズビル）の測定機器を導入し、石室内部、見学室、保護施設入口の３ヶ所で温度を測定、チャート紙に記録する方式である。外気温と永安寺西、東古墳石室内の温度は、石室内センサーで測定したデータをロガーに集約して記録し、CF カードでパソコンに取り込み表計算ソフトで管理している。グラフでは、永安寺東、西古墳は通年で最もデータが採れている 2009 年の温度を示した。外気温は、永安寺東古墳墳丘のすぐ西側に観測点を置いた。外気温と永安寺東、西古墳の石室は、１時間ごとに測定したデータがあり、これを１日の最高温度、最低温度を記録し、１年分のグラフにまとめた。石室内の１日の気温幅は永安寺東と西が 0.2℃前後、でほぼ一定とみなすことができる。大坊古墳の 2009 年では通年データが採れていなかったため、参考で 2010 年のデータを示した。

4．石室内温度状　図１の状況から、大坊古墳、永安寺東古墳、永安寺西古墳の順に温度の変化幅がある。大坊古墳のみ年が異なるので厳密な比較対象にはならないものの、傾向としては同様とみなされる。構造上でも判断されるとおり、大坊古墳が最も気密性を有し、温度変化が少なくなるような設計である。永安

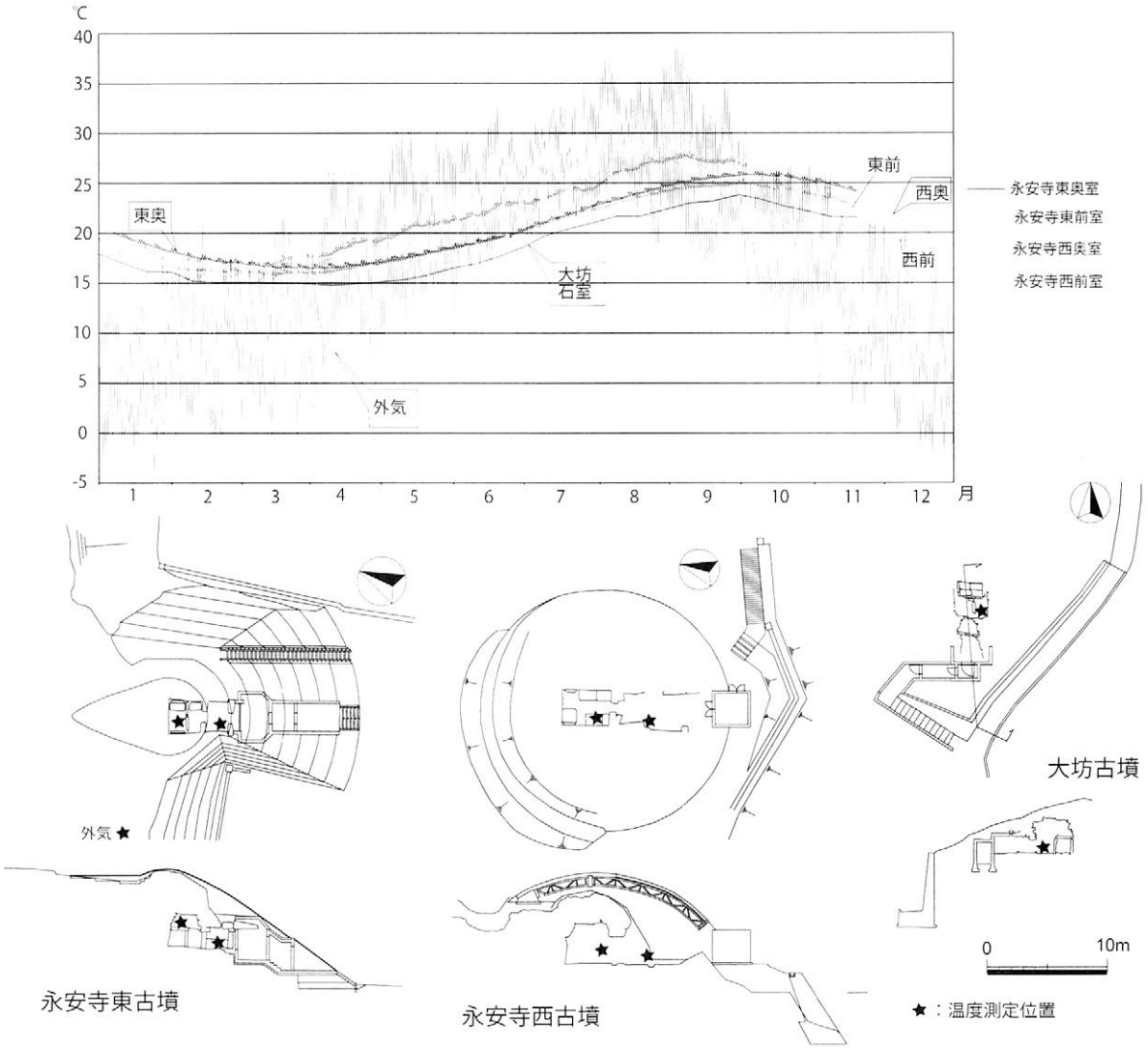
古墳名	古墳内容	整備時期	保存施設	墳丘厚（奥壁上）	石室規模（m）		石室内温度（℃）上段：最高 下段：最低			
					全長	奥室長	奥室幅	奥室高	前室	奥室
大坊古墳	6c 前半、前方後円墳、横穴式石室	昭和 52～54	RC 造、見学室、風除室	1.2m	6.5	2.8	2.7	2.9	–	23.8 14.8
永安寺東古墳	6c 後半、円墳、横穴式石室	平成 15	RC 造、見学室、風除室	2.7m	4.2	2.0	2.1	2.0	24.9 16.0	25.8 16.5
永安寺西古墳	6c 後半～7c、円墳、横穴式石室	平成 16	鉄骨造ドーム型保護施設、風除室	2.3m	11.5	3.7	2.8	3.2	27.8 15.5	27.6 16.9

寺西古墳は、前室がもっとも気温変化幅がある。墳丘がなく、最も外気の変化を受けやすい部分である。奥室部分は墳丘が残っているものの、温度変化傾向は前室に追従する。外気温と比較した石室内温度の最高、最低温度の時期は、永安寺西古墳は、夏場の高温期で約半月ほど、冬場の低温期で約２月ほど遅れてピークとなる。大坊古墳と永安寺東古墳は、夏場の高温期と冬場の低温期いずれも約２月ほど遅れる。これらのことから、永安寺西古墳の石室内温度が外気と連動しやすいことがいえる。また、永安寺東古墳の奥室直上の墳丘厚は、大坊古墳より永安寺東古墳が厚いが、永安寺東古墳の石室横の墳丘が削られて薄くなっており、ここからも外気の影響を受ける要因の一つと考えられる。

５．まとめ　玉名市内に所在する整備後の古墳石室内の温度状況を検討し、保存施設の構造と温度データの提示によって、保存施設個々の特性を示すことができた。装飾古墳保護施設の形態は多様であり、適切な保存環境を維持するためには個別に検討すべきことが多い。石室内の温度をどの程度に保てば適切かなどまだ判明しているわけではないため、今後もを続けてゆく。また、どのような保存施設を整備すると、どの程度の温度状態になるか、整備前の想定は非常に困難である。このため今回検討したデータを新たな装飾古墳の整備手法の参考としたい。

追記：本稿を作成中に、熊本を中心とした地震が発生し、永安寺東・西古墳も少なからず被害を受けた。直後に本会の事務局から安否や被害状況確認の連絡を頂き、ご配慮に感謝申し上げたい。今後古墳の修復に向けて検討が必要であり、今回のデータを方法検討する上で活かしていきたいと考えている。

参考文献　2013 坂口圭太郎ほか「空調施設のない保存施設を有する装飾古墳の公開方法について」日本文化財科学会第 30 回大会
2014 池田朋生ほか「装飾古墳博物館資料化の研究 -熊本県内装飾古墳保存施設の環境調査-」熊本県立装飾古墳館研究紀要第 10 集
2015 末永崇ほか「装飾古墳保護施設内の温度推移にみる環境変化について～国史跡大坊古墳（熊本県玉名市）の事例～」文化財保存修復学会第 37 回大会　1979『史跡大坊古墳保存工事報告書　玉名市教育委員会　2006　史跡 永安寺東古墳・永安寺西古墳保存整備事業報告書　玉名市教育委員会



人工劣化による疑似出土木材の調製 1

Preparation of quasi buried wood by artificial degradation I.

○山口繁生（公益財団法人 元興寺文化財研究所）
○Shigeo Yamaguchi (Gangoji Institute for Research of Cultural Property)

1. はじめに

現生材を人工的に劣化させ出土木材と同様の化学組成を再現した擬似出土木材の調製方法の開発を試みた。出土木製遺物の樹種や木取り、劣化状態は多岐にわたるため、保存対象にとって適正な保存処理方法を選択することが困難な場合がある。しかし、保存対象の劣化状態を模した擬似出土木材を調製することができれば、適正な保存処理を行うことが可能となる。さらには、疑似出土木材は今後の新規保存処理方法の開発においても、優れた試験体となると考えられる。よって、疑似出土木材調製方法の開発は、今後の出土木製遺物の保存処理の発展に大きく寄与することが期待される。

出土木材がそれまでに受けた可能性のある劣化は、多岐にわたり複雑である。しかしこれまでの研究より、出土木材の化学組成はセルロース・ヘミセルロースの量が大きく減少しているのに対しリグニンの減少量は少ないことが報告されている[1]。木材細胞壁中の特定の成分を減少させる方法として、木材腐朽菌が産生する分解酵素を選択的に作用させる方法が考えられる。しかし、健全な木材細胞壁における微小孔は酵素の大きさより小さく、分解酵素は侵入できない。このため、健全な木材を酵素溶液へそのまま浸漬しても分解はほとんど起きない[2,3]。一方、木材腐朽菌の腐朽メカニズムの研究においては、フェントン反応により木材細胞壁を多孔性へと変質させることによって分解酵素を内部へ侵入させているという機構が提唱されている[3]。そこで本発表では、フェントン試薬とセルロース分解酵素（セルラーゼ）を併用し、針葉樹の人工劣化を試みた結果について報告する。

2. 試料と実験方法

2.1 試料調製

ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）およびスギ（*Cryptomeria japonica*）の心材より 20 × 20 × 10 mm^3（接線方向 × 半径方向 × 軸方向）の大きさの直方体を切り出し、試験片とした。

2.2 実験方法

2.2.1 フェントン処理

50mM 酢酸緩衝液（pH4.2）に硫酸鉄七水和物を溶かし 0.9mM になるよう調製した溶液中に試験片を浸漬し、減圧含浸を行った。次に、50mM 酢酸緩衝液（pH4.2）に過酸化水素、硫酸鉄七水和物が各々 6%(w/v)、0.9mM になるよう調製したフェントン試液に試験片を浸漬し、50°C にて 24 時間または 48 時間処理を行った。48 時間処理を行った際は 24 時間で試液の交換を行った。処理後は流水及び減圧により洗浄を行った。フェントン処理による劣化は処理前後の水中重量により評価を行った。

2.2.2 酵素処理

試験片を50mM酢酸緩衝液(pH4.8)の溶液中に浸漬し、減圧含浸をおこなった。次に、セルラーゼ溶液に浸漬し50°Cにて振盪を行った。セルラーゼ溶液は *Trichoderma viride*, *Acremonium cellulolyticus* の2種類の菌由来のセルラーゼを50mM酢酸緩衝液(pH4.8)に溶かして調製した。また、酵素処理による劣化は、分解により生じた糖の濃度をフェノール硫酸法により測定して評価した。

3. 結果および考察

3.1 フェントン処理

実験結果を表1に示す。この結果より、水中重量の減少は反応時間に比例せず、その劣化度合いをコントロールするにはより多くのデータの蓄積が必要であることが確認された。

表1. フェントン処理による水中重量の減少率(n=18)

	24h	48h
ヒノキ	4.38±0.89%	6.44±1.01%
スギ	7.74±1.29%	13.85±1.63%

3.2 酵素処理

酵素処理を行った際に生じた分解物濃度の変化を、反応時間で比較した結果を図1に、処理濃度での比較した結果を図2に示す。実験結果より、フェントン処理を行った現生材に対する酵素活性が確認された。また、酵素処理は反応時間24-48時間程度で繰り返し行うのが効率よく、極端に高濃度の酵素溶液は適さないことが明らかとなった。

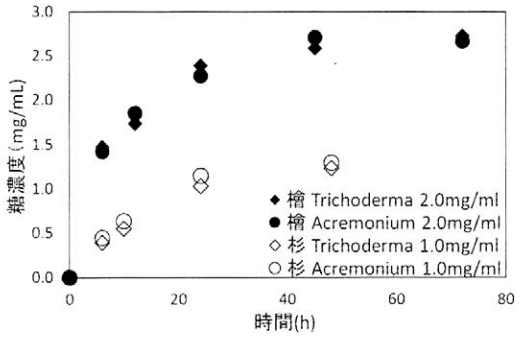


図1. 糖濃度の時間変化

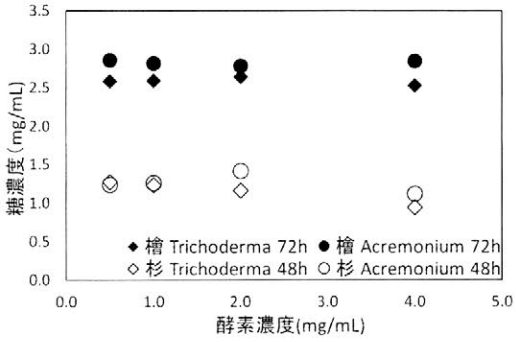


図2. 酵素濃度による比較

4. まとめ

フェントン処理を施すことにより、酵素溶液への浸漬によって現生材を劣化させられることが明らかとなった。今後は、より効率的な分解酵素による劣化条件のスクリーニングを行うとともに、人工劣化により試験片中でどのような変化が生じているかを詳細に調べ、実際の出土木材で生じている劣化と比較検討していく。また、今回の処理方法が広葉樹に対して適用可能かどうかの検討を行っていく。

＜謝辞＞ 本研究はJSPS科研費15H06920の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。
奈良県森林技術センターより試料をご提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

＜参考文献＞ 1) 出土木材の劣化過程, 酒井温子, 木材学会誌, **37**, 363-369, (1991)
2) 木質系糖鎖のバイオマス変換, 渡辺隆司, 木材研究・資料, **28**, 11-32, (1992)
3) 褐色腐朽菌への再訪, 金潤受, 木材保存 **33-2**, 48-57, (2007)

特別史跡平城宮跡朱雀門の塗装劣化の特徴について

The feature of degradation painting of the Suzakumon Gate of the Nara Palace Site, a Special Historic Site designated by the Japanese Government

○長崎紀子（京都大学大学院）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、高妻洋成（同左）
○Noriko Nagasaki(Kyoto University), Soichiro Wakiya, Yohsei Kohdzuma
(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

屋外に位置する建造物塗装は常に外界気象に曝されているため、色材や膠着剤あるいは木地等の変質をともなう劣化が生じる[1][2]。これら屋外建造物の塗装に生じる劣化を抑制するためには、周辺環境が塗装の劣化におよぼす影響を定量的に評価する必要があるが、伝統的な材料および技法によって塗装が施された古社寺等の歴史的建造物では、現在に至るまでに当初の材料、仕様、修理の有無といった情報が失われてしまっている。そのため、劣化による状態の変化量や変化速度の評価が困難となっている。そこで、本研究では、建築施工時の材料および技法が明確である復原建造物を対象とし、劣化状態の観察、周辺環境の実測を行うことで、環境因子が塗装の劣化におよぼす影響、および劣化の機構を解明することを目的としている。平成9年（1997）に復原された特別史跡平城宮跡朱雀門では、施工から約19年を経た現在、塗装にさまざまな劣化が起こっている。本報では、朱雀門の周辺環境がおよぼす影響、色材の化学的変質の有無、ならびにその要因について検討する。

2. 調査方法

【目視観察】朱雀門の塗装にどのような劣化様態が表れているかを分類した。その上で、分光測色と蛍光X線分析を行う箇所を定めた。測定箇所は図1に示すとおりである。

【分光測色】分光測色計（MINOLTA 製 CM-2002、測定条件：光源 D_{65}、SCE、d/8、視野 10°、3回平均）を用いて測定点の色を数値化し、施工時より保管されている塗見本と比較した。なお、ここでは塗面積が最も広い赤色部に着目して測定した。

【蛍光X線分析】変色部への金具成分の溶出の有無を確認するため、可搬型蛍光X線分析装置（Thermo NitonXL3t、測定条件：管電圧 40kV、電流 Auto、測定時間 70sec）を用いて、柱の赤色部および中扉の唄金具周辺の変色部の分析を行った（測定箇所は図3参照）。

なお、平成11年刊行の工事記録に記された朱雀門塗装の仕様は以下の通りである[3]。

【朱雀門塗装（赤色部）】仕様：ヤリガンナ仕上げ、木地固め、丹土塗3回仕上げ、膠使用（一部、側柱のみ粉化防止のためアクリルエマルションを混合）

3. 結果と考察

目視観察の結果、朱雀門の塗装劣化は剥落、亀裂、変色、退色および汚損に分類された。特に、建物南側では表面の剥落と亀裂が目立った（図2）。一方、建物北側は塗装表面の状態に大きな変化は認められないものの、全体的に退色していた。変色の中では、金具の周辺が白変している箇所がある（図3）。南北方向に3本並んでいる円柱では、建物外側に面している箇所（図1：測定点1、3、4、6）で剥落や亀裂が起こるとともに、塗装表層面が痩せているのに対し、建物内側に面している箇所（測定点2、5）では目視観察からは大きな劣化は認められなかった。

次に、分光測色の結果、保管している施工時塗見本（マンセル値 0.4YR4.00/6.40）を基準とすると、上記の建物外側に面した測定点では黄色味に転じる傾向がみられ、建物内側の測定点とは異なる様相を呈しており、建物内部と外部で色相の差がみられた（表1）。建物内外の測定点ともに、明度はやや上がり、彩度は総じて下がっていた。日射の影響を考慮すると、太陽高度が低い冬季には頭貫付近まで直達日射が当たるものの、夏季には軒によって直達日射は遮られるため、朱雀門の南端では直達日射が当たる期間は1年の半分程度にとどまる（図4）。そのため、南北の年間積算日射量の差はやや小さくなる。図5に、南北の1年間の日射量を示す[4]。すなわち、直達日射があたらない北側でも塗装の劣化はみられ、色相の差ともよく対応した。

蛍光X線分析では、赤色部は総じてFeが強く検出され、報告書の記述通りベンガラと赤土が混合されたもの、あるいは赤土を焼成したものと考えられる[5]。中扉唄金具は、銅と錫、および金が検出されたことから、青銅製金具に金鍍金仕上げを施したものと考えられる。金具周辺の変色部分を測定したところ、金具に由来する成分はみられず、他の赤色部分と同様に主にFeが検出された。同一部分を分光測色したところ、色相は変わらないが、彩度がくすんでいく方向に変化が表れた。金具由来の腐食生成物がきわめて微量であるため、蛍光X線分析では検出されなかったものと推察される。

4. まとめ

朱雀門塗装の中でも特に剥落と亀裂をともなう劣化は、方位によって程度の差があることが明らかとなり、日射の影響と相関があることが示唆された。また今回は、赤色部に着目して調査を行ったが、赤鉄鉱を主成分とする顔料では色材自体が化学的に変質する可能性は低いと考えられ、色調の変化は色材以外の膠着剤や木材などの変質についても検討していくことが必要である。

【謝辞】本調査にあたり、文化庁文化財部記念物課に多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】1) 森井順之,佐藤嘉則,間渕創,木川りか,太田英一,中別府良啓,中山俊介,川野邊渉(2012)「霧島神宮における塗装劣化要因の解明とその対策の検討」『保存科学』51号 p249-259 2) 朽津信明(1997)「鉛丹の変色に関する鉱物学的考察」『保存科学』36号 p58-36 3) 文化財建造物保存技術協会編 (1999)『平城宮朱雀門復原工事の記録』p42
4) 日射量データ 気象庁ホームページより
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?sess=6ef525a9cdef28cca634ce58ca736e68 (2016年4月28日閲覧)。
5) 参考文献3) p102

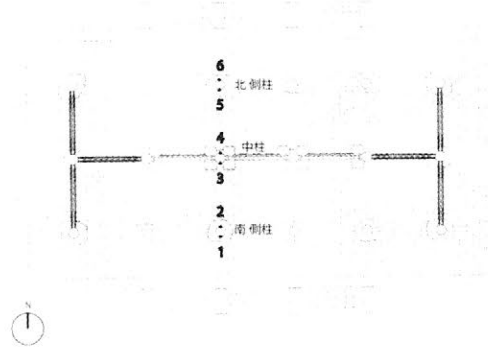


図1 朱雀門平面図 (『平城宮朱雀門復原工事の記録』より引用)

図2 南 側柱 南面

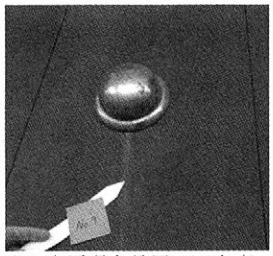


図3 中扉唄金具周辺の白変

SCE方式		マンセル表色系		
測定点	試料名	色相	明度	彩度
標準試料	塗見本赤色	0.4YR	4.00	6.40
1	南 側柱 南面	0.68YR	4.34	5.26
2	南 側柱 北面	0.42YR	4.29	5.00
3	中柱 南面	0.69YR	4.11	4.85
4	中柱 北面	0.98YR	4.08	5.24
5	北 側柱 南面	0.25YR	4.42	4.82
6	北 側柱 北面	0.66YR	4.18	5.13

表1 測色結果

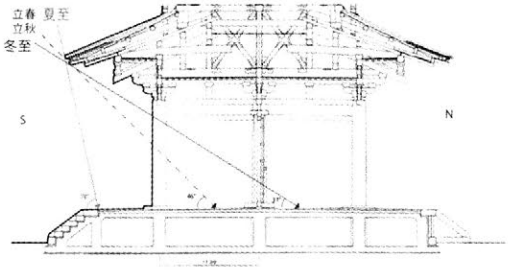


図4 季節毎の太陽南中高度 (朱雀門の緯度による)

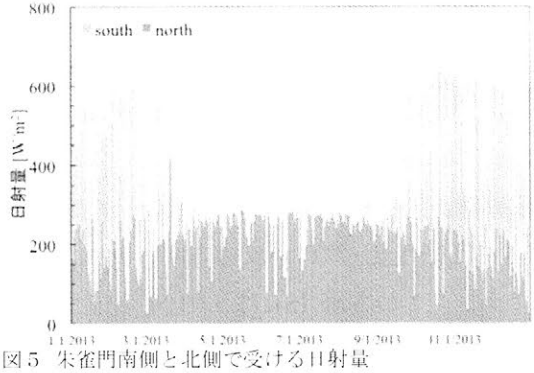


図5 朱雀門南側と北側で受ける日射量

文化財保存修復に用いられる Paraloid™ B-72 と溶媒の相互作用に関する研究

Interaction with Organic solvent and Paraloid™ B-72 used in restoration for historical and cultural properties

○岡本駿（明治大学大学院）、早川典子（独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所）、本多貴之（明治大学）

○Shun OKAMOTO (Graduate School of Science and Technology, Meiji Univ.), Noriko HAYAKAWA (National Research Institute for Cultural Properties), Takayuki HONDA (Meiji Univ. Science and Technology)

1. 緒言

現在までに、文化財の保存修復作業にはフノリをはじめとした天然素材や PVA をはじめとした合成樹脂が用いられてきた。特に、合成樹脂は高い安定性と汎用性を有しており、昭和 30 年ごろから文化財保存修復現場で用いられるようになった。現在、多くの保存修復現場で用いられる合成樹脂のひとつに Paraloid™ B-72 (以下、B-72) が挙げられる。保存修復現場において、B-72 は様々な有機溶媒に溶かして用いられている。保存修復作業に用いた B-72 は有機溶媒が揮発することで膜を形成する。近年、形成された膜は用いる有機溶媒によって硬さが変化することが保存修復現場から指摘されている。だが、B-72 において用いた有機溶媒によって変化する物性についての研究は行われていない。そこで本研究では、今後行われていく文化財保存修復現場へ貢献することを目的とし、B-72 へ適用した有機溶媒によって変化する膜物性の把握を行った。

2. 実験

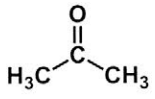
本実験の試料として、Rohm and Haas Co. 製の Paraloid™B-72 (B-72) を選定した。溶媒として Acetone, Ethyl acetate, Toluene, *p*-Xylene を用いた。^{1}H-NMR と DSC 測定の試料は、B-72 が 5 wt% となるよう溶媒に溶かし、膜厚が 100 μm となるように溶媒キャスト法にて作製した。1 週間、常温常圧下にて乾燥させ剥離し、2 日間常温真空乾燥後測定を行った。クラークこわさ試験の試料は、B-72 が 30 wt% となるように溶媒に溶かした。アプリケーターで厚さ 90 μm となるように溶液を和紙に塗布し、成膜を行った。成膜後、24 時間乾燥させ、真空常温下にて 2 日間乾燥させた。乾燥後 23°C, 50%RH 環境下に 24 時間静置させ、試料とした。クラークこわさ試験の測定条件は、試料台に乗せた試料を一定の速さで回転させ、試料が反対方向に倒れたときの角度が 88–92° になったときの長さを L とし、クラークこわさ値 (S) は $L^3/100$ とした。

3. 結果

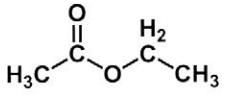
^{1}H-NMR 測定により主成分に対して膜内部に残存する溶媒の割合を算出した (**Table 1**) 。その結果、Acetone, Ethyl acetate, *p*-Xylene, Toluene の順に膜内部に残存する溶媒量が上昇した。特に、芳香族系の溶媒である Toluene と *p*-Xylene については残存割合が多くなった。また、常温真空下にて 1 ヶ月間乾燥を行ったすべての膜において残存溶媒割合が減少した。しかし、芳香族系の溶媒で成膜した試料については、その他の膜に比べて高い割合を維持していた。芳香族系の溶媒は嵩高い構造であるフェニル基を有しており、Acetone や Ethyl acetate に比べて溶媒分子が膜外部へ脱着しにくいため、芳香族系の溶媒で成膜した膜は残存する溶媒割合が高く、その状態が維持されると考えられる (**Figure 1**) 。続いて、DSC 測定の結果を示す (**Table 2**) 。結果より、芳香族系の溶媒で成膜した膜のガラス転移点は低く、対して Acetone や Ethyl acetate で成膜した膜は高いガラス転移点を示している。膜内部に残存する溶媒の量が多いほど、高分子鎖間隙を広げると考えられる。高分子鎖間隙が広くなることで自由体積が増加し、低い温度からガラス転移が始まると考えられる。つまり、Acetone や Ethyl acetate で成膜した膜に比べて、膜内部に残存する量の多い芳香族系の溶媒で成膜した膜のガラス転移点が低くなる。最後にクラークこわさ試験の結果を示す (**Table 3**) 。L の値が大きければ硬度が高く、短ければ硬度が低いことを示している。この結果から、Acetone, Ethyl acetate, Toluene, *p*-Xylene の順に硬度が低くなるとわかった。結果を併せると、膜内部に残存しやすい芳香族系の溶媒で成膜した膜は低いガラス転移点を有しているため、常温では膜はゴム状態である。対して Acetone や Ethyl acetate で成膜した膜については膜内部に溶媒は残存しにくく、高いガラス転移点を有しており、常温において膜はガラス状態であるため高い硬度を示したと考えられる。

Table 1 Ratio of integrated value of solvent by ^{1}H-NMR spectra of B-72 film

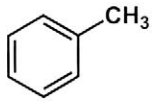
	Under vacuum	
	0 day	**30 days**
Acetone	0.030	0.005
Ethyl acetate	0.029	0.017
Toluene	0.160	0.107
***p*-Xylene**	0.136	0.112



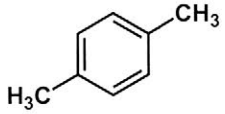
Acetone



Ethyl acetate



Toluene



p-Xylene

Figure 1 Structure of solvent

Table 2 T_g of B-72 film by DSC (Under vacuum)

	T_g	T_g
	0 day	**30 days**
Acetone	11.93	17.00
Ethyl acetate	11.14	13.95
Toluene	10.63	12.05
***p*-Xylene**	10.55	11.80

Table 3 Clark-stiffness test of B-72 film

	L [cm]	**S [cm^3]**
Acetone	11.93	17.00
Ethyl acetate	11.14	13.95
Toluene	10.63	12.05
***p*-Xylene**	10.55	11.80

4. 結言

用いる溶媒によって膜物性が変化するため、文化財保存修復現場において溶媒の使い分けを行うことでより修復対象に対してより最適な修復が行えると考えられる。

カッパドキア岩窟教会外壁の劣化抑制に関する研究
－現地の環境計測による劣化要因の推定－
Environmental monitoring for suppression of deterioration of a rock-hewn church, Cappadocia

吉岡瑞穂（京都大学）、○伊庭千恵美（同左）、谷口陽子（筑波大学）、小泉圭吾（大阪大学）、
渡辺晋生（三重大学）、朴春澤（ハイテック(株)）、佐野勝彦（(株)ディアンドディ）
Mizuho YOSHIOKA、○Chiemi IBA (Kyoto Univ.), Yoko TANIGUCHI (Univ. of Tsukuba),
Keigo KOIZUMI (Osaka Univ.), Kunio WATANABE (Mie Univ.), Chunze PIAO (Hytec Inc.),
Katsuhiko SANO (D&D Corp.)

1. 背景・目的

カッパドキアはトルコ中央部に位置する奇岩地帯であり、凝灰岩を掘削して造られた岩窟教会が多数現存する。本研究で対象としているウズムル教会（聖ニキタス教会、7世紀末に造成と推定）もその岩窟教会の1つであり、内面に壁画を有している。図1に教会外観を示す。同教会においては、表面の剥離・粉化や亀裂などといった凝灰岩壁体の劣化が顕著であり、また壁画にも亀裂や剥離などの損傷が及んでいる。教会外壁に関しては凍害などの水分による劣化が激しいと考えられており、その抑制策として壁体外気側表面に撥水剤を塗布する手法が検討されている。しかし、地下水の吸い上げなど表面以外から壁体へ浸入した水分が撥水剤により移動を阻害され、壁体内部に蓄積しその場で凍結するなど、現在とは異なる場所での劣化を誘発するおそれがある。そのため壁体への水分供給経路を十分に検討する必要がある。

本報では、現地周辺の気象環境と土壌水分量のモニタリング、および現地の気象データを用いた熱水分移動解析を行い、壁体への水分供給源と外壁の水分劣化の主要因の推定を行った。

2. 計測概要

周辺環境から壁体へと供給される水分の経路としては、地下水の吸い上げ、降雨、そして壁体表面での結露が考えられる。これらを検討するため、教会周辺の気象と教会壁体の地下部分の水分状態を測定した。図2、3に気象ステーションと温湿度ロガー、および土壌ポテンシャル計、土壌含水率計の設置個所を示す。

図1　教会外観

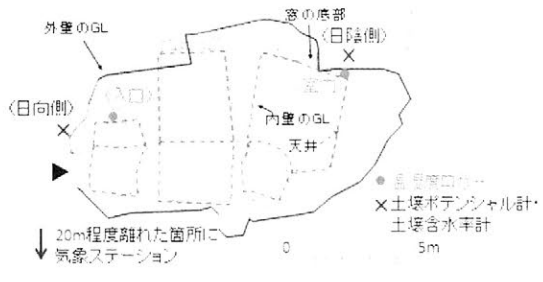


図2　教会平面図と機器設置個所

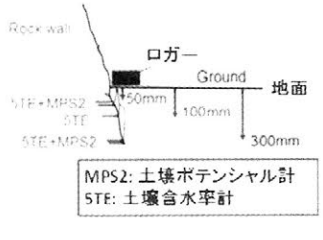


図3　機器設置深さ

3. 計測結果

i) 地下水の吸い上げ

図4に2014年9月から2015年4月における日向・日陰両側の教会壁体地下50mm、300mm地点の水分ポテンシャルを示す。9月は両側で50mmの方が300mmよりも水分ポテンシャルが低い。その後11月には50mmの方が高くなり、12月を過ぎると深さ方向での違いはほぼ見られない。この結果より、地中の水分は秋冬期にかけて、気温が高い9月を除き概ね下方に移動すると考えられる。また壁体の不飽和透水係数[1]を考慮して9月の吸い上げ量を求めると、その値は最大でも 2.0×10^{-16} kg/m²s 程度の非常に小さな値となる。よって地盤から壁体への水分供給は非常に小さく、外壁撥水処理を行った場合でも壁体内に水分が蓄積することはほぼないと考えられる。

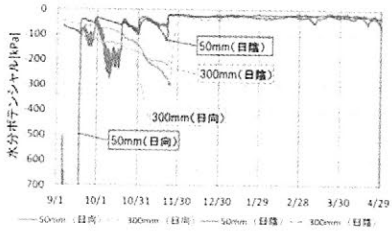


図4 水分ポテンシャル変動

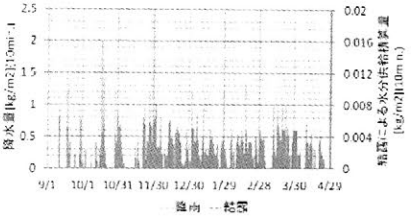


図5 降雨・結露による水分供給量

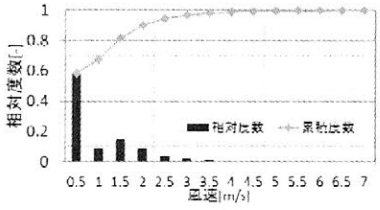


図6 降雨時の風速の相対度数分布

ii) 降雨・結露

教会外壁の表面温度は機器による測定を行っていない。そこで日射を考慮した外壁の三相系一次元熱水分解析[2]を行い、北向き垂直外壁の表面温度および表面飽和絶対湿度から結露による水分供給量を求めた。結露水の流下は考慮していない。図5に外気側表面での結露による水分供給量（解析値）と降雨量（実測値）の10分積算値の経時変化を示す。期間中の積算供給水分量では降雨が結露による供給の約9.8倍であったが、供給時間を比較すると結露による供給が降雨の約14倍となった。また結露による供給は夜間（特に日の出前）において顕著であった。これは日没後から日の出前においては壁体の夜間放射によって壁体表面温度が外気温を下回るためである。室内側では結露による水分供給は見られなかった。

i) ii)より、壁体への水分供給経路は主に外気側表面を通じたものであることがわかる。これは壁体の外気側表面において剥離・粉化などの劣化が激しいという現地での観察結果と矛盾しない。供給量のみを見れば降雨が水分の主供給源であると考えられるが、結露による供給は期間が長く、また凍害が生じやすい夜間に発生するため、壁体の劣化を考えるうえで無視できない。

また図6に降雨時の風速の相対度数分布、累積度数分布を示す。降雨時の90%の時間で風速はほぼ2m/s以下と小さいことから、雨滴が壁体に衝突する際の風の影響は小さいと考えられる。

以上の結果をもとに、外気側表面への撥水剤処理が有効であると判断し、現地で試験的な塗布処置を開始した。

4. まとめ

本報では現地周辺の気象環境のモニタリングおよび土壌水分量の計測と、その結果を用いた壁体の一次元熱水分解析を行い、壁体への水分供給源および外壁の水分劣化の主要因の推定を行った。その結果、地下水の吸い上げは少なく、壁体への主な水分供給源は外気側での表面結露および雨水であることが推定された。今後は気象と土壌水分量に加えて、塗布処置の経過を観察する。

＜謝辞＞本研究の一部はJSPS科学研究費補助金（24101014及び15K21092）の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

＜参考文献＞

[1] 吉岡瑞穂、伊庭千恵美、渡辺普生、鉾井修一：カッパドキア岩窟教会外壁での表面処理による劣化抑制に関する研究－現地凝灰岩の熱水分物性と秋冬期における表面処理の影響－、日本建築学会近畿支部.2016

[2] 松本衛，馬沙：地盤の凍結と融解過程の解析に関する研究，日本建築学会論文集，第482号，pp.25-34，1996.4

屋外文化財への適用を目的とした撥水剤処理された建築材料の曝露試験

Outdoor weathering test on exterior materials treated with water repellent agents aiming to apply for cultural properties

福井一真（京都大学）、○伊庭千恵美（同左）、吉岡瑞穂（同左）、鉾井修一（同左）

Kazuma FUKUI, ○Chiemi IBA, Mizuho YOSHIOKA, Shuichi HOKOI (Kyoto university)

1. はじめに

撥水剤の使用は材料への水分供給を断ち、屋外文化財の劣化を抑制する手段として有効であると考えられる。例えば石造や煉瓦造の屋外文化財においては材料内に水分が存在することで生じる塩類風化、生物の繁殖、凍結破砕が大きな劣化要因となっており、既往の研究でも撥水剤や親水性樹脂を用いた被害の軽減が試みられている[1)2)]。また、木材においても同様に、腐食や生物の繁殖、含水率の変化による寸法や性質の変化といった問題があり、防水・撥水剤の効果が検証されている[3)]。さらには、土壁のような伝統的建築材料に対しても撥水剤が適用され始めている。

本研究は、屋外における自然条件下で短期間に生じる劣化に対して撥水剤がどれだけの効果を持っているのかを観察および測定により検証することを目的とする。

2. 撥水剤の概要

撥水剤は表面に膜を造り材料を保護するものと、表層付近に成分が浸透して保護層を形成し材料を保護するものとに分けられ、本研究では前者を塗膜系、後者を浸透系と呼称している。浸透系の防水・撥水剤は液水の浸入を妨げるが材料の吸放湿は妨げないという特徴を持つ。また、材料表面の風合いを損なわず、屋外文化財の保護において有効であると考えられる。そのため、本研究では浸透系の撥水剤を主な対象とした。

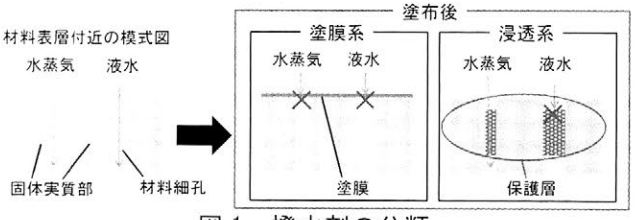


図１　撥水剤の分類

3. 実験概要

木材、素焼き板、石材の 3 種類の建築材料にそれぞれ 3 種類ずつの撥水剤を使用した。木材は建築外装に使用される杉の羽目板を、石材は万成石として流通している黒雲母花崗岩を用いた。実験は大学校舎屋上で行い、定期的に試料の質量と、色彩計 SPAD-503 により $L^*a^*b^*$表色系で表される色度と明度の測定を行うとともに、現地での気象データの測定を行った。なお、紫外線と日射量が材料の劣化に及ぼす影響を確認するため、試料は南北両面に設けた。表面以外からの水分の浸入

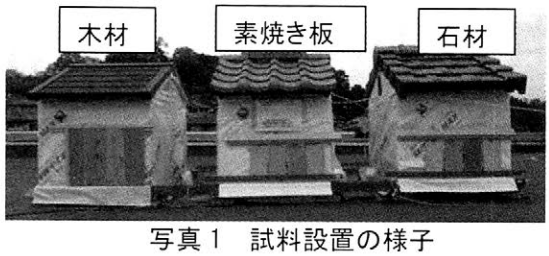


写真１　試料設置の様子

表１　使用した撥水剤

材料	番号	種類	成分	顔料の有無
木材	1	浸透系	含フッ素ポリマー・ナノチタン	なし
	2	浸透系	アルキド樹脂	あり（白木色）
	3	塗膜系	ビニールエステル系樹脂	あり（黄色）
素焼き板・石材	4	浸透系	含フッ素ポリマー・ナノチタン	なし
	5	浸透系	アルコキシシラン化合物	なし
	6	浸透系	アルキルアルコキシシラン	なし

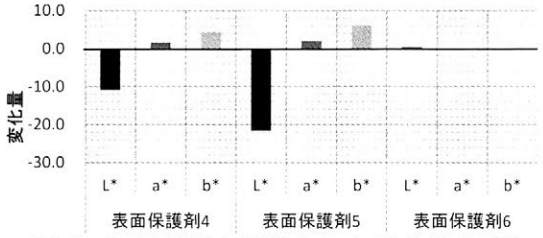


図 2　石材の撥水剤塗布による色度の変化

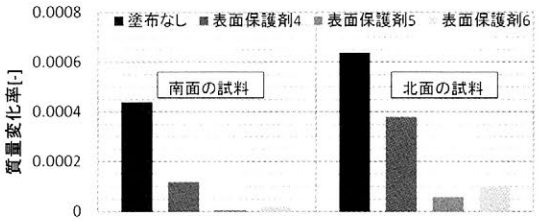


図 3　石材の降雨前後の質量変化

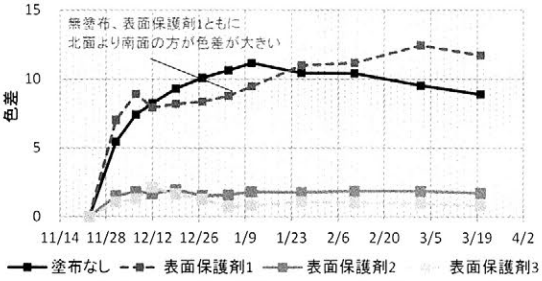


図 4　木材の実験開始時との色差（南面）

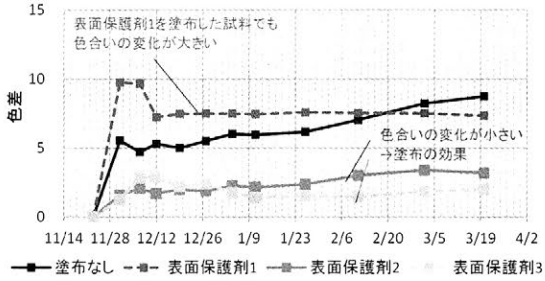


図 5　木材の実験開始時との色差（北面）

がないよう側面はエポキシ樹脂とアルミ箔で断湿し、試験体上部には水切りを設けた。

4. 実験結果

実験の結果、以下の 3 点の知見を得た。

1)　図 2 より、石材では撥水剤 4、5 を塗布した試料で L^*値（明度）が低下し、a^*値と b^*値が増加するという暗色化・彩色化の傾向が見られた。素焼き板でも同様の変化が見られ、撥水剤 1 を塗布した木材でも同様の結果となった。防水・撥水剤には顔料が含まれていなくても塗布によって材料の色が変化するものがあり、外観上の問題になる可能性がある。

2)　図 3 より、降雨後はいずれの試料においても質量が増加したが、撥水剤 4 は撥水剤 5、6 に比べて質量増加が大きく、雨水浸透効果が比較的小さい。撥水剤の種類によって雨水の浸透抑制効果に差異が見られた。今後、撥水剤の成分との関係について検討する。

3)　図 4、図 5 に木材試料の色度変化を示す。木材は塗布を行わなかった場合、時間の経過に伴い実験開始時との色差が大きくなった。南面の試料の方が色差が大きくなったことから、変色の理由には紫外線による退色が考えられる。撥水剤 1 を塗布した試験体は、曝露後に特に b^*値が大きくなり目視でも黄変が観察された。色差も無塗布の試料と同程度かそれ以上に大きくなった。建築材料と撥水剤の組み合わせによっては、撥水剤の塗布が逆効果になる可能性がある。一方、撥水剤 2、3 を塗布した試料では曝露が原因とみられる変色を相当量抑制することができていた。

5. まとめ

実験結果より、撥水剤の成分によって塗布の効果に大きな差があることが分かった。特に、含フッ素ポリマー・ナノチタンを成分とする撥水剤では雨水の浸透や変色を抑制する効果が小さくなった。

今後、継続して観察及び測定を行い、中期的、長期的に生じる材料の劣化と撥水剤の効果の検証を行う。また、撥水剤の成分による影響の検討も行う。

[参考文献]
1) 朽津信明、早川典子「文化財の保存を目的とした煉瓦の樹脂処理効果に関する研究」保存科学 No.40, p.35-46 (2001)
2) 早川典子、森井順之、朽津信明「親水性樹脂を用いた凍結劣化抑制の試み」保存科学 No.42, p.101-106 (2003)
3) 李哲鋒、大林宏也、桃井尊央、栃木紀郎、小林純「撥水処理をした木材の水分特性（第 1 報）—撥水・吸水性と吸放湿性—」木材工業 Vol.67, No.9, p.389-393 (2012)

美術品輸送車両上で発生する振動周波数の解析

Analysis of vibration frequency that detected on the track for art object transport

○和田浩（東京国立博物館）

○Hiroshi WADA (Tokyo National Museum)

1. 研究経緯

発表者らは美術品輸送に用いる梱包箱や輸送機関に輸送環境記録計(Fig.1)を設置し、検出された加速度データから衝撃によるリスクの各輸送工程における分布を継続的に調査してきた。その結果、特に海外輸送においては、空港内での荷役作業中に大きな衝撃のリスクが存在すること[1]が明らかとなった。周知のとおり衝撃は文化財に亀裂、折損などの大きな損傷を及ぼす原因と考えられる。一方、こすれやがたつきといった現象は単発の衝撃とは異なり、連続性を持つ振動による影響が大きい。輸送機関上で発生する振動と文化財あるいや梱包資材が共振を起こせば、小さい加速度であっても甚大な損傷を誘発してしまう。こうした振動に対する対策(防振)は衝撃対策(緩衝)とは異なるアプローチで臨む必要がある。本研究は日本国内での文化財輸送に頻繁に用いられる美術品輸送車両の荷台において発生する振動を計測しその周波数に関する傾向をつかむことを目的とするものである。

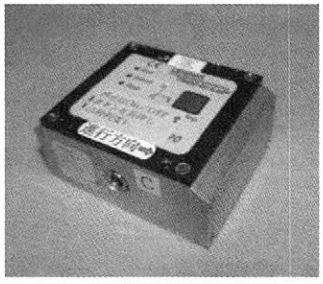


Fig.1 輸送環境記録計

2. 計測方法

美術品輸送車両(以下、車両)とはエアサスペンションを搭載したトラックであり、荷室内の温湿度制御が可能でかつ、クーリエ(添乗者)の同乗シートが備わったものを一般的には意味する(Fig.2)。これらの車両上で発生する振動をとらえるために、輸送環境記録計(以下、記録計)を車両荷室床面に両面テープで固定し、固定後に記録計を操作して計測を開始する。記録計の仕様はFig.3の通りである。記録計では内部の加速度センサーで検知した加速度が記録時刻とともにメモリに記憶され、計測後の計算処理によって振動波形が得られる。また、車両の位置情報と計測値とを結びつけるた

Fig.2 美術品輸送車両

SAVER® 3X90 仕様

寸法	(W)95×(D)74×(H)43mm
重量	473g
内蔵センサー	3方向加速度センサー、温湿度センサー
記録容量	128MB
連続作動日数	90日間
トリガーモード	加速度トリガー、タイムトリガー、および併用
加速度レンジ	5 10 20 50 100 200G
サンプリングレート	0.2~20 msec
電源	9V乾電池×2本
インターフェース	USB

Fig.3 輸送環境記録計の仕様

めに、GPS ロガーを運転席付近に設置しておく。回収後にその記録時刻と緯度経度情報を GoogleMap© 上で展開すると、通過地点と時刻を容易に可視化できる。こうした手法によって車両の走行経路に分割したデータ解析が可能となる。

3. 振動周波数の特徴

本発表では国内輸送中に車両上で発生した振動を解析対象とする。振動を周波数毎のエネルギーレベルに表現したものを PSD(Power Spectrum Density)、PSD で示された周波数全域における加速度(G)の平均を実効加速度(Grms)と呼び、それぞれ周波数特性と、振動エネルギー全体の大きさの尺度として取り扱われる。Fig.4 に 4t 車で計測された PSD(山形から東京へ輸送した際における高速道路使用時)の一例を、Fig.5 にこれまで計測したデータから算出した実効加速度の平均値を示す。PSD のピークからは、タイヤ(10-20Hz 付近)、エアサスペンション(1-10Hz 付近)、エンジン(100Hz 付近)に大型車の周波数特性の存在が確認できる。特にエアサスペンションに起因する振動エネルギーが高く現れるため、この領域で積載物が共振を起こさぬよう、適切な緩衝材、防振材を選定する梱包設計が必要である。また、実効加速度においては、10t 車は 4t 車よりも総じて低い数値であった。車両が大型化することにより、サスペンションやタイヤにかかる荷重が増すことでより防振効果が現れた結果であるかどうかは今後の検証が必要である。

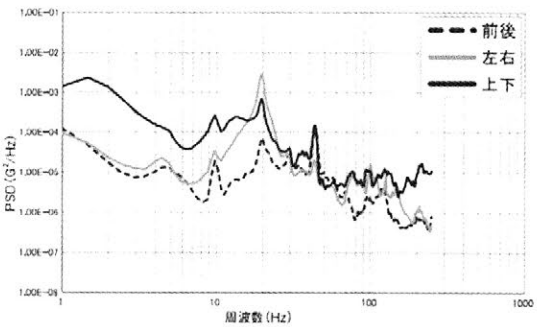


Fig.4 車両上で発生した PSD

経路	平均実効加速度(Grms)	
	4t 車	10t 車
全体	0.110	0.058
一般道のみ	0.008	0.040
高速道路のみ	0.117	0.063

Fig.5 車種別の平均実行加速度値(Grms)

4. 課題と今後の展開

文化財輸送の安全性を確立するためには、輸送機関、文化財とその構成素材、梱包資材の 3 者に関する振動特性を把握する必要がある。現在のところ、輸送機関の周波数特性は本発表で紹介した手法によって高い確度で把握することが可能となった。今後は文化財あるいはその模型、文化財に用いられる素材、梱包資材の周波数特性を加振実験等によって求める予定である。最終的にはそれらのデータを統合した梱包設計システムを作り上げることを目指して、今後も調査研究を進める計画である。

なお、本研究は科学研究費基盤(B)「美術品・輸送機関・梱包資材の振動特性情報を集積した安全輸送のためのシステム構築」(研究代表者：和田浩)の成果である。

(1)「空港内のドーリー搬送工程で発生する振動と衝撃-文化財の国際輸送環境調査より-」、神庭信幸、和田浩他、『包装技術』、Vol.48、No.3、pp.1-5、2010 年

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡における劣化対応の経過報告
The progress report of the degradation corresponding in the special historic site Ichijodani asakura family site.

○藤田若菜（福井県立一乗谷朝倉氏遺跡資料館）、川越光洋（同左）、石崎武志（東北芸術工科大学）、高妻洋成（国立文化財機構奈良文化財研究所）、山本博文（福井大学）

○Wakana FUJITA,Mitsuhiro KAWAGOSHI（Fukui prefectural history museum of Ichijodani asakura family site）,Takeshi ISHIZAKI（Tohoku university of art and design）,Yousei KOUZUMA（Nara national research institute for cultural properties）,Hirofumi YAMAMOTO（Fukui university）

1．はじめに

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡は、室町時代に越前一国を治めた朝倉氏の城下町跡であり、石遺構等の露出展示を中心とする史跡整備が40年以上にわたって継続的に進められ、既整備地の面積は約17haに及び、近年は露出展示遺構を含む既整備地の劣化が課題となっている。

そこで、今後は過去の整備手法を見直すとともに、維持管理を念頭においた整備手法を検討し、より魅力的で統一感のある景観形成を目指すために、福井県教育委員会は平成24年度より劣化対応事業を開始した。劣化対応では、露出展示の大部分を占める石遺構への対応を優先し、劣化の原因を調査した上で対応を行い、必要に応じて整備工法についても再検討する方針とした[1]。

当該遺跡が寒冷地に位置することから、事業当初は劣化の主な要因は凍結融解であると予想されたため、気象条件の調査を実施し、特に冬季の気温ならびに礎石等の温度変化に着目した。また、既整備地の一部では、昭和45年度には石遺構を対象に、エポキシ系接着剤を用いた保存科学的処置が実施されており[2]、今後の対応手法の検討のために、施工から約40年が経過した接着剤の劣化状況の調査を行った。今回は以上の調査から得られた結果について報告する。

2．調査方法

①気象条件の調査

測定機器を用いた気象条件の調査は二つに大別できる。一つは、代表地点における気温・相対湿度・温度・風向・風速・降水量・全天日射量・地温・積雪量の測定と、積雪・融雪状況を把握するための定点撮影である。代表地点は、昭和50年代に気象の測定が行われた地点近く（遺跡中心の平地部）に設定した。もう一つの調査は、既整備地の中で最も劣化が進行している、当主館跡の石遺構等を対象とした表面温度の測定であり、石遺構の表面温度（上面）の測定は計4か所にて実施した。測定は現在も継続しているが、本論では冬季3回分の測定結果を取り上げる。

②接着剤の劣化状況の調査

昭和45年度の保存科学的処置では、まだ完全に剥離していないが、石の内部に大きな隙間ができているもの、もしくは同等の大きさでいくつかに割れている石遺構を対象に、石粉を混合したエポキシ系接着剤（Bostik 3003J,Bostik Japan）による接着と、撥水剤（エチルシリケート40）の塗布が実施された。本調査では、現地の接着剤の一部を採取し、光学顕微鏡観察・PyGC／MS

分析・FT-IR ライン分析を用い、接着剤の劣化状況を評価した。

3．調査結果と考察

①気象条件の調査結果

図 1 は平成 25 年度の 1 日の最低値を示しており、代表地点の気温（地上高 1.5m）ならびに温度（地上高 0.5m）に比べて石遺構の表面温度の値は全体的に高いことが分かる。また、凍結融解は－4℃から＋4℃の間を行き来することで生じるとされるが[3]、石遺構の表面温度では－4℃に達する日がほぼ見られない。平成 25 年度の石遺構表面温度の残りの 2 地点、ならびに平成 26・27 年度の全ての石遺構表面温度では、－4℃から＋4℃のサイクルが 0 回であった。以上のことから、遺跡の平地部では石遺構に影響を及ぼす凍結融解がほぼ生じていないと判断される。

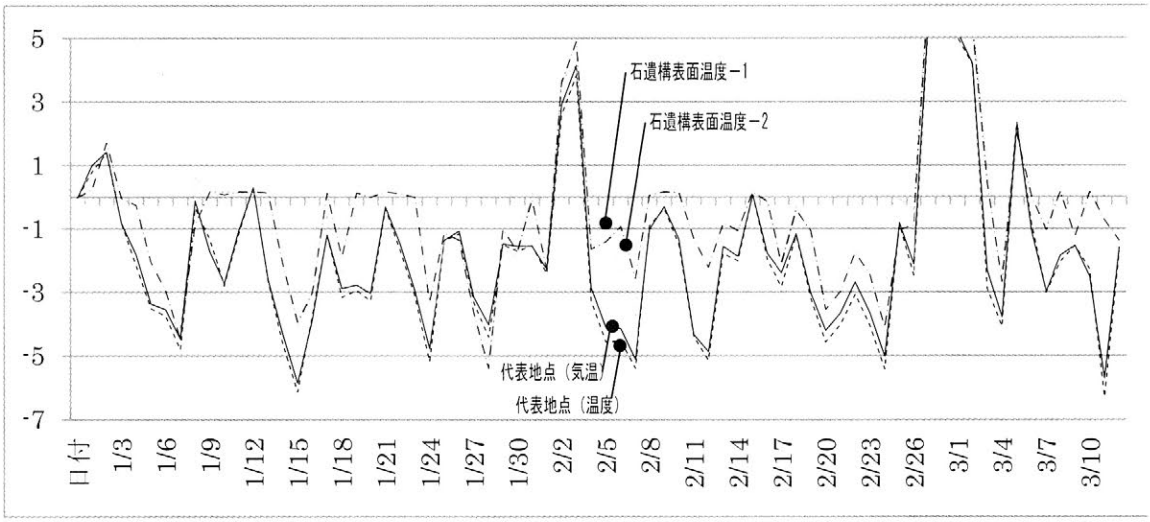


図 1　測定結果（平成 25 年度冬季・1 日の最低値）

②接着剤の劣化状況の調査結果

光学顕微鏡観察では亀裂等の劣化が認められず、含有する岩石片とも密着しており、健全な状態を保持していると評価できた。次に PyGC／MS 分析ならびに FT-IR ライン分析を実施したところ、図 2 のとおり、日射の影響を受けやすい表面は、他の面よりも劣化が進んでいるものの、その劣化の程度は表面から深さ約 1 ㎜におさまっている事が確認できた。以上の結果から、昭和 45 年度施工の接着方法を基準とし、より良い施工方法の検討を進めている。

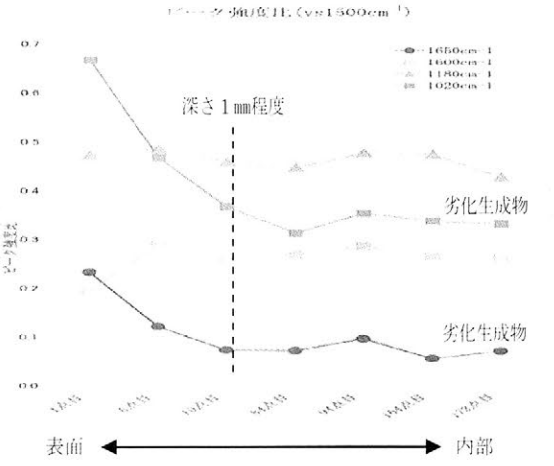


図 2　FT-IR ライン分析結果

註 1）福井県立一乗谷朝倉氏遺跡資料館（2011）「特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡発掘・整備基本計画」『一乗谷朝倉氏遺跡資料館紀要 2011』

註 2）福井県教育委員会（1979）「第 7 章朝倉館跡の環境整備」『特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡発掘調査報告 I 』

註 3）福田正巳（1985）「小樽手宮洞窟壁面遺跡の凍結破損防止にかかわる基礎研究」『低温科学 物理篇 第 43 輯』

美術品収蔵庫における収蔵物の劣化防止に関する研究
—CFD 解析による冬期のカビ発生防止対策の検討—

Study on Method for Preventing Degradation of Collections in Art Storage room
—Investigation of the measures for preventing mold in winter by CFD analysis—

藤原良輔（京都大学）、○小椋大輔（同左）
Ryosuke FUJIHARA, ○Daisuke OGURA (Kyoto University)

1. 研究目的と概要　本研究では、京都市内にある絵画等の美術品収蔵庫を対象とする。この収蔵庫では全日空調運転を実施しているにも関わらず、収蔵庫内及び美術品にカビが発生するという被害が発生した。本研究は、この収蔵庫内でカビが発生する原因を明らかにし、その対策を提案することを目的とする。まず収蔵庫内及び収納箱内の温湿度の挙動、収蔵庫内の気流の流れ方および風速を調べ、カビ発生状況等との対応関係から被害の原因を明らかにする。次に CFD 解析により、収蔵庫内の温湿度と気流を再現し、その解析モデルを用いて収蔵物の劣化抑制のため対策方法の検討を行う。

2. 収蔵庫の概要(図 1)と空調方式　機械室にある中央空調機から、各部屋へダクトで冷暖房及び加湿除湿された空気が供給される。設定の温湿度は通年で、温度 20℃、相対湿度 52%一定であり、全日空調運転されている。

3. 収蔵庫内のカビ発生状況　図 2 に、腰下と腰上の高さの、カビの発生状況と、代表的なセンサー設置位置と冬期に相対湿度が 60%を超えた箇所の名称および床面からの高さを示す。相対湿度が冬期に 60%を超えた箇所の、周辺の棚は、カビが発生しており、相対湿度と、カビの発生には、相関があるといえる。カビの発生が特に顕著な北側に着目する。北側は、冬期に温度が低下し、相対湿度が上昇しており、外気の影響を受けている。絶対湿度は、季節に関わらず、収蔵庫内でほぼ一様であり、冬期の温度低下により、相対湿度が上昇していると

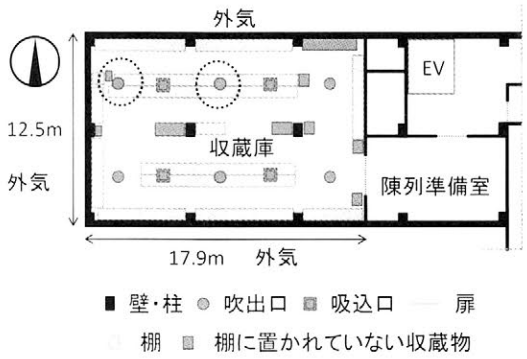


図 1. 収蔵庫の概要　(*収蔵庫は 1 階。上階がある)

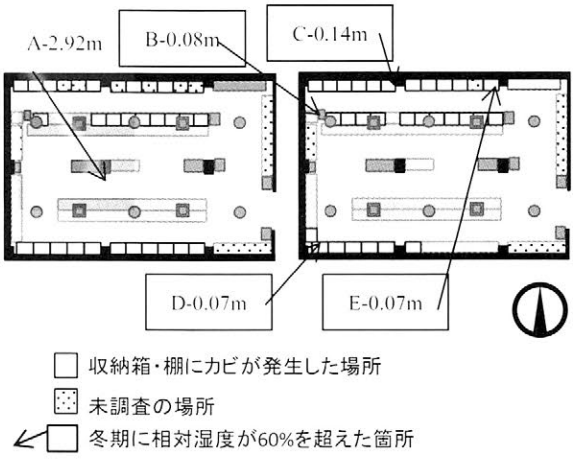


図 2. カビ発生—(左)腰上(右)腰下

いえる。冬期に測定を行った北側の通路の東西方向の風速は0.04m/s程度であり非常に小さかった。また、図1の点線で示す2つの吹出口は、その北側に収蔵物が置かれており(図3)、吹出口の気流が阻害されている。以上より、吹出口からの気流が北側の通路に、殆ど流れていないと考えられる。 **4. 冬期における収蔵庫内の温湿度と気流のCFD解析による再現** 収蔵庫の3次元モデルを作成し汎用ソフトのソフトウェアクレイドル社のSTREAM v11を用いて解析を行った。**4-1. 実測と解析の比較** 図4の床近傍の箇所(①～⑦)について、図5に温度の実測値と解析値の比較を示す。温度は、③を除き、相対的に④が低く、⑤、⑦が高くなる傾向は、実測と解析で一致した。床近傍以外の箇所についての温湿度は、大略一致した。また、図4の点線で囲った北側通路で気流の方向を実測と解析で比較したが大略一致した(図省略)。 **4-2. カビ発生原因の検討** 解析の結果、上下で温度分布が生じた。また、外壁に近い収蔵物は温度が低く、高さが低い位置は顕著であった。相対湿度は温度の低い位置で高かった。低い外気温が、外壁を通して、収蔵物へ伝わることが、冬期におけるカビ発生の被害の原因であることが分かった。

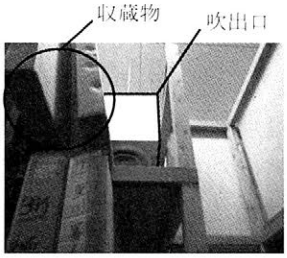


図3 図4①の吹出口

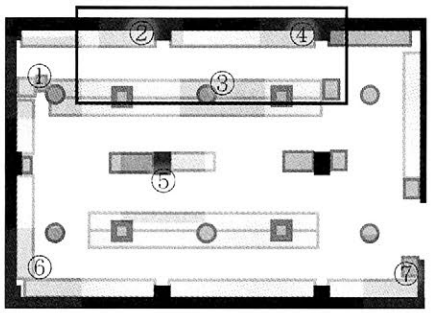


図4. 温度測定位置

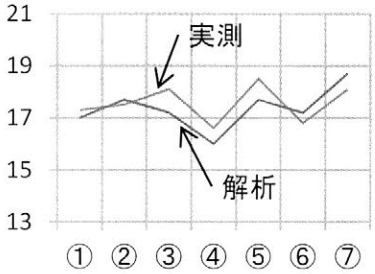


図5. 温度の測定値と解析値

5. CFD解析による対策案の検討 **5-1. はじめに** 対策案として、Ⅰ:2つの吹出口の北側の収蔵物を除く、Ⅱ:棚・収蔵物と外壁の隙間を大きくすること、Ⅲ:外壁の断熱性の向上が考えられる。CFD解析結果からⅠだけでは収蔵物の相対湿度は効果的に下がらなかった。以下ではⅡの検討結果を示す。なおⅢは、今後検討する。 **5-2. 対策案Ⅱ－解析モデルの概要と結果** 解析では、棚・収蔵物と外壁の隙間幅を、再現モデルの5mmから100mmに変更した。解析の結果、Ⅱのモデルは、殆どの場所で再現モデルと比べ、温度が高くなり(図6)、吹出口からの気流が、隙間に通るようになった(図省略)。

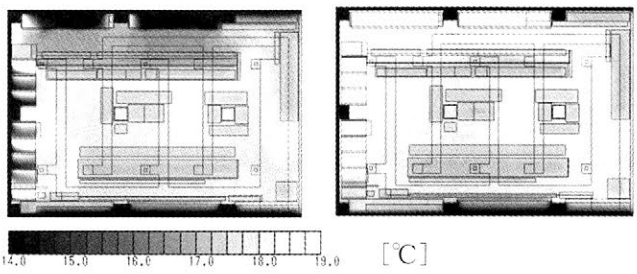


図6. 床面高さ0.1mの温度分布の解析結果の比較
(左) 再現モデル (右)対策案Ⅱモデル

6. 結論 1) 実測結果から、相対湿度が60%以上になった箇所の周辺では、カビが発生していることが分かった。冬期において、北側の通路の床近傍の温度低下は、吹出口からの気流の阻害と、外壁の温度低下によると考えられる。 2) CFD解析モデルにより、一部を除き温度・気流分布を大略再現できた。これを用いた改善策の検討結果から、北の2つの吹出口近くの収蔵物を除くだけでは、収蔵庫の温湿度状況の改善はできないこと、また棚と外壁の隙間を大きくすることで温湿度状況の改善に効果的であることが分かった。

元町石仏の保存に関する研究

―熱水分移動の数値解析による石仏各部の塩類風化の進行の検討―

Study on the preservation of a stone Buddha carved into a cliff at Motomachi
-Investigation of the progress of salt damage on the individual parts by the numerical analysis for heat and moisture transfer-

高取伸光（京都大学）、○小椋大輔（同左）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、
安福勝（近畿大学）、桐山京子（京都大学）、高妻洋成（奈良文化財研究所）
Nobumitsu Takatori, ○Daisuke Ogura(Kyoto University), Soichiro Wakiya(Nara National Research Institute for Cultural Properties), Masaru Abuku(Kindai University), Kyoko Kiriyama(Kyoto University), Yohsei Kohdzuma(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに　元町石仏は昭和9年に国指定史跡となった大分市を代表する磨崖仏である[1]。元町石仏では主に岩盤を通じた地下水の浸透の影響により様々な劣化が生じている。現在では特に石仏表面における塩の析出や藻類や蘚苔類の存在が確認されており、塩類風化や着生生物の繁茂に伴う劣化の進行が懸念されている。本研究の最終目標は元町石仏の劣化の主要因である塩類風化を、覆屋の改修や空調制御など環境制御により抑制する方法を提案することである。本報では現状の覆屋内環境が石仏の劣化に与える影響を検討する。元町石仏中央に位置する薬師如来像を対象に、石仏内部の熱水分移動の数値解析による結果を用いて石仏各部のNa_2SO_4の相変化に伴う塩類風化について検討を行う。

2. 塩類風化の評価　塩類風化現象は多孔質体内部に析出した塩が熱膨張や水和反応を生じるとき、もしくは結晶化する際に生じる圧力により多孔質体を破壊する現象と考えられる[2]。元町石仏の表面で確認されている塩の中でも、Na_2SO_4は無水和物であるThenardite（Na_2SO_4）から水和物であるMirabilite（$Na_2SO_4・10H_2O$）へと状態が変化する際に生じる圧力が多孔質体を破壊する原因と考えられている[3]。Na_2SO_4の状態はその場所の温湿度によって決まり[4]、検討部位でNa_2SO_4が析出していると仮定するとNa_2SO_4による塩類風化はその部位における熱水分性状の年間変動から予測することができる。本研究ではこの仮定から石仏内部の熱水分性状の年間変動の解析結果をNa_2SO_4の状態図上にプロットし、部位毎の変化を比較し、塩類風化の進行について検討を行う。

3. 解析概要　解析対象は図1に示すように元町石仏中央に位置する薬師如来像を中心断面とし、背後の崖面の岩盤全体を含めた2次元系のモデルとする。解析には熱水分同時移動方程式[5]を用い、土壌の熱水分に関する物性値は李らがまとめた文献値[6]を基にし、凝灰岩の物性値は文献値[6][7][8]を基に推定した。覆屋内側と外気側の総合熱伝達率はそれぞれ9.3W/m^{2}K、23.3 W/m^{2}K一定とし、対流熱伝達率はそれぞれ4.0W/m^2、16.0W/m^{2}とする。湿気伝達率は対流熱伝達率からルイ

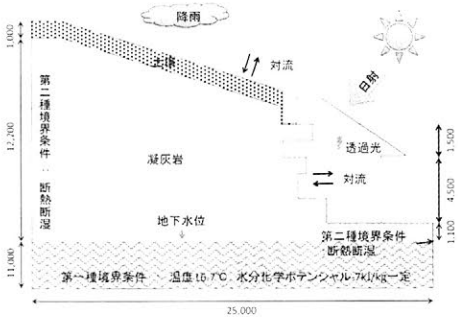


図1 石仏を含めた崖面断面図

ス関係を用いて求める。境界条件は2013年度の大分地方気象台の外気温湿度及び降水量[9]と、覆屋内で測定された温湿度[10]を使用し、日射は既報[11]の手法により推定した値を用いる。

4. 解析結果と考察 図2に2013年.3月31日における石仏内部の含水率分布を示す。地下水の影響により石仏深部の含水率が高くなること、石仏の表面近傍で含水率が減少することが分かる。また表面近傍の含水率が部位の形状ごとに異なっており、頭部や膝といった凸部は表面から少し深い位置においても含水率が低いのに対し、腰のような凹部は表面から少し深いところで含水率が急激に高くなることが分かる。以下では部位形状の違いが石仏内部の熱水分性状に与える影響に着目し、膝と腰におけるNa_2SO_4の相変化について考察を行う。図3にNa_2SO_4の温度・相対湿度に関する状態図に腰(P1,P1a)における月平均温湿度の解析結果を重ね合わせた結果を、図4に膝(P2,P2a)における結果を示す。なおP1aはP1から水平方向に1mm深い位置、P2aはP2から水平方向に3mm深い位置である。Na_2SO_4の状態がThenarditeからMirabiliteへと変化する際に塩類風化が生じると考えると、P1a以外の場所では塩の相変化が生じうると考えられる。凸部であるP2では表面から少し深い位置においても塩の相変化が生じうるが、凹部であるP1では表面から少し深い位置では塩の相変化が生じづらいため、同一高さでは凹部よりも凸部の方が塩類風化の生じやすい環境にあると考えられる。

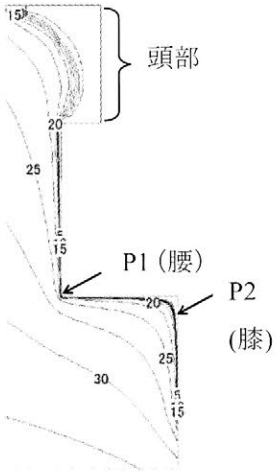


図2 石仏内部の含水率

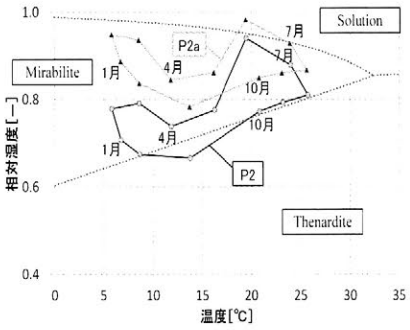


図3 腰(P1)における温湿度とNa_2SO_4の状態図

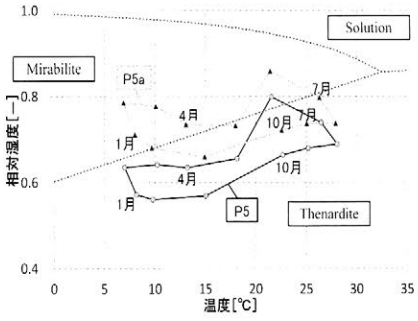


図4 膝(P2)における温湿度とNa_2SO_4の状態図

5. 結論 本報では元町石仏を対象に石仏内部の熱水分挙動の数値解析を行った。その結果を用いて石仏各部のNa_2SO_4の相変化に伴う塩類風化について検討を行い以下の結論を得た。元町石仏では地下水位が高いため、石仏深部の含水率が高くなるが表面近傍で含水率が減少する。凹部では表面から少し深い位置では含水率が高くなるが、凸部は表面から少し深い位置においても含水率が低くなり、このため、Na_2SO_4の相変化に伴う塩類風化は凹部よりも凸部の方が生じやすくなると考えられる。

謝辞 本研究の実施にあたり、奈良文化財研究所埋蔵文化財センター保存修復科学研究室長 高妻洋成氏には貴重なご支援・ご指導を頂いた。大分市教育委員会河野史郎氏には当時の記録、測定データの提供など多大なるご協力を頂いた。また本研究の一部は石造文化財の保存研究会から調査研究費および、科学研究費補助金若手(A)(課題番号:26709043、研究代表者:安福勝)による。厚く御礼申し上げます。
参考文献 1) 大分市教育委員会:国指定史跡大分元町石仏保存修理事業報告書, 1996 2) 松倉公憲:地形変化の科学—風化と浸食—, pp19-23, 2008 3) Andrew S. Goudie, Heather A. Viles, "SALT WEATERING HAZARDS", Wiley, ISBN 0471958425, p106-107, 1997 4) R. J. Flatt, 2002, Salt damage in porous materials: how high supersaturations are generated, Journal of Crystal Growth, pp. 435-454 5) 松本衛ら:新建築学大系10 環境物理, 彰国社刊, 1984 6) 李永輝, 小椋大輔, 鉾井修一, 石崎武志:高松塚古墳の発掘前後の石室内温湿度環境変化と応急保存対策の効果の解析, 日本建築学会環境系論文集(658), pp.1041-1050, 2010 7) Magdi KHALIL and Takeshi ISHIZAKI : Moisture Characteristic Curves of Tuff Breccia Stone, 保存科学第47号, pp11-19, 2008 8) 大分市教育委員会:大分元町石仏地質調査委託報告書, 1986 9) 気象庁:過去の気象データ検索, http://www.data.jma.go.jp, 2014年11月27日閲覧 10) 大分市教育委員会:大分元町石仏平成25年度調査業務委託報告書, 2014 11) 高取伸光、小椋大輔、脇谷草一郎、安福勝、桐山京子:元町石仏における磨崖仏の保存に関する研究—覆屋内環境が塩類風化に与える影響の検討—, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第55号・環境系, pp133-137, 2015

交流インピーダンス法を用いた埋蔵環境下における金属製遺物の腐食速度に関する検討
Study on corrosion rate of metal artifacts buried in archaeological site by means of AC impedance method

○柳田明進（橿原考古学研究所）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）髙妻洋成（同左）
○Akinobu Yanagida(Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture), Soichiro Wakiya (Nara National Research Institute for Cultural Properties), Yohsei Kohdzuma(〃)

1. はじめに

多数の青銅製遺物が出土した福岡県宗像市の田熊石畑遺跡では、未発掘の墳墓内においても青銅製遺物が埋蔵されていると推定されている。当面の間、これらの遺物は現地にて埋蔵環境下で保存される予定であり、その保存の観点から現地での腐食挙動を把握する必要がある。青銅製遺物の腐食は溶存酸素（DO）の還元がカソード反応であり、土中でのDO濃度が腐食を支配する。一方で、土中でのDO濃度は土壌の含水状態に支配されるため、埋蔵環境下での金属製遺物の腐食は土壌の含水状態に大きく影響される。既報では現地の気象および土中の水分量、温度、酸素濃度について実測調査をおこない、土中温度は日変化を示し、高含水状態が維持されていることを明らかとした[1]。ここでは土中の温度、水分状態が腐食に及ぼす影響を検討するため、湿潤土の乾燥過程における炭素鋼および銅の腐食速度を交流インピーダンス測定によってモニタリングする室内実験をおこなった。

2. 実験方法

実験では1000 μS/cmに調製した塩化ナトリウム溶液とDL粘土を一定の割合で混合した湿潤土をアクリル製カラムに充填した。カラムの下端部には、炭素鋼（SS400）、タフピッチ銅（C1100）を切り出して作成した2電極セルをエポキシ樹脂にて封入した同径のカラムを設置した。なお、電極には2電極の同心円状のものを用い[2]、電極表面は湿式研磨にて#2000まで仕上げた。それぞれの電極は周波数応答解析装置（FRA）付属のポテンショスタットに接続し、インピーダンス測定を実施した。測定では10 kHzおよび10 mHzのインピーダンスを連続で測定し、それぞれのインピーダンスを溶液抵抗、溶液抵抗＋分極抵抗とみなし、その差より分極抵抗を算出した。試験中は電子天秤を用いて湿潤土の乾燥に伴う重量減少を測定し、含水率の変化も同時に算出した。なお、試験環境は10℃、20℃、30℃の恒温状態とした。

3. 結果および考察

炭素鋼、銅で得られた分極抵抗の逆数の変化を図1および2に示す。腐食速度（i_{corr}）と分極抵抗（R_p）には次の関係がある[3]。

$$i_{corr} = k/R_p \qquad (1)$$

なお、kは腐食の酸化還元反応によって定められる定数であり、式（1）より分極抵抗の連続測定により腐食速度のモニタリングが可能であることが示される。図1、2より、10、20、30℃の試験環境において、炭素鋼、銅ともに乾燥過程における$1/R_p$の変化は概ね同様の傾向を

示した。すなわち、水分飽和した初期の段階では腐食速度は緩やかに低下した後、含水率が低下する過程で腐食速度は上昇して極大値を示した。さらに乾燥が進み含水率が低下するにつれて腐食速度は徐々に低下した。湿潤土が飽和状態にある初期の段階では、DOは土中の間隙水の拡散によって支配される。したがって、その移動は極めて緩慢であるとともに、電極表面では腐食反応によって常にDOが消費されるため、実験開始から徐々に腐食速度は低下したと考えられる。次に湿潤土の乾燥が進み含水率が低下すると、土中に空隙が発生して気相酸素が空隙を介して電極近傍まで供給されるようになり、腐食速度は上昇したと考えられる。さらに乾燥が進んだ場合、電極近傍での液膜厚さが薄くなることで、腐食が鉄の溶解であるアノード反応に律速されるようになり、腐食速度は低下したと考えられる。一方で、銅で得られた$1/R_p$は炭素鋼に比べて約1/10の値を示した。銅、銅合金および鉄における腐食速度の比例定数（k）はそれぞれ、0.020 V、0.034 Vとされていることから[4]、青銅製遺物の実際の腐食速度は鉄製遺物に比べて約1/10と考えられる。これは、銅の標準電極電位（+0.34 V vs SHE）は鉄（-0.44 V vs SHE）に比べて高く、その耐食性が高いことが要因と考えられる。また、腐食速度の温度依存性は炭素鋼において明確に認められ、腐食速度は10 ℃の試験に比べて30 ℃では約2倍に増加した。銅では試験温度にかかわらず常に低い腐食速度を示しているものの、土中の金属製遺物の腐食においては周辺の温度変化が腐食速度に影響を及ぼすと考えられる。

4．まとめ

交流インピーダンス法を用いた室内実験から埋蔵環境下における金属製遺物の腐食を検討した。その結果、1）腐食速度は土中が水分飽和した状態において停滞し、乾燥に伴い含水率が低下することで急激に上昇し、さらに乾燥が進むにつれて低下することが認められた。また、2）腐食速度は鉄製遺物に比べて青銅製遺物では顕著に低く、3）周辺の温度の上昇に伴い上昇することが示された。田熊石畑遺跡では埋蔵深度が比較的浅いため土中温度は夏期に比較的高い傾向を示しており、夏期に金属製遺物の腐食速度が上昇すると考えられる。また、土中では高含水状態が維持されているものの間欠的に低下することが認められており[1]、乾燥時には気相酸素の介入により腐食速度が上昇する可能性が示唆された。

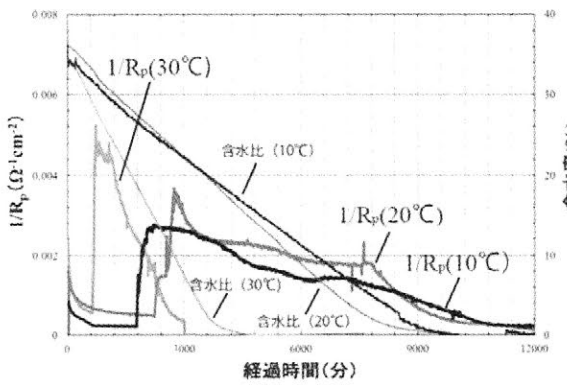


図1　炭素鋼における$1/R_p$および含水比の変化

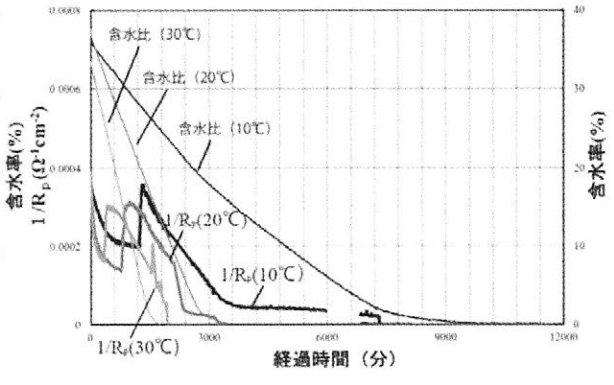


図2　銅における$1/R_p$および含水比の変化

謝辞：本研究を実施するにあたり宗像市市民協働・環境部郷土文化課文化財係に多大なるご協力を頂いた。ここに記して深く謝意を申し上げます。
参考文献：1）脇谷草一郎、柳田明進、萬夏洋成（2013）日本文化財科学会第30回大会要旨集、pp.338-339　2）片山英樹、野田和彦、山本正弘、小玉俊明（2001）日本金属学会誌、第65巻、pp.298-302　3）電気化学会編（2002）電気化学測定マニュアル　実践編、丸善、pp.143-149　4）腐食防食協会編（2002）金属の腐食・防食Q&A　電気化学入門編、丸善、pp.82

石造文化遺産の着生地衣類が生成する石材溶解成分の分布に関する研究

A study on the distribution of stone dissolved components generated from epiphytic lichens of stone cultural heritage

○河崎衣美（筑波大学）、松井敏也（同左）

○KAWASAKI EMI, MATSUI TOSHIYA (University of Tsukuba)

1. はじめに

屋外環境に曝される文化遺産の生物的劣化要因のうち、地衣類による劣化は注目される一つである。本研究は石造文化遺産に着生する地衣類の体内および、石材と地衣類の界面における石材溶解成分（二次代謝産物である地衣成分やその他の有機酸）やバイオミネラルの分布を把握することで石材劣化のリスクを明らかにし、修復の分野においてもクリーニングや強化処置の必要性における重要な情報を提供することを目的としている。これまではX線回折分析およびX線分析装置付帯走査型電子顕微鏡による観察を組み合わせ、バイオミネラルの分布について解析を行ってきた[1)]。本報では、主に地衣類の二次代謝産物の分布を把握するために顕微赤外分光法を試行し、有効な分析手法の検討を行った結果を報告する。

2. 方法

対象として岩上生地衣類のみの試料（12種、アンコール遺跡バイヨン寺院着生）と地衣類が付着した石材の試料（1種、転石）を用いた。分析は高輝度光科学研究センターの大型放射光施設SPring-8のビームラインBL43IRに設置された顕微赤外分光分析装置を使用し、透過法およびATR法により測定を行った。条件は分析波長4000cm^{-1}から600cm^{-1}、スキャン回数64、分解能4cm^{-1}とした。まず全試料についてマイクロサンプリング用マニピュレーターにセットした片刃ナイフを用いて薄切片をとり、プレスして厚さ10μm程度の薄片を作製し、透過法によりライン分析を行った。地衣類が付着した石材の試料については地衣類と石材との界面に対して垂直方向に破砕した断面をとり、ATR法により測定した。また同断面よりマイクロサンプリング用マニピュレーターにセットした両刃ナイフを用いて径10μm程度の微小片を採取し、透過法にて測定を行った。なお測定したすべての試料について前述した以外に特別な前処理は行っていない。

3. 結果と考察

岩上生地衣類のみの試料のうち、*Physciaceae* sp. #4[2)]の薄切片プレス前（Fig. 1）およびプレス後（Fig. 2）、測定点（Fig. 3）を示した写真を示す。写真の上部は地衣類の背面（表面）、下部は石材と接する面である。上部から下部にかけてライン分析を行った結果（Fig. 4）、部位によって異なるスペクトルが検出されており、地衣体内の物質の分布を解析可能であることがわかった。Fig. 3の中央付近のaと下部付近のbを比較すると、中央付近aでは1600 cm^{-1}、1310 cm^{-1}、780

cm^{-1}付近にシュウ酸カルシウムのピークが検出され、下部付近bでは検出されなかった(Fig. 5)。これはX線分析装置付帯走査型電子顕微鏡によるシュウ酸カルシウムの分布解析結果と一致する結果であった。ATR法は地衣類を試料の形状を崩すことなく分析する方法の一つとして試行したが、本研究で求める測定面積には適さなかった。微小片の透過測定についても部位によってスペクトルの違いが出ており、薄切片の採取が困難な地衣類の分析に適すると考えられる。

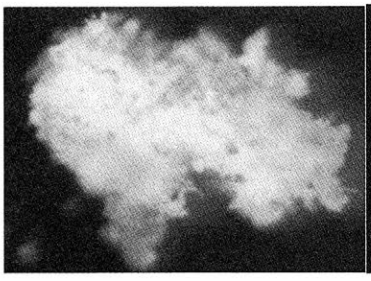


Fig. 1　薄切片プレス前

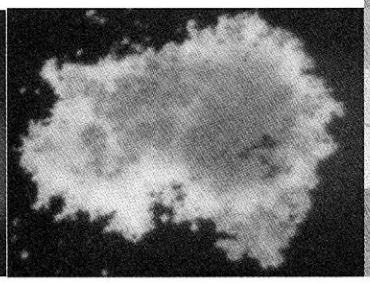


Fig. 2　薄切片プレス後（反転）

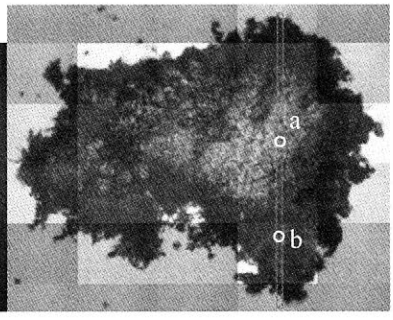


Fig. 3　測定点

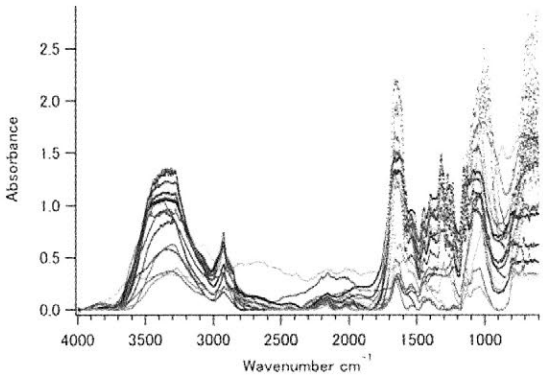


Fig. 4　22測定点における赤外スペクトル

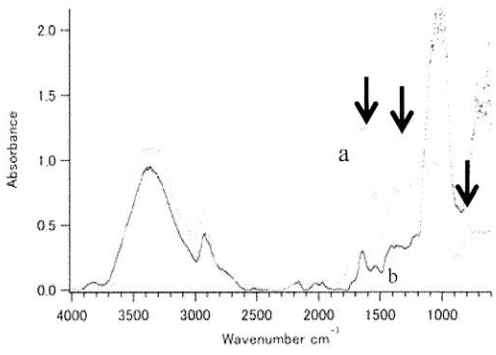


Fig. 5　測定点aとbの赤外スペクトル
（矢印はシュウ酸カルシウムのピーク）

4. まとめ

透過法測定では地衣類体内および地衣類と石材との界面における赤外吸収特性の違いが明らかとなった。またバイオミネラルであるシュウ酸カルシウムの分布を測定することが可能であった。また、地衣類と石材との界面において地衣類の二次代謝産物と考えられる吸収が検出された試料があり、今後の研究において精査する必要がある。今回の結果から、透過法の測定により石材溶解成分の分布に関する情報が得られると考える。

［文献］
1） 河崎衣美 他，着生地衣類のバイオミネラリゼーションに関する研究-バイオミネラル元素の挙動，第36回文化財の保存および修復に関する国際研究集会　文化財の微生物劣化とその対策要旨集，2012
2） 河崎衣美 他，石造文化遺産保存を目的とする地衣類の記録方法の確立に関する研究—カンボジア，アンコール遺跡の事例，Lichenology Vol. 11, no. 2,pp.39-52, 2013

本研究の一部は、JSPS 科研費 26882005 および 25257503 の助成を受けて行った。国外採取試料の国内での利用管理については農林水産省横浜植物防疫所の指導の下に行っている。

鷹島海底遺跡出土遺物の現状について

Relics condition of Takashima underwater site

○合澤哲郎（松浦市立鷹島埋蔵文化財センター）
○Tetsuro Aizawa (Matsuura City Archaeological Research Center)

1．はじめに

長崎県北部に位置する松浦市鷹島沿岸部に広がる鷹島海底遺跡は13世紀に行った元寇の終焉の地として知られており、平成25年の調査では竜骨と外板材の一部が残存する1号沈没船が、平成27年の調査では船体構造がはっきりと視認できる2号沈没船が確認されたところである。

今回、鷹島海底遺跡から出土した遺物の種類や、施した保存処理の内容と処理後に発生した問題について紹介する。

2．鷹島海底遺跡について

鷹島海底遺跡は鎌倉時代に起こった元による2度の日本侵略の内、2度目にあたる弘安の役(1281年)の終焉の地となる遺跡である。

鷹島では1980年以前より地元漁師によって壺類や刀剣、碇石などの遺物が海底から引き揚げられていた。1980～1982年にかけて東海大学の茂在寅男氏による科学研究費特定研究「水中考古学に関する基礎的研究」により褐釉壺や磚など285点もの遺物が発見され、鷹島島内に伝わる伝承や元寇に関連する古文献資料より、鷹島の海底が元寇に関連した遺物の包蔵地であることが明らかとなった。研究の最中の1981年には遺物が集中する鷹島南岸海域が「鷹島海底遺跡」として周知の埋蔵文化財包蔵地として登載された。

その後も、鷹島海底遺跡では離岸防波堤、護岸埋立工事の際の緊急調査、琉球大学の池田榮史教授による科学研究費補助金基盤研究「水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究」による調査が行われ、特に鷹島南岸に位置する神崎港周辺域では大型の木製碇や多くの陶磁器、瓦磚類、船材が発見され、2012年3月27日の「鷹島神崎遺跡」の国史跡指定の要因となった。

3．遺物の保存処理

1994年の鷹島神崎港の緊急調査に伴う発掘調査において大型の木製碇を発見したことを機に、本格的に鷹島海底遺跡出土遺物の保存処理を進めていくこととなった。

保存処理には発見当時、最も遺物に適しているとされた次の処理を行った。

・木製品：ポリエチレングリコール含浸法
・木製品＋金属製品（複合製品）：高級アルコール法、ラクチトール法
・鉄製品：パラロイド NAD-10 による強化含浸処理
・銅製品：BTA による安定化処理の後、パラロイド B-72 による強化含浸処理

４．発生した課題と原因

保存処理が終了した遺物は鷹島歴史民俗資料館にて展示公開、鷹島埋蔵文化財センターにて保管管理されている。

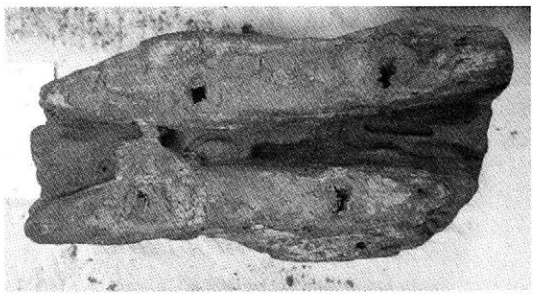
しかしながら、処理から年数が経ち、遺物の状態が悪化し、当時の処理方法では対処できない遺物があることが分かってきた。その中で、特に著しい劣化を確認した遺物を紹介する。

①3 号碇挟み板(複合遺物)

処理方法：高級アルコール法
処理年度：平成　　年度
劣化状況：板材に貫入していた鉄釘の頭部が内部からはじけるように破損。灰褐色の錆が確認され、分析の結果、硫酸鉄(ゾモルノク石：FeSO4!H2O)を確認した。

②船材(複合遺物)

処理方法：ポリエチレングリコール含浸法
処理年度：平成２５年度
劣化状況：板材に貫入していた鉄釘孔内部の錆が内部からはじけるように破損。灰褐色の錆を確認。



これら遺物の劣化の原因については調査中であるが、鉄釘に関しては脱塩装置を用いて、改めて処理を行ない、脱塩溶液サンプルより塩化物イオン・硫酸イオンの反応を得たことから、１０年以上に及ぶ水道水による脱塩では脱塩できていないことが明らかとなった。

５．今後の取り組みについて

今後、保存処理を進めていくにあたり、現在まで実施してきた水道水に浸漬させるだけの脱塩処理方法を見直す必要が出てきた。

また、過去に保存処理を行なった遺物に関しても、劣化の発生を防ぐために、保管環境の見直し、再処理を行なうことを視野に入れていく必要がある。

複合遺物に関しては、過去の実績より糖アルコール法、トレハロース法による処理では問題が発生していないため、何故このように処理後の状態に差が出たのかを改めて調査する予定である。

砂岩製文化財の劣化に及ぼす環境因子の影響
－七本官軍墓地下浦砂岩製墓石を例として－
Deterioration of sandstone affected by the surrounding environment
-A case study of Shimoura sandstone gravestones of the Government Army Cemetery in Nanamoto

○杜之岩（京都大学）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、高妻洋成（奈良文化財研究所）
○Du Zhiyan[1], Soichiro Wakiya[2], Yohsei Kohdzuma[2]
[1]Kyoto University, [2]Nara National Research Institute for Cultural Properties

1. はじめに　熊本市北区植木町に所在する七本官軍墓地は、西南戦争中に起こった田原坂の戦いによる戦死した政府軍の兵士を埋葬するために建設された墓地である。昭和58年に熊本県文化財に指定された。建設後、約140年を経過している墓地にある下浦砂岩製墓石の保存状態は近年に悪化しているという報告がある[1]。本研究では七本官軍墓地の下浦砂岩製墓石を対象として、墓石の劣化原因の解明を試みた。

2.調査方法　墓石の劣化状態を把握するため、フィールド調査では七本官軍墓地にある300基の墓石のうち、19基の墓石を調査対象とした。19基の墓石に対して先ず目視観察をおこない、また、墓石の破片から作成した薄片試料の観察をおこなった。また、墓石に与える日射の影響を検討するため、七本官軍墓地において開空率を測定し、調査の間に日射量を実測した。赤外線放射温度計とコンクリートモルタル水分計を用いて、墓石各面の表面温度と表面の誘電率を測定し、後者についてはあらかじめ作成した誘電率と石材含水率の検量線から含水率を算出した。測定手順は以下の通りである。①墓石各面の中心部の上面から10 cm下の箇所から10 cm間隔で9点の測定箇所を選定した。②墓石北面から北、東、南、西の順に各墓石面にある全ての測定箇所の表面温度と表面含水率を測定した。③測定間隔はほぼ1時間に1回とした。なお、測定は2015年9月17日に午前10時から午後4時であった。

3.調査結果と考察

3.1.目視観察ならびに偏光顕微鏡観察　目視観察の結果、七本官軍墓地の下浦砂岩製墓石に発生している劣化現象は、主として亀裂と地衣類の着生の二種類である。これらのうち、亀裂は方位に依存することなく、層理面に沿って、墓石表面から数センチの深さの部分で発生している。収集した破片の表面にも元々層理面に沿って細かい亀裂があった。破片を薄片に作製して偏光顕微鏡により観察したところ、沈殿した褐鉄鉱がよく認められた。図1に示すように白雲母の周囲を褐鉄鉱に充填した。褐鉄鉱の沈殿は破片内部に液水があったと考えられる。細かい亀裂を含む薄片を偏光顕微鏡で観察すると、図2に示すように亀裂を挟んで上部と下部には白雲母が残っており、亀裂の上部にも沈殿した褐鉄鉱が発見された。白雲母などの粘土鉱物はにより膨張する特性を持ち、乾湿の繰り返しに伴う体積の変化によって石材内部に応力が生じる[2]。この破片では周辺の粒子との間の膠結力を失っており、乾湿風化によって生じる応力により層理面に沿って亀裂が発生したと考えられる。

地衣類の着生について、地衣類の同定はなされていないが、着生した地衣の中で石材に対して特異な劣化を生じる地衣が認められた。この地衣が着生した箇所は表面が膨らんで見える。この地衣を除去すると、その墓石表面は凹んだ状態となる。また、凹面は滑らかな状態ではなく、粉状化している様子が観察された。風化を生じる地衣の着生箇所の分布を把握するために、調査をおこなった19基の墓石各面についてこの地衣が発生している箇所を集計した。なお、ほとんどの場合、墓石を構成する下浦砂岩の層理面の方向は墓石の正面と平行であり、東西方向に揃っている。ただし例外として、層理面が墓石の正面と直交する墓石と入れ替えられたために層理面の区別ができない墓石もあった。集計した結果は図3果より地衣の分布は墓石北面に最も多く、次いで東面にやや多く、南面と西面では少ないことが明らかとなった。この地衣の分布は、石材の層理面の方向に関わらず、墓石面の方位に関係があると思われる。

3.2.実測調査　実測した全天日射量から図4をプロットした。図5は七本官軍墓地の開空に示す。また、墓石各面上部の3箇所の各測定時刻に測定した表面温度と表面含水率の平均値を計算して、図4を作成した。図5、図6は同じように測定平均値より作成した墓石中部の3箇所と下部の3箇所の図である。

墓石各面の表面含水率と表面温度は各面に受ける日射量によって決定される。したがって、墓石に与える日射は石材を風化させる地衣類の着生に対する影響を検討するため、この地衣類の分布が墓石面の方向によって異なることは墓石各面の表面含水率と表面温度が関与するかどうかを検討した。図6～図8から、墓石北面は他の三つの墓面より含水率がやや大きい状態を保持していることが認められた。したがって、石材表面が比較的高い含水状態に維持されていることが地衣類の着生を助長している

と推察される。また、地衣類の着生があまり認められなかった南と西面では石材表面温度が他の2面と比較して高い値を示した。図5の開空率の調査結果からも西側と比較して東側は遮蔽物が多いことから、東側では直達光が遮られることに起因すると考えられる。以上のことから、北と東では石材表面温度の日周期変化の振幅は小さいと推察され、地衣類の着生を引き起こしていると考えられる。したがって、地衣類の分布が墓石面の方向によって異なることは墓石各面の表面含水率と表面温度が関与することが認められ、日射は風化を生じる地衣類の分布が墓石面の方向によって異なることに関わる要因と考えられる。

4.まとめ　本研究ではフィールド調査を通して七本官軍墓地の下浦砂岩製墓石を対象として、墓石の劣化原因の解明を試みた。その結果、墓石に発生した劣化は主として亀裂と地衣類の着生の二種類である。これらのうち、亀裂が発生した原因は乾湿風化によるものと推測される。一方、着生した地衣の中で石材に対して特異な劣化を生じる地衣が認められた。その地衣の分布は、石材の方向に関わらず、墓石面の方位に関係があるものと考えられる。また、実測調査及び年間日射量の計算では、日射は風化を生じる地衣類の分布が墓石面の方向によって異なることに関わる要因と考えられる。今後、墓石表面上の結露や塩類風化の可能性を検討する必要がある。また、地衣類の同定も必要である。

謝辞　研究にあたり，熊本市観光文化交流局文化振興課に多くのご協力を頂いた。ここに深く謝意を申し上げます

参考文献 [1] 熊本市教育委員会:熊本市の文化財第48集田原坂V西南戦争遺跡・田原坂第5・6次調査の概要,pp.8 (2015).
[2] E.Doehne, S.Simon, U.Mueller, ect: Characterization of Carved Rhyolite Tuff–The Hieroglyphic Stairway of Copan, Honduras. Restoration of Buildings and Monuments, 11(4), pp: 247–254 (2005)

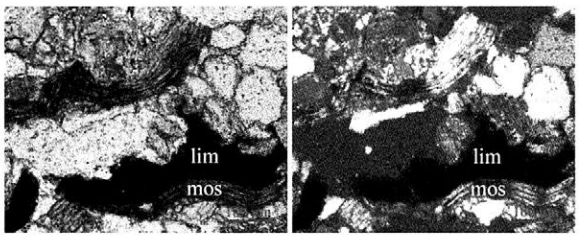


図1 沈殿した褐鉄鉱の偏光顕微鏡写真

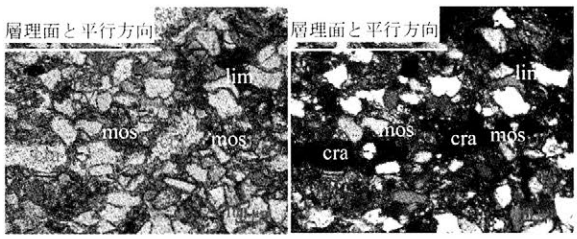


図2 破片断面に残ったクラックの偏光顕微鏡写真

注:左オープンニコル,右クロスニコル, lim:褐鉄鉱 mos:白雲母 crack:亀裂

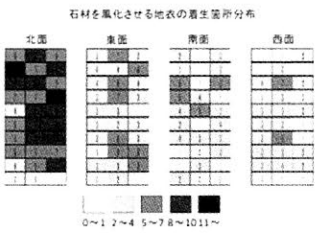


図3

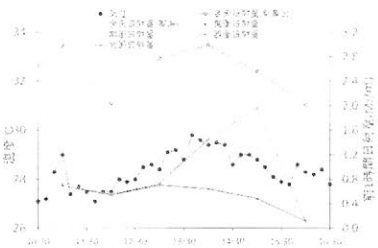


図4

図5

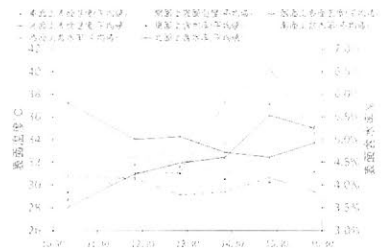


図6

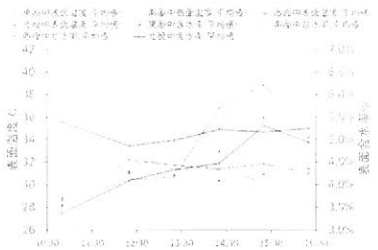


図7

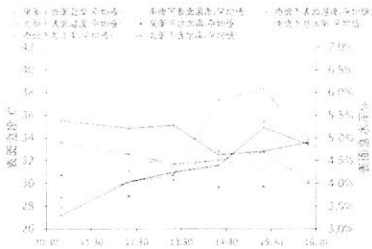


図8

出土青銅製文化財の保存処理に使用されたアクリル樹脂の劣化について（２）

Deterioration of Acrylic Resin used to Conservation of Excavated Bronze Cultural Properties (2)

○山田卓司（公益財団法人 元興寺文化財研究所）、川本耕三（同）、山口繁生（同）、塚本敏夫（同）、田中由理（同）、植田直見（同）

○Takashi Yamada, Kozo Kawamoto, Shigeo Yamaguchi, Toshio Tsukamoto, Yuri Tanaka, Naomi Ueda (Gangoji Institute for Research of Cultural Property)

1. はじめに

出土金属製文化財の保存処理にアクリル樹脂が使用され約40年が経過し、多くの遺物が処理されてきた。アクリル樹脂は耐候性の良い樹脂で化学変化が生じにくい認識があるため、含浸された樹脂の変化を確認するための分析はほとんど行われてこなかった。しかし、国宝荒神谷遺跡出土銅剣について、含浸された樹脂の全反射フーリエ変換赤外分光分析（以下ATR-FTIR）や熱分解-ガスクロマトグラフ/質量分析（以下Pyro-GC/MS）を実施したところ、外見上の変化は見られなかったが未使用の樹脂と比べ分子構造が変化していた[1]。一方、保存処理時に使用された複数のアクリル樹脂や接着剤が、分子構造の変化解析を困難にした事例が確認された。

そこで未使用のアクリル樹脂（NAD-10）を高温度や高湿度下において劣化促進実験を行い、各種分析（ATR-FTIRやPryro-GC/MS及びゲル浸透クロマトグラフィー（以下GPC））により劣化促進樹脂の分子構造を確認した。促進実験樹脂試料の結果と国宝荒神谷遺跡出土銅剣より抽出した樹脂試料の結果との相違を検討することで、アクリル樹脂の変化をより詳細に解析することができるものと考えられる。

2. 分析対象

アクリル樹脂（パラロイドNAD-10）を6か月間それぞれの環境に保管したものを分析対象とした。条件は次の通りで、60℃（塗膜硬化）、105℃（塗膜硬化・黄変）、60℃95%RH以上（塗膜硬さ変化なし・白化）でカッコ内に記載した変化が観察された。また、国宝島根県荒神谷遺跡出土銅剣から抽出したアクリル樹脂と比較を行った。

3. 分析方法

ATR-FTIRは赤外分光光度計（SENSIR TECHNOLOGIES製 TravelIR)を用い、極微量の試料をそのまま測定部に設置し検出器にDLATGSを用い、分解能4 cm^{-1}で測定した。

Pyro-GC/MSはGC/MSに（日本電子製JMS-Q1050GC型GC-MS）を使用し、熱分解に（フロンティア・ラボ製EGA/PY-3030D型熱分解装置）を使用した。測定は試料をガス化した後、Agilent J&W製カラム（DB-1ms 60m×0.25mmI.D.×0.25μm）を用い、EI法により分析した。

GPCは高速GPC装置（東ソー製HLC-8320GPC）にカラムTSKgel SuperGMHxlSP30cm2本、テ

トラヒドロフラン溶離液を用いてポリスチレン標準（分子量範囲LogM：2～6）にてサンプリングピッチ100m秒で測定した。

4. 結果・考察

アクリル樹脂を60℃、105℃、60℃95％RH以上の環境に保管したものと国宝荒神谷遺跡出土銅剣に含浸されたアクリル樹脂をアセトンで抽出した試料（銅剣B74、B85の刃部分）とを比較したATR-FTIRとPyro-GC/MS結果を図1に示す。またGPCより算出した重量平均分子量（Mw）は、NAD-10（60000, 62000）、60℃（68000, 73000）、105℃（84000）、60℃95％RH以上（62000）であった。60℃加温した樹脂は、塗膜硬化や分子量変化が観察されたが、骨格構造に大きな変化は観察されなかった。105℃加温した樹脂は、塗膜硬化とともに、構造的な変化が観察された。高湿度下で60℃加温した樹脂は、分子量に変化は観察されないが、構造的な変化が観察された。それらの変化は、銅剣から抽出した樹脂の変化と異なることも明らかになった。

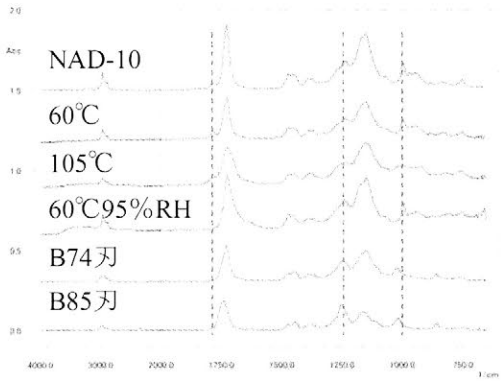


Fig.1. FT-IR spectra of the acrylic resin

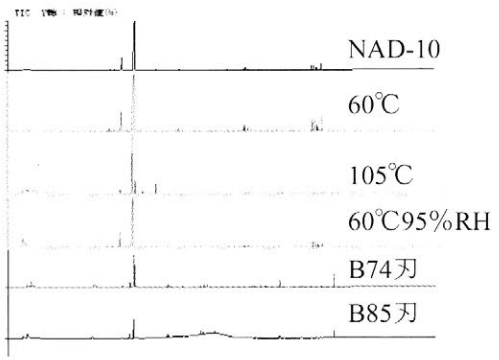


Fig.2. Total ion chromatogram (TIC) of the acrylic resin（350°C Pyrolysis）

5. さいごに

今回、60℃加温した樹脂は構造的に変化せず、105℃加温した樹脂は構造変化が生じていることがわかった。しかし、その変化は銅剣から抽出した樹脂とは異なるものであった。今後、構造変化を促進すると考えられる鉄や銅イオンの存在下60℃加温することでアクリル樹脂がどのように変化するか検討したい。

最後に、本研究を発表する機会を与えていただきました文化庁文化財部美術学芸課、島根県立古代出雲歴史博物館、および国宝荒神谷遺跡出土品修理事業に関する修理検討委員会の委員の皆様に感謝いたします。Pyro-GC/MS分析は日鉄住金テクノロジー株式会社渡邊様にお願いしました。加えて感謝致します。

本研究はJSPS科研費26282072の助成を受けたものです。

参考1：植田直見、「出土青銅製文化財の保存処理に使用されたアクリル樹脂の劣化について」、2015東アジア文化遺産保存国際シンポジウム、ポスター発表

照明光源による彩色試片の加速老化試験

The experiment of colored pieces by accelerated aging for sources of illumination

◯Daiill KANG, Hwasoo LEE(Korea National University of Cultural Heritage), Jiwon KIM(Graduate School of Convergence Cultural Heritage, Korea National University of Cultural Heritage), Jaehyoung RYU, Jinhwan LEE (Korea Institute of Lighting Technology)

I. Introduction

In order to clearly evaluate the information of discoloration that occurred in the relics, it must be grasp of the reaction in the light of each of the material composing priority. In this experiment, we evaluated the effect of the light source condition using LED, LED-Blue, a fluorescent lamp and a halogen lamp through the accelerated aging test targeting colored Han-Ji(traditional Korean paper) pieces and dyeing silk pieces.

II. Materials and Methods

1. Preparation of Test specimens

1) Colored Han-Ji pieces

In this experiment, using colored test pieces which colored as a traditional pigments on Han-Ji after the side graft condition. Specimens are three times coloring did after glue spread(bar type, Bong-Hwang, Japan, 1.7%) on Han-Ji(white paper mulberry, Uiseong, coloring for 28~29g/ms, side graft for 32~33g/ms). Pigments, using two types of red and yellow, and dividing into different way of both inorganic and organic pigments condition because of the light stability. Red colors are Cinnabar and Lac and Yellow colors are Litharge and Gamboge.

2) Dyeing Silk pieces

In this experiment, using silk; boiled silk for wearing, natural dyed. Samples(silk, Hamchang, 32.8cm*16.38m) were dyed with five times. The colors used in the fabrication of dyeing specimens are red, yellow and blue typically used by traditional dress. Each color has different fastness of light. Red color is Sappan Lignum, Yellow one is Gardenia and Blue one is Natural Indigo.

2. The accelerated aging test

Illumination are generally commercial; LED, LED-Blue, a fluorescent lamp and a halogen. It is possible that external light is blocked and distance is regulated for the light source and the sample by independently developed accelerated aging apparatus. An experiment was conducted under conditions of a total 13, as put the difference between the distance of three steps for each light source(500, 900, 1300 ㎜), and control group which was the light completely blocked. Light conditions of illumination used in the experiment is as follows.

		Total luminous flux[lm]	CRI	Total radiation flux [mW]	CCT	Electric power[W]
Attribution	LED	919.61	81.57	2962.31	2546.63	11.77
	LED-Blue	113.29	-	3237.01	-	10.67
	Fluorescent lamp	1123.74	87.80	3419.12	7481.82	18.26
	Halogen	847.86	99.54	5294.99	2925.69	52.80

3. Analysis and Evaluation

It was recorded and analyzed front and rear test specimens using Scanner (PERFECTION V700PHOTO, EPSON, Japan), the color difference meter(Spectro-guide, BYK Gardner, Germany) and a stereoscopic microscope(SMZ1500, Nikon, Japan, ×50 magnification in the measurement). We had evaluated the degree discoloration measured the sighting and the color difference according to completing of accelerated aging experiment result in the front and the rear. And we had observed chemical component and microstructure change a scanning electron microscope(SEM, JSM-6400, JEOL, Japan) and energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer(EDS, INCA X-stream, OXFORD, England).

III. Result of the experiment

The colored strip that is the result of accelerated aging experiments, the surface analysis using scanning, for each of the four light sources, influence on the coloration test piece had not been clearly confirmed. But colors of analysis light conditions, it shows different values of the color difference due to discoloration. It appears different trends about by the material color change which constitutes the sample showed the highest color change short distance to both the three conditions of the light source, the distance and the pigment material. The order in which showed the maximum color difference value is Litharge, Lac, Gamboge and Cinnabar and analysis of the surface in SEM-EDS, the chemical composition and the pigment of the microstructure, have not found a large change. In the silk dyeing test pieces, in the surface analysis using the scan, the color of the test pieces were able to verify that the bright overall, but also showed the same aspects in the stereoscopic microscope photograph. Result of color analysis, showed the value of a different color differences due to discoloration for each condition. The order in which showed the maximum color difference value is Gardenia, Sappan Lignum and Natural Indigo, beside, Gardenia and Sappan Lignum have in common that the maximum color difference value of discoloration by a halogen light source.

IV. Discussion and Conclusions

Conditions of the distance between the illumination used in this experiment, when viewed accumulated illuminance, it can have a real illumination conditions such as museums, experimental results suggest the possibility of the discoloration of displayed objects by the light source that may occur in the future. However, in the case of increasing the integrated illumination, because there is that tendency of the color difference values are displayed larger, there is a need for more diverse and specific experimental verification. This experimental result, it is possible to assess the impact of the light source condition of paintings and textiles. Such a result is expected to be utilized as an important basic information about discolor or fading in cultural property research.

１６－１８世紀のヨーロッパ刊本に用いられた中国の紙

Chinese Paper used for European Books published in the 16 to 18 centuries

○江南和幸 （東洋文庫研究員・龍谷大学名誉教授）、岡田至弘（龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター）、石塚晴通(東洋文庫研究員・北海道大学名誉教授), 徐小潔（東洋文庫）, 篠崎陽子（同左）, 山村義照（同左）

ENAMI KAZUYUKI*, OKADA YOSHIHIRO**, ISHIZUKA HARUMICHI*, XU Xiaojie* SHINOZAKI YOKO*, YAMAMURA YOSHITERU* *Toyo Bunko, **Ryukoku University

1.はじめに

ヨーロッパでは元時代に中国を訪れた旅行者，宣教師たちにより中国では良質な紙が作られていたことはよく知られていた[1]にも関わらず，その後長い間中国の紙がヨーロッパに導入された形跡はなく，グーテンベルグ以後書籍印刷が始まったヨーロッパで中国の紙が 18 世紀末までの刊本に使われたという具体的な証拠はこれまでのところ見当たらない。今回東洋文庫ヨーロッパ刊本コレクションのうち，18 世紀当時ヨーロッパの出版界をけん引していた Leipzig で出版された刊本用紙を中心に，デジタル顕微鏡により詳細に分析した結果，少なからぬ数の刊本で中国製の「わら紙」（稲わらおよび大麦わらを原料とした紙）が使われていることがわかった。以下その実例を示す。

2. 実験方法

キーエンス VHX-500 デジタル顕微鏡により，東洋文庫コレクションの 16～17 世紀のイエズス会出版の書籍，18 世紀に Leipzig で出版されたヨーロッパ刊本を中心に，それらに用いられた用紙の顕微鏡分析を行った。比較のため同時代の中国の刊本の用紙の分析も行った.

3.結果と考察

3-1:カトリック教会文書の用紙

Fig.1 は，東洋文庫コレクションの「ザビエルの生涯」のスペイン語訳，1600 年刊の本文用紙の顕微鏡写真である。用紙中にはヨーロッパの紙には決してみられない植物そのものの遺物が見出された（1→）。明らかに，穀物のわらの表皮である。わら断片はこれ以外にも「ヤソ会年報 1612 年刊」にもみられた。16 世紀にポルトガルから日本に到来したイエズス会宣教師たちによるキリシタン版に日本の鳥の子紙が使われたことはよく知られているが[2]，同時代に日本ではわらを原料とした紙が一般に使われたことはない。わら屑の存在はそれが中国の紙であることを物語る。日本での活動が禁止された以降，ローマカトリック教会では日本の紙の代わりに，出版のための用紙を中国にも求めた確かな証拠である。

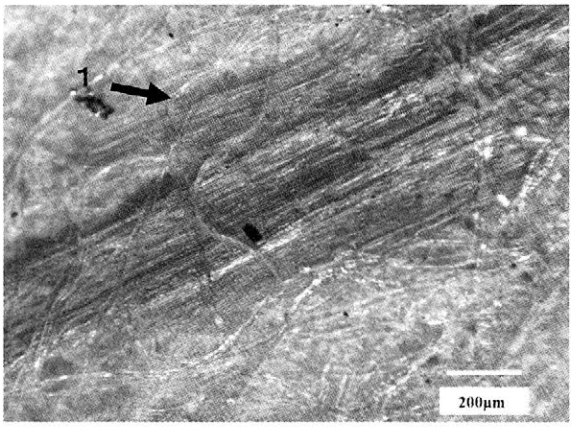


Fig.1 Xavier の生涯スペイン語版の用紙中のわら痕跡（1→）

3-2：ライプチヒ出版書籍の用紙

ヨーロッパにおける書物の歴史を体系的にまとめた「書物の本」[3]によれば，グーテンベルグによる活版印刷の開始以後，ヨーロッパで書籍出版の隆盛をみた中で，ライプチヒはフランクフルト・アム・マインと並び，16~19 世紀のヨーロッパにおいて「指導的な書籍都市に発展した」とされている。今回，東洋文庫のヨーロッパ本中の多くのライプチヒ出版本の用紙にも，以下に示すように「わら遺物」の残るものが見出された。

Fig,2 は， Linnaeus(リンネ)の分類による記載で，日本の植物を初めてヨーロッパに紹介した，C.P. Thunberg の「Flora Iaponica(Japonica)」，1784 年，Leipzig 刊の Table 11 用紙の顕微鏡写真である。

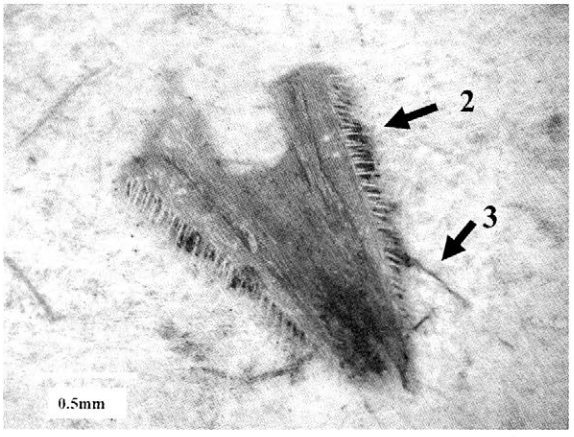


Fig.2 Flora Japonica Table 11 用紙上のオオムギもみ殻痕(2→)と藍染大麻布繊維片(3→)

写真に見られるもみ殻は，表面毛の形状から，オオムギと考えられる（2→）。中国では，稲わらとともにオオムギわらも製紙用に使われていたので，明らかにこれは中国の紙である。また 3→には，藍染大麻布繊維の断片も見られる。この藍染繊維は，ヨーロッパ側の要望に応じて，紙をより白く見せるためにわざわざ加えたものであろう。同書には，他のページ用紙にも多数のわら断片と藍染繊維片とが見られた。同様な用紙は，これまでの観察では 10 冊を越えるライプチヒ本で見出されている。

同時代の中国の紙は多くは竹紙であるが，地方地誌，民間用途本では，上と同様の藍染大麻布繊維入りのわら原料紙も存在する。当時，製紙用途ぼろ布の絶対的不足に悩むヨーロッパでは紙の生産がはかどらず，ヨーロッパ第一の出版都市であったライプチヒでは増大する出版の要請に応じるために，中国からの「わら紙」輸入により出版用紙を確保したと考えられる。

[1] 「中国の紙と印刷の文化史」，銭存訓著 久米康生訳，法政大学出版局，2007 年
[2] 「和紙とヨーロッパとの出会い—東洋文庫所蔵イエズス会クリスチャン版文書用紙の分析」江南他，2014 年日本文化財科学会講演要旨集
[3] 「書物の本」H.プレッサー著，轡田収訳，法政大学出版局，1973 年

長野市宮崎遺跡出土成人骨と乳児骨の同位体分析

Isotope Analyses of Human Skeletal Remains of Adults and Infant Excavated from Miyazaki Site in Nagano City

○日下宗一郎（ふじのくに地球環境史ミュージアム）、藤澤珠織（青森中央学院大学）、
矢野健一（立命館大学）
○Soichiro　KUSAKA（Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka）,
Shiori FUJISAWA（Aomori Chuo Gakuin University）, Kenichi YANO　(Ritsumeikan University)

長野市宮崎遺跡出土人骨の概要　長野県長野市宮崎遺跡は、立命館大学が1994年から2003年にかけて行った調査で縄文時代晩期の石棺墓7基、土器棺3基、配石遺構5基、石器製作場などの遺構が検出された。7号石棺墓から遺存状況の良い乳児骨1体、すぐそばから遺存状況の悪い成人骨2，3体分が残存していた。

7号石棺墓乳児骨は6点測定した。乳児骨詳細は（藤澤・片山、2003）を参照。歯の形成と萌出の段階、頭蓋骨をはじめとする各縫合部分の癒合の段階等に基づき6〜9か月の乳児と推定した。単独の一次埋葬である。前頭骨や頭頂骨に多孔性の骨過形成を認め、貧血性あるいは消耗性疾患が疑われるが、鑑別診断は未実施。クリブラ・オルビタリアやエナメル質限形成出現はない。

成人骨は4点測定した。No. 1260は，大腿骨の骨幹部で、残存状態は悪い。成人のものと推定。粗線から右の可能性もある。No. 1263は，上腕骨の骨幹部と推定。残存状態は悪い。No. 1271は大腿骨の骨幹の一部。成人のものと推定。No. 1007は大臼歯。咬耗が進んで咬合面は平らで，象牙質まで達した小さな点が二つ観察される。一部にエナメル質減形成も見られる。左上の第三大臼歯と推測。歯冠計測値は，近遠心径が6.8mm，頬・舌径が10.0mmだった。

同位体分析の方法　炭素・窒素同位体比の分析のために，成人骨1体分から3点，乳児1体から5点の骨試料を採取した。それらをアルカリ洗浄の後，塩酸により脱灰した。純水中で90度で12時間加熱することにより，コラーゲンをゼラチン化させた。それを凍結乾燥することで，コラーゲン試料を得た。約0.5mgのコラーゲンを，元素分析計に接続された質量分析装置（Flash EA-IRMS）にて炭素・窒素同位体比を測定した。

また，成人骨と乳児の歯のエナメル質もデンタルドリルを用いてサンプリングした。酢酸による洗浄の後，ガスベンチII-質量分析装置（GasBench II-IRMS）を用いて炭素・酸素同位体比を測定した。歯のエナメル質は，酢酸による洗浄後，塩酸により溶解し，Sr-specレジンを用いてストロンチウム（Sr）を抽出した。Sr同位体比は，表面電離型質量分析装置を用いて測定した。

同位体分析の結果　炭素・窒素安定同位体比の分析の結果，成人骨1体分から3点測定を行ったがコラーゲンは残存状態が悪く，骨コラーゲンの回収率が1%以下であった。炭素・窒素同位

体比のデータ自体は得られたが，解釈をすることは困難である。乳児１体から５点分析を行ったが，そのうち４点解釈可能なデータが得られた。その炭素同位体比の平均値は-18.8±0.1‰であり，窒素同位体比の平均値は9.8±0.1‰だった。北村遺跡から出土した人骨の値(-20.6±1.1‰，6.2±0.5‰，南川，2001)と比較すると，炭素・窒素ともに高い値を示している。乳児が6〜9ヶ月の歳であることを考慮すると，母乳の摂取に関連した同位体比の上昇と解釈可能である。

歯のエナメル質の炭素・酸素同位体比を測定した。成人骨の第三大臼歯の炭素同位体比は，-12.1‰だった。このように低い値は，第三大臼歯の形成される9〜13歳ころに，C_3植物や陸上哺乳類などC3陸上生態系からエネルギーを得ていたことと，海産資源の利用が極めて低いことを示唆する。また乳児のエナメル質の炭素同位体比は，-12.1‰であり，妊娠15週ころから生後6ヶ月ころにかけて，代謝されていたエネルギー源の値を示している。成人と同様に，C_3陸上生態系からエネルギーを得ていたと考えられる。愛知県吉胡貝塚の人骨の同位体比と比較してもその傾向は顕著である(Kusaka et al., 2015)。

ストロンチウム同位体比は，成人の骨では0.7058であり，歯のエナメル質では0.7064だった。乳児の骨では0.7060であり，歯のエナメル質では0.7066だった。骨の値は，続成作用の影響を排除できず，生前の値と土壌など埋葬環境の値の混合のシグナルだと考えられる。また，歯の値は，それが形成されたこと摂取した食物に由来し，さらにはその食物の生育場所の地質の値を反映していると考えられる。乳児が母体にいた頃に第一乳臼歯が形成されていれば，母親が摂取していた値を反映しているはずである。それらの値は，0.7058〜0.7066という比較的変動の小さい範囲を示している。このことから，この２個体は同じ地域に居住していたと考えられ，地質の異なる範囲を移動した後に埋葬されたとは考えにくい。

分析に際し、片山一道先生にご指導いただき、ご教示を得たことを感謝いたします。

実験番号	袋No.	No.	遺構	死亡年齢	部位	Col%	N%	C%	C/N	$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$	$\delta^{13}C$	$\delta^{18}O$	$^{87}Sr/^{86}Sr$
1260	1260	5	SX6	成人	大腿骨	0.4	7.7	34.2	5.2	8.9	-20.5	-	-	0.705785
1263	1263	8	SX6	成人	上腕骨	0.0	3.8	17.9	5.5	8.3	-21.5	-	-	-
1271	1271	11	SX6	成人	大腿骨	0.2	4.0	25.5	7.3	11.2	-20.5	-	-	-
1007	1007	8	SX6	成人	第三大臼歯	-	-	-	-	-	-	-12.1	-9.4	0.706422
1083-1	1083	1	SX6	乳児	肋骨	5.0	15.6	43.8	3.3	9.5	-18.7	-	-	0.706003
1083-B6	-	B6	SX6	乳児	肋骨	6.1	15.7	43.3	3.2	9.8	-18.8	-	-	-
1083-B8	-	B8	SX6	乳児	脛骨	5.2	15.0	41.9	3.3	9.9	-18.9	-	-	-
1083-B27	-	B27	SX6	乳児	不明	3.3	15.2	42.5	3.3	9.9	-18.8	-	-	-
1083-B34	-	B34	SX6	乳児	尺骨	0.7	12.3	33.4	3.2	9.9	-18.8	-	-	-
1083-T	-	-	SX6	乳児	第一乳臼歯	-	-	-	-	-	-	-12.0	-7.3	0.706672

参考文献

藤澤珠織・片山一道、2003、長野市宮崎遺跡で発見された乳児埋葬人骨、立命館大学考古学論集、3、323‐340

南川雅男、2001、炭素・窒素同位体分析により復元した先史日本人の食生態、国立歴史民族博物館研究報告、86、333-357

Kusaka S., Uno K.T., Nakano T., Nakatsukasa M., and Cerling T.E. (2015) Carbon isotope ratios of human tooth enamel record the evidence of terrestrial resource consumption during the Jomon period, Japan. American Journal of Physical Anthropology, 158: 300–311.

岡崎市日吉山王社山王神像の自然科学的調査

Scientific research on the Sanno Gods statues of Hie Sanno Shrine in Okazaki City

○青木智史（[元]奈良教育大学　[現]天理大学附属天理参考館）、大山明彦（奈良教育大学）、小山聖美（同）、馬場翔子（同）、荻山琴美（同）、木曽はづき（同）、近藤真世（同）、山岸公基（同）

○Satoshi AOKI (Tenri University Sankokan Museum), Akihiko OYAMA, Kiyomi KOYAMA, Shoko BABA, Kotomi OGIYAMA, Hazuki KISO, Mayo KONDO, Koki YAMAGISHI (Nara University of Education)

1. はじめに

本研究で調査対象とした愛知県岡崎市日吉山王社の山王神坐像（大宮・二宮）は、制作年が鎌倉時代の建長五年（1253）以前と推定される貴重な作例である[1]。両像とも像高20cm程度の木造の僧形坐像であり、小品ながら優れた造形を示す彫刻作品である。像表面には鎌倉時代の制作当初のものと推定される彩色が残存しているが、退色・剥落など経年劣化が著しかったため彩色剥落止めを行うこととなった。剥落止めに際して肉眼観察による彩色調査を実施したが、顔料等の詳しい内容を把握することは困難な状態であった。そこで、可搬型の蛍光X線分析装置を用いた非破壊分析を実施し成分分析を行うとともに、その成果を活用した両像の彩色復元を試みた。また、貴重な作例であることから3D形状計測（Artec Eva 3D Scannerを使用）も併せて実施し、彩色復元に際しては作成した実寸大の石膏製3Dレプリカに彩色を施して行った。

2. 蛍光X線分析

蛍光X線分析には、OLYMPUS社製ハンドヘルド蛍光X線分析装置DELTA DP-2000 Premiuを用いた。同装置は、片手で操作可能な小型・軽量の蛍光X線分析装置であり、三脚に固定することで自由度の高い測定が可能となる。また、測定部には小型のCCDカメラを備え、リアルタイムで分析箇所を正確に確認できるため彩色調査にも十分に活用しうる性能を有している。測定条件は、励起用X線ターゲットがRh、管電圧は40kV（軽元素測定時は10kV）、管電流は100μA（軽元素測定時は200μA）、測定部径は3mm（Miningモード）または10mm（Soilモード）、計測時間は180秒である。また、測定は装置を三脚に固定し表面から1mm程度離した状態で非接触かつ非破壊で実施した。

3. 結果と考察

大宮および二宮神像の蛍光X線分析結果の一部を図1および図2に示した。測定箇所数は、大宮で26箇所、二宮で30箇所である。両像とも、多様な顔料が想定される結果が得られているが、大宮神像がより残りが良いためか豊かな内容を示した。両像ともに共通する分析結果としては、Al、Si、Kがすべての測定箇所で主要元素として検出される点がある。これは白土下地が施されていることに起因すると考えられる。また、顔や手などの肉身部からはいずれも強いCaのピークが検出されており、白色顔料としていわゆる胡粉（$CaCO_3$）などが利用されている可能性が高い。大宮神像で注目すべき点は、横被（おうひ）内区に描かれた細やかな未敷蓮華文（みふれんげもん）である。現状色でも緑や青、黄色などの複数の色調が確認できるが、分析結果もこれを裏付けるものであった。例えば、(1)Cuが主成分となるもの、(2)Feが主成分となるもの、(3)Pbが主成分となるもの、

そして(4)SおよびAsが主成分となるものがある。それぞれ、(1)は岩緑青（$CuCO_3$・$Cu(OH)_2$）や岩群青（$2CuCO_3$・$Cu(OH)_2$）、(2)はベンガラ（Fe_2O_3）または黄土（FeOOH）、(3)は鉛丹（Pb_3O_4）や鉛系白色顔料が推定される。そして、(4)については特徴的にAsおよびSのピークが強く、現状色もやや黄みがかっていることから石黄（As_2S_3）が用いられている可能性が高い。このように末敷蓮華文の大きさは数mm程度であるにもかかわらず、繊細に色分けされていたことが明らかとなった。口唇部は現状でも赤色を認めることができるが、分析の結果Hgが検出されたため水銀朱（HgS）の使用が推定される。同様に、内衣の赤色の地色からもHgが検出されておりここも水銀朱が施されていると考えられる。一方、横被内区の地色は鮮やかな赤色であるが主成分としてHgは検出されず、高い強度でPbが検出される。よって、鉛丹が用いられている可能性がある。ただし、Feが僅かに検出されていること、鉛丹としては赤色性が強いことからベンガラや有機系赤色染料が重ねて塗られている可能性もある。また、袈裟の表に描かれた黒色～橙色を呈する遠山文様からはPbが検出されており鉛丹の使用が推定される。袈裟の裏には正面底部に現状色で明るい黄色を呈する部分があり、この部分を分析するとFeが主成分として検出され黄土が用いられたと考えられる。それ以外の袈裟の裏の地色はCuが検出されることから、岩群青や岩緑青による暈かしがなされたと推定される。次いで、二宮神像の分析結果について述べる。まず、法衣の地色部はFeが主成分であり、現状で明るい黄色を呈していることから黄土の使用が推定される。また、法衣表面には橙色の蔓草状の線描が認められるが、この部分からはPbが検出され鉛丹が用いられた可能性が高い。横被の内区の地色は鮮やかな赤色であり、主成分としてSおよびHgが検出されることから水銀朱が用いられていると考えられる。内区には牡丹の花のような模様が描かれているが、現状色では白色でありPbが主成分として検出されることから鉛系白色顔料かそれを用いた有機染料の具が推定される。また、袈裟裏からは強いCuピークが検出され、現状色も緑であることから岩緑青が地色として用いられたと考えられる。横被裏も同様であるが、粒度か細かく色調も明るいため白岩緑青であった可能性が高い。

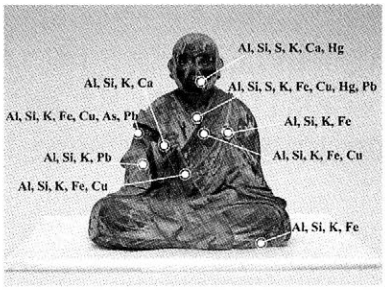


図1：大宮神像の分析結果

図2：二宮神像の分析結果

以上、両像の分析結果のうちで代表的なものを紹介した。剥落等が激しい二宮神像は限定的な情報であったが、大宮神像は残存状態も良くより多くの有意な結果を得ることができた。

4. まとめ

上記の分析結果をもとに、美術史的な観点から顔料種を推定して彩色復元案を作成し、その成果を反映させた原寸大の彩色復元石膏製3Dレプリカの制作を実施した（図3および図4）。

図3：彩色復元 大宮神像

図4：彩色復元 二宮神像

一般に神像は仏像と比較して調査対象となることが少なく、本調査で得られた自然科学的な成果とそれに基づく彩色復元案は意義深いものといえよう。今後も調査例を増やし、研究を進めていきたい。

参考文献
(1)山岸公基「第三章　瀧山寺日吉山王社の美術工芸品　第一節　日吉山王社伝来の山王神坐像及び獅子・狛犬　調査報告」『瀧山寺日吉山王社総合調査報告Ⅱ　古文書・民俗・美術工芸品　日吉山王社をとりまく歴史的環境調査報告書』, pp.7-12, 岡崎市教育委員会, 2013年.

狭帯域LED光源を用いた偏光撮影による彩色材料光学情報の可視化
Visualization of optical information of coloring materials applying narrow band LED lights with polarization photography

○末森薫、園田直子、日髙真吾（国立民族学博物館）
和髙智美（合同会社文化創造巧芸）、河村友佳子、橋本沙知（（公財）元興寺文化財研究所）
○Kaoru SUEMORI, Naoko SONODA, Shingo HIDAKA (National Museum of Ethnology, Japan)
Tomomi WADAKA (LLC Bunkasozokougei), Yukako KAWAMURA, Sachi HASHIMOTO (Gangoji Institute for Research of Cultural Property)

1. はじめに

近年のLED開発の進展により、特定の波長を持つ狭帯域の光源を比較的容易に入手することが可能となってきた。狭帯域の光源を用いた光学情報の可視化に関する研究・応用は、生物学や法医学の分野で多くの事例が知られるが、文化財科学分野では限られている。本研究では、近紫外から可視光の領域の狭帯域光源と各種の光学フィルターを用い、偏光撮影法を応用することで、文化財に使用される彩色材料の光学情報を可視化することを試みた。

2. 調査対象

計26種の彩色材料（胡粉、鉛白、亜鉛華、黄土、藤黄、マシコット、金泥、銀泥、銅粉、真鍮粉、銀朱、辰砂、鉛丹、弁柄、コチニール、天然緑青、緑土、天然群青、藍、ウルトラマリンブルー、プルシャンブルー、ラピスラズリ、エジプシャンブルー、ハンブルー、松煙墨、油煙墨）を膠水で塗布した彩色プレパラート、模写絵画（板絵、油絵）を対象とし、校正用にカラーチェッカー（X-Rite）とTechnical Photography（TP）card（Cultural Heritage Science Open Source（CHSOS））を使用した。

3. 調査方法

撮影には、赤外線カットフィルター・ローパスフィルターを外したCMOSセンサーデジタルカメラ（SONY α6000、撮影範囲360～1100nm程度）、近紫外から可視光域の特定波長を照射する砲弾型LED13種（peak：375nm/405nm/420nm/450nm/470nm/505nm/525nm/545nm/570nm/590nm/605nm/660nm/735nm（Optocode））を使用した。光源にガラス偏光フィルター（Edmund Optics）、カメラレンズに円偏光フィルター（C-PL(W) VERNIER（KENKO））を装着し、偏光状態をつくることで受光部に入射する光源光を制御した（図1）。また、LED光源の色むらを減衰させるために、光源に拡散板（ライティングLSD（Optical Solutions））を装着し、必要に応じて、光源側および受光部側に透過波長を制御する各種の光学フィルター（バンドパスフィルター（BPB）・シャープカットフィルター（SC）（Fuji Film）、紫外線透過可視光吸収フィルター（UL-360（OMG））を装着した。

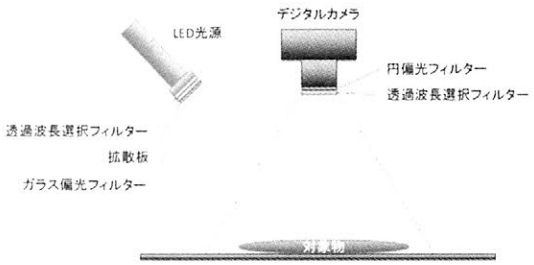


図1 狭帯域LED光源による偏光撮影（PL）の模式図

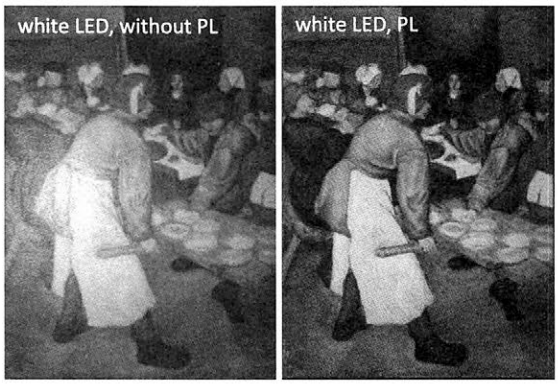


図2 偏光状態の有無による画像比較
（「農民の結婚式」ヒーテル・ブリューゲル1568年、美術史美術館（ウィーン）、園田直子による模写）

4. 調査結果

偏光撮影により、撮影対象物表面の光源からの反射光を制御した画像の取得が可能となり、物質が持つ本来の色味を抽出することができた（図 2）。特に、金属反射を持つ材料（金泥、銀泥、辰砂、緑青、群青など）やワニスなど透明物質が重ねられた材料の場合、通常の撮影では反射光が障害となるが、偏光撮影により、物質本来の分光特性の可視化が可能となる。また、狭域帯 LED 光源と偏光撮影法を組み合わせることで、特定波長を照射した際の物質の光学情報を可視化することができるとともに、それぞれの彩色材料の分光特性を把握することにより、材料の同定や推定、面的な分布の確認（マッピング）などに応用できることが確認された（図 3）。

また、偏光撮影法と適切な透過波長を制御するフィルターを組み合わせることで、より鮮明な蛍光画像を取得することができた（図 4）。紫外光を励起源として蛍光反応を観察する手法は一般に用いられているが、撮影対象や条件によっては蛍光と反射光を区別することが難しい場合がある。光源波長と受光波長が干渉しない撮影条件をつくり、さらに偏光状態によって物理的に光源光の受光部への入射を制御することで、蛍光箇所をより明確に区別することが可能となる。

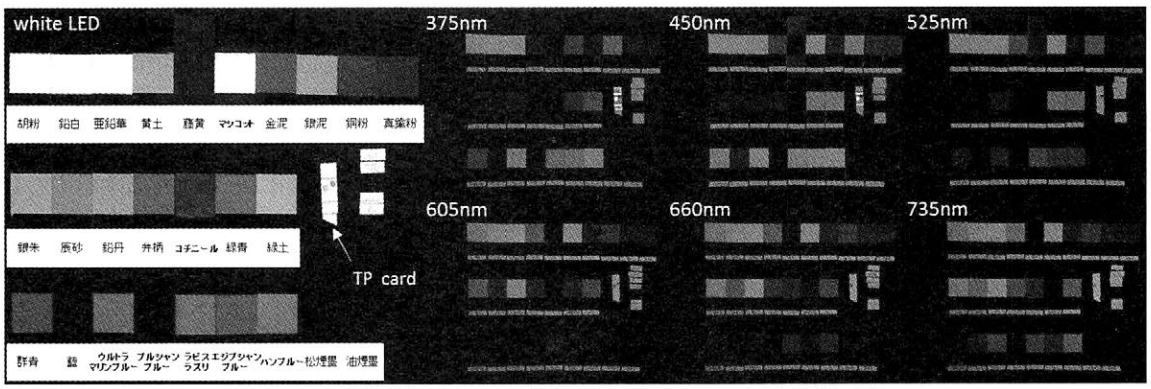


図 3　狭帯域光源を用いた彩色プレパラートの偏光撮影画像
*右 6 枚は、鉛白の輝度を基準として、明るさを調整。

図 4　撮影条件の違いによる蛍光画像の比較（左 4 枚：彩色プレパラート、右 2 枚：図 2 の模写）
* TP card 中の蛍光源の輝度を基準として、明るさを調整。*UL-360 は光源側、SC42 は受光部側に装着。

5. 今後の展開

本手法は、可搬できる比較的入手しやすい機器を用いた非破壊調査法である。今後、博物館での資料点検や調査、サイトでの光学情報の取得等に応用していくことを予定する。

---

*本調査の成果の一部は、科学研究費補助金（研究活動スタート支援）「中国石窟芸術技法・材料の解明による美術史観再考 - 麦積山石窟を事例として - （26882058）」によるものである。

Reflectance Transformation Imaging (RTI) の精度に与える撮影条件の検討

Study on imaging conditions operating on accuracy of Reflectance Transformation Imaging (RTI)

小野慎之介（東洋美術学校）、水落貴志（同左）、○松田泰典（同左）
Shinnosuke ONO, Takashi MIZUOCHI, ○Yasunori MATSUDA (Toyo Institute of Art & Design)

1. はじめに

Reflectance Transformation Imaging (RTI) は2002年に米国のNPC・Cultural Heritage Imagingより発表された、資料表面のテクスチャー情報を記録するためのドキュメンテーションツールで、固定されたデジタルカメラと対象物の間で様々な光源方位より照射して得られた複数枚の画像から、各点の法線ベクトルを見積もる技術である。欧米では既に10年以上の運用実績があるが、日本においては未だ十分に認知されていない。その理由として、国内でのRTIによる研究例が少なく、基礎研究も十分に行われていない点があり、そのためレンダリング結果に対する信頼性を実験的に確認する必要があった。そこで筆者らはRTIにより求められた法線の精度と撮影条件の関係を明らかにするため、撮影枚数や光源照射方位、同時に取り込まれる反射球の数などを変え出力された法線の仰角θと方位角φを評価し(Fig.1)、必要と考えられる撮影条件について検証を行った。

2. 実験

RTIデータ作成のためのデジタル画像撮影にはNikon D700と105mmマイクロレンズ(F2.8)を使用した。被写体には直径7cmのゴム製の黒色球体を選択し、周囲に黒色の精密窒化珪素セラミック鋼球（5/8inch）を8個設置した(Fig.2)。これを光源方位特定のための反射球として利用し、光源には白色LEDを用いて、被写体との距離が1mになるよう照射位置の三次元座標を事前に求めた。様々な光源方位より照射することで得られた466枚の画像データを、組み合わせと枚数を変えJPEG形式に保存し、CHIより無料配布されているレンダリングソフト[RTIbuilder]に読み込んだ。RTIデータ作成のためのアルゴリズムには[HSHfitter]を選択した。

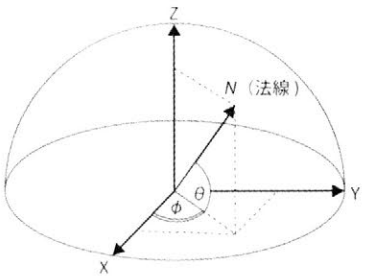


Fig.1　法線の仰角(θ)と方位角(φ)

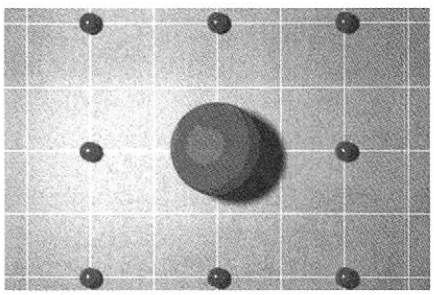


Fig.2　被写体のゴム製黒色球体と反射球

3. 評価方法

出力されたRTIデータを無料配布ソフトの[RTIViewer]にて再生し、各点の法線ベクトルのXYZ値がRGB値として格納されている[Normal Map]をJPEG形式で書き出した。ここから各点の法線ベクトルがXY平面となす仰角θとX軸と反時計回りになす方位角φを算出した(Fig.3)。この実測値θとφが、黒色球体の各点が持ち得る理論値との間に示す誤差

を標準偏差(SD)により評価し、撮影枚数や光源方位の組み合わせ、反射球の数や設置位置が法線の計測結果にどのような影響を及ぼすのか検証をした。

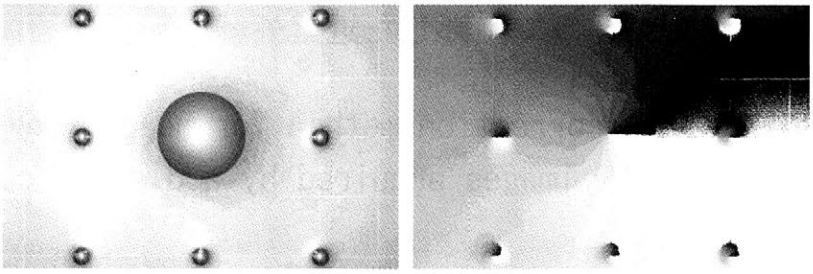


Fig.3　左：仰角θ画像（最大値90）　右：方位角φ画像（最大値360）

4. 結果と考察

仰角θについては、測定範囲180°のうちZ軸を中心とした90°以内に限ってみれば、理論値との誤差は±3°(SD)であることが分かった。例えば球体の周縁付近など、法線とXY平面がなす角度が浅い場合は誤差が大きくなるので、RTIは立体物よりも法線が垂線（Z軸）に近くなる平面状の対象物の観察に適していると考えられる。またφはθに比べ誤差が小さく、およそ半分の±1.5°(SD)になることが示された。これはXY平面に展開される画像としての基本的特質と考えられ、RTIは深さ方向よりも水平方向の変化の記録に利点をもつことがわかった。また撮影枚数を70枚程度とした場合と、その約6倍の撮影枚数を使ったときの結果との間に大きな差は確認されなかった。撮影枚数は法線の精度に影響を及ぼす主要因でなく、むしろ光源方位の組み合わせと反射球の数により書き出される法線に違いが現れることが示唆された。例えばFig.4はそれぞれ110か所程度の光源方位から照射された反射球の様子であるが、この中で半球空間上に均等に配分された左の組み合わせ結果が最もよく、同じ枚数の画像を使っても中央や右のように、照射される光源方位に偏りがあると法線が悪化する。また反射球の数を増やすと法線の誤差が減少し理論値に近くなり、Fig.5に示すように法線の角度変化が克明に描写され、細部のディテールが明瞭に示される画像になる傾向があることが判明した。

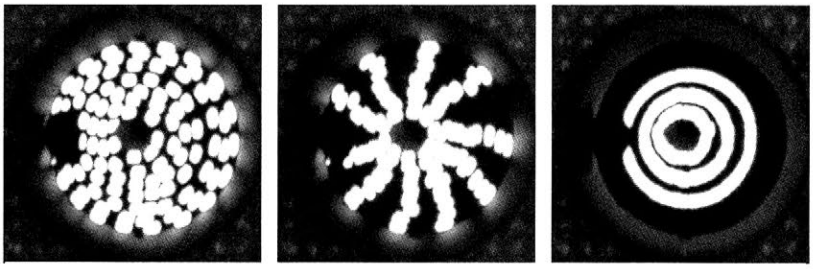


Fig.4　110方位程度の数で空間配分の異なる光源の組み合わせの例

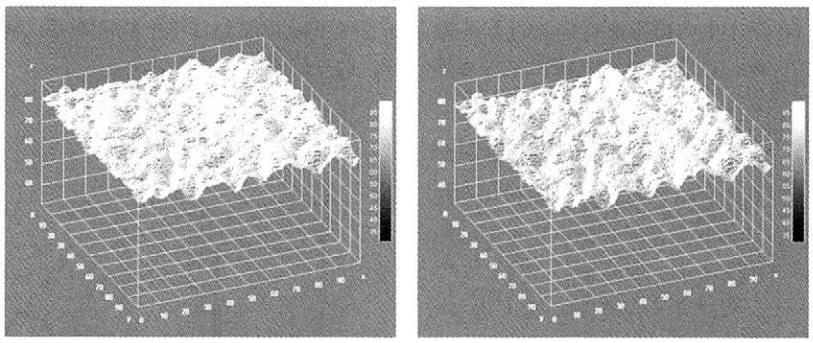


Fig.5　左：反射球1個のときのθ変化、　右：反射球4個のときθ変化

5. まとめ

RTIは一般的なデジタルカメラと無償配布されている専用ソフトを使い、誰でも容易に対象資料のテクスチャー情報を観察することが可能なツールである。更にこれに、今回示した撮影上の幾つかの留意点（枚数、光源方位、反射球の数や設置場所など）を組み合わせることで、計測される法線の精度も向上し、より定量的な評価が可能となる。原理が簡単であるため応用範囲も広く、今後国内でも文化財分野のドキュメーテーションにおける多様なニーズに応える可能性を持っている。更なる精度向上を目指すとともに、実施事例の蓄積を積極的に進めていきたい。

デジタルカメラで撮影した近紫外線励起蛍光画像の補正方法の検討

Study on a correction method for near-UV exited-fluorescence images acquired by a digital camera

水落貴志（東洋美術学校）、小野慎之介（同左）、○松田泰典（同左）

Takashi MIZUOCHI, Shinnosuke ONO, ○Yasunori MATSUDA(Toyo Institute of Art & Design)

1. はじめに

文化財に近紫外線を照射することで、材質の特性に応じた蛍光を観察することができる。これを近紫外線励起蛍光と称し、記録された画像は文化財保存修復のための非破壊材質調査では不可欠な情報である。これまで、近紫外線励起蛍光を観察するための光源には主にブラックライト蛍光灯が使用されてきた。しかしブラックライト蛍光灯から照射される電磁波には可視光が多く含まれており、光源の可視光（青紫色）成分の放射・反射が発生した蛍光に被るため、蛍光画像の正確な評価を困難にしていた。今回、撮影では新たな光源としてブラックライト蛍光灯に比べ可視光成分を含まない、近紫外線 LED ライト（極大波長 365nm、半値幅 14nm）を使用した。また、蛍光画像の撮影では、試料の蛍光画像と点灯している近紫外線 LED ライトの撮影を行い、近紫外線 LED ライトの画像から得た数値を基に画像の RGB 比の補正を行うことで、画像に含まれる光源由来の青紫成分を取り除くことを試みた。

2. 近紫外線励起蛍光の評価試験

市販されている粉体の顔料 6 種（アルミナホワイト、シルバーホワイト（鉛白）、ジンクホワイト（亜鉛華）、パーマネントイエロー、ピオニーレッド、チャイニーズレッド）を、スチロール製の容器に媒材を混合せず詰めたものを試料とした。近紫外線 LED ライトを試料に照射した際の近紫外線励起蛍光強度の評価のため、分光器による近紫外線 LED ライトの分光分布と、近紫外線を照射した時の顔料試料の蛍光スペクトルの計測を行なった。この試料の蛍光スペクトルを近紫外線 LED ライトの分光分布で除算することで、近紫外線励起蛍光の相対強度を求めた(Fig. 1)。

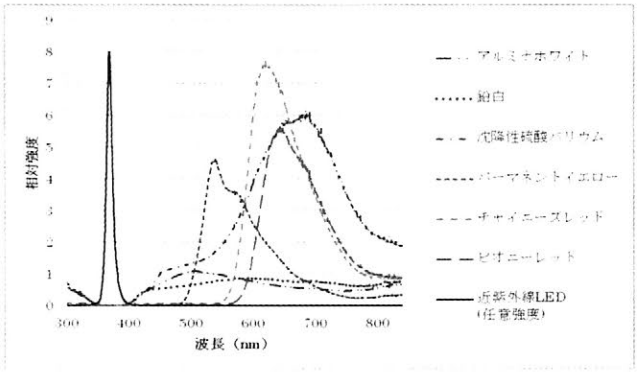


Fig. 1 試料の近紫外線励起蛍光スペクトル
365nm をピークとするスペクトルは近紫外 LED ライトのスペクトル（任意強度）である。

また、デジタル一眼レフカメラを用いた、近紫外線励起蛍光画像の撮影でも同様に、近紫外線 LED ライトと試料の蛍光画像の撮影を行い、近紫外線 LED ライトを撮影した画像の RGB 値の比を基に試料の蛍光画像の補正を行うこととした。近紫外線励起蛍光画像の撮影では、一般的に用いられているようなシャープカットフィルターやバンドパスフィルターなどの光学フィルターを使用せずに撮影を行った。これは、カメラの撮像素子に元々装着されているローパスフィルターが波長 400nm～700nm の可視光のみを通しているため、上に挙げた光学フィルターに求められる効果 —光源に含まれる近紫外線～短波長の可視光線を取り除く— を十分に果たしていると考えたためである。

3. 近紫外線励起蛍光画像の補正方法

今回、近紫外線励起蛍光画像の撮影には、市販のデジタル一眼レフカメラを使用した。市販のカメラで撮影した画像には次の問題がある。①カメラが被写体の階調（反射率）を正しく表していないため、横軸に反射率をとったとき、画像の階調は線形ではなくべき関数（γ）を描くこと。次に、②RGB 表色系は分光スペクトルとして表すと部分的に負の値が存在するため、正の値しか持たない画像と比較する際、齟齬が生じるという２つの問題点があった。そこで、①：「カメラに依存するγ」は入力値（横軸）と出力値（縦軸）で、入力値は[反射率×露光時間]で表されるため、露光時間を変えて撮影し、その出力値を比較することでカメラのγを求めた。さらに、カメラのγの逆関数を基に画像を計算することにより、画像からカメラのγを取り除いた。次に②：画像の RGB 表色系については、RGB 表色系から XYZ 表色系に変換することで全ての波長を正の値で表現することができるので、この方法を導入した。なお、RGB 表色系の画像から XYZ 表色系の画像への変換は（1）～（3）式を用い、

$$X=2.7690\ R + 1.7517\ G + 1.1301\ B \quad (1)$$

$$Y=1.0000\ R + 4.5907\ G + 0.0601\ B \quad (2)$$

$$Z=0.0000\ R + 0.0565\ G + 5.5928\ B \quad (3)$$

と表すことが出来る。また、分光スペクトルから XYZ 表色系への変換は（4）～（6）式を用いた。

$$X = k\int R(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda \quad (4)$$

$$Y = k\int R(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda \quad (5)$$

$$Z = k\int R(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda \quad (6)$$

ここで k は分光器で計測した値から算出した Y 値と画像から算出した Y 値が一致するよう定めた係数、R(λ)は試料の分光スペクトル、$\bar{x}(\lambda)$，$\bar{y}(\lambda)$，$\bar{z}(\lambda)$は X,Y,Z それぞれの等色関数を示す。

この X,Y,Z の値を次式(7)～(9)を使って変換し、そのうち x と y 値を xy 色度図にプロットし評価した。

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (7)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (8)$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (9)$$

4. 結果と考察

Fig.2 は、補正前後の蛍光画像データ、近紫外線励起蛍光スペクトルから得た理論値を xy 色度図にプロットしたものである。その結果、補正前に比べ補正後の画像では、近紫外線励起蛍光スペクトルに近い値を得ることが出来た。また、補正前後のデータを比較すると、全体的に青色から他の色へのシフトが見られた。これは、補正により光源に含まれる青紫色の放射および反射が取り除かれ、より正確な蛍光色が再現されたためと考えられる。これにより、これまで撮影時の青紫の反射・放射光に隠れ確認することのできなかった青色蛍光についても、本方法を用いることで評価が可能であると考えている。本補正方法は、未だ研究途上であるが、今後は、より高い精度で分光スペクトルとの比較を可能とするための研究を進め、異なる撮影条件の近紫外線励起蛍光画像を一様に評価できるようなシステムの構築を目指したい。

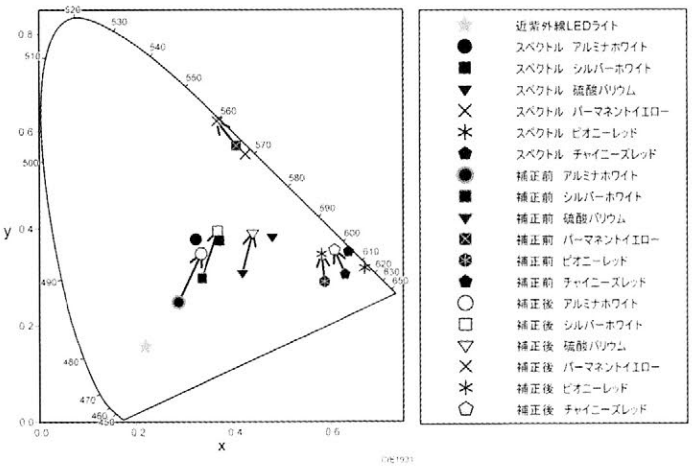


Fig. 2 近紫外線励起蛍光画像の評価結果（ｘｙ色度図）

ハギア・ソフィア大聖堂内壁修復に伴う壁材および修復史の調査

- 北ティンパヌムを例に -

Research on Inner Wall Materials and Restoration at North Tympanum in Hagia Sophia, Istanbul, Turkey

○佐々木 淑美(関西大学、東北芸術工科大学)，小椋 大輔(京都大学)，
安福 勝(近畿大学)，水谷 悦子(京都大学)，石崎 武志(東北芸術工科大学)
○Juni Sasaki (Kansai University, Tohoku University of Art And Design), Daisuke Ogura (Kyoto University),
Masaru Abuku (Kinki University), Etsuko Mizutani (Kyoto University),
Takeshi Ishizaki (Tohoku University of Art And Design)

1. はじめに

ハギア・ソフィア大聖堂（現アヤ・ソフィア博物館、以後「ハギア・ソフィア」と略記）では現在、内壁の保存修復計画が進行中である。第一段階として、北ティンパヌム西半面での作業が2014年から始まり、2015年6月に壁面表層の除去が完了した（Fig.1）。ハギア・ソフィアの壁面に対する修復は、内壁外壁ともに複数回実施されてきたが、いずれの時代の修復も十分な記録がなく、修復の痕跡も大規模かつ重複しているため把握することさえ困難な状況にある。本発表では、今後の内壁修復のための予備調査として実施した北ティンパヌム内壁西半面の調査成果をもとに、その修復履歴を検討する。

2. 北ティンパヌムの修復履歴と保存計画

ティンパヌムとは、ハギア・ソフィアの中央ドームを南北で支える大アーチ内側の半円形壁面を指す。南北ティンパヌムは、表面全体に黄色のペイントが施されており、これまでの調査で北ティンパヌムの表層ペイントに使用されている黄色顔料が鉛を含むことを確認している。1930年以降のトルコでは鉛を含む顔料の使用が禁止されてきたことから、筆者らは1930年以前に内壁面に対して修復が実施された可能性を指摘してきた。北ティンパヌムの修復に関する記録はこれまで確認されておらず、1980～1990年代にロレベによって表面にペイントが再塗布されたと言われているが、記録として残っていないことから、作業の内容や使用された材料を知ることもできない。今回の北ティンパヌム西半面の修復では、①壁面表層を除去し、躯体を補強するとともに、②過去の修復で追加されたセメントをオリジナルに依拠したモルタルに置換し、③再彩色を実施する計画であり、筆者らは修復と連動して、歴史・保存研究を進めている。

Fig.1 北ティンパヌム

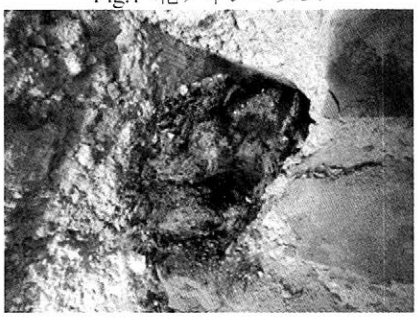


Fig.2 木材の補強材

3.壁材および壁画材料

2015年6月に実施した調査では、暴露状態となっていた躯体の接合モルタルをはじめとし、中間層モル

タル、表層モルタルおよびペイントを北ティンパヌム西半面全域から採取し、その組成と鉛の有無を確認した。分析は、東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターにておこない、蛍光X線分析法による元素検出から鉛の有無を、X線回折分析法による結晶相の同定から組成を求めた。

分析の結果、接合モルタルは石灰と砂、レンガを混合したモルタルであり、ほとんどが鉛を含んでいないことがわかった。これに対して、同様の組成をもつ中間層モルタルは、表面に直接ペイントが施されているものについては鉛の含有を確認することができた。これは、使用された顔料に鉛の由来があることを示している。また、直接ペイントを施された中間層モルタルの多くは窓近傍に集中していることから、窓の縮小工事が実施された際に使用された顔料にも鉛が含まれていたことがわかった。この窓の縮小はミマール・シナンによる1573年の修復の際に実施されたと言われているが、上部および下部で窓を埋めた材料にいくらか違いがみとめられることから、複数回にわたって縮小工事がおこなわれたと推察できる。そしていずれの窓に対しても鉛を含む顔料が使用されていることから、それらの工事はシナン以降1930年以前と考えるのが穏当である。

4.制作年代および修復年代の推定

また、今回の修復作業の中で、壁体に木製および銅製の補強材が挿入されていることも明らかとなった（Fig.2）。計10か所で確認することのできた木製補強材はかなり腐朽しており、特に北西ペンデンティブおよびその付近に挿入されている木材は、ティンパヌム壁中央部等のものに比べ腐朽が進み、補強材としての機能を果たしているとは言い難い。これらの木製補強材およびその近傍のモルタルとそれに含まれているスサを選定し、株式会社パレオ・ラボに依頼し、同位体炭素を用いた放射性炭素年代測定の分析を実施した。分析の結果、北西ペンデンティブに近い下方の壁面に挿入されていた木材の暦年較正年代値は428～606 cal AD(95.4%)を示し、同様にモルタルの暦年較正年代値も426～540 cal AD(95.4%)を示したことから、当該箇所に同建築が献堂された537年に近い時期の構造が残存している可能性が高いとの結果を得た。これに対して、上方および中央部の壁面の木材の暦年較正年代値は719～990 cal AD(95.4%)を示し、これは先行研究が指摘するティンパヌム再建時期(869年前後)とも一致する結果であった。そして、窓についてみていくと、上部窓近傍の木材およびモルタルの暦年較正年代値は1316～1616 cal AD(95.4%)を示したのに対して、下部窓近傍の木材およびモルタルの暦年較正年代値は1669～1954 cal AD(95.4%)を示した。これは、先行研究で検討されてきたミマール・シナンによる1573年の窓の縮小は上部窓に対しておこなわれ、下部窓についてはシナン以降1930年以前に縮小された可能性を示唆していると言える。

5. まとめと今後の展開

北ティンパヌムの壁材および壁画材料の組成とその分布から、窓近傍と北西ペンデンティブ付近において鉛を含む顔料の使用が集中していることが明らかになった。また、同位体炭素を用いた放射性炭素年代測定の結果も考慮すると、上部窓が1573年にミマール・シナンによる修復の一環で縮小され、下部窓がそれ以降に縮小された後に、ティンパヌムの広範囲に対して鉛を含む顔料を使用した修復が実施されたと推察され、それは1573年以降1930年以前であると言える。引き続き実施される北ティンパヌム東半面での適切な修復の実施につながるよう、今後も調査を継続していく予定である。また、修復完了後、つまり新たなモルタルで被覆された壁面の経過観察および劣化予防対策の検討が今後の課題である。

[謝辞] 本研究は、科学研究費若手研究B(26870897)の助成を受けて実施した学術調査の成果の一部である。アヤ・ソフィア博物館館長Hayrullah Cengiz氏および学芸員の方々には、調査をおこなうにあたりご協力をいただいた。また、壁材の分析にあたっては東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターならびに東京文化財研究所のご協力を、そして木材資料の年代測定にあたっては、関西大学国際文化財・文化研究センターならびに吹田浩教授のご理解・ご協力のもと、株式会社パレオ・ラボに分析いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

[参考文献] 1) 佐々木淑美他5名, 2015, ハギア・ソフィア大聖堂をはじめとした歴史的建築物の内壁の劣化と材料に関する調査, 保存科学, pp. 215-226. 2) Rowland J. Mainstone, 1969, "The Reconstruction of the Tympana of St. Sophia at Istanbul", Dumbarton Oaks Papers, No.23-24, pp.353-368.

埋没時代や状況の異なる遺跡から採集したプラント・オパールからのDNA復元

Recovery of ancient DNA from phytoliths excavated at different aged archaeological site and different buried condition

○田中克典(弘前大学)・丹羽里菜(宮崎大学)・宇田津徹朗(宮崎大学)
○Katsunori TANAKA (Hirosaki Univ.), Rina NIWA (Miyazaki Univ.) Tetsuro UDATSU (Miyazaki Univ.)

1. はじめに

演者らは、稲作技術の変遷といった網羅的解析が必要な研究において、遺伝情報を抽出できる新たな資料を得るべく、プラント・オパールからDNAを復元してきた。プラント・オパールに内在する遺伝情報を取り出すことが可能となれば、プラント・オパールが稲作を探査する指標として活用されていること、土壌中から数十万、数百万といった単位で収集が可能なことから、時間・空間的に栽培イネの情報を網羅的に整備できる。これまでの研究により、プラント・オパールに内在する遺伝情報の存在の確認とその抽出に成功している(宇田津・田中 2014、田中・宇田津 2015)。この結果を受け、抽出工程における乾燥方法を遺伝情報への温度ダメージをゼロにできる低圧凍結トラップ法に切り替えるなど、抽出工程を改善した(宇田津・田中 第33回大会)。一方、DNAの遺存は時代や堆積状況によっても異なる(田中・上條 2015 Tanaka et al. 2015)。そこで、本報ではプラント・オパールの埋没時代やこれを含む土壌の堆積状況とDNA復元との対応を検討した。

なお、当該研究は、2015 まで挑戦的萌芽研究(課題番号:25560137「イネのプラント・オパール中に内在する遺伝情報の抽出と利用に向けた開発的研究」)、2016 より基盤研究 B(課題番号:16H03104「プラント・オパールからの遺伝情報抽出手法の実用化に向けた開発的研究」)によるものである。

2. 供試試料について

供試土壌は、図1に示した①～⑤の5つで、気候や堆積環境ならびに時代(弥生～室町時代)が異なる日本各地の水田遺構土壌を供試した。

各土壌について宇田津・田中 (第 33 回大会)の方法でプラント・オパール試料を採集し、10mg の試料について超純水で洗浄した。外部のDNAをDNaseI (TaKaRa Ltd. Japan)で分解後に、試料からDNAをアルカリ法で抽出した (Mutou et al. 2014)。反復数は10とした。

DNAを復元する領域は既報研究で増幅の難易度や増幅領域を鑑みて以下の8つの領域を選んだ(Castillo et al. 2015)。
増幅易:葉緑体ゲノムの2つの領域 (*rps16*, *orf100*)
増幅中:核ゲノムのイネ第6染色体領域 (DJ6: 2セット)
増幅難:核ゲノムの遺伝子領域 (*PROG1* M5, *qSH1*, *sh4*, *Waxy*)

各領域に特異的なプライマーで2nd PCR増幅後、増幅の有無はPCR産物をアガロース電気泳動することにより確認した。

図1 供試試料を採取した水田および遺跡の所在(右)

3. 結果

プラント・オパールから抽出したDNA溶液は、特異的プライマーで増幅したところ、核ゲノムのWaxy領域を除く領域で現生イネに特異的なDNA断片が認められた (表1)。以下では、葉緑体ゲノムと核ゲノムの結果に分けて報告する。

表 1 プラント・オパールより抽出した DNA 溶液における PCR 増幅産物の期待領域検出数

領域	関連機能	プライマーセット	増幅長[1] (bp)	増幅数 (各10反復) ④:弥生前	⑤:弥生前	②:弥生中	③:15C中	⑥:17C
葉緑体ゲノム								
rps16		F2-R2	152/158/159	10	10	10	10	10
orf100		F1-R2	162/100	2	4	1	1	4
核ゲノム								
DJ6	生態型	F5-R1	144/361	1	6	1	1	3
		F5-R2	未増幅/144	7	6	5	7	4
PROG1	ほふく性	M5 F1-R1	140	0	0	0	0	1
qSH1	脱粒性	F1-R1	71	1	1	1	1	0
sh4	脱粒性	F2-R2	142	0	0	0	1	0
Waxy	モチ性	23F-23R	196	0	0	0	0	0

[1]'温帯ジャポニカ'日本晴'に基づく増幅長を示した。ただし、葉緑体ゲノムではインディカと熱帯ジャポニカの増幅長、核ゲノムでは熱帯ジャポニカの増幅長も列記した。

I. 葉緑体ゲノム領域の復元

①～⑤の DNA 溶液において、葉緑体ゲノムの *rps16* 遺伝子領域は10反復とも現生イネと同じ長さの DNA 断片を復元することができた (図 2, 表 1)。*Orf100* 領域においても現生イネと同じ長さの DNA 断片を確認することができた。しかしながら、その増幅数は①の弥生中期の遺跡と②の 15 世紀中頃の遺跡で 1 反復、④の弥生前期の遺跡や⑤の 17 世紀の遺跡で 4 反復と、埋没時代と関連していないようであった。

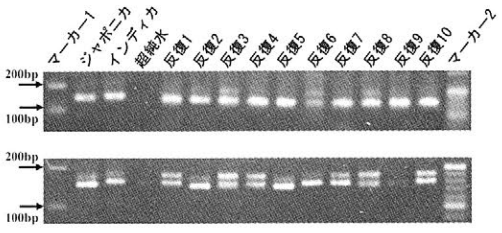


図 2 *Rps16* の特異的プライマーで PCR 増幅した産物の電気泳動。上段: ③, 下段: ⑤。

II. 核ゲノム領域の復元

DJ6 領域の PCR 増幅により、F5-R1 の領域では現生の温帯ジャポニカと同じ長さの DNA 断片は、④の遺跡の試料のみで 6 反復と高頻度で認められた (図 3 上段, 表 1)。F5-R2 の領域では現生の熱帯ジャポニカと同じ DNA 断片が 4～7 反復で認められた。これらのことから、DJ6 領域の復元は、遺跡で利用されていたイネの品種群に依存していた。その他、栽培化関連遺伝子 (*PROG1* M5, *qSH1*, *sh4*)の PCR 増幅では増幅数が低かったものの、DNA の復元は 3 つの領域ともいずれかの遺跡において認められた。特に、*qSH1* 遺伝子領域では、⑤を除く遺跡で増幅が認められた (図 3 下段)。本領域は増幅長が他の遺伝子領域より短く、増幅数は長さを短くすることで改善される可能性を示していた。

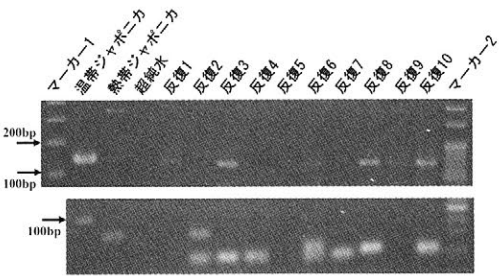


図 3 試料④において核ゲノムの特異的プライマーで PCR 増幅した産物の電気泳動。上段: DJ6 F5-R1 領域、下段:*qSH1* 遺伝子領域。下段において左側二つの試料はマーカー1、ジャポニカの順で、他は上段と同一の並びである。

3. まとめ

新しい乾燥工程を導入したプラント・オパール抽出方法は、埋没時代や堆積環境に関わりなく DNA の復元を可能にしていた。栽培化関連遺伝子など、核ゲノムの 1 遺伝子領域では増幅が難しく、従来、イネの黒化種子と同様の結果であった。ただし、今後、プラント・オパールの集積法、DNA 抽出法、および DNA 増幅法を改良することで、それら遺伝子領域を復元することも可能であると考えられた。

装飾古墳の石室環境と公開時期の決定について
－佐賀県鳥栖市所在田代太田古墳の場合－

The environment of the stone chamber and the decision of public in Decorated Tumulus

－Tosu City, Saga Prefectural Government in the case of Tashirota Tumulus－

○福田匡朗（熊本県立装飾古墳館）、大庭敏男（鳥栖市教育委員会）

坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、小椋大輔（京都大学）

○MASAAKI FUKUDA (Kumamoto Prefectural Ancient Burial Mound Museum), TOSHIO OOBA (Tosu Municipal Board of Education.), KEITAROU SAKAGUCHI (Kumamoto Prefectural Ancient Burial Mound Museum), DAISUKE OGURA (Kyoto University)

1. はじめに　日本列島に660ほどある装飾古墳だが、保存管理施設を設置し、装飾の保存を図りつつ、公開・活用を実施してきた古墳は未だ少ない。熊本県内では、こうした保存管理施設やそれに準じた施設は、現在48ヵ所を数える[1]。

なお、熊本県内においては、県及び市町教育委員会が連携し、秋と春の装飾古墳の一斉公開を実施している。ここ数年、秋は10月下旬、春は3月下旬を公開日程としているが、同様の県内一斉公開は、福岡県内が先行している。また、佐賀県鳥栖市田代太田古墳では、12月に一般公開を行っている。同古墳は、大正15（1926）年、国の史跡に指定され、装飾文様は玄室奥壁、玄室袖石外側、中室右側壁にある[2]。本発表では、田代太田古墳をモデルケースとし、装飾古墳の公開時期の決定をテーマとする。

第1図　田代太田古墳の位置（図中の●）

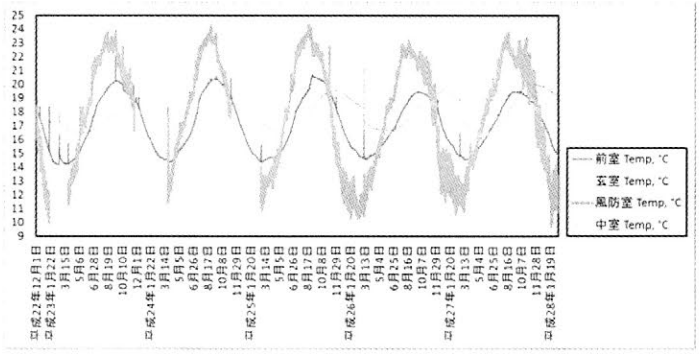
第2図　田代太田古墳玄室奥壁

2. 田代太田古墳の環境調査　熊本県立装飾古墳館と鳥栖市教育委員会で、平成22年度から石室内部の環境調査を実施している。蓄積されたデータの検討を行う。

2－1 年間の温度変異　環境調査では1時間間隔での温湿度計測を実施し、データロガーは、Onset社HOBOprov-2U23-001を使用した。計測は通年単位で実施したが、平成22～27年度の温度変異について、検討したい。

2－2　解析結果　過去、風防室の温度が玄室の温度を下回る時期は、10月下旬から11月中旬だが、この時期は外気の温度が下がっていく時期である。平成27年度は、風防室の温度が玄

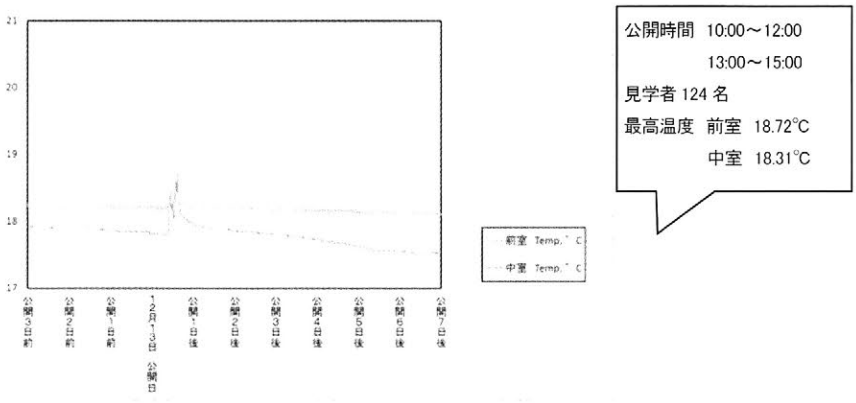
室の温度を下回る時期は11月中旬であった（第3図）。なお、玄室の温度は、2月下旬から3月上旬で大きく温度が下がっており、この時期の低下の原因については現在検討中である。



第3図　平成22～27年度の温度変異

2－3　一般公開の温度変異　環境調査では、5分間間隔での温湿度計測を実施し、データロガーは、Onset社HOBOprov-2U23-002を使用した。設置期間は概ね公開前後の10日間で計測した。ここでは、平成27年度の一般公開の温度変異について、検討したい。

2－4　解析結果　平成27年12月13日の公開では、入室者124名、前室の最高温度は18.72℃であり、中室の最高温度は18.31℃であった。それぞれ0.6℃、0.07℃の温度上昇があったが、前室の温度上昇は2日程度で、中室の温度上昇は1日程度で収まった（第4図）。



第4図　平成27年度一般公開の温度変異

3. まとめ　現在、田代太田古墳は、風防室の温度が玄室の温度を下回る時期の、11月以降に一般公開を実施している。この前後に一般公開を行えば、概ね玄室の温度は20℃以下であることからも、装飾部のある玄室の温度上昇のリスクを軽減している。ここ数年の石室内部の温度の長期データを検討した結果、現在の公開時期については、一般公開による石室内部の温度上昇を考慮しても、妥当と考える。ただし、玄室の2月下旬から3月上旬の急激な温度低下の要因については、今後明らかにする必要がある。

今後、他の一般公開を実施している古墳についても石室環境を考慮し、個々の古墳について、現在の公開時期が妥当であるか、引き続き検証していく必要があると考える。

参考文献　1）熊本県立装飾古墳館：(2015.3)　H27　熊本県の装飾古墳保存施設等，2）熊本県立装飾古墳館：(2015.10)『双脚輪状文の交流－装飾古墳の装飾文様と和歌山県岩橋千塚古墳群出土埴輪を考える－』

蛍光X線分析による北海道出土古代ガラスビーズの起源と流通についての考察

Investigation of provenance and distribution of ancient glass beads excavated from Hokkaido by XRF analysis

○今井 藍子（東京理科大）、柳瀬 和也（同左）、馬場 慎介（同左）、中井 泉（同左）、
中村 和之（函館工業高専）、小川 康和（余市町教育委員会）、越田 賢一郎（札幌国際大）
○Aiko IMAI, Kazuya YANASE, Shinsuke BABA, Izumi NAKAI (Tokyo University of Science),
Kazuyuki NAKAMURA (National Institute of Technology, Hakodate College), Yasukazu OGAWA
(Yoichi Town Board of Education), Kenichiro KOSHIDA (Sapporo International University)

1. 序

北海道は，ユーラシア大陸北東部や樺太，本州以南の影響を受け，独自の文化を形成した地域である。続縄文文化期以降，北海道では海外から搬入されたガラス製品が流通した[1]。ガラスの化学組成は原料を反映することから，製作地や製作時期を議論する上で有用な情報である。越田，中村ら[2)-4)]は北海道で出土した古代ガラスの形態観察と化学組成分析を行い，本州以南や大陸との関連を指摘している。また，柳瀬ら[5)]の化学組成分析により，続縄文文化期の北海道で流通したガラスは，同時期に相当する弥生～古墳時代の本州以南で流通したガラスと同様の起源を持つことが示された。しかしながら，北海道における古代ガラスの化学分析例は依然として少なく，北海道で流通した古代ガラスの起源や搬入経路の全容は明らかになっていない。

本研究では，続縄文文化期に位置付けられる朝日遺跡（4～5 世紀）と，続縄文文化期から擦文文化期初頭に位置付けられる大川遺跡（7 世紀後半～8 世紀）で出土したガラスビーズの化学組成から起源推定を行った。また，我々がこれまでに分析した弥生～古墳時代の本州以南で出土したガラスと比較を行い，本州以南からのガラス搬入の可能性についても考察した。

2. 分析資料および分析装置

分析資料は北海道厚真町朝日遺跡と余市町大川遺跡出土ガラスビーズ 102 点である。比較資料として，東京理科大学中井研究室がこれまで分析した国内外の古代ガラスのデータを用いた。化学組成分析には，同研究室が OURSTEX（株）と共同開発した可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-II L と 100FA-IV を用いた。同装置を余市町中央公民館に持ち込み，現地で非破壊分析を行った。得られた蛍光 X 線スペクトルから，検量線法により全 21 元素の酸化物換算濃度を算出した。

3. 分析結果および考察

分析したガラスビーズ 102 点は，主成分組成によりカリガラス（K_2O-SiO_2 系）72 点，ソーダ石灰ガラス（Na_2O-CaO-SiO_2 系）11 点，アルミナソーダ石灰ガラス（Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2 系）15 点，カリ鉛ガラス（K_2O-PbO-SiO_2 系）2 点の 4 種類に大別された。また，その他 2 点に関しては異なるガラスタイプを混合した可能性が考えられるため，以下の考察では除外した。先行研究 [2)-5)]の続縄文文化期の遺跡では，カリガラスが多く出土している。一方，朝日遺跡ではアルミナソーダ石灰ガラスやソーダ石灰ガラスが多く確認され， 道内でのガラス流通に地域差があることが示唆された。また，大川遺跡ではカリガラスが多く確認され，北海道では関東以西で鉛ケイ酸塩ガラスの流通が主流となった 7～8 世紀もアルカリケイ酸塩ガラスが流通していたことが明らかになった。**Fig. 1** に微量重元素 Rb_2O, SrO, ZrO_2 の含有量に着目した，アルカリケイ酸塩ガラスの特性化結果を示す。北海道出土古代ガラスは，東北地方と同じ領域にプロットされた。東北地方では，弥生～古墳時代の関東以西と同様の起源を持つアルカリケイ酸塩ガラスが，7～8 世紀に遅れて流通したことがすでに明らかとなっている [6)-7)]。本研究より，続縄文文化期～擦文文化期初頭の北海道で流通したガラスが，東北地方を含む本州以南と同様の起源を持つことが改めて示された。今後，さらに本州以南との関連について考察を深めていきたい。

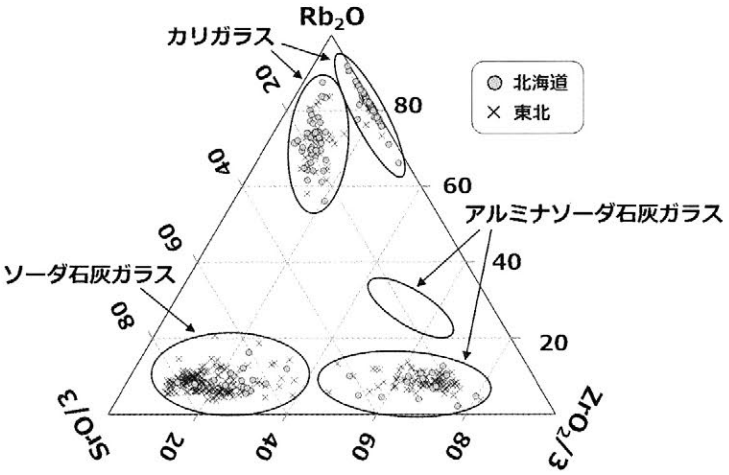


Fig. 1 微量重元素含有量による古代ガラスの特性化

【謝辞】

分析調査を実施するにあたり，ご協力頂いた余市水産博物館前館長・乾 芳宏 氏，余市町教育委員会の皆様に深く感謝いたします。なお，本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究(B)26303006）の支援により実施されました。

【参考文献】

1) 越田 賢一郎：”北東アジアの歴史と文化”, 菊池 俊彦 編, p. 431 (2010), (北海道大学出版会).

2) 越田 賢一郎, 高橋 毅, 竹内 孝, 中村 和之：函館工業高等専門学校紀要, **48**, 51 (2014).

3) 越田 賢一郎, 坂梨 夏代, 竹内 孝, 中村 和之：札幌国際大学紀要, **14**, 33 (2014).

4) 越田 賢一郎, 乾 芳宏, 竹内 孝, 中村 和之, 高橋 美鈴：札幌国際大学紀要, **46**, 107 (2015).

5) 柳瀬 和也, 松﨑 真弓, 澤村 大地, 中村 和之, 森岡 健治, 中井 泉：分析化学, **64**, 5, 371 (2015).

6) 村串まどか, 澤村大地, 柳瀬和也, 馬場慎介, 高橋信雄, 高橋文明, 中井 泉：第 50 回 X 線分析討論会講演要旨集, 196-197 (2014).

7) 村串まどか, 澤村大地, 柳瀬和也, 馬場慎介, 小笠原善範, 中井泉：日本文化財科学会第 32 回大会研究発表要旨集, 22-23 (2015).

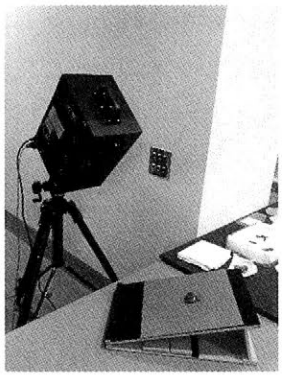
三次元計測技術を用いたレプリカ製作
—大英博物館ゴーランドコレクションを例に—
Cultural assets replica production using the 3D measurement technique.

○岡本篤志（大手前大学史学研究所）、増田啓（増田文物工作隊）
○OKAMOTO ATSUSHI (Otemae University Institute of History)
MASUDA KEI (Masuda-bunbutu-kosakutai)

1. はじめに

大英博物館には、明治時代に大阪造幣局へ冶金技師として招聘されたウイリアム・ゴーランドが持ち帰った数多くの古墳時代の資料がコレクションとして収蔵されている。2013年3月、このコレクションの一部30点を三次元レーザ計測し、立体形状の記録と実測図作成支援のデータ収集を行った。また、三次元計測データの利活用の一環として、類似遺物との比較調査・展示の可能性を検証するためコレクションから、芝山古墳出土 雲珠金具のレプリカ製作を試みた。

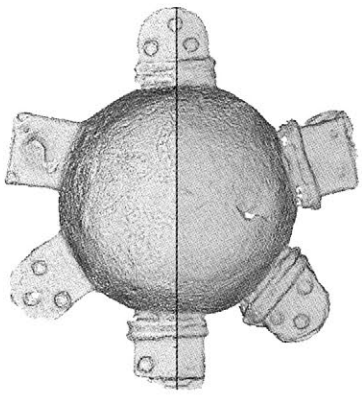
2. 三次元レーザ計測



今回の計測では、コニカミノルタ社のVIVID9iを使用し三次元計測を行った。計測では、作業スペースが限定され効率的に計測ができるように、傾斜角度を変えることができる撮影台と回転台を用意し三次元計測を行った。馬具28点、女子人物埴輪1点、装飾付子持脚付壺1点の計測を行った。VIVID9iでは、形状計測と同時にカラー画像を取得することができるが精細ではないため、今回は資料写真として撮影された画像（判デジタルカメラ）を利用してテクスチャーマッピングを行うことも試みた。

3. 作図と応用表現

計測データから、レンダリングを行い陰影図を作成したが、光線によって微細な形状が消えてしまった。したがって、特殊な陰影レンダリングを用いて陰影図（放射輝度陰影図）を作成した。この陰影図では、通常のレンダリングでは潰れてしまう微細な形状を表現することが可能となった。放射輝度陰影図の平行投影実寸画像を作成し、実測図の補完資料として利用した。特に、女子人物埴輪や装飾付子持脚付壺のように形状が複雑で大型のものでは、実測することが困難であり、三次元計測から作成した画像をトレースし、細部を実測から描くことが行われている。



左：放射輝度陰影図 右：陰影図

4. レプリカへの応用

今回計測したデータから芝山古墳出土 雲珠金具の積層造形を試みた。積層造形法は、層状に樹脂を積層していくため、積層厚が細かいほど滑らかな形状を再現することができる。したがって、今回は工業用の造形機Objet社 Connex500を用いてレプリカの原型を作成した。（積層厚0.016ミリ）近年積層造形を用いたレプリカ製作では、積層造形した造形物に直接彩色を施すことがあるが、積層造形機が試作品製作のために開発された技術であり使用している樹

脂の耐久性、経年による歪み破損が懸念される。今回は積層造形品を原型にして型取りし、既存のレプリカ製作に用いる樹脂と形状修正を行うことで、完成度の高いレプリカを作成することにした。完成したレプリカは、明治大学博物館企画展「ウイリアム・ガウランドと明治期の古墳研究」にて展示した。

5. レプリカの制作

従来の博物館等の展示に使用される文化財レプリカの製作の主流は、資料を錫箔の被覆等で保護し、シリコーンで型取りを行い、樹脂材料で成形、実物と対象させて表面の細部形状や色調・質感を手作業で再現する方法である。この最終工程は目視による観察に基づく生地の加工及び彩色の作業なのだが、この手法を積層造形品に対して応用を試みた。

作業工程

1：積層造形品をシリコーンを使用して型取りした。シリコーンは型取り用室温硬化・縮合タイプの信越 KE-17 を使用し、石膏でバックアップした。

2：シリコーン型からエポキシ樹脂を使用して第一次の複製品を製作した。エポキシ樹脂は加工性の高いワーカブルレジン・日進レジン WR-200 を使用した。

3：実物大に拡大した遺物画像のプリントアウトを参考に、目視で認識できる細部形状で立体造形品に出力されていない要素を造形して補正した。表面は鉄地金銅装の平滑面や一部が割れている状況、凸形工具での列点施紋、脚部の鋲や責金具の構成、裏面は鉄地が錆化で極度に変形した様子など、同種の遺物に見られる状況の特徴を意識して造形を行った。裏面は造形を加える要素が多かったためワーカブルレジンの特性を利用し盛り上げや彫塑と切削加工を合わせて用いた。

三次元計測は空間的な位置情報としての凹凸の正確な再現には優れるが、一方でこうした遺物のもつ情報の再現の上では不足する点があり、その補完を期した。

4：造形を完了した第一次複製品を再度型取りした。

5：エポキシ樹脂で成型し、強度がより高い一体成形の第二次複製品を得た。エポキシ樹脂は日進レジン Pop Metal L(鉄粉入り) を使用し、ガラス繊維を積層してＦＲＰを形成した。

6：遺物画像のプリントアウトを参考にアクリル樹脂絵の具で遺物の表面の色調・質感を複製品の上に再現した。要所に残る鍍金はエナメル系金属色塗料を使用して再現した。インクジェットプリンターでは一般的に金属色には対応していないが、手作業では容易である。

なお、今回の事例は実物が海外のため、複製品と実物資料とをつきあわせての最終仕上げの実施を見ていない。可能であればより再現性の高い複製品を得ることができると思われる。

6. おわりに

三次元計測・積層造形の技術進歩により、型取りの困難であった遺物を詳細に記録・造形することが可能となった。またレンダリング手法を応用することで、目視観察しにくい形状を観察することや、実測図を補完する資料として活用されている。特にレプリカ制作では、展示に利用できる状態まで造形できるようになった。積層造形をもちいた製作手法は、今後頻繁にされると思われるが、既存のレプリカ制作技術との融合で、より現物に近いものが製作できる。

従来の文化財複製品は今も多くの博物館・資料館の展示に使用されていることからその資料としての一定の評価は健在と言えよう。三次元計測による文化財複製品は多くの可能性が嘱望されながら現実にはなかなか前者と同等の普及を遂げていない。本例では実用化へのブレイクスルーには旧来技法との併用が有効であることを示せたと思う。

本研究は、JSPS 科研費 15H03270 の成果の一部である。

蛍光X線分析によるアイヌ玉の化学組成的特徴と流通の考察

Investigation of chemical composition and distribution of "Ainu Ball" by nondestructive X-ray fluorescence analysis

○馬場慎介（東京理科大学）、柳瀬和也（同左）、今井藍子（同左）、中井 泉（同左）中村和之（函館工業高等専門学校）、小川康和（余市町教育委員会）、越田賢一郎（札幌国際大学）

○Shinsuke BABA, Kazuya YANASE, Aiko IMAI, Izumi NAKAI (Tokyo university of science), Kazuyuki NAKAMURA(National institute of technology, Hakodate college), Yasukazu OGAWA (Yoichi town board of education), Kenichirou KOSHIDA (Sapporo international university)

1. 研究背景・目的

日本におけるガラス生産は古墳時代末期以降とされ[1]、その後国内のガラス生産は一時衰退するが、10世紀後半になると中国から新たな組成を持つカリ鉛ガラスが製造技術とともに流入し、中世以降の国内ガラス生産の中心となった[2]。ガラスの化学組成は原料の種類や採取地の違いを強く反映することから、生産地や時代の特性化に有効である。中世以降の日本で出土するガラスの例として北海道のアイヌ玉が挙げられる。アイヌ玉は主に装飾品に用いられたガラス玉で、用いられたガラス玉は形状、色などからトンボ玉、樺太玉と呼ばれるものが、様々な経路で持ち込まれたと考えられている。また、青色の練り物の樺太玉は、中国北東部から樺太を経て日本に渡来したと考えられている[3]。しかしアイヌ玉の詳しい生産地、経路などについては未解明であり、アイヌ玉について考察することはアイヌ民族の交易の範囲や歴史に重要な意味を持つと考えられている。アイヌ玉の組成分析に関しては斎藤氏による先駆的な研究[4]が行われているが、分析したガラスのほとんどが伝世品であり、出自が明らかでないものが多かった。

そこで本研究では、北海道で出土する出自の明らかなアイヌ玉に対して、可搬型分析装置を用いた非破壊化学組成分析を行い、アイヌ玉の流通の様相について化学的に考察を行うことを目的とした。また、以前に東京理科大学中井研究室が化学組成分析を行った中世日本の山科本願寺、一乗谷朝倉氏遺跡のガラス[5]と比較を行い、本州（福井・京都）との関連性も合わせて考察した。

2. 分析資料及び分析装置

分析資料は、アイヌ文化期に年代づけられる北海道余市町（大川、大浜中、入舟遺跡）のガラス159点、瀬棚町（南川2遺跡）のガラス17点、釧路市（下仁々志別遺跡）のガラス66点である。色は透明緑色、乳濁水色、紺色、紫色、無色透明など様々である。化学組成分析には東京理科大学中井研究室がOURSTEX（株）と共同開発した可搬型蛍光X線分析装置100FA[6-7]を用いた。アルカリケイ酸塩ガラスについては、検量線法を用いて全22元素を酸化物換算濃度として算出した。鉛ケイ酸塩ガラスについては、鉛含有量に応じた補正を施した補正検量線を用いて定量を行った。なお、鉛含有量についてはアルキメデス法による密度測定の結果より算出した。測定は全て非破壊で行われた。

3. 結果と考察

測定したガラス 242 点を化学組成に基づき分類した結果、175 点がカリ鉛ガラス、65 点がカリ石灰ガラス（K_2O-CaO-SiO_2）であった。カリ鉛ガラスおよびカリ石灰ガラスは主に中世以降で見られる組成タイプのガラスとされており中世日本の本州で広く流通したガラスが先行研究 [4] 同様、アイヌ文化期の北海道でも流通していたことがわかった。Fig. 1 に 16 世紀における本州と北海道で流通した各ガラスタイプの割合を示す。Fig. 1 より福井・京都ではほとんど流通していなかったカリ石灰ガラスが北海道では比較的多く流通していることが明らかとなり、流通経路の違いを示唆した。中でもカリ石灰ガラスについて微量重元素含有量の比較を行った。SrO と ZrO_2 の含有量でプロットした結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 より ZrO_2 含有量の違いから 2 つのグループに分けられることがわかった。ZrO_2 含有量が比較的多いグループには北海道内の分析した遺跡すべてと、本州で出土した京都山科本願寺のカリ石灰ガラスがプロットされ、微量重元素的にも組成が類似したガラスが広く日本で流通していたことが明らかとなった。また ZrO_2 の含有量が低いグループには大川遺跡のほとんどの資料と、入舟遺跡の資料 1 点がプロットされた。このグループには本州のガラスは含まれず、北海道内のみで流通していた特異的なガラスであることがわかった。また、この 2 遺跡は余市町の遺跡であり、同じ北海道内でも限定された地域で流通していたカリ石灰ガラスが存在する可能性を示した。さらに特徴的であるのは酸化ジルコニウム ZrO_2 含有量の低いグループは、そのほとんどが乳濁水色ガラスであり、このことからも酸化ジルコニウム ZrO_2 含有量が低いグループは特異的であることを示し、本州とは異なる経路により搬入されたガラスである可能性を支持した。

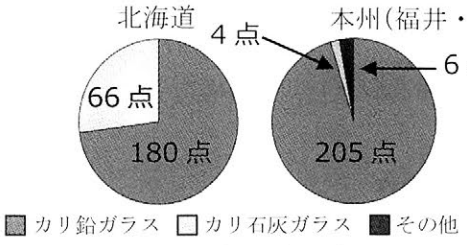


Fig. 1　16 世紀の各地域における
ガラスタイプ別流通割合

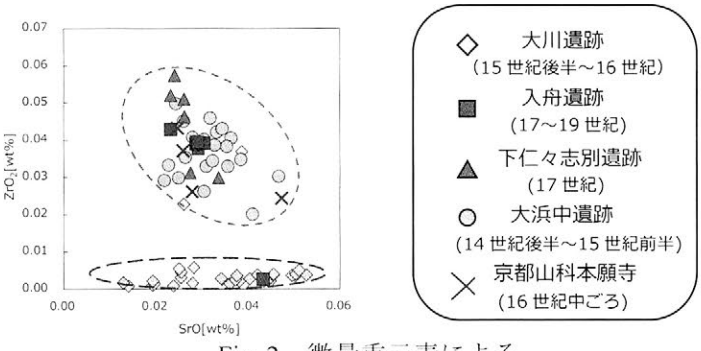


Fig. 2　微量重元素による
カリ石灰ガラスの特性化
※大川、入舟、下仁々志別、大浜中はすべて北海道の遺跡

【謝辞】
貴重な文化財の調査機会をくださった余市町教育委員会の関係者各位のご協力に厚く御礼申し上げます。なお、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)26303006)の支援により実施されました。

【参考文献】

1) 肥塚隆保、田村朋美、大賀克彦：月刊文化財, **566**, 13-25(2010).
2) 降幡順子、比佐陽一郎、斎藤 努：考古学と自然科学, **66**, 25-42 (2014).
3) 関口明、越田賢一郎、坂梨夏代, "北海道の古代中世がわかる本", 亜璠璃西社 (2015).
4) 斎藤亜子："アイヌ民族のガラス玉に関する考古化学的研究", 財団法人アイヌ民族博物館 (2003).
5) 馬場慎介、川越光洋、山本雅和、竜子正彦、井上暁子、澤村大地、村串まどか、柳瀬和也、中井 泉：日本文化財科学会第 32 回大会研究発表要旨集, 336-337 (2015).
6) 菊川 匡、阿部善也、真田貴志、中井 泉：X 線分析の進歩, **40**, 325-337 (2009).
7) K. Tantarakarn, N. Kato, A. Hokura, I. Nakai, Y.Fujii, S. Gluščević：*X-Ray Spectrometry*, **38**(2), 121 (2009).

藤布の物理的強度に関する研究

A Study on the Physical Strength of Fujinuno

○仙波壽朗(飯田女子短期大学)、青木千恵美(同左)
○Toshiro SEMBA, Chiemi AOKI(Iida Women's junior College)

1. はじめに

本学では、長野県南部の山間部において古くから製作されていた藤布の復元に取り組んでいる。藤布は「やぶの中を歩いても棘がたたず、棘の方が折れた」などの逸話が残っているように丈夫な布とされ、山での仕事着や穀物を入れる袋として使用されてきた。しかしながらこれまで藤布の引張強さ等の使用する上で布に求められる物理的特性について報告されていない。そこで本研究では藤布を製作し、その構造や強度について調べた。

2. 実験

2-1. 藤布製作

参考文献 1)の方法にて藤布を製作した。藤蔓中皮を灰汁炊き後、のし入れを行った。そして藤蔓中皮の繊維束を手で裂いて績み、藤糸を製作した。つづいて糸車で撚り掛けし、枠取り、整経、機上げを経て機織りを行った。尚、機織りの際、経糸に糊（玄米粉:そば粉 = 5 : 5）を用いた。

2-2. 測定

2-2-1. 藤糸

デジタルマイクロスコープ(ハイロック社製 RH - 2000)を用い藤糸の直径を測った。また JIS L 1095 に準じ、より数、番手、引張強さ、伸び率を測定した。

2-2-2. 藤布

JIS L 1096 に準じ、目付、密度、厚さ（JIS 法）、引張強さ（カットストリップ法）、引裂強さ（シングルタング法）、摩耗強さ（ユニバーサル形法）を測定し、同程度の目付である 10 号綿帆布（以下、綿帆布）と比較した。

3. 結果および考察

3-1. 藤糸

Table1 に藤糸の構造および強度の測定結果を示す。はじめにマイクロスコープを用い、直径を測定した。藤糸は手で裂いて績むため太さは均一でなく、直径は最小 454 μm、最大 1110 μm であった。また直径の平均値は 736 μm であり、中央値は 725 μm である。そして引張強さにおいても最大 71 N、最小 31 N と幅がみられたが、太い糸は必ずしも大きな強度を有していなかった。試験片を確認したところ、引張により繊維束は抜けておらず切断されていた。

3-2. 藤布

藤布と綿帆布の構造および強度について Table2 に示す。目付が同程度の綿帆布と比べ、藤布の織密度は1/2程度もしくはそれ以下であり、厚さは7倍以上である。強度測定としてまず引張強さを測定した結果、経方向では緯方向と比べ2倍近い1750 Nを示した。これには織密度が大きく影響しているが、経糸に塗布する糊により強度が増したことも考えられる。試験片を観察したところ、細い糸が切れている傾向がみられた。つづいて藤布の引裂強さ測定では、織密度が低いため、引裂き部において力が分散したことにより大きな値を示した。本測定のシングルタング法では最大荷重を適用するため、経方向と緯方向ともに同程度の値となった。また摩耗強さの測定では藤布、綿帆布ともにほぼ同じ回数で穴が空いた。藤蔓の靭皮繊維はリグニン質を含む[2]ため摩耗に強いと推測されるが、藤布は凹凸が大きいため摩耗しやすく、綿帆布とほぼ等しい回数になったと考えられる。

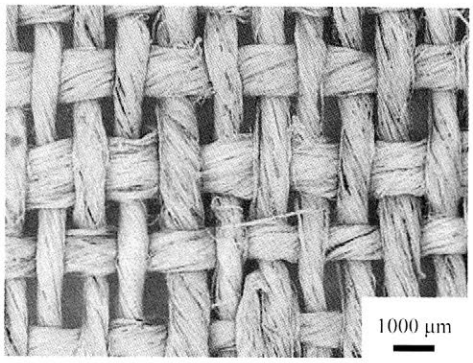


Fig. 1　藤布の拡大写真

4. まとめ

本研究において藤布を製作しその構造および物理的特性について調べた結果、綿帆布と同程度もしくはそれ以上の強度を有していることが分かった。尚、比較試料の10号綿帆布は、空手着や山菜採取袋、トラック用幌として用いられている布である。以上より、藤布は伝えられてきた通り丈夫な布であることを数値で示し、藤布が古くから農業や山仕事等に使用されてきた所以を明らかにすることができた。

Table1　藤糸の構造および強度

	糸の直径 (μm)	より数	綿番手	引張強さ (μm) 最大	最小	平均	中央値	伸び率 (%)
藤糸	736	S6.8 / 2.54 cm	2.4^{S}	71	31	46	43	6.0

Table2　藤布構造および強度

	目付 (g/m^2)	組織	密度 (本 / 2.54 cm) 経	緯	厚さ (mm)	引張強さ (N) 経	緯	引裂強さ (N) 経	緯	摩耗強さ (回)
藤布	415	平織	23.0	13.0	0.10	1750	910	266.7	259.6	148
10号綿帆布	395	平織	44.0	34.0	0.75	1220	1050	60.0	42.2	145

参考文献) 1) 丹後藤織り保存会、丹後の藤織り (2001).

2) 静岡縣濱松工業試験場、後藤泰一、野生繊維の研究 (1942).

同一土器内における残留有機物質の分布から見える分析結果の解釈の注意

A precaution of interpreting results of organic residue analysis observed from lipid distribution within a single pottery

○堀内晶子(国際基督教大学), 宮田佳樹(金沢大学)

1．はじめに

土器に残留する有機物質の分析から、古代人の食生活や土器の用途を検討する試みが行われている (Evershed, 2003)。食材中の脂質に注目する脂質分析は、土器片の一部を分け取って脂質を抽出し、ガスクロマトグラフ・質量分析計を使って、特定のバイオマーカーや特異的な物質出現パターンから食材の種類を同定しようとする手法で、得られた分析結果を容器としての土器全体の残留脂質結果とするのが常である。しかし、調理後、調理器具内に残された残留物の分布に偏りがあるのは私たちの実生活でも経験している。特にごった煮等を調理した場合、異なった食材は、ばらばらにこびりつく。また、調理に使う火の当たり方によっても加熱状態が変化し、焦げの生成具合や付着状態が変わってしまう。そこで、分析試料がどれほど容器としての土器全体を反映できるか、一つの大きな土器片から複数の試料を採取し、土器の部位によって残留有機物質の種類に違いがあるかを調べ、土器内外部表面のコゲ・ススの付き方などから推測できる加熱状態も合わせて分析結果を解釈する際にどのような注意が必要かを検討した。

2．試料と実験方法

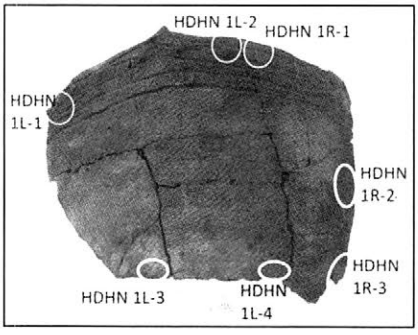


Fig 1. 北海道礼文島浜中２遺跡出土堂林式土器外面と試料採取箇所

北海道礼文島浜中２遺跡のＲ地点Ｖ層から出土した縄文後期後半の炭化物が付着した堂林式接合土器片（合わせて縦×横＝およそ 40 cm × 30 cm）から口縁部３点(HDHN 1R-1, HDHN 1L-1, HDHN 1L-2)、胴部４点(HDHN 1R-2, HDHN 1R-3, HDHN 1L-3, HDHN 1L-4)を採取し(Fig 1)、残留脂質の種類に差があるかを検討した。浜中２遺跡は、海獣狩猟を主目的としたキルサイトと考えられ、土器は海獣の油脂を採取するために利用されたと推測されている（西本編, 2000)。我々はすでに、今回分析した土器の内面付着炭化物の年代にリザーバー効果があること、また、バルク安定同位体値から内面土器付着炭化物が海獣由来を示唆することを報告しており（宮田, 2013)、分析対象の土器にはかなり限定された海洋生物由来の脂質が吸着されていると考えられる。そこで、脂質のうち、特に海洋生物のバイオマーカーとし

て報告されている炭素数 22 以上の超長鎖脂肪酸（VLCFA）、isoprenoids(phytanic acid, pristanic acid, 4,8,12-trimethyltridecanoic acid)海洋生物に多く含まれている複数の二重結合を持つ不飽和脂肪酸が加熱されると生成する芳香環を持つ脂肪酸類（APAA）(Cramp, 2014)、また、加熱の指標として脂肪酸金属塩が加熱されると生成する long chain ketones(LK) (Raven, 1997)を中心に検討した。実験は、すでに報告されている分析方法(Heron, 1993)に基づき、まず粉砕した試料から、クロロホルム:メタノール=2:1(C:M)を用いて総脂質を抽出した。さらに、総脂質を鹸化し、酸性脂質と中性脂質の画分を得た。各脂質は、それぞれ必要に応じて、トリメチルシリル化（TMS 化）またはメチル化した後、ガスクロマトグラフ質量分析（GC-MS）法を使って分析した。（GC-MS の分析条件：Thermo Scientific TRACE GC ULTRA -ISQ LT，カラム:HP-1 50 m x 0.32 mm x 0.17 μm初期温度:50℃で 2 分間維持, 300℃まで 10/min で昇温, 15 分間維持)。

3. 分析結果と考察

表 1 に示すように、試料ごとに脂質の組成に違いが見られるが、胴部の HDHN 1R-2, HDHN 1R-3, HDHN 1L-4 は、海獣の指標とされる 3 種類の物質と LK が検出され、典型的な海獣の脂質を示している。しかし、胴部 HDHN 1L-3 からは APAA が検出されなかった。この部位は外面のススが抜けている部分（Fig 1）に当たり、もともと付着していたス（炭化物）が高温に加熱されたため、二酸化炭素に酸化され消滅したと考えられる。この過程で、不飽和長鎖脂肪酸や生成した APAA が高熱によって分解し、より安定なケトンだけが残ったと推測される。口縁部(N=3)では APAA が生成するために必要な温度に達しなかった為、APAA が生成されなかったと考えられる。APAA の存在は海洋生物を支持するが、不在は必ずしも海洋生物の可能性を否定するものではないことがわかる。すべての試料から検出された phytanic acidは、海洋生物のよい指標になるといえる。LK は口縁部からも胴部からも検出されたが、これまで我々が分析した土器試料（たとえば縄文後期亀ヶ岡文化の大洞式土器：堀内, 2015）からは検出されていない。LK の生成には金属イオンが関与するため、生成は粘土の組成に依存すると推測され、LK の有無は粘土組成の類似性を示唆する可能性を示した。これらの結果は「土器片の一部から検出された脂質が調理素材や調理状況を表す」というこれまでの見方に注意を促すものであり、脂質分析結果と合わせて、分子レベル安定同位体分析等を相補的に用いることが求められる。

	Parts of pottery	Charred materials	Phytanic acid	VLCFAs	APAAs	Long chain ketones
HDHN 1R-1	口縁	内面にコゲ、外面にススあり	○	C22, C23, C24	ND	C31
HDHN 1R-2	胴	内面にコゲ、外面にススあり	○	C22	C18, C20, C22	C31, C33
HDHN 1R-3	胴	内面にコゲあり、外面ススわずか	○	C22, C23, C24	C16, C18, C20, C22, C24	C19, C31, C33, C35, C37, C39
HDHN 1L-1	口縁	内面にコゲ、外面にススあり	○	C22	ND	ND
HDHN 1L-2	口縁	内部コゲなしだが黒く、外部ススあり	○	C22, C23, C24	ND	C19, C31, C33,
HDHN 1L-3	胴	内面よくコゲている。外ススなし	○	C20まで	ND	C31, C33
HDHN 1L-4	胴	内部黒くない。ススわずか	○	C22, C23, C24	C18, C20, C22	C19, C31, C33,

表1.北海道礼文島浜中2遺跡出土堂林式土器の脂質分析結果.□X:□は炭素数を表す.□

歴史資料に使用された彩色材料の調査研究

Investigation of the painting materials used in historical documents

○ 秋山純子（九州国立博物館）、三好賢子（香川県立ミュージアム）、高木敬子（同左）、
一瀬智（九州国立博物館）、森實久美子（同左）

○ Junko AKIYAMA (Kyushu National Museum), Msako MIYOSHI, Keiko TAKAGI (The Kagawa Museum), Tomo ICHINOSE, Kumiko MORIZANE (Kyushu National Museum)

1．はじめに

香川県指定有形文化財に指定されている高松松平家伝来の博物図譜は、魚類を集めた「衆鱗図」、鳥類を集めた「衆禽画譜」、植物を集めた「衆芳画譜」「写生画帖」と多岐にわたっている。これらの図譜は非常に精緻に描写されており、江戸時代に作られた博物図譜の中でも貴重な作品群として位置づけられる。これまで、保管先である香川県立ミュージアムで様々な調査研究が行われているが、図譜に使用された彩色材料の調査はほとんど行われていない。今回、香川県立ミュージアムとの共同により、博物図譜の一部を科学調査することができたので、これからの自然科学的研究の第一歩として調査結果を報告する。

2．調査方法

本調査では、図譜の彩色についてその特徴を明らかにするために、赤外線撮影で面的な塗りの状況を捉え、蛍光X線分析により元素を把握し、使用されている彩色材料を推定した[1),2)]。

赤外線撮影にはデジタルカメラ（PENTAX製、中判デジタル一眼レフカメラ DFA645）を使用した。カメラ本体は赤外線カットフィルターが内蔵されていない赤外線撮影用のカメラなので、リコー製IRカットフィルターを取り付けて通常の撮影を行った。赤外線撮影時にはガラスフィルターのKenko製赤外線撮影専用PRO1 Digital R72を使用した。彩色材料の元素分析には簡易型の蛍光X線分析装置（オリンパス製、デルタハンドヘルド蛍光X線分析計 Premium、Rh管球、分析ソフトウェア：岩石鉱石モード、型式：DP-4000）を使用した。

3．結果および考察

今回調査した図譜は「衆鱗図」[3)]と「写生画帖」[4)]の一部である。「衆鱗図」は様々な種類の魚が鱗の細部まで精緻に描かれているのが特徴である。また、魚一つ一つは丁寧に切り取られ、適宜、台紙に貼り付け、画帖に仕立てられている。切り取られた魚の着彩層の下には銀箔が貼ってあるといわれている。「写生画帖」には果物・薬草・雑草など多岐にわたる植物がそれぞれの色合い、特徴を捉えて事細かに描かれている。本図譜は、彩色が多彩で鮮やかであることが大きな特徴である。

図1-1は「衆鱗図」第1帖 裏41で、メ鯵・大鯵・鯵が描かれている。メ鯵（一番下に配された魚）の目の右側に塗られた緑色部分を測定した。魚部分は全体に赤外線画像では暗い灰色を示し（図1-2）、蛍光X線分析により銅(Cu)が検出されたことから、緑青であると考えられる（図1-3）。また、銀(Ag)が検出されたが、魚の裏面の影響によるものかは分からない。

図2-1は「写生画帖」表14で、くわひ・ぬなわが描かれている。葉の部分はしっかりと黄緑と深緑で塗られ、赤外線画像では灰色を示している一方、クワイの実の部分は青色であるが、赤外線画像では白く抜けている（図2-2）。一緒に写したカラーチャートの群青・緑青は濃灰色から灰色を示していることから、青色は群青ではない可能性が高い。蛍光X線分析の結果、銅よりも鉄(Fe)が多く検出された（図2-3）。このことから、プルシャンブルーの使用の可能性を検討する必要がある。

図3-1は「写生画帖」裏5で、きやうちさ・をらんだなさが青色の花と大きな緑色の葉で表現されている。赤外線画像では青色の花の部分は薄い灰色を示しているが、濃緑色と淡緑色の葉は白く抜けている（図3-2）。蛍光X線分析の結果も花の部分は銅が検出されたが、緑色の部分はカルシウム(Ca)のみで、緑色の顔料を示す元素は検出されなかった（図3-3）。以上のことから、青色の花は群青で、緑色の葉は有機系の染料で描かれた可能性が高い。

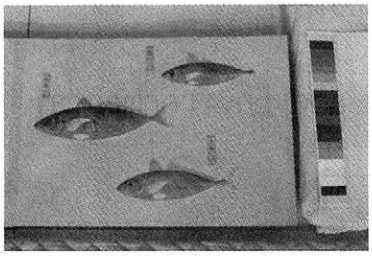


図 1-1 「衆鱗図」カラー画像

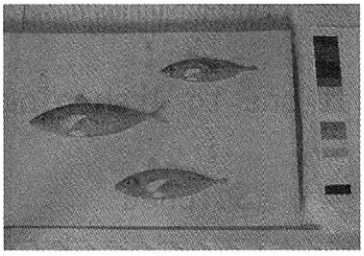


図 1-2 赤外線画像

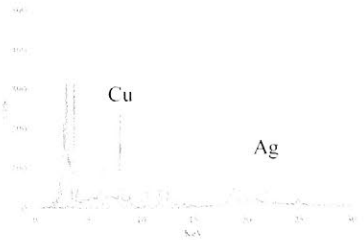


図 1-3 メ鰺緑色箇所分析結果

図 2-1「写生画帖」カラー画像

図 2-2 赤外線画像

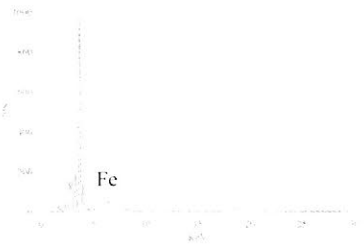


図 2-3 くわひ青色箇所分析結果

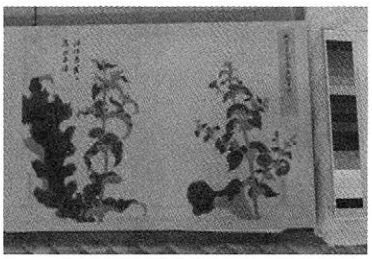


図 3-1「写生画帖」カラー画像

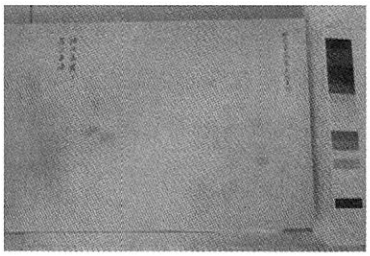


図 3-2 赤外線画像

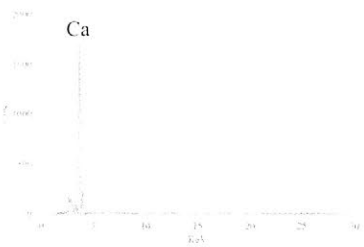


図 3-3 葉の濃緑色箇所分析結果

今回、「衆鱗図」と「写生画帖」の一部を調査したが、図譜として実際の魚や植物の色に少しでも近づけるため、顔料・染料を使い分け、表現されていることがわかった。博物図譜であることにこだわりを持ち、同じ葉を表現したものであっても博物図譜らしく実際の植物に近い表現を求め、彩色材料を選択していたことが伺える。

4．まとめ

「衆鱗図」と「写生画帖」の彩色の一部を調べた結果、それぞれの対象に合わせ、顔料と染料が使われていると推測され、彩色材料は多岐にわたっていると考えられる。今回は簡易調査であるが、この結果を踏まえて今後は図譜ごとに詳細に調査を進め、それぞれの図譜の特徴を彩色材料の観点から明らかにしていきたいと考えている。

協力：公益財団法人松平公益会

※本研究は科学研究費補助金基盤研究（C）（課題番号：15K01144）により行われたものである。

参考文献

1）秋山純子, 森實久美子：赤外線撮影法による彩色材料調査の有効性に関する研究 1，文化財保存修復学会第35回大会要旨集，pp. 254-255（2013）
2）秋山純子, 森實久美子：赤外線撮影法による彩色材料調査の有効性に関する研究 2，日本文化財科学会第31回大会要旨集，pp. 418-419（2014）
3）香川県歴史博物館編：『高松松平家所蔵 衆鱗図』 第一帖～第四帖（2001～2004年）
4）香川県立ミュージアム編：『高松松平家博物図譜 写生画帖 菜蔬』（2012年）

考古学，環境科学への磁化研究の応用

Rock magnetic applications to Archeology and Environmental Science

○川崎一雄（富山大学）、菅頭明日香（青山学院大学）、泉吉紀（富山大学）、酒井英男（同左）
○Kazuo KAWASAKI (University of Toyama), Asuka KANTO (Aoyama Gakuin University), Yoshinori IZUMI (University of Toyama), Hideo SAKAI (University of Toyama)

1. はじめに

地殻中に4番目に多く存在する元素の鉄を含む磁性鉱物は，殆どの物質に含まれ不偏性に富む．それ故，磁性鉱物から物質の挙動が研究できる．具体的には，磁性鉱物の種類や含有量，粒径の分析から，対象試料の堆積環境，輸送経路，熱変遷，変形等を含む様々な環境場が復元できる（Evans・Heller 2003）．本研究は，帯磁率を中心とした磁気調査法を，考古学の遺物や文化財，歴史時代の鉱山活動により生じた鉱山残渣へ応用した．

2. 考古学への応用

調査は，富山県高岡市の前田利長墓所内にある石燈籠を対象に実施した（図1）．石材の研究は，過去の流通形態や関連する文化形成の理解において重要であるが，その重量や文化財保護の観点から，現地で非破壊測定可能な測定方法の開発が望まれる．本研究では，携帯型帯磁率計を使用し，石燈籠の産地同定を試みた．調査は，部位別に任意に三点以上の測定点を設け，その平均値を代表値として使用した．

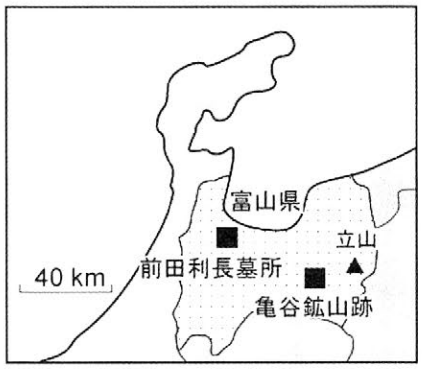


図1. 調査地域

測定した大型の春日燈籠形式の石燈籠は，九つの部位に分かれており，各部位は更に数個の石材を組み合わせて制作されている．帯磁率の測定から，各部位内で有意な差は認められず，各部位の石材には同一の原石が使用されていることを示唆する．しかし，九つの部位の中で三つの部位から一部に帯磁率が他点と異なる値を示す測定点が認められた．これは，燈籠制作後に，元と違う石材を用いて補修がされた結果と考えられる．

3. 環境科学への応用

調査は，富山県富山市の亀谷鉱山跡で実施した（図1）．亀谷鉱山は1567年に発見され，多数の金銀貨を鋳造し繁栄した加賀藩の財源として知られる越中七かね山の一つである．1596年か

ら1624年に銀山として繁栄を極め，1926年に閉山するまで，銀・鉛・亜鉛の採取が行われた．製錬過程として比重選鉱により鉱石を選別し，得られた鉱石を松葉の灰を用いた灰吹法によって銀を分離した（富山市大山歴史民俗資料館 2007）．操業に伴う鉱山残渣は現在も鉢伏山山中に残されており，周囲環境への影響が懸念される．鉱山残渣の挙動や植生の影響を，野外帯磁率測定を中心とした岩石磁気分析で検討した．

野外帯磁率測定の結果，鉱山残渣域と周辺の山土には顕著な帯磁率の差異が認められた．この帯磁率の違いは，目視で認められる境界と類似しており，風化による鉱山残渣の飛散が少ないことを示す．また，鉱山残渣域に生育する植生近傍で帯磁率の減少が認められた．また，同一個所での測定から，時間経過による帯磁率の減少も示唆された（図2）．結果は，植物の生育が磁性鉱物を含む周囲土壌へ影響を与えたと解釈できる．さらに，含まれる磁性鉱物種の割合も変化が確認されており，複雑な土壌形成作用の解明に繋がると期待できる．このような同一個所での継続的な測定手法は，対象物質の変質過程の推定が可能になると考え，文化財の保護科学への応用を検討している．

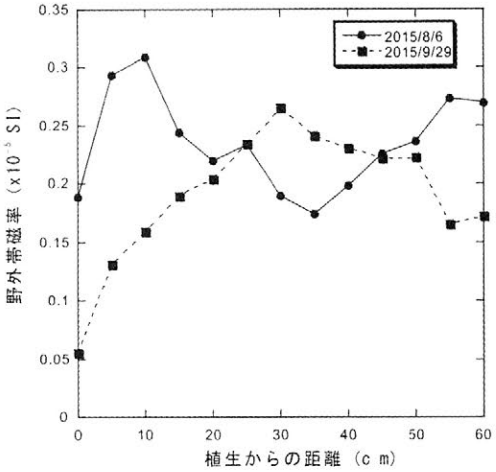


図 2. 鉱山残渣域に生育する植生からの距離と帯磁率の変化．●は2015年8月6日，■は同年9月29日の測定結果を示す．

4. まとめ

物質中の帯磁率変化は，鉱物種や量の変化を主に反映するため，物質の移動経路/過程の判別に利用できる．特に野外帯磁率測定は，現地において非破壊で迅速な測定を可能とするため，重量があるものや貴重で採取が困難な文化財に対し，有効である．また，現地での継続的な測定により環境変化のトレースも可能となる．磁化特性を用いた研究は，考古学や環境科学の背景を顧慮することで，有用な情報を提供できると期待される．

5. 参考文献

Evans・Heller (2003)Environmental Magnetism – Principles and Applications of Environmagnetics, Academic Press.

富山市大山歴史民俗資料館（2007）大山の鉱山．

平等院阿弥陀堂遺構材の調査1－樹種について－

Research on remained wood members of Byodo-in Temple Amida-do.

- Wood Identifiation -

○横山操（京都大学）、伊東隆夫（奈良文化財研究所）、光谷拓実（同左）、渡邊晶（建築技術史研究所）、坂本稔（国立歴史民俗博物館）、田中正流（宗教法人平等院）、鳴海祥博（同左）、太田亜希（同左）、神居文彰（同左）

○Misao YOKOYAMA, Takao ITOH, Takumi MITSUTANI, Minoru SAKAMOTO, Akira WATANABE, Masaru TANAKA, Yoshihiro NARUMI, Aki OHTA, Fumiaki KAMII

1. はじめに

平等院阿弥陀堂（鳳凰堂）の創建当初の建築部材であると伝承される古材を対象として樹種調査を行った[1]。建築遺構由来の古材に関する調査は、通常、解体・修理の機会などにおいて行われるが[2]本調査は、解体修理に際しての"保存材"を対象としたものである。これらは、良好な状態で保存されており、平安～室町期に至る中世遺構の古材資料の報告例は少なく、我が国の建築用材の変遷を明らかにする上でも、極めて貴重な学術試料である。

2. 試料および実験

平成26～27年度に行われた建築遺構材の総合調査において[2]、便宜上、平等院鳳凰堂創建期と伝承される遺構材それぞれについて、部材1から部材5と称した。本調査対象の古材3点については、番付などの墨書は認められなかった。いずれも横板張の野地板と推定される。現状での寸法は以下の通りである[2]。

部材3は、長さ2640mm（両端部切断）、幅282mm、厚さ33mm。

部材4は、長さ1280mm（両端部切断）、幅240mm、厚さ35mm。

部材5は、長さ1950mm（両端部切断）、幅278mm、厚さ31mm。

いずれの板材にも表面には、横斧（釿・チョウナ）による切削痕が認められた。それぞれの古材から、微量の試料を採取し、観察用プレパラートを作成し、光学顕微鏡を用いて木材の組織観察を行った。なお、樹種識別と並行して年代調査も実施された。その結果、部材4は11世紀（伐採年不明）、部材3および5は13世紀であると考えられる（坂本ほか，日本文化財科学会第33回大会）。

3. 結果

樹種識別の結果，部材3と部材5はヒノキ、部材4はコウヤマキであった。古代から平安期にかけて、北近畿および南近畿における建築部材として、ヒノキの他にコウヤマキも多く使用されていることが報告されている[3]。一方で、現存する大型木造建築物において、飛鳥期から江戸期に至るまで、コウヤマキの用材としての検出例は多くはない。とくに、平等院の創建か

ら、康和３年の藤原頼道の曾孫・忠実による阿弥陀堂の屋根修理、文暦元年の阿弥陀堂修理、兼武３年の楠木正成による大火に至るまで、平等院阿弥陀堂にコウヤマキがもたらされた背景を考察するにあたり、平安期から南北朝時代にいたる資料調査の今後の蓄積が望まれる。

以下に、光学顕微鏡写真および識別根拠となる特徴を示す。

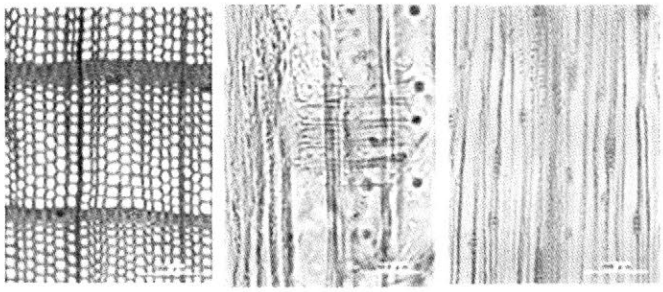


図１　部材５材（木口面、板目面、柾目面）光学顕微鏡写真

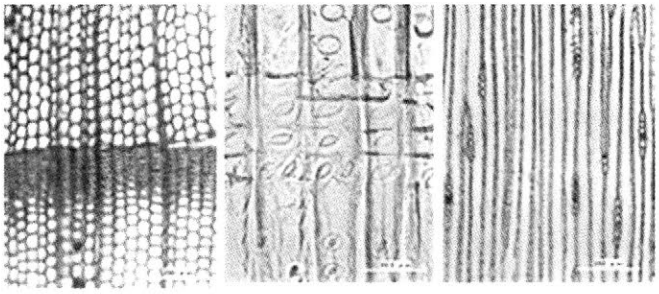


図２　部材４材（木口面、板目面、柾目面）光学顕微鏡写真

ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa* Endl）（図１）

早材から晩材への移行が緩やかで、晩材幅が極めて狭い。樹脂細胞は早晩材境界部に接線方向に散在。分野壁孔は典型的なヒノキ型で、一分野に２個存在。放射組織は１～１０細胞高で単列。

コウヤマキ（*Sciadopitys verticillata* Sieb.）（図２）

早材から晩材への移行が緩やかで、晩材幅が極めて狭い。樹脂道・樹脂細胞はない。分野壁孔は窓状。放射組織は放射柔細胞のみからなり、単列。

調査に際し、東京芸術大学の矢野健一郎先生，台湾国立芸術大学の窪寺茂先生から、ご助力・ご教示を賜りましたことを深謝いたします。

文献

1）横山操、伊東隆夫、杉山淳司、平等院旧南門における建築部材の樹種について、鳳翔学叢、第７号、2012
2）横山操、伊東隆夫、坂本稔、光谷拓実、渡邉晶、平等院鳳凰堂における建築遺構材について、鳳翔学叢、第１２号、2016
3）伊東隆夫・山田昌久編『木の考古学―出土木製品用材データベース』、海青社、2012

宋版経典用紙の分析

Analysis of Paper of Song Dynasty Printing

○坂本昭二（龍谷大学）
○Shouji SAKAMOTO (Ryukoku university)

1. はじめに

宋代になって一切経の大規模な印刷が始まったが、それらは日本にも大量に輸入された。このような版本が日本の各地のお寺や博物館などに多数所蔵されていることが確認されている。また、お寺などから流出したと思われる版本が鑑賞目的などのために切断されてしまい、古筆切として散逸してしまっているものも多数存在する。本発表では異なる４つの宋版経典とされる古筆切の資料「舎利弗阿毘曇論」「法苑珠林」「大般若経」「大方廣佛華厳経」（表.１参照）の紙を分析したので報告する。資料１には宋版東禅寺版、資料２には宋版磧砂寺版の説明書きも添付されている。

2. 分析と結果

目視観察およびデジタル画像処理により紙高、幅、界高、紙厚、簀の目、糸目幅を計測した。簀の目は1[cm]当たりの本数で、資料１と３が７本程度、資料４が10本程度であった。資料２については簀の目模様を確認できなかった。糸目についてはすべての紙（切断された断簡であるが）でおよそ等間隔になっており、その間隔は資料１～３でおよそ2.8～2.9[cm]、資料４ではおよそ2.3[cm]であった。次に、紙表面をデジタル顕微鏡（Keyence VHX-1000）で観察した結果、繊維配向性については、資料１と３は表側（印刷面）にのみ上下方向に若干の配向性が見られ、資料２は表側に配向性が見られ、裏側にも若干の配向性が見られた。資料４は表側のみに配向性が見られた。また繊維については、すべての資料において、円筒形のもの（図.１参照）と扁平なもの（図.２参照）が見られ、円筒形の繊維は先端が針状で茶色のものも多い。繊維長はおよそ1.5～3[mm]程度、繊維幅はおよそ5～15[μm]程度で、未蒸解の繊維束（図.３参照）も多数見られた。さらに、導管細胞、樽型や楕円型の柔細胞のような非繊維細胞（図.４参照）も多数確認できた。これらの特徴は竹紙のそれと一致する。また、紙色に関して、資料１と３は表側の色の方が濃い茶色であることを目視と顕微鏡観察の両方において確認した。一方、資料２と４は表裏での紙の色の大きな違いは見受けられなかった。以上に述べた観察結果を表.１に示す。

表.１　宋版経典用紙の分析結果

No	題	巻	紙高 [cm]	幅 [cm]	界高 [cm]	紙厚[mm]	簀の目 [lines/cm]	糸目幅 [cm]	繊維	繊維配向	備考	説明書き
1	舎利弗阿毘曇論		28.2	11.2	25	0.18	7	2.8	竹	表(若干)	紙色:表濃い	宋版東禅寺版
2	法苑珠林		29.6	12.2	24.2	0.12		2.8	竹	表,裏(若干)		宋版磧砂寺版
3	大般若経	583	29.5	11.3	25.6	0.21	7	2.9	竹	表(若干)	紙色:表濃い	
4	大方廣佛華厳経	63	31.3	11.1	24.9	0.14	10	2.3	竹	表		

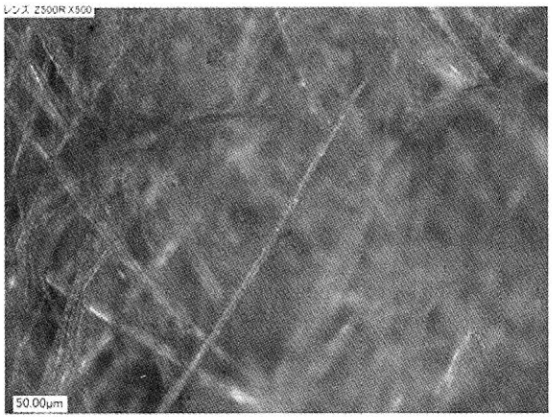


図.1 繊維 先端部（資料 4）

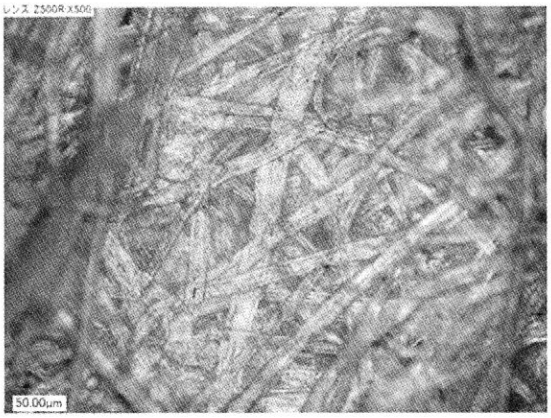


図.2 扁平な繊維（資料 3）

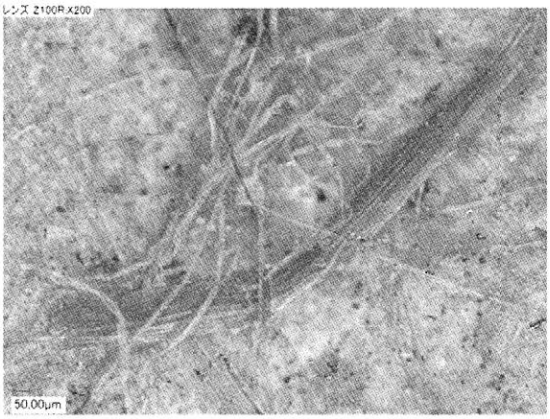


図.3 未蒸解繊維束（資料 1）

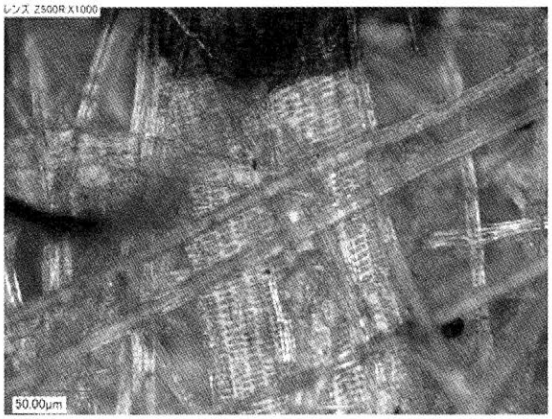


図.4 非繊維細胞（資料 4）

3. まとめと考察

4 点の宋版とされる古筆切の紙を分析した結果、すべての紙が竹紙の特徴を有した紙であった。資料 1 と 3 の紙は似通った紙であったが、それ以外（資料 1，3 と資料 2 と資料 4）の紙の間には簀の目、糸目、紙厚、紙色に差異が見られた。

宋版に用いられた紙に関する先行研究でも竹紙であることが報告されていることから[1]、宋版には竹紙が多く使用されたようである。一方で、4〜11 世紀の文書群である敦煌文書の中からはこれまでのところ竹紙や糸目幅が 3[cm]未満の紙は見つかっていない[2, 3]。これは敦煌文書と宋版文書の大きな違いと言えるだろう。

参考文献

[1]石塚晴通，土肥義和：東洋のコディコロジー：漢字文献，新たなアジア研究に向けて，第 9 号，pp. 14-110，2013

[2] 坂本昭二，Nathalie Monnet，岡田至弘：敦煌文書の科学分析，Proc. Of the 2013 3rd International Symposium on Conservation of Cultural Heritage in East Asia，pp. 23-26，2013

[3] 坂本昭二 Nathalie Monnet 岡田至弘：敦煌文書料紙と奈良平安時代の古文書料紙の比較分析，日本文化財科学会第 3 1 回大会研究発表要旨集，pp. 44-45，2014

三千本膠の比較と活用

Utilization and comparison of Sanzenbon glue

○勝川若奈、今津節生（奈良大学）
○Wakana KATSUKAWA ,Setsuo IMAZU(Nara university)

1. はじめに

近年、唯一手作業で三千本膠を作っていた企業が廃業してしまった。職人の高齢化と夏は暑く冬は寒い過酷な状況下で働く若者がおらず後継者が現れなかったことが理由として挙げられている。この出来事を受け、研究および開発が重ねられたため現在は新しい三千本膠が販売されている。しかし、古くから三千本膠を使い続けている画家や職人から「新しい三千本膠は使用感が違う」「以前の三千本膠のほうが使いやすかった」という意見が出ている。使用感の変化は生産元が変わったことによる製造方法の変化が原因であると考えられるが、新旧２つの三千本膠の違いを明確に示したデータは存在しない。そのため新旧２つの三千本膠の物性を比較し、違いを明確にすることを目的として調査を行う。

2. 調査方法

今回は以下の二種類の膠を使用し、引張力試験を行った。

	種類	備考
A	三千本膠(旧)	・製造年不明 ・重さが不均一 ・長さ、太さ共に不均一
B	三千本膠(新)	・製造年不明 ・重さが均一(全て 10ｇ) ・長さ、太さ共に均一

膠溶液を塗布した試料を上下に引っ張り、どの程度の力で破断するか試験する。

試料を 2 ㎝×10 ㎝の短冊状に裁断し、膠溶液を塗布する。ドーサも塗布する場合には先に試料にドーサを塗布し、完全に乾燥させてから膠溶液を重ねて塗布する。なお、上部 1cm と下部 1cm は試験機に挟み込む部分とする。ドーサおよび膠溶液を塗布する際には 6 号平筆を使用する。ドーサおよび膠溶液に浸した平筆を絵皿の縁で裏表１回ずつ(計２回)拭ってから試料に伸ばす。試料は紙の漉きむら、ドーサや膠溶液を塗布した際のむらを考慮してそれぞれ 10 試料ずつ用意する。試験後、最大値と最小値を除いた平均値を結果とする。

A
- 濃度 10%の膠のみ
- 濃度 20%の膠のみ
- 濃度 10%の膠＋ドーサ
- 濃度 20%の膠＋ドーサ

B
- 濃度 10%の膠のみ
- 濃度 20%の膠のみ
- 濃度 10%の膠＋ドーサ
- 濃度 20%の膠＋ドーサ

試験条件は以下の通りである。

測定機器：万能試験機 AGS-X シリーズ((株)島津製作所)

治　　具：引張試験治具

試験速度：100mm/min

3. 結果と考察

引張力試験の結果を総合してみると、新三千本膠である B のほうが旧三千本膠である A より引っ張られる力に対して強い。また、膠溶液作成の際 B のほうが膨潤しやすく、臭いも少ないため扱いやすいと感じた。しかし、塗布後の紙の状態を見ると B のほうは濃度が高くなると反りが出ていた。膠を修復材料として用いる際、相手となるのは文化財である。文化財への負担という面から考えると、B を使用する際は A を使用していたときの濃度よりも濃度を下げる等の配慮が必要である。

また、引張強度には紙と膠の相性も関わってくるのではないかと考えている。現在、美濃紙と絹を用いた調査も行っているため、結果が得られ次第比較を行う予定である。

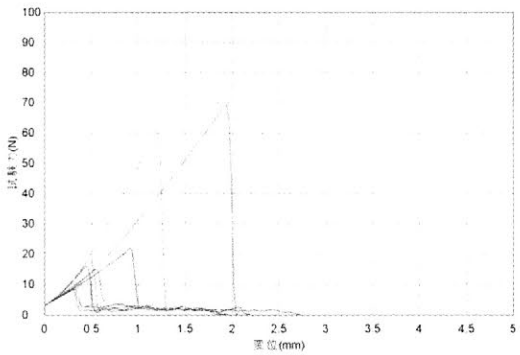


図 1.濃度 20%の三千本膠 A のみを塗布した試料

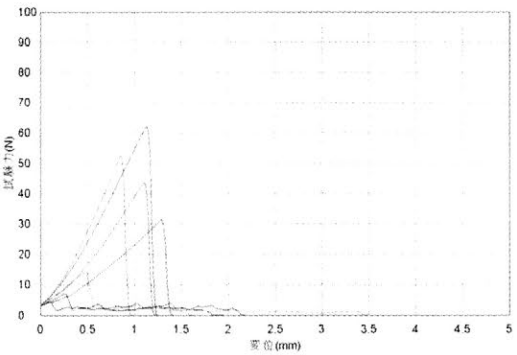


図 2.濃度 20%の三千本膠 B のみを塗布した試料

4. おわりに

実験によって旧三千本膠と新三千本膠には違いがあるという事実が明らかになりつつある。未だ比較および検討を進めなければならない部分が多々あり、どちらがどのような文化財の修復にふさわしいか今すぐ決定するのは難しい。しかし、旧三千本膠は失われつつある物で、製造技術の復活と流通には時間を要する。そのため、旧三千本膠を復活させることと同時進行で新しい膠を受容し、うまく利用していくことがポイントになると考えている。

また、調査を進めるにあたって現場で実際に修復に携わっている方々の声を聴くことが最も重要であると考えている。修復現場では一体何が求められているのかを知り、ニーズに応じた調査を行っていかなければならない。

マイクロX線CTによる非破壊内部構造調査

Application of micro X-ray CT to Structural Survey of a Historical Painting

○金旻貞（九州国立博物館）、大西智洋（大西漆芸修復スタジオ）

○min-jung KIM (Kyushu national museum)、tomohiro ONISHI(conservation and restoration of Japanese lacquer)

1．はじめに

文化財の内部構造を非破壊で可視化することは、学術的な観点のみでなく、文化財の保存や継承を考える上でも重要である。九州国立博物館ではマイクロフォーカスX線CT装置を用いて、剥落資料から修理方針を検討・決定するための情報を集めている。

CT画像の濃淡は密度の差異に対応するものであるため、層構造を直接観察することはできないが、層間の材料の違いがCT画像に反映される。文化財の内部構造調査に活用するためには、定量化された数値情報を合理的に評価することが必要である。本研究では、X線吸収率を示すCT値をとることにより各層の材料の相違が判別可能なことを想定し、X線CT法による漆塗膜の漆層、下地層の検証を試みたので報告する。

2．調査資料と使用機器

今回撮影したのは、浦添市美術館が所蔵している17～18Cの黒漆楼閣人物螺鈿卓の漆塗膜である。保存修復作業の過程で、過去の処置で貼られたガムテープを除去している際に漆塗膜片がテープに付いて取れてしまった約7mmの塗膜片を調査した（以下、資料Aと略す）。また、材料と技法の手順が既知の標準試料を製作して比較を行った。（以下、試料Bと略す）

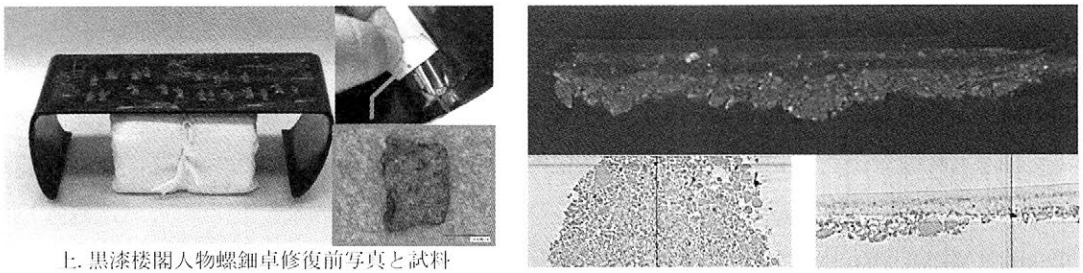
使用した機器は、九州国立博物館のマイクロフォーカスX線CT装置(以下、X線CTと略す。BRUKER、skycan1272)である。撮影条件は種々設定が可能である。今回は漆塗膜の内部構造調査に適用するための基礎的な研究として管電圧と管電流を変化させて漆膜の撮影を行った。

3．結課と考察

CT値0～1500を256階調のグレースケールで表示した資料AのX線CT画像の一例を図1に示す。画像の目視診断から、資料Aは4層に分かれている塗膜である。最表層の厚さ38~42μmで均一な透明漆層で、その下に鉱物粒子を含む第2層の漆下地が存在する。第3層は厚さ27~40μmで均一な空隙および細かい鉱物粒子を含む漆層で上面は研がれている。後世に第1層が漆塗装として塗り直された可能性が考えられる。その下地には鉱物粒子が粗い第4層、漆地粉層が存在する。

一方、材料の境界CT値をヒストグラムから特徴点を見出し、最大しきい値を決定し、求めた平均CT値の結果については、透明漆層の平均CT値は50kV、200uA測定条件では0.19~0.20で、60kV、166uA測定条件では0.08であることが分かった。管電圧の低下に伴うCT値の上昇

が確認された。下地層の場合は、混和材質の有無によってCT値の変動が認められたが、図2のように特定物質を除いては平均CT値はほぼ一致していることが分かった。空気及び空隙がCT値に与える影響については検討の余地があるが、同じ撮影条件で測定するのであれば、漆塗層については同様にCT値を求めることが可能なことが確認できたため、それらを用いて構成材料の代表値として推定、評価することが出来ると考えられる。



上. 黒漆楼閣人物螺鈿卓修復前写真と試料
右. 断面画像

図1. 試料Aのマイクロ X 線 CT 画像の一例

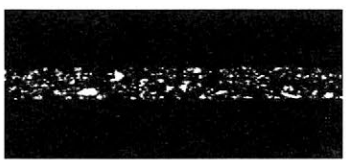
試料名・測定条件	下地層 CT 平均値	最表層 CT 平均値
A．資料　(50 kV、200 uA、分解能 0.9um、No Filter)	Mean 0.3355	Mean 0.2045
A．資料　(60kV、166uA、分解能 0.9 um、Filter=Al 0.25mm)	Mean 0.1343	Mean 0.0858
B．標準試料　(50 kV、200 uA、分解能 0.9um、No Filter)	Mean 0.2962	Mean 0.1944
B．標準試料　(60kV、166uA、分解能 0.9 um、Filter=Al 0.25mm)	 Mean 0.1417	Mean 0.0817

図2. 漆塗膜試料のマイクロ X 線 CT 画像の平均 CT 値

謝辞：本研究を進めるにあたり、浦添市美術館に大変お世話になりました。貴重な資料を分析する機会をいただき厚く御礼申し上げます。

ロシア沿海地方出土古代ガラスの オンサイト分析による考古化学的研究

Archaeometric study of ancient glass excavated from Vladivostok and its vicinity based on on-site analysis utilizing portable X-ray fluorescence spectrometer

○中井 泉、今井藍子、馬場慎介、柳瀬和也（東京理科大）、 S. ラプチェフ（MIHO MUSEUM）、 中村和之（函館工業高専）、 小嶋芳孝（金沢学院大）、 中村晋也（同）、 竹森杏奈（宝達志水町教育委）、 田村朋美（奈良文化財研究所）、 高橋美鈴（様似町教育委）、 Y.G. ニキーチン（ロシア科学アカデミー）、 N.G. アルテミエヴァ（同）、 小口雅史（法政大）

○Izumi NAKAI, Aiko IMAI, Shinsuke BABA, Kazuya YANASE (Tokyo Univ. of Sci.), S.LAPTEV (MIHO MUSEUM), Kazuyuki NAKAMURA (Natl. Inst. Tech., Hakodate College), Yoshitaka KOJIMA, Shinya NAKAMURA (Kanazawa Gakuin Univ.), Anna TAKEMORI (Hodatsushimizu Town BoE), Tomomi TAMURA (Nara Natl. Res.Inst. Cult. Prop.), Misuzu TAKAHASHI (SAMANI BoE), Y.G.NIKITIN, N.G.ARTEMEVA (Russ.Acad.Sci.), Masashi OGUCHI (Hosei Univ.)

1. はじめに

日本の古代ガラスは、ユーラシア大陸の様々な地域からの搬入品である。北海道への古代ガラスの流入を論ずるとき、本州経由からの経路と、中国北東部やロシア極東から樺太を経由して北海道へ流入する経路が考えられる[1,2]。北海道出土古代ガラスの化学組成については、我々のこれまでの分析により、続縄文時代ではカリガラスとソーダ石灰ガラス、擦文時代ではカリガラス、アイヌ文化期ではカリ石灰ガラスとカリ鉛ガラスを検出し、時代変遷に伴い流通するガラスが変化することを報告した[3]。そして、本州との関係では、続縄文時代や擦文時代に見られたカリガラスとソーダ石灰ガラスは、関東、九州、東南アジア、インド、中央アジア出土のガラスと化学組成が一致し、古代日本列島広域で、アジア諸国と同様の起源を有するガラスが流通していたことを明らかにした[3]。しかし、これは北からのルートを否定するものではなく、北からのルートを解明するには、ロシア極東地区の出土ガラスとの比較が不可欠であった。幸い、昨年12月にその機会が実現し、発表者らはウラジオストクのロシア科学アカデミー極東支部歴史学考古学民族学研究所を訪問し、同所に収蔵のロシア沿海地方出土ガラス130点余りについてポータブル蛍光X線分析装置により分析し、その化学組成を初めて明らかにした。本研究の目的は、沿海地方出土ガラスの化学組成の特徴を明らかにし、北海道・本州出土ガラスと比較することで、これらの地域における流通を明らかにすることである。

2. 分析資料および分析装置

分析資料はロシア沿海地方で出土した7~8世紀に年代づけられる古代ガラス33点と12~13世紀に年代づけられる中世ガラス94点である。比較資料として、 東京理科大学中井研究室がこれまで分析した国内外の古代ガラスのデータ、中世日本で出土した北海道アイヌ文化期のアイヌ玉、京都山科本願寺・福井一乗谷朝倉氏遺跡のガラスの分析結果を用いた。化学組成分析

には、可搬型蛍光X線分析装置OURSTEX 100FA-II Lと100FA-IVを用いた[3]。同装置をウラジオストクのロシア科学アカデミー極東支部歴史学考古学民族学研究所に持ち込み、現地で非破壊分析を行った。アルカリケイ酸塩ガラスは検量線法により定量し、鉛ケイ酸塩ガラスについては、密度測定により鉛含有量を算出し、鉛含有量に応じた補正を検量線に施し定量した。

3. 結果と考察

7~8世紀に年代づけられるロシア沿海地方のチェルニアチノ遺跡、クラスキノ遺跡出土資料33点は、主成分組成によりソーダ石灰ガラス（Na_2O-CaO-SiO_2系）30点、アルミナソーダ石灰ガラス（Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2系）3点に大別され、並行する続縄文文化期～擦文文化期初頭の北海道で多くみられるカリガラス（K_2O-SiO_2系）は確認されなかった。ソーダ石灰ガラスのうち29点はK_2OとMgOをそれぞれ1.5 wt%以上含むことから、融剤に植物灰を用いた植物灰ガラスであった。このうち、クラスキノ遺跡出土の1点は重層ビーズであり、Agは検出されなかったがAgに付随する可能性のあるBiが検出された。なお、北海道で流通したガラスの大部分はCu着色やCo着色であるのに対して、ロシア沿海地方では$PbSnO_3$着色の黄色から緑色のソーダ石灰ガラスなど、日本国内では出土例の少ない多様な着色が認められた。以上のように、7～8世紀のロシア沿海地方と北海道では、ガラス流通の様相に違いが認められた。

12~13世紀に年代づけられる資料94点は、主成分組成によりカリ鉛ガラス44点、アルカリ石灰ガラス50点に分類することができた。これらのガラスは中世の東アジアで広く流通していたガラスであり、ロシア沿海地方でも同様のガラスが流通していたことがわかった。しかし、日本との比較という点では、日本のカリ鉛ガラスの平均PbO含有量が45.1 wt%であるのに対し、ウラジオストクのガラスは平均PbO含有量が18.4 wt%と著しく低く、両者の起源が異なる可能性を示した。アルカリ石灰ガラスについては、50資料中43資料が5%以上K_2Oを含むカリ石灰ガラスであった。K_2Oが5%以下でK_2O<Na_2Oのソーダ石灰ガラスは5点で、K_2OとNa_2Oが共に低く風化の影響で判別できないものが2点あった。Fig. 1に風化の影響を受けにくい微量重元素のSrO含有量とZrO_2含有量のプロットを示す。Fig.1は2つの領域にわかれGroup Aに属した沿海地方のガラス5点のうち4点はコバルト着色のソーダ石灰ガラスであった。日本の本州、北海道で見られるカリ石灰ガラスはGroup Aに分類された。一方、Group Bについては北海道、ロシア沿海地方のカリ石灰ガラスのみがプロットされており、本州には無いタイプのカリ石灰ガラスである。このことより本州を通らない、北海道とロシア沿海地方に共通したカリ石灰ガラスの流通経路が存在する可能性を示唆した。

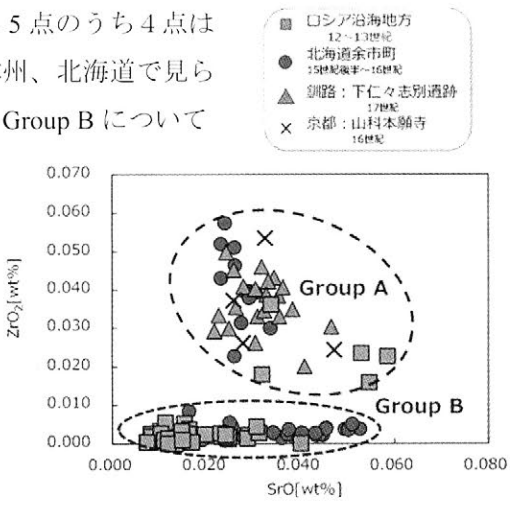


Fig. 1　アルカリ石灰ガラスの特性化

【文献】
1) 中村和之、森岡健治、竹内孝、北大学総合博物館研究報告、6: 58-65（2013）
2) 関口明、越田賢一郎、坂梨夏代、北海道の古代中世がわかる本、亜璃西社(2015)
3) 柳瀬和也、他　沙流川歴史館年報、16号、69-86(2015)

関東地域における縄文時代の漁撈域・狩猟域
－炭素・窒素およびストロンチウム同位体分析による検討－
Elucidation of Hunting and Fishery area of the Jomon period in Kanto region by Carbon, Nitrogen and Strontium isotope analysis

○石丸恵利子（広島大学）、覚張隆史（金沢大学）、申基澈（総合地球環境学研究所）、米田穣（東京大学）、陀安一郎（総合地球環境学研究所）、中野孝教（同左）、湯本貴和（京都大学）

○Eriko ISHIMARU(Hiroshima University),Takashi GAKUHARI(Kanazawa University),Ki-Cheol SHIN(Research Institute for Human and Nature),Minoru YONEDA(The University of Tokyo),Ichiro TAYASU,Takanori NAKANO(Research Institute for Human and Nature),Takakazu YUMOTO(Kyoto University)

1. はじめに

身近に存在する動植物資源を狩猟採集によって獲得して日々の暮らしを営んでいた縄文時代、主な活動域はどこであったのか、それらの具体的な議論を可能とするため、必要な情報を得る方法として、動物遺存体の同位体分析に注目した。魚類の炭素・窒素同位体比（以下$\delta^{13}C$、$\delta^{15}N$）は、同一魚種においても生息する海域で値が異なることが知られ、産地推定や海産物流通の議論に役立つことが指摘されている。哺乳類などの歯のエナメル質に残るストロンチウム同位体比も、それらの生息域や出自を明らかにするうえで有益な情報となる研究が進められている。

本発表では、関東地方に位置する縄文時代後期・晩期の遺跡を例として、出土したマダイやスズキなどの海産魚類の炭素・窒素同位体分析（以下CN分析）と、イノシシとニホンジカのストロンチウム同位体分析（以下Sr分析）の結果について報告する。それらの分析結果から、当時の生業域や各遺跡とのかかわりについて考察する。

2. 分析資料と方法

対象としたのは千葉県周辺域に所在する遺跡の出土資料で、CN分析は7遺跡3魚種で、Sr分析は12遺跡2種で実施した（表1）。各地域のSr同位体比を把握するため、現生植物32点の分析もおこなった。CN分析は、Yoneda et al. (2002)に従って前処理をおこない、総合地球環境学研究所および東京大学総合研究博物館所蔵の安定同位体比質量分析装置により測定した。また、Sr分析は陽イオン交換樹脂カラムにてSrを回収し、総合地球環境学研究所の表面電離型質量分析計で測定した。

表1　同位体分析対象遺跡と資料数一覧

NO.	遺跡名	所在	C・N同位体比			Sr同位体比	
			マダイ	クロダイ属	スズキ属	イノシシ	ニホンジカ
1	野田貝塚	野田市		5	5	3	3
2	大崎貝塚		1	1	1	1	
3	山崎貝塚		1			2	2
4	庄久ケ谷貝塚			1		1	1
5	三輪野山貝塚	流山市	5	5	5	3	3
6	下ケ戸宮前遺跡	我孫子市		5	5	3	2
7	六通貝塚	千葉市	5	7	7	2	3
8	山武姥山貝塚	山武郡横芝光町			1	2	3
9	堀之内貝塚	市川市				3	3
10	台方花輪貝塚	成田市				3	3
11	部室貝塚	茨城県小美玉市				3	3
12	八木原貝塚	四街道市				3	

3. 結果と考察

魚類のCN分析では、遺跡によって同位体比が異なる傾向が認められた。最も特徴的であったのはスズキ属で、三輪野山貝塚や野田貝塚では$\delta^{15}N$と$\delta^{13}C$がともに高く、下ケ戸宮前遺跡や山武姥山貝塚では両同位体比がともに低い結果が得られた（図1）。下ケ戸宮前遺跡は、三輪野山貝塚や野田貝塚と距離的には近いものの、異なる水域で漁撈活動をおこなった可能性が高いことがうかがえる。

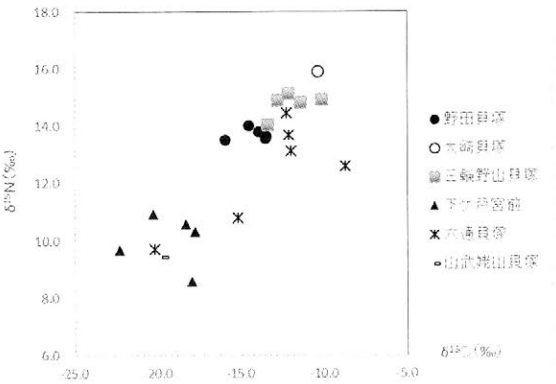


図1　スズキ属の炭素・窒素同位体比

Sr同位体比は、植物分析によって房総半島先端部で同位体比が高く半島の基部で低いことが示された（図2、図3●印）。半島先端部の0.7080以上の値を示す哺乳類は確認されなかった。遺跡によってややまとまりのある値を示し、ニホンジカ（＋）とイノシシ（△）はほぼ同様の値であった。遺跡別に比較すると、部室貝塚で0.7070から0.7075と比較的高い値のみで占められ、八木原貝塚では0.7060以下の低い値のみであったことから、異なる生息域の獲物を獲得した可能性が指摘できる。

半島先端部や内陸部の遺跡資料との比較も必要であるが、動物遺存体の同位体分析によって、各遺跡の漁撈域や狩猟域の違いを示す有効な情報が得られたと言える。

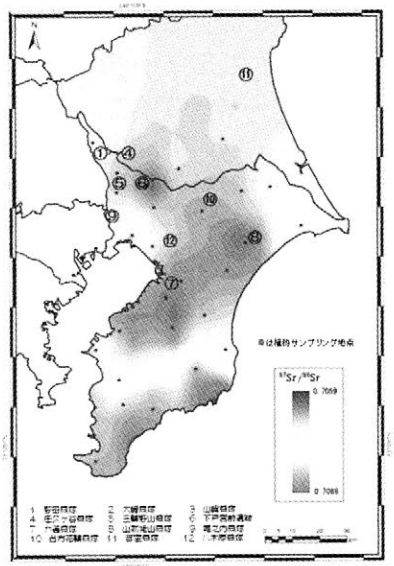


図2　Sr同位体比地理的分布図

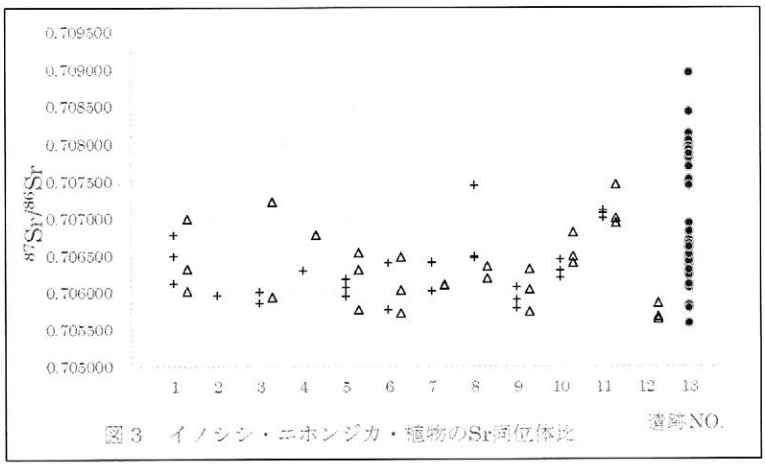


図3　イノシシ・ニホンジカ・植物の$^{87}Sr/^{86}Sr$同位体比

参考文献

Yoneda, M., M. Hirota, M. Uchida, A. Tanaka, Y. Shibata, M. Morita, and T. Akazawa(2002).Radiocarbon and stable isotope analysis on the Earliest Jomon skeletons from the Tochibara rockshelter, Nagano, Japan. Radiocarbon 44, 549-557.

謝辞　本研究は、JSPS科研費（20509010）、JSPS科研費（23652176）、総合地球環境学研究所プロジェクト「日本列島における人間－自然相互関係の歴史的・文化的検討」の一部の助成を受けたものである。また、各遺跡資料の分析とデータの公開においては、以下関係諸機関の許可を得ておこなった。記して感謝申し上げる。我孫子市教育委員会・千葉県教育委員会・流山市教育委員会・野田市教育委員会・明治大学・明治大学博物館

中国古代における馬匹生産体制の動物考古学的研究
- 関中盆地を中心に -
Zooarchaeological research of horse production system in Ancient China

○菊地大樹（京都大学）、覚張隆史（金沢大学）、劉呆運（陝西省考古研究院）、曹龍（同左）
○Hiroki KIKUCHI (Kyoto university), Takashi GAKUHARI (Kanazawa university), Daiyun LIU, Long CAO (Shaanxi Provincial Institute of Archaeology)

1. はじめに

中国古代において馬は祭祀や軍事のみならず、権力や交易とも深いかかわりをもつ大家畜であった。馬匹生産に不可欠な養馬技術は、殷王朝後期に馬車とともに導入され、秦漢王朝において馬匹生産体制の確立とともに成熟していく。古典籍には、馬はさまざまな官職による馬匹生産体制が組織され、季節性をともなった飼養管理が執り行われている。

現在、陝西省考古研究院と共同研究を進めており、西周王朝に関連する少陵原西周墓地遺跡（図 1）、戦国時代秦国の王陵に関係する祭祀馬坑が発見された閻家寨遺跡より出土した馬骨について、それぞれ同位体化学を援用した動物考古学的分析成果を比較検討したところ、中国古代における馬匹生産体制下の給餌実態について、新知見を得たので報告する。

2. 資料および分析方法

分析資料は、中国陝西省西安市の少陵原西周墓地遺跡（西周時代）出土 6 個体と閻家寨遺跡（戦国時代）出土 9 個体の馬骨となる。分析方法は以下のとおりである。

a.形態学的データの集積と形態変異部の観察

実施調査で収集した形態学的データをもとに、大きさや年齢構成などの基本情報をまとめる。このほか、形態変異部を観察し、生前の利用状態を検証する。

b.同位体化学を応用した給餌形態の把握

エナメル質は、一度鉱質化すると外部からの炭素供給が止まり、その後の影響を受けない。歯種によって形成時期は異なり、臼歯には出生から 60 月齢に至るまでの炭素同位体比の変動が記録されている（図 2）[1]。この特性を利用し、歯エナメル質のハイドロキシアパタイトの炭素同位体比の分析から、成長過程における給餌実態の変遷を捉える

c.古典籍・出土文字資料との照応

『周礼』や『礼記』に代表されるように、養馬に関する内容が詳述されている古典籍は多くい。また、時代が特定できる青銅銘文や簡牘といった出土文字資料にも、馬政史や養馬史に関わる記述が散見される。動物考古学的分析と同位体化学分析から得られた結果をそれらの記述と照応させ、検証する。

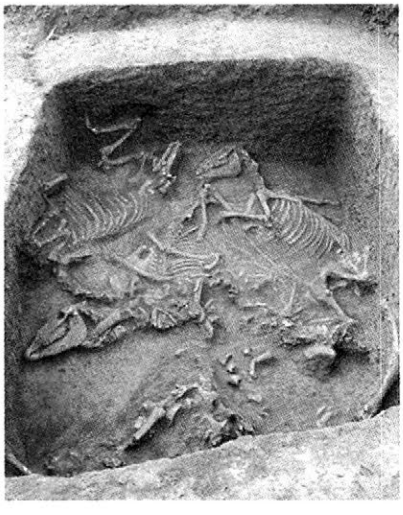
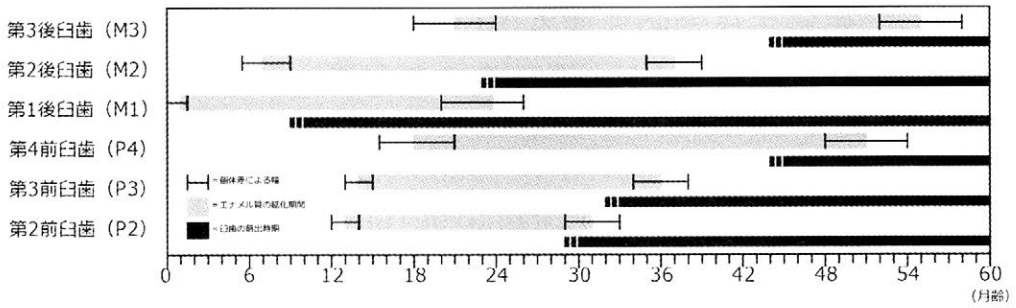
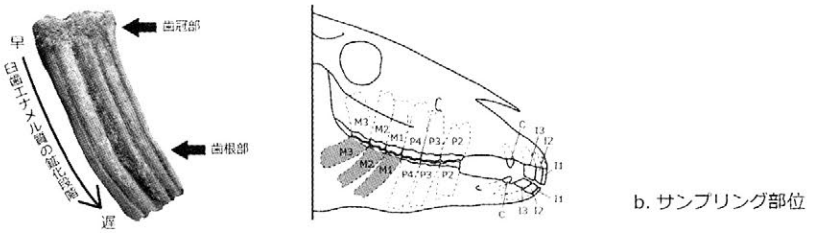


図 1　少陵原西周墓地遺跡 1 号馬坑



a. 臼歯のエナメル質鉱化期間と萌出時期（Hoppe et al. 2004 を改変）



b. サンプリング部位

図２ 臼歯のエナメル質鉱質化期間、萌出時期とサンプリング部位

3. 結果と考察

両遺跡の動物考古学的分析結果を比較検討したところ、西周時代から戦国時代へと時代が下るに従い、飼養管理体制が徐々に確立されていく傾向を捉えることができた。少陵原西周墓地では、仔馬は出生してからしばらくは、野草（C3 植物）を食む自然放牧の環境下にあるが、2～3 歳で離乳し、3 歳以上で粟や黍を代表とする雑穀（C4 植物）を大量に給餌される個体を確認した。このような結果は、西周時代の達盨銘や盞駒尊といった青銅器銘文にみられる、母馬から仔馬を離す「執駒」の儀礼の存在を強く補強させるものとなった。また、メスと考えられる個体は、生まれた当初から C4 植物を摂取させられていた。ただし、こうした顕著な食性変動がみられる個体は少なく、全体としては C3 植物を摂取する比率が高いため、自然放牧を主体とした飼養管理体制が想定される。一方、戦国時代の閻家寨遺跡では、ほとんどの個体で 2～3 歳で C4 植物を摂取する比率が急激に高くなる傾向を示した。戦国時代から前漢時代に編纂されたと考えられる『周礼』夏官廋人には、「廋人。掌十有二閑之政教。以阜馬。佚特、教蚔、攻駒。及祭馬祖、祭閑之先牧。」として、2 歳馬には去勢、3 歳馬には訓練を施すとある。また、『睡虎地秦簡』にみる法律文書の「秦律」には、馬の飼料となる飼葉、藁や穀類が徴収、管理され、適切な給餌が実施されていたことが記されており、分析結果とあわせて考えると、成熟した馬匹生産体制の存在が窺える。このように、給餌形態の比較検討から、中国古代における馬匹生産体制の形成過程の一端を明らかにすることが出来た。

参考文献

1. Hoppe A. K., S. M. Stover, J. R. Pascoe and R. Amundson (2004) "Tooth enamel biomineralization in 。 extant horses: implications for isotopic microsampling" *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* vol. 206, pp. 355- 365

本研究は、以下の研究成果の一部である。
平成 25 年度～平成 28 年度 科学研究費補助金 若手研究（B）「中国殷周王朝における馬匹生産体制の動物考古学的研究（研究代表者：菊地大樹）」（課題番号：25770289）、平成 26 年度～平成 28 年度 特別研究員奨励費「中国殷周王朝における馬の飼養管理から利用形態の解明を目指した実証的研究（研究代表者：菊地大樹）」（課題番号：26・3872）、平成 27 年度～平成 30 年度科学研究費補助金 若手研究（A）「新規データに基づく東アジアにおける家畜化および家畜利用に関する総合的研究（研究代表者：覚張隆史）」（課題番号：15H05348）、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「東アジアの歴史都市と自然環境－先端科学が拓く「古都・長安学」（研究代表者：鶴間和幸）」（事業番号：S1391002）

年輪年代学的手法を用いた木器の接合検討
—出土木器研究の新展開—

Restoration of Wood Remains, Assisted by Dendrochronological Investigation

○浦蓉子（奈良文化財研究所）、星野安治（同左）
○Yoko Ura、Yasuharu Hoshino (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

年輪年代学は、狭義には年輪変動を用いた年代測定を指すが、広義には古気候復元、木材産地推定などを含む木材の歴史に関わる総合的な分野である（Schweingruber 1988）。年輪年代学における年代測定はクロスデーティングと呼ばれ、年輪曲線の照合により行うが、この方法を用いた同一原木由来の検討も可能である。English heritage(2004) による年輪年代学のガイドラインでは、ヨーロッパ産ナラ類について同一原木を示唆する統計的な目安が示されている。また日本でも，ヒノキ科樹種の様々な木質文化財について，同一原木由来の可能性が指摘されている。

本研究では、新たな試みとして一括で出土した斎串や割材の接合検討に、年輪年代学的手法を取り入れた検討を行った。年輪年代学的手法を、出土木器研究にどのように活かすことができるのか、出土斎串の検討を通して提示したい。

2. 分析対象と方法

今回対象としたのは，奈良文化財研究所平城第530次 平城京右京一条二坊四坪の調査において一括で出土した斎串(祭祀関連遺物)と割材を含む計68点の木質遺物である（図1）。

年輪年代学的手法の具体的な手順としては、①各遺物について柾目面の接写画像を撮影、②年輪幅計測ソフトウェアCooRecorderで、各遺物の接写画像から年輪幅を計測、③各遺物の年輪曲線のクロスデーティング、④年代関係が確定した各遺物に含まれる年輪の年代範囲を示すバーチャートの検討、という手順を踏んだ。③、①の手順は、年輪分析ソフトウェアPAST5を用いた。

3. 分析結果

年輪曲線の分析結果では、一括で出土した木器は5つのグループに分かれ、bグループ4点、eグループ1点を除き、ほとんどがa（21点）、c（17点）、d（24点）の3グループにまとまる。それぞれのグループは、年輪曲線が酷似しており、同一原木由来であることが示唆されるまとまりである。各試料の年輪曲線は標準年輪曲線と照合できなかったが，最終的に106層となったaグループの平均年輪曲線（図2）は、平城宮跡出土品で構築された標準年輪曲線（奈文研1990）と照合し，最外層は613年であった。

分析の最初の段階では、年輪曲線の分析と遺物の接合検討とを独立させて行った。年輪曲線によるグルーピングと遺物の接合検討とは一致しており、年輪年代学的手法によるグルーピング結果については信頼性が高いといえる。

各グループの様相はポスターにて詳述するが、本要旨ではaグループについての概要を示す。aグループは割材が多くを占めるグループであり、接合検討において8点2組の接合を確認した。年代関係が確定した各遺物に含まれる年輪の年代範囲を示すバーチャート（図3）と遺物検討から、長さ約83㎝、幅約6㎝の原材を割りさいて、斎串を製作したと想定することができた。aグループから作り出している完成品は、斎串22と横櫛形木製品のみであった。

4. 年輪年代学的手法による分析結果を踏まえた斎串の検討

本遺構からは、斎串の完成品とその原材である割材が一括で出土している。特にａグループでは割材がほとんどをしめていることから、この場で板材を加工し斎串を作り出している様相が見て取れる。このことは斎串を用いた「祭祀の在り方」もしくは「祭祀の場」について、これまでとは違った視点を与える結果となった。遺構から完成品のみを抽出して検討を行うといった、従来の検討方法からは導き出せなかった視点である。

5. おわりに　—出土木器研究の新たな可能性—

本研究では一括で出土した木器の接合検討に、年輪曲線での同一材の検討を取り入れ、年輪年代学的手法による出土木器検討が有効であることを確認した。

これまでの木器研究では、完成品と一部の未成品が検討対象となっていたが、本手法では、割材などの完成品以外の木器も検討対象とすることで、これらの遺物を同一文脈で検討することが可能となる。特に本手法では、製作手順や製作方法の言及が可能である。また本手法は、年輪が明瞭に確認できる、柾目材である等の条件に合えば他の遺構出土木器の検討にも適応可能である。さらに、材に辺材部があり年輪年代の標準曲線と一致すれば、年代を決定することも可能である。

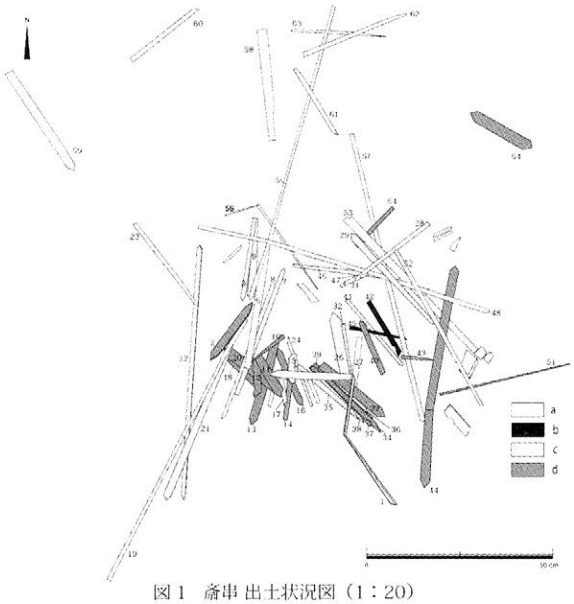


図１　斎串出土状況図（1：20）

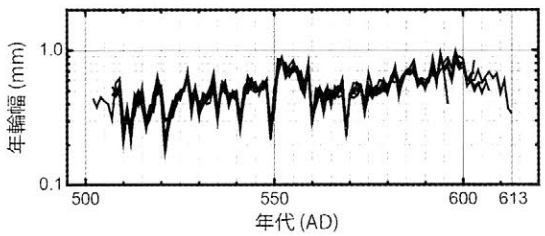


図２　ａグループの測線グラフ

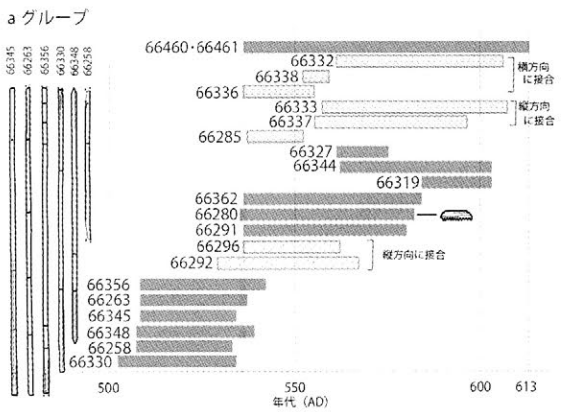


図３　ａグループのバーチャート　（1：20）

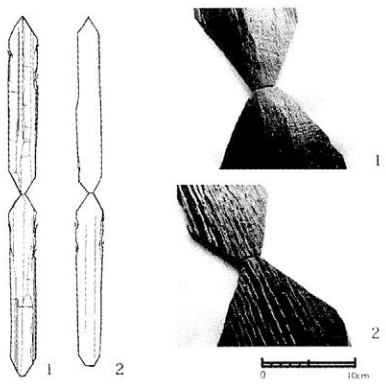


図４　同一材から同型式の斎串を作る（1：8）

奈良国立文化財研究所 1990『年輪に歴史を読む－日本における古年輪学の成立－』奈良国立文化財研究所学報 48

English Heritage 2004『Dendrochronology: Guidelines on producing and interpreting dendrochronological dates』
https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/dendrochronology-guidelines/dendrochronology.pdf/

Fritz Hans Schweingruber 1988『Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology』Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

三次元データの利用を考える

—島内139号地下式横穴墓出土状況の計測成果より

Consideration of the use of three-dimensional data of the Shimauchi No.139 Subterranean Chamber Grave.

○金田明大（奈文研）、橋本達也（鹿児島大学）、中野和浩(えびの市教育委員会)、
東憲章（西都原考古学博物館）、ナワビ矢麻（早稲田大学大学院）

○Akihiro Kaneda(Nabunken), Tatsuya Hashimoto(Kagoshima University), Kazuhiro Nakano(Ebino city Board of Education), Noriaki Higashi (Saitobaru archaeological Museum), Yama Nawabi (Waseda University)

1. はじめに

島内139号地下式横穴墓群は宮崎県えびの市に所在する。事前調査に際し、発掘がおこなわれ、島内地下式横穴墓群の中でも玄室の規模が大きく、膨大な出土資料が存在することが判明した。副葬品の早急な保存処理が必要になり、作業開始までに迅速に詳細な出土状況の図化が必要となった。作業については別報告に譲るが、取得したデータの利用についてここでとりあげる。

2. 現場での利用

三次元計測手法としてSfM（Structure from Mortion）・MVS(Multi-view Stereo)による計測を主におこなった。これにより取得したデータは点群およびメッシュデータとして出力された。基準点は現地に塗装した五寸釘を立坑部分および羨道部分、それに墓外に打設し、RTK-GPSにより平面直角座標で記録をおこなった。解析はAgisoft社Photoscan professionalにより、モデルに座標を付加した。今回の例では多量の副葬品が玄室内に存在し、人間が入ることが可能な範囲も限定されているため、手作業による伝統的な手法での図化は困難であり、現地における確認作業と、計測成果の基図として使用するため、高密度の点群によるモデル化を試みた。コンピューターの能力の限界があり、床面については分割して出力し、図化をおこなった。必要な各方向のオルソ画像を出力し、QGISにより縮尺と座標を示すグリッドなどを付与して出力した。

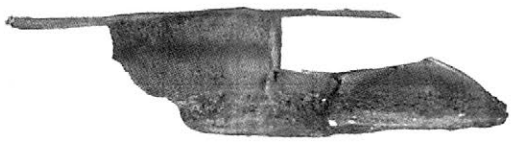


Fig.1　横穴墓断面画像

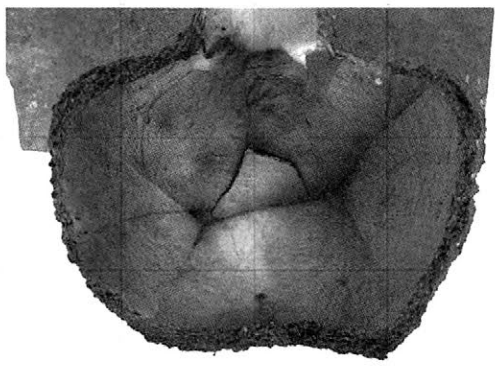


Fig.2　玄室天井部画像

3. 成果の利用

得られた情報を活用するという点から、三次元プリンターやディスプレイ上での立体表示、プロジェクションマッピングなどの利用を試みた。

三次元プリンターによる出力は普及型の三次元プリンターを用いて出力した。出力サイズに限度があるため、詳細の復元は難しいが、立体物として提示できる利点は大きい。

立体表示はアナグリフや変更立体視などを試みている。アナグリフによる表示は使い古された感のある手法であるが、三次元モデルの表示の利点である自由な角度へモデルを回転させながらの観察に立体視を加えることが可能であることから、訴求力のある展示を簡便に達成することが可能であり、今後廉価で臨場感のある展示手法として活用が促進されることを期待している。

4. まとめ

三次元計測手法の普及と発展は、文化財における形状情報の利用の可能性を広げている。しかし、自治体などで現実的に実現可能な利用についての実践はこれからの課題と考える。今回の試みを通じて、更に魅力ある文化財情報を広く提供できる方策を考えたい。

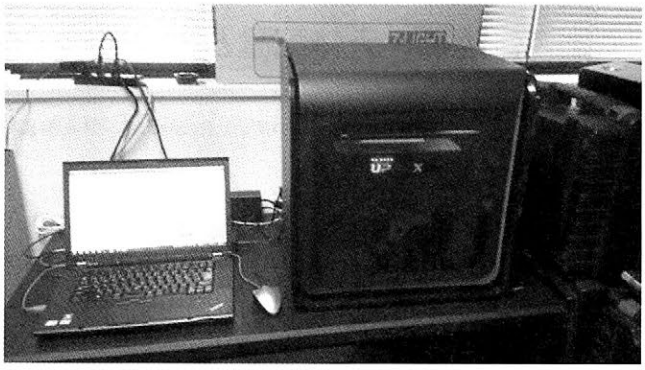


Fig.3　3Dプリンター出力

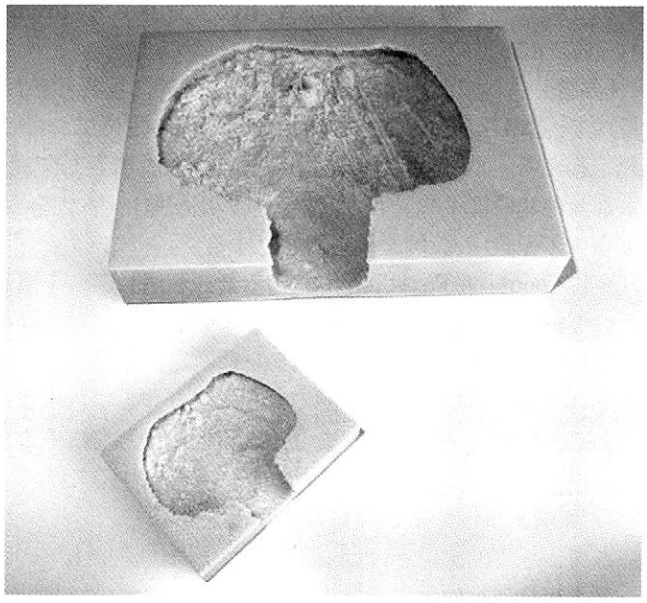


Fig.4　3Dプリンター出力成果

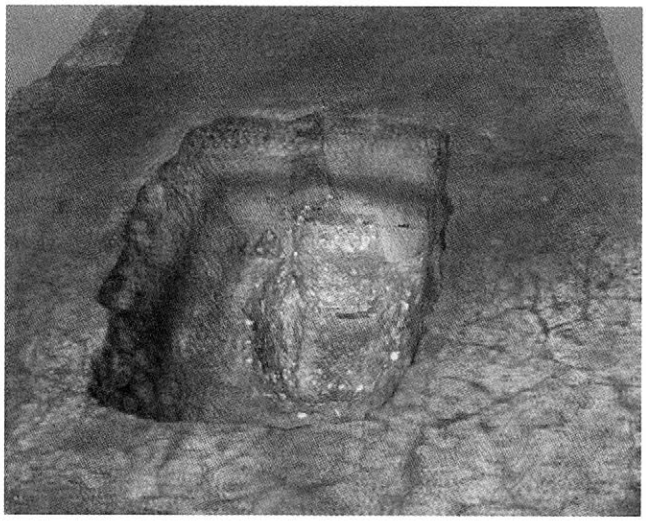


Fig.5　アナグリフ（赤青）による立体表示

陸標・天体配置と古代遺跡定位の景観考古学的研究

～京都盆地北部、物集女車塚古墳・長岡京跡を例に～

Ancient Landscape Archaeology
of Correlation with Landmarks and Celestial Sphere
-The Case Study of Tumulus of Chief "Mozume-Kurumatsuka"
and Capital "Nagaokakyo", Northern Kyoto Basin-

中塚良(向日市埋蔵文化財センター)
NAKATSUKA , Ryo (Muko city archaeological center , Kyoto)

1. はじめに

〔要旨〕古代遺跡の測地的成果と、歴史的に重要とされる陸標としての山と天体(夏至日の出・北極星)の配置組み合わせ双方の分析から、遺跡定位における自然景観的資源利用の可能性について検討をくわえる。京都盆地北部古墳時代後期首長墳として周知される物集女車塚古墳(石室・墳丘主軸と京都盆地北西部主峰愛宕山・夏至日の出配置)、古代都城長岡京(古代磐座交野山「真北」における長岡宮東辺配置)の二例を検討対象とする。

〔定位 Location/Position における景観利用〕遺跡を遺した人々は、彼らが定位した場の設け方を例えば記録や図として具体的に後世に伝え留めることは極めて稀であろう。従って、遺跡立地条件に関わる地理的・考古学的調査情報から遺跡定位の意味・方法を解釈するに際し、研究実状に照らしリアリティの質が課題となる。どのように、どうして古墳をその場に築造したのか。また同様に都の中心である大極殿・朝堂院を脊梁たる朱雀大路とともにそこに設けたのか。実証的考古学はせめて「適切なる場としてここが選択されたのだ」と説明するであろうが、定位者の行為に少しでも近接したいと願う実感指向の琴線にふれがたい。

さて、地理的定位とは地形もしくは景観的座標上への固定を意味する。例えば際立つ山稜と特定の季節の天体運行位置さらに古墳主軸三者の合致性は相関する自然観の表出として印象づけられるが、定位にあたり、三者の構成する軸線と交差し古墳を固定するもう一つの軸を要する。遺跡定位には複次の地理的座標軸が存在し、また、座標空間上に特定の長さの線分があって初めて土地分割が可能となる。「適切なる場」は恣意的決定の例外をのぞいて、単独では定点を構成しえないと考えられる。定位・地割とは時々の自然観の理想が反映される、細心の注意が払われるべき景観資源利用の粋と考える。首長墳や宮城建設時代において、景観構成要素間的配慮、景観規模的均衡を前提に施設が定位されるものと推察される。景観利用に関わる分析結果を以下に示す。

2. 分析・結果

〔古墳・都城景観構成の共通項：愛宕山景〕愛宕山は標高 920m、京都盆地北西部主峰として際立つ。物集女車塚の前方後円形の側面観の背景において、山稜は右の組織的岩塔状地形(奈良時代後期光仁朝鎮座愛宕社在)と左手の隆起準平原時代の痕跡に相当する平坦面で構成され、両者の輪郭は左右対称の相似を呈するかに見える。愛宕山麓から南に延びる活断層、樫原断層は車塚西方の向日丘陵東縁をさらに南伸し長岡宮を載せる断層末端段丘にいたる一連の変動地形構造を形成している。愛宕山稜から南に派生する、光仁～桓武朝にかけての来歴をもつ「長岡」景観構成に相当する。

なお、車塚周辺における近年の調査では、長岡京条坊北延長にあたる後円部直ぐ西を南北に画す掘立柱列からなる遮蔽施設が、また、前方部北側において長岡宮式軒瓦を伴う掘立柱建物が確認され、古墳周縁における長岡京時代の土地利用の存在が明らかとなった。車塚・長岡京の関連性が示唆される。車塚被葬者集団と王統のかかわりについて解明が待たれる。

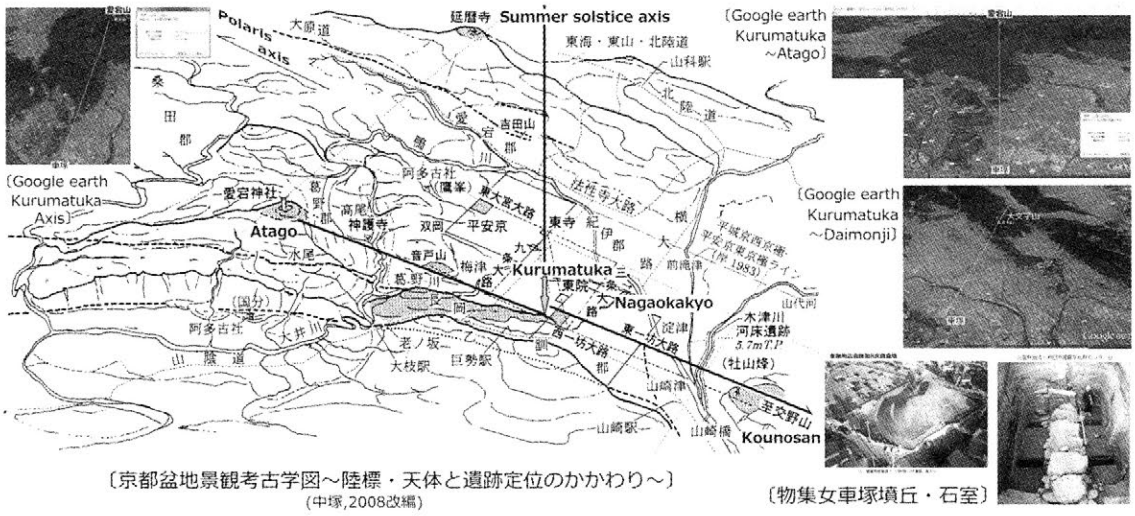
〔物集女車塚古墳定位のプロセス〕物集女車塚古墳は埋葬施設・墳丘共に詳細な測量成果が得られ

ている。まず先述愛宕山との測地的関係を整理する。横穴式石室主軸：N28.85° W、愛宕山頂(愛宕社)と墳丘中軸・石室軸交点の方位角：N27.45° W、前者は山稜平坦面西端に至る(GoogleEarth 拠)。石室奥壁に愛宕山上構成要素が投影可能と推察される。奥津城後景のランドスケープデザインか。他方、石室軸と直交的関係をなす墳丘の向きについて、墳丘主軸(墳丘発掘区の配置軸)：N56.65° E、盆地北東における低い陸標としての大文字山山頂への方向角：N56.07° E である。石室主軸との直交軸：N61.15° E については天体運行の至点との関係において近似値を求めうる。西暦 550 年 6 月 21 日(夏至)日の出の方位角：N59.86° E、6/3・6/4 もしくは 7/7・7/8 日の出向きと石室直交軸方位角がほぼ一致する（ステラナビゲータ ver. 10 拠）。以上の成果から、墳丘軸については後者の日の出向きとの近似性を重視して、車塚の座標的定位は愛宕を中心とする弧線と夏至前・後(約 1 か月間)の日の出の景観的軸線(接線)との接点においてなされたと解釈しうる。なお定位にあたって車塚周辺の地形条件、即ち低位段丘/沖積低地境界とその眺望性とのバランスにも注意が払われたと推察される。

〔長岡京定位のプロセス〕 条坊施工精度の高い遺構として、宮城東辺を画し段丘東縁崖端を通過する東一坊大路(東大宮大路相当)が知られる。現在、平安京南・長岡京北の中間地点近くまで遺構の延伸が確認され、基幹坊路として、同時に二都の設計・施工的連関性を検討するうえで重要と推察される。東一坊大路は宮周辺の南北約3.2kmにわたる調査成果５例(北から修理式遺跡第９次、久々相遺跡第５次、左京第 210・465・258 次)から国土座標北に対し 6′ 45″ E の平均振れ角を確認できる。長岡宮大極殿付近の成果では座標北に対する真北N10′ 6″ Eが知られており、両者の東振れの傾向から施工が大極(北極星)向きを基準になされた可能性が示唆される。振れ角補正にもとづく東一坊大路の延長線における陸標として、長岡京三条大路南 16.58km(5600 丈、0.296m/小尺換算)位置に、百済王家の故地東方のピーク交野山を検出しうる。長岡宮東縁を画す東一坊大路西側溝南延長が交野山磐座遺跡にほぼ合致する(交野市地形図 縮尺 1:2500. 1986 年版)。なお交野山は高橋(1991)が長岡京朱雀大路真南の陸標として図解、指摘したが４町分の誤認である。長岡京定位にあたって交野山・大極間の東一坊大路の基線的重要性が示唆される。東一坊大路はローカル的には断層東縁の低位段丘崖端に一致しており、宮城西端の高位段丘崖までに宮城幅 3600 尺規格が見いだされ、その二等分位置に二次的基線としての宮城中軸、朱雀大路がセットされたと解釈される。都の東西基軸の定位については今回の論点から具体的に言及が困難であるが、宮城を高台に収める意図を前提として樫原断層末端・段丘南端位置が重視された可能性が考えられる。

3. 課題

山(陸標)・天体が織なす遺跡定位の再構成案を提示した。今回２題をとり結ぶ景観資源として愛宕～長岡にかけての変動地形の存在の重要性が示唆される。京都盆地北部西縁の丘・山との神聖な対峙のあり方が想起される。今後、古墳時代後期以前また長岡京時代以降に遺跡定位のプロセスの分析枠を広げ、景観利用の構造性について検討、検証を進めたい。



〔京都盆地景観考古学図～陸標・天体と遺跡定位のかかわり～〕
(中塚,2008改編)

〔物集女車塚墳丘・石室〕

GIS 解析による新潟県内の地震跡遺跡の空間分布特性

Spatial distribution characteristic of archaeological ruins with land liquefaction mark analyzed by GIS in Niigata Prefecture

中埜貴元（国土地理院）、○酒井英男（富山大学）、
加藤学（新潟県埋蔵文化財調査事業団）、泉吉紀（富山大学）
Takayuki NAKANO (GSI of Japan), ○Hideo SAKAI (University of Toyama), Manabu KATO (Niigata Archaeological Artifacts Research Association), Yoshinori IZUMI (University of Toyama)

1. はじめに

巨大地震に伴い発生する液状化は、同じ地域で繰り返し発生することが知られており、過去の液状化発生地域を把握することは、液状化対策上重要である。古文書等の歴史史料による 8 世紀以降の日本の液状化発生履歴は、若松（2011）にまとめられている。また、日本の考古遺跡で発見された液状化の痕跡に関する研究は、寒川らによるもの（寒川，1988 など）が顕著であり、多くの情報は埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会（1996）にまとめられている。一方で、その後確認されている多くの発掘調査結果については、関東地方を除いて十分にデータベース化されていないのが現状である。

そこでまず、加藤ほか（2014）によりデータが集成されている新潟県を対象に、噴砂等の液状化の痕跡が確認された遺跡（地震跡遺跡）の情報を GIS データ化するとともに、その分布の特徴を、地形分類や河川からの距離等と絡めて GIS を用いて分析した。また、一部の遺跡の地震跡について、磁化研究によりその変形機構を検討した。本発表では、Nakano et al. (2014) における研究に、新たな地震跡遺跡を追加して解析した結果を報告する。

2. 研究方法

本研究においては、(1) 新潟県内の地震跡遺跡（61 遺跡 81 箇所：表-1）の位置、年代等の情報の GIS データ化、(2) 地震跡遺跡の時代別にマッピング、(3) 地震跡遺跡と地形分類（250m メッシュ微地形区分：若松・松岡（2009））との関係性解析、(4) 地震跡遺跡と 1 級および 2 級河川からの距離との関係性解析、(5) 地震跡遺跡と歴史地震との関係性解析等を実施した。

地震に伴う液状化の発生可能性は、地形との相関が強く、河川性の地形との関連も深い

表-1　本研究で用いた地震跡遺跡一覧。位置座標が不明な遺跡は除外しているため、遺跡 No.が飛び番号になっている。

遺跡No.	遺跡名	遺跡No.	遺跡名	遺跡No.	遺跡名
1	元屋敷	21	境塚	43	五千石2区・4区
2	アチヤ平		境塚		五千石
3	古渡路		境塚	45	観音寺
4	谷地	22	三辺稲荷	46	八幡林
	谷地	23	村前東A	47	金塚
5	中部北	24	松影A	48	三仏生
6	蔵ノ坪	25	近世新潟町	49	真人原
7	江添（地震1）		近世新潟町	50	笹山
8	疑塚Ⅰ・Ⅱ	26	石動	51	正面ヶ原D
	疑塚Ⅰ・Ⅱ		石動	52	上郷小学校
9	道下（地震2）	27	古屋敷	53	用宮寺Ⅱ
	道下（地震3）	28	山木戸	54	沖ノ羽
	道下（地震4）	29	西郷	55	上郷
	道下（地震5）	30	釈迦堂Ⅷb層上	56	道端
	道下（地震6）		釈迦堂Ⅷ層上	57	浦廻
10	青田	31	保明浦Ⅱ	58	川久保
	青田	33	馬越（Ⅳ区）	59	小坂居付
	青田		馬越（Ⅰ区）	60	山口野中
11	野中土手付		馬越Ⅱ	61	小船渡
12	砂山中道下	37	吉津川	62	余川中道
13	住吉	38	大橋	63	石船戸東
14	野地	39	北小脇		石船戸東
15	馬見坂	40	小諏訪前B	64	山崎
16	腰廻		小諏訪前B	65	四十石
17	前田	41	小諏訪前	68	岩田
20	猫山	42	三角田	69	花立
	猫山	43	五千石2区・4区	70	江添D

ことから、(3)、(4) などの解析を試みた。(5) は、現時点で推定さる歴史地震との関係を、その分布から読み解くために試みたものである。

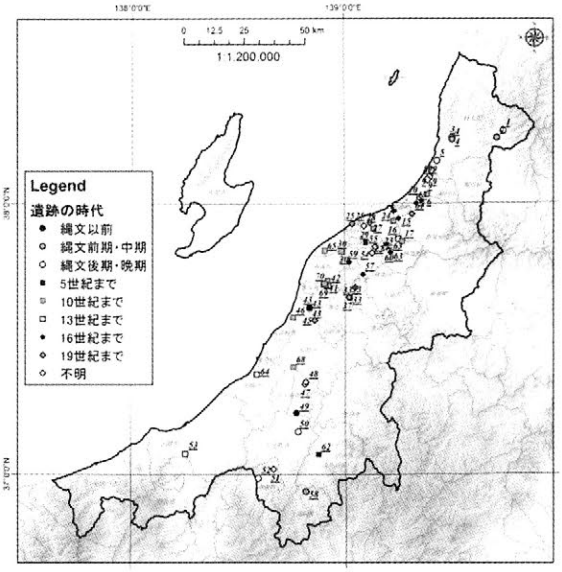


図-1　地震跡遺跡の時代別分布図

3. 結果と考察

地震跡遺跡の時代別分布図を図-1 に示す。全体として、地震跡遺跡は下越地方と中越地方北部に多く、上越地方は少ない。また、下越ほど時代が古い傾向が強いが、中越南部も比較的時代が古い。250m メッシュ微地形区分との関係性解析では、後背湿地に分布する遺跡が 33%を占め、次いで扇状地（16%）や三角州・海岸低地（12%）が多かった。後背湿地は一般に泥質で、液状化の発生可能性はそれほど高くないが、新潟平野などでは信濃川周辺等に砂質の自然堤防が多数分布しており、地震跡遺跡は 250m メッシュでは表現されない自然堤防上などに分布している可能性が高い。実際、発掘調査時に判断された地形分類では、自然堤防に分布するものが最も多い。河川からの距離では、河川中心線から 100m 以内の範囲に最も多く分布しており、河川から離れるにつれて少なくなる傾向が見られた。

4. まとめと課題

新潟県内の地震跡遺跡の情報を GIS データ化し、他の情報との空間解析により、その分布傾向を定量的に把握することができた。ただ、分布傾向を検討する際は、地震跡遺跡以外の遺跡の分布傾向も含めて検討する必要がある。また、今回使用した微地形区分や河川の情報は現在の情報であり、遺跡が存在していた時点とは異なる可能性があり、より詳細な検討をする場合は注意が必要である。

参考文献

加藤　学・酒井英男・中埜貴元（2014）：新潟県における古地震の考古学からの研究アプローチ．日本情報考古学会講演論文集，12，47-50.

埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会編（1996）：発掘された地震痕跡．825p.

Nakano, T., H. Sakai and M. Kato (2014): Spatial Distribution Characteristic of Archaeological Ruins with Land Liquefaction Vestiges Analyzed by GIS - A Case in Niigata Prefecture, Japan-. Proceedings of 2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics, 771-775.

寒川　旭（1988）：地震考古学の提唱．日本文化財科学会年報，16，19-26.

若松加寿江（2011）：日本の液状化履歴マップ 745-2008．東京大学出版会.

若松加寿江・松岡昌志（2009）：全国を網羅した地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築．第 3 回シンポジウム「統合化地下構造データベースの構築」予稿集，15-20.

山口県岩国市中津居館跡出土銭甕の取り上げ・保存処理・展示活用

The local treatment, conservation and exhibition of Senu, excavated in Nakatsu kyokan site in Iwakuni city, Yamaguchi pref.

○初村武寛（元興寺文化財研究所）、塚本敏夫（同左）、下野聖（同左）、岡田一郎（同左）、松井義昭（同左）、神崎前（岩国市教育委員会）

○Hatsumura Takehiro, Tsukamoto Toshio, Shimono Hijiri, Okada Ichiro, Matsui Yoshiaki (Gangoji Institute of Cultural Property), Kanzaki Susumu(Iwakuni City)

1. はじめに

岩国市中津居館跡は、同地域を治めた有力者の館で、住居の他に迎賓や政治施設という性格を有していた建物跡とみられている。この遺跡からは、土坑内に納められた良好な状態の銭甕が出土した。銭甕は総重量約250kgという大型のものであったが、今回これについて出土遺構からの取り上げから保存処理・展示までを行った。ここではその内容を報告する。

2. 銭甕の出土状況と遺跡からの取り上げ

甕は口縁部・頸部を欠くが、胴部以下は良好に遺存していた。緡銭の上面には藁状の有機質が被せられていたようである（写真１）。

銭甕の埋められていた土坑の断面を確認して遺す目的で、土坑断面の剥ぎ取りを４か所行った。ここでは銭甕周辺の土を1/４ずつ取り除き、剥ぎ取り完了後に発泡ウレタンで銭甕を包むという作業を繰り返した（写真２）。

発泡ウレタンで銭甕の全周を覆った後に地面と銭甕の縁切りを行い、門型を用いて吊り上げて取り上げを行った。その後、銭甕を大型クレーンで吊り上げて美術品専用輸送車へと収納し、作業可能な場所へと移した（写真３）。

写真１　銭甕の出土状況

写真２　土坑断面の剥ぎ取り

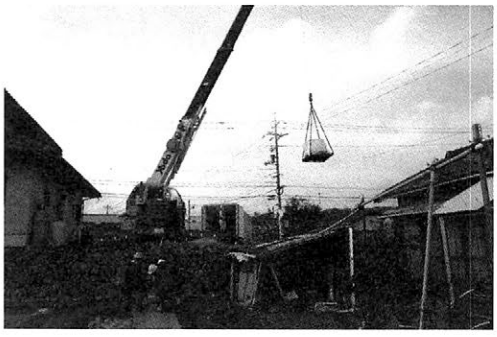


写真３　クレーンによる銭甕の移動

3. 銭甕の保存修理

銭甕は、内部にも土が詰まった状態で、緡銭の数なども不明な状態であった。内部の土を取り除き、銭同士の重なり状況などを明瞭にした（写真４）。

防錆処理、樹脂による強化の方法については、甕の重量から、装置を用いた減圧含浸は困難と考えられたが、甕の色調が濡れ色に変化するのを防ぐことも考慮して、ＢＴＡ処理、パラロイドB72の酢酸エチル溶液による強化も、スポイトによる滴下という方法を採用した。

緡銭部分をシリコンおよび発泡ウレタンで養生し（写真５）、銭甕全体を反転して甕本体のクリーニングを行った。この際、発泡ウレタンを分割式にすることで抜け勾配が確保できるとともに凹凸のある部分の養生することができた。

写真４　緡銭部分のクリーニング

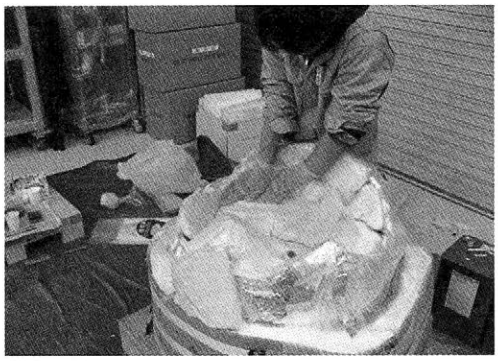


写真５　緡銭部分の養生

4. 銭甕の展示台

銭甕はやや傾いた状態で埋納されていたため、底部が真下になく、内部の緡銭に偏りがあり、安定して自立せることはできない状態であった。そのため、安定台を作成することとした。ただし、約250kgという重量を考慮すると、台へ載せる際はホイストなどで吊り上げる必要があった。そのため台は受け部を４分割にし、スリングベルトが通る箇所を確保することとした（写真６）。

岩国市での銭甕の返却作業時には、展示室内に門型を組んで吊り上げ、展示台に設置した（写真７）。

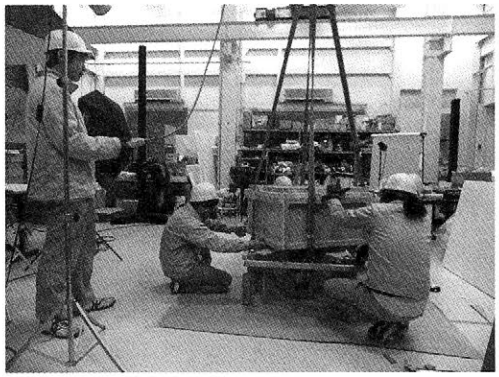


写真６　銭甕の展示台への設置

5. おわりに

この銭甕は、甕本体と緡銭の遺存状態が良好であったことに加え、極端に重いという点が大きな特徴であった。そうした遺物を保存処理する場合、従来行ってきた方法をそのまま採用することができないケースが多い。試行錯誤する場面などもあったが、今回の成果が他資料を扱う際に活用し、更なる方法の確立を目指したい。

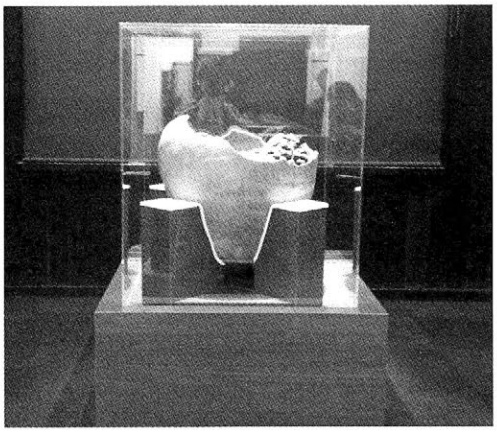


写真７　展示された銭甕

多焦点画像処理による歴史芸術文化遺産の詳細記録

Detailed records of historical cultural artworks

○山口欧志（立命館大学衣笠総合研究機構）
○Hiroshi YAMAGUCHI(Ritsumeikan university)

1. はじめに

技巧を尽くし意匠を凝らした文化遺産は、歴史・芸術・工芸など多岐の分野にわたる。どの分野に位置づけられる資料においても、こうした資料では一層の記録の質の精細さ、細密さが必要となる。従来、これらは写真記録と実測などによって記録されてきた。くわえて近年はCTスキャナーや3次元レーザースキャナーなどによる3次元記録が進み、現在はSfM-MVSが普及しつつあるが、3次元記録データには画像の精細さの点で課題が残る。そこで本研究では立命館大学アート・リサーチセンターにて発表者が研究している資料を精細な画像で記録する方法を提示する。

2. 課題と解決方法

歴史芸術文化遺産のなかでも、特に根付のような技巧を尽くし意匠を凝らした小型資料の観察は、実資料を肉眼で観察しながらでも容易ではなく、時にはルーペや実体顕微鏡を必要とする。

こうした小型の歴史芸術文化遺産の写真撮影では、マクロレンズを利用することが一般的である。しかし、マクロレンズは被写界深度が浅いため、絞り値を大きくしてもピントの合う範囲は狭い。また絞り値を大きくしすぎると、回析現象が生じて不鮮明な写真となる。したがって、対象の手前から奥まで鮮明に記録することは困難である。

そこで、多焦点合成画像の作成（Multi Focus Image FusionあるいはFocus Stacking）をこの課題の解決方法の1つとして挙げたい。多焦点合成画像は1990年代から映像や画像処理学の分野で研究されてきたが、画像処理の所要時間などに課題があった（児玉ほか1997）。しかし、近年のPC性能の向上により、一般的な用途にも耐え得るものとなった。近年では顕微鏡を用いた石器の使用痕画像の作成に用いた先行例もある（原田2011）。

多焦点合成画像の作成に最低限必要な資材は、デジタルカメラとカメラ用三脚、そして多焦点合成画像作成ソフトである。デジタルカメラは、小型の資料を対象にする場合は、マクロ撮影が可能なものとする。多焦点合成画像作成ソフトは、Helicon Focus（有償）、Zerene Stacker（有償）、Combine ZP（無償）、Picoray（無償）など、有償のものでも$200程度で導入コストは低い。

今回の資料として、立命館大学アート・リサーチセンターが所有する江戸時代の根付1点、茶屋印2点（茶屋印A、茶屋印Bとする）を用いた。大きさはそれぞれ、根付は高さ39mm・幅32mm・奥行37mm、茶屋印Aは高さ40mm・幅27mm・奥行20mm、茶屋印Bは高さ45mm・幅28mm・奥行23mmで、いずれも素材は木材である。

3. 結果と考察

対象の手前から奥まで鮮明に記録できた。また、深度画像や多焦点合成画像を左右反転させた画像を作成することもできた(図1－図5)。結果、これまでよりも容易に鮮明な記録を実現した。意匠の細かな立体的な資料を記録するためのもう一つの方法として提案したい。

またこの方法は、土器圧痕資料のようなさらに小型の資料や、碑文のようなより大型の資料にも応用できる。さらに、近年利用が進むSfM-MVS処理用の画像として利用できるほか、赤外線撮影写真の合成にも応用が可能である（文化財方法論研究会2016)。

本発表で提案した手法によってデジタル資料化した成果は、立命館大学アート・リサーチセンターが運営するWeb上のデータベースで閲覧できる仕組みをすでに構築している（山口ほか2016)。今後は、このデータベースの洗練と内容の充実を推進していきたい。

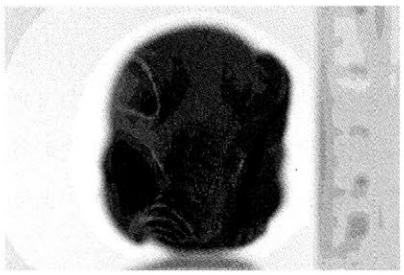


図1 通常撮影

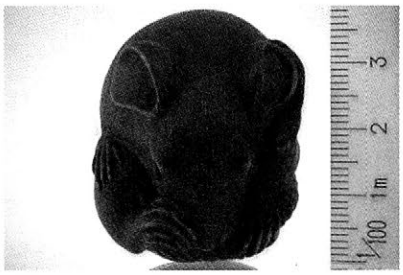


図2 多焦点合成画像

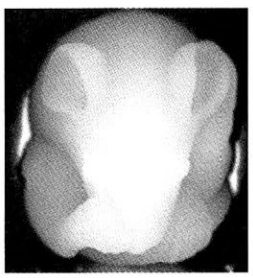
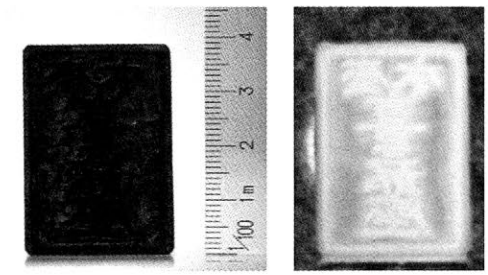


図3 深度画像



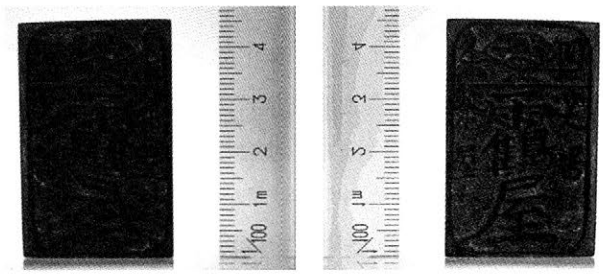


図4 茶屋印Aの多焦点合成画像と深度画像　図5 茶屋印Bの多焦点合成画像と左右反転結果

謝辞：最新の多焦点合成画像作成手法について、STU Lab.の小檜山賢二先生に御教示いただいた。

・参考文献

児玉和也・相澤清晴・羽鳥光俊「複数画像からの全焦点画像の再構成」『電子情報通信学会論文誌. D-II、情報・システム、II-情報処理』J80-D-2(9)、1997年、pp.2298-2307。

原田幹「焦点合成ソフトによる多焦点使用痕画像の作成」『考古学と陶磁史学：佐々木達夫先生退職記念論文集』佐々木達夫先生退職記念事業実行委員会、2011年、pp.173-181。

文化財方法論研究会『文化財の壺』第4巻，文化財方法論研究会、2016年，pp.1-35。

山口欧志・山路正憲「歴史芸術文化遺産の3Dデジタル資源化とその活用」『2016年度アート・ドキュメンテーション学会年次大会　アート・ドキュメンテーション学会予稿集』アート・ドキュメンテーション学会、印刷中。

重要文化的景観に関する住民意識調査
－文化的景観の実像－
Census of the residents' awareness about the important cultural landscape in KANSAI.

○津村宏臣（同志社大学文化情報学部）、須斉史也（同左）
○Hiroomi TSUMURA, Fumiya SUSAI（Doshisha University）

1. 科学的検証なき“文化的景観”

文化財保護法に規定される「重要文化的景観」は、『景観法』（親規定）に規定される“景観”地区内における文化的景観であることが明記されている。この『景観法』での“景観”地区規定は、「地域の自然、歴史、文化等からみて、地域の特性にふさわしい良好な景観を形成する」、「市街地の良好な景観の形成を図る」など、地域の住民による住民のための景観や市街地、という明確な“法的基準”が存在する。文化財保護法が規定する「重要文化的景観」にも、地域住民の住民による住民のための“景観”としての“社会性”や“公益性”の実証が要件となるはずであるが、実際に、その実証がなされている例はきわめて少ない。

皮肉な実情として、文化財や文化遺産、文化的景観の名称を冠したイベントやシンポジウムを行政が開催した回数などのデータは存在する。実際、これらに関わって、多くの研究者や担当者が努力をし、ひいては真の「文化的景観」の保護や活用に資していると信じている。だが、一方でその受益対象となる地域住民に関するセンサスが、継続的かつ比較可能なデータとしてアーカイブされている現状はない。社会性実証評価（アンケート）項目のメタデータの不在は、その明確な証拠であり、「社会性”や“公益性”の実証」に対する科学的アプローチの検討が、文化財関連諸学会の学術研究として実施されていない現状も、この傍証となる。

2. 関西・近畿圏における「重要文化的景観」の意識調査

Table.1 関西・近畿圏の物件数

	世界文化遺産	世界文化遺産暫定	重要文化的景観
北海道・東北	1	1	4
関東・甲信越・北陸	4	3	8
関西・近畿	5	3	**13**
中国	3	0	0
四国	0	0	9
九州	2	2	**16**
合計	15	9	50

（物件数）

地域の文化財や文化遺産、景観を社会資源化する行政的“政策”と、地域住民の意識の乖離の現状を理解するため、本研究では、特に歴史・文化的景観が多く存在する関西・近畿圏における「重要文化的景観」に関する意識調査を実施した。関西・近畿圏には、九州地域に次いで多い13物件（地点）の重要文化的景観地域が設定されており、世界文化遺産や暫定リスト物件数と合わせれば、少なくとも国内においては、地域住民が最も日常的にそれらに接する機会が多く、その関連地域居住者母数自体も、社会調査結果が一般化しやすいと考えたためである。

3. 対象地域とアンケート項目

Table.2 の 13 件が、関西・近畿圏の「重要文化的景観」対象地域である。各対象域において、その指定範囲域の人口重心地を国勢調査から析出し、アンケートはこの重心地周辺での声がけによる無作為抽出法により実施した。調査は 2015 年 6 月～10 月にかけて、各対象域各終日 2 日（週末）で行った（Fig. 1）。

アンケート項目は、現状では標準化された項目はないため、性別・年齢など付帯情報、自地域の「重要文化的景観」の世界文化遺産登録への期待度、地域での期待される効果、地域での危惧される問題、地域での推進活動への関心や関与のあり方などを複数式選択、併せて世界文化遺産に関する基礎知識、を項目化した。

Table.2 関西・近畿圏の「重要文化的景観」

1	菅浦の湖岸集落景観	滋賀県
2	近江八幡の水郷	滋賀県
3	高島市海津・西浜・知内の水辺景観	滋賀県
4	高島市針江・霜降の水辺景観	滋賀県
5	大溝の水辺景観	滋賀県
6	東草野の山村景観	滋賀県
7	京都岡崎の文化的景観	京都府
8	宇治の文化的景観	京都府
9	宮津天橋立の文化的景観	京都府
10	日根荘大木の農村景観	大阪府
11	生野鉱山及び鉱山町の文化的景観	兵庫県
12	奥飛鳥の文化的景観	奈良県
13	蘭島及び三田・清水の農山村景観	和歌山県

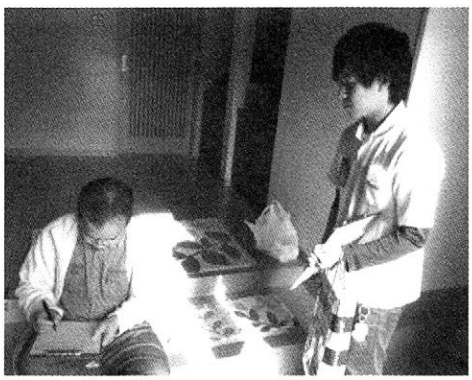


Fig.1 アンケート調査実施風景

4. アンケート項目集計と主成分分析結果

アンケート結果は基礎集計を行い、それぞれの地域において明確な意識の差があることが明らかとなった。住民の意識傾向から 13 地域の各「重要文化的景観」地域は、3 つの傾向が看取されることがわかった。この傾向値を変数として、質問回答傾向を主成分分析で評価したのが、Fig. 2 である。すべての「重要文化的景観」地域住民が、自地域が指定されていることを“知らない”傾向がきわめて強く（第 1 主成分正）、20～40 代の世代がその中ではかろうじて知っている様子が看取できる。また、第 2 主成分正には地域への危惧への回答傾向が強く、20 代以下や 60 代以上の世代が、楽観的回答傾向があることも評価できる。

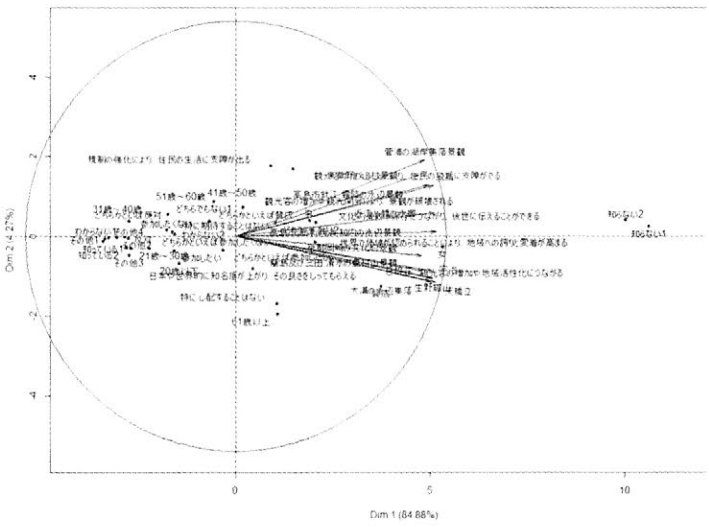


Fig.2 住民意識調査結果の定量評価

簡便な分析ではあるが、少なくとも、関西・近畿圏における「重要文化的景観」の地域景観としての“社会性”や“公益性”は、現状では『確認できない』といえるだろう。

原の辻遺跡出土「漆塗り木製品」の三次元計測を用いた復元

The restoration of the lacquered object using the 3D Digitizer

○片多雅樹（長崎県埋蔵文化財センター）、今西亮太（同）、古澤義久（同）
○Masaki KATATA, Ryota IMANISHI,Yoshihisa FURUSAWA (Nagasaki Prefecture Archaeological Center)

Abstract

From Harunotsuji ruins were investigated in Nagasaki Prefecture Archaeological Center in 2015, lacquered wood products have been excavated in part deficient state. Considered trinkets from the shaped and decorative, but can not be obtained conclusive evidence because it is not a complete form. So to measure the three-dimensional this lacquered wood products, to create a 3D replica in the restored state of the missing part, an attempt was made to restore the original appearance.

1．はじめに

平成２７年度に長崎県埋蔵文化財センターで調査を行った原の辻遺跡から、一部欠損した状態で漆塗り木製品が出土している。器形や装飾性から装身具と考えられるが完形でないため確証が得られない。そこでこの漆塗り木製品を三次元計測し、欠損部分を復元した状態で３Ｄレプリカを作成し、本来の姿の復元を試みた。

2．資　料

平成２７年度の原の辻遺跡の発掘調査は丘陵部と幡鉾川に挟まれた低地部である芦辺高原地区で実施された。弥生時代の河川跡が検出され、漆塗り木製品はこの河川跡で出土した。河川跡では砂礫層の上に有機物を多量に含む粘質土と砂層が互層堆積していた。漆塗り木製品が出土したのは最下層の河床面であると考えられる砂礫層である。砂礫層では須玖Ⅰ式～須玖Ⅱ式の土器が出土し、弥生時代中期中葉～後期の河床面であることがわかる。砂礫層から出土する土器は大型の破片が多く、またほとんど磨耗を受けていないことから河川に投棄され、まもなく堆積したものとみられる。また、出土土器の中には日常生活土器以外にも数条の突帯を持ち、三角集線文がめぐる樽形に近い土器など一般的ではない土器も出土している。祭祀などの特殊な状況により投棄された可能性も想定される。

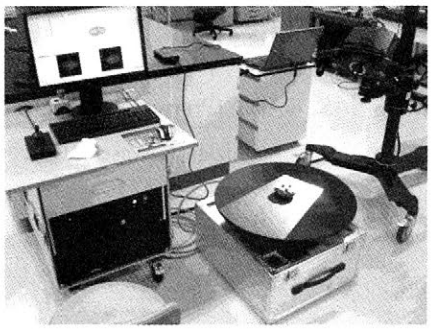
Lacquered wood object

資料は長辺７５ｍｍ、短辺４２ｍｍ、厚さ９ｍｍを測り、長辺に対して反っている。両短辺は欠

損しおり、正円に復元した際の五分の一程度が残る。三角形断面を呈する７条の線刻があり、全体に黒漆が施されている。また４隅に穿孔がみられるため、紐などを用いて組み合わせて使用されたと想定される。

３．装　置

三次元計測には、長崎県埋蔵文化財センターに設置されている三次元計測器 ATOSⅢ/Model400 システム【ドイツ GOM 社製】を使用した。３Ｄレプリカは Dimension Elite 3D Printer【米国シトラタシス社製】を使用し、ABS 樹脂にて積層ピッチ 0.1778mm で造形した。

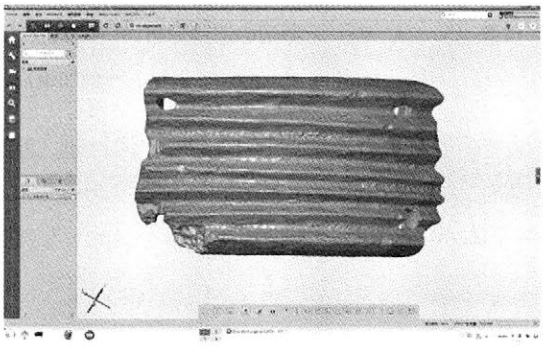


3D Digitizer

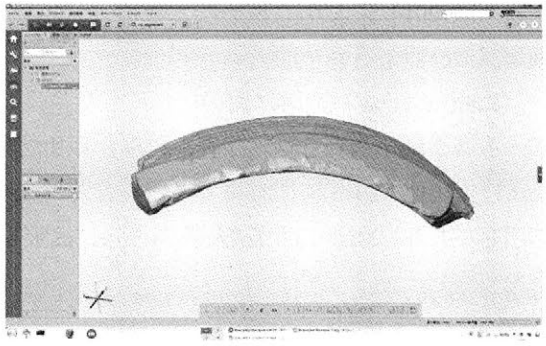
3D Printer

４．結　果

今回、復元を試みた資料は装飾性や器形から腕輪などの装身具と考えられたが、類例がなく短甲などの武具の可能性も残されている。また、欠損部と穿孔の関係性も明確でないため元々の使用状況を伺うのが困難であった。今回、三次元計測および３Ｄプリンターを用いて複製を作成することで、いくつかの可能性を示すことはできたため、類例の調査等を進めていきたい。

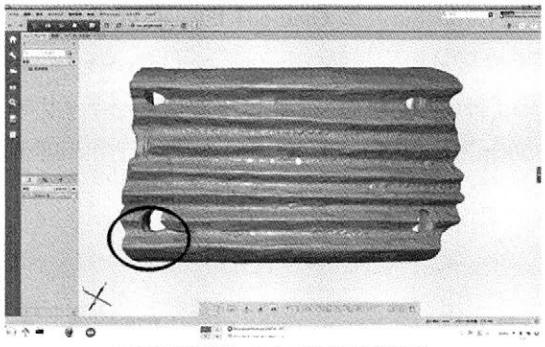


三次元計測データ（上から）



三次元計測データ（横から）

欠損部の復元



三次元計測データ上で欠損部を復元

３Ｄプリンターで出力

腕輪を想定した復元案

磁気探査によるエジプト共和国コマルディバー遺跡の研究
Study of Kom al-Diba' site (Arab Republic of Egypt) using a magnetic survey

○岸田 徹（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、津村宏臣（同左）、
長谷川 奏（早稲田大学総合研究機構）
○Toru KISHIDA, Hiroomi TSUMURA (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University), So HASEGAWA (Project Research Institutes of the Comprehensive Research Organization, Waseda University)

1．はじめに

エジプト・アラブ共和国の西方デルタ周辺域には，多くのヘレニズム時代遺跡が分布していることが判明しているが（図1），その大部分が未発掘であり，個々の遺跡の様相はもとより遺跡間の関連性，その経済活動の解明は現在，大きな研究課題となっている（Rowland et al.，2006）

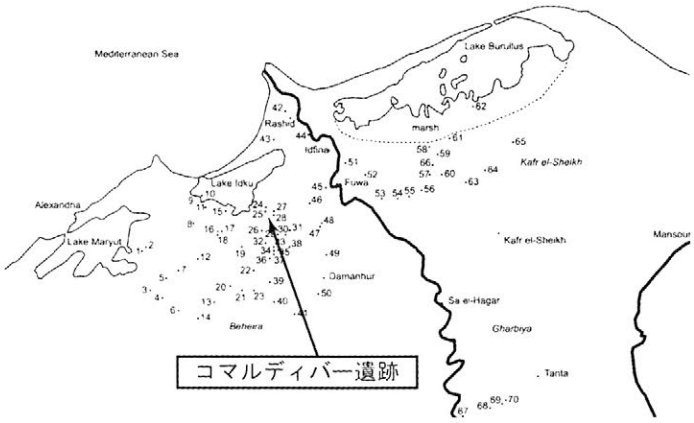


図1．調査遺跡の位置（No.24，25）と周辺の遺跡分布
（Rowland et al., 2006　より。一部加筆）

我々は 2014 年よりイドゥク湖南部に位置するコマルディバー（Kom al-Diba'）遺跡において，広域微地形測量と物理探査を組み合わせた非破壊での遺跡調査を実施している。（津村他，2014 および岸田他，2015）。これまでの調査成果から，同遺跡においては磁気探査が最も有効であることが判明しており，2015 年は探査範囲をさらに拡張し遺跡全体の平面プランを把握する事を目的として探査を実施した。

2．探査の概要

探査は 2015 年 9 月に実施した。使用した機器は英国 bartington 社製 Grad-601 fluxgate gradiometer である。測線は南-北方向とし，遺跡近傍に任意に設置した磁気観測基準点を 0nT としている。計測は 50m×50m グリッドを基本単位として，1 グリッド終了毎に基準点磁気の計測とセンサーキャリブレーションを行いドリフト補正を行っている。測点は 50cm×50cm 毎に 1 点計測しており，昨年度調査と合わせると磁気探査総測点数は 10 万点を超える。

3．探査結果

図2に磁気異常の平面分布図を示す。遺跡の北側には，壁に囲まれた南北約 80m，東西約 50m の大規模区画が捉えられた。遺跡の立地や周辺地形も加味して検討した結果，これは当時の船着き場と推

測される。同区画の西側には著しく高い磁気異常値を示す個所が存在する。同地点は小丘状を呈しており，地表にはレンガ片が集中して見られる。このことから塔もしくは燈台の様な遺構が存在する可能性が考えられる。

西側には密集した壁跡が広がっており，遺構はさらに西へ広がって行くと考えられる。

前年度（2014 年）調査では東斜面の遺構は明瞭ではなく，後世の破壊が著しいと推定していたが，さらに東側で，明瞭な建物跡が検出され西側同様，更に探査区外に続くと考えられる。

南側は局所的に磁気異常値が高い箇所は存在したが，明瞭な壁跡が続く様子は認められなかった。

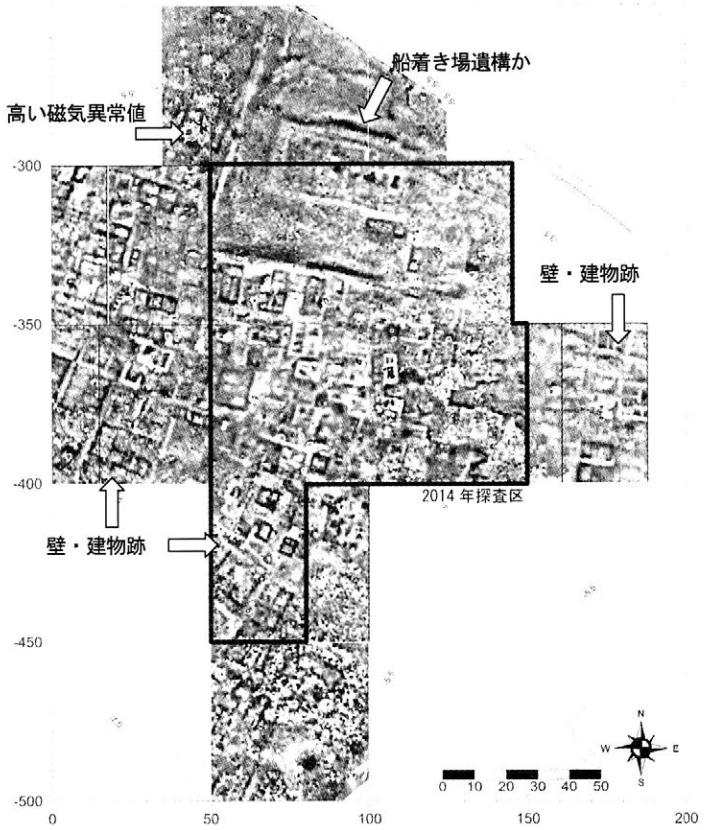


図 2　コマルディバー遺跡南丘の磁気探査結果
（異常値の高低をグレースケールで表示）

4．まとめ

コマルディバー遺跡の平面プランの把握を目的として探査を行った結果，遺構は東西方向に更に広がっていく様子が捉えられた。探査区の北側で船着き場と考えられる遺構が捉えられたことは，ここが遺構分布の北限を示すと考えられると共に，かつてイドゥク湖の南縁が同遺跡まで達していたことを示す貴重な情報であり，遺跡の構造を非破壊で把握するだけではなく，当該地域の古環境研究においても貴重な成果を上げることが出来たと考えられる。2015 年度は調査期間の制約から遺跡全体を把握する事は出来なかったが，今後も調査は継続し，周辺遺跡の探査も含めて西方デルタ域での非破壊による遺跡調査・研究を推し進めていく予定である。

＜参考・引用文献＞

・Rowland, J., P. Wilson, D. Jeffreys, P. T. Nicholson, B. Kemp, S. Parcak and P. Rose (2006) Fieldwork, 2005–06, *The Journal of Egyptian Archaeology*, Vol. 92, Egypt Exploration Society, pp. 1 - 73

・津村宏臣，長谷川奏，茂木孝太郎，渡邊俊祐（2014）Kom al dibaiya 遺跡における詳細地形図作成と周辺微地形評価，日本文化財科学会第 31 回大会研究発表要旨集，pp.434 - 435

・岸田 徹，長谷川 奏，津村宏臣，竹内俊貴，茂木孝太郎（2015）磁気探査と地中レーダ探査によるエジプト・アラブ共和国コマルディバー遺跡の調査研究，日本文化財科学会第 32 回大会研究発表要旨集

Precise Safety Inspection and Deterioration Characteristics of the Five-stored Stone Pagoda in Muryangsa Temple in Buyeo

○朴敏銖（韓國傳統文化大學校）、南宮勳（同左）、鄭光龍（同左）
○Park Min Soo, NamGung Hun, Chung Kwang Young(Korea National University of Cultural Heritage)

Ⅰ. Introduction

The five-storied stone pagoda of Muryangsa Temple, Buyeo is a stone tower in early days of the Goryeo Dynasty, which was designated as Korean National Treasure No. 185 in 1963. The dismantlement and repair were implemented in 1971 to refurbish the temporary first-aid repair, which had blocked up an opening using cement; moreover, the whole of the stone pagoda was already tilting to the east. After that, in 2005, implemented was the precision safety diagnosis, such as displacement investigation, property investigation, and surface degradation condition investigation, geo-environmental investigation & prospecting, and structural safety examination, etc.

This study intended to classify the structural functional disorder inherent in the pagoda, or damage aspects according to a phenomenon by investigating the general conditions of the stone pagoda through measurement of air pollution substances, the grasping of the conditions of unit stone surface, preparation of damaged maps and a status table, ultrasonic flaw detection, endoscopic observation, and 3D Scanning. Also, this study intended to inquire into the cause of structural faults, or damage, etc. inherent in the structure through automated measurement and structural calculation, and to secure the function & soundness of the pagoda simultaneously with judging its structural safety status.

Ⅱ. Research Method

1. Conservation Science-based Precision Investigation

This study investigated the overall conditions of the stone pagoda, and made a distinction of the loss caused by weathering damage by aspect. Also, this study measured air pollution substances(NO_2, SO_2) by installing the passive sampler, and drew up the deterioration map and status table by investigating cracks, separation, delamination and exfoliation, etc. on the stone surface. In addition, this study judged the weathering degree of a rock through infrared thermal image photography, ultrasonic flaw detection, endoscopic observation, and 3D Scanning, and investigated the formation type, and morphological properties of the internal inner foundation of member, etc.

2. Structural Stability Assessment and Non-Destructive Examination

To judge the structural stability status, this study installed a displacement meter and clinometer, and did real-time monitoring of member variation and slope. In addition, on the basis of structural mechanics, this study implemented structural calculation of external force, material expansion & contraction, etc. which work on a building.

IV. Conclusion and Consideration

As a result of the precision safety diagnosis of the five-storied pagoda of Myryangsa Temple, Buyeo, the weathering phenomenon of the stone pagoda was caused by the working of complex reasons, such as mechanical, mineralogical, biological, structural factors, etc., and generally, its rock intensity was deteriorated. By this, this study observed surface delamination, exfoliation, fine fracture, cracks and member drop-out, etc., and confirmed that manganese oxide & iron oxide inside a rock were discolored into dark, reddish brown, and yellowish brown along the trace of precipitation flowage.

As a result of preparing the overall damage, it was found that there arose a phenomenon of delamination, and cracks in the horizontal direction on the east & north side of the stone pagoda due to centric settlement, and in case of the tower body on the first story, the damage of its west side was noticeable due to delamination and exfoliation, and at this spot, lots of Indian-ink writings in Chinese characters were discovered. Also, this study observed fine fracture at a corner stone of the tower body on the first story of the south side, and therefore, it seems to be necessary to do hardening treatment of member.

To estimate the compression strength of member forming the stone pagoda, this study applied ultrasonic velocimetry; as a result, it was measured in a similar trend to the data which were investigated in 2005. In addition, as a result of the analysis of the variation of horizontal displacement based on 3D Scanning data, only the insignificant level(1mm)of displacement was identified, so it would be difficult to jump to the conclusion that declination occurred.

As a result of examining the stress for member of the stone pagoda, it was judged that there was no structural problem due to the decline in material strength of individual members, and displacement in relation to gravity load, or lateral force was understood as a major review factor.

Also, it was confirmed that in case inner foundation fails to carry out a proper back-up role, there occurs transformation. Transformation is different according to the condition of inner foundation which is supported a flat stone laid on another stone, and the settlement of the central part is determined according to the support condition of the 8 flat stones. Even on-site investigation through the endoscope, the flat stones above the inner foundation of stylobate were mostly separated from the inner foundation, or only a part of the flat stones was identified to support the inner foundation; accordingly, in the light of the current occurrence of flat stones, there exists a fear of their continued additional transformation according to the condition of inner foundation, and transformation of outside posts and surface stone.

小豆島水ノ子礁における海底遺跡地形測量調査と潜水調査
Ultrasonic and diving survey of Mizunoko-sho underwater cultural heritage.

○津村宏臣（同志社大学文化情報学部/文化遺産情報科学研究センター）、
池田克彦（AGS 株）、渡邊康司（同左）、関勝（関海事工業所）、川宿田好見（小豆島町）
○Hiroomi TSUMURA (Doshisha University), Katsuhiko IKEDA, Yasushi WATANABE (AGS), Masaru SEKI (Seki Kaiji), Yoshimi KAWASHUKUDA (Shodoshima)

1. はじめに

小豆島町世界遺産化対策室では、東瀬戸内海の石の文化復興と学術調査の継続的実施を念頭に、同志社大学と協力して2012年より、国指定史跡大阪城石垣石切丁場跡を中心とした石垣石材および丁場跡の調査を進めてきた。

従来、「水の子岩海底遺跡」と呼ばれ、昭和52年に学術調査団が編成され調査が行われた、小豆島町亀崎海岸沖合 6km にある水ノ子礁について、①再度埋蔵文化財包蔵存否の確認を実施すること、②天狗岩磯丁場の直線沖合に立地することから海運石材運搬友関わる水中・水上遺構の確認、③旧調査でメモ程度の記録しか残されていない水中部分の詳細地形、岩礁形状計測調査、の3点を目的に、同志社大学・小豆島町・株式会社アークジオサポート、関海事工業所の共同調査を実施した。

2. 予備潜水調査と音波調査

2013年度と2014年度には、各8月と11月の計4度、のべ21日間で、水ノ子礁周辺の海中潜水調査（Fig.2）ならびに、ラジコンソナーによる海底形状把握（Fig.3）を実施した。

潜水調査では、主に昭和52年度の学術調査団調査地点の再確認を目指したが、再確認にはいたらなかった。併せて岩体の写真撮影と3次元写真測量も実施し、矢穴痕と思われる石材加工

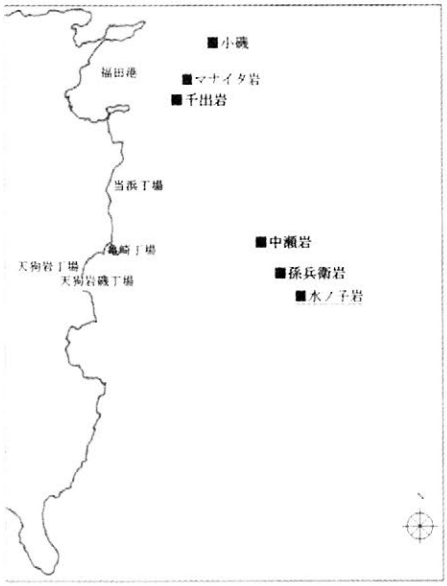


Fig.1 小豆島東海岸座礁岩分布

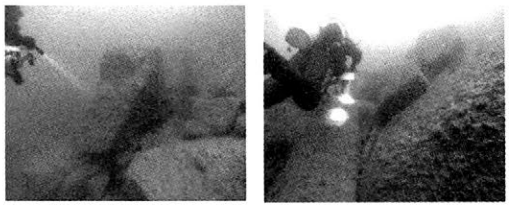


Fig.2 潜水調査による切石（加工石）の確認

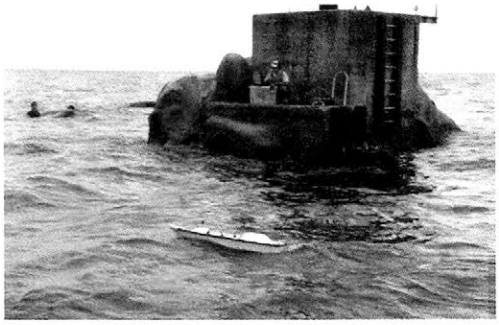


Fig.3 ラジコンソナー（CODEN RCS3）探査

痕の残った切石（加工石）を複数確認すると同時に、海底地形把握から本調査でのROV（遠隔操作無人探査機）と没入型潜水カメラを応用した海底地形測量計画を準備した。ROVには、岩体撮影用の高分解能の計測用カメラを設置、調査船上からは超音波による岩体－海底地形測量、併せて、GPSによる測位と音波測距を組み合わせ、ライブカメラを搭載した没入型潜水カメラの開発を開始した。

音波測距とROVおよび潜水カメラの組み合わせにより、水中での写真撮影地点のカメラ位置標定ならびに計測地点の測位が可能となり、地上と同様ないしそれ以上の分解能（写真測量との組み合わせで約最大分解能 5cm メッシュ）を可能とした。

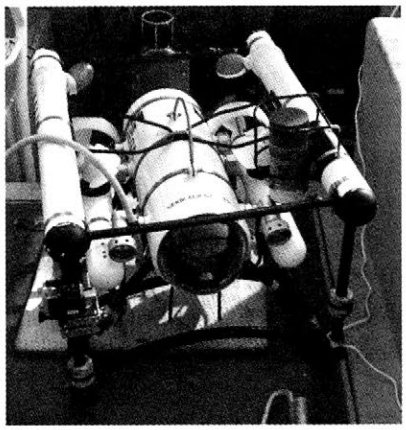


Fig.4 カメラ搭載型 ROV

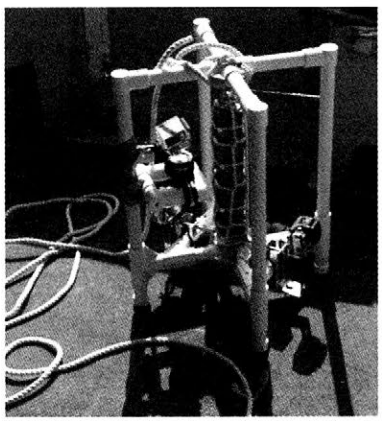


Fig.5 没中型潜水カメラ(開発)

3. 本調査

本調査は、2015年12月と2016年2月、3月の3度、のべ9日間で、船上からの超音波測深探査、水中ではROVカメラによる岩体と海底観察および計測用写真撮影を実施、併せて、没中型潜水カメラを投入して、再度、急調さ地点の再確認を目指した。

4. 結果

Fig.6のような50cmインターバル等深線図、並びにメッシュデータおよびFig.7のような3次元形状モデル作成に成功した。

再度の調査にもかかわらず、昭和52年度実施とされる「水の子岩海底遺跡」調査地点の再確認には至らなかった。しかし、2つの岩体の中央部窪地部分には多くの切石状石材が確認でき今後さらに調査を継続することで確認に至ると期待している。

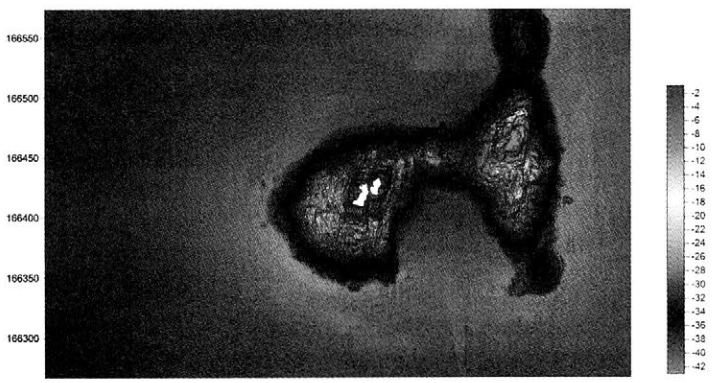


Fig.6 50cm 間隔等深線図

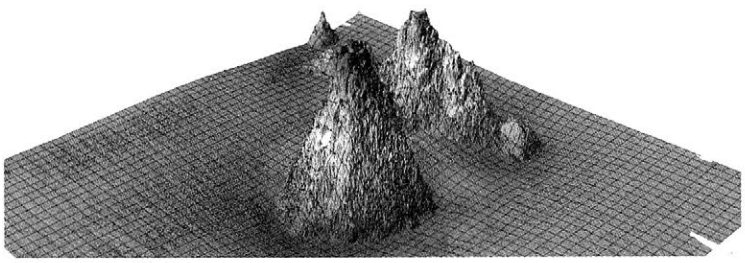


Fig.7 水ノ子礁3次元形状モデル(南西から)

京都府城陽市久津川車塚古墳における物理探査

Geophysical Prospection at Kutsukawa-Kurumazuka Tomb

○岸田徹（天理大学）、小田木治太郎（同左）、桑原久男（同左）、橋本英将（同左）、岩元亮祐（同左*）、岸本直文（大阪市立大学）、長友朋子（大阪大谷大学‡）、小泉裕司（城陽市）
○ Toru KISHIDA, Harutaro ODAGI, Hisao KUWABARA, Hidemasa HASHIMOTO, Ryosuke IWAMOTO (Tenri University), Naofumi KISHIMOTO (Osaka City University), Tomoko NAGATOMO (Osaka Ohtani University), Hiroshi KOIZUMI (Joyo City)

1. はじめに

京都府城陽市に所在する久津川車塚古墳（国指定史跡）は、5世紀前半に築造されたと考えられる山城地域最大の前方後円墳である。墳丘長は180mを測り，後円部からは長持形石棺をはじめ、鏡、甲冑など多くの副葬品が出土している。

2015年2・3月に実施された城陽市教育委員会による発掘調査の結果、墳丘西側に造り出しが確認され、また、造り出しには埋葬施設と考えられる遺構が存在した。そこで我々は、トレンチ調査で確認された造り出しの平面プラン並びに埋葬施設内部の様相を非破壊で探るべく物理探査を実施した。

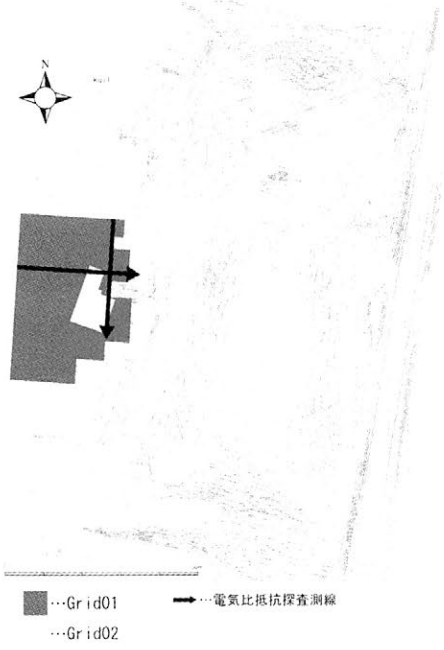


図1　墳丘測量図と探査箇所

2. 探査の概要

本研究では、地中レーダ（GPR）探査、電気比抵抗探査および磁気探査の3種類の探査手法を実施した。探査範囲を図1に示す。Grid01の探査は2015年2・3月の発掘トレンチを埋め戻した後の地表面より行い、Grid02の探査は、同年8･9月の発掘調査期間中に遺構検出面上から行った。

3. 探査結果

以下に探査グリッド毎の解析結果を示す。

3.1 Grid01での探査結果

＜GPR探査（200MHz）＞

図2にGrid01で得られた深度（21-26ns）の反射強度平面分布図（time slice図）を示す。Grid01の東側に墳丘に取りつくように、長辺約20mの方形の異常が認められる。トレンチ調査の成果と併せて検討した結果、これは造り出し部の上面を捉えたものと考えられた。

＜電気比抵抗探査＞

図3に電気比抵抗探査の代表的な結果（電気比抵抗断面図）を示す。KKD000測線（東西測線）では、地表での距離17mを境として西に低比抵抗領域、東に高比抵抗領域が分布する。一般的に、周濠などの遺構は、埋没した後も堆積した粘土や含水率の高い土壌のために低比抵抗を示す。このことから、17m地点より西はかつての周濠に、東は造り出し部分にあたると考えられる。電気

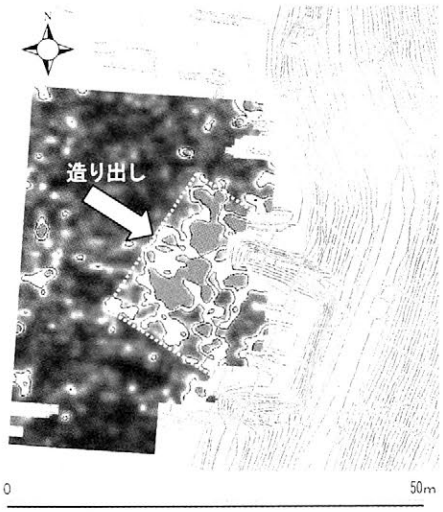


図2　GPR探査で捉えた造り出し

比抵抗探査で捉えられた造り出しと周濠の境界は、地中レーダ探査で捉えられた造り出しの位置と同じであり、両者の整合性は高い。

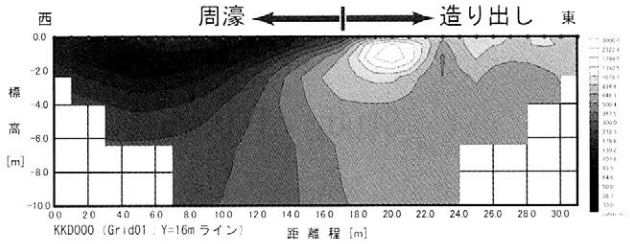


図3　代表的な電気探査結果

3.2　Grid02 での探査結果

＜地中レーダ探査（400MHz）＞

図4に Grid02 で得られた time slice 図を示す。探査区の中央に反射の弱い領域が認められる。この箇所は発掘調査で確認された埋葬施設の箇所に対応している。探査結果からは埋葬施設は長辺約 6m、短辺約 3.5m の方形の遺構と読み取れ、発掘成果と矛盾は無い。

また、深度 33-38ns（推定深度：遺構面から 155~179cm）、及び 38-43ns（推定深度：遺構面から 179~202cm）では埋葬施設内に強い異常が捉えられた。同異常は profile 図（断面図）の検討の結果から、南北方向に長い棒状を呈していると考えられる。

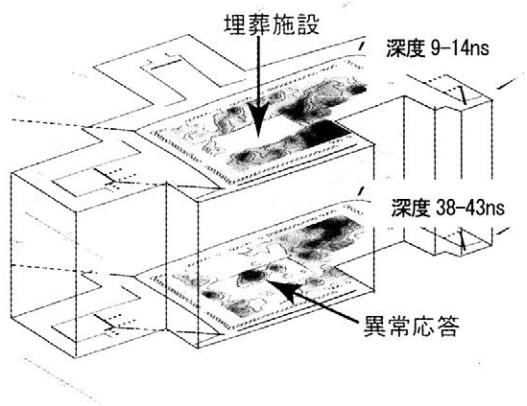


図4　埋葬施設の GPR 探査結果

＜磁気探査＞

磁気探査は、Grid02 内を 0.5m×0.5m 毎に 1 点測定し、埋葬施設を含む広い範囲を概査した後、埋葬施設に焦点を当てた東西 4m、南北 9m の狭い範囲を 0.25m×0.25m 毎に 1 点の間隔で探査した。計測された磁気異常値の値を平面プロットした結果を図5に示す。埋葬施設内は周囲に比べ磁気異常の値が高いことが判明した。

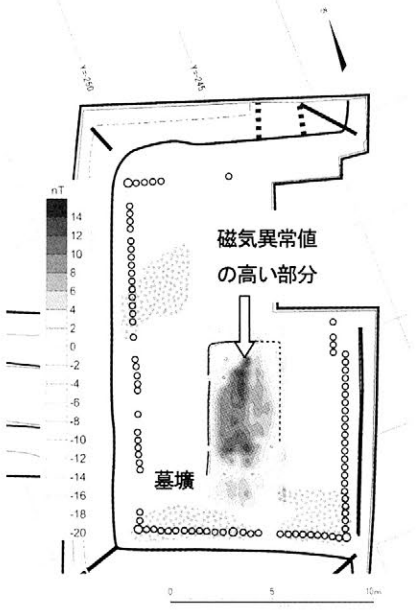


図5　埋葬施設の磁気探査結果

4.　まとめ

発掘前の地表面より行った GPR 探査、電気比抵抗探査の結果、古墳西側に存在する造り出しを明瞭に捉えることが出来た。造り出しの形状・規模はその後の発掘調査の結果とも整合する。

発掘調査実施中に遺構面より行った探査結果は、埋葬施設と考えられる箇所は埋土に礫などの混入が少なく、均質な土壌で埋められている様子を示唆していた。また、埋葬施設内部に、南北に長い形状をしていると推測される強い異常が見つかった。磁気探査の成果も合わせ、鉄刀など鉄製品が埋納されている可能性が考えられる。埋葬施設の底面までの深さについては、底面からの反射波が判読できず、不明であるが、副葬品と考えられる異常の深度は約 1.6m であることから、同深度に底面が存在するのではないかと推測される。

本探査では、発掘調査の進行状況に合わせて複数の探査方法を組み合わせ、発掘成果と探査結果の比較検討を十分行うことで、遺構の状況を精度よく推定することが可能であった。

† 現所属：京都府立大学
‡ 現所属：立命館大学

地中レーダによる特別天然記念物・魚津埋没林の研究

Study of Uozu buried forest using GPR

○泉吉紀（富山大学），酒井英男（富山大学），卜部厚志（新潟大学），
麻柄一志（魚津埋没林博物館），石須秀和（魚津埋没林博物館）
○Yoshinori IZUMI, Hideo SAKAI (University of Toyama), Atsushi URABE (Niigata University),
Hitoshi MAGARA, Hidetomo ISHIZU (Uozu Buried Forest Museum)

1. はじめに

富山県魚津市の特別天然記念物・魚津埋没林は1930年の魚津港改修工事の際に，海底で発見された．その後の発掘調査でも見つかり，いずれも海面下に位置したことから，発見地はかつて地表面だったと示された（藤井他，2003）．数千年前の古環境を残す意義も含めて，1955年に特別天然記念物に指定され，現在は，魚津市の魚津埋没林博物館に保存展示されている．

指定地の地中にはまだ多くの埋没林があると考えられるが，近年の都市整備による地下水環境の変化が悪影響を及ぼす可能性が懸念されている．その保護対策のためにも，埋没林の分布を知る必要がある．特別天然記念物指定地では，発掘調査は原則禁止されており，非破壊の探査（地中レーダと高密度電気探査）により，埋没林の分布と地下水の状況を調査することにした．

2. 地下水と埋没林の調査

地中レーダ（GPR:250MHz）と高密度電気探査を，図1の特別天然記念物指定地の西側に，Site1～3を設定し，南北走向の測線（1m間隔）で行った．

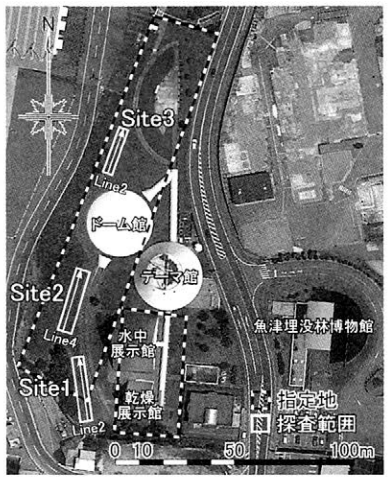


図1　特別天然記念物の指定地と探査範囲

図2にはSite1での探査結果の例を示す．GPR探査（左図）では，深度約0.5mに表土と盛土との境界がみられる．更に深度1mから反射が弱くなり，地下水面を捉えたと考えられる．電気探査（右図）では，深度1m付近の低比抵抗領域（白破線）が，GPRと同様に地下水位を示すと

考えられる．また，距離 14～16m，深度 3m に高比抵抗領域（黒破線）が認められ，埋蔵物が推定される．

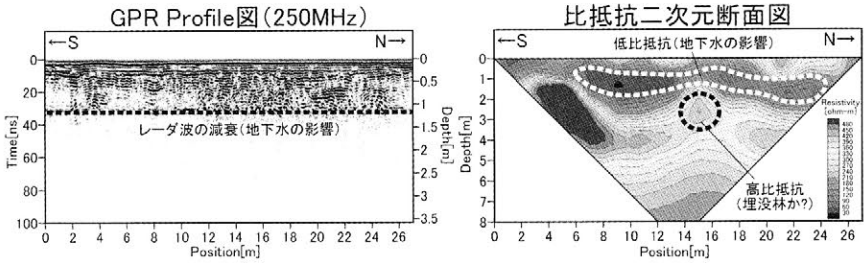


図 2　Site1（Line2）での探査結果

他の範囲でも同様な地下水を示す結果が得られており，指定地内の地下水位は約 1m と考えられた．比抵抗分布の違いから，ドーム館北側の Site3 では一様な帯水層（礫層）があり，南側の Site1 では帯水層下部に別の層が推定された．高密度電気探査では詳細な埋没林の位置推定が難しいので，より深部を対象に周波数 100MHz での GPR 探査を行った．その結果，埋没林と見られる複数の異常応答が得られた（図 3）．探査結果を基に指定地の外側で簡易ボーリングを行った結果，深度 3.1～3.3m で樹根を検出した．また掘削孔の実測による地下水位は約 1m と，探査結果と調和し，GPR 探査の地下水位のモニタリングでの有用性が示された．

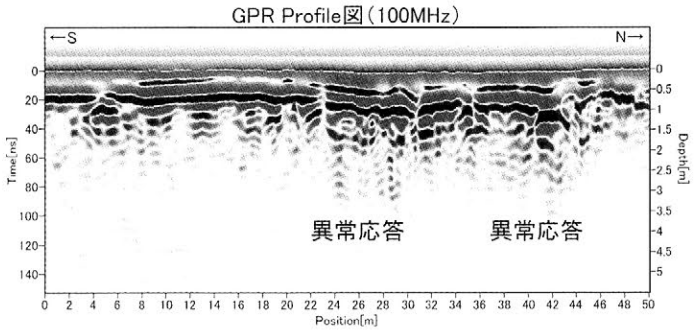


図 3　100MHz アンテナでの代表的な探査結果

3. まとめ

特別天然記念物 ・魚津埋没林の指定地の地下状況を，GPR と高密度電気探査で調べた．両探査により深度約 1m の地下水位面が示され，継続的な探査が埋没林の長期保存に重要な地下水位の観測に有用とわかった．同様の木材文化財の保護でも参考になる結果と考える．GPR 探査では，深度 3m 付近に埋没林を示す反応が複数地点で得られ，その一地点の掘削で，樹根が見つかった（魚津埋没林の発見は 26 年ぶり）．魚津埋没林の地中での分布の把握は，特別天然記念物としての価値を高めることができる．埋没林周辺では縄文土器も見つかっており，考古学と自然科学（樹根と共に土壌や花粉等）の研究から，数千年前の富山湾・日本海の海水準変動や古環境を議論する重要な研究につながる成果が得られた．

参考文献

藤井昭二，麻柄一志，藤則雄，邑本順亮，中村俊夫，吉井亮一，森勇一（2003）：魚津埋没林とその成因，日本海域研究，第 34 号，金沢大学日本海域研究所，23-41.

『島原大変肥後迷惑』1792（寛政４年）の大津波による被害
－熊本県内に残る津波碑の悉皆調査－

『Shimabara taihen higo meiwaku』 Damages due to a great Tunami in 1792
-Inspection of everything in the tsunami monument left in kumamto prefecture

○坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）SAKAGUCHI KEITAROU 、美濃口雅朗(熊本城調査センター) MINOGUCHI MASAAKI 松本博幸（天草市文化課）MATSUMOTO HIROYUKI 川島秀一（東北大学災害国際研究所） KAWASHIMA SHUICHI

１ はじめに

1792（寛政４）年４月１日、長崎県雲仙の眉山が山体崩壊し、当時の島原藩領内において１万人を越える尊い人命が失われた。

またこの山体崩壊で発生した山崩れが有明海まで流れ込んだ事により、大津波が対岸の天草本島、宇土半島、熊本平野、玉名平野、更には、筑後平野にまで達した。この時に天領天草と熊本藩領においても5,158人もの尊い人命が失われている。

九州おいて、この未曾有の天災は「島原大変肥後迷惑」と呼ばれ、後世の人々にも忘れがたい記憶として伝わっている。

21世紀に入り、阪神淡路大震災と東日本大震災、この二つの天災により多くの尊い人命や財産が失われている。このような未曾有の災害を経験した国民の中で広域災害に対する防災・減災意識が高まってきている。

熊本県内で文化財行政職員として活動する私達は津波碑の悉皆調査の必要性を痛感し、現存する津波碑の位置や形状、碑に刻まれた碑文の撮影と解読を行っている。

この調査で新たに分かってきた津波碑建立の目的等を報告する。

本稿を校了後の平成28年４月14日の午後９時36分に熊本地方で震度７の地震が発生した。この「熊本地震」で多くの人命や財産が喪失し、「熊本城」を始めとする史跡や建造物等の文化財もまた被災している。本報告において、改めて災害碑の顕彰と周知の重要性を訴えるものとする。

２ 津波碑の悉皆調査の目的

私たちが地域にある文化財を守るために取り組むべき事は文化財の「悉皆調査」である。

それは平成28年４月14日に発生した「熊本地震」など広域かつ大規模な災害に対応し「そこにある」身近な文化財の位置や情報をくまなく記録する事である。そのような状況下で私たちが取り組んでいる活動が、「島原大変肥後迷惑」と呼ばれている、島原半島の雲仙眉山崩壊により引き起こされた津波による歴史を記録する「津波碑」の悉皆調査[註1)]である。

これまで郷土史や災害調査報告などで、断片的に取り上げられている、これらの「津波碑」をあらためて調査する中で、みえてきた事について今回報告する。

３ 熊本県内に残る「津波碑」 ～4種類に大別される津波碑～

「島原大変肥後迷惑」（寛政4年(1792)の雲仙噴火眉山崩壊に伴う大津波被害は、対岸に位置する天草諸島や熊本平野の沿岸部に及んだ。

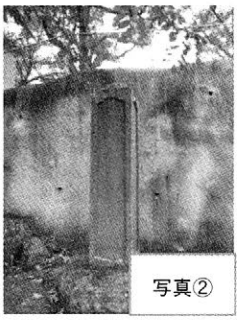
特に狭い入江では、津波が高さ 20mを超え甚大な被害を与えた。また干拓地は低地のため、津波による浸水が広域に及んでいる事が分かっている。

この時の大津波に関連する「津波碑」を調査する中で、それぞれの津波碑が持つ意味が見えてきた。「津波碑」は大きく分けて、4 種類[註2)]に分けることができる。

一つには「津波供養碑」である。これは津波の犠牲になった人々を供養するものである。

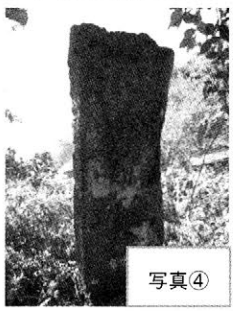
写真①

熊本市河内町の蓮光寺山門横の供養碑[写真①]には「南無阿弥陀仏　溺死墓」と刻まれており、旧船津村、白浜村、河内村、近津村で合わせて 765 人が亡くなったことが記されている。二つには「津波教訓碑」である。熊本市河内町船津の「教訓碑」[写真②]は四面にそれぞれ教訓が刻まれており、後の世に同じような津波に襲われた時は、子どもの手を引き、老人を背負い、財産は打ち捨てて、避難を優先し、平時から逃げ道を確保しておきなさい等の教訓が記されている。


写真②

写真③

さらに「津波石」あるいは「津波境石」等と呼ばれるものがある。宇城市三角町大多尾にある「津波境石」[写真③]である。この自然石は標高約22．5mの高さにあり、この地域で津波が達した最も高い箇所に目印として置かれたものである。「津波境　寛政四子四月朔日戌刻　山本二十七金助立之」と刻まれている。この「境石」をみると、今ある集落のほとんどが浸水箇所にあり、当時の津波の恐ろしさがあらためて理解できる。このような「津波石」は熊本県内各地にあり、天草市五和町御領にある「津波留石」もすぐ近くに川があり、この津波で沖から運ばれてきたとされている。同市有明町島子の「いしぼとけ」も津波の到達点を示す指標とされる。最後に「墓」である。天草市五和町黒崎海岸の「供養碑」[写真④]は墓でもある。この墓については地元の方からの聴き取り調査[註3)]が実施出来た。


写真④

4 「熊本地震」と今後の津波碑の悉皆調査

「熊本地震」は内陸型（活断層型）地震であった事から、津波が発生しなかった。今後は津波碑に限らず、熊本県内の災害碑を含めた「悉皆調査」が必要である。復興への歩みを確かなものとする中、これらの災害碑の顕彰と周知の為の「悉皆調査」を継続していく事こそが重要であると考える。

最後に「熊本地震」の被災者[註4)]の皆さまの一日も早い復興を願うと共に、全国各地から支援頂いた方々へ感謝の気持ちを込めて本報告を終わるものとする。

註1）本調査では美濃口氏が津波碑の形態と碑文の解読、松本氏が文献及び関連資料収集と碑の分布状況確認を主に担当している。

註2）美濃口雅朗氏は、この分類を更に個人と公あるいは寺等による供養に分けて、碑の意味を考えなければならないとしている。

註3）黒崎海岸に漂着した溺死者をこの供養碑の周囲に埋めたという言い伝えの通り、戦後に碑の周辺で人骨を見たとの証言を得た。

註4）本稿を執筆する報告者も 4 月 14 日に自宅で被災した。続く 4 月 16 日の本震からは自宅に戻れず車中泊となった。多くの県民が同様の被災者になる中、避難所でのボランティア活動や災害瓦礫の撤去等に市民の方々が自主的に取り組まれている光景を多く目にした。このような困難な状況下での相互扶助の精神に基づいて活動する姿に日本国に生を受けたありがたさを感じた。

津波被災紙資料から発生する臭気の同定とその対策

Identification of unpleasant odor from tsunami affected paper documents

○佐野千絵（東京文化財研究所）、内田優花（同左）

○Chie SANO, Yuka UCHIDA (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって引き起こされた津波により、多数の紙資料が海水損した。レスキュー初期から被災紙資料にはカビ臭以外の独特の臭気があり、作業の妨げになっていたが、配慮からか、あまり記録されていない。この臭気が作業者の健康に影響があるのか、また対処法の検討に必要な化学物質としての同定作業がこれまでおこなわれていない。そこで岩手県立博物館の協力を得て、2014～2015年にかけて臭気物質の同定と対処法について検討したので報告する。

2. 調査対象試料

岩手県立博物館において、レスキュー後に乾燥させただけの資料、泥等の汚れ落としで処置を止めた資料、応急処置後、安定化処置など、各段階で保管されている津波被災資料群について、資料を包んでいたサンモア紙（不織紙）の着色、臭気のあるものを数点選び、薄葉紙を取り換えて不織紙ごと採取した。着色は大別して黒、黄～橙色で、いずれも不快臭がし、書籍であれば天地、小口部分の直上に生じており、紙資料から揮発性物質が発生してできた汚れと推定された。

3. 実験方法

不織紙サンプルをテドラーバッグ3Lに封入し、窒素ガスで満たして室温で1日静置した後、捕集管Tenax-TAを接続し、ポンプで0.2mL/分で5分間吸引し、計1Lの臭気ガスを捕集した。3回目は1Lに満たなかったが、3回測定した。この脱気作業を2回繰り返した後、粘着物質採取のために一時的に取り出したが、その段階で強い臭気はあった。その後、不織紙サンプルを室温でテドラーバッグ内にて保管し、約1年後に再試験した。不織紙サンプルを試験後に取り出したところ、臭気はあるが強度は弱くなっていた。

捕集管を熱脱離装置Markes Unity2にセットし300℃で10分加熱し、-10℃のコールドトラップで濃縮した後300℃3分でガスクロマトグラフ質量分析計（Agilent 7890A/5975C）に打ち込み、不織紙サンプルからの揮発性物質を分析した。オーブンの昇温条件は40℃3分→10℃/分→170℃0分→15℃/分→280℃5分、カラムは無極性カラムBGB-1、30m、0.25mm内径・0.25μm膜厚、質量範囲はm/z 33～300であった。カルボン酸のみ標準試料を用いてRtを確認した。

4. 結果

図1はサンプリングから約20日後、図2は約1年後の不織紙試料からの脱ガスの分析結果である。1年後には、縦軸のスケールが約半分になり検出されるガス種類が減った。

図1では溶出時間2分～6分にかけて酢酸、プロピオン酸、酪酸が見られたが、図2ではピー

ク面積は小さくなり、揮発しやすい低分子が放散されたと推定される。溶出の遅い 25 分、29 分、36 分のドデカン（43）、トリデカン（44）、ジブチルヒドロキシトルエン（49）はいくらか蒸気圧があり、1 年で放散したと推定される。1 年後の再分析では 40 分過ぎの直鎖アルカン類が検出されたが、理由は不明である。皮膚刺激性のある物質は検出されたが、この分析方法では硫黄系化学物質が検出できないこともあり、健康上問題になるガスは検出されなかった。多数の臭気物質が検出されたが、繰り返しの脱気で減衰すること、親水性物質であることから、対処として作業者は作業着・活性炭マスクを装着、作業場所は頻繁に換気が必要とわかった。

＜謝辞＞　岩手県立博物館赤沼英男氏に処置の詳細、被災資料からの不織布サンプリングにご協力いただきました。記して感謝いたします。本研究は JSPS 科研費 15K01141「津波被災文書資料から発生するにおい物質の同定とその対策」の助成をうけたものである。

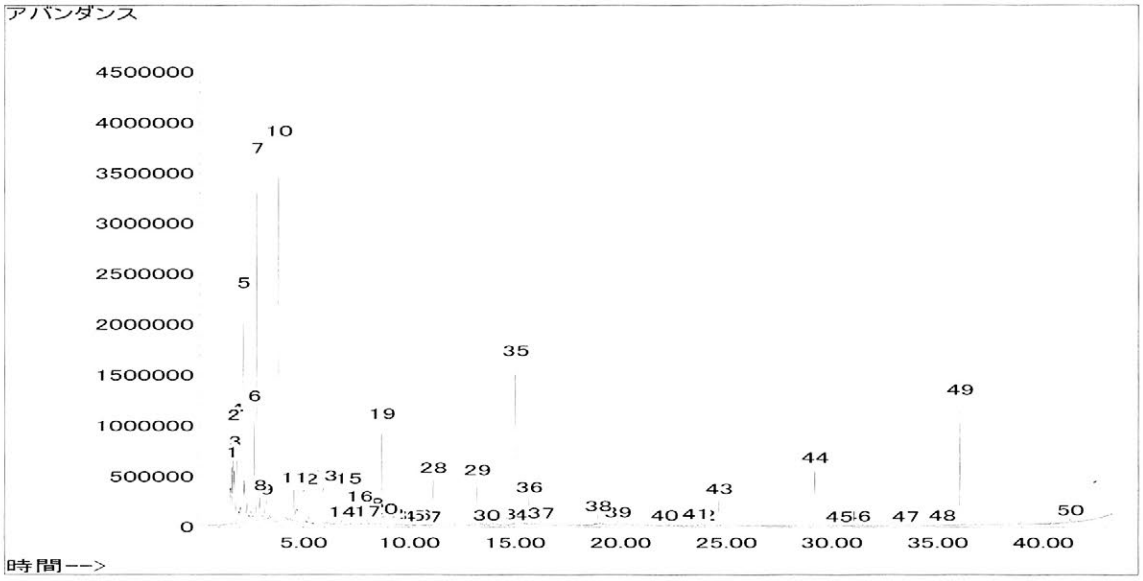


図 1　2014 年 8 月採取　黒色部からの揮発性ガスの GC/MS 分析結果（2014 年 9 月 11 日）

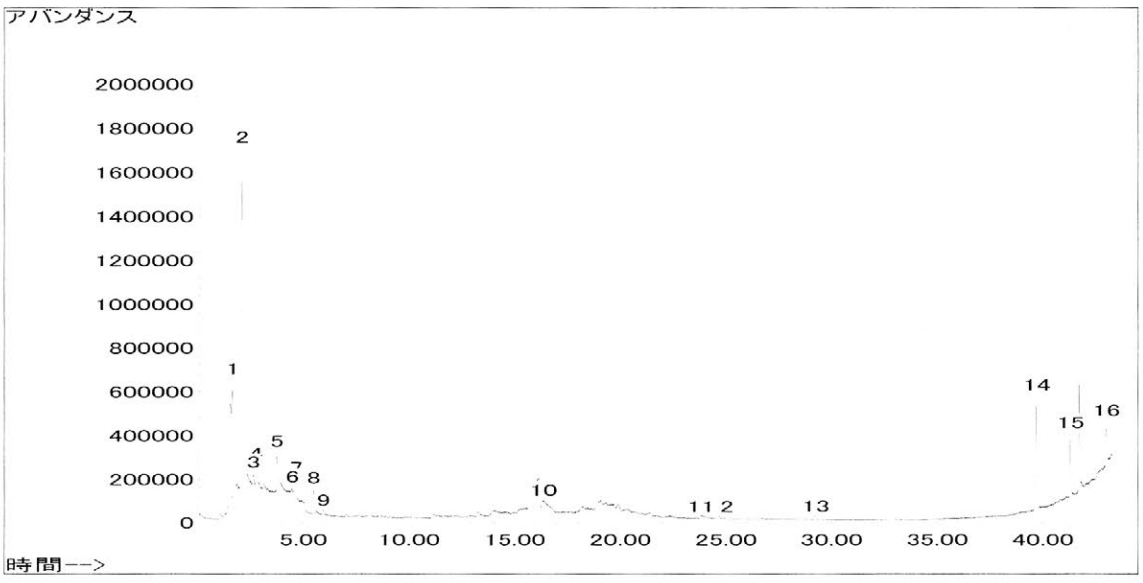


図 2　2014 年 8 月採取　黒色部からの揮発性ガスの GC/MS 分析結果（2015 年 8 月 6 日）

岩手県津波被災紙資料の表面清浄度調査方法の検討

Trial application of rapid hygiene monitoring system to tsunami affected paper documents in Iwate Prefecture

○内田優花（東京文化財研究所）、佐野千絵（同左）
○Yuka UCHIDA , Chie SANO (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災による津波により、貴重な文化財や資料が多大な被害を受けた。岩手県立博物館では翌4月から被災資料の救出作業を開始し、それらの応急処置、安定化処置そして修復作業を現在も継続して行っている。今回、岩手県立博物館の協力を得て修復作業中の紙資料について、資料の表面清浄度の調査としてATPとAMP総和量測定（ATP＋AMP拭き取り調査）を行ったのでその結果を報告する。

2. 資料の清浄度調査（ATP＋AMP拭き取り調査）

ATPとその分解物であるAMPは全ての生物に存在することから、施設や設備表面の清浄度調査に用いられている。この清浄度調査方法では、除菌等の処置が行われた資料であっても過去に微生物繁殖が多く、またそれらへの対処が不足している場合、ATP＋AMP 発光量が多くなる。つまり、対象資料の過去の生物繁殖度合いと処置段階ごとでの資料表面の清浄状態をある程度反映した情報が得られると考える。

資料は、臭気の有無、漁港ごと、処置工程[1]ごとといった項目で分類されていた保管箱から1箱あたり約3点を選択し、合計102点の資料で103カ所の調査を行った。乾燥した滅菌綿棒による拭き取り作業は、岩手県立博物館で修復作業に携わってきた作業者により行われた。なお、処置を担当した作業者から状態を聞き取りながら資料を選択したため、微生物被害痕跡のある資料の拭き取り調査数が多くなったことが推定される。

調査日：2015年10月21,22日
拭き取り用清浄度検査キット：(株)キッコーマン社製 ルシパック Pen
測定機器：(株)キッコーマン株式会社製 ルミテスターPD-10
測定方法：各測定箇所につき約5 cm×5 cmを、清浄度検査キットの綿棒により縦横斜め（右傾斜、左傾斜）の四方向で表面を拭き取り、綿棒をキット本体に戻し、発光試薬を溶かし切るため約1分間キットを振り混ぜ、その場でATP＋AMP発光量（RLU値：Relative Light Unit）を計測した。
資料が対象の調査であり、広い面積の確保が難しいこと、加えて可能な限り資料表面に圧をかけることを避けたいという理由から、今回は5 cm×5 cmという面積で調査を行った。

3. 結果・考察

臭気のある資料41点、臭気のない資料62点の調査結果を図1に記す。臭気の有無とRLU値に関係性はみられなかったが、臭気のある［未処理］の資料がRLU値10,000前後を示したのに対し、［一次洗浄］［安定化］［抜本修理］を行った資料のRLU値は、例外はあるものの約1,000以下であった。このことから臭気のある資料については、処置工程の進行が資料表面の洗浄度向上に寄与していることが伺える。

[1] 本報告では、処置工程について4段階に分けて述べる。まず、被災地から救出してきたそのままの状態、あるいはドライクリーニング（泥落とし）を行った第一段階［未処理］。次に、資料を水に浸漬し刷毛などを用いて汚れを落とした［一次洗浄］段階。その後、脱塩と次亜塩素酸ナトリウムによる除菌、そして燻蒸を行った［安定化］段階。最後に、安定化処置を行った資料に修復処置を施した資料を［抜本修理］段階とした。

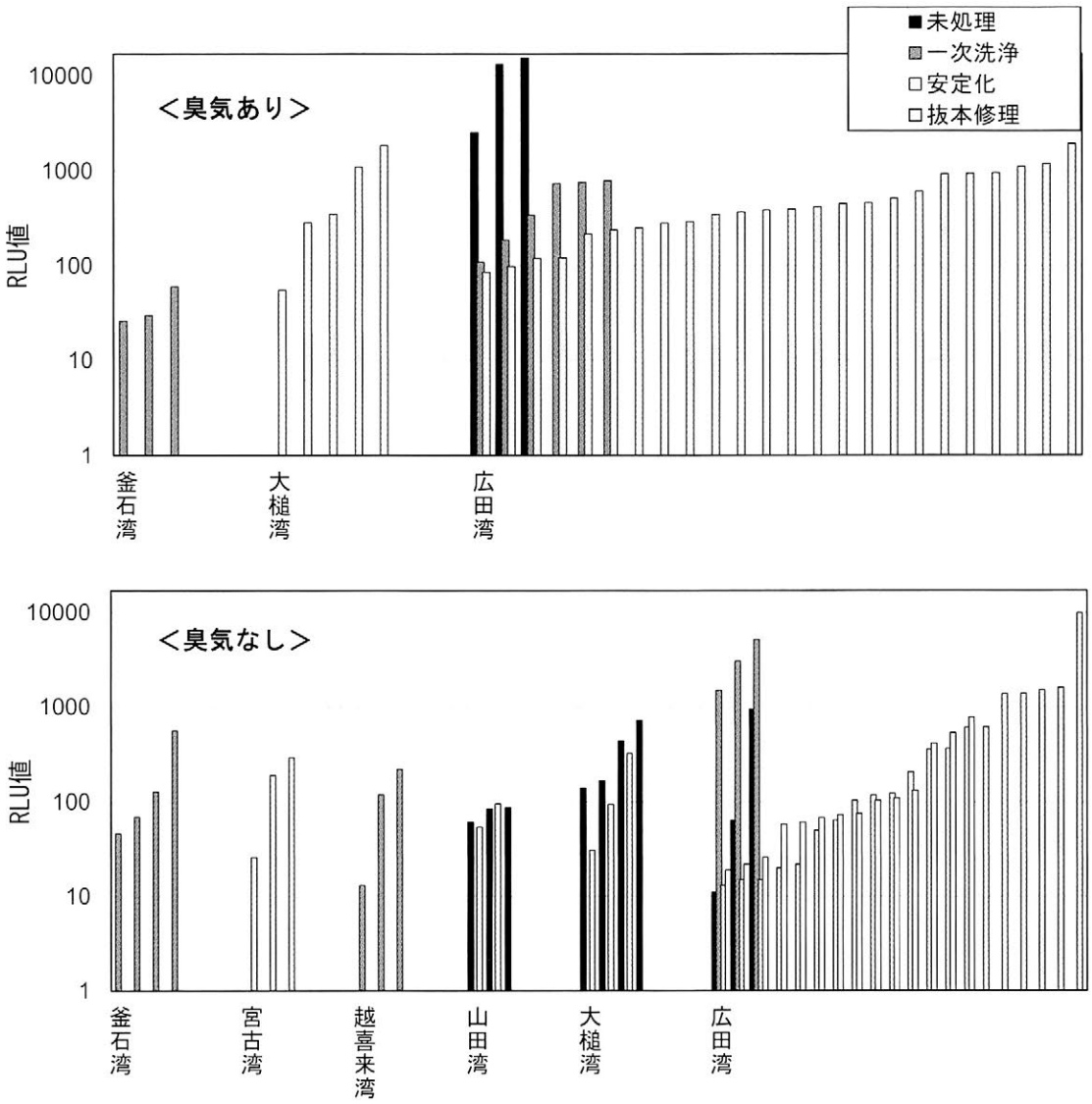


図 1. 資料の表面清浄度（RLU 値）

4. おわりに

安定化処置を経た資料の RLU 値がおおよそ 1,000 程度であることが分かり、臭気のある資料については処置工程が進むと資料表面の清浄度が良好になる傾向が確認できた。しかし、資料の状態、形態、材質などにより同じ処置工程を経ても清浄度がやや不良な資料も存在することも分かり、どの程度の数値が資料にとって清浄であると言うことは現状では難しい。これまで資料の表面清浄度を系統立てて行った事例はなく、処置後の資料の RLU 値が 1,000 程度であったことは、一つの目安と捉えて良いのではないかと考える。

謝辞

調査の目的に沿って資料群の選定、調査場所の提供、調査の立会い、調査資料リストや写真等の提供にご尽力いただきました岩手県立博物館赤沼英男先生と、資料の選定および清浄度調査の実施にあたり拭き取り作業を行ってくださいました修復作業者の皆様に心より感謝いたします。

本調査の一部は、平成 27 年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）「津波被災文書資料から発生するにおい物質の同定とその対策」（研究代表者：佐野千絵、平成 27～29 年度、基盤研究（C）（一般））により行われました。

The 33rd
JSSSCP
Congress
NARA 2016

ワーキンググループ

Working group

日時：6月4日（土）　17:30～18:30

　　：6月5日（日）　16:50～17:40

彩色材料分析ワーキンググループ

Working Group for the Analysis of Coloring Materials

1. 参加者名

○早川泰弘（東京文化財研究所）、北野信彦（龍谷大学）、谷口陽子（筑波大学）、青木智史（天理大学附属天理参考館）、降幡順子（奈良文化財研究所）

2. 討議内容

(1)目的

本 WG では、彩色材料分析に焦点を絞り、様々な科学調査の結果を議論しあうことで調査結果の共有を図るとともに、調査の課題や結果の解釈に関する問題点を明らかにし、今後の彩色材料調査に反映させていくことを目的とする。

(2)概要

近年、文化財資料に対して様々な科学調査が行われるようになっているが、それらの調査結果が研究者の間で共有され有効に活用されているとは言い難い。調査結果に関する具体的かつ詳細な検討を行うためには、絵画・建造物・彫刻・陶磁器など各分野の研究者の中で議論する必要があると思われるが、専門分野を超えた研究者間での情報共有・人的交流を行うことで新たな視点による議論が生じることが期待できる。

(3)検討課題

①科学的調査を行う際の課題

分析手法選択の妥当性、比較標準（対照）試料の欠如への対応について

分析原理・分析技術の習熟度の違いによる課題とその解決策について

②調査結果の歴史的・美術史的解釈

歴史的・美術史的専門性の向上と、異分野研究者間の交流の増大が必要。

彩色材料に関する情報共有を図り、調査の際の問題点や課題、調査結果の歴史的・美術史的解釈等を多くの研究者間で議論することで、他の研究者の調査・結果との共通点・相違点が明確になり、自らの調査およびその結果を客観的に捉えることができるようになる。さらに、異分野の研究者との交流を積極的に図ることで、高感度・高精度・安全性等に富んだ新たな調査手法の開発・検討につながることも期待される。

トレハロース含浸処理実践研究会

Study group of trehalose method

1. 参加者名

○伊藤幸司（大阪文化財研究所）・今津節生（奈良大学）・高妻洋成（奈良文化財研究所）・藤田浩明（大阪文化財研究所）・小林啓（九州歴史資料館）・片多雅樹（長崎県埋蔵文化財センター）・稗田優生（大分県立歴史博物館）・合澤哲郎（松浦市教育委員会）・金原裕美子（文化財科学研究センター）・水吉優子（葵文化）

2. 討議内容

糖アルコール含浸処理法から転換、進展したトレハロース含浸処理法は、現在、埋蔵文化財調査組織をはじめとする多くの機関での採用が広がっている。

今回は、次の２点について情報を提供するとともに、その共有化を図るものである。

① 最新の情報

代表者等は大型木製品の保存処理に向けて、省エネルギー・省コスト・省廃棄物を目的とした研究を進めている。大型木製品の処理で実施の妨げとなる要因は、設備と長期に渡るランニングコストに係る経費である。これを改善する為に従来の浸漬槽を用いず、溶液を滴下して浸透させる手法を検討、実験を行っている。現在までに、予想を上回る良好な結果が得られている。ここではその進捗を紹介し、討議を行う。

②各機関での状況

過去数年に渡って九州各県においてトレハロース含浸処理法研究会を開催し、その普及に努めてきた。その結果、多数の機関で採用、実施され、多くの成果を蓄積してきている。

今回は、各機関から設備などの状況、成果、問題点などを提示し、情報の共有化を図る。また、情報の伝達をスムーズにするためにフェイスブックの利用を図る等、担当者間でのネットワークを構築、強固にする。また、トレハロース含浸処理法を取り入れようと考えている機関に対して、必要機器やランニングコストなど、より具体的な実例を実施機関から提示する。

WG-03

石造文化財の保存修復ワーキンググループ

Conservation and Restoration of Stone Cultural Heritage WG

1. 参加者名

○石﨑武志（東北芸術工科大学）、澤田正昭（東北芸術工科大学）、西浦忠輝（国士舘大学）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、星野玲子（鶴見大学）

2. 討議内容

国内、海外の石造文化財の保存、修復に関して、研究機関、大学、民間等の様々な機関で調査、研究、修復作業などがなされている。国際的には、ＩＣＯＭＯＳ（国際記念物遺跡会議）の石造文化財の保存に関する科学委員会（ＩＳＣＳ）が中心的な役割を果たしている。日本文化財科学会にも、ＩＳＣＳに参加して活動しているメンバーがいる。日本における様々な機関の研究者が、集まり、石造文化財の保存・修復に関する情報交換を行うことは、大変重要なことであると考える。日本文化財科学会には、石造文化財の保存に関わる研究者も、割合としては多い。その中で、保存方法、修復方法に関して、決まった方法があるわけではなく、現場に応じた対応が要求されるのが現状であると思う。

このワーキングでは、日本および海外での石造文化財の保存修復に関しての取り組み事例、保存修復手法、それぞれの現場での課題などを報告し合い、色々な分野の専門家同士の自由な意見交換により問題の解決へと進めていきたいと考えている。

本年は、９月６日（火）から１０日（土）までの日程で、英国グラスゴウで、第１３回石造文化財の劣化と保存に関する国際会議（13th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone）が開催される予定である。本学会に関する情報および、他の石造文化財の保存修復に関する会議等の情報も持ち合って、情報交換を進める。

本会議は、石造文化財の保存修復に関するワーキンググループの第１回の集まりであるので、今後の活動計画に関しても議論を行う予定である。

広範囲にわたる専門家および学生の参加を期待する。

文化財科学への放射光応用推進連絡会

Promotion of Application of Synchrotron Radiation to the Study of Cultural Properties

中井 泉(東京理科大学)、田中眞奈子(東京藝術大学)、降幡順子(奈良文化財研究所)、
谷口陽子 (筑波大学大学院)、杉山淳司 (京都大学) : 企画者

【はじめに】

放射光は、加速器で電子を光速近くまで加速し、その進行方向を電磁石で曲げた時に接線方向に発生する光で、そのエネルギーは赤外線からX線までと幅広く、きわめて明るく、文化財の分析に広く用いられているX線分析 (蛍光X線、X線回折、X線CT、XAFSなど) や赤外分光分析の理想的な光源となる。放射光は、専用の放射光実験施設で利用し、兵庫県の西播にある世界最大の放射光施設SPring-8を始め、筑波に大型施設PFがあり、中型施設が岡崎、名古屋、滋賀、広島、佐賀にあるので、日本は放射光を大変利用しやすい環境にある。ただ、利用するには施設で行われる募集に課題申請して認められることが必要であり、使用料の有無は各施設によってまた利用形態によって異なるが、学術研究には無料のところが多い。良い資料をもっていけば、世界最高レベルの成果を経費がかからずに得られるので、特に若手の研究者には魅力的であろう。本WGは、できるだけ多くの文化財研究者の方々に放射光を利用していただけるように、応用事例の紹介を通してその魅力、特長を紹介し、放射光利用申請に役立つ情報提供を行うことを目的に企画した。放射光に興味のある方は、ぜひ気軽にご参加いただきたい。放射光利用者の情報交換の場となることも期待している。

【応用事例】

1．鉄鋼文化財や彩色材料の科学的分析において高輝度・高エネルギーの放射光を用いることでどのような情報を得ることが出来るか、事例を報告しその可能性について討議する。鉄鋼文化財 (火縄銃や日本刀など) の分析においては「非破壊」をキーワードに高エネルギー蛍光X線分析及び高エネルギーX線透過撮影・CT撮影 (いずれもBL08W) を実施している。彩色材料 (パイプ状ベンガラ)の分析においては、微小試料の走査型X線顕微鏡観察やXAFS分析(いずれもBL37XU)、μFT-IR分析 (BL43IR)、X線μCT撮影 (BL47XU) を実施している。(東京藝術大学　田中眞奈子)

2．古代ガラスに含まれる微量重元素は、使用された原料の種類や採取地、製法などを強く反映することから、その一次生産地の推定にきわめて有効な指標となる。古代ガラス中にppmレベルで存在する微量重元素を非破壊で検出する方法として、BL08Wのウィグラー放射光を励起源とする高エネルギー放射光蛍光X線分析法を紹介し、実際に日本で出土した古代ガラスに応用した事例についても報告する。(東京理科大学　阿部 善也)

WG-05

文化財ＣＴワーキング

X-ray Computed Tomography Working Group for Cultural properties

1. 参加者名

○鳥越俊行（奈良国立博物館）、今津節生（奈良大学）、高妻洋成（奈良文化財研究所）、
加藤和歳（九州歴史資料館）、小林 啓（同左）、赤田昌倫（九州国立博物館）、
大江克己（奈良国立博物館）

2. 討議内容

文化財の調査に利用可能なＸ線ＣＴ（コンピュータ断層撮影）スキャナは、奈良文化財研究所、九州国立博物館、福岡県立九州歴史資料館、東京国立博物館、京都国立博物館、国立民族学博物館など、多くの施設に導入されている。この文化財ＣＴワーキングでは、文化財の調査にＣＴが有用であることを理解していただき、文化財のＣＴ調査を広めることをテーマとします。そのために、まずはＣＴスキャナの利用に関する諸問題を整理し、より安全かつ効果的に使用できるように情報の共有を図ります。

今回は、ＣＴ調査で得られたデータの認識についてと、ＣＴで撮影できる文化財とできない文化財の例などについて、考古学の資料を中心にご紹介します。

東アジア文化遺産保存グループ

Conservation of East Asian Cultural Heritage

1. 参加者名

○西浦忠輝(国士舘大学)、沢田正昭(東北芸術工科大学)、今津節生(奈良大学)、
石﨑武志(東北芸術工科大学)、高妻洋成(奈良文化財研究所)

2. 討議内容

東アジア、特に日本、中国、韓国を中心に、連携協力して東アジア地域の文化遺産の保護に貢献することを目的に「東アジア文化遺産保存学会」が2007年に結成された。学会の発足以前から、東アジアの文化財の保存修復に関わるシンポジウムを行っており、発足後は2年に一度、日本・中国・韓国の持ち回りで国際シンポジウムを開催しており、昨年8月には、「2015東アジア文化遺産保存国際シンポジウムin奈良」を開催し、大きな成果を上げた。次回は2017年に中国上海で開催の予定である。

今後は、2年に一度のシンポジウムのほかに、専門分科会の設置や合同プロジェクトの推進等、更なる発展を目指す。

東アジア文化遺産保存学会日本支部の当面の課題は下記の通りである。

・2015シンポジウムのプロシーディングスの刊行
・会員制度、組織体制の整備
・ホームページの開設
・日本文化財科学会等の国内学会との連携
・国際プロジェクトへの積極的参画
・2017上海大会への対応
・2021日本開催予定のシンポジウムへの長期戦略

以上の問題のほか、東アジア文化遺産の保護についての、基本的な問題についても広範囲に議論したい。

広範囲にわたる専門家ならびに学徒の参加を期待する。

＊2015東アジア文化遺産保存国際シンポジウムin奈良および東アジア文化遺産保存学会については、本大会口頭発表 (A-28)「2015東アジア文化遺産保存国際シンポジウムin奈良の成果と東アジア文化遺産保存学会の活動」を参照いただきたい。

文化財レスキューを考える

Discussion on Rescue of Cultural Properties

○富岡直人（岡山理科大学）Naoto Tomioka、長友恒人(奈良教育大学)Tsuneto Nagatomo、
藤澤　敦（東北大学）Atsushi Fujisawa、渡辺智恵美（別府大学）Chiemi Watanabe、
金田明大（奈良文化財研究所）Akihiro Kaneda

討議内容　東日本大震災において、日本文化財科学会は文化財防災特別委員会を設置し、震災関連の対応を適宜実施して来た。本ワーキンググループではこれまでに確認出来た熊本地震についての速報を行い、阪神・淡路大震災、東日本大震災の教訓を振り返り、これからの日本の文化財レスキュー、文化財防災・減災の対策と方法を論じる。

1.　熊本地震の被害と文化庁の対応

4 月 14 日に熊本地方で発生した M6.5（暫定値）の地震は、益城町宮園で最大震度 7 を記録し、4 月 16 日に発生した熊本地方で発生した M7.3（暫定値）の地震では、益城町、西原町で最大震度 7 を記録した。文化財の被害は熊本県で 96 件、大分県で 3 件、福岡県で 16 件、佐賀県で 8 件、長崎県で 5 件、宮崎県で 3 件の計 146 件に及んだ。その中には、重文（建）40 件、登録（建）54 件、重文（美術）4 件、特別史跡 1 件、史跡 29 件、名勝 11 件、天然記念物 2 件、伝建 3 件、その他 2 件が含まれている［内閣府非常対策本部資料 20160516］。

4 月 21 日には、文化財等の被災状況を把握し、被災状況や現地の要望を踏まえて支援方策を検討する目的で「文化庁熊本地震災害連絡調整室」が設置され、文化財の被害情報を収集する目的で、文化庁文化財調査官等が 4 月 22 日以降被災地に派遣されている。

2.　阪神・淡路大震災、東日本大震災の教訓

1995 年発災の阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震、M7.3）は文化庁・兵庫県教育委員会及び文化財・美術関係団体の連携で「阪神・淡路大震災被災文化財等救援委員会」が設置され、文化財レスキューがはじめて実施された災害で、未指定文化財のレスキュー対応や、文化財防災（施設や展示・保存ケース類の耐震・免震等）について意識の向上がみられた。

2011 年発災の東日本大震災（東北地方太平洋沖地震、Mw9.0）では、文化財レスキュー事業（東北地方太平洋沖地震被災文化財等救援事業）が 2 年間展開し、岩手県、宮城県、福島県、茨城県の 90 箇所以上で、のべ 6,800 人の参加者が作業を展開し、その後の事業は被災ミュージアム再興事業に引き継がれた。この大震災では、津波・水損被災文化財について「安定化処理」という用語が一般化したことと、文化財に対する原子力災害対応が実施されたことが特筆される。

【引用文書】　内閣府非常対策本部　2016 年 5 月 16 日　『平成 28 年（2016 年）熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について』

企業広告

●広告掲載企業 （13 社）

株式会社アクト
イカリ消毒株式会社
エクスロン・インターナショナル株式会社
大塚オーミ陶業株式会社
公益財団法人高輝度光科学研究センター
株式会社サビア
三恒商事株式会社
株式会社新興精機
株式会社東陽テクニカ
富士シリシア化学株式会社
一般社団法人文化財科学研究センター
株式会社三ツワフロンテック
Beta Analytic Inc.

（五十音順、敬称略）

石材風化防止剤の販売並びに、石造物の保存、修復、復元

遺構保存剤の販売並びに、遺構保存工事、メンテナンス

・石材強化剤OH100

・石材撥水剤290

・強化剤OM25　OM50

企業
広告

株式会社アクト

〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1
TEL/FAX　０５９５－６３－８２６１
E-mail　ikenoue@themis.ocn.ne.jp

LC ecosys
Life Creation
Life Cycle Assessment
Ecological System

環境文化の創造
Creation of Environmentally-Oriented Culture

エコミュアー IPM サポートシステム

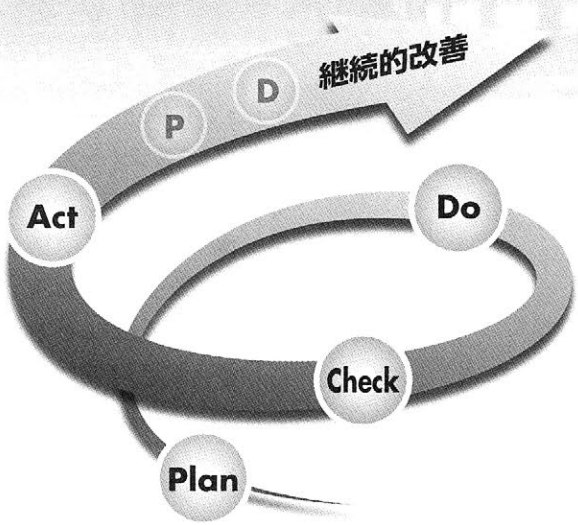
イカリ消毒では、かけがえのない文化財を後世へ残していくために
正しい保存環境づくりのサポート事業を行っています。

あらゆるリスクから文化財を守る。

文化財害虫による食害やカビによる腐食等、あらゆるリスクから文化財を守るためにIPM（総合的有害生物管理）の理念に基づき、IPMの手法を提案し、体制整備の支援をいたします。
文化財を守るためには、現状の環境をしっかりと把握し、日常管理で予防対策を講じることが重要となってきます。

エコミュアーIPMサポートイメージ

Act【改善】
- 教育研修
- 管理体制の見直し
- 報告会
- 次年度計画の提案



Do【実行】
- 初期改善
- 原因究明
- IPM メンテナンス
- 殺虫／殺カビ

Plan【計画】
- 現状調査
- 診断　●設計
- 教育訓練支援

Check【確認】
- モニタリング
- 検査／分析
- 評価／解析

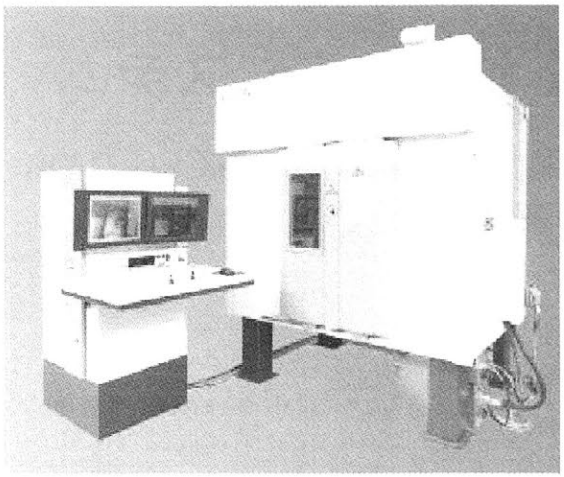
＊エコミュアー（ECOMUAR）とは
「エコ」（Ecology=環境）　「ミュ」（Museum=博物館・美術館等）　「アー」（Archive=文書館）の3つの言葉を掛け合わせた造語です。博物館・美術館・図書館・文書館等の文化財・貴重資料が保存されている施設を、環境負荷の低い技術・商品で守ることをコンセプトにしています。

環境エンジニアリング　全国100事業所
IKARI イカリ消毒株式会社　http://www.ikari.co.jp

本　社　〒160-0022　東京都新宿区新宿4-3-25　Tel.03-3356-6191　Fax.03-3350-1405
大阪オフィス　〒541-0056　大阪市中央区久太郎町1-4-8　Tel.06-6264-2741　Fax.06-6264-2740

エクスロン・文化財用 X線透視／CT検査システム

Y.MU2000-D 透視・CT兼用 X 線装置

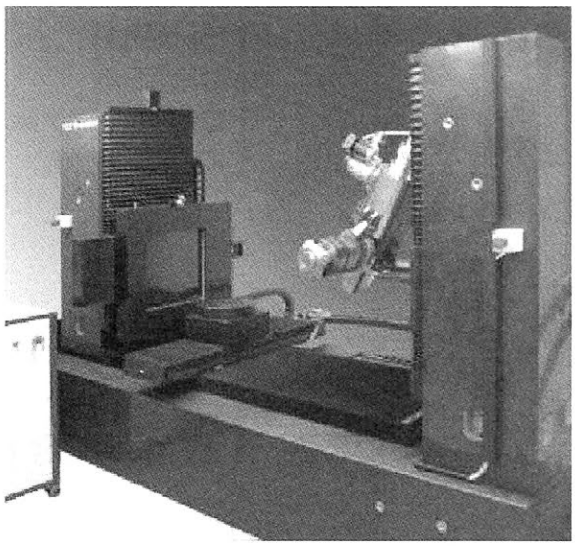


Y.MU2000-D

- 高精細デジタルフラットパネル搭載で鮮明な画像撮影が可能
- オプションで CT 検査が可能
- 様々な角度から容易に撮影可能（6 軸マニピュレーター）
- 160～450kV のラインナップ
- シンプルデザインで簡単操作
- 機能的配置で小スペース化
- アルミニウム、鉄、樹脂、木材に対応

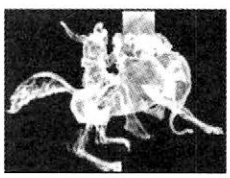
【主な仕様】 X 線出力(kV)：　160／225／320／450 から選択
検査品最大寸法(mm)：　φ600×H900（標準）、φ800×H1500（オプション）
検査品最大重量(kg)：　60／200（オプション）

Y.CT Modular 透視・CT兼用 X 線装置



Y.CT Modular

- ミニフォーカス：450kV or 600kV
- マイクロフォーカス：225kV
- ＣＴ方式：第３世代方式
- 微少な木質文化財から大型仏像やブロンズ像なども鮮明に撮影可能
- 測定対象によって様々なカスタマイズが可能

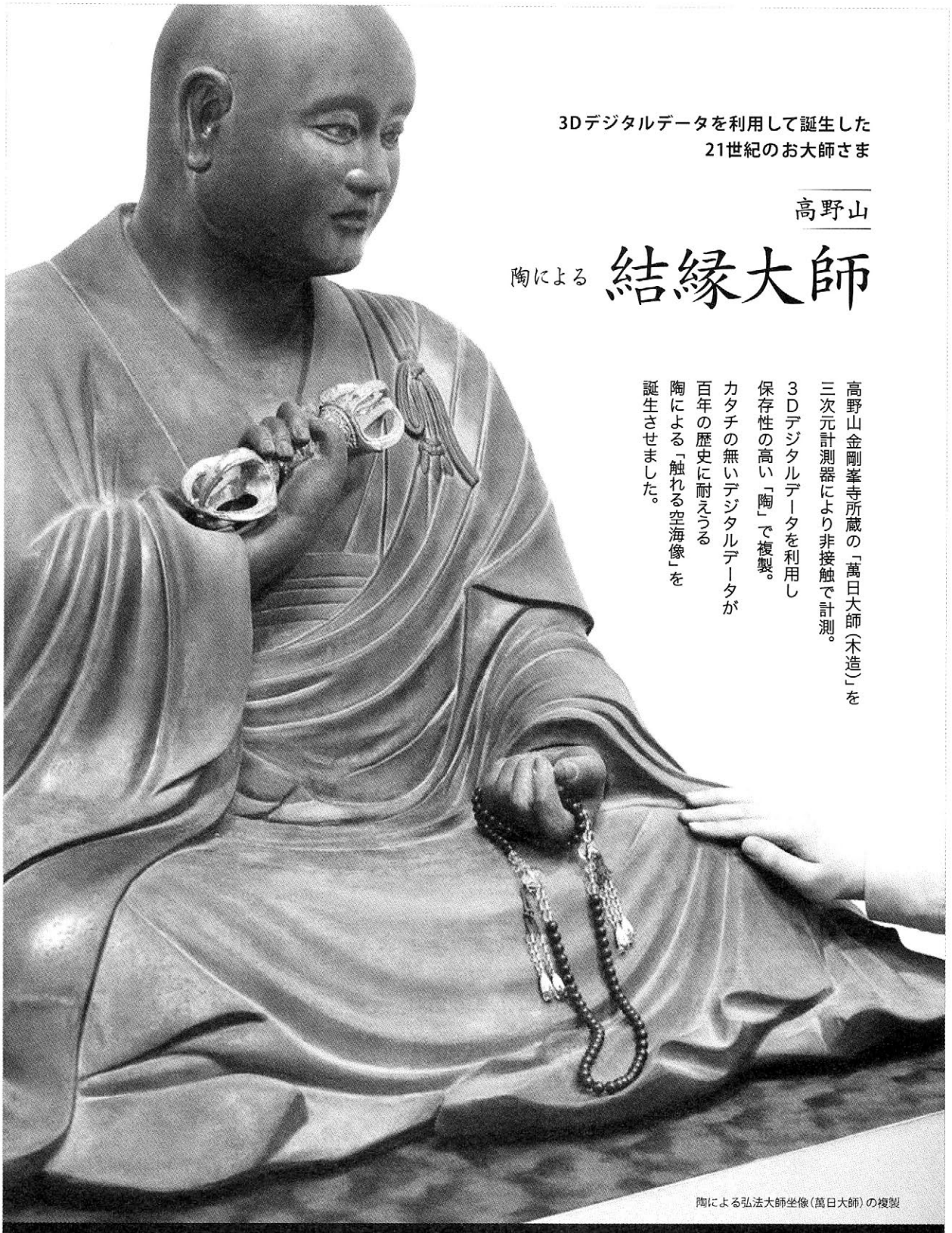


【主な仕様】 X 線出力(kV)：　450 or 600kV　から選択
検査品寸法例(mm)：　径 2500㎜、高 3000㎜、重量 500kg
視野(mm)：　フラットパネル 400 ㎜角、 ラインセンサー 1023 ㎜

企業広告

YXLON
Technology with Passion

エクスロン ・インターナショナル株式会社
〒221-0031 横浜市神奈川区新浦島町 1-1-32
ニューステージ横浜 1F
Tel: 045-450-1730　Fax: 045-450- 1740
E-mail: yxlon-contact@jpn.yxlon.com URL: http://www.yxlon.co.jp



3Dデジタルデータを利用して誕生した
21世紀のお大師さま

高野山

陶による 結縁大師

高野山金剛峯寺所蔵の「萬日大師（木造）」を
三次元計測器により非接触で計測。
3Dデジタルデータを利用し
保存性の高い「陶」で複製。
カタチの無いデジタルデータが
百年の歴史に耐えうる
陶による「触れる空海像」を
誕生させました。

陶による弘法大師坐像（萬日大師）の複製

文化財研究におけるテクノロジーと
私たちの「やきもの技術」の融合で
新たな作品が生まれています

大塚オーミ陶業株式会社

〔本社/大阪支店〕TEL:06(6943)6695
大阪市中央区大手通3-2-21

〔東京支店〕TEL:03(5295)3555
東京都千代田区神田司町2-2
大塚製薬神田第二ビル

SPring-8

SPring-8は
きっとあなたのお役に立ちます。

SPring-8は皆様の研究を支える共同利用実験施設です。

日本文化財科学会第33回大会

企業セミナーのご案内

第3回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ

「文化財微量分析の新手法」

演者1 田鶴 寿弥子　京都大学生存圏研究所
「木質文化財の樹種調査における SPring-8 の活用」

演者2 中井 泉　東京理科大学理学部応用化学科
「放射光X線分析の文化財研究への応用」

演者3 八木 直人　公益財団法人 高輝度光科学研究センター
「SPring-8 の利用制度について」

6/4 Sat.
12：10〜13：10
場所：C教室棟3F C-306

※整理券は開催当日、機器展示会場の〝SPring-8 / 公益財団法人 高輝度光科学研究センター〟ブースまたは会場周辺にて頒布します。

公益財団法人 高輝度光科学研究センター（JASRI） 利用推進部 普及啓発課
兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1　TEL：0791-58-2785　FAX：0791-58-2786
E-MAIL：kouhou@spring8.or.jp　URL：http://www.spring8.or.jp

企業広告

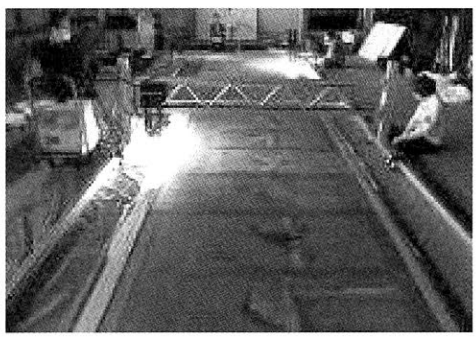
SABIA Art Scanner & Scanning Services

世界が超高精細スキャニング画像に大感動

ボストン美術館、フィラデルフィア美術館、ローリック美術館（ニューヨーク）、北アイルランド国立博物館、ニューサウスウェールズ大学（豪州）、香港海事博物館、プラド美術館、ロンドンナショナルギャラリーなど海外の多くの美術館でサビアはスキャニングをしております。世界が超高精細スキャニング画像に感動しています。

スキャニングサービス

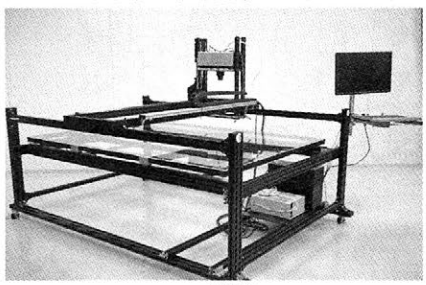
300dpiから1400dpiの世界最高水準の解像度での超高精細スキャンが可能です。一次データにこだわり、デジタル化後の色修正を必要としない高い色再現を可能としました。このほかに多種多様のスキャナを用意しております。ご要望に応じて出張スキャニング、縦置きスキャニング、赤外線（IR）撮像、可変レール使用による超大型被写体スキャニングも可能です。



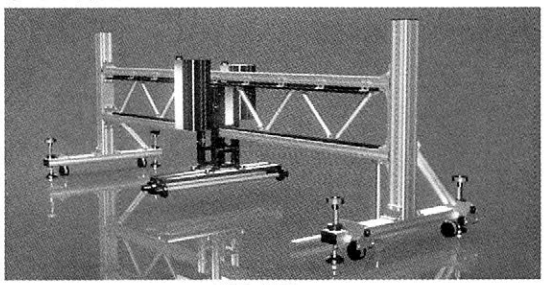
スキャナー販売

世界最高水準を誇る高精細スキャナーの販売・リースも行っております。 非接触、LED光源等を使っているため文化財に優しい状態で撮像することが可能です。 さらに色再現性、高解像度、撮像速度においても世界最高レベルであり、国内外 のミュージアム等でも採用されています。

LIAM-S
（縦置きスキャナ）



LIAM
（大型フラットスキャナ）



KUS 北斎
（可搬スキャナ）

株式会社サビア
〒606-8305　京都市左京区吉田河原町14番地　京都技術科学センター本館1階14号室
TEL: 075-762-5600　email: info@sabia.co.jp

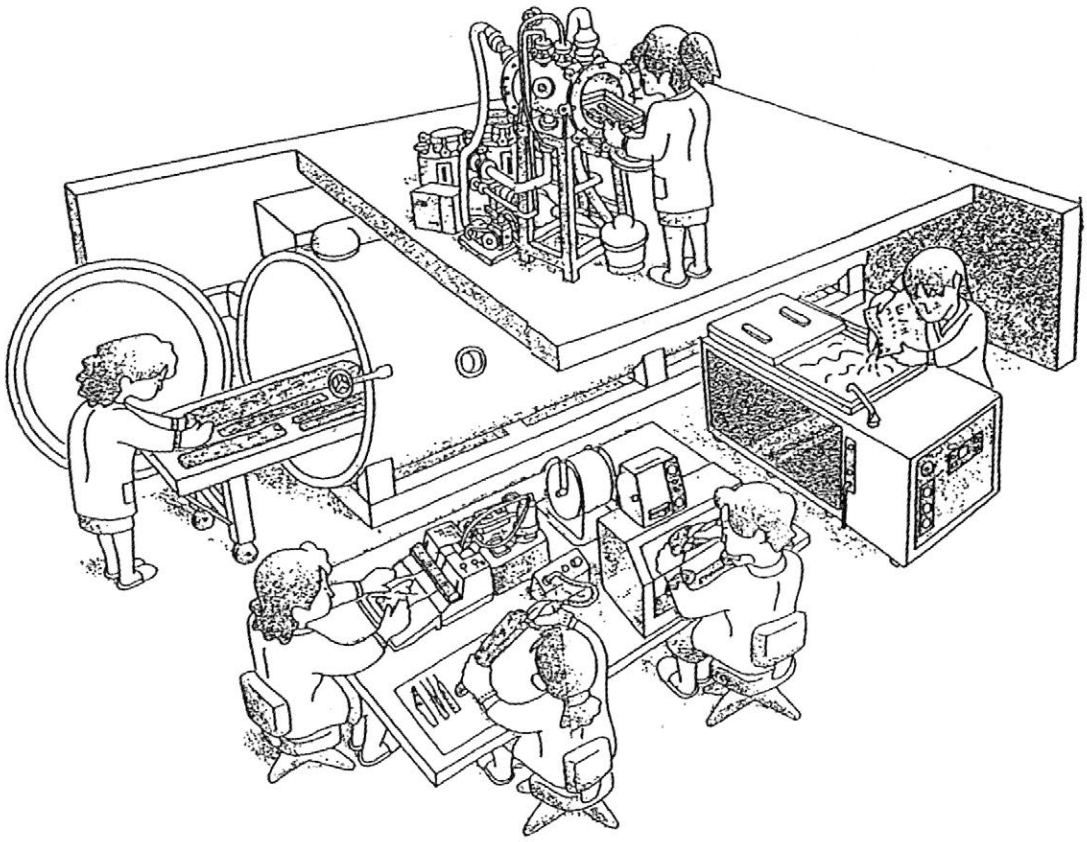
Sabia Inc

考古遺物・遺跡の保存

を

お手伝いします

☆木製遺物用保存処理装置（PEG 処理．真空凍結処理．その他）
☆金属製遺物用保存処理装置・金属用補修装置・脱塩装置
☆上記装置に付帯する薬品類一式・RP システム
☆遺構、石器、土器、瓦保存用薬品・地層保存システム
☆各種分析・計測装置（蛍光Ｘ線、軟Ｘ線、赤外線、三次元測定、他）

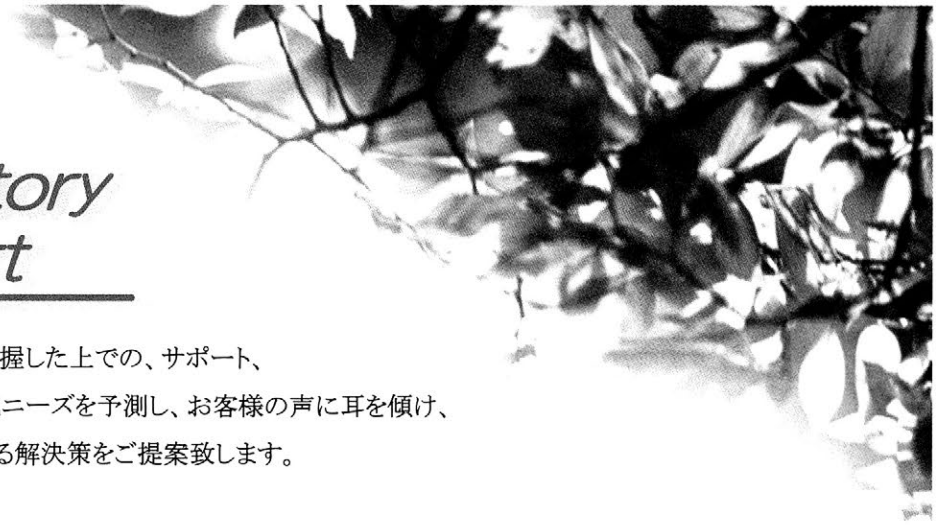


企業広告

三 恒 商 事 株 式 会 社

〒550-0013　大阪市西区新町１丁目１０番２号
電話：06-6538-0571　FAX：06-6535-1292
E-mail：sanko@sanko-syoji.co.jp

Total Laboratory Support

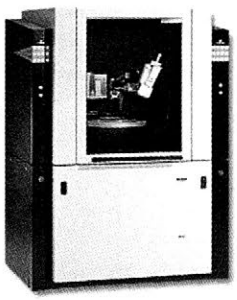


科学研究のトレンドを的確に把握した上での、サポート、
アドバイス。 また、将来の研究ニーズを予測し、お客様の声に耳を傾け、
研究開発を飛躍的に推進させる解決策をご提案致します。

的確な情報で研究開発をバックアップ

BRUKER

単結晶X線構造解析
D8 QUEST ECO



ハイレベルな 製品 のご提案

熟練のスタッフによる定期的な整備などのアフター サービス体制は万全を期しており、万一のトラブル発生の際は、打てば響く迅速な対応、そして的確なアドバイスでサポートしています

D8 QUEST ECOは、NMRやMSと相補的に完全な
3次元構造解析を担うリサーチ機器です。
その機能は単純な構造解析にとどまらず、
電子密度解析や絶対構造解析などにも対応します。

信頼の サポート 体制

あらゆる分野における研究機関の
環境づくりに長年にわたって
携わってきた実績から、
細かなニーズにお応えする提案力が・・・

「 新興精機 」にはあります。

九州全域をカバーする 新興精機のサービスエリア

東京営業所 Tel 03-5805-3966
〒113-0033 東京都文京区本郷2-25-5角地ビル2F

大阪営業所 Tel 06-6389-6220
〒564-0052 大阪府吹田市広芝町7番26号

北九州営業所 Tel 093-603-5680
〒807-0872 北九州市八幡西区浅川1丁目18-37

本社 Tel 092-641-8451 Fax 092-641-8786
〒812-0054 福岡市東区馬出1丁目18-3

佐賀営業所 Tel 0952-31-1095
〒849-0937 佐賀市鍋島町3丁目9-6

熊本営業所 Tel 096-385-6001
〒862-0920 熊本市月出4丁目4-130

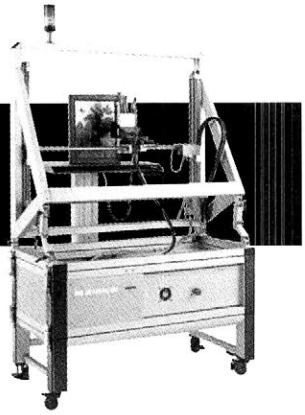
宮崎営業所 Tel 0985-64-6001
〒880-0929 宮崎市まなび野2丁目37-5

鹿児島営業所 Tel 099-263-6525
〒891-0113 鹿児島市東谷山5丁目35-12

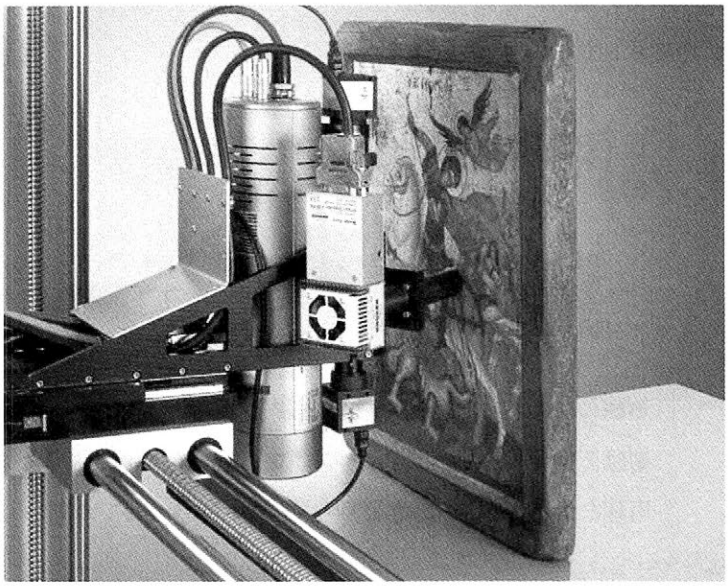
株式会社 新興精機
http://www.shinkouseiki.co.jp

"はかる"技術で未来を創る

ブルカーAXS社製　M6 JETSTREAM
【文化財の調査に使える】微小部蛍光X線分析装置



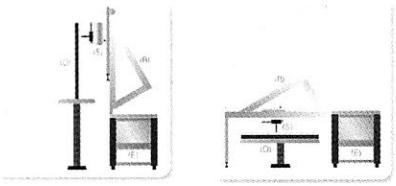
M6 JETSTREAMで絵画の含有元素を検査



※モザイクイメージングを実行中

特長

- 文化財の非破壊検査が実現
- 移動ができる大型文化財対応μXRF
- 画廊、博物館、作業現場でそのまま検査
- 速いマッピング機能！ 100mm/s
- 最小分析スポット：100μmφ
- 水平・垂直の両方に対応



検出面の角度を変えて水平・垂直の両方に対応

「ホメロス」※の元素分析（82cm×107cmサイズ）

※マウリッツハイス美術館、レンブラント・ファン・レイン作（1663年）

左よりCo(K)（青色素）、Pb(L)（白色素）、Pb(M)（白色素）の分散

企業広告

東陽テクニカ　www.toyo.co.jp

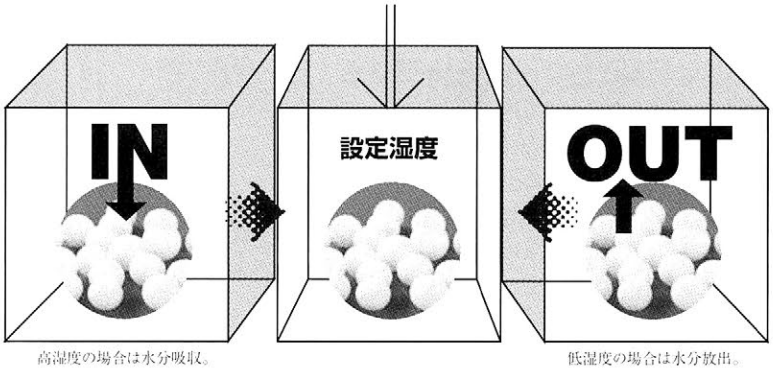
BRUKER

株式会社 東陽テクニカ
分析システム営業部
〒103-8284 東京都中央区八重洲1-1-6
TEL.03-3279-0771 E-Mail : bunseki@toyo.co.jp

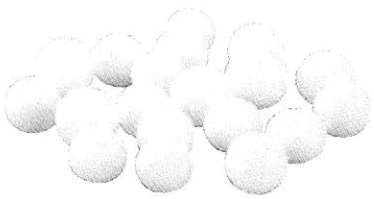
大阪支店　〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原1-6-1（新大阪ブリックビル） TEL.06-6399-9771
名古屋営業所　〒465-0095 愛知県名古屋市名東区高社1-263（一社中央ビル） TEL.052-772-2971
宇都宮営業所　〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷2-4-3（宇都宮大塚ビル） TEL.028-678-9117

アートソーブ®

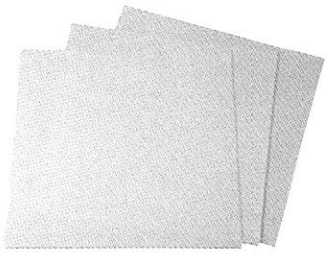
周りの湿度変化に対して常に適切な湿度をキープ、
それがアートソーブの役目です。



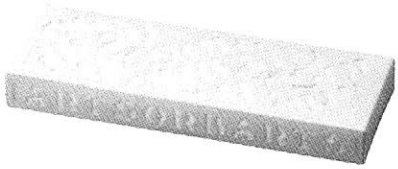
ビードタイプ



シートタイプ



カセットタイプ



Fタイプ

Sタイプ

Fuji Silysia 富士シリシア化学株式会社

本　　社	〒487-0013 愛知県春日井市高蔵寺町2-1846	☎ (0568) 51—2511
東京営業所	〒103-0027 東京都中央区日本橋2-15-10 宝・明治安田ビル	☎ (03) 3275—1621
名古屋営業所	〒450-0001 愛知県名古屋市中村区那古野1-47-1 名古屋国際センタービル23F	☎ (052) 587—0451
大阪営業所	〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋1-7-3 ハヤシビル7F	☎ (06) 6220—8610
福岡営業所	〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前3-23-22 博多DNビル5F	☎ (092) 473—3771

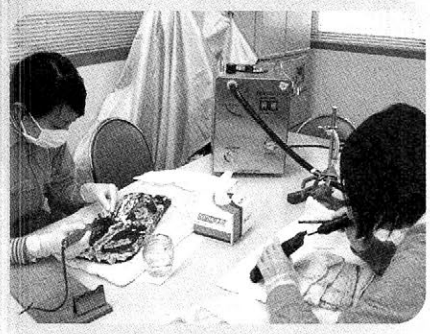
科学が魅せる古からのアプローチ（いにしえ）

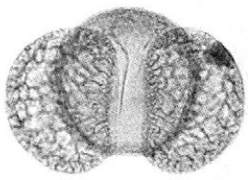
● 自然科学分析 ●

植　　物 ― 花粉分析・寄生虫卵分析・珪藻分析・
　　樹種同定・種実同定・植物珪酸体分析・
　　遺構（トイレ等）分析・糞石分析
動　　物 ― 動物遺体同定・貝類同定
堆積粒子 ― 粒度分析・微粒炭分析・鉱物分析
材　　質 ― 繊維同定・塗膜分析・樹種同定・
　　岩石同定・鉱物分析・蛍光Ｘ線分析
そ の 他 ― 放射性炭素年代測定

● 保存処理 ●

・トレハロース含浸法

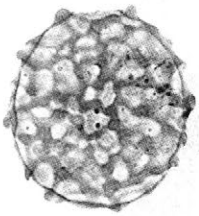




マツ複維管束亜属

Gomphonema acuminatum

コナラ属コナラ節



回虫卵

椎骨

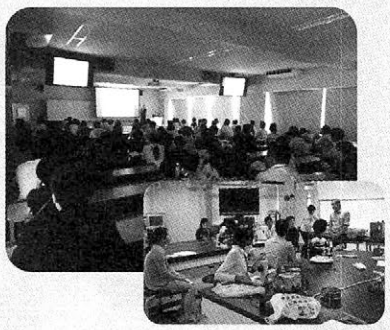
イネ（炭化米）

対象遺物

・木製品等（漆付、木簡含む）
・種実（炭化含む）
・縄　　など

● 研究および教育普及活動 ●

・研究発表
・講演会
・研修、実習
・検証分析
・データベース作成
・書籍発刊
・およびその補助



ぜひご相談ください!!!

企業広告

一般社団法人文化財科学研究センター
Cultural assets scientific research center

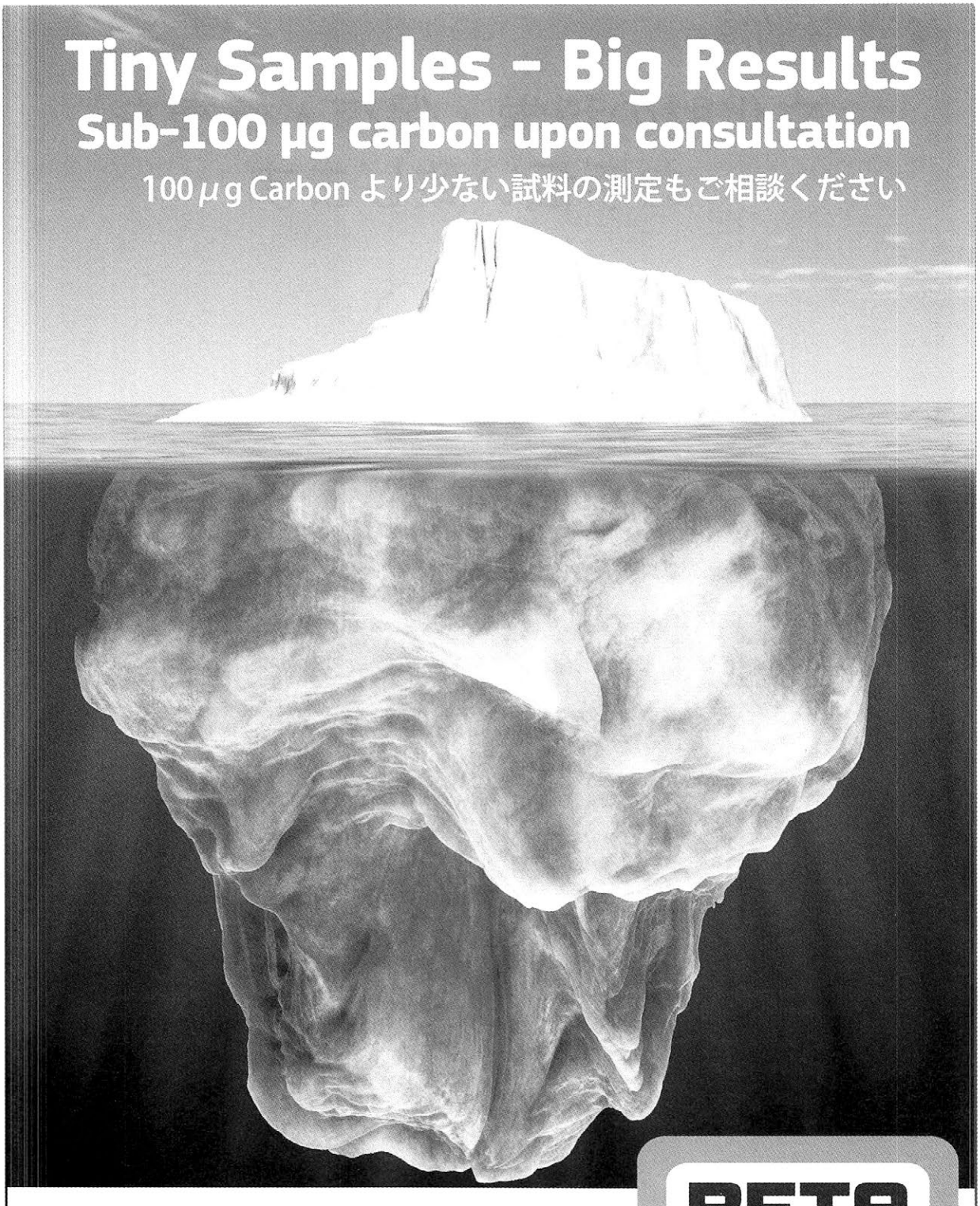
〒632-0073 奈良県天理市田町４４７番地
Call：0743-84-6400　Fax：0743-84-6400
E-mail：bunkaken-nara@kxa.biglobe.ne.jp
ＨＰ：http://www.bunkaken-nara.com

MITSUWA
FRONTECH

文化財の科学・保存・修復を
お手伝い致します

株式会社 三ツワフロンテック
http://www.mitsuwa.co.jp
〒530-0041 大阪市北区天神橋3-6-24　TEL/06(6351)9677　FAX/06(6351)9699

企業
広告



Beta Analytic
日本総代理店　株式会社 地球科学研究所
www.radiocarbon.jp sumi@radiocarbon.jp

BETA
RADIOCARBON DATING
Consistent accuracy
Delivered on time

The 53rd
J.S.S.S.C.P
Congress
NARA 2016

日本文化財科学会第 33 回大会研究発表要旨集

発行：2016 年 6 月 4 日
編集：日本文化財科学会第 33 回大会実行委員会

日本文化財科学会第 33 回大会事務局
（奈良大学文学部文化財学科　魚島研究室）
住所：〒631-8502　奈良県奈良市山陵町 1500
電話：0742-41-9548　　Fax：0742-41-9548

制作：共同精版印刷株式会社

大会実行委員名簿

実行委員長　今津節生（奈良大学）

実行委員　青木智史（天理大学附属天理参考館）、伊藤幸司（大阪文化財研究所）、
魚島純一（奈良大学）、尾崎　誠（元興寺文化財研究所）、
大賀克彦（奈良女子大学）、小林青樹（奈良大学）、田村朋美（奈良文化財研究所）、
鳥越俊行（奈良国立博物館）、中村力也（宮内庁正倉院事務所）、
橋本英将（天理大学）、水野敏典（奈良県立橿原考古学研究所）、
柳田明進（奈良県立橿原考古学研究所）、山田哲也（元興寺文化財研究所）、
脇谷草一郎（奈良文化財研究所）