

日本文化財科学会第22回大会

研究発表要旨集

2005年7月9日(土)・10日(日)

北海道大学

日本文化財科学会

日本文化財科学会第22回大会・2005年度総会日程

日時：2005年7月9日・10日

会場：北海道大学高等教育機能開発総合センター
(札幌市北区北17条西8丁目)

総会：大講堂

口頭発表：大講堂・N2講義室

ポスターセッション：エントランスホール

機器展示・図書販売：N1・N2講義室前

懇親会：学生食堂「はるにれ」

日本文化財科学会第22回大会・2005年度総会日程表

A会場(大講堂)		B会場(N2講義室)		
1日目	9:30-9:40	開会あいさつ(日本文化財科学会会長:水野正好、第22回大会実行委員長:小笠原正明)		
	9:40-12:00	研究発表(年代測定[1]) (1)~(7)	研究発表(材質・技法) (29)~(35)	
	12:00-13:00 昼休み			
	13:00-14:30	特別講演(小笠原正明) 特別講演関連研究発表(8)~(9)		
	14:30-15:30 ポスターセッション・アワー(説明)			
	15:30-17:30	研究発表(産地同定) (10)~(15)	15:30-17:30	研究発表(文化財科学一般[1]) (36)~(41)
	9:00-10:40	研究発表(年代測定[2]) (16)~(20) 総会	9:00-11:00	研究発表(文化財科学一般[2]) (42)~(47)
	11:00-12:00			
	12:00-13:00 昼休み			
	2日目	13:00-14:30	特別講演(福田正己・三浦定俊) 特別講演関連研究発表(21)~(22)	
14:30-15:30 ポスターセッション・アワー(説明)				
15:30-17:30	研究発表(保存科学) (23)~(28)	15:30-17:30	研究発表(古環境) (48)~(53)	

研究発表要旨目次

口頭発表

A会場(大講堂)第1日目				
[年代測定(1)]				
1	9:40-10:00	伊藤茂、小林藍一、丹生越子、山形秀樹、Zaur Lomatidze、Ineza Jorjoliani、中村賢太郎、鈴木信、酒井秀治	同一遺構から出土した炭化クルミのAMS年代測定値の評価	2頁
2	10:00-10:20	小林謙一、今村峯雄、坂本稔、西本豊弘、殷楽博巳、小林育樹、松崎浩之	東日本縄文晩期の ¹⁴ C年代測定	4頁
3	10:20-10:40	今村峯雄、藤尾慎一郎、春成秀爾、坂本稔、小林謙一、西本豊弘	弥生開始期の時代について	6頁
4	10:40-11:00	坂本稔、小林謙一、今村峯雄、松崎浩之、西田茂	土器付着炭化物に見られる海洋リザーバー効果	8頁
5	11:00-11:20	中村俊夫、奥野充、今村峯雄、坂本稔、小田寛貴、光谷拓実、木村勝彦	¹⁴ Cウイグルマッチングによる樹木年輪年代の決定	10頁
6	11:20-11:40	國木田大、吉田邦夫、宮崎ゆみ子、斎藤慶太、松崎浩之、伊藤慎二、小林達雄、藤本強、A. グズネツォフ、A. クルビャンコ、A. タバレフ	遺跡の時間情報の解読(I)-沿海地方の遺跡-	12頁
7	11:40-12:00	大森貴之、渥美晋、保倉明子、中井泉、小田寛貴、中村俊夫、松村公仁、嶋野光、鈴木亮、小林利行、柴田康行	カマン・カレホック遺跡IV層(前期青銅器時代)出土土器の ¹⁴ C年代測定-微量植物炭化物のフッ酸処理抽出法の検討-	14頁
特別講演1	13:00-13:50	小笠原正明	化学分析による遺跡出土アスファルト等の産地推定	18頁
8 (特別講演関連)	13:50-14:10	原奈々絵、小笠原正明	テルペン類のGC-MS分析による北日本遺跡出土の琥珀の分類	22頁
9 (特別講演関連)	14:10-14:30	青野友哉	縄文晩期~続縄文時代の琥珀製玉類の流通	24頁
[産地同定]				
10	15:30-15:50	南武志、豊透秋、田口尚、小林幸雄、今津節生	北海道産朱鉱石のイオウ同位体比分布と遺跡朱について	26頁
11	15:50-16:10	三辻利一、越田賢一郎、上野秀一	北海道、東北北部地域の須恵器の産地問題	28頁
12	16:10-16:30	井上隆、豊原照司、松村愼文	北海道の原産地黒曜石の蛍光X線(XRF)による岩石学的分類	30頁
13	16:30-16:50	吉谷昭彦、セルゲイ・スローボーディン、友田哲弘	ロシア・極東東部地域の旧石器遺跡から出土した黒曜岩	32頁
14	16:50-17:10	藤則雄	龍登・加賀の縄文時代遺跡出土石器の異地性石材の産地同定—北陸における石器石材解析に基づく原始時代の交易に関する基礎的研究(1)—	34頁
15	17:10-17:30	平尾良光、淀川奈緒子、渡辺智恵美、谷水雅治、比佐陽一郎	鉛同位体比から見た青銅製鋤先	36頁

A会場(大講堂)第2日目				
[年代測定(2)]				
16	9:00-9:20	橋本哲夫、八幡崇、野村幸子	放射線誘起ルミネッセンス年代測定法におけるいくつかの問題点	38頁
17	9:20-9:40	中田裕子、橋本哲夫	焼成考古遺物の放射線誘起ルミネッセンス年代測定	40頁
18	9:40-10:00	長友恒人、下岡順直、大西香葉、李鮮鏞	韓国臨津江・漢灘江流域溶岩台地のルミネッセンス年代測定と旧石器遺跡の形成史復原の試み	42頁
19	10:00-10:20	金井友理、酒井英男、伊藤孝、奥村晃史、栗田泰夫	トルコ・北アナトリア断層周辺の焼土遺構における考古地磁気研究	44頁
20	10:20-10:40	内田悦生、須田千幸、上野晃世、下田一太、中川武	石材の特徴および木炭の放射性炭素年代測定に基づくアンコール遺跡プラサート・スーブラの建造年代の推定	46頁

特別講演 2	13:00-13:50	福田正己・三浦定俊	寒冷地域の屋外遺跡の保存—環境制御による保存法—	50頁
21 (特別講演 演関連)	13:50-14:10	三浦定俊、赤松俊祐、木川りか、佐野千絵、石崎武志、杉山純多	高松塚古墳における30年間の気温変動と石室内環境	54頁
22 (特別講演 演関連)	14:10-14:30	西浦忠輝、村上裕道・福田正己	寒冷地における石造文化財の劣化と保存処理—重文・旧日本郵船小樽支店—	56頁
[保存科学]				
23	15:30-15:50	脇谷草一郎、高妻洋成、肥塚隆保	石造文化財の保存処理による溶出成分の変化に関する研究	58頁
24	15:50-16:10	片岡太郎、栗本康司、高妻洋成	リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理 I —劣化状態の異なる出土木材へのリグノフェノールの吸着とその強度特性—	60頁
25	16:10-16:30	田村朋美、浦奈穂美、高妻洋成、脇谷草一郎、肥塚隆保	石造建造物の保存科学的研究—アンコール遺跡(西トップ寺院)の保存に向けて—	62頁
26	16:30-16:50	手代木美穂、鎌田精造、松井敏也、米村祥央、松田泰典	地域環境を考慮した持続可能な文化遺産保存・活用活動の可能性(1)～岩手県大槌町大槌代官所跡水浸出土木製遺物を例として～	64頁
27	16:50-17:10	西山要一、中村晋也、島津功、竹原弘展、北森さやか、林園郎、島田守、森田拓馬、峠美穂	レバノン共和国ティール郊外ラマリ地区壁画地下墓TJ04の保存環境-2004年度調査の成果	66頁
28	17:10-17:30	平井昭司、越智泰之	煎茶処理した古い鉄釘の再利用	68頁

B会場(N2講義室)第1日目				
[材質・技法]				
29	9:40-10:00	橋本英将、塚本敏夫、椎田直見、井上美知子	エミシの大刀とヤマトの大刀—材質・技法・デザインの比較からみる地域間交渉—	70頁
30	10:00-10:20	加藤晃一、野沢悠子、小笠原正明	ウルシ塗膜片のマイクロ構造	72頁
31	10:20-10:40	藤沢敦、大賀克彦、田村朋美、肥塚隆保	GR法・AR法を活用した東北北部出土ガラス玉の考古学的研究	74頁
32	10:40-11:00	白石圭代、中井泉、阿部善也、矢野良子	カマン・カレホック遺跡出土黒色超硬研土器の黒色表面の起源について	76頁
33	11:00-11:20	比佐陽一郎、今西寿光、塚本敏夫、椎田直見、池ノ上宏	錫で装飾された古墳時代の環頭太刀-福岡県福津市勝浦高塚出土資料の保存科学的調査-	78頁
34	11:20-11:40	岡田文男、阪口英毅、森下草司、吉井秀夫、上原真人	紫金山古墳から出土した赤色顔料に含まれるでんぶん粒粒子について	80頁
35	11:40-12:00	福田さよ子	出土炭化材の反射率測定	82頁
[文化財科学一般(1)]				
36	15:30-15:50	小杉康、橋本雄一、阿部哲史、中田賢、太田克美	GISと三次元計測を用いた遺跡データの管理と遺跡化過程の復元—北海道伊達市有珠6遺跡を例として—	84頁
37	15:50-16:10	河角龍典、矢野桂司、塚本章宏、磯田弦、高瀬裕、佐古愛己	GISおよびVR技術を用いた平安京の景観復原	86頁
38	16:10-16:30	福井亘、魚津知克、井上知香	GISを活用した多田銀銅山遺跡分布調査	88頁
39	16:30-16:50	藤本悠、田中浩也、泉拓良	レバノン・ティール遺跡における遺跡空間の表現手法に関する研究	90頁
40	16:50-17:10	塚本敏夫、岡本一志、金谷一郎、三好祐樹、亀井宏行	遺跡の3Dデジタルアーカイブと発掘現場でのリアルタイム3Dデジタル形状計測-エジプト西方砂漠ハルガオアシスにあるアルザヤーン神殿西遺跡の調査を中心として-	92頁
41	17:10-17:30	張 大石、米村祥央、松田 泰典、岡本篤志	地理情報システム(GIS)による地域文化財の保存活用—山形県に残る日本最古の石鳥居と地域空間との相関	94頁

B会場(N2講義室)第2日目				
[文化財科学一般(2)]				
42	9:00-9:20	志村史夫、原田正和、小林章男	歴史的な文化財建築の屋根瓦の白華現象	96頁
43	9:20-9:40	細野高啓、内田悦生、須田千幸、上野晃世、中川武	カンボジアのアンコール遺跡における砂岩材の塩類風化プロセス:硫黄・ストロンチウム同位体を用いた塩類起源物質の確定	98頁
44	9:40-10:00	岸田徹、酒井英男、白石典之、加藤晋平	モンゴル・アウラガ遺跡の地中レーダ探査による研究と焼飯遺構の検討	100頁

45	10:00-10:20	朽津信明、増田智仁、猪狩壮文、池内克史、三橋徹、松戸堅治	スペクトル計測に基づく王塚古墳壁画の任意光源下での色再現	102頁
46	10:20-10:40	横田勝、清水康二、三船温尚、野瀬正照、宮原晋一、菅谷文樹、何堂坤	中国古代鉄鏡の材料科学と製造法に関する調査・研究	104頁
47	10:40-11:00	津村宏臣、二神葉子	デジタル写真計測と画像解析による文化財建造物のアーカイブと形状解析-タイ・マハタート寺院煉瓦建造物劣化マッピング-	106頁
[古環境]				
48	15:30-15:50	富岡直人、仙庭伸久	石狩低地帯における先史時代遺物の研究	108頁
49	15:50-16:10	西田泰民、阿部千春	遺跡土壌中の残存デンプン粒について	110頁
50	16:10-16:30	渡邊陽子、佐野雄三、守屋豊人	炭化材樹種同定からみた縄文時代前半竪穴住居での木材利用	112頁
51	16:30-16:50	添田雄二、七山太、熊崎農夫博、山田悟郎、赤松守雄	北海道東部厚岸町史跡因泰寺跡に発見された縄文時代～アイヌ文化期までの8回の巨大地震津波の痕跡	114頁
52	16:50-17:10	柴内佐知子、力武卓治、佐藤洋一郎	福岡市雀居遺跡から出土したイネ遺存体の年代測定およびDNA分析	116頁
53	17:10-17:30	金原正明、福富恵津子、金原正子、鳥取県埋蔵文化財センター	糞石の基礎的研究	118頁

ポスター発表

[年代測定]ポスター発表				
P1	中村和之・小田寛貴・本庄かや子	蝦夷館の ¹⁴ C年代測定		122頁
P2	本庄かや子・瀬川拓郎・小田寛貴・中田裕香・澤井 玄・中村和之・竹内 孝・中村俊夫	縄文時代の遺跡から出土した遺物の ¹⁴ C年代測定—旭川市の縄文遺跡から出土した土器の付着炭化物を中心に—		124頁
P3	小田寛貴・江波大樹・中村和之・竹内 孝・中村俊夫	加速器質量分析法による函館市鉄山遺跡鉄滓資料の ¹⁴ C年代測定		126頁
P4	今村豪雄・小林謙一・新免歳晴・谷山雅彦	岡山県・鬼ノ城出土木材の ¹⁴ C年代測定		128頁
P5	尾崎大真・坂本 穂・今村豪雄・中村俊夫・光谷拓実	日本産樹木による縄文・弥生境界期の炭素14年代較正曲線の作成		130頁
P6	瀧美 普・米田 稔・柴田康行・中井 泉	中央アナトリア・カマンカレホックにおける焼土層中の炭化物を用いた ¹⁴ C年代測定(AMS法)および人類の生活環境復元のための基礎研究		132頁
P7	伊庭 毅・橋本哲夫・小林謙一	考古遺物としての焼石からの抽出石英・長石によるルミネッセンス年代測定		134頁
P8	長友恒人・西村誠治・下岡順直	給源テフラの年代を考慮した金取遺跡遺物出土層の年代測定		136頁
P9	松浦秀治・近藤 憲	帝釈観音堂洞窟遺跡出土哺乳動物骨の多元素分析—古人類化石の出土層準・年代判定に関する基礎的研究—		138頁
P10	青木智史・長友恒人・木立雅朗	TL法による法蔵寺鳴滝乾山窯址の年代推定		140頁
P11	星野安治・光谷拓実	日本産ブナを用いた年輪年代学的基礎研究		142頁
[古環境]ポスター発表				
P12	添田雄二・七山 太	釧路市春探湖の沖積コア中に認められた急激な珪藻遺骸群集の変化と先史・歴史時代に発生した巨大地震津波との関係		144頁
P13	鈴木 茂・藤根 久・小杉 康・鈴木正章・パレオラボAMS年代測定グループ・中村賢太郎	有珠6遺跡周辺の古環境の様相		146頁
P14	谷村 彰・富岡直人・小杉 康	有珠6遺跡におけるマガキ貝殻成長線分析		148頁
P15	高倉 純・守屋豊人	北海道大学構内における地形発達と縄文・縄文遺跡の立地		150頁
P16	宇田津徹朗・藤田真一	縄文時代の稲作伝播とその広がりに関する実証的調査研究(I)—プラント・オパール分析からみた北部九州における縄文後晩期の稲作の広がり—		152頁
P17	竹野真一郎・金原正明・寺澤 薫・橋本輝彦	珪藻分析からみた古墳周縁の環境変遷		154頁
P18	上中央子・大庭重信	長原遺跡02-8区調査における鳥状遺構の花粉分析および種実同定—古環境の変遷と古代農作物について—		156頁
P19	松田順一郎・井上智博	風倒木痕とは似て非なる古地震痕跡—大阪府豊良郡条里遺跡の例		158頁
P20	趙 哲済・小倉徹也	遺物の層位擾乱をもたらす割れ目の基礎研究—道北地域の割れ目痕について—		160頁

P21	東 央・金原正明・深澤芳樹	古代奈良盆地における森林変遷と土地制度の対比	162頁
P22	花森功仁子・望月峰子・大角信介・佐藤洋一郎	DNA分析に基づく縄文時代のクリの多様性	164頁
P23	今田景子・南川雅男・松井 章	遺跡土壌中の有機分子マーカーによる施肥行為の判別について 1:上福島中町遺跡(江戸時代)	166頁
P24	松下剛士・南川雅男	遺跡土壌中の有機分子マーカーによる施肥行為の判別について 2:群馬県高原地Ⅰ遺跡(古墳時代)	168頁
P25	南川雅男・松下剛士	遺跡土壌中の有機分子マーカーによる施肥行為の判別について 3:群馬県中郷・田尻遺跡(古墳時代)	170頁
P26	金原美奈子・金原正明・宮田 剛、鳥取県埋蔵文化財センター	弥生時代出土炭化種実類の検討	172頁
P27	辻本裕也・中塚 良・梅本康広・中島信親・山口 均・(財)向日市埋蔵文化財センター	長岡京時代の植生条件と人間活動—長岡京跡古環境分析の成果と課題—	174頁
P28	瀧川 渉・杉本陽亮・小島朋夏・栗澤光男	埋葬古人骨に伴う植物残滓の意味	176頁
P29	辻 康男・井上智博	弥生時代後期末～古墳時代初頭の堅穴種物跡の形成および埋没過程に関する土壌微細形態学的検討—大阪府寶良郡糸里遺跡での事例—	178頁
P30	須永薫子・坂上寛一	畑遺構土壌の農耕地としての評価法に関して(第3報)—土壌物理性に関する適応事例と詳細な検討—	180頁
P31	増田隆一・田村俊之・高橋 理	美箇岩陰ヒグマの古代DNA分析とクマ送り儀礼に関する考察	182頁

[材質・技法]ポスター発表

P32	藤井裕之	木質古文化財に残る「刃こぼれ痕」について(2)	184頁
P33	杉山真二	浅間Bテフラ(1108年)直下で広域に認められる放棄水田の自然科学分析	186頁
P34	降旗順子・大賀克彦・肥塚陸保	古墳時代出土「土玉」の材質分析	188頁
P35	奥山誠義	福島県内出土赤彩土器顔料の基礎的研究	190頁
P36	須田富士子	東北南部珪質頁岩の溶出イオンと石器の風化過程に関する一考察	192頁
P37	福田 誠・永田勝久・平尾良光	鎌倉大仏出土遺物の化学組成分析	194頁
P38	佐々木良子・佐藤昌憲・土橋理子・佐々木健	シルクロード交流館所蔵コプト織断片の化学分析	196頁
P39	橋本俊範	蛍光X線分析法による寛永通寶の研究	198頁
P40	西野摩耶・上条朝宏・佐藤雅一・桂石 徹	新潟県中越地域における縄文時代中期のベンガラ採集・消費形態に関する基礎的研究—遺跡出土ベンガラと遺跡周辺採集ベンガラの比較—	200頁
P41	小館昭子・手代木美穂・松井敏也・松田泰典・鎌田精造	大槌代官所跡遺跡出土漆器の調査～クロスセクション観察による製作技法の検討～	202頁
P42	早川泰弘・佐野千絵・三浦定俊・内田篤典	尾形光琳筆 紅白梅図屏風のX線調査	204頁
P43	渋谷綾子・Peter J. Matthews・鈴木忠司	Residues of starchy tissues on stone artefacts in Japan	206頁
P44	新免盛靖・水本和美・二宮修治	三楽園焼交趾釉の自然科学的研究	208頁
P45	佐藤昌憲・佐々木良子	遺跡出土琥珀の顕微赤外分析に関する問題点	210頁
P46	片多雅樹・比佐陽一郎	福岡市長垂山7号墳出土三尾鉄の調査～羽毛痕の可能性について～	212頁
P47	武田昭子・赤沼英男・土谷信高	近世出土塗装資料の製作技法の研究(2)	214頁
P48	中川映理・保倉明子・中井 泉・真道洋子・川床睦夫	エジプト出土イスラム陶器の白色釉薬に関する化学的研究	216頁
P49	塚本敏夫・橋本英将・諫早直人・田中由理・中村栄順	東アジアの初期馬具における棒鋼加工技術の多様性に関する復元的研究—初期の轡における振り・巻き技法を中心として—	218頁
P50	山岡奈美恵・井上美知子	出土金属製品に付着する有機質の自然科学的調査～刀剣類を中心に～	220頁
P51	岡田文男・阪口英毅・森下章司・吉井秀夫・上原真人	紫金山古墳から出土した有機質遺物の調査	222頁
P52	小林 啓・佐竹桂一・佐藤庄一・大山幹成・松井敏也	山形県における遺跡出土木製遺物の用材傾向—梅野木前1遺跡出土木製遺物を対象として—	224頁
P53	手代木美穂・松田泰典・佐藤昌憲	東北地方古墳出土の金属製品に付着した繊維片の調査	226頁
P54	瀬戸谷皓・伊藤幸司	豊岡市妙楽寺出土密教法具の材質と製作技法	228頁

P55	津村宏臣	打製石器剥離面のDCM取得と3次元形状解析による剥離動作評価—「技法」の整理と「テクノコンプレックス」の解体・再評価に向けて—	230頁
P56	内田俊秀・江南和幸・河野益近・比佐陽一郎	日本の中世における銅製品の化学組成の特徴	232頁
P57	成瀬正和	正倉院宝物における銅化合物系緑色顔料	234頁
P58	武田昭子・赤沼英男・土谷信高・出穂雅実・及川 司	札幌K501遺跡、柳の御所遺跡出土漆器の製作技法の研究	236頁
P59	小林幸雄	北海道縄文時代後・晩期における彩色土器の技術	238頁
P60	植田直見・杉本和江・笹川龍一・渡邊淳子・渡邊博史	善通寺市菊塚古墳出土土器類の科学的調査	240頁
P61	田口 尚・小林幸雄・阿部千春・坪井睦美・高津洋成	北海道の縄文時代遺跡から出土した赤色漆塗系状製品の構造と材質の検討	242頁
P62	星野智彦・松井敏也・田口 尚・佐藤和雄・小林幸雄・石井淳平	西島松5遺跡出土金属製品に付着した繊維の構造分析	244頁
P63	高橋英樹・江南和幸・河野益近	奈良絵本「志加物語」挿絵の顔料分析から見た江戸初期彩色画の技法について	246頁
P64	中村賢太郎・山崎 健	レプリカ法による骨および骨角器の観察	248頁
P65	加藤慎啓・沢田貴史・保倉明子・中井 泉・真道洋子	ポータブル蛍光X線分析装置によるエジプト・ラーヤ遺跡出土ガラスの考古化学的研究	250頁

[産地同定]ポスター発表

P66	三辻利一・藤原弘明・三浦圭介	五所川原窯跡群の須恵器の化学特性とその伝播	252頁
P67	竹内 孝・中村和之	EPMA装置による土器中に含まれる砂粒の分析—成分分析と画像解析を用いた産地同定法—	254頁
P68	高橋 豊・佐野貴司	蛍光X線分析による九州地方産出黒曜石・ガラス質安山岩の石器素材供給源の区分と産地同定	256頁
P69	藁科哲男	石器・玉類の原産地分析(21)	258頁
P70	長井雅史・鈴木尚史・平野公平・柴田 徹・杉原重夫	関東周辺及び西日本で産出するガラス質安山岩の波長分散型蛍光X線分析装置による全岩定量分析	260頁
P71	渡辺圭太・鈴木正男・望月明彦・鶴丸俊明	黒曜石の産地推定と測定方法間比較(特に北海道の黒曜石を用いて)	262頁
P72	小野哲也・赤沼英男	中世・近世鉄鋼の型式と鉄成分組成による製作地の推定	264頁
P73	新藤智子・中井弥生・福岡孝昭・杉原重夫	LA/ICP-MS分析による黒曜石原石の微量元素定量分析—黒曜石石器産地同定を目的として—	266頁
P74	羽場克晃・金原正明・高田秀樹	石川県真脇遺跡出土土器の石材同定と産地の再検討	268頁
P75	中園 聡・三辻利一・川宿田好見・河越彩子・黒木梨絵・鐘ヶ江賢二・仁田坂聡	西北九州弥生土器の蛍光X線分析	270頁
P76	中園 聡・三辻利一・河越彩子・川宿田好見・大濱春代・渋谷 裕	蛍光X線分析を応用した弥生時代壘墓の研究	272頁
P77	川宿田好見・鐘ヶ江賢二・中園 聡・三辻利一	胎土分析による縄文土器型式の検討	274頁
P78	黒木梨絵・中園 聡・三辻利一	弥生前期・中期の胎土と系統	276頁
P79	植田直見・武田 修	北海道常呂川河口遺跡出土琥珀の産地同定	278頁

[保存科学]ポスター発表

P80	渡辺淑恵・松井敏也・大山幹成・松田泰典	発掘現場における水浸出土木材のFirst Aid2—水浸出土木材の乾燥メカニズム—	280頁
P81	宮野則彦・宮野秋彦	飛騨国府安国寺経蔵の温湿度環境調整機能	282頁
P82	三石正一・坂井 勝・取手伸夫・宮崎 毅・溝口 勝	2次元土中水分・塩分移動予測用プログラムを用いたポリシロキサン散布後の土中水分移動シミュレーション	284頁
P83	西山要一・峠美穂	大気汚染が文化財に与える影響—樹木林の大気汚染防衛効果とその活用—	286頁
P84	西山要一・林 國郎・西山正吾	熱伝導率による無機造形物の劣化度の定量的評価(4)—レバノン国ティール市郊外地下墓の劣化度の“その場”測定—	288頁
P85	肥塚陸保・高妻洋成・脇谷草一郎・浦奈穂美・沢田正昭	イースター島モアイ石像の保存科学的研究	290頁
P86	森井順之・是澤紀子・川野辺渉・島津美子・洗 正基	飯島神社における丹塗柱退色現象と柱内水分量の相関	292頁
P87	松井敏也・手代木美穂・松田泰典・川向聖子	繊維や漆が付着した保存処理済み鉄製遺物の再脱塩処理方法の検討	294頁

P88	三浦定俊・佐野千絵・犬塚将英・吉田直人・木川りか・石崎武志・森井順之・山本配子・加藤雅人・早川典子・川野邊渉・青木繁夫・村上陸・高妻洋成・降幡順子・肥塚隆保	「特別史跡キトラ古墳」壁画の保存と管理-仮設保護覆屋の設置と環境モニタリング	296頁
P89	佐野千絵・木川りか・吉田直人・犬塚将英・山本配子・加藤雅人・早川典子・青木繁夫・村上陸・高妻洋成・降幡順子・肥塚隆保・三浦定俊	「特別史跡キトラ古墳」壁画の保存と管理-キトラ古墳石室等における生物被害とその対処	298頁
P90	犬塚将英・石崎武志	古墳石室内における温度・湿度制御のための基礎研究	300頁
P91	高見雅三・石崎武志	北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査(その2)	302頁
P92	川本耕三・石井里佳・中越正子・江野朋子・中村晋也	薬剤含浸処理した資料の接着の力学的研究(4)	304頁
P93	井上美知子・植田直見・伊藤健司・藤田浩明・赤田昌倫	収縮・変形した出土木製遺物の形状回復に関する研究-その1-PEG含浸法による出土木材の変形挙動-	306頁
P94	藤沢 敦・千葉直美・柴田恵子・松井敏也・手代木美穂・川向聖子	岩手県山田町厨の沢古墳群の保存処理済み鉄製遺物の再処理	308頁
P95	石崎武志・犬塚将英・三村 衛	高松塚古墳の墳丘部の土質および水分分布調査	310頁
P96	木川りか・Tom Strang・Gregory Young	燻蒸剤等各種殺虫処理が標本のタンパク質に及ぼす影響	312頁
P97	古谷太慈・石塚武志	土壁の吸放湿特性に関する実験的研究	314頁
P98	山岡奈美恵・川本耕三・江野朋子	金属製品保存処理材料の劣化の研究	316頁
P99	松島朝秀・三浦定俊	透過X線撮影におけるFCRとフィルムの濃度特性の比較	318頁
P100	池ノ上宏・比佐陽一郎・今西寿光・越野恵子	銅で装飾された古墳時代の環頭大刀に対して行なった保存処理-福岡県福津市勝浦高塚遺跡出土資料の事例-	320頁
P101	小林幸雄	博物館収蔵庫の温湿度環境	322頁
P102	伊藤健司・植田直見・市川一秋	福島県須賀川市(旧長沼町)長沼南古館出土木製品の保存処理後の現状	324頁
P103	田口 尚・阿部千春・福田裕二・小林貢・坪井隆美・輪島慎二・高津洋成	火災により焼損した遺物および諸記録類の回収・洗浄・保存処理	326頁

[文化財科学一般]ポスター発表

P104	熊谷和博・保倉明子・中井 泉	大型考古資料のその場分析のためのエネルギー分散型ポータブル粉末X線回折装置の開発	328頁
P105	塚本敏夫・尼子奈美江・藤井章徳・菅野成則・高畑富子	分離可動型支持台と復元複製パーツを組み合わせた甲冑の復元と展示	330頁
P106	津村宏臣・建石 徹・小林謙一・西本豊弘	遺跡立地分布の計量評価とのGISによるPredictive Modeling-武蔵野台地東部・縄文時代集落を対象として-	332頁
P107	堀内晶子・黒澤こずえ	縄文土器に残留したステロールの分析(2):浅鉢と深鉢の比較	334頁
P108	宮野秋彦・赤沼英男・若木和雄	寒冷地に建つRC造博物館の環境設計に関する問題点	336頁
P109	朽津信明	古代地方寺院の外装塗装の色について	338頁
P110	阿児雄之・Pasomphone Hemtavy・四谷優介・亀井宏行	考古学研究支援システム“ARCADIA”の構築	340頁
P111	高津洋成・脇谷草一郎・降幡順子・肥塚隆保	レーザーラマン分光分析法による考古資料の非破壊的調査	342頁
P112	村田忠繁	修復された紙の強度変化	344頁
P113	村本周三・高田和徳・中村明央	御所野遺跡における竪穴住居焼却実験について	346頁
P114	田村晃一・高瀬尚人・福田信夫	表面波探査による基壇跡の地盤特性の把握	348頁
P115	柴崎亮介・中川雅史・山田 修・佐々木広泰・泉 拓良	レバノン・ティール遺跡における三次元計測・表現手法の研究	350頁
P116	吉田直人・三浦定俊	漆工品における藍の分光学的手法による非破壊的検出法	352頁
P117	今津節生・森本国宏・千賀 久・徳田誠志	博物館展示における三次元デジタルアーカイブの活用	354頁
P118	斎藤 努・高塚秀治・宇田川武久	江戸時代の鉄砲の弾速測定	356頁
P119	宇野隆夫	GIS可視領域分析を用いた日本山岳信仰の研究	358頁
P120	矢野雅子・平尾良光・谷水雅治	稻荷谷近世墓地から出土した寛永通寶の鉛同位対比分析	360頁

口 頭 発 表

同一遺構から出土した炭化クルミの AMS 年代測定値の評価

○伊藤茂*、小林紘一*、丹生越子*、山形秀樹*、Zaur Lomtavidze*、
Ineza Jorjoliani*、中村賢太郎*、鈴木信**、酒井秀治**

* (株)パレオ・ラボ、** 北海道埋蔵文化財センター

1. はじめに

近年、加速器を用いた放射性炭素年代測定法の技術開発が進み、より精度の高い測定が小型化した加速器質量分析計で可能となった。(株)パレオ・ラボでは昨年末に加速器質量分析計を導入し、今年初めより実試料の測定を開始している。現在までに約 850 件の未知試料を測定し、質、量ともに順調な運転を行っている。

今回、AMS による放射性炭素年代測定の測定値の妥当性を検討するため、発掘調査所見に基づき同一年代の所産と考えられる複数の試料について測定を行い、得られた年代値について評価を行った。

2. 装置

パレオ・ラボに導入した加速器質量分析計は、米国 NEC 社製 ^{14}C -AMS 専用装置コンパクト AMS : 1.5SDH-1 (以下 CAMS) である。装置は、セシウムスパッター型負イオン源 (装填試料数 40)、逐次入射型電磁石、500kV ペレトロン加速器、分析電磁石、同位元素イオン電流測定ファラデーカップ、球面電極静電デフレクター、 ^{14}C イオン計数用表面障壁型半導体検出器から構成されている。

表 1 に IAEA の各標準試料の標準値と CAMS において測定された測定値の比較を示す。各値は IAEA の標準値と誤差の範囲で非常によく一致している。

表 1 IAEA 標準試料測定結果 (標準:OXII)

Sample	Consensus	measured
	IAEA Std. (pMC)	Paleo Labo Data (pMC)
C-1	0 ± 0.02	0.00 [0.17 ± 0.004]
C-2	41.14 ± 0.03	41.10 ± 0.22
C-3	129.41 ± 0.06	129.78 ± 0.42
C-5	23.05 ± 0.11	23.00 ± 0.17
C-6	150.61 ± 0.11	150.83 ± 0.32
OXII	134.07	134.07 ± 0.20

3. 試料前処理

試料は、蒸留水中で超音波洗浄を行い試料表面の付着物除去した後、塩酸 : 1.2N、水酸化ナトリウム : 1.0N で酸・アルカリ・酸処理を行い、二次汚染炭素物質を除去した。その後、真空ライン中で精製し、 CO_2 化した後、鉄触媒で水素還元し、グラファイトを生成した。

4. 測定試料

今回測定した試料は、北海道江別市対雁 2 遺跡において、縄文時代晩期後葉 (大洞 A 式並行期) の土器が出土する生活面と同じ面より検出された焼土遺構 F-459 および焼土遺構 F-716 から出土した炭化クルミ各 20 点の計 40 点である。なお、F-459 からは半完形を多く含む炭化クルミ約 12 kg、F-716 からは炭化クルミの破片約 1 kg が検出されている。発掘調査により、これらの遺構は短期間で埋没し継続して使用されておらず、一括性が極

めて高いことがわかっている。また、クルミの種実是一年生であることより、同じ遺構から抽出した各 20 点は同じ年代と判断されるものである。

5. 測定結果

表 2、図 1 に ^{14}C 年代の測定結果を示す。図 1 中の実線は平均値、点線は 1σ の範囲を示し、F-459 では 30 年、F-716 では 24 年であった。各 1 点誤差の範囲を超えて外れているものがあるが、 $5\% \chi^2$ 検定を通過しており、それぞれは 1 つの集団と考えることができる。そのため誤差の表示に当たっては統計誤差を用いると、平均値は F-459:BP2479 \pm 15、F-716 : BP2451 \pm 14 となった。

表 2 F-459、F-716 各 20 点の ^{14}C 年代測定結果

F-459				F-716			
^{14}C 年代 (yrBP)				^{14}C 年代 (yrBP)			
2515 \pm 30	2540 \pm 30	2480 \pm 30	2455 \pm 30	2475 \pm 25	2425 \pm 30	2490 \pm 30	2495 \pm 25
2460 \pm 30	2470 \pm 30	2485 \pm 30	2485 \pm 30	2475 \pm 30	2440 \pm 25	2445 \pm 30	2465 \pm 30
2480 \pm 30	2420 \pm 35	2490 \pm 30	2460 \pm 30	2440 \pm 30	2445 \pm 25	2475 \pm 30	2440 \pm 30
2510 \pm 30	2470 \pm 30	2490 \pm 30	2510 \pm 30	2460 \pm 25	2390 \pm 30	2425 \pm 25	2430 \pm 25
2485 \pm 30	2510 \pm 30	2430 \pm 30	2440 \pm 30	2445 \pm 30	2455 \pm 30	2445 \pm 30	2440 \pm 30
平均値 \pm 標準偏差			2479 \pm 30	平均値 \pm 標準偏差			2451 \pm 24
平均値 \pm 統計誤差			2479 \pm 15	平均値 \pm 統計誤差			2451 \pm 14

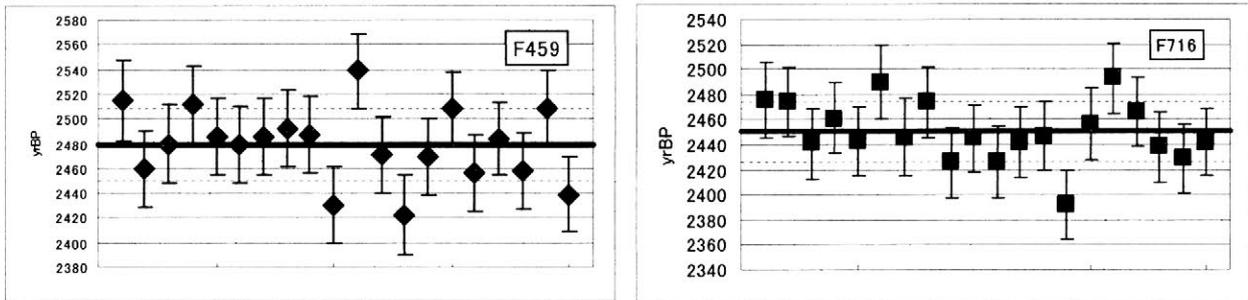


図 1 F-459、F-716 各 20 点の ^{14}C 年代測定結果

6. 評価

今回測定した対雁 2 遺跡の F-459 (生活面 213 面 : BP2470 前後)、F-716 (生活面 167 面 : BP2400~2450) 各遺構から出土した炭化クルミ 20 点について、各 1 点を除いてよく一致した。統計的に 1σ の範囲内となる確率は 68.2%であるため、今回の測定は妥当であると考えられる。これは、同一年のクルミであろうという考古学的な評価とも整合的であり、F-459 より F-716 が新しい点も調査報告と整合している。しかし、このような一括性が高く同一年と考古学的に判断される試料においても、誤差の範囲を超えることは統計的に起こりうることであり、より信頼性の高い年代値を得るためには複数個の試料を測定するもしくは 2σ の範囲を採用することが望ましい。

参考文献

(財) 北海道埋文センター調査報告書第 190 集『江別市対雁 2 遺跡 (4)』2003 年 3 月

東日本縄文晩期の¹⁴C年代測定

○小林謙一*、今村峯雄*、坂本稔*、西本豊弘*、設楽博巳**、小林青樹***、松崎浩之****
 (国立歴史民俗博物館*、駒沢大学**、國學院栃木短期大学***、東京大学****)

国立歴史民俗博物館(以下歴博)を中心としたグループでは、2001年度より縄文時代後期から弥生時代を中心に、土器付着物・漆・遺跡出土炭化物のAMS炭素14年代測定を重ねている。これまでに関東・中部・北陸・東北地方で測定した、縄文時代後期～弥生中期の測定189例から、縄文晩期の大洞諸型式の実年代比定を行う。

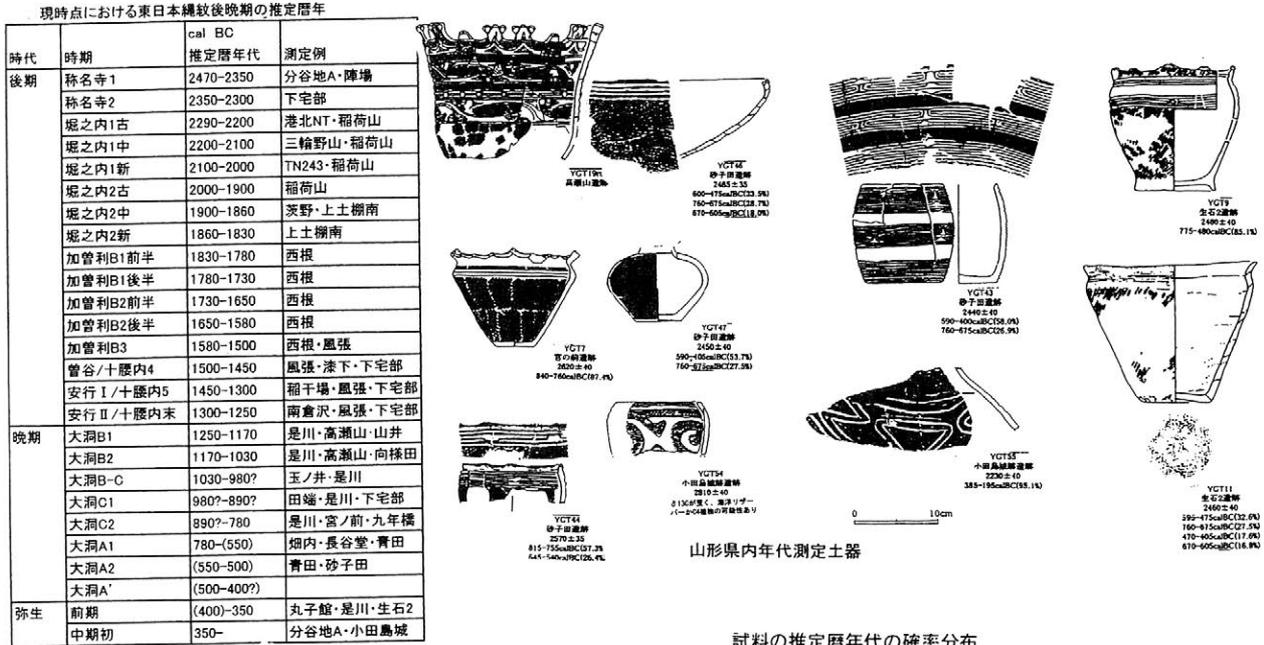
試料の前処理は、歴博年代測定実験室にてAAA処理を行い、試料調製は、ベータアナリティック社委託分を除き、基本的にグラフィイト作成まで歴博にて行った。AMS測定は、東京大学MALTでの測定が多いが、ベータアナリティック社、加速器研究所(株)に委託した分もある。同位体効果補正した炭素14年代は、1標準偏差(1σ)の誤差範囲で示し¹⁴CBPで表記する。暦年較正は、INTCAL04を用い、ベイズ統計解析で95.4%の確率密度まで算出し、cal BCで表す。¹³Cについては、可能な限り安定質量分析計で別に測定しているが、20例程度について、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が-20～24‰の間の値を示し、海洋リザーバー効果により古い年代が出ている可能性がある例が認められる。今回は、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が-25‰より軽いデータを主に扱う。

主な測定対象遺跡は、青森県米内(2)、畑内、是川中居、風張、岩手県山井、長谷堂、九年橋、丸子館、秋田県向井様田A、虫内1、中屋敷Ⅱ、山形県高瀬山、宮ノ前、生石2、砂子田、小田島城、福島県南倉沢、新潟県青田、分谷地A、東京都下宅部各遺跡などである。

これまでの結果から暦年代を推定すると、東北地方の後期末と晩期大洞B1式の境は、紀元前1250年頃、大洞B2式は前1170-1030年頃、大洞BC式は前980年頃までか、大洞C1式は前890年頃までか、大洞C2式は前790か780年までと推定され、弥生前期である砂沢式・青木畑式は前380～350年ころに終わり、弥生中期の測定例は、前350年以降である。この間の前750～400年ころは、「2400年問題」と呼ばれ、炭素濃度の変動が少なく炭素年代よる区分がしにくい時期に当たるため、年代を絞りにくい。青田遺跡などでの測定結果から、大洞A1式末からA2式期にかけての時期は、前550年ころを含むと推定している。今後、ウイグルマッチングによる測定などを行い、暦年代を比定していきたい。

以上、東日本での測定結果からの実年代比定は、西日本での弥生成立期の測定結果と、大きくは矛盾しないが、板付I式期と大洞A1式期とで30年程度のズレも考えられ、さらに蓄積が必要である。水田の普及など弥生文化と縄文文化の500年以上にわたる共存・融合の過程を検討していくためには、さらに年代観を確定していく必要がある。

科学研究費補助金平成13・14・15年度基盤研究(A・1)(一般)「縄文時代・弥生時代の高精度年代体系の構築」(代表 今村峯雄)、2004年度より、平成16年度文部科学省・科学研究費補助金学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア-炭素年代測定による高精度編年体系の構築-」(研究代表 西本豊弘)、および国立歴史民俗博物館平成16年度基盤研究「高精度年代測定法の活用による歴史資料の総合的研究」(研究代表今村峯雄)の成果による。



2001~2004年東日本縄文晩期から移行期

2220	50	47	NGS1-C1	中期III期新
2170	30	46	NGS1-11	中期III期古
2270	30	45	NKW21	今和泉
2280	30	44	NKW22	今和泉
2230	40	43	YGT155	中期初頭
2230	40	43	NGO	中期初頭
2305	35	42	IK42	青木畑~山王3
2305	35	41	IK42	青木畑
2220	40	40	ADH114-2	砂沢併行
2280	40	39	AKT113	青木畑
2330	35	38	IK51	青木畑
2460	40	37	YGT11	砂沢併行
2480	40	36	IK37	砂沢併行
2480	40	35	YGT9	砂沢併行
2480	40	34	NGM951	鳥屋2b式(大洞A)
2500	50	33	NGM75	鳥屋2b式(大洞A)
2550	40	32	NGM261	鳥屋2b式(大洞A)
2680	40	31	NGM1164	鳥屋2b式(大洞A)
2470	40	30	NGM150	鳥屋2b式(大洞A2)
2490	40	29	NGM582	鳥屋2b式(大洞A2)
2440	40	28	YGT43	大洞A2式
2465	35	27	YGT46	大洞A2式
2570	35	26	YGT44	大洞A2式
2535	35	25	IK59	大洞A2式
2520	35	24	IK68	大洞A1式
2590	30	23	IWHS13	大洞A1式
2600	30	22	AD133-BETA	大洞A1式
2660	40	21	IWHS15	大洞A1式
2580	60	20	ADH11-5	大洞C2式
2620	40	19	YGT7	大洞C2式
2720	80	18	ADH10-7	大洞C2式
2810	60	17	ADH29-6	大洞C2式
2730	60	16	TTHS103	安行III d式
2800	40	15	TTHS93	安行III d式
2940	40	14	TTHS84	安行III c式
2850	50	13	TMT51	大洞C1式
2940	40	12	IK66	大洞C1式
3000	35	11	TTHS67	大洞C1式
2850	50	10	ADH14-1	大洞BC式
2940	40	9	YGT17	大洞BC式
3000	35	8	IK70	大洞BC2式
2950	50	7	ADH27	大洞B式
2940	40	6	IWGS-u2	大洞B式
3080	40	5	YGT18	大洞B1式
3120	40	4	YGT19	大洞B1式
3055	40	3	IK41	大洞B1-十腰内末
2950	40	2	AKT65	十腰内5-6
3090	50	1	ADH76	十腰内4

試料の推定暦年代の確率分布

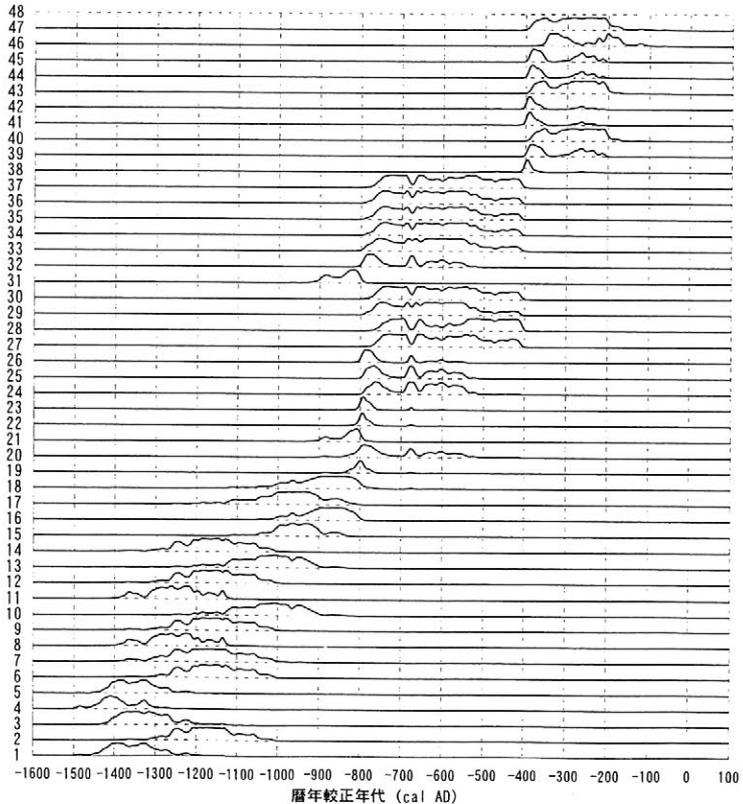


図 INTCAL04による暦年較正確率密度分布(2σの誤差範囲)

(海洋リザーバー効果や試料の不良なもの、同一遺跡・時期で同じ測定値の複数例は除いた。)

弥生開始期の年代について

○今村峯雄、藤尾慎一郎、春成秀爾、坂本稔、小林謙一、西本豊弘

(国立歴史民俗博物館)

国立歴史民俗博物館を中心とした研究グループは、2004年12月初めまでに、縄文後・晩期～古墳前期の九州地方の試料121点、中国（岡山・島根県）、四国（高知・愛媛・香川県）、近畿（兵庫県・大阪府・奈良県・京都府・滋賀県）の試料238点、266例の炭素14年代を測定した。ここでは、西日本のデータを中心に、弥生開始期の実年代を推定する。測定試料は、土器付着物、共伴した炭化材・木材、ドングリ・焼米などの種子、漆などである。

<九州の年代>

山の寺式・夜臼Ⅰ式の測定例は3例と少ないが、前900年代後半から末葉に上限がくる可能性がある。直前段階である縄文時代晩期黒川式新の年代は多数を測定しており前1100-900年に集中する。一方、夜臼Ⅱa式は前800年代、夜臼Ⅱb式・板付Ⅰ式は前800年以降に集中している。前期板付Ⅱ式は、ほぼ2400年問題に重なり、前700年代～400年代のなかでの年代比定は難しい。弥生中期須玖式以降は前300年代より新しい年代であり、板付Ⅱc式～城ノ越式の測定結果は前400～250年の間にくる。

<瀬戸内地方の年代>

香川県林坊城遺跡の沢田式古段階、それよりやや古いか併行する時期に位置づけられている香川県東中筋遺跡、岡山県内の遺跡の津島岡大式土器付着物の測定例は、10例以上を重ねている。2400年問題にかかっているのが年代を絞り込むことは難しいけれども、その前半、すなわち前8～6世紀の間に含まれる可能性が高い。岡山の弥生前期の始まりは、前600年頃が上限の年代である可能性が大きい。

<近畿地方の年代>

弥生前期については、大阪府八尾市木の本遺跡の3点、若江北遺跡のⅠ期古段階のうちの1点および東大阪市瓜生堂遺跡のⅠ期中段階の土器はすべて前775～400年の年代に含まれるが、そのなかでも2400年問題の後半、即ち前550～400年の間に含まれる可能性がもっとも高い。唐古・鍵遺跡の大和Ⅰ-1-a期の土器も同様の年代幅に含まれる。東大阪市水走遺跡のⅠ期古段階とされる1点や、大阪府若江北遺跡の河内Ⅰ-1期の土器付着物のうちの1点は、2400年問題の前半、即ち前550年よりも古い可能性を示している。近畿地方の河内平野における弥生前期の始まりの時期は暫定的には、前750～550年の間にあると考えておきたい。

弥生前期と中期の境は、瀬戸内・河内・大和とも、前380-350年ころである可能性が高い。

今後、縄文晩期から弥生早期、弥生前期から中期の測定数を増していくとともに、年輪資料を用いてウイグルマッチングを行うことで、さらに当該時期の暦年代比定を重ねていきたい。

2001~2004年上半期九州

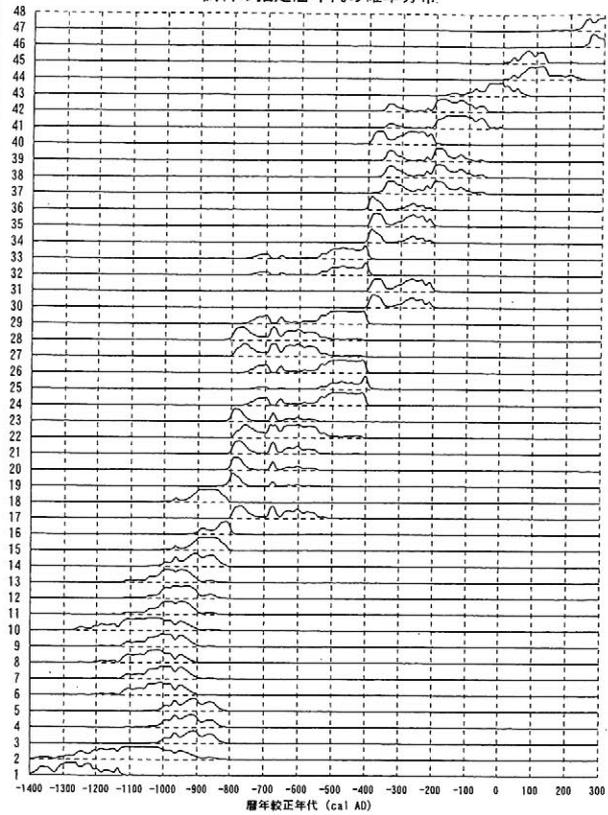
グラフは、¹⁴C年代(1950年を起点とした年代で表記)、測定誤差(1σを表記)、歴博で付した試料番号、考古学的な土器型式、グラフの並び順、確率密度分布の順である。

試料は、上段は九州地方、下段は近畿(河内地方)の測定で、それぞれ下が古く、上が新しい時期を配する。横軸は暦年較正年代で、西暦で表し、紀元前は、-で表記する。左が古く、右が新しい。

確率密度グラフは、各試料について確率密度を計算し、もっとも確率が高い年代を1に標準化してグラフの高さをそろえてある。従って、グラフの高さが高いところが、その試料の較正年代である確率が最も高いことを示すが、その試料の帰属する年代が、最も確率が高い年代に限定されるものではないことを断っておく。

¹⁴ CBP	土	試料番号	型式
1750	30	FJ 553	布留系
1710	30	FJ 558	布留系
1920	30	FJ 542	下大塚古
1900	40	FJ 602	下大塚古
2020	40	FJ 601	高三塚
2130	40	FJ 550	後期
2110	40	FJ 0032	須玖II
2240	40	FJ 545	須玖II新
2150	30	FJ 570	須玖II古
2150	40	FJ 556	須玖II古
2150	40	FJ 537	須玖II古
2290	40	FJ 540	須玖I
2290	40	FJ 584	須玖I
2290	40	FJ 582	須玖I
2390	40	FJ 583	須玖I古
2380	40	FJ 554	須玖I
2250	40	FJ 533	板付IIc
2270	40	FJ 532b	板付IIc
2410	40	FJ 527	板付IIc
2540	50	FJ 81	板付IIb
2520	40	FJ 78	板付IIb
2410	40	FJ 458	板付IIa併行
2370	40	FJ 457	板付IIa併行
2410	40	FJ 452	板付IIa併行
2570	40	FJ 0415	板付I
2510	40	FJ 0074	夜白IIb
2550	40	FJ 0500	夜白IIb
2570	40	FJ 500	夜白IIb
2550	40	FJ 0420	夜白IIb
2720	40	FJ 0408	夜白IIb
2540	40	FJ 0142	夜白IIa
2630	40	FJ 48	夜白I
2730	40	FJ 0408	山ノ寺式
2750	40	FJ 0409	黒川式新
2820	40	FJ 0401	黒川式新
2800	40	FJ 0403	黒川式新
2820	40	FJ 0168	黒川式新
2870	50	FJ 0167	黒川式新
2840	40	FJ 0165*	黒川式新
2860	40	FJ 0159	黒川式新
2840	40	FJ 0151	黒川式新
2850	40	FJ 0149	黒川式新
2770	40	FJ 461	上管生~下高野
2780	40	FJ 460	上管生~下高野
2770	40	FJ 0093	松浜式細線文
2890	80	FJ 0145	新池式相当
3010	40	FJ 0002	黒川式細線文

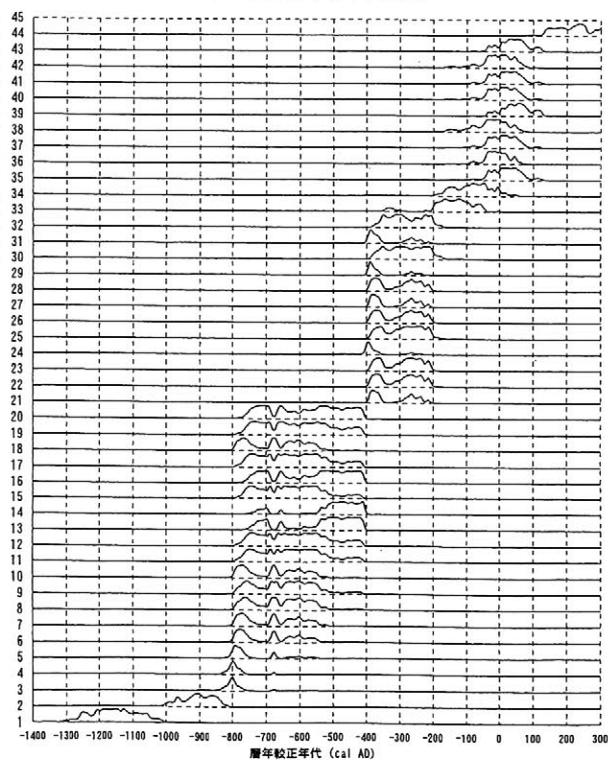
試料の推定暦年代の確率分布



2001~2004年上半期近畿(大阪)

¹⁴ CBP	土	試料番号	型式
1790	40	OSF165	布留II
1950	40	OSF98	VI-3期
2000	40	OSF85	VI-3期
1980	40	OSF117RE	V-3~VI-1期
1990	40	OSF110	V-3~VI-1期
1950	40	OSF109	V-3~VI-1期
2020	40	OSF105	河内V-3
1990	40	OSF103	河内V-3
2010	30	OSF102	河内V-3
1980	40	OSF101	河内V-3
2080	40	OSF90	河内V-0
2115	35	OSF45	河内IIIか
2200	30	OSF40	河内III-1
2290	35	OSF39	河内II-2-3
2210	40	OSF38	河内II-2-3
2295	30	OSF37	河内II-2-3
2250	40	HYM116	II期
2270	30	OSF36	河内II-3
2250	40	OSF35	河内II-3
2230	40	OSF33	河内II-3
2320	40	OSF32	河内II-2
2340	35	OSF26	II-1
2250	40	OSF30	河内II-1
2270	30	OSF23	河内I-4~II-初
2450	40	OSH20	I期末
2470	40	OSF20b	I-3
2530	40	OSF18	河内I-3
2490	40	OSF16	河内I-3
2440	40	OSF12	I-2期
2485	35	OSH6	I-II様式
2410	30	OSKY379	I期古
2430	30	OSKY420	I期古
2480	40	OSF7	河内I-1
2490	40	OSKY385	I期古
2540	40	OSK40	I期古
2510	40	OSH9	真坂
2520	40	OSH33	真坂
2540	40	OSH31	真坂
2550	40	OSH8	真坂
2580	40	HYI172	船塚・口瀬弁
2610	40	HYI174	船塚・口瀬弁
2620	40	OSH5	須賀堂III
2790	40	KYTU14	須賀堂IIb
2940	40	OSH15	晩期初級

試料の推定暦年代の確率分布



土器付着炭化物に見られる海洋リザーバー効果

○坂本 稔^{*}、小林謙一^{*}、今村峯雄^{・**}、松崎浩之^{***}、西田 茂^{****}

^{*}国立歴史民俗博物館、^{**}総合研究大学院大学、^{***}東京大学大学院、^{****}(財)北海道埋蔵文化財センター

1. はじめに

先史時代の土器に付着する炭化物は、型式の比較とも相まって高精度の炭素14年代測定に有効な試料である。国立歴史民俗博物館ではこれまで土器付着炭化物の年代測定を数多くおこない、縄文時代および弥生時代の年代体系の構築に成果を上げてきた（文部科学省科学研究費補助金：13308009、16GS0018など）。

炭素14年代法による年代値は考古学的な所見と慎重に照合し、また多くの場合で同一遺跡から出土した他の試料の年代と一致している。ところが、炭化物がどのような有機物に由来しているかという検証は、これまで必ずしも十分ではなかった。

土器付着炭化物が海洋生物に由来する場合、その炭素14年代は「海洋リザーバー効果」により実際より古くなることがあり、区別されなければならない。北海道で出土した土器の付着炭化物を用い、海洋リザーバー効果を与えうる起源物質について、炭素・窒素比（C/N比）、および安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）などから解釈を試みた。

2. 試料と処理・測定

北檜山町生淵2遺跡は日本海に面する渡島半島の北部に位置し、食材として海洋生物が用いられた可能性がある。また石狩川河川敷に位置する江別市対雁2遺跡は遡上したサケの大規模な加工場と見られ、住居跡が見られない一方で土器集中、焼土などが検出されている。

炭化物は付着位置に注目し、1つの個体の複数箇所からの採取を行った。土器内部の炭化物は食材に由来すると予想されるが、外面の炭化物は燃料材起源、また口縁部には両者が混合した炭化物が存在すると考えられる。

炭化物の一部を昭光通商(株)に送付して炭素、窒素濃度、および安定同位体比の測定を依頼した。国立歴史民俗博物館にて測定試料を調製し、測定は東京大学原子力研究総合センター（現・東京大学大学院工学系研究科）のタンデム加速器施設にて、同様に調製された標準体（NISTシュウ酸）、ブランク（和光純薬炭素）とともに行われた。測定に十分なグラフアイトが得られなかった試料は、米ベータアナリティック社に精製済の二酸化炭素を送付して、AMSによる炭素14年代測定を依頼した。

3. 結果と考察

図1に、遺跡ごとの土器付着炭化物の元素分析の結果を示す。土器外面に付着した炭化物は、内面に付着したものに比べ小さな $\delta^{13}\text{C}$ 値と高いC/N比を示している。この傾向は対雁2遺跡の試料に顕著である。平均的な森林樹木の $\delta^{13}\text{C}$ 値は-25‰とされ、一方で海洋プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ 値は-21‰付近とされている[1]。今回示された土器内面に付着した炭化物の $\delta^{13}\text{C}$ 値の分布も、内容物に海洋生物が用いられたことを示唆するものである。

図2に、遺跡ごとの土器付着炭化物の炭素14年代測定の結果を示す。生淵2遺跡出土の試料は大洞BCからC₂に併行すると考えられるが、いずれもやや古い測定結果が得られている。一方対雁2遺跡出土の試料は大洞A'に併行すると考えられるが、内外面に関わらず3,000 ¹⁴C BP前後に

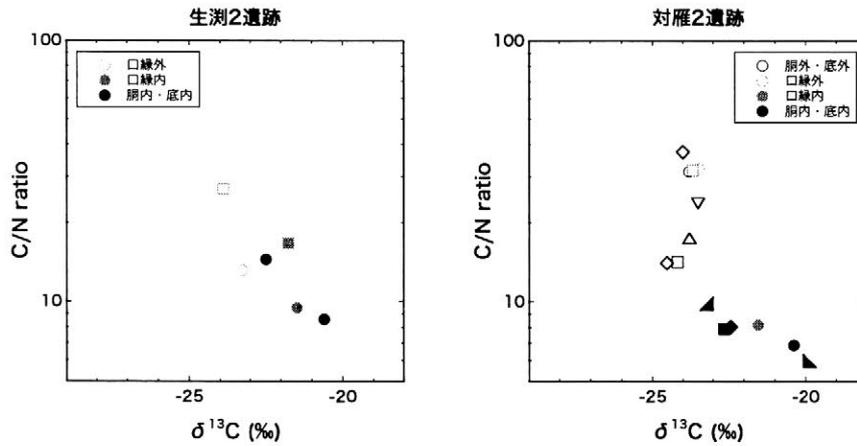


図1 土器附着炭化物の $\delta^{13}\text{C}$ とC/N比との関係。同一シンボルは同一個体からの採取を示す。

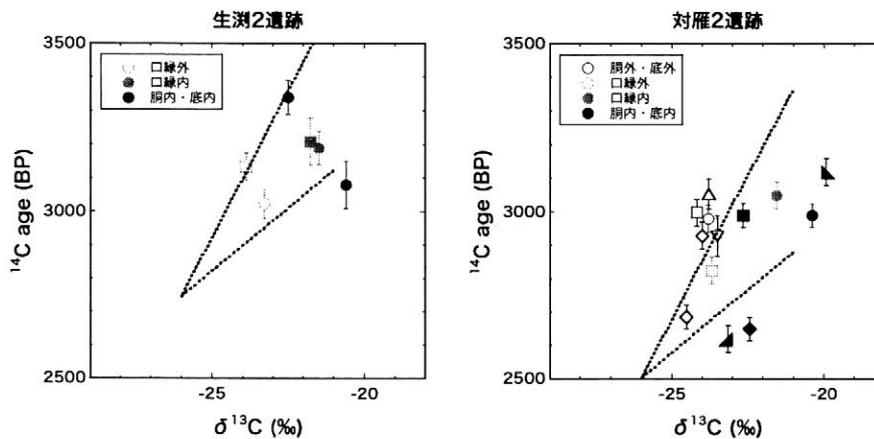


図2 土器附着炭化物の $\delta^{13}\text{C}$ と炭素14年代との関係。図中の破線は海洋リザーバーとの混合曲線を示す。

ことを示している。ところが対雁2遺跡出土の試料のうち、小さい $\delta^{13}\text{C}$ 値と高いC/N比を示した外面の炭化物の多くはこの領域の上方に位置している。このような試料については、C/N比の高い別の成分を想定する必要がある。

生体を構成する有機高分子化合物のうち、脂質は ^{12}C に富む傾向があり、 $\delta^{13}\text{C}$ 値はアミノ酸より最大15‰近く小さいことが報告されている[3]。土器外面に付着した炭化物の起源を海洋生物の脂質に求めれば、C/N比が高く、 $\delta^{13}\text{C}$ 値がやや小さいという傾向と調和する。サケの加工場という遺跡の性格から、周辺にあった脂質の炭化物への吸着、あるいは燃料材に加えられた脂質からの油煙などの可能性が挙げられる。

4. おわりに

土器附着炭化物による高精度の年代測定において、その起源物質の検討は欠かせないものになろう。元素分析や安定同位体測定のみならず、GC/MSなどによる炭化物そのものの同定を進めなければならない。

本報告は日本学術振興会科学研究費補助金(15300295)による成果の一部である。

[1] Rau, G. H., et al. (1982). Deep-Sea Research 29: 1035-1039.

[2] Yoneda, M., et al. (2002). Journal of Archaeological Science 29: 529-536.

[3] Deines, P., (1980). Handbook of Environmental isotope Geochemistry, Vol. 1, Elsevier, pp. 329-434.

集中する結果が得られた。その中には $\delta^{13}\text{C}$ 値が比較的小さく、かつC/N比の高い外面の炭化物が多く含まれている。

北海道においては、ローカルリザーバー効果として $\Delta R=483$ が見積もられている[2]。図2中には、陸上成分として $\delta^{13}\text{C}=-26\text{‰}$ の端成分を仮定し、海洋成分として $\delta^{13}\text{C}=-21\text{‰}$ 、土器型式から予想される年代に海洋リザーバー効果の影響を加えた混合曲線を示した。生洲2遺跡出土の試料はグローバル、ローカル両リザーバー効果に挟まれた領域に位置し、これらの炭化物が陸上と海洋両成分の混合である

^{14}C ウィグルマッチングによる樹木年輪年代の決定

○中村俊夫*, 奥野 充**, 今村峯雄***, 坂本 稔***, 小田寛貴*,
 光谷拓実****, 木村勝彦*****

*名古屋大学年代測定総合研究センター, **福岡大学理学部, ***歴史民俗博物館,
 ****奈良文化財研究所, *****福島大学共生システム理工学類

1. ^{14}C ウィグルマッチングの歴史

年代を知る手がかりとして樹木試料がある場合、年代測定法として、まず第一に年輪年代法があげられる。日本でも、光谷(2000)の努力により考古学、文化財科学の分野で輝かしい成果を挙げている。しかし、年輪年代法は適用できる樹木資料に大きな制限があり、樹種がスギ、ヒノキ、コウヤマキ、ヒバに限られ、百年分以上の変形のない年輪が必要とされる。第二の方法として、放射性炭素(^{14}C)年代測定法があげられる。樹種は限られないし、加速器質量分析法を用いると十~数十ミリグラム程度の木片でも年代測定が可能であることから利用し易い方法である。しかし、盲点もある。樹木の伐採あるいは枯死年代が知りたいわけであるが、大きな樹木の小破片だと、樹木の芯材部起源か辺材部起源かで無視できない年代差があり(古木効果)、考古学・文化財科学上の考察に大きな曖昧さが生ずることになる。また、 ^{14}C 法では、例え±20年で ^{14}C 年代値が得られても、 ^{14}C 年代-暦年代の較正の過程により、較正年代の幅が大きく広がる。例えば、2500BPの ^{14}C 年代は、誤差が±10年でも、暦年でBC700~BC400に対応し、その範囲内では年代を特定することは不可能であることはよく知られている。弥生早期の編年の大きな妨げとなっている。

^{14}C 年代測定により、より正確な暦年代を求める方法として ^{14}C 年代ウィグルマッチングが利用されている。年輪年代法と同じように百年分以上の年輪を持つ樹木の場合に適用しやすい。Pearson(1986)が示しているように原理は簡単であるが、隣り合う(数年飛ばしでも構わないが)年輪の ^{14}C 年代を高精度で測定する必要があるため、実用化が遅れた。1990年代の半ば以降、 ^{14}C 年代が誤差±40年程度で測定できるようになって応用が進んだ。日本では、古城(1995)が始めてウィグルマッチングを試みている。その後、Imamura et al.(1998)が箱根の埋没樹木、奥村他(1999)がカワゴ平火砕流堆積物中の樹木、今村(1999)が池上曾根遺跡出土の大型建造物柱根などについて、外国の測定機関で得られた ^{14}C 年代を用いてウィグルマッチングを行った。2000年以降、名古屋大学のタンデトロン加速器質量分析計2号機が順調に稼働を開始してからは、同装置を用いて、秋田県弘田柵遺跡、島根県出雲大社遺跡、秋田県青田遺跡、中国-北朝鮮国境に位置する長白山起源のB-Tm火砕流堆積物、佐賀県富士町の土石流堆積物、奈良県唐子・鍵遺跡等から採取された樹木を用いてウィグルマッチングを行い、予想される暦年を狭く絞ることが可能であることを示してきた。

2. 1年の精度での¹⁴C ウィグルマッチングの可能性

¹⁴C ウィグルマッチングは、樹木年輪の年代を高精度で推定する有力な方法であるが、樹木内のすべての年輪を測定することは大変な手間であり、それは一般には困難である。また、比較対象となる¹⁴C年代-暦年代校正曲線はすべての年輪を測定したものではない。1998年から提供されているINTCAL98 data setsはほぼ10年輪をひとまとめにして測定されたデータを用いている。また、2005年に公開された最新版のINTCAL04 data setsでは、0 cal BP(AD1950に対応)~12500 cal BP(BC10,550に対応)の区間で5年まとめ、12500 cal BP~15000 cal BPの区間で10年輪まとめ、15000 cal BP~26000 cal BPの区間で20年輪まとめとなっている。全部で3300個の¹⁴C年代データから構成されている。

1年輪の精度でウィグルマッチングを行うには、年輪年代法と同様に、まとめること無しに1年輪で¹⁴C年代を測定して標準校正データを作成し、それを比較対象にする必要がある。しかも、標準的な生育条件の樹木を選んで、高精度に¹⁴C年代測定を行う必要がある。1年の精度が必要とされるのは、日本では紀元後の2000年間とすると、その間の標準データを作成するには2000個の年輪試料を測定することとなる。

本報告では、既存のデータを用いて、ウィグルマッチングによる年代決定の精度の限界を吟味したい。

参考文献

- Pearson, G.W. (1986) Precise calendrical dating of known growth-period samples using a “curve fitting technique. *Radiocarbon*, 28, 292-299..
- 古城 泰 (1995) 測定値の平均化とウィグル・マッチング—高精度年代決定のための二、三のテクニック. *第四紀研究*, 34, 129.
- Imamura, M., Sakamoto, M., Shiraishi, T., Nakamura, T., Mitsutani, T., and J. Van der Plicht (1998) Radiocarbon age calibration for Japanese wood samples: wiggle-matching analysis for a test specimen. *Actes du colloque <C14 Archeologie>*, 79-82.
- 今村峯雄 (1999) 高精度¹⁴C年代測定と考古学—方法と課題. 高精度年代決定法とその応用—第四紀を中心として—, *月刊地球*, 号外 26, 23-31.
- 奥村晃史・鈴木毅彦・嶋田 繁 (1999) Wiggle Matching を用いたカワゴ平火砕流堆積物の高精度年代測定. 科研費基盤研究C成果報告書「後氷期の重要地質事象に関する高精度年代測定の実用化に関する研究 (代表者: 奥村晃史)」, 1-5.
- 中村俊夫 (2004) 科研費基盤研究B成果報告書「埋没樹木の¹⁴C年代ウィグルマッチングによる火山噴火の高精度年代決定 (代表者: 中村俊夫)」, pp.132.

遺跡の時間情報の解読（Ⅰ） —沿海地方の遺跡—

○國木田大*、吉田邦夫*、宮崎ゆみ子*、齋藤慶太*、松崎浩之*、伊藤慎二*、
小林達雄*、藤本強*、A. クズネツォフ***、A. クルピヤンコ***、A. タバレフ****
(*東京大学、**國學院大學、***ロシア国立極東大学、****ロシア科学アカデミー)

1. はじめに

ロシア連邦沿海地方の遺跡では、小さい堆積速度などのため、文化層の年代決定には困難が付きまとい、得られた結果にも曖昧さが残ることがある。このため、年代測定を行う場合は、勢い土器付着物に頼ることになるが、その由来がまだ究明されていないこともあり、想定年代よりかなり古い年代や新しい年代を示すこともある(吉田 2004 ほか)。土器付着炭化物で年代測定を行う場合でも、伴出する木炭や周囲の土壌を採取して、同時に測定して検討する必要がある。また遺跡について正確な年代軸を決定するためには、測定資料の詳細な位置情報が必要不可欠となる。すでに炭化物の位置情報に関する重要性は 1970 年代より指摘されているが(小田・金山 1978)、あまり実践されていないのが現状である。遺跡の時間情報を解読するためには、①適切な試料の選定・採取、②多様な資料による総合的な検討、③測定資料の詳細な位置情報 ④多数の測定値 という条件が必要になる。出来れば測定者が発掘調査に参加し、現場の状況を判断しながら資料を採取することが望ましい。人類活動と堆積環境を時間変遷の中で捉えていく遺跡構造論的な着想が今後重要になってくると考えられる。

2. 測定資料

上記の観点から、2004 年度夏季に実施されたウスチノフカ 8 遺跡の調査に参加し、年代測定資料を採取した。ウスチノフカ 8 遺跡は、沿海地方東部のゼルカリナヤ川北岸の高位河岸段丘上に立地する。採取した資料は土器付着物 20 点、木炭 66 点、土壌 6 点の計 92 点である。現在までに優先順位を付け、土器付着物 20 点、木炭 29 点の計 49 点を選定し、炭素 14 年代測定を行った。本稿では 31 点の測定における段階での概要を記すが、引き続き測定を行う予定である。

3. 試料の調製と測定

測定試料の調製は通常の方法に従って行った(吉田 2004)。全ての木炭は 80℃・1.2MNaOH 水溶液で処理した。土器付着物の処理は、試料が全て溶解しない程度にとどめた。測定は、東京大学大学院工学系研究科加速器研究設備に設置されている AMS 装置を用いて行い、各試料について 600 秒の測定を 4 回繰り返した。遺物および測定資料の分布図を図 1 に、31 点の測定結果の内、木炭 19 点の年代値を表 1 に示す。

【参考文献】 吉田邦夫 (2004) 「火炎土器に付着した炭化物の放射性炭素年代」、『火炎土器の研究』、新潟県歴史博物館 編、p17-36、同成社

小田静夫・金山喜昭 (1978) 「先土器時代遺跡の炭化物片分布—先土器時代研究の新たな視点—」、『第四紀研究』 17(3)、p125-141

4. 測定結果

遺跡は、段丘先端部付近に自然に形成された浅い窪地を中心に広がっており、層位は上位から1~7層に区分される。新石器時代前期~青銅器時代(ルドナヤ文化~リドフカ文化)にかけての遺物が出土している。新石器時代の文化層は、4から6層である。4層以下からは、新石器時代前期~後期(ルドナヤ文化・ボイスマン文化・ザイサノフカ文化)にかけての様々な遺物が多数出土している。4層と6層からは、多量の炭化物が出土した。

1) 木炭の年代

2層の木炭は図抜けて新しい年代を示す。3層、4層は大きく二つのグループに分かれる(4300~4500, 3600~3800BP)。較正暦年代で4800~4400calBPまでの少なくとも400年間のギャップが存在する。5層、6層の資料は4600~4800BPの古い年代を示しているが、3層および4層の一部の木炭からも近い値を示すものがある。

2) 土器付着物の年代

ルドナヤ文化【第I群1類】

全体として8000~7500calBP

ザイサノフカ文化【第IV群2類】

約5750~5450calBPの範囲

ザイサノフカ文化【第IV群1類】

2類より200BP程度新しい。

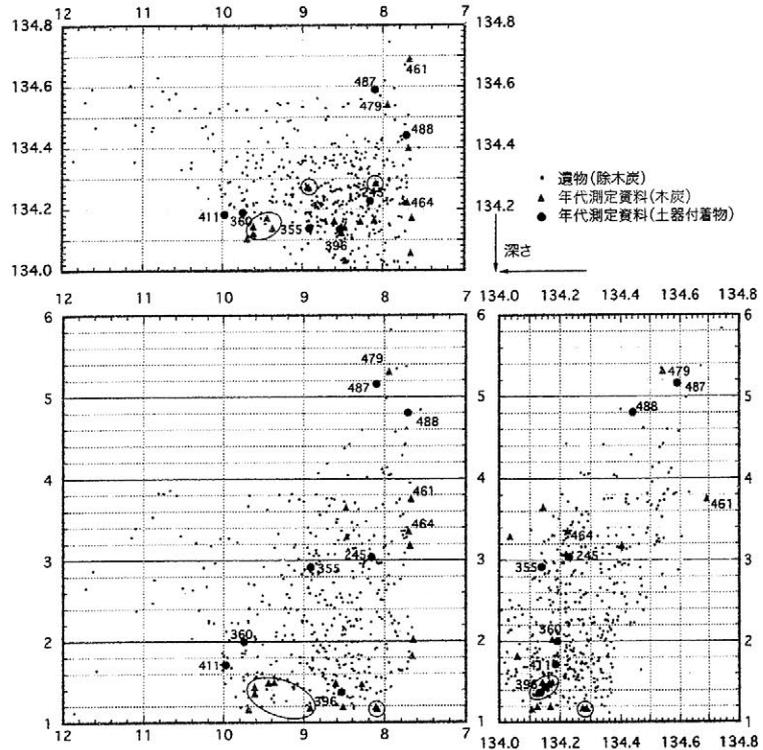


図1. 遺物および測定資料の分布

Sample #	Horizons	Grid	Sample material	$\delta^{13}C_{PDB}$ (‰)	^{14}C ages (BP $\pm 1\sigma$)
461	2	A I	Wood charcoal	-24.5	125 \pm 35
464	3	A I	Wood charcoal	-25.7	2810 \pm 50
477	3	B II	Wood charcoal	-24.4	3820 \pm 45
479	3	B' I	Wood charcoal	-25.2	4455 \pm 40
485	3	A II	Wood charcoal	-25.2	4675 \pm 45
386	4	B II	Wood charcoal	-26.0	4450 \pm 40
388	4	B III	Wood charcoal	-25.4	3635 \pm 40
392	4	B II	Wood charcoal	-24.6	4300 \pm 45
393	4	B III	Wood charcoal	-24.3	3580 \pm 40
428	4	B III	Wood charcoal	-27.6	3715 \pm 45
429	4	B III	Wood charcoal	-26.4	3765 \pm 45
465	4	A I	Wood charcoal	-24.6	4460 \pm 50
467	4	B I	Wood charcoal	-24.7	4405 \pm 45
474	4	B II	Wood charcoal	-25.2	3610 \pm 45
475	4	B II	Wood charcoal	-25.5	4495 \pm 45
478	4	B III	Wood charcoal	-25.5	4630 \pm 40
476	5	B II	Wood charcoal	-24.4	4810 \pm 60
471	6	B I	Wood charcoal	-24.1	4505 \pm 45
480	6	A II	Wood charcoal	-25.2	4710 \pm 45

表1. 木炭の炭素14年代値(19点)

今後、未測定資料についても測定していく予定である。遺跡内の時間情報を可能な限り抽出し、考古学の仮説を詳細に検討することで新たな知見を得たいと考えている。

カマン・カレホユック遺跡IV層（前期青銅器時代）出土土器の¹⁴C年代測定 —微量植物炭化物のフッ酸処理抽出法の検討—

○大森 貴之*、渥美 晋**、保倉 明子**、中井 泉**、小田 寛貴*、中村 俊夫*、
松村 公仁***、鶴野 光****、鈴木 亮****、小林 利行****、柴田 康行****

*名古屋大学、**東京理科大学、***中近東文化センター、****国立環境研究所

1 はじめに

トルコ共和国カマン・カレホユック遺跡は、円錐台形状の遺丘であり、上部表層から第I層（オスマントルコ時代）、第II層（鉄器時代）、第III層（中期後期青銅器時代）、第IV層（前期青銅器時代）に至る4つの文化層が確認されている多層遺跡である。各層で多種多様な遺物が出土している中、土器は全体の99%以上を占める。これらは、形式、型式あるいは様式により考古学的に分類し各文化層における変遷を見ることで、層位および時代決定の指標となる。したがって、土器は文化編年の構築を行う際に欠くことのできない重要な資料と位置づけられ、これに対して¹⁴C年代測定のような自然科学的手法を適用することは、編年構築に対して大きな意味をもつことはいうまでもない。

一般的に土器の¹⁴C年代測定は、土器内外表面に付着した煤や食物残骸、あるいは、土器製作時に故意に混入させた混和剤(藁など)を測定する方法が執られている。しかし、前者は、煤や植物残骸の炭化物が土器の製作時期や使用時期を厳密に反映しているとは限らず測定結果の解釈が困難な場合がある。これに対し、一年生植物の藁の炭化物である後者は、製作時期をよく反映している炭素源といえる。ただし、実際にはそれが含まれる胎土ごと調整し測定試料とする場合が多いため、粘土に含まれる由来不明の炭素を同時に測定してしまう可能性が高い。

そこで本研究では、この問題点を考慮し、フッ酸処理によって胎土中から混和剤だけを抽出することで、汚染の少ない土器の¹⁴C年代測定を実現することを目的としている。また、土器については同遺跡で初めての¹⁴C年代測定法による暦年代の報告となる。

2 実験方法

測定資料は、本遺跡出土の前期青銅器時代（IV層）に属すると考えられている土器片である（図1上）。表面胎土を剥がし、フッ酸処理をすることで、土器片から胎土中に含有している炭化物を分離した。フッ酸処理の諸条件は、一般的な炭化物洗浄法であるHCl・NaOH・HCl処理（以後、AAA処理）の酸処理にならい、その検討を行った。炭化物への損傷を最小限に抑え、かつ胎土を十分に処理するためには、フッ酸濃度およそ3%、80°Cで20時間の処理が適当であった。処理された炭化物は、実体顕微鏡下で植物繊維質を確認し藁由来と判断可能なもののみを選び分けた（図1下）。選別された試料は、さらにAAA処理を行った。以上の処理が済んだ炭化物は、CN元素分析装置

（elementar製, vario ELIII）によりCO₂に変換し、真空ガラスラインにより精製した。グラフアイトは、H₂中でFe触媒を用い650°Cで8時間半CO₂を還元させることにより得た。¹⁴C測定には、国立環境研究所のタンデム加速器質量分析計（NIES-TERRA）および名古屋大学年代測定総合研究センターのタンデトロン加速器質量分析計2号機を用いた。得られた¹⁴C年代から、INTCAL98により較正暦年代を算出した。また、土器片より抽出し

した炭化物に加えて実験値の比較検討のため、従来法での土器の¹⁴C年代測定も同時にを行った。

3 結果および考察

藁のようなC3植物は、同位体分別効果の指標である $\delta^{13}\text{C}$ 値がおおよそ図2の薄墨部分に該当する。フッ酸処理を適用した試料については、C3植物の炭化物と考えられる値を示しているのに対し、従来法では大きな $\delta^{13}\text{C}$ 値を示すものがみられる(図2)。さらに、従来法で処理を行った¹⁴C年代については、同一層位から出土した試料にも関わらず、年代値が全く一致していない。一方、フッ酸処理を適用した試料の年代値は、4150 [BP] 前後の値を示しており、測定試料間でよく収束している(図3)。

特に、大きな $\delta^{13}\text{C}$ 値を試料について古い¹⁴C年代が得られたことから、土器胎土には大きい $\delta^{13}\text{C}$ 値を持ち年代を古くさせる炭素が混入していたことが考えられる。

得られた測定値を校正した結果、およそ3000-2500 [cal BC]の範囲で土器の暦年代が算出された。本以降における前期青銅器時代(BC 3000-2000年)の層位より出土した土器に、層序からも妥当な暦年代を確認することができたと言える。

今後は、従来法による年代値が何に起因するものなのかを同定し、異種環境試料によってクロスチェックを行いながら測定点数を増やすことで年代値の信頼度と高精化について検討する必要があると考えている。

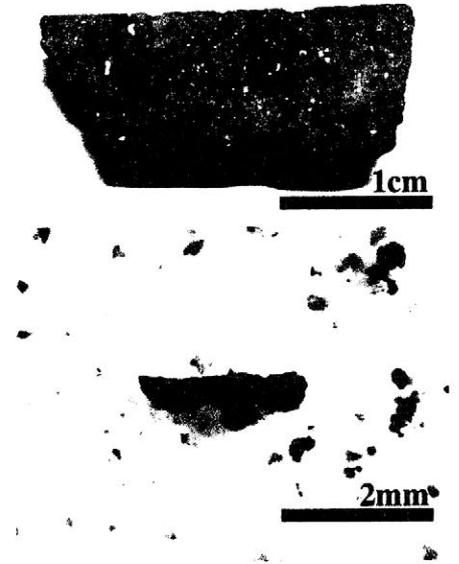


図1 上 混和剤を含んだ土器片 (No. 21)
下 フッ酸処理によって得られた繊維状炭化物

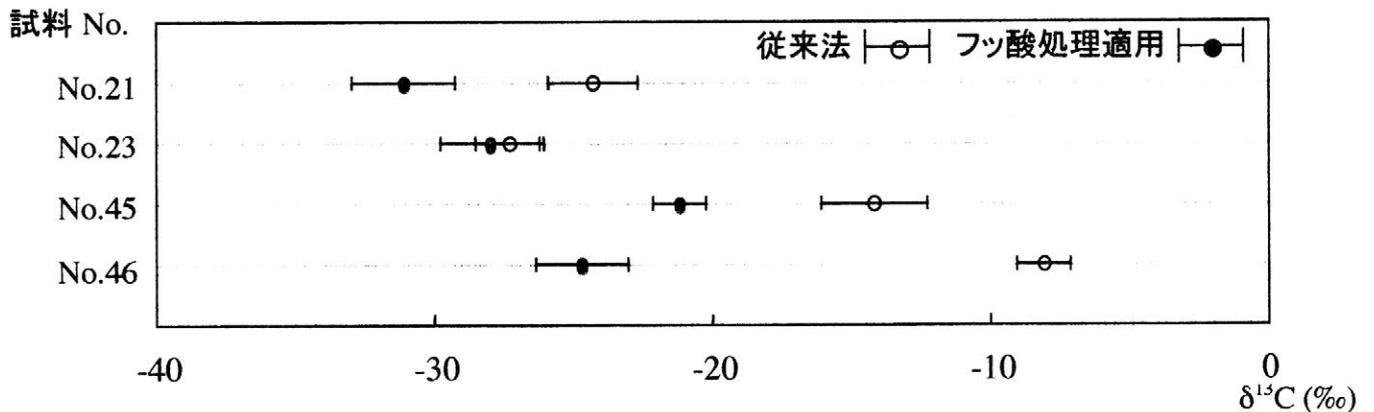


図2 従来法とフッ酸処理の適用による $\delta^{13}\text{C}$ 値の比較 (薄墨部分は、C3植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値)

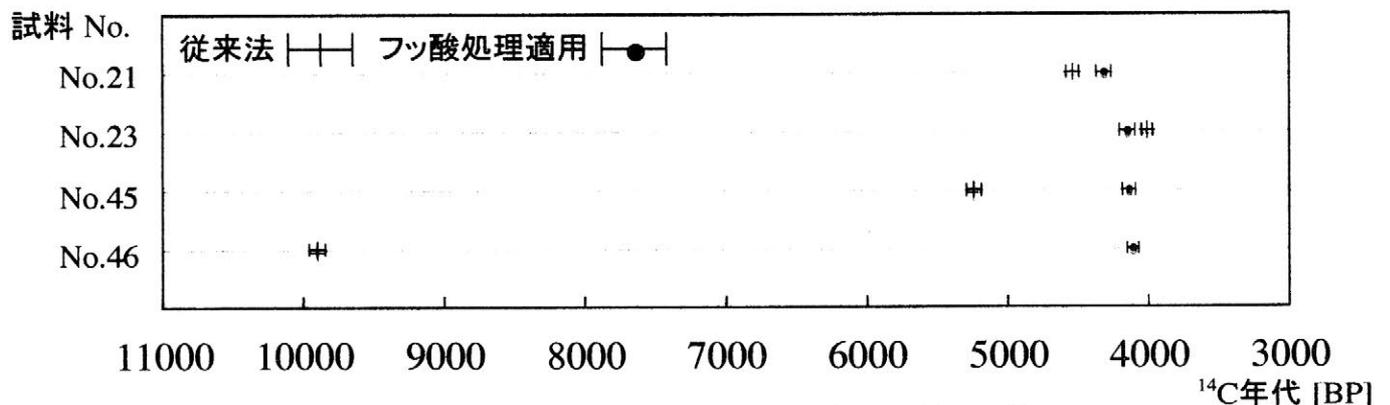


図3 従来法とフッ酸処理の適用による¹⁴C年代値の比較

特別講演 1

特別講演 1

小笠原 正明

化学分析による遺跡出土アスファルト等の産地推定

特別講演 1 関連

原 奈々絵・小笠原 正明

テンペル類のGC-MS分析による北日本遺跡出土の琥珀の分類

青野 友哉

縄文晩期～続縄文時代の琥珀製玉類の流通

化学分析による遺跡出土アスファルト等の産地推定

小笠原 正明

(北海道大学高等教育機能開発総合センター)

はじめに

文化財科学は「もの」に関する学問であり、この分野の研究者たちはできるだけ多くの情報と確実な証拠を「もの」から得ようとする。化学の分野で育った人なら、まず化学構造を明らかにして情報を得ようと思うだろう。しかし、このアイディアは容易には実を結ばない。メタンなどごく簡単な化合物を除いて、有機化合物はもともと生体物質由来であり、地質学的年代はもとより考古学的年代あるいは歴史的年代の間にも変化し続ける。発掘で見出された有機物の化学構造は、土に埋まる前とは違っているのが普通である。このことを逆に利用して年代を推定する方法もあるが、化学的方法の主流とは言いがたい。

化学構造から有益な情報を引き出すポイントは、考古学的年代を経ても変わらない安定で頑丈な化合物をマーカとしてみつけ出すことにある。この点において成功した例は、これまでごくわずかしかない。演者らが 10 年の歳月をかけて少しずつ進めてきた遺跡出土天然アスファルトの化学分析法と、ごく最近、集中的な研究で完成させた琥珀の産地分析の方法はその数少ない例である。

1 天然アスファルトの化学分析

起源と性質：北海道や東日本の縄文遺跡から、膠状のものが付着した石のやじりや土器がよく出土するが、この付着有機物の多くは天然アスファルトであることがわかっている。天然アスファルト（以下、「アスファルト」と略称）とは、地表付近に漏れだした原油の揮発成分が失われ、不揮発成分が濃縮して固体になったもので、加熱すると流動化するので加工性に優れており、縄文中期・晩期を中心に接着剤として盛んに使われていた。アスファルトは石油に由来する物質であるため、産地は石油産地帯に限られる。日本列島では、東日本の日本海側に偏っているため、列島の内陸部や太平洋側で発掘されたアスファルトは、交易品として産地から運ばれたものであることは間違いがない。

アスファルトは黒い不定形の固体であり、外見からは考古学的情報が得られない。まれに、移動の際に入れられた皮の袋や保存用の壺の形を残している例があるが、アスファルト本体とは関係がない。この物質においては「分子レベルの顔」、つまり分子の構造のみが信頼できる情報源である。

アスファルトの起源である原油は、古生代において海や湖沼などに沈積した生物有機体が、その後の地形変化のために地中深く閉じこめられてできたものである。これら「根元生物」を構成するバイオポリマー（リグニン、セルロース、脂質、蛋白質）は、もともと化学構造が複雑であるうえに、長い地質年代の経過とともに地熱や地圧、周囲の土砂・岩石などの触媒作用を受けて、その構造はさらに複雑になっている。そのため化学分析から産地や供給ルートを解明することは長いあいだ困難とされていた。

エッセンスの抽出：不可能とされた天然アスファルトを分析するにあたって採用した戦略は、試料中から時間とともに変化しない「エッセンス」を抽出することであった。アスファルトは見かけからは想像しにくいだが、蝋燭の主成分でもあるパラフィン（飽和炭化水素）系化合物を含んでいる。この系統の化合物は化学的に安定で、一度できるとなかなか変化しないので、その中からマーカを検出できる可能性がある。

遺跡出土アスファルトのパラフィン成分の抽出は、二つの幸運が重なって実現した。一つは、1993年に北海道南茅部町豊崎N遺跡で発掘されたわが国でも最大級のアスファルト塊が、当時演者が赴任したばかりの北海道教育大学函館校に持ち込まれたことである。もう一つは、北海道大学の石炭液化研究の伝統を引き継ぐ横山晋氏から、重質油分析で長年蓄積したノウハウを提供していただいたことである。しかし高速液体クロマトグラフィー（HPLC）で注意深く分離したパラフィン成分の構造は、当然のことながらきわめて複雑であった。構造決定の常套手段として質量分析を行ったところ、観測した質量数の範囲だけでもピークの数に600本を越えた。単離された化合物を同定する場合、ピークの数にして数本から10数本のスペクトルを解析することを考えれば、これがいかに膨大な数であるか想像がつくだろう。アスファルトの場合、化学構造を正しく決定することはできない。

アスファルトのキャラクタリゼーション：重質油分析の分野の人たちは、こういう場合には「キャラクタリゼーション」を行う。化合物の細かい構造には目をつぶって、骨格構造の傾向を調べる方法である。パラフィン類の構造は、大まかには棒状のものと、枝分かれしたものと、環を巻いたものに分類できる。この最後の環を巻いた化合物のグループがキャラクタリゼーションに使われた。簡単な化学構造式の関係から、パラフィン系炭化水素の質量（MS）スペクトルにおける多くのピーク中から、ある環の数に対応するものだけを拾い出すことができる。これをZ数解析という。

1999年に、MSスペクトルのZ数解析から、MSスペクトルの形はZ数にして-6と-8の成分から決められていることを見出し、この2つのスペクトル強度の比を「R値」と呼んで、キャラクタリゼーションを行った。Z数が-6と-8の成分はそれぞれ原油やアスファルト成分の分析で重要な指標となるバイオマーカであるステラン類とホパンを含むので、この判断には合理性がある。これにより、天然アスファルトの特徴を初めて数値として客観的に示すことができるようになった。得られたR値を統計的手法で分析することにより、東日本の遺跡から出土した試料は、秋田系と新潟系に大別できることがわかった。

この方法は、その後さらに進化した。ガスクロマトグラフィーと質量分析法を組み合わせたGC-MS法を適用したところ、東日本の遺跡から出土したアスファルトは、図1に示すようなパラフィン成分のGC-MSクロマトグラム上の2つのパターンをもとに分類できることが分かった。この2つの方法でクロスチェックを行ったところ、Z数解析法により秋田系または新潟系と判定されていた試料の大部分がGC-MS法でも同様に判定された。Z数解析法ではいずれとも判定できない試料も、GC-MS法で判定ができるようになった。ごく一部に判定が逆転したのもあったが、基本的に整合性のある結果が得られた。

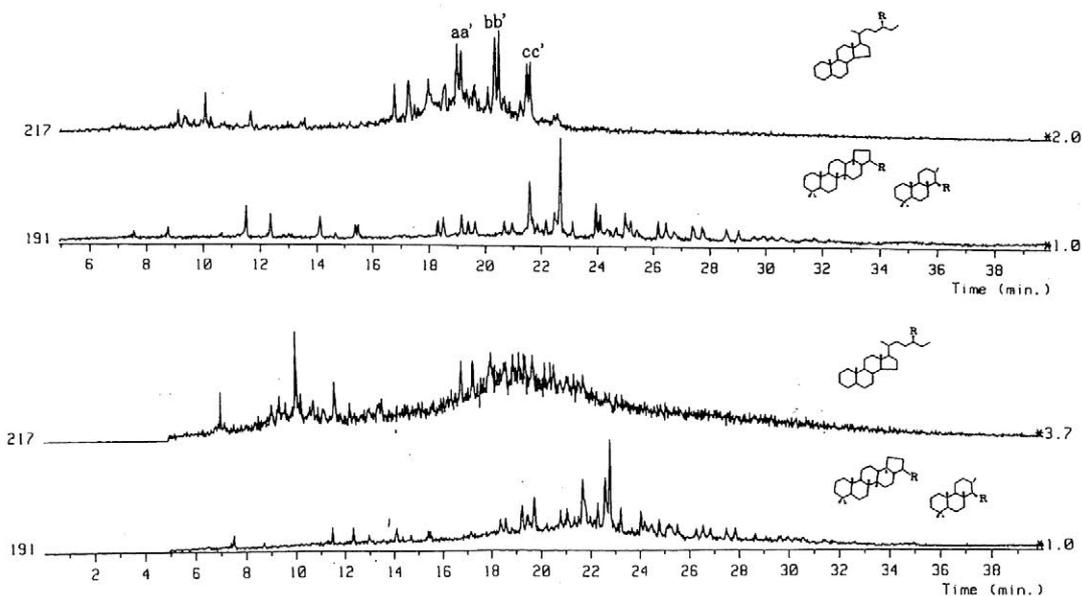


図1 天然アスファルトのGC-MSクロマトグラム（上：秋田系；下：新潟系、左の数字は測定した質量数）

化学的方法で得られた考古学的知見をまとめると次のようになる。(1) 東北の縄文遺跡から出土したアスファルトのほとんどは秋田系である。(2) 新潟県内の縄文遺跡から出土したアスファルトのほとんどは新潟系であるが、県北の元屋敷遺跡出土のものには秋田系が混じっている。(3) 北海道では道南の野田生遺跡までは秋田系と区別のできないアスファルトが見出されるが、道央のキウス遺跡からはさまざまな種類のものが出土している。(4) 礼文島の船泊遺跡のアスファルトは、既知の国内産のものとはまったく違っている。

2 琥珀の産地同定

琥珀は有機物のかたまりであり、その意味では化学的分析に向いている。それにもかかわらず、出土琥珀の化学分析が進まなかった理由は、琥珀が溶媒に溶けないこと、あるいは溶けないと考えられていたことによる。溶媒に溶けなければ、有機化合物の分離あるいは単離が不可能で、ひいては化学構造の決定が難しい。この隘路を突破したのが、北海道大学大学院修士課程の学生であった原である。原はしんぼう強く琥珀試料を混合溶媒に溶かし、そのパラフィン成分を HPLC で抽出することに成功した。琥珀の場合パラフィン成分にはテルペン類が良好な状態で含まれており、それをマーカとして利用することができた。

くわしくはこの講演のあとの原の発表にゆずるとして、2つの産地である岩手県久慈市とサハリンの栄浜村の琥珀のテルペン類は、GC-MS 分析によって明瞭に区別できた。その後、北海道の各地から精力的に集めた遺跡出土琥珀を分析して、表1に示すような結果を得た。結論は、縄文遺跡出土琥珀の大部分と続縄文遺跡出土のすべての琥珀がサハリン島から渡来したというものである。以前から言われたことであるが、続縄文遺跡から大量に出土する平玉の琥珀は、議論の余地なくサハリン産であると同定された。

表 1 北海道の遺跡で出土した琥珀の産地同定

試料番号	出土遺跡	遺跡の時代区分	加工	推定産地
15	美幌町元町 3 遺跡 GP1 墓墳	続縄文	平玉	サハリン
16	北見市中ノ島遺跡 G35 7 号墳墓	続縄文	平玉	サハリン
17	北見市中ノ島遺跡 E35 8 号墳墓	続縄文	平玉	サハリン
18	北見市中ノ島遺跡 E38 2 号墳墓	続縄文	平玉	サハリン
19	常呂町 TK73 遺跡 172eH	縄文又は続縄文	原石	サハリン
20	常呂町 TK73 遺跡 P-82 層	不明	原石	判別不能
21	常呂町 TK73 遺跡 N'-81 14 層	縄文前期	原石	判別不能
22	常呂町 TK73 遺跡 1313 P	続縄文	平玉	サハリン
23	釧路市幣舞遺跡 D5 区 IV 層	縄文晩期後半～続縄文前半	原石	サハリン
24	釧路市幣舞遺跡 F6 区 III 層	縄文晩期後半～続縄文前半	原石	サハリン
25	釧路市幣舞遺跡 C5 区 IV 層	縄文晩期後半～続縄文前半	原石	サハリン
26	門別町富仁家遺跡 Pit 4	続縄文	平玉	サハリン
27	苫小牧市静川 22 遺跡 15 号土坑墓	続縄文	平玉	サハリン
28	苫小牧市静川 22 遺跡 16 号土坑墓	続縄文	平玉	サハリン
29	苫小牧ニナルカ遺跡 1 号墳墓	続縄文	平玉	サハリン
30	余市町大川遺跡 GP-37	続縄文	平玉	サハリン
31	余市町大川遺跡 GP-82	続縄文	平玉	サハリン
32	江別市高砂遺跡 Pit 629	続縄文	平玉	サハリン
33	石狩市紅葉山 49 遺跡 Grid 10-8 III 層	縄文中期後半	原石	サハリン
34	石狩市紅葉山 49 遺跡 Grid 1610 III 層	縄文中期後半	原石	岩手県
35	石狩市紅葉山 51 遺跡 Grid 1321 II 2B 層	縄文中期	原石	サハリン
36	芦別市滝里安井遺跡 P-45	続縄文前半	平玉	サハリン
37	富良野市無頭川遺跡 Pit 345	続縄文	平玉	サハリン

3 終わりにかえて

化学者はいつでも物質を細分化し、ミクロ構造を追い続ける。ターゲットである個々の分子の構造さえ分かれば、考古学における指紋分析に使えるだろうと考える。この方向は間違っていないが、出土有機物から環境に強いタフな分子を見つけ出してマーカとして使いこなすためには、長い年月と大量のデータの積み重ねが必要である。その点において、化学分析も考古学における他の分析方法と変わるところが無いということを強調したい。

謝辞

研究の過程で助言と励ましをいただいた京都大学名誉教授東村武信氏および京都大学原子炉実験所の藁科哲男氏に感謝します。多くの学生がこの研究に参加して成果をあげたが、特に北海道教育大学の前川靖明君、北海道大学の伊東潤君、宮尾晃君、荒川竜二君、原奈々絵さんがなしとげたブレーク・スルーは、特筆に値するものであった。

*テルペン類の GC-MS 分析による北日本遺跡出土の琥珀の分類

○ 原 奈々絵*・小笠原 正明**

(*北海道大学大学院工学研究科・**同高等教育機能開発総合センター)

1 はじめに

琥珀は、北海道では旧石器時代からアイヌ文化期までの遺跡から出土する。とりわけ、続縄文(紀元前後から7世紀ごろまで)の遺跡から、丸い扁平な玉に加工された琥珀が大量に出土して注目されている。北海道の遺跡出土琥珀の原産地としては、わが国における最大の産地である岩手県久慈市、今でも多くの琥珀が採取できるサハリン南部の海岸、北海道内陸部の三笠市などが候補としてあげられるが、理化学的な証明はなされていない。本研究では、ガスクロ質量(GC-MS)分析により、琥珀に含まれる化学的に安定な骨格構造を持つテルペン類の中でも、とくに変成を起こしにくい環状飽和炭化水素成分のみをマーカとして、原産地を推定することに成功した。

2 実験方法

粉末状に粉砕した琥珀試料をベンゼン:メタノール=1:1混合溶媒(B-M)で抽出し、B-M可溶分にn-ヘキサンを加えて溶媒分割した。n-ヘキサン可溶分から高速液体クロマトグラフィーによって飽和炭化水素成分を分取し、GC-MS測定を行った。また、非加熱の琥珀と150℃、200℃、250℃、300℃で1時間加熱した琥珀を同じ方法で分析して比較する「熱暴露実験」を行った。

3 結果と考察

これまで北海道の遺跡出土琥珀の産地として有望視されていたのは、国内における琥珀の最大の産地である岩手県の久慈市である。久慈市で採取した琥珀原石から抽出されたパラフィン系テルペン類のGC-MSクロマトグラムには、特徴的な5本のピークが観測された。久慈市およびその周辺で採取された琥珀原石は、すべて同じパターンを示すことから、基本的に同じ種類のテルペン類を含むものと推定できる。

サハリン産の琥珀原石試料のGC-MSクロマトグラムでは、図2の左側に示すように、保持時間11.0~16.0 minに6本の特徴的ピー

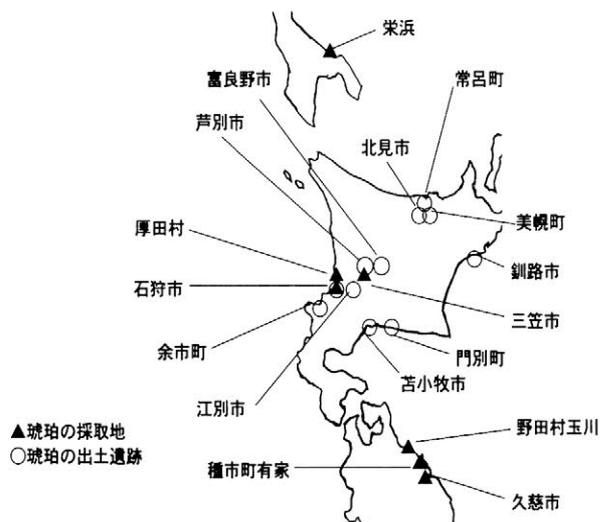


図1 北海道とその周辺における琥珀の原産地と琥珀が発掘された主な遺跡のある自治体名

* 現在の勤務先: 日本原燃株式会社 (〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駈字沖付 4-108)

クが現れたので、それらに a~f の記号を付して指標として用いた。a~d は $m/z=81$ 、95、97、123 の GC-MS クロマトグラムに、e と f は $m/z=245$ の GC-MS クロマトグラムにあらわれる。

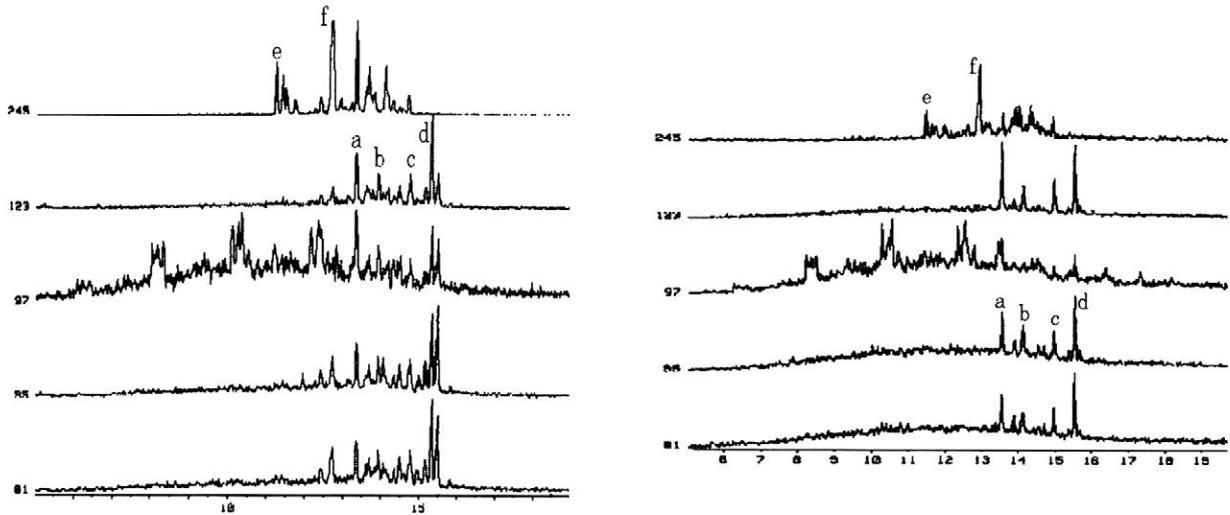


図2 琥珀から抽出された飽和炭化水素のテルペン類 GC-MS クロマトグラム

左：サハリン栄浜採取の琥珀原石試料；右：北海道北見市中ノ島遺跡 G357 号墓出土の琥珀試料

図2の右側に、北海道北見市中ノ島遺跡から出土した琥珀の GC-MS クロマトグラムを示した。クロマトグラムには、a~f のピークが明瞭にあらわれている。このデータから、中ノ島遺跡出土の琥珀試料は、サハリン産琥珀と同一の鉱床から由来したものであると判定できる。北海道の遺跡から出土した23点の琥珀試料を測定したところ、縄文遺跡から出土した全ての平玉琥珀から、サハリン産琥珀のパターンと一致するクロマトグラムが得られた。縄文中期の石狩市紅葉山遺跡49号G1610 III層から出土した琥珀原石は、久慈産と判定された。

琥珀は加熱によって色が濃くなり、これを利用して琥珀を加工していた可能性がある。しかし、熱暴露実験の結果では、試料の GC-MS クロマトグラムは同じ保持時間にピークを示し、300°C以下の加熱では指標としている成分は変化しないことが明らかになった。

4 結論

1) 北海道の縄文遺跡から出土する殆どの琥珀はサハリンから持ち込まれたか、あるいは同一鉱床由来のものである。2) 縄文中期の遺跡から出土する琥珀の一部には、交易によって持ち込まれたと思われる岩手県久慈産のものが混じっている。3) 北海道の縄文遺跡から出土した琥珀の平玉は、サハリンから製品の状態で持ち込まれたものである。

謝辞：本研究を進めるにあたり貴重な資料と情報を提供していただいた富良野市教育委員会、芦別市教育委員会、余市町教育委員会、門別町教育委員会、苫小牧市教育委員会、美幌町教育委員会、常呂町教育委員会、北見市教育委員会、江別市教育委員会、石狩教育委員会、釧路市教育委員会、久慈琥珀博物館の皆さまに感謝します。

縄文晩期～続縄文時代の琥珀製玉類の流通

青野 友哉 (伊達市噴火湾文化研究所)

【はじめに】

琥珀製玉類に関する研究は玉自体の形態分類及び分布域の明示から始まり(松下 1968、1982、寺村 1985、北沢 1985)、原産地と供給源について言及したもの(杉浦 1994)や、副葬形態や碧玉製管玉との分布域の違いから玉類の持つ性格について言及したもの(青野 1999)まで様々である。しかし、その中で必ず問題となるのがこれらの流通と原産地についての問題である。本発表では原産地については明らかにできないまでも、近年の発掘成果を参照しつつ、縄文晩期から続縄文時代の琥珀製玉類の流通について述べたい。

方法としては、多様な形態を持つ琥珀製玉類の中で、大量生産品である平玉に着目し、それが出現する時期と地域、その技術的背景(貝製平玉製作技術の導入)を明らかにする。同時に琥珀製平玉の分布、出土量、サイズを時期ごとに把握し、流通経路及び原産地の解明を目指す。

【分析方法】

続縄文時代前期を1期～6期に分け、縄文時代晩期と併せて7時期に区分する。遺構に伴って出土した琥珀製玉類の時期ごとの分布図と出土数、平玉の直径を示し、変化の傾向を把握する。対象範囲は青森県及び北海道であるが、時期不明の分布図にはサハリンも含めている。

次に、平玉の断面形を観察し、側面に丸みを持つものと「端正な角を持つ方形」(木下 1998)のものを分類する。これらは製作技術の違いを表すため、技術変化の時期を知ることができる。また、貝製平玉と琥珀製平玉の時期別分布を示すことにより、貝製から琥珀製へ材質転換が起こったことと、その後も分布域を異にしながら共存することを明らかにする。併せて、原石・未成品・製作具等が出土した製作址の可能性を持つ例を示す。

【結果】

1. 縄文晩期の玉の形態は、幣舞遺跡の平玉以外、側面に丸みを持つ平玉か垂飾であるが、続縄文1期以降は断面形が方形となる玉が主体となり、複数個を紐あるいは棒状のもので連ね、回転研磨して製作されたことを示す。この技術は北海道の縄文後期以降の貝製平玉製作に用いられたものであり(木下 1998)、縄文晩期に幣舞遺跡第3号貝塚にて貝製と琥珀製の平玉が共伴することからも、琥珀製平玉は貝製平玉の製作技術の応用により作られたものと考えられる。
2. 回転研磨技術によって作られた琥珀製平玉は縄文晩期に釧路地方に存在し、石狩川流域でも遅くとも1期には出現している。その後、分布域は拡大し、3期に最も広くなる。琥珀製玉類の主な分布域は余市町と伊達市を結んだライン以東からサハリン南部地域までである。
3. 平玉の直径は1期には小型・中型のみだが、2期には直径10mm～15mm大の大型が現れ、2期及び3期に大量副葬されている。以後、5期まで大・中・小の各タイプが用いられている。出土量は2期から3期に激増し、3期をピークに減り続け、5期を最後に消滅する。

【結論】

回転研磨技術による琥珀製平玉の大量生産の開始は、縄文晩期から続縄文 1 期に道央・道東部で強烈な琥珀志向が始まったという点で画期といえる。これは晩期以前の琥珀製玉類が蛇紋岩等の他の石材と混在して連ねられていたことと併せて考えても大きな違いといえる。さらに、ヒスイなど本州に主な給源地を持つ材質から転換した点も注目される。

また、2 期から 3 期の出土量の増加と分布圏の拡大、さらに大型平玉の出現は、より広範囲に需要が拡大したことを示す。推測として、大量に大きな原石を確保できる原産地の発見や製品の流通経路の変化などが背景としてあった可能性も考えられる。

原産地については、出土遺跡の分布から、石狩低地帯以東、サハリン南部以南にあることは指摘できる。これは、現在可能性が指摘されている岩手県（久慈）、北海道、サハリンのうち、渡島半島での出土例及び出土量の少なさから岩手県産である可能性はかなり低いからである。また、渡島半島から岩手県にかけては貝製平玉及び碧玉製管玉が流通しており、玉への志向が異なる文化圏と捉えることができる。

【課題】

考古学的手法により、さらに原産地を限定することは現段階では不可能である。また、流通時の形態が原石か製品かという問題も残っている。推測としては産炭地帯であり、かつ琥珀原石や製作道具、石炭玉が出土した遺跡の周辺（釧路地方・胆振地方東部・石狩川流域）に原産地があり、それぞれの地域で加工・利用していた可能性がある。また、杉浦が指摘する南サハリンのスタロドゥップスコエ海岸（旧日本名 柴浜）も存在する（杉浦 1994）。確かに、琥珀製平玉の集中地域である石狩川流域と網走地方・釧路地方は、多少前後するものの平玉の規格の変化や出土量の変化はほぼ連動しており、サハリンからこれらの地域に製品の状態で搬入された、との仮説も成り立つかもしれない。しかし、これは現段階での推測であり、問題を解決するためには道北部及びサハリンの琥珀製玉類の形態と製作技術、年代を明らかにする必要がある。

参考文献

- 青野友哉, 1999: 碧玉製管玉と琥珀製玉類からみた続縄文文化の特質. 北海道考古学, 第 35 輯.
- 青野友哉, 2004.10: 続縄文文化の貝製装飾品. 考古学ジャーナル, No.521.
- 北沢 実, 1985: 北海道の琥珀製品. 文京台考古特別号, 大場利夫先生退職記念論文集.
- 木下尚子, 1998: 東アジア貝珠文化考. 第 7 届中琉歴史関係国際学術会議発表論文.
- 佐藤一夫, 1993: 北海道における貝製平玉について. 先史学と関連科学. 吉崎昌一先生還暦記念論集同刊行会.
- 佐藤一夫, 2000: 北海道出土の貝製装飾品について. 苫小牧市埋蔵文化財センター所報, 2.
- 杉浦重信, 1994.3: 平成 5 年度無頭川遺跡発掘調査の概要—土偶と琥珀製品について—. 富良野市郷土館研究報告, 第 2 号. 富良野市郷土館.
- 杉浦重信, 1994.8: 北海道富良野市無頭川遺跡発掘調査—北海道の琥珀製品をめぐる諸問題—. 考古学ジャーナル, 第 378 号.
- 寺村光晴, 1985: 日本先史時代の琥珀—出現と様相—. 学部創設三十五周年記念論文集. 和洋女子大学.
- 松隈明彦・木下尚子他, 1999: 岩手県アバクチ洞穴（弥生中期）出土貝珠の素材とサイズ組成から見た製法の特徴. 動物考古学, 第 13 号.
- 松下 亘, 1968: 北海道と南樺太の琥珀玉について. 物質文化, 12.
- 松下 亘, 1982 交易—琥珀: 縄文文化の研究, 8.

北海道産朱鉱石のイオウ同位体比分布と遺跡朱について

○南 武志¹⁾, 豊 遥秋²⁾, 田口 尚³⁾, 小林幸雄⁴⁾, 今津節生⁵⁾

¹⁾ 近畿大, ²⁾ 地質標本館, ³⁾ 北海道埋蔵文化財センター, ⁴⁾ 北海道開発記念館, ⁵⁾ 九州国立博物館

1. はじめに

赤色顔料の中でも特に鮮血色を呈する朱は、紀元前後から古墳時代にかけて多くの埋葬施設に用いられていた。この風習は、古代中国で同様な使い方がなされていたことから中国より伝来したものと思われる。ではこの鉱山から採取した朱を用いたののだろうか。確かに古代中国にも陝西省・貴州省・四川省から朱鉱石を採掘したとの報告がある。しかしながら朱は日本に豊富に存在する鉱石の一つであり、縄文時代より土器彩色に用いられていた。特に、三重県・奈良県・徳島県という近畿地方周辺で朱鉱山の存在が古くから知られていた。それゆえ遺跡朱の産地推定が可能なら朱の流通経路が判明するだけでなく、古代国家成立時期の権力の流れを知る上で貴重な情報が得られると考え、本研究を開始した。我々はいくつかの分析手法を用いて探求を行ったが、朱-硫化水銀-を構成するイオウ同位体の存在比が中国産鉱石と日本産鉱石で明らかに異なることを本学会で報告した。また、本手法を用いて古代西日本各地の遺跡出土朱を分析し、中国産朱を用いたと思われる遺跡と、日本産-特に三重県丹生鉱山産-を用いたと思われる遺跡が存在することを発表している。後者は大和周辺で多く観察されている。これらの分析成果が得られた要因のひとつに、地質標本館の協力によって日本全国のほぼ全ての朱鉱山標本を収集出来たことであり、同じ日本産であっても三重県丹生鉱山産と奈良県大和水銀鉱山産で明らかに異なる値を得ている。

北海道は明治時代にイトムカ鉱山という日本最大規模の朱鉱山が開発されたが、イトムカ鉱山以外にも多数の朱鉱山の存在が知られている。もちろん、その多くは明治時代以降の開発である。しかしながら北海道縄文時代遺跡に朱使用がみられた。どこから採取された朱を用いたか交流を知る上でも大いに興味があり、今回分析する機会が得られたので報告する。

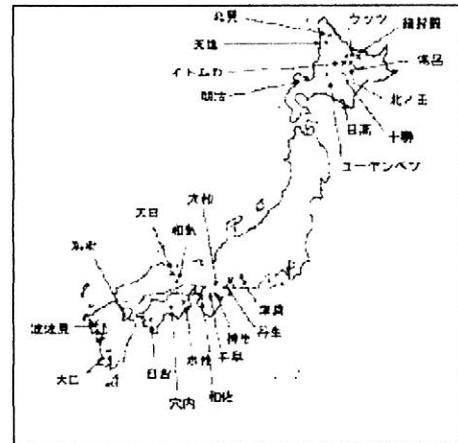


図1. 北海道および西日本各地の主な朱鉱山

2. 測定試料と方法

北海道各地の朱鉱山 19 箇所より朱鉱石 80 サンプルを得、これを分析に供した。朱鉱山の場所の一部を図1に示す。遺跡朱は、千歳市美々遺跡より採取した。

イオウ同位体比分析は、Minami et al¹⁾の方法に従って行い、³²S に対する ³⁴S の存在

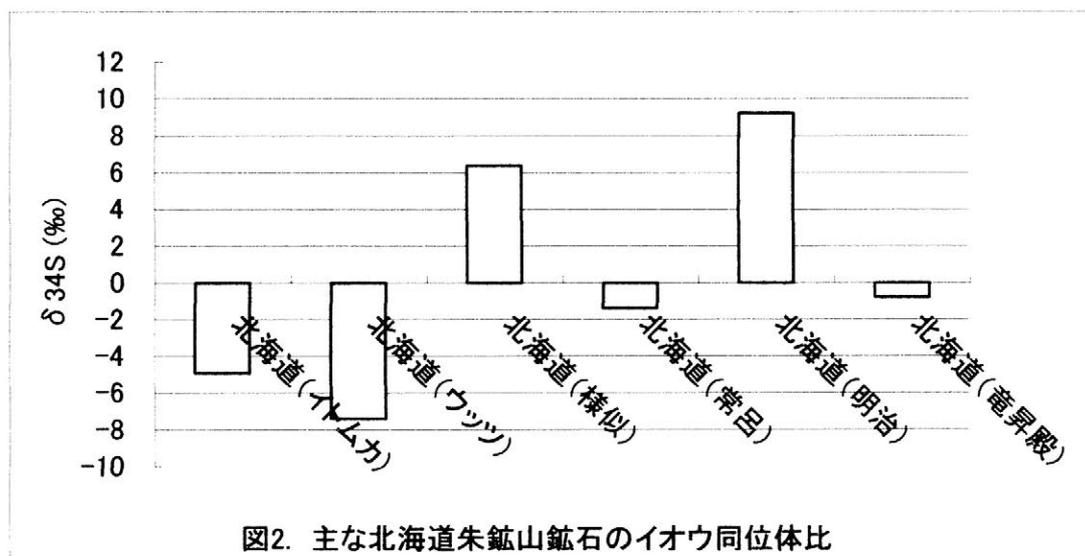
比を標準物質—キャニオン・ディアブロ隕石中のトロイライト—の同位体比と比較し、 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) であらわした。

3. 結果および考察

北海道の朱鉍山は道央地方とその北側に多く存在するが、他の地域にも鉍山は点在している。日本最大規模のイトムカ鉍山朱鉍石のイオウ同位体比は-4.93 ‰であった。また竜昇殿鉍山朱鉍石は-0.79 ‰を示した。これに対し様似鉍山朱鉍石は+6.36 ‰、明治鉍山朱鉍石は+9.22 ‰であった (図 2)。概略的に北海道朱鉍石のイオウ同位体比分布を調べてみたところ、道央・道東・道北地方はマイナスの値を呈する鉍山が多く存在していた。これに対し、日高地方・道南地方はプラスの値を呈していた。

次に千歳市にある美々遺跡の朱イオウ同位体比を測定したところ、+3.79 ‰を示した。美々遺跡周辺には朱鉍山は存在していない。したがって他地域から朱を取り寄せて用いたと思われる。

イオウ同位体比分析では標準物質に比べ ^{32}S が多く存在するとマイナスの値を、 ^{34}S が多く存在するとプラスの値を示す。火山が多い日本では火山活動とともに朱が形成されるためか、標準物質に比べ ^{32}S を多く含みマイナス値を示すことが多い。一方火山活動がほとんどない中国産朱は ^{34}S を多く含み、プラスの値を示す。今日までの我々の測定結果から、日本産朱鉍石でプラスの値を出す鉍山は数少なく、美々遺跡でプラスの値が観察されたことは、道南地方あるいは日高地方の朱鉍石を使用した可能性が高い。更なる分析が行えれば、今後詳細な北海道内の朱流通経路の判明が期待できる。



1) T. Minami, A. Imai, M. Bunno, K. Kawakami, S. Imazu. Using sulfur isotopes to determine the sources of vermilion in ancient burial mounds in Japan. *Geoarchaeology: An International Journal* Vol. 20, 79-84 (2005).

北海道、東北北部地域の須恵器の産地問題

○ 三辻利一（鹿児島国際大）、越田賢一郎（北海道教育庁文化課）、上野秀一（札幌市埋蔵文化財センター）

1) はじめに

須恵器は古墳時代から平安時代に至るまでの数百年間にわたってほぼ全県（北海道を除く）で生産された。いわば、古代最大の窯業生産の産物である。その生産と供給の問題は古代社会史を考える上に重要である。しかし、生産と供給の問題を解明しようとする、その生産地（窯跡または窯跡群）が多だけに、生産地を整理し、普遍的な産地推定法を作り上げておかない限りは産地推定の作業に入ることは困難である。完全自動式蛍光X線分析装置を使い、長年にわたって全国各地の窯跡出土須恵器を大量に分析した結果、須恵器産地推定法は出来上がった。すでにこの方法を使って、産地推定の多くの実例が示されているが、それによると、古墳時代には須恵器生産地は和泉陶邑に集中しており、5～7世紀代にかけて、100基を越える窯跡が発見されている。他方、地方には限られた地域に数基程度の窯跡しか発見されていない。生産力の格差は極端に大きい。そして、各地の古墳からは地元産と推定される須恵器の他に、陶邑からの大量の搬入品が検出されている。

一方、8～9世紀代には陶邑の須恵器生産力は低下し、逆に、各地に100基を越える大規模窯跡群が発見されている。一部の大生産地の製品は「調」として平城京や平安京へ供給されていたといわれている。このことは須恵器伝播の流れは古墳時代には畿内から地方の古墳へ、平安時代には地方から中央へと逆流していたことを示している。

北海道内には須恵器窯跡が発見されていないので、北海道の遺跡から出土する須恵器は全て、本州から持ち込まれたものである。本州のどこから持ち込まれたものであるかはその当時、北海道の人々が本州のどの地域と交渉をもったかを考える上に重要なデータを供給することになる。

他方、本州最北限の地である津軽地域には唯一の須恵器窯群である五所川原窯跡群が発見されている。当然、至近距離にある五所川原産の製品が北海道各地から出土することが予想される。しかし、五所川原窯群は10世紀代に入って操業に入ったと推定されている。それにも関わらず、土器形式から9世紀代と推定されている須恵器も北海道の遺跡からしばしば出土している。このことは五所川原窯群以外の生産地の製品も北海道へ供給されていたことを示唆している。このことを考慮に入れて、北海道の遺跡出土須恵器の産地問題の研究には、第一生産地として、五所川原群を、また、第二生産地として近距離を優先して、岩手、秋田県の生産地を選択した2群間判別分析法を適用することを考えた。

さらに、北海道の須恵器の産地問題を考える上に参考になるとの考えから、北限の地、津軽地域の遺跡出土須恵器の産地問題も併せて検討することにした。

2) 分析法

北海道各地の遺跡出土須恵器は道内各地の教育委員会から提供された。また、母集団となる五所川原窯群、瀬谷子窯群、横手盆地窯群、秋田城周辺窯群の須恵器片試料はそれぞれ、五所川原市教委、岩手県教委、秋田県教委から提供された。

各須恵器片試料はまず、手動式研磨機で表面を研磨して表面付着物を除去したのち、タングステンカーバイド製乳鉢で100メッシュ以下に粉碎された。粉末試料は塩ビリングを枠にして高圧をかけてプレスし、内径2 cm、厚さ5 mmの錠剤試料を作成した。錠剤試料は試料ホルダーに固定され、自動試料交換器に並べられた。入射X線はスリットでしぼられ、内径1 cmの試料部分の全面に照射される。X線照射中は試料ホルダーが自転しており、X線が均等に照射されるようになっている。発生した蛍光X線はTAP、Ge、LiFの各分光結晶で分光され、比例計数管とシンチレーションカウンターで検出された。

定量分析のための標準試料としては岩石標準試料、JG-1が使用された。分析値はJG-1の各元素の蛍光X線強度を使って標準化された値で表示された。

本研究ではデータの再現性をチェックしておくことは不可欠である。JG-1の各元素の蛍光X線強度は毎日測定している。年間のバラツキは変動係数にして数%以下である。それに対して、1基の窯跡から出土する須恵器片を20～100点程度分析すると、そのバラツキは通常、10～20%程度である。本研究を推進する上に、本装置の分析精度はこれで十分であることを示している。また、窯跡出土須恵器片試料は数年に一度、再測定されており、95%以上の試料がもとの領域内に分布することが確認されている。再現性も十分であると判断している。

母集団を任意に選択し、2群間判別分析を行う。5%の危険率をかけたホテリングのT2検定にかけて、各母集団へ帰属するための必要条件を設定し、消費地遺跡出土須恵器はこの必要条件を満足するかどうかを基準にして産地推定を行う。

3) 分析結果

2群間判別分析図の一例として、五所川原群と秋田城周辺にある古城窯間の判別図を図1に示す。使用因子はK、Ca、Rb、Srの4因子である。5%の危険率をかけたホテリングのT2検定の結果、 $D^2(五所川原) < 10$ が五所川原群に帰属するための必要条件である。 $D^2(古城) = 15 \sim 100$ が十分条件と考えられる。この条件で五所川原産の製品を検出した遺跡を図2に示しておく。この他に、本州の他の地域の生産地を探索した結果についても報告する。

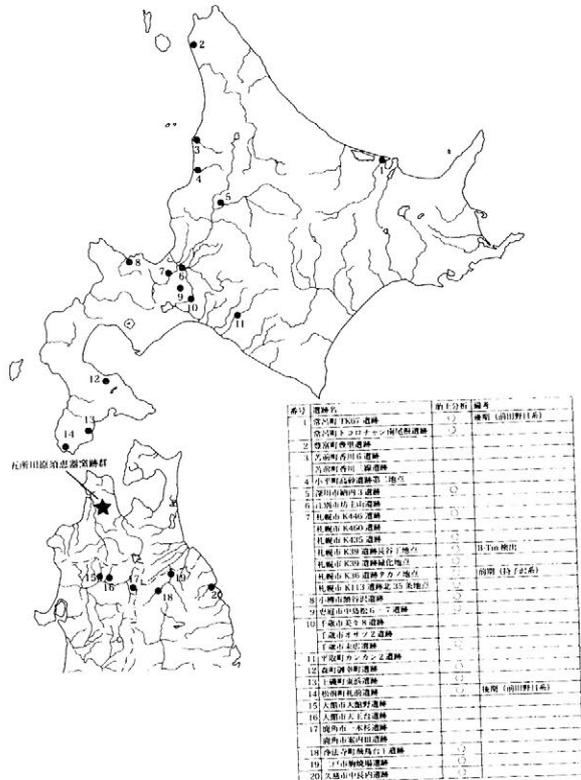
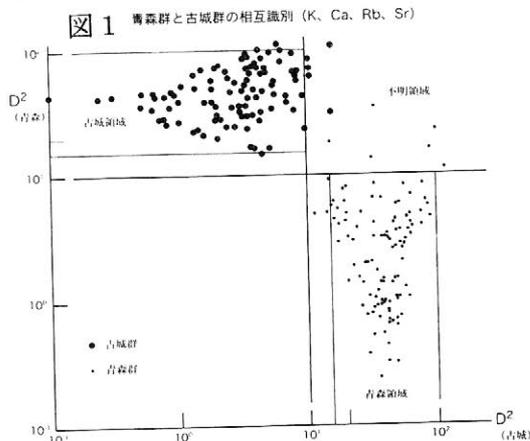


図2 青森県外の五所川原産須恵器出土遺跡分布図 (三浦・神 1997を元に作成)

引用文献：「五所川原須恵器窯跡群」(2003)
五所川原市教育委員会

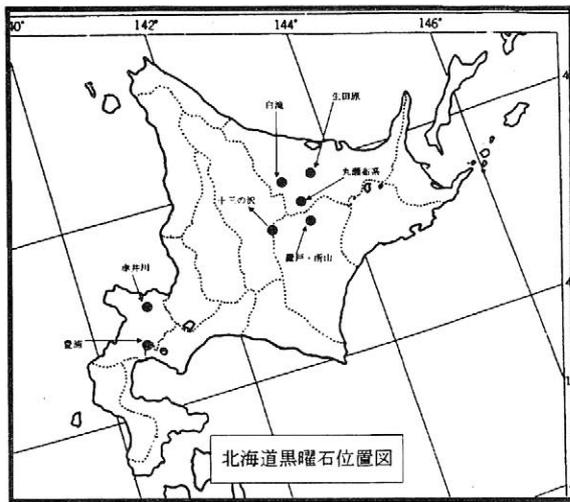
北海道の原産地黒曜石の蛍光X線（XRF）による岩石学的分類

○井上 巖*、豊原熙司**、松村愉文***

*（株）第四紀地質研究所、**文化財サポート(有)、***白滝村教育委員会

黒曜石はガラス光沢を有する流紋岩質～石英安山岩質のガラス質火山岩¹⁾であり、黒曜石を分析するのであれば火山岩として分析すべきである。

火山岩の主要元素はSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, Kなどであり、分析値はこれらの酸化物濃度で表示すべきである。本来、岩石の分析値は酸化物濃度で表示することは地質学分野では慣例となっているからである。火成岩の分類²⁾はSiO₂の量によってSiO₂が45～52%は



玄武岩、52～66%は安山岩、66%以上は流紋岩と規定されている。

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

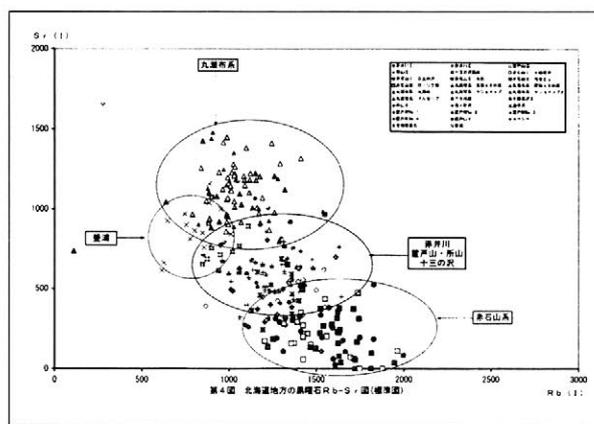
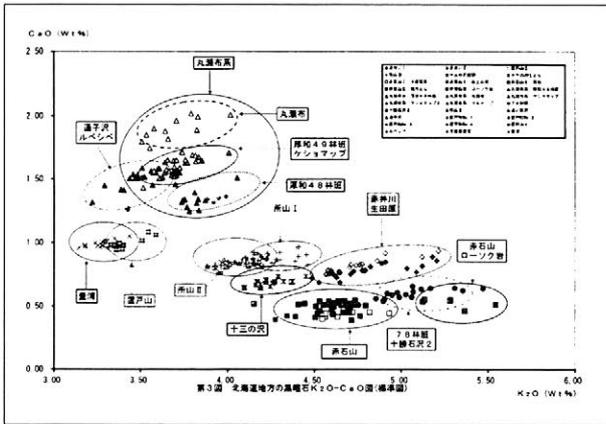
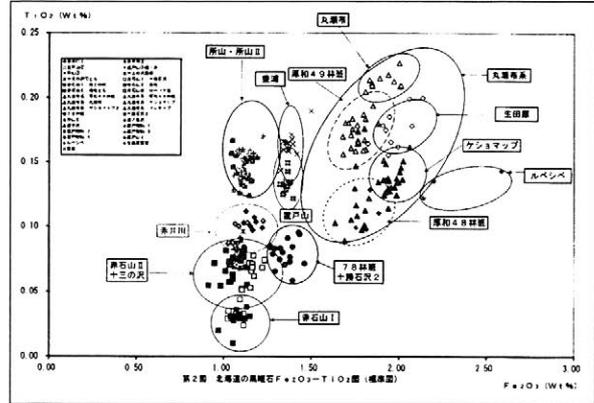
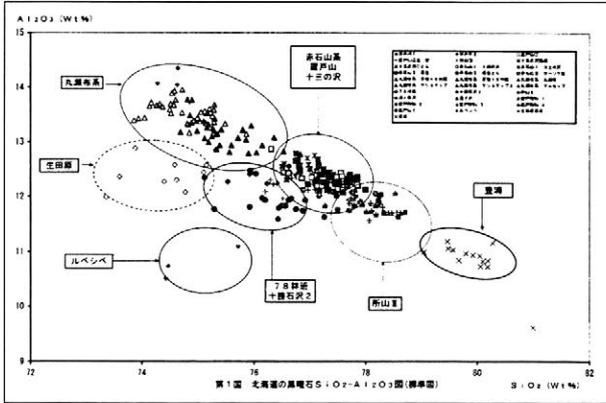
露頭より採取した黒曜石の試料をハンマーで打ちかき、比較的平滑な面を分析面とする未整形試料を作成し、X線照射範囲が約15 mmφの試料台に直接のせ分析した。実験条件はバルクFP法(スタンダードレス方式)、分析雰囲気=真空、X線管ターゲット素材=Rh、加速電圧=30 kV、管電流=自動制御、分析時間=200秒(有効

分析時間)で分析した。

分析対象元素はSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Rb, Sr, Y, Zrの14元素、分析値は岩石(黒曜石など)の含水量=0と仮定し、100%にノーマライズされた形式で主要元素を酸化物の重量%で表示した。Rb、Sr、Y、Zrは積分強度で表示した。(積分強度は分析試料の大きさの影響を受ける。)

主要元素の酸化物濃度(重量%)でSiO₂-Al₂O₃, Fe₂O₃-TiO₂, K₂O-CaOの3組の組み合わせで図を作成した。微量元素はRb-Sr図を積分強度で作成した。これらの図から黒曜石の産地ごとの化学組成上の特性を検討した。

原産地黒曜石を主成分元素の酸化物濃度(Wt%)と微量元素の積分強度で分類するとSiO₂は72～81%の範囲で分布し、SiO₂の濃度は北海道の東側では高く、西に向って低くなる傾向がある。Fe₂O₃の濃度では東側の丸瀬布系は1.5～2.3%の領域にあり、西側の赤石山、所山、置戸山、赤井川などは0.8～1.5%の領域にある。K₂O-CaOの相関では東側の丸瀬布系はCaOが1%以上と高く、西側は0～1%の領域にある。Rb-Srの相関では東側の丸瀬布系はSrの強度が高く、西側では低い傾向にある。



酸化物濃度による分類では次の過程で分類することを提唱する。3)

- ステップ 1 : SiO_2 の領域で岩石の岩質を特定する。
- ステップ 2 : $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ 対比による原産地分類
- ステップ 3 : $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ 対比で領域が重複したり、分散したりして分類できないものは $\text{K}_2\text{O}\text{-CaO}$ 対比での分類
- ステップ 4 : $\text{K}_2\text{O}\text{-CaO}$ 対比で分類できないものは $\text{Rb}_2\text{O}\text{-SrO}$ 対比でおこなう。

従来の黒曜石分析の科学者が行ってきた元素比(たとえば Ca/K などの形式)による分析もこのステップでおこえば岩石学的な要素が反映されるのではないか。本研究で試みた手法では、岩質決定の主要パラメータである SiO_2 が提示され、地質学における岩質分類もできる点が元素比による分析とは異なる。

文献

- 1) 山田直利 (1979) 地学辞典 平凡社 p.376.
- 2) 斎藤正徳、富田晋高 (1998) 基礎からよくわかる地学 I B 旺文社 p.133.
- 3) 井上巖 (2004) 東北日本における原産地黒曜石の蛍光X線分析(XRF)による岩石学的分類 軽石学雑誌第11号 P.31~52.

ロシア・極東北東域の旧石器遺跡から出土した黒曜岩

○吉谷昭彦*、セルゲイ・スロボーディン**、友田哲弘***

*鳥取大学名誉教授、**ロシア・科学アカデミー極東支部、***旭川市教育委員会

研究の目的

氷河時代にシベリア北東部からアラスカに人類が移動したことは明らかであるが、その物証が未だ得られていない。このことを石器時代の遺跡から出土する当時の石器の原材の一つであった黒曜岩の原産地特定を行うことによって、人類の社会の動態および移動の実態を明らかにすることを目的とした。

研究の経緯

2003年8月～9月および2004年10月に、ロシア科学アカデミー極東支部マガダン総合研究所との共同研究として、石器時代の遺跡から出土した黒曜岩製の石器の破片および剥片についての化学分析を行い、黒曜岩の原産地特定の作業を行った。

2003年の調査では、マガダン州に分布する旧石器遺跡から出土した黒曜岩は得られず、アナディール州およびカムチャッカ州に分布する旧石器遺跡から出土した黒曜岩試料、さらにアナディール州での黒曜岩原産地であるクラスノエ湖（赤い湖）産、アラスカ州中央部産の黒曜岩原石を持ち帰り、蛍光 X 線による破壊分析（WDX）、非破壊分析（EDX）を行った。

結果

化学分析による黒曜岩の原産地特定については、クラスノエ湖産の黒曜岩は、アナディール州全域にわたる旧石器遺跡から出土していることが判明した。さらに予報として記述するが、Dr.Cook から藁科哲男博士に託されたアラスカの遺跡から出土した黒曜岩剥片の中に、クラスノエ湖産の黒曜岩が認められることが、EDX 分析によって判明している。いずれ別途、公表する予定である。

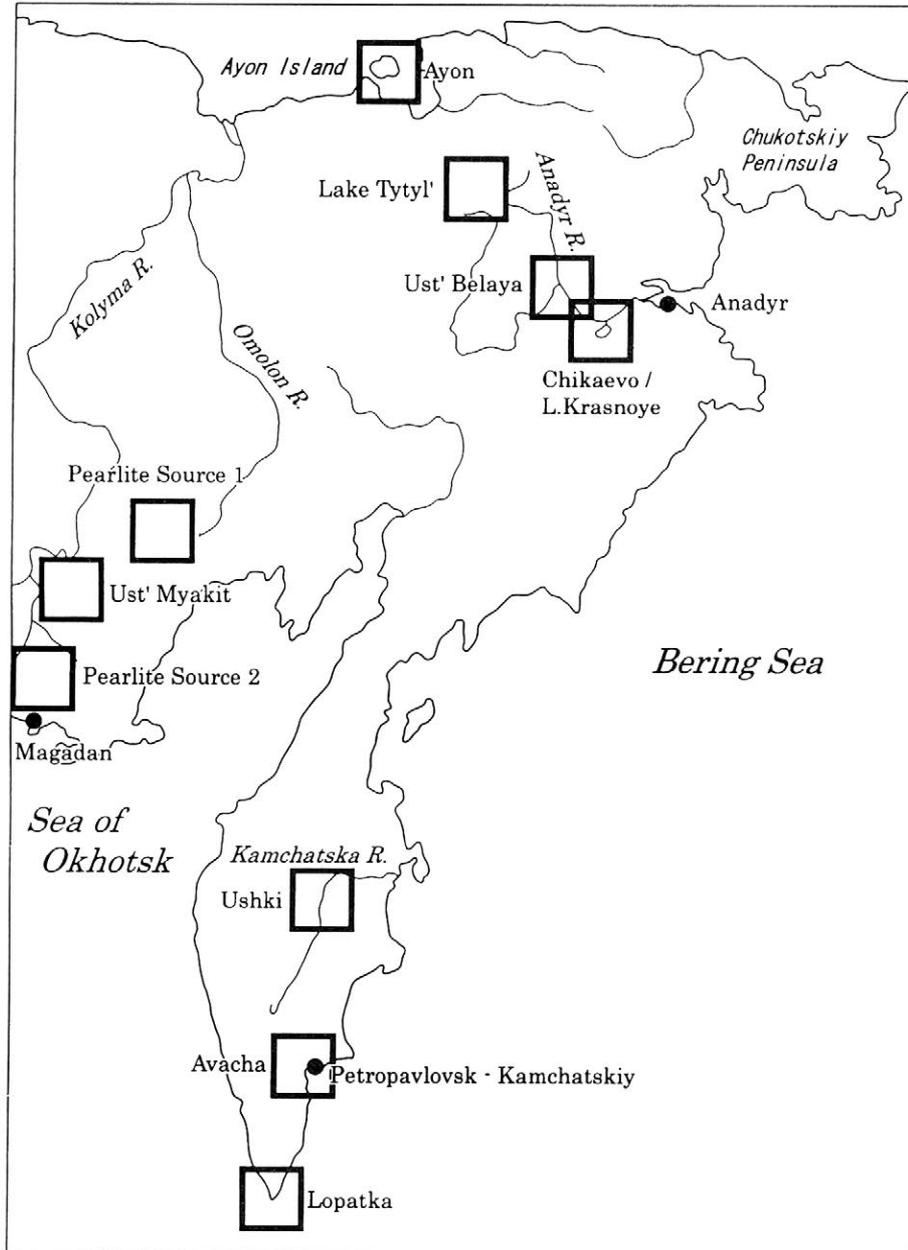
2003年の調査結果については、昨年度の本学会で発表したが、その後の再検討の結果、若干の修正が必要となったため、改めて今回に発表することにした。

追記

2004年10月には、マガダン州のオムロン川流域およびコリマ川流域に分布する Meso-lithic および Neo-lithic Age の遺跡から出土した微小な黒曜岩遺物を持ち帰り、主として非破壊での EDX 分析を行った。これらの分析結果および解析結果については、分析を担当した藁科哲男博士との共同研究の成果として、改め

て公表することにし、今回は予報として述べるにとどめたい。

2004年10月のマガダン市に所在する総合研究所での共同研究の検討会の際に、同研究所の地質学研究者からマガダン州に、黒曜岩の原産地が数箇所存在する、との情報がもたらされた。早急に黒曜岩原石と産状、原産地地点、地質系統や地質年代などの資料を送付してくれるように要請している。これらの資料が送られてくると、ロシア・極東北東部からアラスカに至る、黒曜岩を基にした石器時代の人類の社会的動態が、より一層明らかになるだろうと思われる。



能登・加賀の縄文時代遺跡出土石器の異地性石材の産地同定

—北陸における石器石材解析に基づく原始時代の交易に関する基礎的研究 (1)—

藤 則雄

金沢大学・金沢学院大学

1. 研究目的

北陸地方の原始時代における交易を解明するためには、基本的には、当時の諸資料に基づいて土器圏や石器圏等を解析する必要がある。

その第一段階として、本地域の遺跡からの出土石器の石材（石質）、殊に遠隔地から何らかの方法によって搬入されてきた、いわゆる異地性石材の岩石鑑定をなし、それら石材の供給源（産地）を現時点での地質学・岩石学・鉱物学的資料に基づいて特定し、当該遺跡の岩石圏の範囲を確定し、第二段階において、土器圏等による解析結果とも併せ勘案し、当時における交易の実態を解明することを一連の研究の目的とし、本研究を行なう。

尚、石器石材の産地同定に係わって、第一次分布地（地質的源産地）の他に、第二次分布地（漂礫）からの供給を検討すべく、富山県～新潟県に至る親不知・子不知海岸からの漂礫をも採集し、それらの石質鑑定を行ない、これら漂礫の石質と能登・加賀の遺跡からの出土石器石材との相関性についても検討した。更に、これら異地性石材の搬送法についても検討することとした。

2. 研究対象遺跡

北陸地方に分布する縄文時代の考古学的遺跡のうち、石器の出土数が多く、それらの出土層準（時代）や考古学的資料がよく整備されている遺跡としては、

能登地域：縄文早期～前期三引遺跡	前期～弥生時代真脇遺跡	
前期福浦へらそ遺跡	前期～後期 曾福遺跡	後期気屋遺跡
加賀地域：縄文前期上安原遺跡	中期古府遺跡	中期～後期北塚遺跡
後期～晩期御経塚遺跡		

3. 研究方法

本研究の手法は、次の3段階にわたって、行なう。

I: 石材鑑定

能登および加賀地域の縄文時代遺跡から出土した数千に及ぶ石器の石材鑑定を

①肉眼鑑定 組成—鉱物の種類、二酸化珪素の量、特殊鉱物種、粒度

組織—完晶質・斑晶質、堆積層理、片理構造、

硬度—モース硬度

色調—優白質・優黒質、特殊な色彩

その他—特殊包含物（微化石・特殊鉱物・特殊元素等）

②岩石顕微鏡鑑定 組成・組織・光学的属性・色調

③蛍光x線分析 元素定性分析・元素定量分析

等の鑑定・分析等の手法を当該石材の種類・性質に応じて行なう。石器の石材については、無破壊・無変質を原則とするので、その鑑定は肉眼鑑定と蛍光x線分析が基本。

II: 石材の分布地域による区分

1) 分布地区分— 能登・加賀地域の縄文時代遺跡からの出土石器の石材を、

- ① 現地性石材 (遺跡周辺。遺跡から半径20km)
- ② 周縁性石材 (遺跡から20~50km)
- ③ 異地性石材 (遺跡から50km以遠) に3区分

2) 異地性石材の分布地の詳細な検討

III: 漂礫の石質鑑定

石器石材の産地同定に係わって、第一次分布地 (地質的源産地) の他に、第二次分布地 (漂礫) からの供給を検討すべく、富山県~新潟県に至る親不知・子不知海岸の漂礫についても石質鑑定を行なう。

IV: 石器圈の検討

V: 石材の供給源と搬送法の検討

4. 結論

1) 研究の遺跡・方法

研究対象の縄文時代の主要遺跡としては、能登では縄文早期末三引遺跡・前期~弥生時代真脇遺跡・前期~後期福浦へらそ遺跡・曾福遺跡・中期~後期赤浦遺跡・中期上山田遺跡・後期気屋遺跡であり、加賀では縄文前期~弥生時代上安原遺跡・中期古府遺跡・中期後葉北塚遺跡・中期~晩期中屋サワ遺跡・後期畝田寺中遺跡・後~晩期米泉遺跡・後~晩期御経塚遺跡等である。

これら遺跡からの出土石器の石材を肉眼鑑定・蛍光X線分析・岩石顕微鏡法等で鑑定し、現地性石材・周縁性石材・異地性石材に3分類し、検討した。なお、併せて、新潟県糸魚川~青海・富山県東縁部の現海岸と河川域の漂礫についても石質鑑定を行なった。

2) 出土石器石材と漂礫石質の検討結果

出土石器の石材の検討の結果、異地性石材のうちで、黒曜石・滑石を除く翡翠・非結晶質石灰岩・蛇紋岩・輝緑凝灰岩・粘板岩・古生代砂岩・変橄欖岩・結晶片岩類は、新潟県糸魚川~青海・富山県東縁部を源産地とする石材であり、富山県~新潟県県境の親不知・子不知海岸と河川域の漂礫の中にも認められた。

3) 石材の供給源と搬送法についての作業仮説

- ① 富山県宮崎~新潟県親不知・子不知海岸・河川の漂礫の利用
- ② 搬送法
 - (a) 搬送船 (ハード): 丸木舟・『樹枝+草本茎葉舟』
 - (b) 搬送法 (ソフト):
 - 直接搬送
 - 陸路
 - 沿岸路
 - 海路
 - 間接搬送

鉛同位体比から見た青銅製鋤先

○平尾良光、淀川奈緒子、渡辺智恵美（別府大学 文学部）

谷水雅治（海洋研究開発機構）

比佐陽一郎（福岡市埋蔵文化財センター）

1 はじめに

青銅製鋤先は農耕用具として、弥生時代後期に北九州を中心として利用された。一般的には日本における鋤は木製であるが、青銅製の鋤先はこの木製鋤の先端に青銅製の刃を取り付けて利用されたと言われる。青銅製鋤先はその形式の違いから、「形式1, 2」などとも分類されており、分布地域の違い、あるいは時代的な変遷も指摘されている。このような青銅製鋤先に関する理解を深めるために、青銅材料の産地を推定することを試みた。

今回、福岡市埋蔵文化財センターに収蔵されている約20点の青銅製鋤先の鉛同位体比を測定し、今までに測定された約20点の資料とを合わせて考察した。

2 鉛同位体比の測定

各資料から鍍を微量採取した。鍍試料を硝酸で溶解し、直流2Vで電気分解した。陰極に集まった鉛を溶解して、同位体比分析に供した。本研究では鉛同位体比測定にICP質量分析計を利用した。最新の二重収斂型ICP質量分析計の精度と安定性は従来の表面電離型質量分析計と比較して数段向上している。また、試料測定速度が20試料/日と非常に速い。

3 結果と考察

測定された銅鋤先の鉛同位体比分布を図1で示した。この図から鋤先資料の特徴を理解するために青銅に含まれる鉛同位体比の時代的な変遷を理解しておく必要がある。

1) 青銅は弥生時代前期末～中期初頭に日本で利用されるようになったとされる。この時期の青銅材料は鉛同位体比の図では朝鮮半島産の材料領域に分布する。この時期の資料例として、細形銅矛、最古段階銅鐸（菱環鈕式）などがある。

2) 弥生時代中期に、青銅材料の鉛同位体比は図で中国前漢鏡と示される鉛同位体比領域へと変化した。朝鮮半島産の材料はなくなる。前漢鏡が示す鉛同位体比は華北産の鉛と推定される。この時期の資料として、中広形銅矛や中段階の銅鐸（扁平鈕式）がある。

3) 弥生時代後期に、青銅材料の鉛同位体比は図中、中国前漢鏡が示す領域の中でも特に‘a’領域と示される狭い領域に集中する。

銅鋤先はそのほとんどが‘a’領域付近に集中した。1つの資料が朝鮮半島産材料の方向に位置した。それ故、‘a’領域付近を拡大して、図2とした。

これらの事実をどのように考えるかを考察する。

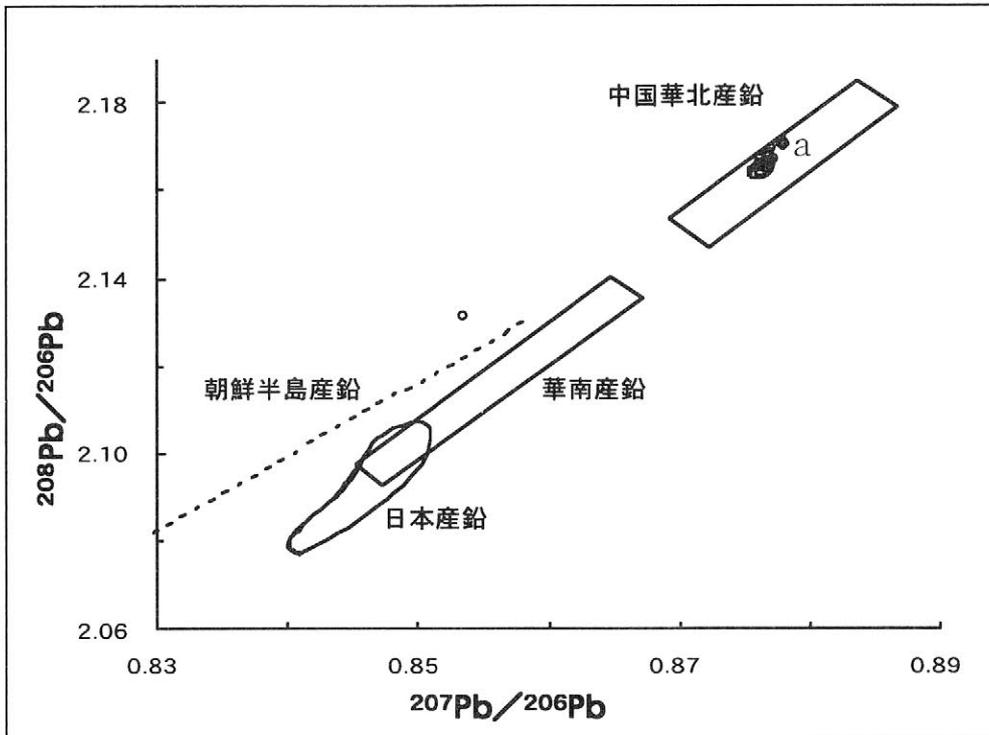


図1 青銅製鋤先の鉛同位体比分布 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)
ほとんどの材料は‘a’領域付近に集まった。1つの資料は朝鮮半島産材料の方向に位置した。

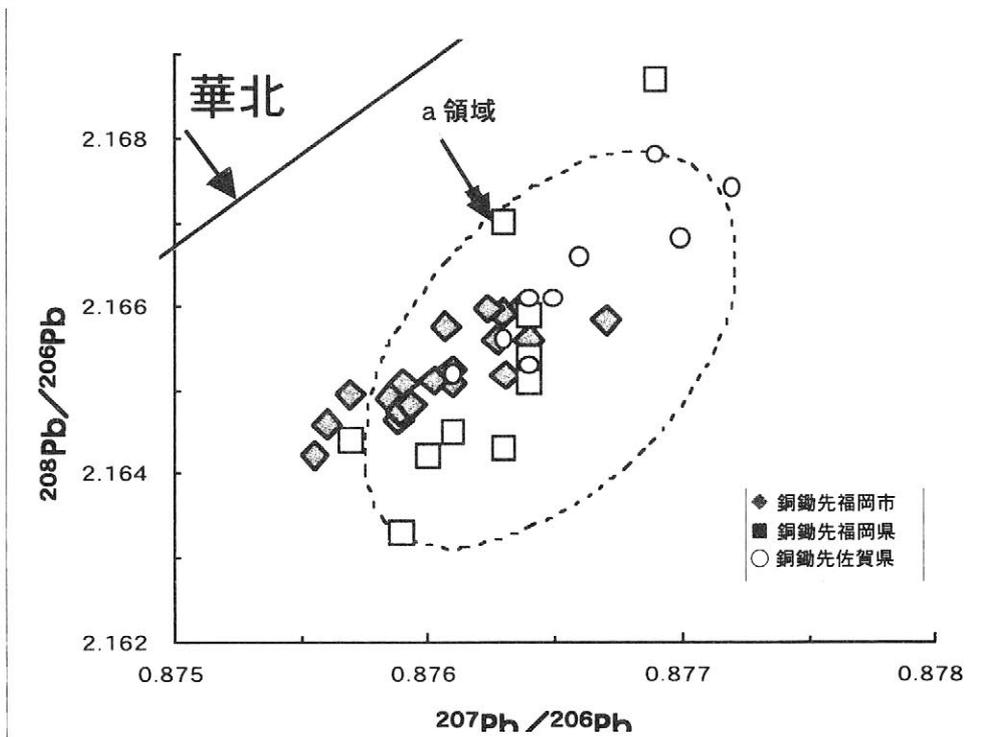


図2 ‘a’領域付近の拡大図。
青銅製鋤先はほぼ‘a’領域に含まれている。

放射線誘起ルミネッセンス年代測定法における いくつかの問題点

○橋本哲夫*・八幡 崇**・野村幸子**

* 新潟大学理学部・**大学院自然科学研究科

1. はじめに

考古遺物の内、焼成作用や使用時の太陽光曝が明らかで使用後そのまま堆積土に埋もれていたと推定される試料では、熱ルミネッセンス(TL)や光励起ルミネッセンス(OSL)測定により、経過時間に対応した蓄積放射線線量(Paleo Dose, PD)が評価できるとされている。この PD を試料片が埋まっていた場所での年間の放射線線量(年間線量)で除すことで、経過年代を求めるのがルミネッセンス年代測定法である。PD が何処まで正確に求まるかが、年間線量評価同様にルミネッセンス年代測定法の鍵となることは自明であろう。現在、PD を見積もるために考古遺物などから石英粒子と長石粒子を分離精製し使用する。石英粒子に対しては赤色 TL(RTL)と青色 TL(BTL)測定のほか、青色光を照射して紫色域のルミネッセンスを測定する OSL が知られている。一方、長石粒子に対しては、可視光域の TL 測定も赤外光励起ルミネッセンス(IRSL)測定でも、長石特有の異常減少(anomalous fading)が生じており、PD が小さく見積もられることが知られている。しかしながら、長石では 700nm 以上の長波長領域では異常減少はないため TL と IRSL 両測定とも正確な PD 見積もりの可能性が残っている。

本報告では、焼成考古遺物として縄文土器片と原爆被爆屋根瓦片をルミネッセンス測定試料として用いた。前者は自然放射線を長期間にわたって被曝してきた結果としての PD(蓄積放射線線量)を、後者はほぼ 60 年前に大量の放射線に瞬時に曝され今も残留する蓄積放射線線量を記録している。これらの PD 値を幾つかのルミネッセンス測定法で見積もり比較することで、ルミネッセンス源の安定性を調査した。

2. 実験方法

新潟県奥三面川縄文遺跡から得た 9 片の縄文土器片と広島・長崎市の爆心地で採集した屋根瓦片 2 片を用いた。光曝や被爆時の熱線の影響を避けるため表面層約 3mm を除去した後、穏やかに粉砕し、水洗・磁性鉱物を磁石で吸着除去・酸アルカリ処理後、最終的に重液で石英粒子(比重 2.63-2.67)と長石粒子(<2.63)を相互に分離した。石英粒子についてはフッ化水素酸により表面層をエッチング除去し、75-150 μ m の粒径とした粗粒子法を適用した。

TL, OSL, IRSL を含むルミネッセンス測定には小型 X 線発生器を搭載したルミネッセンス自動測定システムを用い、単分画再現(Single aliquot regenerative-dose, SAR)法を適用した。繰り返し測定による感度変化の補正も行っている。

3. 結果・考察

9 個の縄文土器片からの PD の結果を表 1 に示す。石英粒子を用いた BTL や OSL、更には長石粒子を用いた IRSL(可視光域検出)測定からの天然蓄積放射線線量は RTL 測定からの線量結果に比べて、明らかに低い線量値を与えている。縄文土器の焼成はほぼ 800 $^{\circ}$ C であると推定されており、450 $^{\circ}$ C 以上の温度で全てのルミネッセンス源はゼロセットされていることから考えると、焼成終了後からルミネッセンス源の蓄積が

再スタートしたはずである。従って、同一土器中の石英中では TL と OSL 現象では、ルミネッセンスセンターと捕捉電子が同じ挙動をするとすれば、同一の PD を与えると考えられる。しかしながら、表 1 の結果からは、いずれの土器片でも石英粒子の RTL 測定からの PD に比較して、BTL と OSL からの PD は小さい値かあるいは検出不能となっている。BTL と OSL 源は RTL 源に比較して不安定であることが分かる。これらの結果は RTL, BTL, および OSL 源がそれぞれ異なっていることを示唆している。一方、長石粒子からの IRSL 測定による PD は RTL 測定による PD の 30% が最高であり、残りは 20% を下回っている。長石粒子の場合、K-40 などの放射性核種を含んでいるため、年間線量値として内部照射線量を用いねばならず、石英粒子の粗粒子法の場合での外部照射線量より 20-30% 高い年間線量となる。実験結果から長石粒子の IRSL からの小さな PD は、長石粒子に特徴的なルミネッセンスの異常減少効果が大きいことを意味しており、石英粒子からの BTL や OSL 測定と同じ様に長期間の安定性を要する考古遺物の年代測定には不向きであるといえる。

これらの蓄積線量の結果を基に、一番安定な RTL 測定からの PD と年間線量値を用いて年代値を評価し、RTL 年代値として表に示した。予想年代値は土器編年から求められた。ここでの RTL 測定に基づく年代値は縄文時代区分の上ではほぼ妥当なものが得られている。特に、加曽利 B3 形式の RTL 年代値は 4600±670 年と見積もられており、AMS による炭素-14 年代値が 4400 年付近に落ち着きつつ有ることを勘案すれば、RTL 年代測定法が高い信頼性を有していると言えるであろう。

1995 年以前の TL による年代測定は全て BTL 測定で行ってきており、我が国は火山国であることと焼成考古遺物からの抽出石英が殆ど例外なく RTL 特性を示すので、縄文草創期土器に関する従来の BTL 年代値はもとより TL による年代値の再測定が必要と言える。

広島と長崎市での原爆被爆屋根瓦から抽出した石英・長石粒子のルミネッセンス測定結果からも、石英粒子からの RTL 源が一番安定であり RTL 被曝線量結果は推定被曝線量とも一致しており RTL 測定が信頼性高いことが裏付けられた。

表 奥三面縄文土器片から抽出した石英・長石粒子試料からの SAR 法を用いた RTL, BTL, OSL, IRSL(長石粒子)による蓄積放射線量値(PD)と RTL 年代値

土器片試料	様式・時期	蓄積放射線量 (FD) (Gy)				年間線量 (mGy/a)	RTL 年代 (年前)	予想年代 (年前)
		RTL	BTL	OSL	IRSL*			
アチヤ平								
土器(1)	南二十福場式	13.1 ± 4.0	6.3 ± 1.4	11.3 ± 2.0	0.7 ± 0.2	3.47 ± 0.11	3800 ± 1150	4000
土器(2)	新保式	17.3	検出されず	15.2	0.92	3.27 ± 0.11	5300 ± 180	5000
土器(3)	加曽利 B3 式	14.7 ± 2.1	13.3	検出されず	2.8 ± 0.4	3.17 ± 0.11	4600 ± 670	3500
土器(4)	前期後葉	11.6 ± 3.3	4.4 ± 2.2	5.6 ± 2.2	検出されず	1.80 ± 0.08	6400 ± 1860	6000
土器(5)	前期中葉	14.8 ± 3.5	9.3 ± 0.8	6.3 ± 0.8	0.2 ± 0.1	2.18 ± 0.09	6800 ± 1640	6000
土器(6)	前期前葉	26.0 ± 2.2	検出されず	検出されず	3.9 ± 0.1	3.69 ± 0.12	7000 ± 630	6000
下ソリ								
土器(7)	後期後葉	15.0 ± 2.4	1.47	6.9 ± 2.0	2.0 ± 0.2	3.44 ± 0.11	4400 ± 710	5000
ミヤソリ								
土器(8)	花積下層式	22.7 ± 2.9	検出されず	11.8 ± 0.9	7.1 ± 1.7	3.01 ± 0.11	7500 ± 1000	6000
元屋敷								
土器(9)	後期後葉	12.2 ± 1.0	検出されず	10.5 ± 2.5	0.13	3.17 ± 0.13	3800 ± 360	3500

*長石粒子試料
他は全て石英粒子試料

焼成考古遺物の放射線誘起ルミネッセンス年代測定

○中田裕子*、橋本哲夫**

*新潟大学大学院自然科学研究科、**新潟大学理学部

1. はじめに

焼成考古遺物中には一般的に石英・長石が含まれている。それらは、環境中の放射性系列の核種や宇宙線などから自然放射線の電離作用を受け、電子と正孔を生成する。これら電子と正孔のごく一部は結晶中の格子欠陥や不純物に捕えられ、準安定な捕捉電子と正孔として存在する。その後の抽出鉱物試料への加熱により、捕捉電子は熱励起され正孔と再結合し、熱ルミネッセンス (thermoluminescence, TL) と呼ばれる発光現象を呈する。この熱ルミネッセンス強度は、焼成考古遺物生成時の加熱によるゼロセット以後の自然放射線由来の蓄積放射線線量 (以後、蓄積線量) に依存する。ルミネッセンス測定から得られた蓄積線量をその場所ごとの年間線量で除す事により、経過年代を見積もる事ができる。この方法は、TL 年代測定法と呼ばれ、焼成考古遺物等の年代測定に利用されている。当研究室では、世界に先駆けて石英からの赤色熱ルミネッセンス (Red TL, RTL) 現象を見出し、焼成考古遺物試料より抽出した石英粒子からの RTL 測定に基づいた年代測定法が予想経過年代に近い値を示し、年代測定に適用可能である事を報告してきた¹⁾。

今回は、焼成考古遺物である奈良時代の屋根瓦を用い、周囲の瓦との重なり方の異なるいくつかの部位と、弥生時代の吉野ヶ里遺跡の甕棺のかけら数片から抽出した石英粒子を用いて、RTL 年代測定法の有効性を再確認するための調査を行ったので報告する。

2. 実験操作

2.1. TL 測定

試料は、新薬師寺屋根平瓦 (奈良県、西暦 747 年建造) を用いた。光によるブリーチングの影響を避けるため、全ての操作は赤色微弱光下で行った。瓦片は葺かれていた状態をもとに 6 部位に切り分け、太陽光ブリーチングの影響を排除するため内部分のみを使用した。試料粉碎後、水洗処理し、風乾後磁性成分との分離後、塩酸、水酸化ナトリウム水溶液処理を行った。得られた白色鉱物成分について、重液を用いて比重 2.64 ~ 2.66 の石英粒子成分を抽出分離した。石英粒子表面部分での α 線の影響を除去するため、フッ化水素酸表面エッチング処理を行った。洗浄乾燥後にふるいを用いて 75 ~ 150 μm の粒径に整え、TL 測定試料とした。

石英粒子からの TL 発光波長を確認するため、微弱光オンライン分光システム (IPDA) を用いて TL 波長分光測定を行った。この結果と TL カラーイメージ (TLCI) に基づき新薬師寺瓦に含まれていた石英粒子は RTL を示す事を確認した。そこで、RTL 測定に適

した光電子増倍管、光学フィルターを決定した。

TL測定は小型X線発生器を搭載したTL/OSL自動測定システムを用いて行った。同一石英分画試料約5mgに対して、単分画再現(SAR)法を適用し蓄積線量を見積もった。まず、同一分画に対し、自然放射線由来のTL(natural TL, NTL)を測定し、一連の測定から様々なX線線量に対するTL(artificial TL, ATL)を測定し、線量増加に伴ういくつかのTLグローカーブを得た(例、Fig.1)。NTLに対するATLの発光応答の良好な温度域におけるTL強度の積算値を照射線量に対してプロットし、ATLの線量応答曲線を得た。ATLの線量応答曲線に、NTLの積算値を内挿する事で自然蓄積線量を求めた。

2.2 年間線量測定

Ge半導体検出器を用いて、 γ 線スペクトルから瓦中の天然放射性核種U、Th系列および ^{40}K の定量を行った。放射性核種の含有量を年間線量に換算し、瓦の厚さに対する線量分布を計算し²⁾、瓦中の石英粒子の年間線量を見積もった。

3. 結果・考察

RTL測定により見積もられた自然蓄積線量は各部位毎に異なる値を示した。また、部位毎の年間線量の違いも観測された。これらの結果を用いて得られた部位毎の年代値をFig.2に示す。得られた年代は、蓄積線量、年間線量の違いに関わらず、部位6を除いてどれも予想経過年代(1258年)に近い値を示した。本実験より、RTLを用いた蓄積線量測定と、実測と計算により得られた年間線量の見積もりによる年代測定法の有効性が確認された。

現在、佐賀県吉野ヶ里遺跡から出土した甕棺の破片に関するにも同様に、RTL年代測定法を適用し、その有効性を検討している。

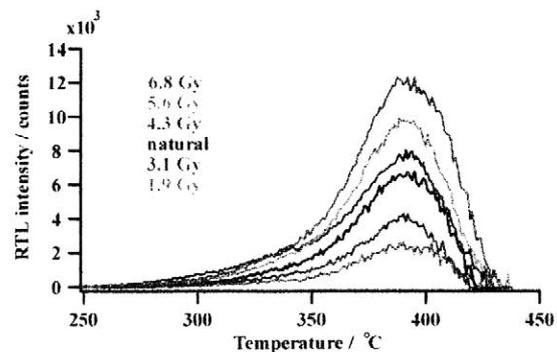
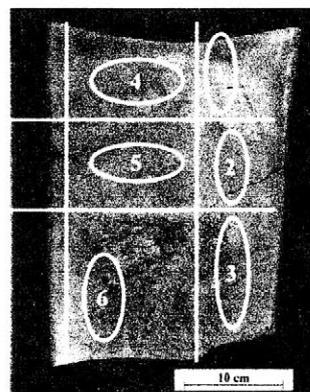


Fig.1 RTL glowcurves from quartz grains extracted from roof-tile pieces(part-4) accompanied with artificial irradiation



Part	Age / year
1	1180 ± 70
2	1220 ± 80
3	1200 ± 100
4	1260 ± 90
5	1270 ± 100
6	1400 ± 100

Fig.2 Results of age obtained from RTL measurements

- 1) T. Hashimoto, T. Yawata, M. Takano, *Ancient TL*, **21**, 85-91, (2003).
- 2) Aitken, M. J. "Thermoluminescence Dating", Academic Press (1985).

韓国臨津江・漢灘江流域溶岩台地のルミネッセンス年代測定と 旧石器遺跡の形成史復原の試み

○長友恒人*、下岡順直**、大西香菜*、李鮮鰻***

(*奈良教育大、**奈良女子大、***ソウル大学校)

1. はじめに

臨津江は、朝鮮半島の軍事境界線に沿って北東から南西へ流れる河川である。1978年、臨津江支流の漢灘江流域に位置する全谷里において表採された石器はアシューリアンタイプのハンドアックスやクリーバーであるとされ、東アジアをチョッパー=チョッピング・ツール文化圏と提唱した H. L. Movius Jr 仮説の再考を促す契機となった。1979年に、全谷里においてソウル大学校など6機関の共同発掘調査が行われ、以後、臨津江および漢灘江流域では、全谷里をはじめ各地点で発掘調査が行われた。その結果、全谷里と類似する石器インダストリーが、元當里、佳月里・舟月里、金坡里などで発見された他、朝鮮半島西海岸沿いの深谷里などでも発見された。

現在の臨津江・漢灘江は溶岩台地を開析するように流れている。この溶岩台地は江原道平康付近を給源とする玄武岩質溶岩流によるもので、溶岩流によって臨津江は何度か堰き止められたと考えられている。旧石器遺跡は溶岩台地上の堆積物中から検出され、この堆積物はレスや河川の造成作用などによって形成されたと考えられている。この堆積物には soil wedge が発達しており、氷河の寒冷期に形成された氷楔であるとする説があるが、soil wedge は現世の土壌においても確認されていることから、その形成時期を疑問視する見解もある。溶岩台地の K-Ar 年代や FT 年代として 16 万～104 万年という幅の広い数値が得られている。また、これまでに測定された土壌の TL・OSL 年代は、年間線量の実測が行われていないため不確かさがある。全谷里や佳月里では、始良丹沢火山灰(AT)の火山ガラスが検出されており、遺跡の下限の年代値を示すと考えられる。このように、臨津江・漢灘江流域の旧石器遺跡の年代については十分な解明が行われていない。

以上のような背景をふまえ、2002年より旧石器遺跡堆積物と溶岩台地直下の溶岩流によって被熱した焼石・焼土のルミネッセンス年代測定を行い、遺跡形成の復原を試みた。

2. OSL および TL 年代測定

測定試料として、臨津江の下流より長山里、金坡里、佳月里、全谷里旧石器遺跡からそれぞれ石器出土層上層と下層を採取した。また、臨津江と漢灘江の合流地点に当たる東梨里地点と漢灘江流域の白蟻里、新踏里地点から溶岩台地直下の焼土と焼石を採取した。TL年代測定には石英粗粒子法を用い、OSL年代測定には Poly-mineral 微粒子法による IRSL 測定または石英微粒子法による OSL 測定を用いて、Multiple aliquot additive dose 法によって蓄積線量を評価した。年間線量評価は、現地における実測が困難であったので、 γ 線ス

ペクトロメトリーによる間接測定を用いた。各地点の測定結果を Table に示す。

3. 旧石器遺跡の形成史復原の試み

溶岩台地直下の焼土と焼石からは、6~15 万年前という結果が得られた。溶岩台地上に存在する旧石器遺跡堆積物では、約 5~8 万年という年代値を得た。これらの結果より、全谷里周辺の溶岩は約 10 万年前後に噴出し、臨津江を堰き止めたと考えられる。溶岩の固結後、レスの飛来などによって土壌が堆積した後に遺跡が形成されたと考えられる。なお、長山里旧石器遺跡は、臨津江下流の高位段丘上に位置し、溶岩台地が形成される以前に形成したと考えられており、今回求められた数値年代は、これを支持するものである。

以上の結果から、旧石器時代の人々の活動は、溶岩台地が臨津江・漢灘江流域に形成される以前からこの地域に存在した可能性が示唆される。そして、溶岩の流出によって一度はこの地域から離れたものの、自然環境が回復した後に戻ってきたと考えられる。

今回、OSL および TL 年代測定により、臨津江・漢灘江流域の溶岩台地と旧石器遺跡の形成史を復原する試みを行ったが、測定した点数は限られており、さらにデータを蓄積することが必要である。データの精度や測定法の改良を行いながら年代測定データの蓄積を継続するとともに、地形学、土壌学、古環境学などの自然科学と考古学が連携をはかった組織的な研究によって、臨津江・漢灘江流域の第四紀環境の中での旧石器遺跡形成過程を解明することが可能になるであろう。

Table Result of IRSL dating at Imjin-Hantan basin, Korea.

Sample	Paleodose (Gy)	Annual dose (Gy/ka)	IRSL age (ka)	Method	Notes
Chongokni 1	447±137	4.84±0.17	92±30	FG/IRSL	58m (amsl)
	486±67	4.84±0.17	100±14	Quartz-FG/BLSL	Incomplete zeroing?
Chongokni 2	448±108	5.17±0.17	87±21	FG/IRSL	56.5m (amsl)
	372±92	5.17±0.17	72±18	Quartz-FG/BLSL	
Chongokni 3	487±413	5.22±0.17	93±79	FG/IRSL	56m(amsl)
	455±233	5.22±0.17	87±45	Quartz-FG/BLSL	
Jangsan-ri 3	1267±119	6.16±0.22	206±21	FG/IRSL	
Jangsan-ri 4	1226±138	5.62±0.18	220±26	FG/IRSL	
Jangsan-ri 5	1192±226	5.54±0.19	215±41	FG/IRSL	
kawol-ri, loc. 2 (TP19)	260.6±61.9	5.58±0.15	47±11	Semi-FG/IRSL	The upper layer of artifact horizon
kawol-ri, loc. 2 (TP19)	440.2±133.0	5.62±0.14	78±24	Semi-FG/IRSL	The lower layer of artifact horizon
kawol-ri, loc. 3	226.2±99.6	4.41±0.09	51±23	Semi-FG/IRSL	The upper layer of artifact horizon
kumpa-ri	134.9±104.2	6.17±0.31	22±17	FG/IRSL	Artifact horizon
kumpa-ri	280.2±41.5	6.25±0.22	45±7	FG/IRSL	
Shindan-ri	300±29	5.10±0.18	60±6	FG/IRSL	Black soil

トルコ・北アナトリア断層周辺の焼土遺構における考古地磁気研究

○金井友理*，酒井英男*，伊藤孝*，奥村晃史**，栗田泰夫***

* 富山大学，** 広島大学，*** 産業技術総合研究所

1. はじめに

トルコ共和国アンカラ近傍(北方のゲレデ地区)において，近年も多くの地震災害を引き起こしている北アナトリア断層の調査が2002-2003年にかけて行われた際，レンガを焼いたと思われる窯の遺構が現れた．本研究では，この窯跡の焼土について残留磁化の研究を行った．

窯跡の下位に位置する地層について14C年代の研究が行われた結果，A. D. 1171～1373年の年代値が得られた．また，窯跡上位の地層は，A. D. 1944年に発生した地震活動に伴う断層で切られていると判明した．つまり，窯跡は上記の年代で挟まれる時期に使われていたと考えられている（奥村他の調査報告による，2003）．

残留磁化の研究のために，窯跡から9個の定方位試料をブロック試料として採取した．試料の（自然）残留磁化を測定した結果，磁化強度が強い(10-5Am²)試料と，それより3桁弱い強度の磁化を持つ試料に分かれた．磁化が強い試料は，高温まで加熱され十分な熱残留磁化を獲得していると考えられた．そこで，磁化が強いブロック試料について，1.2cm角の小さな試料を分割して作成し，以下の実験を行った．

2. 焼土の残留磁化の研究

窯使用時に獲得された残留磁化を抽出するために，その後で付着した二次的な磁化を除去する段階交流消磁実験を行った．磁化方向は高い消磁段階まであまり変化せず，安定な残留磁化が確認できた．交流消磁実験を行った6試料から得た安定な磁化方向の平均は，偏角28.1°，伏角56.0°と求まった．

次に，残留磁化の加熱実験として，熱消磁法とテリエ法の実験を行った．試料として先述のブロック試料から得た別の小試料を6個用意し，600°Cまでの熱実験を行った．実験の結果，熱消磁に伴う磁化方向の変化は僅かであり，これは，土壌が窯内で高温まで被熱されたことを示している．また，自然残留磁化NRMと人工的な熱残留磁化TRMの関係から，450°Cまでの温度範囲で良い線形関係が得られた．この結果より，窯使用時の地磁気強度が推定でき， $75.7 \pm 2.7 \mu\text{T}$ と求まった．

3. 考古地磁気年代の検討

トルコでは考古時代の地磁気変動はあまり研究されていないが，隣国のブルガリアでは，Kovacheva (1994等)により，精力的な考古地磁気の研究が行われている．

図2では，本研究の試料からテリエ法実験により得た地磁気強度を，ブルガリアにお

ける地磁気強度の変動と比較している。図より、窯跡（焼土）の使用年代は、A. D. 1600～1650年頃と推定できる。

次に、焼土の磁化方向（偏角と伏角）をブルガリアの地磁気変動と比較してみた（図3）。地磁気強度のデータより推定されたA. D. 1600～1650年の地磁気方向（偏角約 2° ，伏角約 66° ）と比べると、窯跡（焼土）の磁化は 30° 東偏し、伏角が 10° 浅い方向を示している。このずれについては、北アナトリア断層が活動して地震が起きた時の遺構の変形を示すと考えられる。磁化から推定されたずれのセンスは、トレンチで確認された変形（右横ずれでanticlinal）と調和的である。

本研究では、遺構の残留磁化を用いて遺構の年代推定とともに、地殻変動に伴う変形も議論することができた。

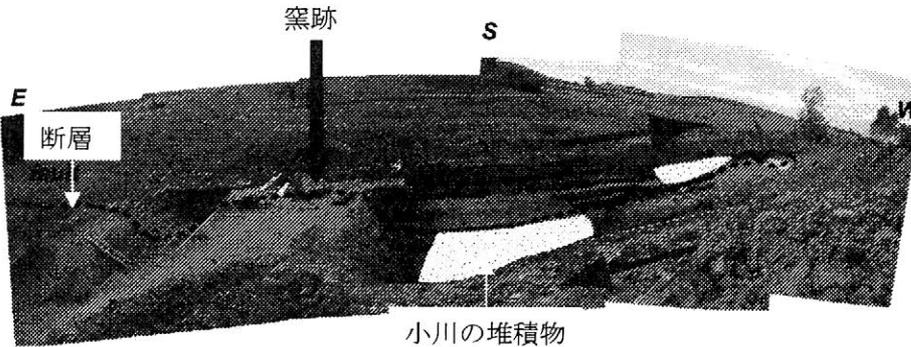


図1 試料の採取場所（矢印）

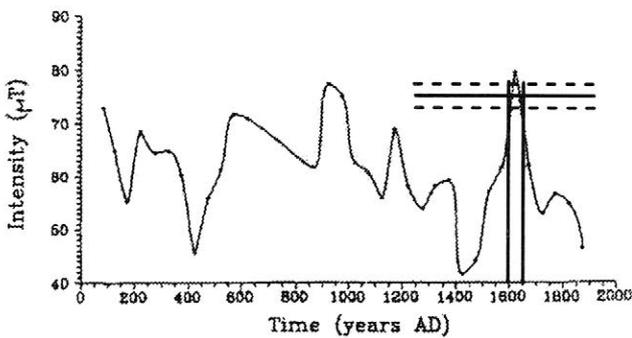


図2 ブルガリアにおける地磁気強度変動との比較

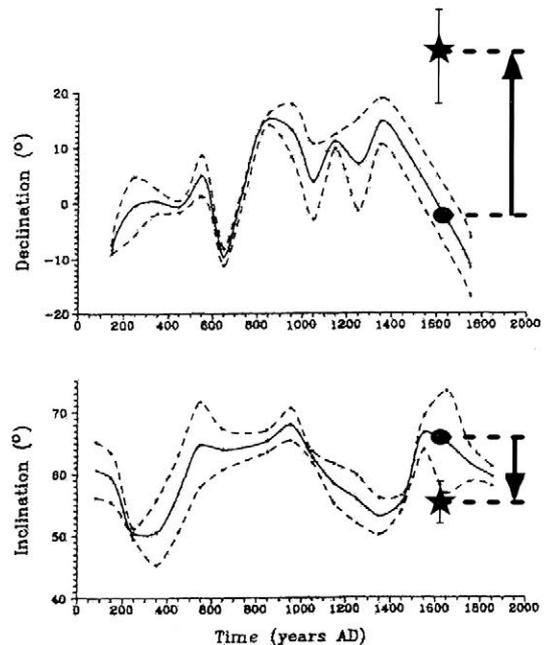


図3 ブルガリアにおける地磁気変動との比較

石材の特徴および木炭の放射性炭素年代測定に基づく アンコール遺跡プラサート・スープラの建造年代の推定

内田悦生*、須田千幸*、○上野晃世*、下田一太*、中川武*

(* 早稲田大学理工学部)

1. 目的

アンコール遺跡(カンボジア)の主要遺跡の一つであるプラサート・スープラ(PSP)は、バイヨン寺院の北側に広がる王宮前広場の東端に建ち並んでいる12基(N1~N6 および S1~S6)の塔より構成される。このPSPの建造年代に関しては、一般的にバイヨン期と考えられているが、その根拠は必ずしも明確ではない。しかしながら、アンコール遺跡の石材の特徴に関する一連の調査およびN1、N2塔から採取された木炭片に対する放射性炭素年代測定から、PSPはアンコール・ワット期の建造であることが判明したので、その結果について報告する。

2. 石材の特徴に基づくプラサート・スープラの建造年代の推定

アンコール遺跡の主要構成石材は砂岩およびラテライトであり、相対的に古い時代に建造された遺跡ではレンガが使用されている。この内、最も多く使用されている砂岩の帯磁率に基づき、アンコール遺跡は11のstageに分けられる。この時代(stage)の変遷に伴い、砂岩およびラテライト材の様々な特徴も変化している(表1)。

PSPでは主としてラテライトが使用されているが、開口部、破風、連子子等には砂岩が使用されている。ラテライトおよび砂岩材の特徴を調査した結果、ラテライト材は、相対的に大きく、水平目地が揃い、多孔質で、正方形に近い断面を持ち、層理面は横方向であった。また、砂岩材は、灰色のものが主で、葉理は目立たず、均質である。この結果をアンコール遺跡の石材の特徴(表1)と比較すると、PSPはアンコール・ワット期に建造されたと結論することができる。これは砂岩の帯磁率に基づいた推定建造年代とも一致する。

3. 木炭の放射性炭素年代測定に基づく建造時期の推定

PSPのN2塔内壁のスタッコ様物質中およびN1塔の解体工事中に発見されたラテライト材の間に入れられた土の中から、木炭片を採取し、放射性炭素年代測定を行った。測定は(株)パレオ・ラボに依頼し、加速器質量分析(AMS)法により¹⁴C濃度を測定し、¹⁴C年代を算出した。補正にはCALIB4.3を使用し、プログラム中の確率法を使用して暦年代範囲を算出した。その結果、測定した三試料の暦年代範囲はAD1030~1185となり、各暦年代の共通部分を考えると、AD1040

～1155 が確率的に高い。この AD1040～1155 という暦年代範囲は、石材の特徴から推定された建造年代と矛盾しない。以上の理由から、PSP はアンコール・ワット期に建造されたと結論づけられる。

表 1 遺跡の時代区分と石材の特徴の時代変化

様式	時代	遺跡	Stage	磁石		帯磁率	孔隙サイズ	色	大きさ	大きさ統一性	粗積法	断面の形	角出し	層理面方向	
				帯磁率	孔隙サイズ										
Preah Ko	9世紀末	Preah Ko Bakong Lolei	I	0.7-0.8	小さい	1.2-2.1						長方形		縦および水平 混在	
Bakheng	9世紀末～10世紀初期	Phnom Bakheng Phnom Krom Phnom Bok	II			5.2-8.4									
Transition	10世紀初期～10世紀中期	Prasat Kravan Baksei Chamkrong East Mebon	III	0.5-0.6	大きい	2.5-3.6						正方形			
Khleang & Baphuon	10世紀後期～11世紀後期	Pre Rup North Khleang Ta Keo Phimeanakas South Khleang Baphuon West Mebon Preah Palilay	IVa	0.7-1.4	小さい	1.3-2.3	目立たない	灰色	大きい	揃っている	層積み		良い		
		Preah Phitu Thommanon Boeng Mea Lea Chau Say Tevoda Wat Athvea	IVb			1.4-5.6			特大						
Angkor Wat	11世紀末～12世紀中期	Banteay Samre Prasat Sour Prat Angkor Wat	V			2.9-4.4						長方形(W/H=1.33)			
Bayon	12世紀後期～13世紀初期	Ta Prohm Preah Khan Neak Pean	VIa-c	0.3-0.7		2.5-4.1							中間	主として水平	
		Ta Nei Banteay Prei Banteay Thom	VI d			1.5-2.5	中間			ほぼ揃っている	中間		中間		
		Ta Som Krol Ko Prasat Prei Prei Prasat Banteay Kdei Bayon	VII			0.7-1.4				中間			長方形(W/H=1.67)		
		Terrace of Elephants Srah Srang	VIII a			1.3-2.1	顕著	灰色～黄褐色			不揃い	乱積み			悪い
		Terrace of Leper King Ta Prohm Kel Hospitals	VIII b		0.6-0.7	小さい	1.7-3.1			小さい					

特 別 講 演 2

特別講演 2

福田正己・三浦定俊

寒冷地域の野外遺跡の保存——環境制御による保存法

特別講演 2 関連

三浦定俊・赤松俊祐・木川リカ・佐野千絵・石崎武志・杉山純多

高松塚古墳における 30 年間の気温変動と石室内環境

西浦忠輝・村上裕道・福田正己

寒冷地における石造文化財の劣化と保存処理

寒冷地域の野外遺跡の保存－環境制御による保存法

福田正己*、三浦定俊**

(*北海道大学低温科学研究所 ** (独)文化財研究所東京文化財研究所)

はじめに 寒冷地域の野外遺跡として北海道各地には内部に印刻面を持つ洞窟遺跡がある。それらは縄文時代に洞窟面に陰刻された後、洞窟開口部が周辺からの崩落堆積で閉塞されたために、良好な状態で保存されてきたが、偶然に開口部が発見され、外界環境と接触してから、陰刻面の状態が劣化する傾向が明らかになってきた。そこで長期的にまた安定して洞窟陰刻面を保存し、併せて一般への公開が可能となる保存設備が設置された。そのような例として筆者らは小樽手宮洞窟と余市町フゴッペ洞窟の保存整備計画に関わる機会を得た。そこでは保存施設設計のために、最適な環境条件を設定し、維持管理することが必要とされ、「環境制御による遺跡保存」という基本概念で調査研究が実施された。

手宮洞窟は明治初期に石材の切り出し中に石工によって洞窟開口部が発見され、モース、ライマンといった外国人が壁面に刻み込まれた岩壁画を古代文字であると指摘し、その後1921年に国指定史跡に指定された。余市町フゴッペ洞窟は1950年に崖からの土砂で閉塞されていた開口部が偶然に発見され、手宮洞窟に類似した陰刻壁面画の存在が明らかとなり、1953年に国指定史跡となった。両洞窟ともに開口部で外界と連結されて以降、陰刻面からの剥落や苔などの繁茂など、様々な風化の進行が懸念された。

手宮洞窟では、国史跡指定前に簡単な覆屋と前面に金網を付する施設が設けられ、長くその状態に保たれていた。1950年にモルタルによる洞窟上部の補強、排水溝の設置工事、1967年には陰刻面にメチレンメタアクリレート樹脂による補強加工がなされた。1986年に保存修理調査委員会が設置され、予備環境計測と発掘調査を実施後、1995年に保存施設が完成した。フゴッペ洞窟は、その岩質や陰刻の深さなどから、手宮洞窟よりも剥落等の進行が早いことが懸念され、保存工事のための調査を実施後、一般公開可能なカプセル方式の保存施設が1972年に完成した。その後保存施設の老朽化などから、保存施設の更新を前提とした保存整備調査委員会が1997年に設置された。委員会では従来の保存施設の問題点などの検討を行い、2004年に新規の保存施設が完成した。

両洞窟保存施設に共通しているのは、洞窟内陰刻面を一般に公開しつつ、環境制御による長期保存を図っている点にある。これは、陰刻面が基盤岩体に直接刻みこまれており、彩色などが無いなど、公開が保存にとって特に不利にならないと判断されたからである。土中に長期に保存されてきた古墳壁画と比較して、環境変化による劣化や光による生物劣化等を予測すると、公開と埋め戻し保存という矛盾した目的を達成しやすかったともいえる。こうした寒冷地域での野外遺跡の長期保存を考えるにあたり、特に環境制御による遺跡保存策を講ずる際の留意点を経験に基づき報告する。

環境の制御 両洞窟遺跡とも、内部公開と保存の両立が課題であり、保存施設は遺跡の保

存をはかりながら、公開する機能を有することが前提となった。また洞窟開口部が偶然に発見されるまでの間、外界環境と遮断されていたことが、陰刻面を良好な状態に保たれてきたことから、保存施設の重要な機能は、そうした過去の洞窟環境の復元を可能とすることであった。寒冷環境下で予想される劣化は、岩体の凍結—融解の繰り返しである。そこで両洞窟では、開口部を仮設覆屋で遮蔽し、過去の環境条件を復元できるよう、様々な環境要素の計測を行った。まず陰刻面とそれを構成する基盤岩（凝灰岩質）が寒冷環境に曝されて、凍結破碎を受ける懸念があったので、手宮洞窟外壁と閉塞されていない洞窟内での年間を通じた温度変動の計測を行った。

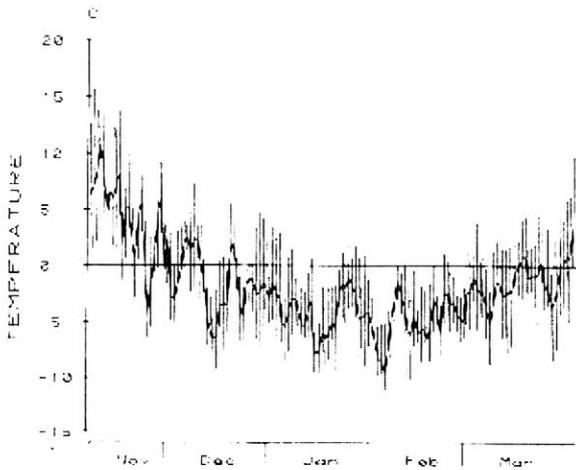


図1 洞窟外壁温度変動(手宮洞窟)

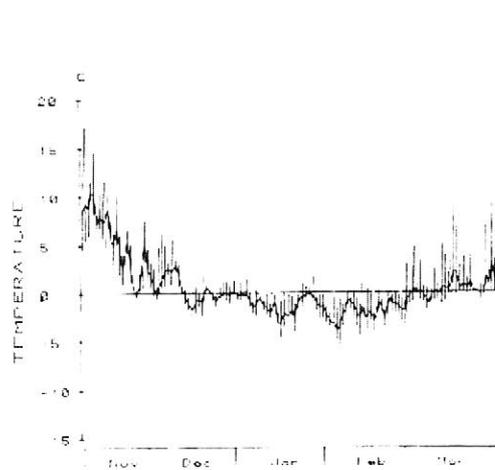
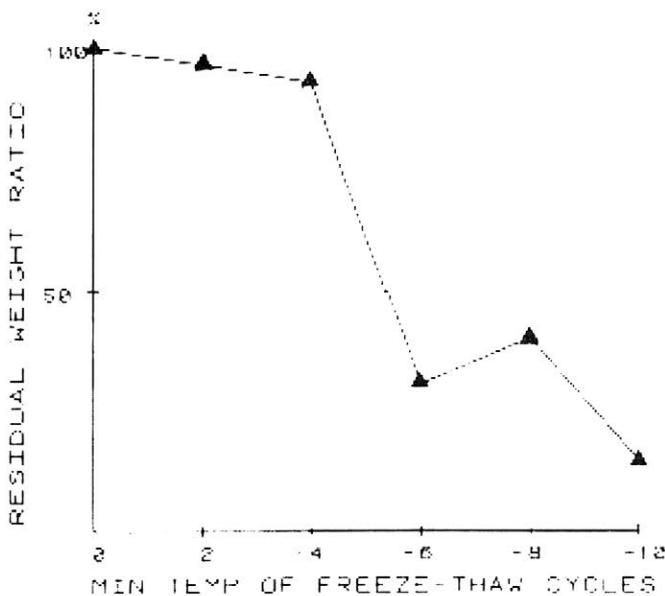


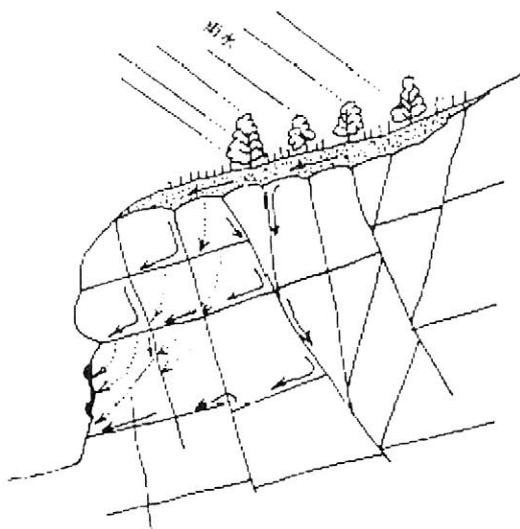
図2 洞窟内壁温度変動(手宮洞窟)

この比較から洞窟内壁でも冬季には凍結—融解が繰り返されていたことが分かる。



基盤岩石は多孔質であり、含水状態では凍結—融解で破碎されやすいことが予想された。そこで、採取した試料による凍結—破碎実験を行った（図3）。横軸は凍結時温度で融解は+10°C 1日1サイクルで実験を行った。縦軸は破碎されずに残った試料である。この結果から-5°C以下まで低下しての凍結—融解が繰り返されると容易に破碎されることが分かる。フゴッペ洞窟でも同様の傾向が見られた。

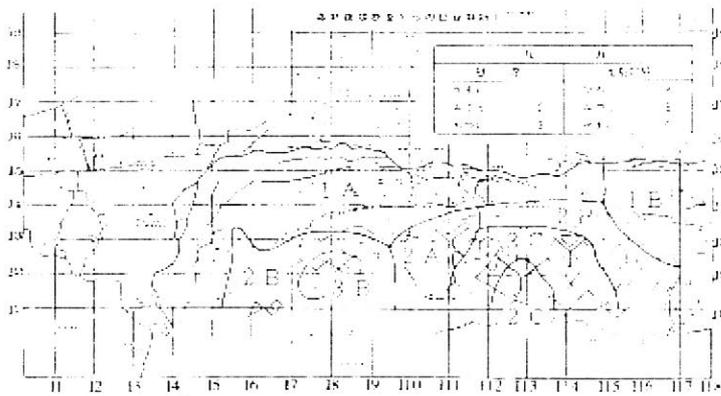
図3 凍結時温度による破碎実験(10サイクル後) 凍結破碎を防止するには、一定温度に制御し、更に凍結時に外部からの水分供給を遮断する必要がある。手宮洞窟では背後の崖からの水分供給があり、そのために洞窟内には過剰な水分が供給されていた。



一旦浸透した地下水は洞窟壁面から蒸発するが、この際に溶存した塩類を壁面背後に析出される。このために剥落が生ずる可能性がある。また過剰の水分供給が壁面に苔の繁茂を促す可能性もある。そこで手宮洞窟では、洞窟の側面から長さ 10m のボーリング孔を穿ち、洞窟壁面への水分供給を抑制した。これによって壁面が水分飽和になることを防止した。

← 図4 背後からの雨水の供給
(模式図)

亀裂の分布と計測 手宮とフゴッペ洞穴壁面には多くの亀裂が発達しており、特に手宮では壁面に並行した亀裂が深くまで入り、基盤から浮き上がった状態となっていた。外部震動で壁面全体が崩落する可能性もあり、亀裂の分布状況を的確に把握する必要がある。そこで壁面全体に 25cm 角のメッシュをかけ、各亀裂位置を座標上にプロットした。グラウンドレーダーと赤外温度計による計測、ピアノ線挿入による亀裂背後のゾンデ計測などから、亀裂分布をその程度で段階分けした。赤外温度計による計測は、洞窟前面を閉塞した状態で洞窟内を電熱ストーブで加熱させる。その後に洞窟開口部を開き、壁面の表面温度の低下を二次元的に測定する。もし背後の亀裂幅が大きく基盤と離れている場合には、熱容量が小さいので急速に温度低下する。これによって背後に形成された亀裂の分布を知ることが出来た。



← 図5 手宮洞窟 亀裂分布

フゴッペ洞窟ではクラック幅の変動や壁面の水平変位を長期計測した。それは、壁面が基盤から剥離する前兆を予知するためである。図6にフゴッペでの測定事例を示す。

基盤岩体は外部の温度変動に対応して季節的な変動を繰り返している。こうした周期的な変動につ

いては剥落や崩落の心配はない。しかし、この地域近傍で発生した地震時はクラックが一気に拡大した事例もあり、こうした外部振動による壁面崩落の危険を予知することは重要である。

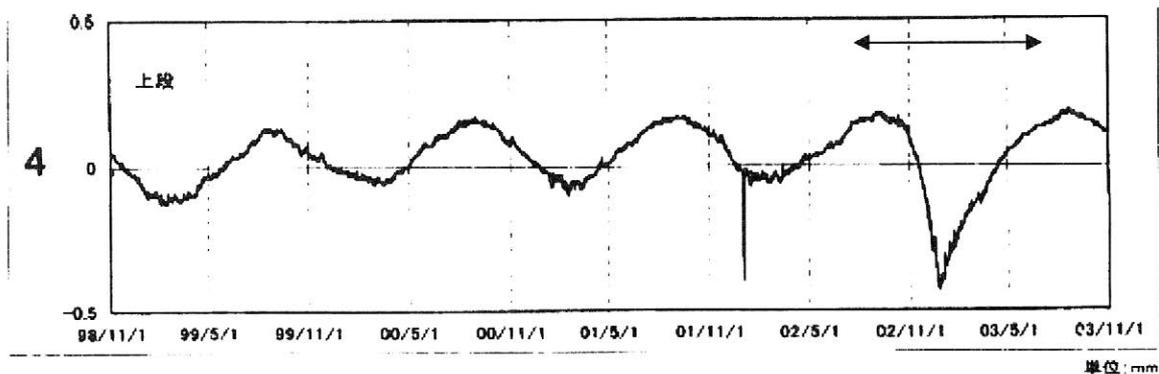


図6 壁面の前後方向の変位(フゴッペ洞窟)

←→ 保存工事期間

総合的な制御基準 フゴッペ洞窟では、二重カプセルにより洞窟面と公開部分とを隔離し洞窟面側の諸環境の設定条件を、事前計測から以下のように定めた。

調査項目	調査経過と結果	設定値	新計画での位置付け
照明条件	<ul style="list-style-type: none"> ・室内実験での条件制御の優先順位は照射時間、照度、波長の順となった。 ・現場実験では遮光、白色光、波長制御光のどの条件下もα値が上昇(緑色減少) 	<ul style="list-style-type: none"> ・照射時間を極力短いものとする ・照度は必要最低限(20ルクス) ・波長制御光の適用は最終的な手段とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・照射時間を短くするために人感センサー採用 ・最低照度を20ルクスとする ・白色光(LED光と蛍光灯)による刻面照明
土壌水分量(外部)	<ul style="list-style-type: none"> ・丸山外表面では冬から春にかけて高く、夏場は低い値を示した。 ・洞窟側では夏季の急激な降雨により水分率が上がることもある。 ・融雪期の侵入水の影響が顕著である 	・設定せず	<ul style="list-style-type: none"> ・融雪など急激な水の侵入は防ぎ、モニタリングを継続する。
土壌水分量(内部)	<ul style="list-style-type: none"> ・洞窟入口付近の水分率上昇は結露水によるものであった。 ・洞窟内側の施設接合部からは水の侵入が続いている。 ・壁面は含有する水分率が高いほどよい 	・設定せず	<ul style="list-style-type: none"> ・融雪など急激な水の侵入を防ぎ、モニタリングを継続する。
内部温度	<ul style="list-style-type: none"> ・8月後半～9月前半 18～20℃(外気温 25～30℃) ・1月後半～2月前半 最低温度約9℃(外気温約-10℃) 	<ul style="list-style-type: none"> ・内部 10℃(5～15℃) ・前室 17～18℃ 	<ul style="list-style-type: none"> ・カプセルの結露対策を踏まえた内部外部の適切な温度設定
内部湿度	<ul style="list-style-type: none"> ・7～10月 97%(内温度は18～20℃) ・2月初旬 90%前後(最低湿度観測の時期) ・97～99年度へ、年を追って低い値を示す。(2001/2/13の81%が最低値) 	<ul style="list-style-type: none"> ・密閉度向上により、湿度の急激な変化を防ぐ。 ・80%以下は危険数値 	<ul style="list-style-type: none"> ・90～97%の現在の湿度環境を維持し、モニタリングを継続する。除湿器は設置しない。
岩体変位量	<ul style="list-style-type: none"> ・±0.4～0.8mm ・南壁の変位計が季節的な振幅が大きく、9月が最高値 ・地震で変位を観測した不安定岩体あり。 		<ul style="list-style-type: none"> ・不安定岩体の固定・除去を行わず、モニタリングを継続する

両洞窟共に現在は二重カプセルと洞窟内の温度制御等により、洞窟閉塞された環境の再現を目指している。しかし、長期に安定した保存のためには、継続した環境のモニタリングと異変発生の事前察知を行うことが重要である。保存施設の完成後の管理を欠かさず両洞窟遺跡が広く公開されることを望む。

謝辞：この予稿集作成にあたっては小樽市教育委員会(1995)国指定史跡手宮洞窟保存修理事業報告書、余市町教育委員会(2004)国指定史跡フゴッペ洞窟保存調査事業報告書を引用いたしました。

高松塚古墳における 30 年間の気温変動と石室内環境

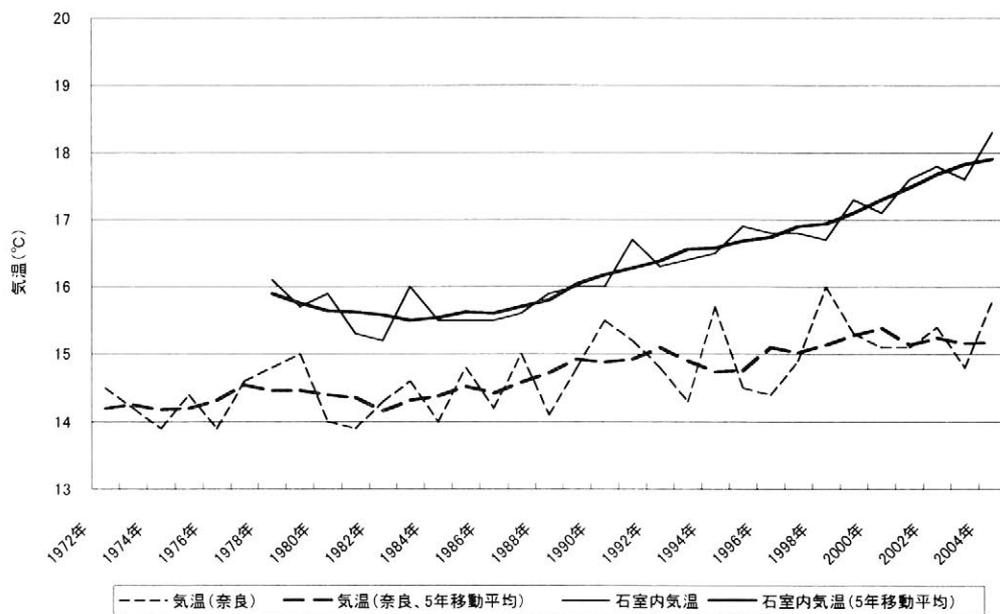
○三浦定俊*、赤松俊祐**、木川りか*、佐野千絵*、石崎武志*、杉山純多***

*独立行政法人文化財研究所、**東洋熱工業株式会社、***東京大学名誉教授

1.はじめに

1972年に発見された高松塚古墳壁画は、1974年から75年にかけて石室前に前室（前室A、B及び準備室）とその地下に空調用の機械室がある保存施設が建設され、石室内の気温などが記録されてきた。空調設備は前室のみを空調して石室内は空調しないシステムである。また空調設備は、石室入口（盗掘口）脇（取合部）の土中温度と等しくなるよう温水（冷水）を前室の天井・壁・床面に張り巡らした銅管パネルに常時流す「パネル系」と、保存施設内に人が立ち入るときのみ高湿度の空気を前室に送り込む「空調系」の二つの系からなる。このため外界の影響を受けて土中温度が上昇すれば石室内の温度も上昇する。

2.気温の変化



現在までの気温変化を見ると、1970年代以降、奈良では外気温が上昇し、それに伴って石室内気温も上昇している。奈良におけるこの外気温の上昇は地域的なものではなく、北半球全体の気温上昇に一致している。石室では2000年頃になるともっとも気温の高い月の温度が20°C近くなり、カビが発育しやすい環境となって取合部に発生したカビが急激に広がったと考えられる。類似の気温上昇がフランスのラスコー洞窟でも観測されていて、やはりそのことが近年のラスコー洞窟におけるカビの発生に関係しているのではないかと疑われている。2001年以降、高松塚古墳では壁面に発生したカビに対する処置を行うため、頻繁に石室内へ入ったので、石室内気温の上昇が大きくなっている。

3.生物被害

約 1300 年以上もの長い期間、地中の安定した環境下にあった壁画は、発掘によって大きな環境変化を受け、発見後に石室内で虫類の侵入やカビの発生が見られた。そのため、対策としてパラホルムアルデヒドをシャーレに入れて石室内に置いた。

1980 年頃から石室内に布置したパラホルムアルデヒドが結露水によって溶け、気化しなくなった。カビの発生も多くなり、1980 年暮れから 81 年にかけて大量に白色及び灰白色のカビが石室内に発生した。パラホルムアルデヒドを加熱蒸散させて燻蒸する方法を用いたところ、石室内気温がまだ比較的低かったこともあって、1982 年以降カビの発生は漸減し、1985 年にはようやくカビの発生を抑えることができた。しかし画面の荒れ、黒線や赤色の薄れ、白虎、玄武周辺にはカビ痕と推定される汚れが残った。

その後は 2000 年春まで 1 年に 1 回、3 月頃に定期点検を行い、その都度、見つかった数点のカビ処置を行っていた。また滅菌綿棒を用いて石室内の決まった場所からサンプリングし、常在菌の状況を監視していた。

2001 年春に取合部にカビが大発生したので、取合部をくりかえし殺菌し、浮遊菌量が減少していることを確認した後、同年秋に石室内を点検したが、すでにカビは石室内に広がっていた。エタノールや防黴剤で処置し、カビは一旦沈静化したように見えた。この時期、加熱処理、紫外線処理、放射線処理、各種消毒剤の使用、窒素封入や二酸化炭素置換による繁殖抑制、また酸化エチレン等燻蒸剤の使用も検討したが、壁画や作業員への影響、石室の状況からこれらの対策は採用できなかった。

2002 年秋より再び取合部と石室内に複数種のカビが多量発生し、特に青龍下、東壁女子群像下に黒色の汚れが発生した。エタノールの噴霧や湿布とパラホルムアルデヒドの燻蒸処置を行って、この時のカビは一旦沈静化した。



2004 年春からカビが再発生し、石室内の温度上昇とともに、夏にはカビを食するダニも発生した。このダニは虫類によって石室内に運ばれたと推定されるが、ダニの死骸にカビが生え（左写真、倍率 100 倍）、カビの胞子をダニが撒布するというサイクルで両者の繁殖が全体的に広がっている。エタノール湿布とパラホルムアルデヒド燻蒸で被害を抑えているが、気温が上がる時期に再び被害が広がることは確

実である。壁面の劣化を防ぐためには、すみやかに新たな対策をとらなければならない。

4.まとめ

土中には数多くの種類の微生物がいて、発掘前の古墳ではそれらが微妙なバランスを保って新たなカビの発生がおさえられていた。発掘によって石室内環境が大きく変化し、さらに 30 年間の気温上昇や壁面に累積した汚れなどが複合的に働き、カビが生育しやすい条件が生まれたと考えられる。現状を改善するにはこれまでとは異なる方策が必要であろう。

寒冷地における石造文化財の劣化と保存処理

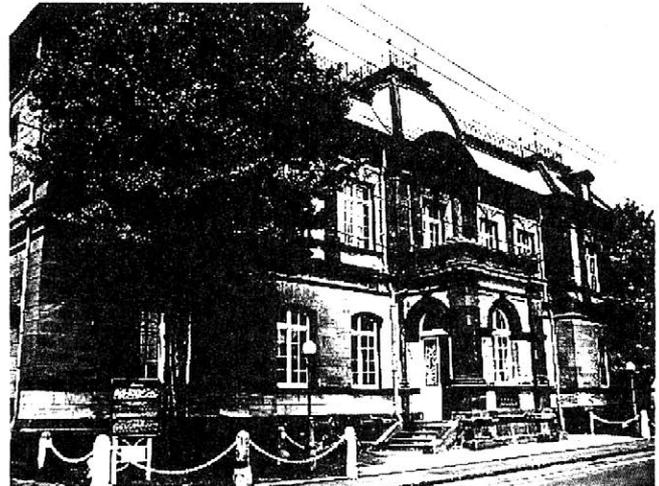
－ 重文・旧日本郵船小樽支店 －

○西浦 忠輝*, 村上裕道**, 福田正己***

(*国士舘大学 **兵庫県教育委員会 ***北海道大学)

1. はじめに

重文・旧日本郵船小樽支店は明治時代を代表する石造建築のひとつであり、小樽市近郊で産出する多孔質な安山岩、凝灰岩で造られた組石造建造物である。寒冷豪雪地域にあるため、初冬および春先の凍結－融解の繰り返しによる石材の劣化現象が顕著であった。そこで、その保存対策として、石材表面層にできるだけ深く撥水性シリコン樹脂を含浸することによって、融雪水の石材中への浸透を阻止し、凍結劣化から護る処理を行った。本発表はここで行った調査、研究ならびに実際の施工結果について報告するものである。



2. 旧日本郵船小樽支店

旧日本郵船株式会社小樽支店は小樽市の西北寄り、運河北端に位置する。明治 37 年に着工、同 39 年に完成した、近世ヨーロッパ復興様式の 2 階建(総床面積約 1,000 m²)の石造建造物である。昭和 30 年に小樽市に譲渡され、同 31 年から小樽市博物館となり、同 44 年に重要文化財に指定された。建物全体の老朽化のため、昭和 58 年に調査工事、同 59～62 年に修理工事が行われた。現在は小樽市を代表する歴史的建造物として一般に公開されている。

3. 石材と劣化状況

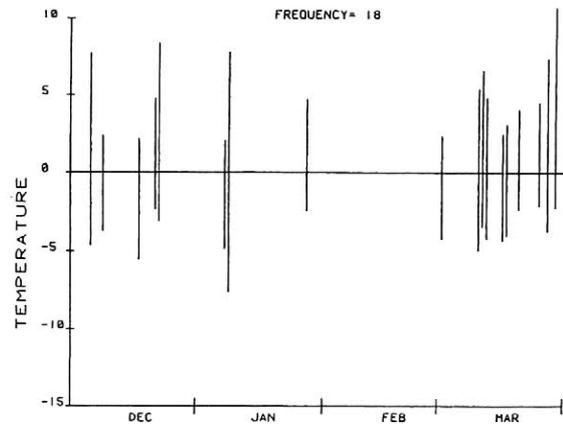
建造物本体および付属石門、塀には 3 種類の石材が用いられている。それらの部位と劣化状況および空隙率を下表に示す。

劣化状況としては、安山岩には典型的な凍結－融解による割損が多く見られた。凝灰岩には、表層部の層状剥離、粒状、粉状化が多く観察されたが、これは比較的均質で空隙率の大きい凝灰岩が凍結－融解を受けた場合に起こる劣化現象である。同類の現象は塩類風化によってもしばしば起こるが、本件の場合、その発生部位や塩類の析出状況等から判断して、凍結－融解が主原因と判断された。

石 材	部 位	劣化状況	色	空隙率
登別産多孔質安山岩	正面装飾部、窓台、胴蛇腹	凍結による割損	黒灰色	約 25 %
小樽天狗山産多孔質凝灰岩	外壁、付属石門	表層部の層状剥離、粒状、粉状化	暗茶灰色	約 45 %
小樽奥沢産多孔質凝灰岩	外壁裏込め、付属石塀	凍結による割損、内部クラック	薄茶灰色	約 48 %

4. 現地の気象環境

小樽市の測候所のデータ(昭和57年12月～58年3月)から、1日のうちの最高気温が+2℃以上でかつ最低気温が-2℃以下の日をプロットしたのが右図である。図から明らかなように、該当日は初冬と初春を中心にかなりの頻度で出現しており、石材の凍結-融解が起こる温度環境にあることがわかる。小樽地方は豪雪地帯(年間総降雪量:約700cm、最深積雪量:約120cm)にあり、融雪水が石材に継続的に供給される。すなわち小樽市においては石材の凍結-融解現象が起きるための十分な気象環境にある。



5. 保存対策

5-1 基本方針

石材が凍結-融解により損傷を受けるのは下記の条件が満たされたときである。

- 1) 石に十分な水が供給され、石内部に浸透する。
- 2) 石中の水が凍結-融解現象を起こし得る温度環境にある。
- 3) 石が凍結-融解に伴う内部応力に耐えるだけの強度を有していない。

ということは、下記の条件のうちのどれかを無くすことで、問題は解決することになる。本件の場合2)と3)は変えられない。また1)のうちの水の供給は止められない。したがって、取りうる手段としては、石材への水の浸透を阻止する以外になく、石材に防水性を付与することとした。この目的のためには多くの研究により、撥水性シリコン樹脂溶液の含浸が効果的であることがすでに明らかにされており、この処置を採用することとした。

5-2 実際の施工

現場作業によって建造物の壁体を構成する石材中に可能な限り多量のシリコン樹脂を深く浸透させ、かつ処理に伴う色、質感等の変化を最小限に抑えるには、どのような手順で行うべきかについて、多くの予備実験を行った。その結果、現場での塗布含浸という条件の下では、下記の方法が最も適当と判断され、そのとおり施工された。

- 1) ジェットヒーターを用いて石材を乾燥させる。
- 2) 塗布含浸は数回に分けず、1回で所定量(3kg/m²以上)を含浸させる。

6. 施工後に起きた問題とその対策

前述の保存対策によって、従前見られた劣化現象は止めることができると考えられた。しかし、数年後にひとつの大きな問題が発生した。含浸処理された壁体石材の表面層(樹脂浸透層:10-15mm)がそっくり脱落したのである。この現象について、現地調査によりそのプロセスと原因を調査検討した結果、下記のように考察され、対策を行ったところ問題は解決し、修理工事後20年近くが経過した現在、よい状態に保たれている。

[原因・過程]屋根部分の水処理(樋による排水システム)に不備があり、上部の隙間から水が浸入し、壁体石材に背部から浸透した。この水は石材外表部の撥水層を通過できないので、石材内部に滞留する。この水が凍結し、かつ背部から十分な水が供給されたため、撥水層のすぐ内側で氷の結晶が成長し、その応力で撥水層(撥水剤浸透層)が脱離した。

[対策]石材への背部からの水の供給を絶つために、建造物上部の水処理システムの整備(樋の整備、鉛板敷設による融雪水の浸入防止等)を行った。

石造文化財の保存処理による溶出成分の変化に関する研究

○ 脇谷草一郎*・高妻洋成*・肥塚隆保*

(*奈良文化財研究所)

1.はじめに

遺跡を保存する場合、現場で遺跡を露出保存することが様々な見地から理想的であると考えられる。しかし露出保存された遺跡は、自然の環境下にあることから絶えず様々な風化因子に曝されている。そのため遺跡を構成する土や岩石に対して樹脂を用いた保存処理が施されている事例はいくつかあるものの、それらの保存処理方法に対して十分な検討がなされているとは言い難い。そこで今回は岩石、特に石造文化財に着目して検討を加えることを試みた。

石造文化財の風化には物理的風化、化学的風化、及び生物的風化が挙げられる。化学的風化に着目すると、降水などによって供給された水が岩石中の様々な元素を溶出することにより風化が進行する。たとえばイースター島のモアイ石像表面には硬い皮膜が観察され、石像の著しい強度の不均衡を生じさせている。これらの皮膜は凝灰角礫岩中の火山ガラスが水に溶解して、非晶質のケイ酸化合物が石像表面に形成されたものであるとされている。このような風化から石像文化財を守るためには、風化の進行した岩石の強度を高めるとともに、岩石からの成分の溶出を抑える必要がある。そこで本研究では露出保存される石造文化財に着目し、現在行われている保存処理方法を施した岩石の風化、特に化学的風化に対する耐久性について検討を行った。

2.実験方法

本研究において試料として用いた岩石は和歌山県白浜産の砂岩（新第三紀、以下白浜砂岩と略記する）及びイースター島ラノララク山から産する凝灰角礫岩である。各試料間の元素組成の差異が小さくなるよう、比較的均質な岩石である砂岩を試料として用いた。白浜砂岩は半径 2.5 cm、高さ 2 cm の円柱に、イースター島の凝灰岩は 4.5 cm×4.5 cm×2.5 cm の直方体に整形したものを試料として用いた。白浜砂岩に対して、強化剤である WACKER 社の SILRES BS OH100（以下 OH100 と略記）をデッピング法及びスプレー法により含浸したもの、さらにこれらに撥水剤である同社の SILRES BS 280（以下 280 と略記）を含浸したもの、及び無処理のもの計 5 種類と無処理のイースター島の凝灰岩を試料とした。これらの試料を超純水 500 ml 中に 15 日間浸漬し、pH をガスによって、あるいは緩衝溶液を併せて用いることによって調整した。試料の pH は空気と二酸化炭素の混合ガスを通気することによって約 pH5.6 前後に調整したもの、空気のみにより約 6.8 前後に調整したもの、及び Clark-Lubs の緩衝溶液を用いることにより約

pH7.8 前後に調整したものの3通りの pH 条件下で溶出実験を行った。いずれも温度は室温とした。浸漬後、試料水をろ過し、Na、K を原子吸光分析法によって、Mg、Ca、Si の各元素を ICP 発光分析法により定量分析を行った。

3.結果と考察

各 pH 環境下における各試料からの溶出量を図 1、2、3 に示す。なおここで溶出量は試料を浸漬した水中の各元素濃度で表した。また pH7.8 に調整した試料では緩衝溶液中に K、Na が含有されているため結果から除外した。

まず白浜砂岩において、K、Na、Ca、Mg に関しては、酸性条件下においてわずかに溶脱量が多かった。撥水処理を施した試料では酸性から中性条件下においては溶脱量が他のものに比べて抑えられていることが示唆された。OH100 により強化処理を施した試料は無処理の試料と溶脱量に差異は認められず、溶脱量を減少させる効果はあまりないことが示唆された。

Si に関しては、無処理の試料からはいずれの pH 領域においても Si が殆ど溶脱していないことから、凝灰岩を除く他の試料から溶脱した Si は OH100 及び 280 に由来するものと考えられる。OH100 は特に中性から塩基性条件下において溶解しているが、280 は Si の溶解量が OH100 に比べて少なく、特に酸性から中性条件下ではあまり溶解しないことが示唆された。これらの結果から雨水のように弱酸性の水のみが供給される環境下では、撥水処理を施すことが非常に有用であることが示唆された。

イースター島の凝灰岩は特に酸性条件下において Si の溶脱が認められ、基質の火山ガラスが溶解していることが推察された。今後はこの凝灰岩に強化処理及び撥水処理を施すことにより、火山ガラスの溶解及びアルカリ、アルカリ土類金属の溶脱がどの程度抑制されるかについて検討を加える予定である。

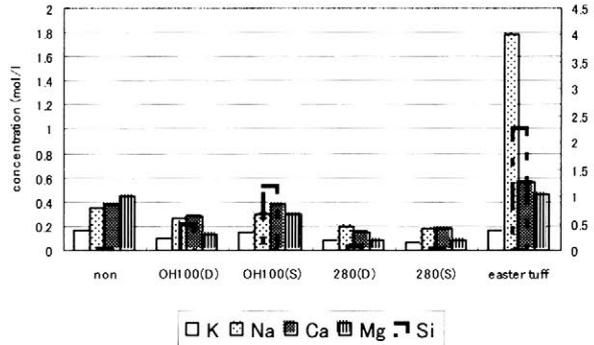


図 1 酸性条件下での溶脱量

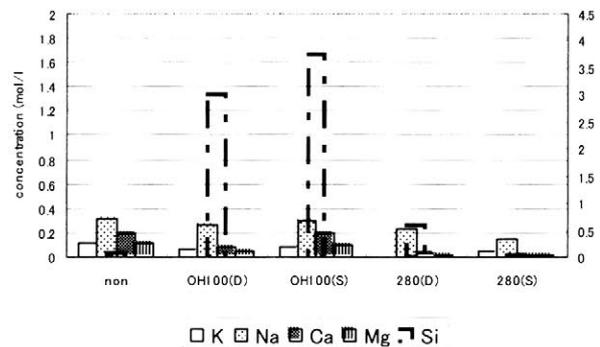


図 2 中性条件下での溶脱量

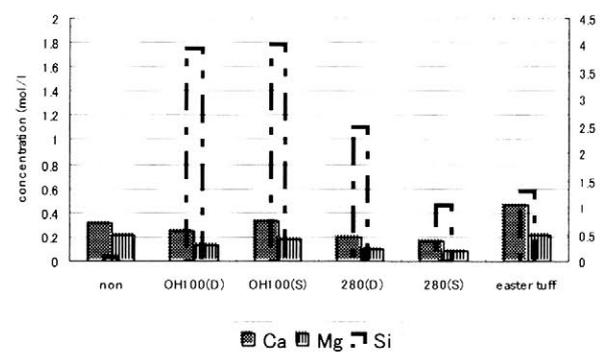


図 3 塩基性条件下での溶脱量

リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理 I —劣化状態の異なる出土木材へのリグノフェノールの吸着とその強度特性—

○片岡太郎*、栗本康司*、高妻洋成**

*秋田県立大学木材高度加工研究所、**独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所

1. はじめに

現在、出土木材の保存処理では水分を固体の薬剤と完全に、あるいは40～85%程度置換し、水浸しの状態から乾燥した安定状態にする方法が一般的である。これらの保存処理方法では、出土木材の永久空隙に充填された薬剤や木材自体の吸放湿などに伴う遺物の変形挙動が考慮されておらず、依然として改善の余地があると思われる。我々は、出土木材細胞壁を重点的に強化し、木材としての多孔質性を維持したまま、保存処理後の吸放湿に伴う変形・収縮挙動を抑止する保存処理方法が望ましいと考えた。保存処理薬剤としてリグノフェノールに着目した。リグノフェノールは、木材成分のリグニンから誘導される再利用可能なエコマテリアルとして近年注目されている¹⁾。その特徴は、ファイバーボード等の材料に含浸することにより、①疎水性の付与、②強度特性の向上が期待でき、③アセトンやアルコール類等の溶剤に可溶であることがあげられる。

本報では、リグノフェノールの出土木材細胞壁への吸着特性をポリエチレングリコール(PEG4000)のそれと比較検討するとともに、板状の試験片を作成し、リグノフェノールまたはPEG4000の吸着処理後の強度特性を評価した。

2. 実験

出土木材 出土ムクノキ (*Aphananthe aspera*、新潟県西蒲原郡吉田町「谷内 A 遺跡」)、出土トチノキ (*Aesculus turbinata*、島根県大田市三瓶町「三瓶小豆原埋没林」) を用いた。

吸着実験 脱脂した出土木材 (60-80mesh) を吸着実験に供した。吸着質には PEG4000 (和光純薬試薬特級) または定法²⁾に基づき調製した Ligno-*p*-cresol のターシャリーブチルアルコール (TBA、和光純薬試薬特級) 抽出画分をリグノフェノールとして用いた。溶媒は TBA または脱イオン水、吸着温度は 55℃、吸着時間を 1 週間に設定し、吸着等温線を作成した。飽和吸着量は得られた吸着等温線から Langmuir plot を行うことによって求めた。

強度試験 出土木材から 20×20×5mm の試験片 (板目片、柃目片、木口片) を切り出した。それをリグノフェノールまたは PEG4000 濃度それぞれ 5% に調製した TBA または水溶液に浸漬させ、平衡に達した後、凍結乾燥した。溶液浸漬時の温度は 55℃とした。凍結乾燥後、試験片を約一ヶ月、20℃、65%RH 環境下で調湿した後、圧縮ジグ (Φ7mm) を一定の速度 (0.5mm/1min) で負荷させ、めり込み圧縮弾性率を求めた。

3. 結果と考察

リグノフェノールおよび PEG4000 の飽和吸着量とめり込み圧縮弾性率を表 1、2 に示す。得ら

れた知見は以下の通りである。

吸着特性 最大含水率 284%試料へのリグノフェノールと PEG4000 の飽和吸着量は、TBA 系の場合、130mg/g 程度であり両者に差はない。水系では PEG4000 の飽和吸着量が TBA 系と比べて約 6 割であった。一方、最大含水率 559%試料では、TBA 系および水系ともに、284%試料と比べて PEG4000 の飽和吸着量の差は 10mg/g 未満であり試料含水率の影響が見られないが、リグノフェノールのそれは 22mg/g 多くなり有意な差であった。試料含水率が高くなる（劣化が大きくなる）と試料中のリグニン成分の比率が増していくことから、これの影響を受けリグノフェノールの飽和吸着量が増したものと考えられた。

強度特性 最大含水率 284%試料では、水系において、PEG4000 で吸着処理させたときのめり込み圧縮弾性率が全ての木取りにおいて最も低い値を示した。PEG4000 の吸着量が増す（TBA 系）とめり込み圧縮弾性率はいずれの木取りでも高くなり、桁目片での増加が 1.7 倍と大きかった。リグノフェノールでの処理では、板目片と桁目片で、偏差を考慮すると有意な差とは言えないが、PEG4000（TBA 系）での処理よりも高い弾性率（平均値）が得られた。最大含水率 559%試料では、水系と TBA 系において、PEG4000 で吸着処理したときのめり込み圧縮弾性率が、284%試料の場合と同様の傾向が認められた。特に、板目片と桁目片でのめり込み圧縮弾性率は 2 倍以上に改善され、飽和吸着量が増加したことの影響が大きく現れている。リグノフェノール処理では PEG4000（TBA 系）での処理よりもさらに高い弾性率が板目片と桁目片で得られた。このようなめり込み圧縮弾性率の増加は、薬剤の出土木材への飽和吸着量の差であると考えられ、飽和吸着量が多ければ、脆弱化した出土木材細胞壁をより強化することを示唆しているものと思われる。

以上の結果から、出土木材の細胞壁を強化するには、薬剤が出土木材細胞壁へより多く吸着することが望ましいと考えられる。リグノフェノールを用いた処理では出土木材への飽和吸着量を多くできる可能性があり、保存処理後の強度向上が期待される。

表 1 最大含水率 284%の出土トチノキへの飽和吸着量とめり込み圧縮弾性率

吸着質	溶媒	飽和吸着量 (mg/g)	めり込み圧縮弾性率 (MPa)		
			板目片	桁目片	木口片
リグノフェノール	TBA	130	21.8(4.2)	24.6(7.2)	50.3(7.2)
PEG4000	TBA	132	18.2(3.9)	21.2(3.9)	52.4(14.3)
PEG4000	脱イオン水	81	16.3(1.7)	12.5(3.4)	39.3(12.7)

めり込み圧縮弾性率の右括弧内は標準偏差を表す。

表 2 最大含水率 559%の出土ムクノギへの飽和吸着量とめり込み圧縮弾性率

吸着質	溶媒	飽和吸着量 (mg/g)	めり込み圧縮弾性率 (MPa)		
			板目片	桁目	木口
リグノフェノール	TBA	152	9.8(2.1)	7.1(1.9)	22.1(2.4)
PEG4000	TBA	125	7.9(3.4)	4.4(1.2)	21.9(4.6)
PEG4000	脱イオン水	72	3.7(0.7)	1.8(0.5)	14.3(4.2)

① 船岡正光 (2001) 未来材料, 1(8), 24-33 ② Funaoka, M, Abe, I (1989) Mokuzai Gakkaishi, 35(11), 1058-1062

<謝辞> 本研究を行うにあたり、貴重な試料のご提供を頂きました伊予県埋蔵文化財事業団三ツ井朋子氏に深く謝意を表します。

石造建造物の保存科学的研究 —アンコール遺跡（西トップ寺院）の保存に向けて—

○田村朋美*、浦奈穂美*、高妻洋成**、脇谷草一郎**、肥塚隆保**

*京都大学大学院人間・環境学研究科 **奈良文化財研究所

1. はじめに

西トップ寺院はアンコール・トムの中心にあるバイヨンの西約 500m に位置し、10 世紀頃に建立されたラテライト製の構造物を起源とする。その後、12 世紀に砂岩で周りを覆う形で現在の中央塔が建立され、さらに 13 世紀末には南北の小塔が造営されたと推定されている。平成 14 年度からカンボジア（アプサラ）と奈良文化財研究所による共同調査が進められ、発掘調査により 14 世紀頃に仏教テラスが構築されたことが明らかとなった。さらに昨年度からは保存修復科学的な調査・研究も開始された。ここでは、遺跡を構成する石材の劣化状態および劣化原因の調査とともに保存対策検討のための基礎調査を始めたので、その概要について報告する。

2. 調査方法

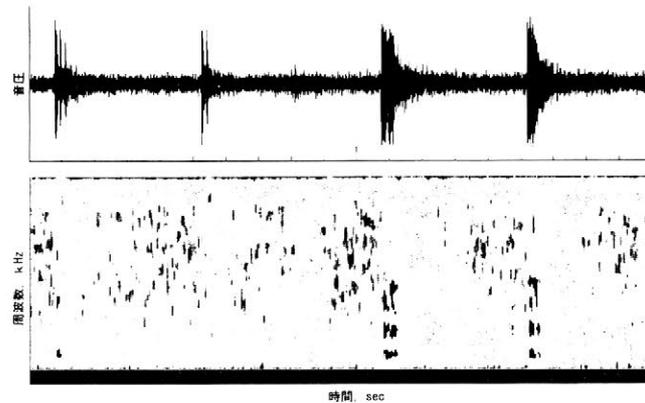
フィールドにおける調査として、まず、目視観察を行い、石材の種類や劣化の状況を調査した。次いで岩石内部のクラックなどの損傷状態を調べるため、打音法を適用した。この方法は石材をハンマーで打撃した時に発生する音の周波数特性から石材内部の損傷状態を推定するものである。いっぽう、これらの劣化原因を明らかにするため、石材劣化の大きな要因となる水分の分布と変化についての調査を行い、石材表面温度や石材強度との対応を調べた。水分の分布については赤外吸光度法を適用した。石材表面温度の測定には赤外線熱画像法を適用し、強度に関しては軟岩ペネトロメータを用いて針貫入試験を行った。なお、水分量と石材温度の測定は非破壊法によったため岩石表面のデータになる。今回の測定は西トップ寺院本体の基壇部で北面、西面、南面（南小塔西側）、南面（南小塔東側）、東面の 5 面について実施した。

3. 結果と考察

目視観察を行った結果、当遺跡を構成する石材はラテライトと砂岩であった。このうち砂岩は大きく分類すると当地域で“赤色砂岩”と言われているものと、灰白色を呈する砂岩（以下、灰白色砂岩と呼ぶ）の 2 種類であった。なかでも灰白色砂岩が遺跡を構成する石材の最も主要なもので、今回はこの砂岩を主な調査対象とした。この砂岩は石英優勢で長石と雲母類によって構成されるアーコース質砂岩ないしアーコース砂岩で、雲母が層状に配列して層理が発達しているのが特徴である。石材の保存状態は比較的良好であるが、層理面に平行す

る剥離現象が多く観察された。これらの現象は、特に基壇最上段の石材など、雨水や日光が直接あたる場所で特徴的に見られた。

次に打音法を用いた調査結果を右図に示す。この図は観測された打撃音の音圧および周波数分布の時間変化を示すものである。最初の2打音は後の2打音に比べ、高い周波数の音が観測されるのに対して、後の



打撃音の解析（上：音圧変化、下：ソナグラム）

2打音は、低周波数成分の音が強く観測されている。また、特定周波数の減衰が比較的継続している。健全な石材では観測される周波数が高ければ高いほど強度が高いこと、内部に損傷がある石材では低周波数成分がより観測されるようになること、また、浮きなどの内部に空洞を有する場合には特定周波数の減衰時間が長くなることが知られている。図1では最初の2打音が比較的健全な石材のもので後の2打音が内部に損傷のある石材のものであることが推定される。後の2打音のような観測される周波数が低く特定周波数の減衰時間が長い箇所と上記のような層状の剥離現象がみられる箇所とはよく対応していた。

石材表面の水分分布と水分量変化に関しては、基壇の最上段にすえられた石材における赤外線吸光度が、午前中においては下の石材に比べて高いのに対して午後になると小さくなることが分かった。これらの箇所は直射日光の影響が大きい場所であるため、夜間に吸湿した水分が直射日光の影響で蒸発して吸光度が著しく小さくなったものと推察される。石材表面温度との関係についても、午前においては石材表面の温度差は小さいが、午後になると基壇最上段の石材の表面温度が28℃から42℃まで上昇した。下の石材では高いところでも33℃までしか上昇しておらず、基壇最上段の石材の表面温度上昇幅が大きいことがわかった。石材の強度に関しては、針貫入試験の結果を一軸圧縮強度に換算した結果、灰白色砂岩の強度が健全な部分で350～400kgf/m²であるのに対し、基壇最上段の石材の上面では130kgf/m²まで低下していた。

以上の結果から、基壇最上段の石材の上部は層理面に平行する剥離現象が多く見られ、強度的にも劣化が進行していることがわかった。これらの石材は直射日光にさらされており、一日における石材表面温度の差が大きく、吸放湿による水分の出入りが激しいこともわかった。また、当遺跡の砂岩は雲母が層状に配列した層理をもつため、このような条件下で雲母が膨潤し間隙が発達することにより層状の剥離現象が起こっていると考えられる。

地域環境を考慮した持続可能な文化遺産保存・活用活動の可能性(1) ～岩手県大槌町大槌代官所跡水浸出土木製遺物を例として～

○手代木美穂*、鎌田精造**、松井敏也***、米村祥央*、松田泰典*

*東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター、**岩手県大槌町教育委員会、

***筑波大学大学院

1. はじめに

近年、文化遺産保護の機運は徐々に高まり、地域の歴史を引き出し、それを生かして地域の価値を高めようとする動きはますます活発化してきている。それぞれの地域に根ざし、代々受け継がれてきた文化を示す文化遺産は人間の手でつながっていくことが必要であり、その保存・活用活動は文化遺産の継承と共に、地域の環境（気候・風土・伝統芸能・伝統行事など）を考慮して、後世に持続可能なものとするのが重要である。筆者らは平成14年より岩手県大槌町教育委員会と協働で大槌代官所跡水浸出土木製遺物の強化剤含浸処理作業活動とその活用を模索した町主催文化活動の支援を行っている。これらの活動は大槌町に住み、風土を熟知している方々の理解と助言なしでは成し得ないものであり、サポーターを募ることも大切な活動であると考えている。本発表では、本活動の一部である大槌代官所跡より発掘された水浸出土木製遺物処理活動について報告する。

2. 大槌代官所跡水浸出土木製遺物の地域環境を考慮した処理方法の模索

1) 処理資料と方法の提案

平成6～8年にかけて発掘調査された岩手県大槌町大槌代官所跡からは木製遺物が約250点出土している。大型の木樋5組（長さ約5m・マツ材一部樹皮付き）や2段組の井戸枠を構成していた材約42点（1.2m×0.3m・マツ材）、下駄、漆器など多種にわたる。大型遺物に関しては現場において、毛布にくるまれ水を補充しながら保存されていたが、平成10年に町立建物の裏庭にゴムプール（6m×3m×0.8m）を設置し、年に一度の水替えを行い、保管されてきた。平成14年にこれらの木製遺物に対して肉眼観察、触察を行った結果、木樋（写真1）・井戸枠については、断面観察から木製品の芯部分は含水率が低く、木質の残りが良好であるが、資料の最外面は大変もろく、含水率が高い状態になっていることがわかった。これは出土後の水浸保管による腐朽が原因であることが推察されたため、早急に保存処理を行い、他の遺物と共に収蔵庫にて保管することが必要である



写真1:ゴムプール中の水浸出土木樋

と判断した。よって、ゴムプールを利用した強化剤 PEG#400 および#4000 を用いた 2 段階含浸を施した後に大槌町の気候を生かした寒風乾燥の施工を提案した。その際には本提案処理が大槌町特有の処理方法であることを理解していただき、試行処理・本処理の工程が必要であること、町委員会及び町文化財審議委員などの理解・助力が不可欠であることを申し添え、了諾いただいた。

2) 処理の試行

処理試行用の資料は大きさ、劣化度、樹種を考慮し、木柱・井戸杵材・下駄・漆器など 6 点を選定した。資料は樹種同定及び含水率を求め、それぞれ 200~555%、クリ材やマツ材であった。強化剤含浸は建物内において、PEG#400 の 20% 溶液からはじめ、次に PEG#4000 の 10% 溶液を加えて以後 6 ヶ月をかけて約 55% まで常温含浸させた。外気が氷点下に達する 12 月下旬より、ゴムプールを覆うように設置したビニールハウス内で東西の窓を開閉しながら寒風乾燥を開始した。資料に対しては週 2 回の重量および寸法の測定を町教育委員会にご担当いただき(写真 2)、乾燥期間は下駄・漆器は約 4 ヶ月、木柱・井戸杵は約 9 ヶ月を要した。試行資料の寸法変化は乾燥中に膨張と収縮を繰り返したが、大きく変形した資料はなかった。資料 1・2・3 の乾燥中の重量変化曲線を図 1 に示す。乾燥 8 ヶ月では傾きが 0 に近づいており、実際の計測値ともあわせて 9 ヶ月後に乾燥終了とした。乾燥開始時に内包する推定水分重量を 100% とした場合に、乾燥 2 ヶ月では -23%、4 ヶ月目では -62%、6 ヶ月目では -87% の水分減少が確認された。本処理として行う水浸出土木製遺物資料に対しても、同様のデータを蓄積し、基とすれば寒風乾燥の終点を予測及び確認することが可能であると考えられる。以上の結果から、試行された処理方法は大槌町の地域環境を考慮した水浸出土木製遺物の処理として採用可能であることが確認された。



写真 2: 寒風乾燥中の測定風景

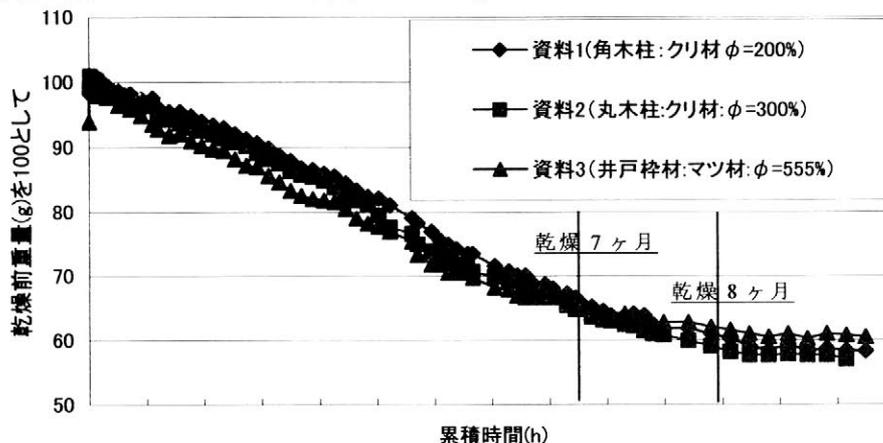


図 1 資料 1-3 の乾燥 9 ヶ月までの重量変化

レバノン共和国ティール郊外ラマリ地区壁画地下墓 TJ04 の保存環境

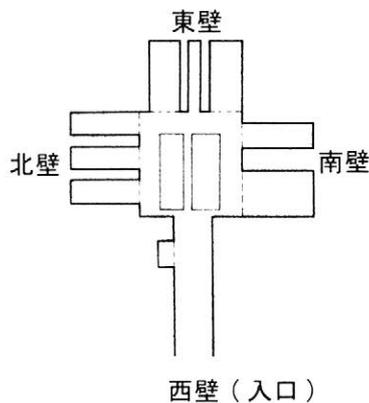
2004 年度調査の成果

○西山要一*、中村晋也**、島津功・竹原弘展・北森さやか***、
林國郎・島田守・森田拓馬****、峠美穂*****

(*奈良大学 **金沢学院大学 ***奈良大学大学院 ****奈良大学保存科学研究室
*****大阪府文化財調査センター)

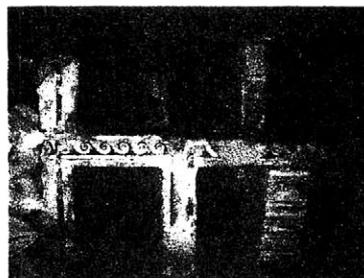
1 地下墓 TJ04 の位置 レバノン共和国の首都ベイルートから地中海岸に沿っておよそ 80km 南にティール(現スール市)がある。「フェニキアを中心都市として栄えた港町ティール」として世界遺産に登録され、列柱道路・公共浴場・水道橋・ヒッポドロムス・ネクロポリスなどが保存されている。この世界遺産地区の東約 3km の丘陵裾に、ローマ時代からビザンチン時代の推定数千基の地下墓・地上掘込墓が営まれ、その一角のラマリ地区に地下墓 TJ04 が所在する。

2 地下墓 TJ04 の構造 TJ04 は石灰岩を岩盤とする丘の斜面に構築されている。入口から長さ 4.4m の階段を下ると 2.9m 四方、高さ 2.9 m の墓室に至る。墓室の東壁・北壁・南壁に 18 の納体室と床に掘り込みの 2 納体室を設けている(図 1)。墓室の内部は損傷を受けているが、側壁には赤色の波形、緑色と茶色のオリーブの枝束、灰色の石柱など、天井には赤・緑・灰色の大きな花形など色鮮やかな壁画がある。床の堆積土中から壁画片や納体室石材、墓室入口の石扉などを発見し、これらを原位置に戻せば、墓室のほぼ 9 割を復原できる。また、僻邪のシンボルであるメデューサの浮彫のある鉛棺、陶棺、鉄釘、ワイン壺、ランプ、ガラス瓶、装飾鎖などの遺物片が多数発見され、TJ04 は紀元 2 世紀ころに築造されることが明らかになった。

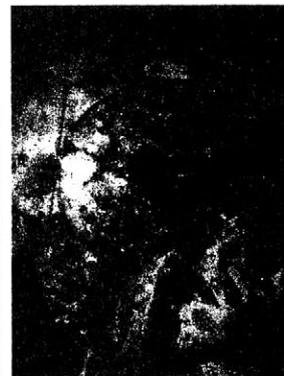


平面概念図(納体室上段床面レベル)

図 1

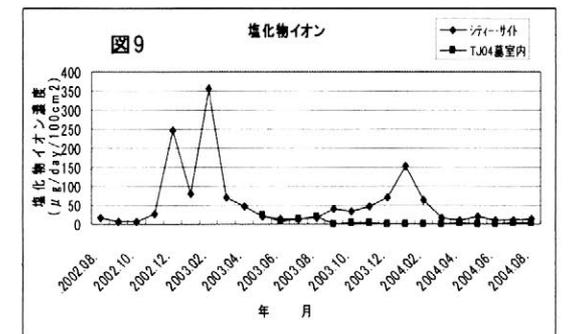
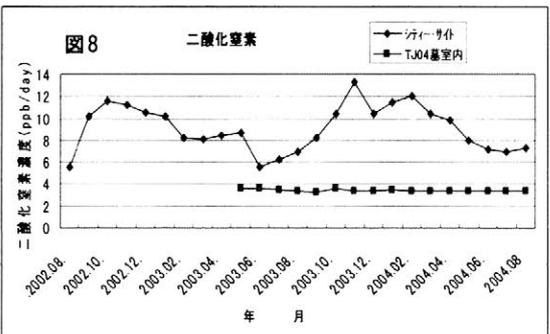
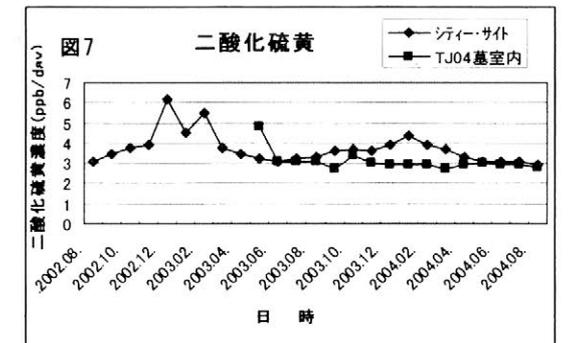
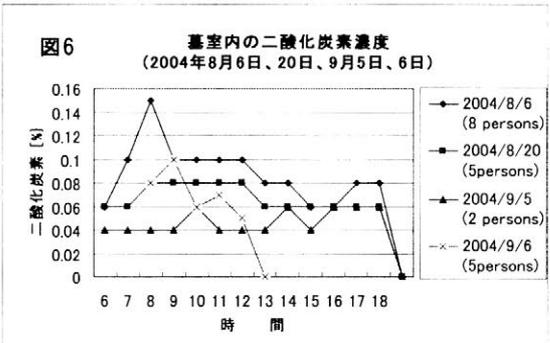
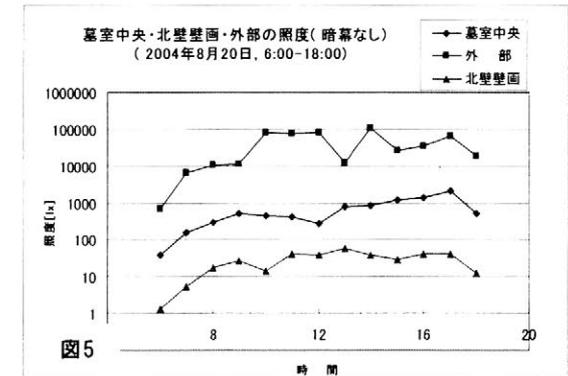
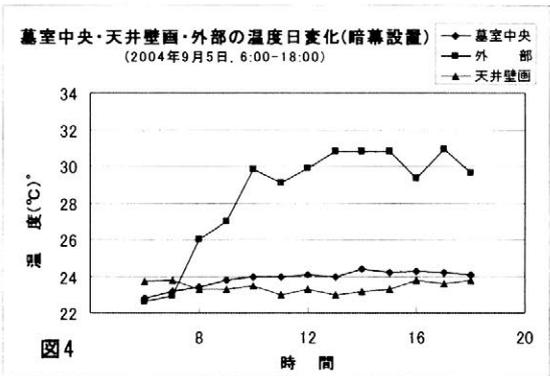
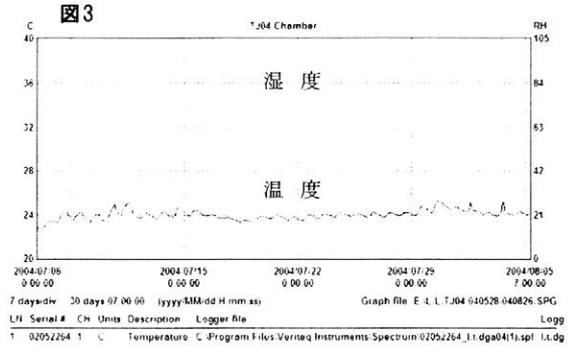
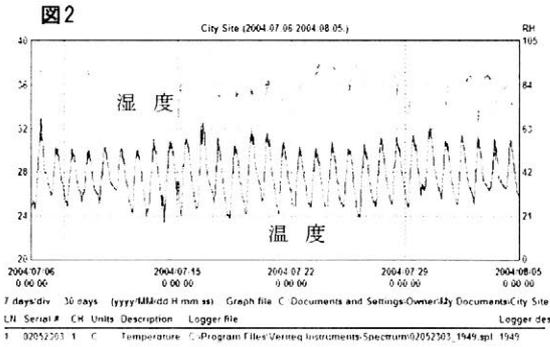


北 壁



天 井

3 地下墓 TJ04 の環境 2004 年 8~9 月の調査中、TJ04 周辺は連日 30°C を超える気温(図 2)であったが、墓室の中は 24~26°C(図 3.4)に、壁画表面は 23°C であった(図 4)。墓室中の湿度は 95~100% であった(図 3)。暗幕で入口を閉じると温度・湿度ともにさらに安定し、光・紫外線も遮断し照度・紫外線強度もわずかとなる(図 4.5)。墓室内で多人数(8 人)が作業すると二酸化炭素の濃度が 0.15% まで上昇した(図 6)。大気汚染の二酸化硫黄(図 7)、二酸化窒素(図 8)、塩化物イオン(図 9)の濃度も墓室内ではわずかであった。これらの遺跡の損傷、壁画の褪色の原因となる環境のデータは、TJ04 修復完成後の公開に際しての環境管理の基準を示唆するものである。



謝辞 2004年度調査研究は奈良大学学園創立80周年事業として実施し、財団法人アジア福祉教育財団および財団法人文化財保護・芸術振興財団の助成を受けた。また、レバノン考古総局の多大な協力を頂いた。記して感謝いたします。

煎茶処理した古い鉄釘の再利用

○ 平井昭司、越智泰之（武蔵工大工）

1. はじめに

古くから建築等の木材の張り合わせや木材への固定には、鉄釘が使用されてきている。そのため、建築物等の老朽化に伴い修復工事が行われると、木材から抜かれ、一部は曲がった釘を伸ばしてそのまま再利用されるか、多くは錆化していることにより廃棄されることが多い。しかし、鉄釘といえども文化財資料という観点からすると、できるだけ製作された当時の材質で後世に残す必要があるが、鉄釘表面が錆化していると耐久性が落ち、その後の使用に耐えられなくなる。そこで、錆化が進行しないように鉄釘表面に防錆化処理を施し、鉄釘を再利用することとした。本発表においては、防錆化の保護膜層の生成について自然科学的観察を行ったので、この効果について報告する。

2. 再利用する瓦用鉄釘

再利用する鉄釘は、平成 10 年（1998 年）から約 10 年間をかけて平成の大修復を行っている西本願寺御影堂の屋根瓦を留めている瓦用鉄釘である。御影堂は、寛永 13 年（1636 年）に再建・建立された世界最大級の木造建築物で、現在重要文化財建築物にもなり、世界文化財遺産の一つにも登録されている。建立から約 370 年の間、寛政 12 年（1800 年）から文化 7 年（1810 年）の 10 年間に一度大修復が行われ、今日を迎えている。使用された瓦用鉄釘は、再建当時のものと文化の大修復のときの 2 種類が存在している。瓦用鉄釘の形状は、頭部が円形でお椀を伏せたような状態で、針部はいずれも四角錐をなし、頭部に近いところは瓦と接触して割れないように多少角が取られていた。約 30～40cm 前後の長さで、中央部が約 1cm 角をし、重さ約 350～550 g の非常に大きな釘であり、大別して頭部の肉厚が薄いものと厚いものとの 2 種類があった。一部の釘は、風雨に曝され錆の進行により、使用が不可能なものもあったが、多くの釘はいまだ可能な状態にあった。今後、100 年以上使用可能な状態で釘を再利用するために、わが国にある伝統的な技法を初めて鉄釘に応用した。その技法は錆化した鉄釘を煎茶により煮沸する方法である。

3. 瓦用鉄釘の防錆化処理

錆化した瓦用鉄釘を防錆化処理する前に、鉄釘を長さ約 1cm に切断した試料片を作成し、この試料片に防錆化処理を行い、防錆化処理の効果を調査した。その後、実試料を防錆化処理し、再利用した。防錆化処理は、まず、剥離しやすい錆層を剥がし、タンニン酸あるいは煎茶で煮沸処理を行った。いずれの場合も 2 時間煮沸・30 分間乾燥を 6 回繰り返して行い、合計 12 時間の反応処理を行った。その後、防錆化処理の効果を調査するため、高温多湿（温度；40℃、湿度；90%以上）の装置内で試料切片を暴露し、表面の観察を行った。

4. 防錆化効果の確認

タンニン酸あるいは茶葉との煮沸処理は、鉄がタンニン酸と化学反応してタンニン酸鉄になることを利用している。EPMA（電子線マイクロアナリシス）法による観察では、鉄錆層に新たにタンニン酸鉄の炭素 C が形成されれば、保護膜ができた証となる。未処理の鉄試料とタンニン酸及び茶葉の煮沸処理した釘試料を EPMA で分析し、鉄 Fe、酸素 O、炭素 C、リン P に注目した写真を

示す。上段の図は未処理試料の錆び層及び金属部を、中段はタンニン酸で処理した試料、下段は煎茶で処理した試料の同個所を観察している。錆層には O が現れている。タンニン酸及び煎茶処理では錆層に C が形成されたことが分る。さらに、煎茶処理では同時に P の層も観察される。これは、お茶に含まれていた P が反応し、耐候性のリン酸鉄も形成されたことを示唆していると思われる。タンニンだけの処理では P の存在を確認できなかった。

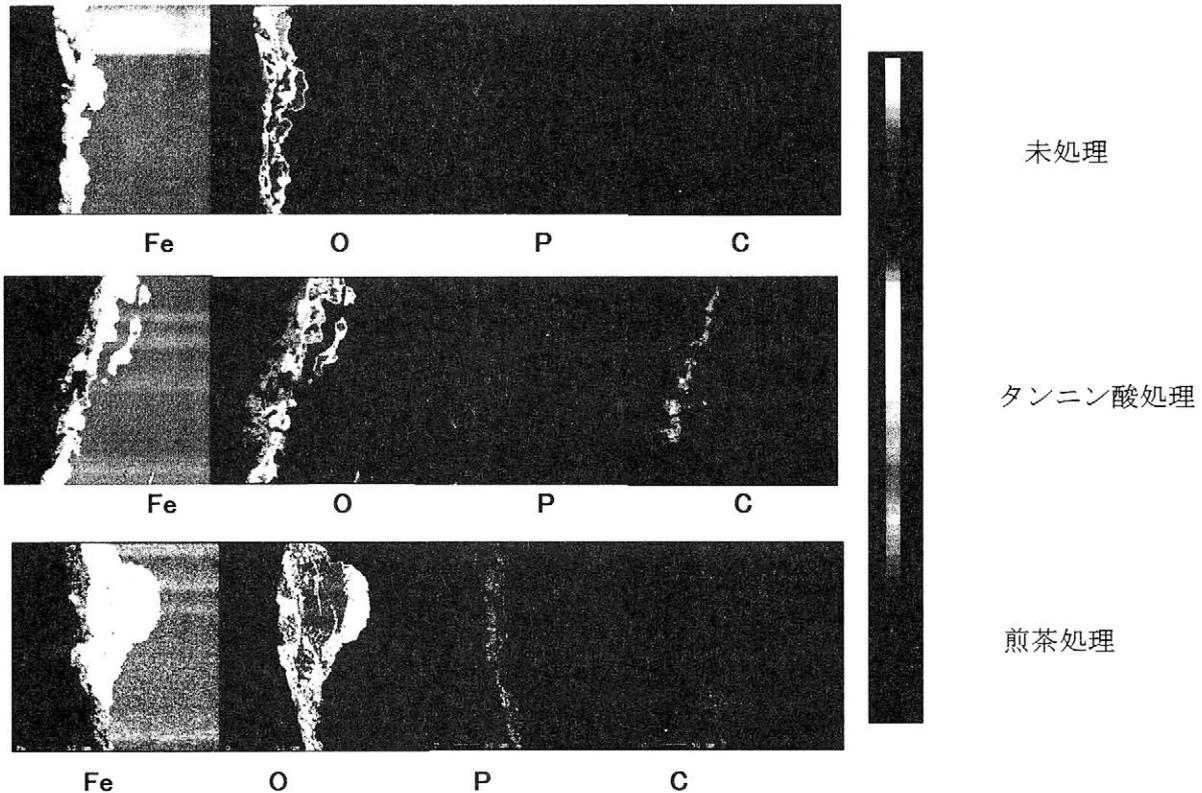


図 未処理、タンニン酸処理および煎茶処理鉄試料片の EPMA の解析画像

以上、煎茶による煮沸処理により、錆びた鉄釘の表面はタンニン酸鉄とリン酸鉄の保護層が新たに形成されたことを確認した。また、未処理鉄試料片、タンニン酸処理鉄試料片および煎茶処理鉄試料片を湿度 90% 以上で温度 40°C の環境内に約 6 ヶ月間放置した後、各試料片表面の変化の様子を観察した。未処理試料には褐色のいわゆる赤錆が多く発生し、次いでタンニン酸処理した試料にも僅か発生していた。しかし、煎茶処理した試料片にはほとんど発生していなかった。すなわち、錆びを形成している鉄イオンとタンニン酸が反応しタンニン酸鉄の保護膜が生成され、さらに煎茶に含まれているリンイオンが鉄イオンとも反応し、リン酸鉄の新たな保護膜が生成され、二重の保護膜ができたことを推察できる。

この知見に基づき、世界ではじめて約 1200 本の瓦用鉄釘を煎茶で煮沸処理し、一部の瓦を留めるために再利用を行った。なお、表面状態は、鉄釘が作られた当時とは異なるが、内部の金属部は製作当時の金属組織を残しているものと思われる。さらに、処理液は煎茶であることから、環境を害さないものと考えられる。

エミシの大刀とヤマトの大刀 —材質・技法・デザインの比較からみる地域間交渉—

○橋本英将*、塚本敏夫*、植田直見*、井上美知子*

(* (財) 元興寺文化財研究所)

1. はじめに

本研究は、現在の東北・北海道の7～9世紀にみられる大刀群のうちに、同時期の畿内などにみられる装飾大刀と、同様のデザインを採用しながら異なる素材・製作技法を用いて製作される一群が存在することに着目し、当該期におけるいわゆるエミシとヤマトとの間におこなわれた、文献史上に現れない交渉の実態の一端を、型式学的検討という考古学的視点と、材質、技法に関する自然科学的手法を用いた分析とを総合することによって明らかにしようと試みるものである。

2. 蕨手刀研究から導かれる論点

現在当該期（飛鳥・奈良時代、擦文時代）の刀剣類のうち比較的研究史の蓄積が厚い蕨手刀に着目し、論点を確認する。論点は多岐にわたるが、大きくは①蕨手刀の出現過程、②製作地と流通、③蕨手刀着用者の性格、の3点に集約される。これらの論点は、蕨手刀にとどまらず、当該期の大刀全般に敷衍できる問題意識であると考えられる。いずれの点に関しても、製作技法を詳細に検討したうえでの製作体制の復元が基礎作業として求められるが、いまだ十分になされているとはいえない。本報告では、そのための基礎作業として、畿内を中心とするいわゆる「中央」と東北・北海道を中心とする「北方」でそれぞれ主体を占める刀剣の製作技法から、それぞれの地域における大刀製作の技術基盤を確認し、両者に含まれる共通したデザインを採用する大刀の比較を通して上記②（製作地と流通の問題）について検討する。

3. 大刀製作の技術基盤

中央における7世紀代の大刀製作に使用された技術と同時期ならびにそれ以降の北方社会で大刀製作に使用された技術をそれぞれまとめる。考古学的な研究の蓄積によって得られている形態に関する情報と、自然科学的な分析によって明らかになっている材質に関する情報を総合し、北方地域における大刀の様相をみると、A.中央で採用されているデザイン・技術・材質と同質のもの、B.北方に主体的なデザイン・技術・材質を用いるもの、C.中央と同じデザインを採用しながらも、細部の形態や、技術・材質において異なるもの、の大きく3つに分けられる。これら3つのタイプは、容易に想定しうるものであり、先行研究の中にすでに用意されたものであるが、重要なのはこれら相互の関係である。全体のなかでAが占める割合、Bなど他の遺物に対する取り扱い上の格差、CのA・Bとの間の

関係を整理することが必要である。A は中央より流通してきたもの、B は北方世界で固有の製作体制のもとに製作され、流通したものの、C は A からのインパクトを受けて、B の技術を用いて A の形態を模倣したもの、という評価が現状では妥当なものと考えられ、A・B・C 間の関係の解釈が中央—北方関係を考えるうえでの基礎情報となると期待できる。本報告では特に C の評価に着目する。

4. デザインの共通性

中央と共通したデザインを採用しながら、異なる技術で製作するといった状況を解釈するうえで考えられる可能性としては、遺物の流入(上記 A に該当するもの)があるものの、直接的な技術の導入・工人の移動がないか、もしくはあったとしても定着しなかった状況が考えられる。模倣する遺物への需要がありつつも、需要をすべて流入する製品でみたすには至らず、また製作に関わる技術基盤を定着させることができなかったという事態が想定できる。こうした状況がどのようなタイミングで起こり、どれだけの期間そうした状況が存続したのか、といった点を確認することにより、当該期における、中央と北方社会との交渉のあり方の一端を浮き彫りにできると考える。その具体相の解明についてはさらなる慎重な検討と準備が求められ、本報告では即断を控えつつ、展望のみを示して今後の課題としておきたい。

5. おわりに

本報告での検討により、従来とは異なる視点でのアプローチが可能となり、奈良時代における対蝦夷政策とそれにたいする北方社会のリアクションのあり方に新たな知見をもたらすことができると考える。ただし、本報告で用いた中央—北方といった、それぞれを一枚岩とするかのような大きな枠組みでは自ずと見過ごしてしまう点は多々あると予想できる。本報告の結果を安易に結論とせず、よりミクロな視点から批判的に検証し続けてゆくことが肝要であると考えられる。この点もまた今後の研究課題としたい。

〔主要参考文献〕

- 井上美知子・植田直見 2003 「1. 西島松 5 遺跡出土金属製品の自然科学的分析」『恵庭市 西島松 5 遺跡(2)』財団法人北海道埋蔵文化財センター pp.303-338
- 菊池芳郎 2003 「装飾付大刀からみた古墳時代後期の東北・関東」『シンポジウム 後期古墳の諸段階』第 8 回東北・関東前方後円墳研究会発表要旨資料 pp.19-28
- 下江健太 2001 「方頭大刀の編年」『定東塚・西塚古墳』岡山大学考古学研究室 pp.307-329
- 松本建速 2001 「蕨手刀と牧」『海と考古学』第 4 号 pp.45-58
- 松本建速 2003 「蝦夷と蕨手刀」『物質文化』75 pp.30-44
- 八木光則 1996 「蕨手刀の変遷と性格」『考古学の諸相 坂詰秀一先生還暦記念』pp.375-396
- 八木光則他編 1999 『蕨手刀集成 第 2 版』文化財資料集 第二集 盛岡市教育委員会文化財調査室

ウルシ塗膜片のマイクロ構造

○加藤 晃一（北海道大学大学院 工学研究科） 野沢 悠子（北海道大学 研究生）
小笠原 正明（北海道大学 高等教育機能開発総合センター）

【はじめに】 人類によるウルシなどの高分子材料の利用歴は古く、日本では縄文時代前期にまでさかのぼる。北海道の縄文遺跡からも天然アスファルトやウルシ製品が出土している。天然アスファルトやウルシは高度な加工技術を必要とする天然材料であるが、古代の材料加工術はその材料特性を失うことなく実用材とし、そして現在にその姿を伝えている。とりわけウルシの塗膜は長時間におよぶ数段の工程を経て到達する高分子化合物であるが、既に古代においてその加工技術が完成されていた。出土品のなかには現在に至ってなおその色彩と光沢とを保っている遺物も少なくない。数千年を経て自らその耐久性を示しているといえる。ウルシは現代にも通用する優れた天然高分子材料である。

ウルシ原液の主成分は不飽和側鎖を持つカテコール誘導体の混合物で、酵素反応で速やかに乾燥して硬い膜を形成し、100°C以上で重合することなどが知られている（1992 熊野谿 従）。この研究は、縄文遺跡と中世の遺跡から出土した遺物のウルシ塗膜片について、そのマイクロ構造と経年変化の解明を目的としている。

【試料と実験】 恵庭市柏木 B 遺跡、長沼町 12 区 B 遺跡（以上縄文時代後期末葉）から出土した櫛もしくは漆器の破片 5 点、森町御幸町遺跡（中世末期～近世初期）から出土した盆または碗の破片 3 点について、塗膜片断面の鏡下観察および撮影と走査型電子顕微鏡下観察およびエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（EDS）による分析をおこなった。

【結果と考察】

(1) 恵庭市柏木 B 遺跡試料：ウルシの被塗布体である木質生地が腐食分解して失われている。ウルシ塗膜は 1 層ないしは 2 層の厚さ約 0.1mm の黒色（鏡下観察の色）部分であるが、ウルシ液が木質細胞に浸透した厚さ約 1.3mm の部分が塗膜とともに残存している。（以上図 1）EDS 線分析では塗膜部分に高い Fe 強度と S 強度が認められ、着色材として硫化鉄が使用された。木質細胞部分にはこのピークが認められないことから細胞質に対する浸透力はウルシ液の特性である。（以上図 2）

(2) 長沼町 12 区 B 遺跡試料：塗膜は厚さ 0.1mm 程度で 2 層塗りである。被塗膜体の表面が荒いため、第 1 層目は生地を平滑にしている。生地細胞質にウルシ液が浸透して変色し、それ以外の生地部分は分解している。また浸透部分から一部繊維質が抜け落ちている。EDS 点分析では図 3 の 1 に Hg、S 2 に Fe 3 に土壌成分の Si、Al が観測された（表 1）。（以上図 3）EDS 線分析では Fe の多い第 1 層（下地塗り）の上に Hg 含有率の高い第 2 層が塗布されている。着色剤は硫化水銀（辰砂）である。鏡下では、硫化水銀を含む層は粒子の集合体である。（以上図 4）

(3) 森町御幸町遺跡試料：塗膜は厚さ 0.1mm 程度で 2 層塗りである。ウルシ液が浸透して明褐色（鏡下）に変色している部分は 0.2mm、生地部分の形骸が 0.3mm である。EDS 線分析では塗膜層に強い Hg 信号があり、Fe が観測されないことから着色材は硫化水銀（辰砂）である。生地部分は Si、Al、Ca の土壌成分である。（以上図 5）

表 1 長沼町 12 区 B 遺跡試料の EDS による点分析

wt%

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	HgO
1	0	0	3.7	8.18	0	18.59	0.49	0.98	4.28	0	51.45
2	0.35	0.15	0.71	6.71	0.52	4.03	0.03	1.12	0	4.04	0
3	0.22	0.05	0.12	3.85	0	2.48	0	0.26	0	0	0

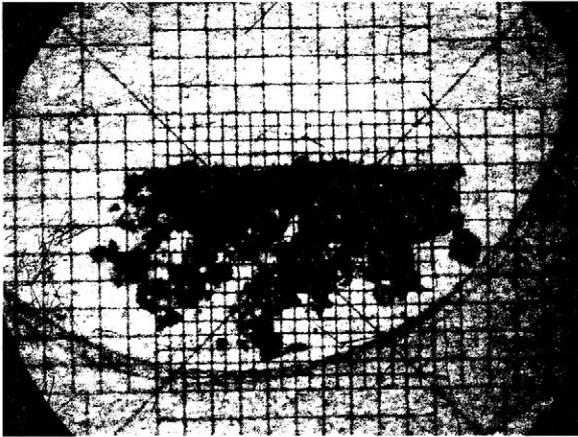


図1 恵庭市柏木B遺跡試料の塗膜断面
上部の黒色部分は塗膜、下部に広がる大部分はウルシ液が浸透した木質細胞である。
(最小目盛りは0.1mm)

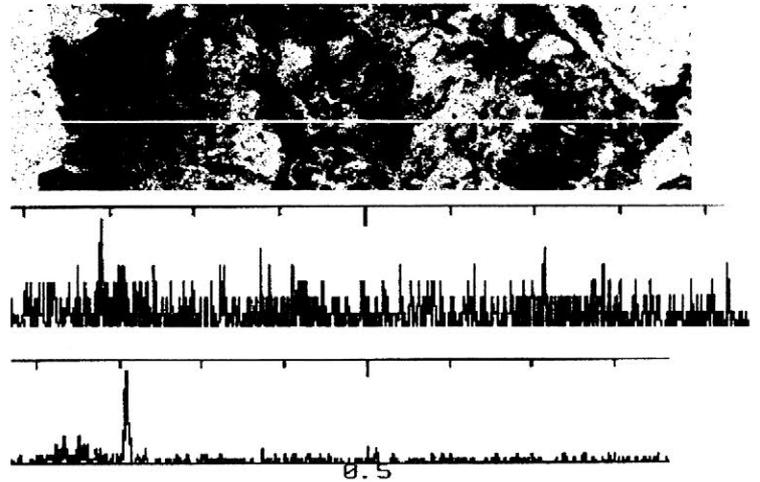


図2 恵庭市柏木B遺跡試料塗膜断面のEDS線分析
上のスペクトルはS、下はFeを示す。写真の白線は分析ラインを示す。

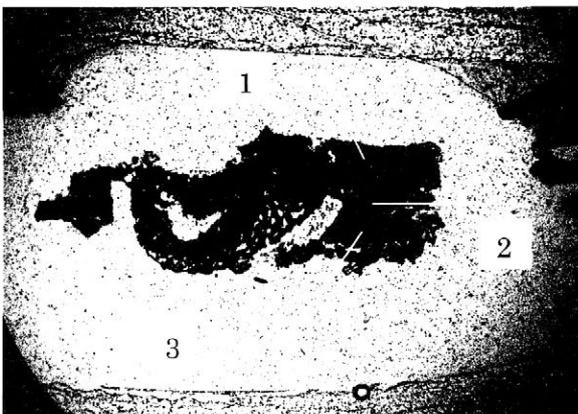


図3 長沼町12区B遺跡試料の塗膜断面
EDS点分析で1にHgS、2にFe、3に土壌成分が観測された。

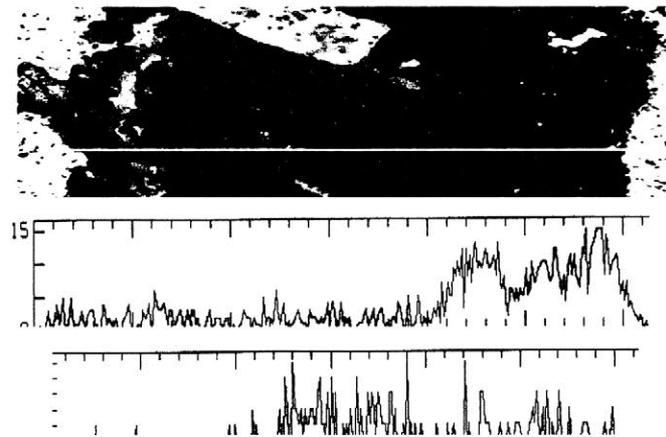


図4 長沼町12区B遺跡試料の塗膜断面EDS線分析
上のスペクトルはS、下はFeを示す。写真の白線は分析ラインを示す。

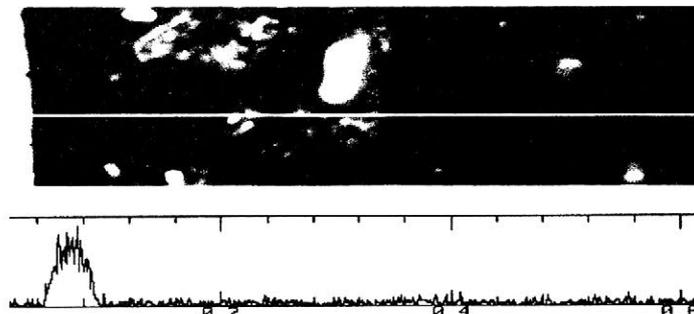


図5 森町御幸町遺跡試料の塗膜断面EDS線分析
写真中左側端の縦じまが塗膜でHgの強いスペクトルが現れる。残りの木質部分は土壌成分に交代されている。散在する白点は石英粒である。写真の白線は分析ラインを示す。

CR法・AR法を活用した東北北部出土ガラス玉の考古科学的研究

○藤沢敦*、大賀克彦**、田村朋美***、肥塚隆保**

*東北大学埋蔵文化財調査研究センター、**奈良文化財研究所、***京都大学大学院

1. はじめに

6世紀までの東北北部には「古墳」は認められず、またガラス玉の流入も極めて稀である。しかし、7世紀に入ると「末期古墳」と呼ばれる円形墳墓が活発に築造され、それに伴いガラス玉を中心とする玉類の大量副葬が行われる。ただし、7世紀以降の西日本ではガラス玉の使用は衰退傾向にあり、東北北部への流入時期や流通経路が大きな問題となる。これまでに東北北部で出土したガラス玉は6,700点を越えており、その全体的な様相を明らかにするためには、多量の資料を効率良く分析する必要がある。そこで、CR法、AR法、蛍光X線分析法を活用し、「末期古墳」から出土したガラス玉の製作技法や材質における組成を検討することとした。

2. 調査・分析の方法と手順

- ①外形の特徴について、ルーペや実体顕微鏡で観察し、特徴を記載。
- ②径・厚さ・重量等の計測と写真撮影による記録。必要に応じて実体顕微鏡写真を撮影。
- ③イメージング・プレート（IP）を用いたCR（Computed Radiography）法により、製作技法を判別。鉛ガラスも判別。
- ④ガラス玉をIP上で暴露するAR（Auto Radiography）法により、カリガラスを判別。
- ⑤CR法・AR法の結果を踏まえ、必要なものについて蛍光X線分析を行う。

以上の分析をもとに、各古墳ごとのガラス玉の組成を明らかにし、比較検討を行った。

3. 結果と考察

◇鑄型で製作された紺色のガラス小玉が、いずれも8割前後の高い比率を占める。従来から指摘されるように、破砕したガラス片を鑄型に詰め、加熱することで二次的に再生されたものである。CR法による画像では、大小の球状の気泡が散在するように見える。X線透過率が全く異なる鉛ガラスと考えられる小片の混在も認められる。また、蛍光X線分析の結果から、素材となったガラスの材質や量比の検討も行った。

◇他の大部分は、引き伸ばし法による紺色のガラス小玉であり、材質的に4種類に大別



図1. 鑄型法のガラス小玉
(藤沢狄森5号墳)

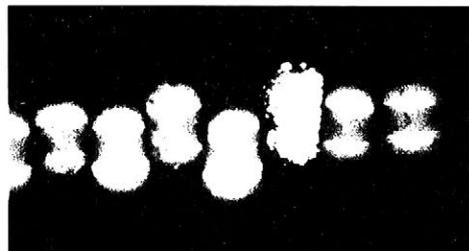


図2. 鑄型法ガラス小玉のCR画像
(丹後平20号墳)



図3. 鉛の多いソーダ石灰ガラス
(非対称タイプ、天神山2号墳)

される。中でも、やや鉛を多く含むソーダ石灰ガラス製の小玉は、両側の端面が非対称となる特徴的な形状を呈し、全体の10%前後を占める重要な構成要素である。

◇二次的な巻き付けと考えられる、大型の紺色ガラス玉が、比較的多く認められる場合もあるが、多くても5%未満である。

◇他にも様々な種類のガラス玉が含まれ、引き伸ばし法でカリガラス製や連珠法でソーダ石灰ガラス製のガラス小玉も少量認められた。特に、巻き付け法による鉛ガラス製の緑色のガラス玉は極めて少数で、1%にも満たない点は注目される。

こうした特徴は、西日本出土のガラス小玉の組成とは大きく異なる。西日本では、鋳型法によるガラス小玉は一貫して少量に留まることや、7世紀には鉛ガラスへと急激に転換するからである。他方、東海から関東・東北南部では、先行する6世紀後半から同様な特徴を示すガラス小玉の流通が認められ、東北北部へのガラス玉の流通経路を示すものとする。今後、他地域の資料を対象として、上記の課題をさらに追究したい。

※本研究は、福武学術文化振興財団の平成15年度研究助成（研究代表者：藤沢敦・共同研究者：肥塚隆保）による成果を含んでいる。

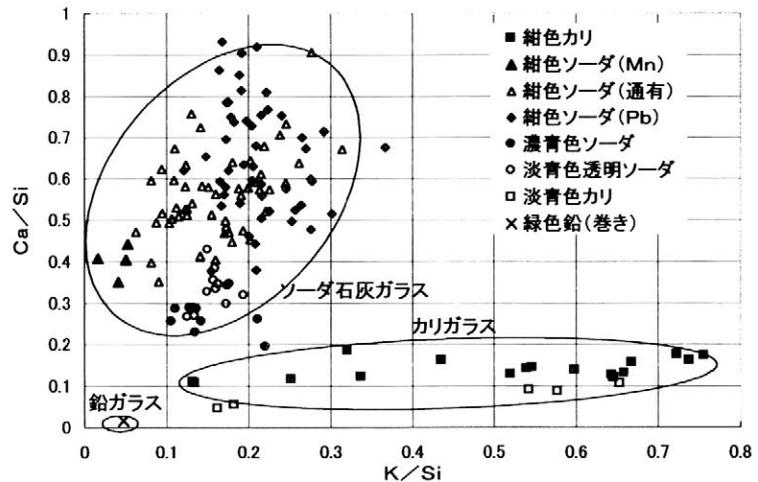


図4. 元素比(K/Si-Ca/Si)の分布（鋳型除く、青森県内資料）

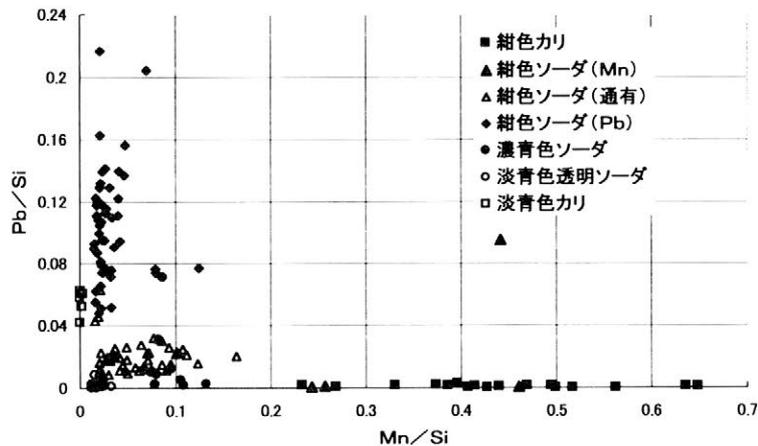


図5. 元素比(Mn/Si-Pb/Si)の分布（鋳型除く、青森県内資料）

県名	市町名	遺構名	分析数	引き伸ばし										押圧		連珠		巻き		鋳型		二次巻き		融着		
				紺色カリ	紺色ソーダ通有	紺色ソーダMn含	紺色ソーダPb含	淡青色カリ	濃青色ソーダ	淡青色ソーダ透明	淡青色ソーダ不透明	黄色ソーダ	濃緑色ソーダPb含	紺色ソーダ	紺色ソーダ	紺色ソーダ	緑色鉛	紺色	黄緑色	紺色	淡緑色	紺色				
青森	下田町	阿光坊6号墳	10																	9	1					
		天神山2号墳	140	1	4		12					4	1								118					
	八戸市	丹後平3号墳	172	1	8	1	17					5	2	3					1			131		2	1	
		丹後平13号墳	23																			21		1		
		丹後平15号墳	117		1		11															102				
		丹後平18号墳	119		5								2	2								110				
		丹後平20号墳	350	4	10		13							2		1			1			317		1		
		丹後平51号墳	291	11	22	3	40					1	4	2		1				4		190		13		
岩手	矢巾町	藤沢狄森5号墳	1,109	2	73	2	127				6	13	2		2		2	1	1	869		6	2	1		
総計			2,331	19	123	6	220				5	13	28	6	1	4	1	2	6	2	1,867		1	23	2	2
構成比(個数)			100%	0.8%	5.3%	0.3%	9.4%				0.2%	0.6%	1.2%	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.3%	0.1%	80.1%		0.0%	1.0%	0.1%	0.1%

表1. ガラス玉の組成

カマン・カレホユック遺跡出土 黒色超磨研土器の黒色表面の起源について

○白石圭代*、中井 泉*、阿部善也**、矢野良子***

(* 東理大理、** 立教大理、*** 東京高専)

【 緒言 】

トルコ共和国のほぼ中央に位置する Kaman-Kalehöyük は約 5 千年の歴史が積層した遺跡であり、各時代の層からは特徴的な土器が出土している。土器は製作当時の技術水準を反映した遺物であるため、時代ごとの土器の比較によって製作技法の時代による変遷を追うことが可能となる。そこで我々は、化学的アプローチにより当時の土器製作技術を解明することで、土器に対する新たな分類の基礎を築くことを目指している。

本研究で対象とした土器は、本遺跡鉄器時代に特徴的な黒色超磨研土器である。同土器は光沢を持つほどの黒色表面を有するということから、その器表面は「炭素吸着」によるものと考えられていた¹⁾。しかし、その起源について科学的に検証されたわけではなく様々な推論がなされている。一方、本遺跡北西に当時のフリギア王国の首都 Gordion があり (Fig. 1)、そこから出土する同様の黒色光沢を有する土器については、化学的な考察から、その表面は炭素吸着でなく「スリップ(化粧土)」が施されていたとする報告がなされた²⁾。このような背景のなか、本研究では黒色超磨研土器の製法の解明を目的として研究を行った。昨年の本会で、基本的な焼成技法を解明し、還元雰囲気中、800°C以下で焼成されていたことを報告した³⁾。今回はさらに、最大の論点である黒色表面の起源に着目し、粉末 X 線回折、SEM-EDX、X 線光電子分光法 (XPS)、元素分析など物質科学的分析により、製法の分かっている試料との比較検討を加えることで、起源の解明を試みた。



Fig. 1 中央アナトリア地図

【 実験 】

用いた試料は、本遺跡鉄器時代の層から出土した黒色超磨研土器片である。比較試料は、同時代の層から出土した黒陶、および実験室で炭素吸着を再現した黒色超磨研土器類似試料である。これらの試料について、SEM による表面形態の観察、EDX による含有元素の比較、粉末 X 線回折による結晶性物質の比較、元素分析および XPS による炭素の分析、肉眼観察等から黒色表面の製法の解明を試みた。

XPS および元素分析の測定試料については、炭素源として考えられる有機物の汚染や炭酸塩鉱物等による影響を除去するため、酸とアルカリによる前処理 (AAA 処理) を施した。

【 結果・考察 】

試料断面の SEM 観察の結果、Fig. 2 に示すように土器表面は平滑で一様であった。さらに、表面部分と胎土部分における含有元素および結晶性物質の比較を行ったところ、Gordion 遺跡出土の試料で言われているようなスリップが施された場合に見られる表面部分と胎土部分の構成元素の違いや Slip 層等は確認されなかった (Fig. 2, 3)。従って、本遺跡出土の黒色超磨研土器にはスリップが施された痕跡は認められなかった。

元素分析による炭素の定量結果を Table 1 に示す。本結果から、器表面の炭素量は 2~3% 程度であり、胎土の炭素量 1% 以下と比べて顕著に多いことが明らかとなった。比較として、炭素吸着を再現した試料 (再現試料) についても同様の結果が得られた。一方で、表面にスリップを施すことにより黒色を発している黒陶については、その炭素量は表面部分と胎土部分とで同程度であった。さらに、XPS による半定量分析では、表面と胎土の炭素のピーク強度を比べると明らかに前者の方が強く、元素分析の結果を支持した。以上のことから、同遺跡出土の黒色超磨研土器の黒色表面の起源は炭素であると考えられる。

なお、一部、表面処理の方法が異なる可能性のある資料も見つかったことから、黒色超磨研土器の製法にも複数種類ある可能性があり、検討を行っている。

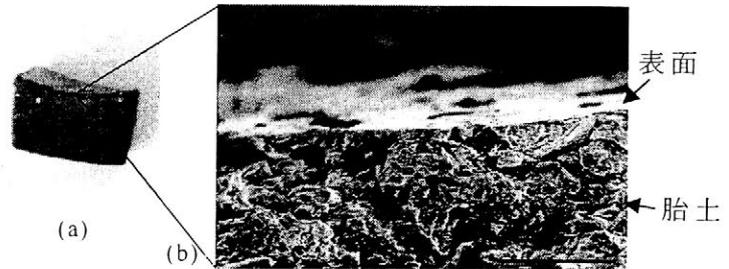


Fig. 2 (a) 土器の断面
(b) 表面付近断面の SEM 像 (bar = 10.00μm)

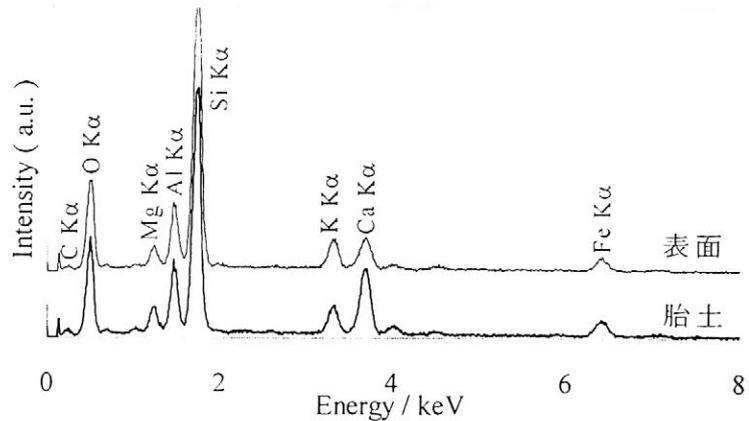


Fig. 3 表面部分と胎土部分の EDX スペクトル

Table 1 元素分析による表面部分と胎土部分の炭素量の比較

		C (wt. %)
黒色超磨研土器 1	表面	3.02
	胎土	0.95
黒色超磨研土器 2	表面	1.75
	胎土	0.75
黒色超磨研土器 3	表面	1.94
	胎土	0.22
再現試料 (炭素吸着)	表面	0.82
	胎土	0.06
黒陶 (顔料、スリップ)	表面	0.06
	胎土	0.04

- 1) K. Matsumura, *Anatolian Archaeological Studies*.9, (2000)
- 2) Robert C. Henrickson, et al., *Materials Research Society Symposium Proceedings*. 712, 391(2002)
- 3) 白石圭代、保倉明子、中井泉、カマン・カレホユック遺跡出土黒色超磨研土器の焼成技法の解明、日本文化財科学会第21回大会、2003年5月

錫で装飾された古墳時代の環頭大刀 —福岡県福津市勝浦高堀出土資料の保存科学的調査—

○比佐陽一郎*、今西寿光**、塚本敏夫***、植田直見***、池ノ上宏****
(*福岡市埋蔵文化財センター・**(株)京都科学・*** (財)元興寺文化財研究所・****福津市教育委員会)

1. はじめに

環頭大刀は古代中国において発生し、日本にも弥生時代以降、中国や朝鮮半島を通じて移入され様々な発展を遂げる。その中で明確な装飾を持たない素環頭大刀は概して「鉄製」とされ、考古学以外では研究の俎上に上がることは少なかった。その様な中、永嶋正春氏は装身具である耳環の保存科学的調査を行う過程で、鉄を心材として表面に錫を加飾した例があることを明らかにし、更に同様の事例が古墳時代（5世紀代）の素環頭大刀にも存在することを指摘した（永嶋 1991）。しかし残念ながらこの時点では未報告資料のためとして詳細は述べられておらず現在に至っている。

今回、福岡県福津市勝浦高堀遺跡内の古墳跡から出土した大刀環頭において錫による装飾の存在が確認され、更にこれを可視化することができたので、その内容を報告する。

2. 遺跡及び資料の概要と調査に至る経緯

勝浦高堀遺跡は福岡県福津市に所在する。1994年の津屋崎町（現福津市）教育委員会による発掘調査で、破壊された古墳や、その下層より住居跡などが検出された。古墳の盗掘跡より鉄製の銚や鍬など古墳の副葬品と思われる遺物が出土し、その中に大刀環頭部も含まれていた（池ノ上 2002）。古墳に明確に伴う土器はないが、鉄製品や下層の住居跡の遺物などから5世紀前半代の時期が想定されている。

環頭はいわゆる素環で、環から茎（柄）にかけての部分が残存し、刀身は存在しない。現況で高さ（長さ）10cm、幅 5.8cm、環の太さ 1 cm を計る。肉眼では全体に鉄錆に覆われ、特に加飾の痕跡は認められない…①。

この資料は保存処理前の透過 X 線調査で、通常の鉄製品には見られない小さな影が散在することが確認され、更に蛍光 X 線による予備調査で錫が検出された。このため、その状況をより詳細に確認することを目的として、各種機器による精査を行った。

3. 調査内容とその結果

◆透過 X 線観察（装置：日本フィリップス・MG226/島津製作所・WSI-150N）

（任意の）A面右上部を中心に、小さな影が点在。環の上端では層状に見える部分もあり、これらが錫の存在を示すものと考えられる…②。しかし後に記す、蛍光 X 線等による表面分析での錫の位置と、この影は必ずしも一致するものではない。

◆蛍光 X 線分析（装置：エネルギー分散型微小領域用装置＝EDAX・Eagle μ probe）

表面的な錫の残留範囲を押さえるために元素マッピングを中心に行った。分析によって得られる錫の X 線強度はさほど強いものではないが、特にA面において色の濃い部分が数カ所見られる。また環の付け根上端では特にA面において錫の集中が見られるが、茎部では錫は検出されないようである…③・④。

◆走査電子顕微鏡観察（装置：日本フィリップス・XL-30）

反射電子像による観察では、錫が残存していると見られる部分が白く光って見える…⑤。これらは付属の分析装置により錫であることを確認した他、幾つかの部分においてマッピングを行っている。また、破断面の観察により、環の外表面に近い部分に錫が厚さ約 100～200 ミクロンで層を成している状況が観察される…⑥。この他、鏽中に埋もれるように錫と見られる白色の物質が点在する。

この様に、錫が環頭の環部分表層付近に散在する状況からは、耳環の事例と同様に装飾を目的としていたことが窺える。

一方で、錫を装飾と考えた場合、それが環全体を覆うものなのか、あるいは象眼などのように部分的に用いられ文様を構成するのか、あるいは鉄に対する錫の固定（接合）方法といった問題は、今回の調査で解明には至らず課題として残された。

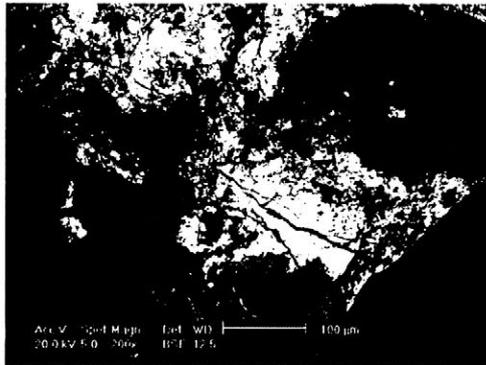


資料外観(A面)

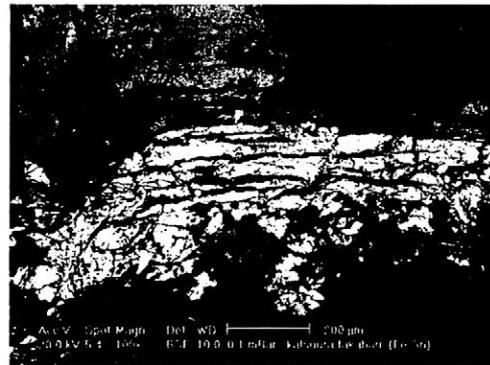
同面の透過 X 線像

同面の蛍光 X 線面分析(鉄)

同左(錫)



⑤：表面に現れた錫 (200倍)



⑥：破断面に現れた錫 (100倍)

電子顕微鏡による反射電子像

4. まとめ

これまで素環頭大刀は象嵌などの装飾以外は肉眼で加飾が認められない場合、鉄製という評価が下されることが多かったが、安易な判断に警鐘を鳴らすと共に多様な装飾技法の存在していたことが示された。これらは肉眼では確認が困難であると同時に、残存状況も脆弱である。本事例の呈示により、保存処理における物理的クリーニングに関して注意を喚起できればと考える。

また、考古学的な部分の検証も求められる所であるが、それには未だ十分な事例が得られているとは言い難い。逆に今回の調査事例を公表することで、これまで見過ごされてきた部分にスポットが当たり、類例情報の増加が期待される。

更に古代の非鉄金属利用という側面から見ると、これまで金、銀、銅(合金)を中心に研究が進められてきた感があるが、永嶋氏その他、成瀬正和氏らによって注目された錫、鉛も、近年の調査研究により更なる広がりを見せている(成瀬 1989・塚本 2004・比佐 2004)。特に錫製品の分布は九州以外にも、関東地方や北海道を含む北日本など、国内に幾つかの拠点が見られ、今後は類例の増加とともに、各地域間の関わりや系譜なども大きな研究テーマとなるであろう。

参考文献

- 池ノ上宏・安武千里(編)2002「勝浦高堀遺跡」『津屋崎町内遺跡』津屋崎町文化財調査報告書第 19 集 津屋崎町教育委員会
- 塚本敏夫他 2004「古代金工技術における鍍膜・接合材料としての錫利用の新事例」『日本文化財科学会 第 21 回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会
- 永嶋正春 1991「古墳時代における金属錫の利用」『歴博』第 49 号 国立歴史民俗博物館
- 成瀬正和 1989「わが国上代の工芸材料としての錫」『正倉院年報』第 11 号 宮内庁正倉院事務所
- 比佐陽一郎 2004「錫、鉛製耳環に関する基礎的検討」『古文化談叢』第 50 集下 九州古文化研究会

紫金山古墳から出土した赤色顔料に含まれるでんぷん様粒子について

○岡田文男*・阪口英毅**・森下章司***・吉井秀夫**・上原真人**

(*京都造形芸術大学・**京都大学・***大手前大学)

1. はじめに

大阪府茨木市に所在する紫金山古墳からは1947年の発掘調査の際に、竪穴式石室内部の5ヶ所から粘土に付着した赤色顔料が採取されている⁽¹⁾。調査担当者が石室内部の異なる部位から試料採取を行ったのは、粘土表面の赤色の濃さに違いがあったため、赤色顔料の組成や施朱方法に差があることを想定していたためと思われる。

遺体の埋葬時に施朱を行う風習は古墳時代以前から認められるが、従来、赤色顔料については朱かベンガラかの報告にとどまり、どのようにして赤色顔料を用いたのかを追究するようになったのはごく最近のことである。

紫金山古墳の調査は今から50年以上も前に行われたものであるが、採取された試料について近年の調査方法によるならば、いまなお新しい情報を提供できる可能性がある。

そこで今回、5箇所から採取された赤色顔料について、粘土表面に赤色顔料がどのように分布しているのか明らかにする目的で、試料断面の薄片を作製して光学顕微鏡ならびに電子顕微鏡により、観察を行った。その結果、石材下と記載された淡赤色の粘土塊からはベンガラと朱が、粘土床上の濃い赤色部分からは純度の高い朱が検出できた。さらに各試料の粘土や赤色顔料部分に、実体は消失しているが形状が類似した有機質起源と考えられる楕円形の粒子の凝集が認められたので、以下に結果を報告する⁽²⁾。

2. 試料

表1 紫金山古墳から出土した赤色顔料の試料採取位置についての記載

試料番号	採取位置についての記載	取上年付日
05	「朱標品 経塚古墳 昭二二.五」1/5「南ヨリ3枚目ノ石ノ下 朱 経」	1947.5
06	「朱標品 経塚古墳 昭二二.五」2/5「新.鏡附近 朱」	1947.5.4
07	「朱標品 経塚古墳 昭二二.五」3/5「V号天井石下 丹」	1947.5
08	「朱標品 経塚古墳 昭二二.五」4/5「玉附近 朱」	1947.5
09	「朱標品 経塚古墳 昭二二.五」5/5「玉附近 朱」	1947.5

3. 分析方法

赤色顔料は一見して粘土表面に付着した朱と判断できる色調であるが、粘土塊には淡い赤色部分も見られたことから、すべての試料について数 mm 角の小片をエポキシ樹脂(主剤: アデカレジン EP4200、硬化剤: アデカハードナー4332、配合比5:2)に包埋し、ついで塗膜断面を研磨して鉍物用スライドガラス(厚さ 1.2mm)に前述のエポキシ樹脂で接着し

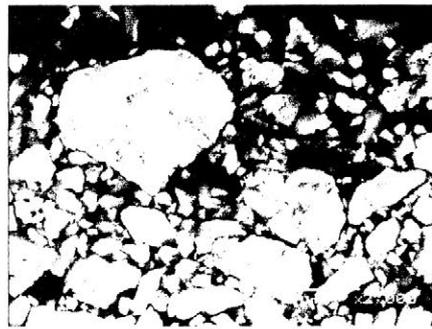
て、再度研磨して試料の厚さを約 $10\mu\text{m}$ に仕上げ、赤色顔料の分布状況を光学顕微鏡ならびに走査電子顕微鏡（日本電子製：JEOL - JSM - 5800LV、宮内庁正倉院事務所）、で観察した。赤色顔料の元素組成については走査電子顕微鏡に付属の蛍光 X 線分析装置（日本電子製：JEOL JED2140）を用いて分析した。

4. 結果

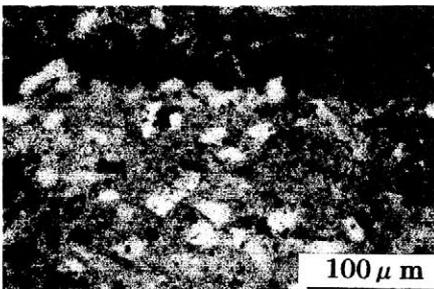
試料 08 の粘土表面は 2 層の赤色顔料層からなる部分があり、下層には朱に粘土鉱物が含まれるが、上層は非常に純度の高い朱のみからなる。粘土層ならびに赤色顔料層には実体が消失した長径約 $20\mu\text{m}$ 、短径約 $10\sim 15\mu\text{m}$ の空洞が多数認められた。この空洞は試料 05~09 すべてにおいて多少とも認められた。この空洞は形状が類似し、粒子の集合状態に方向性が認められる部分があり、偏光がみられないことから鉱物ではなく、実体が消失した有機質起源と考えられる。しかもその形状は後世の漆工品の下地に混和されたでんぷん粒子に酷似する。時代は降るが奈良・平安時代には壁土に米糊を添加した記録⁽³⁾が知られていることから、粘土床の成形や、赤色顔料の塗布にでんぷんを用いた可能性がある。なお、この粒子部分についてヨウ素デンプン反応による呈色は認められなかった。



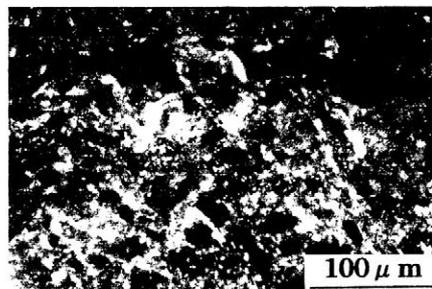
1. 試料 08



2. 試料 08 走査電子顕微鏡写真



3. 断面に見られる楕円形粒子（平行ニコル）



4. 同、（直交ニコル）

(1) 『紫金山古墳と石山古墳』京都大学博物館 1993

(2) 報告書作成中。

(3) 大日本古文書 16 卷 249 頁(天平宝字 6 年閏 12 月)に「5 升赤土并白土飯合料」の記載がある。また、『延喜式』「木工寮式」土工の条に「(略)。表塗料白土二石。洗馬矢一石。粥汁料白米二升。(略)」の記載がある。

出土炭化材の反射率測定

○福田さよ子(大阪市立大学理学研究科・奈良県立橿原考古学研究所)

はじめに

考古学が対象とする遺跡の発掘調査は、土地の大規模開発とともにここ数十年爆発的にその数を増してきた。これら発掘調査によって出土する遺構や遺物は膨大な数にのぼり、その種類もさまざまである。このような発掘調査において出土するものの中で、炭化材は省みられる機会が少なかったといえよう。

従来、出土炭化材に関しては、樹種の同定や焼失家屋の構造や建築部材についての報告や研究などは、多くなされてきた。しかし、その炭化に至る被熱の履歴に関しては、1979年に調査された奈良市東郊外に所在する「太安萬侶墓」の木炭槨に使用された炭化材をはじめとして、いくつかの試みはあるものの、未だ多くの報告や研究を見ない。

一方、最近では地質学の分野において堆積物中から検出される炭化材の化学分析や反射率の測定により、被熱の履歴や炭化温度の推定などが試みられている(Sawada et al.,2000; Jones and Lim.,2000;井上ほか,2001;2005;Inoue et al.,2003;など)。

本研究は、この方法を考古遺跡出土の炭化材に応用できるのではないかという考えから、遺跡出土炭化材の反射率を測定し、それら炭化材の被熱の履歴を探ろうというものである。

ここでは主に、考古学の分野においてなされてきた、焼成や製造の実験に使用された炭化材の反射率を測定し、実際に遺跡から出土したものとの比較をし、被熱の履歴や炭化温度の検討をおこなう。またこの結果から、炭化した状況を推測し、炭化の要因や当時の炭化物の利用方法などを検討する。

試料

(実験に使用された炭化材)

- ・ 2004年に大阪市文化財協会でおこなわれた鑄造再現で使用された炭化材。1990～92年、住友銅吹所跡発掘調査において検出された、江戸時代の銅の精錬炉を復元し、当時の精錬所でおこなっていた鑄造作業を再現した。この復元炉から得られた炭化材2点と、未使用の炭1点。
- ・ 2004年秋に「窯跡研究会」(事務局;立命館大学文学部内)が焼成実験をされた際、窯に残存した炭化材。これはサンプリング時には窯体の外に掻き出された状態であった。

(遺跡から出土した炭化材)

- ・ 1991年に橿原考古学研究所が調査をおこなった、宇陀郡榛原町に所在する石榴垣内遺跡で検出された、5世紀後半の焼失住居の炭化材。
- ・ 1992年に橿原考古学研究所が調査をおこなった、御所市南郷遺跡角田地区で検出された、5世紀前半の工房跡と思われるSX09より出土した炭化材。

方法

反射率の測定は千々和ほか(1998)の手法に基づき、山口大学の千々和一豊先生・大阪市立大学理学研究科の井上淳氏の指導の下、山口大学でおこなった。

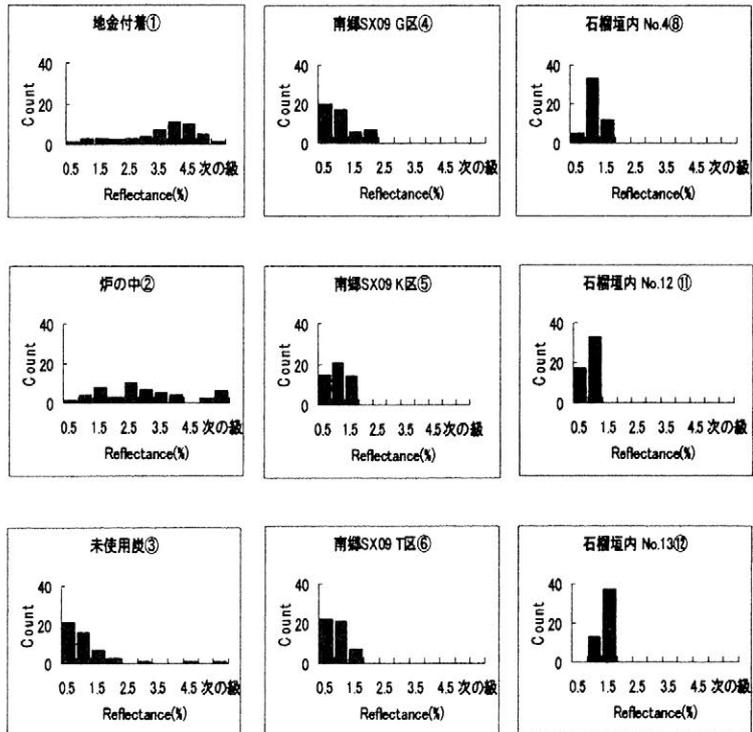
各炭化材は細かく砕いて粉状にし、ポリエステル樹脂で包埋した後研磨・琢磨をおこない検鏡試料を作成した。これらの試料は、偏光顕微鏡(Leitz ORTHOPLAN)・顕微測光装置(Leitz MPV combi)・光電子倍增管内臓のLeitz MVP compact測定ヘッドを使用し、各資料の細胞壁50ポイントの反射率を測定した。

結果

これらの炭化材の中から、①復元炉内の地金に付着して残存した炭化材・②同炉底に残存した炭化材・③復元実験に使用したものと同一未使用の炭(マツ材)・④～⑥南郷遺跡 SX09 出土炭化材・⑦～⑬石榴垣内遺跡焼失住居 SB02 出土、竪穴住居の建築材、以上 13 検体の反射率測定結果を表にした。

出土遺跡ほか	精練復元			南郷遺跡角田地区			石榴垣内遺跡						
	地金付着	炉中残存	未使用炭	SX09 G区	SX09 K区	SX09 T区	SE02 No.3	SE02 No.4	SE02 No.9	SE02 No.11	SE02 No.12	SE02 No.13	SE02 No.33
Min(%)	0.38	0.48	0.05	0.02	0.10	0.17	0.10	0.29	0.38	0.61	0.11	0.50	0.28
Max(%)	6.02	7.77	5.33	1.67	1.28	1.19	1.40	1.26	1.73	1.14	0.91	1.37	1.12
Mean(%)	3.25	2.78	0.85	0.71	0.73	0.61	0.79	0.83	0.96	0.85	0.59	1.07	0.82
Median(%)	3.59	2.49	0.68	0.73	0.72	0.52	0.80	0.83	0.96	0.86	0.64	1.12	0.85

この結果をヒストグラムのグラフにすると、製造復元で使用した炭化材はややばらつきがあり、そのピークは①が比較的高い値の反射率を示し、②がそれに次ぐ。また、③は低い値を示す。①・②は復元作業の際に 1100℃～1200℃をはかり、③は製造時の窯内の温度が 700℃～850℃であるという。上記の値を Jones & Lim (2000)による反射率と炭化温度の関係に基づいて算出すると、実験の際に記録された温度や炭の製造温度(この炭を購入した業者のデータ)に近い値を、それぞれの最高値の反射率で得られた。すなわち、わずかではあるが、これらの炭化材には被熱の最高温度の履歴が残されていると考えられる。



このことを踏まえて出土炭化材を見ても、南郷遺跡から出土したものや石榴垣内遺跡の焼失住居のものは、前者に比べて低い反射率を示し、ばらつきも少ない。このことだけを見ると、南郷遺跡の SX09 出土の炭化材は工房で製作に使用したものというよりも、上屋の建物などの構築物が火災にあって炭化したものか、あるいは湿気抜きに使用した炭など生産活動の燃料として使用したものではないと考えられる。

まとめ

今回分析をおこなった試料は大小の違いはあるものの、いずれもブロック状に残存した炭化材であった。酸素の供給が豊富なところで高温を受けることによって脆弱になり、粉状になったものに関しては未だその実態を分析していない。閉塞性のある生産遺構で燃料として使用された炭化材と、開放的な環境で火災にあった住居などで残存したそれとは、そこに残された被熱の履歴もおおのずと異なるものと容易に考えられる。また、ブロック状に残ったものに関しても、熱を直接受ける外面と、そうでない中心部とでは、反射率も変わってくる可能性が考えられる。

当研究はまだ端緒を開いたに過ぎず、上記も含めて今後の課題も多い。

GIS と三次元計測を用いた遺跡データの管理と遺跡化過程の復元 —北海道伊達市有珠6遺跡を例として—

○小杉 康*・橋本雄一*・阿部哲史*・中田賢**・太田克美***

(*北海道大学大学院文学研究科, **株式会社中田測量, ***株式会社はまなすソフトウェア)

1. はじめに

近年、CD-ROM やフロッピーディスクなどのデジタル媒体を利用した遺跡の発掘調査報告例が増えてきた。デジタル化は当初、従来の紙に印刷した報告書の各頁をそのまま記録したり、表計算型のソフトに数値データのみを記録したものを付録として付したりする方式から始まり、現在ではデジタル媒体の特性を生かした紙印刷の報告書とは別方式による記録・提示方法がいろいろと試みられるようになってきた。その際に重要な点は、データの提示方法のみをデジタル媒体に相応しいように工夫するだけではなくて、フィールドでの発掘調査の段階からデジタル表示を念頭においた情報取得を行うことである。このことはすなわち、遺跡の新たな発掘調査方法・技術の検討・開発にも直結する問題であり、さらには「遺跡」概念の認識・理解をも深化させる一つの契機になると期待している。

本発表では、現在、北海道大学大学院文学研究科北方文化論講座が「噴火湾岸域における後氷期の自然環境の変動と人類適応」のテーマの下に取り組んでいる有珠6遺跡（北海道伊達市）の発掘調査の中間成果を例にして、発掘調査で取得した情報を文字・数値データとして管理する入力・検索型のデータベースと三次元遺跡地形モデル（デム Digital Elevation Model）の中で画像データを管理する「遺跡3D インデックス」とをリンクさせ、さらに遺跡の位置情報を GIS とデジタルアースとの2系統で管理するシステムを提示する。また、遺跡3D インデックスとしては、遺跡化過程の4つの時間帯における視点可動型の閲覧機能を付加した4つのデムを用意して、インターフェイスによる選択を可能にする。さらに、遺跡化の変化過程を再現的に操作・閲覧可能にしたデムを用意して、インターフェイスによる遺跡3D インデックスとの切替を可能にする。

2. 有珠6遺跡の概要

3. 遺跡形成（遺跡化）過程としての遺跡

4. 遺跡3D インデックス・システムの構想

4-a) 遺跡の位置情報の管理

①デジタルアース

（デジタルアース上での遺跡の位置情報の管理については〔橋本・小杉・阿部・相馬、他 2004『地理情報学会講演論文集』Vol.13〕参照。）

②GIS

遺跡内の測量基準点と2つ以上の三角点とを結合して、遺跡の位置情報を GIS で管理する。

4-b) 発掘情報の入力・検索型データベース化

4-c) 遺跡3D インデックス

①トータルステーション（広範囲測量）

発掘調査区全域、及び周辺範囲についてはトータルステーションを用いて測量を行う。

②三次元計測（限定範囲測量）

立体的な遺構や出土状態のままでは取り上げが困難な脆弱な遺構・遺物（例えば炭化あるいは水漬き状態などの木材構造物）、崖端のような危険箇所にある遺構などについては、三次元計測機器を用いて測量を行う。有珠6遺跡では「岩陰」を作り出していた崩落した巨大岩石、及びその周辺範囲を「Mensi GS200」（スキャナーコントロールソフト Point Scope, 取得データ編集ソフト Real Works Survey）で三次元計測を実施した（写真1）。

③データ管理と閲覧

トータルステーションによるデータと三次元計測のデータとを、同一座標上で重ね合わせ接合してメッシュを作る（三次元遺跡地形モデル）。メッシュ上のポリゴンを画像データと「発掘情報=入力・検索型データベース」とにリンクさせることによって、三次元遺跡地形モデルそのものにインデックスの機能をもたせる（遺跡3Dインデックス）。また、発掘区内の写真を必要に応じてテクスチャとしてデムに貼り付ける。遺跡3Dインデックスとしては、特に発掘区内において「発掘終了現在」－「発掘開始現在」－「遺跡地での人類活動停止時点」－「活動開始時点」の4つのデムを用意して、インターフェイスでの選択を可能にし、また各デムにはWeb 3Dによるウォークスルー機能を付加する。

④遺跡化過程の復元

三次元計測によるデムについては、遺跡化における連続的な変化過程を再現するために、該当するところのメッシュを分割・移動・接合し、またその過程を Web 3D（ネットディメンション社「Matrix Engine (R)」）で操作・閲覧する。これによって、有珠6遺跡においては遺跡化の第二相で発生した岩塊が崩落する以前の原地地を特定して、「岩陰貝塚」の実態を明らかにできた（写真1・2）。

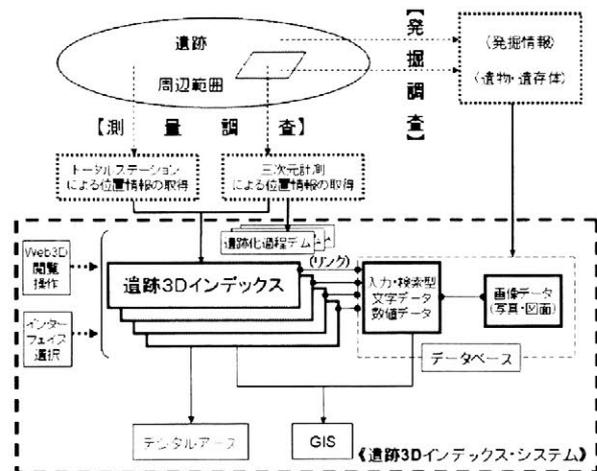
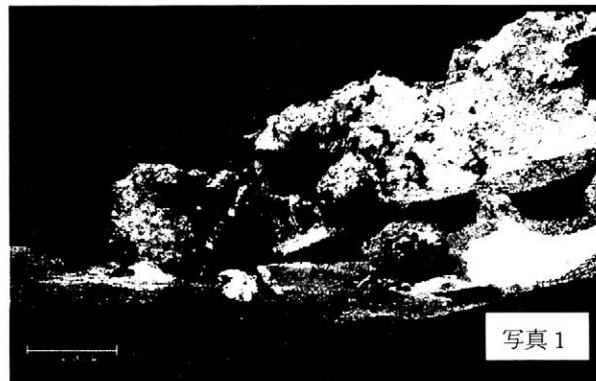


図1 遺跡3Dインデックス・システムの構想



GIS および VR 技術を用いた平安京の景観復原

○河角龍典*、矢野桂司*、塚本章宏**、磯田弦*、高瀬裕*、佐古愛己*

(*立命館大学、**立命館大学・院)

I. 研究目的

近年、文化財科学の分野においても、GIS（地理情報システム）や VR（バーチャルリアリティー）に関する研究が活発化しつつある。PC の性能の向上やソフトウェアの改良によって、情報技術の専門家ではなくても、それらの技術を利用できるようになった。本研究は、文化財科学の分野に GIS および VR の最新技術の応用を試みた研究であり、人文科学（歴史地理学・歴史学・考古学・建築史学）、自然科学（自然地理学）、情報科学の研究成果や技術の上に成り立っている。

本研究の目的は、GIS および VR 技術を用いて、平安京のバーチャル空間を構築することにある。ここで実施する景観復原は、単に CG を用いた景観の再現ではなく、歴史空間情報の GIS を基盤とした正確な地理情報に基づいた景観復原である。また、VR 技術によって再現された町並みの中を自由自在にウォーク・スルーできる点にも特徴がある。本研究の最終目標は、ここで再現した平安時代のバーチャル空間と地理情報を持つ文化財に関連するデジタルアーカイブのコンテンツとをリンクさせ、それらを Web 配信することや、現在から平安時代までの時間次元を取り入れた 4 次元 GIS としての京都バーチャル時・空間の一部に寄与することにある。

II. 研究方法

本研究では、まず、①発掘資料および歴史史料に基づいた平安京の土地利用データベースを作成し、②そのデータベースに関する 2 次元 GIS を構築する。その次に、③平安時代の建物の設計図から 3DCG ソフトウェアを用い 3 次元建物モデルを生成し、それらを 1 町～4 分の 1 町の街区単位で配置した建物モデル群を作成する。最後に④VR 専用のソフトウェアで 2 次元 GIS と建物モデルを統合し、平安京の町並みを再現する。さらに本研究では、発掘調査報告書から作成した地質データベースの GIS 解析によって、平安京の埋没深度の空間的分布を特定し、平安時代の古地形も DEM（数値標高モデル）によって再現する。

本研究では、主に 12 世紀平安京の景観を対象とするが、その土地利用データベースは主に『平安京提要』¹⁾を参考した。2 次元 GIS の構築においては、ESRI 社の ArcGIS を用いた。3 次元建物モデルの作成には、イーフロンティア社の Shade7 および auto-des-sys 社の form・Z を使用し、建築モデルの設計図については、京都市歴史資料館の管理する『平安京模型設計図』を使用した。VR 専用の表示ソフトとしては、キャドセンター社の Urban ViewerTMを用いた。他方、地質データベースの構築には、(財)

京都市埋蔵文化財研究所の『京都市内遺跡立会調査概報』を使用し、データベースのGIS解析にはESRI社のArcGISを用いた。

Ⅲ. 結果

図1は、平安時代後期の一般的な邸宅モデルを構成する建物の3次元モデルのひとつである。ここで作成した3次元建物モデルは『平安京模型設計図』の邸宅の建物配置図を参考に、1町、1/2町、1/4町の街区ごとに配置される(図2)。なお、図2は1町街区のモデルである。本研究では、1町、1/2町、1/4町の邸宅モデルを2パターンずつ作成し、12世紀平安京の土地利用GISの邸宅に関連する属性情報を参照しながら(図3)、6パターンのモデルをUrban Viewer™に読み込み、バーチャル平安京を構築した(図4)。

Ⅳ. 今後の計画

今後は、邸宅を中心とする景観に加え、それ以外の自然および人文的な景観要素についても復原を実施する。さらにVRの精度を向上するためにも3次元建物モデルのテクスチャマッピングを進める予定である。

参考文献

- 1) 古代学協会・古代学研究所編『平安京提要』角川書店、1994年。

付記

本研究は、平成14-18年度文部科学省21世紀COEプログラム「京都アート・エンタテインメント創成研究」(研究代表者：川嶋将生)のサブプロジェクト「京都バーチャル時・空間」の研究成果の一部である。

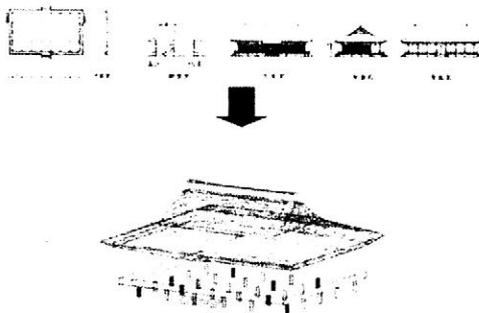


図1 平安時代の3次元建物モデル

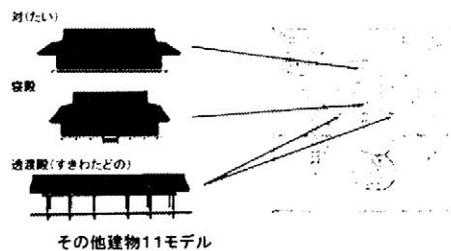


図2 平安時代の3次元邸宅モデル

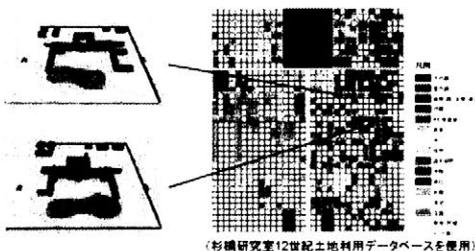


図3 12世紀平安京の土地利用GISに基づいた3次元邸宅モデルの配置



図4 バーチャル平安京

GIS を活用した多田銀銅山遺跡分布調査

○ 福井亘 *・***・魚津知克 *・井上知香 ****

* 大手前大学史学研究所、** 西日本短期大学、**** 猪名川町教育委員会

1. はじめに

多田銀銅山遺跡は、兵庫県猪名川町を中心とする7市町、数10kmにも広がる広範囲な鉱山遺跡群である。当鉱山の歴史は、奈良時代の東大寺大仏への献銅伝承から始まるが、文献史料をみると13世紀から産出していたことが確認される。江戸期には、幕府直轄地として多くの銅が産出、明治以降も続き、1973年まで操業が続いた歴史をもつ。江戸期の役所跡のある猪名川町銀山地区周辺には、間歩（坑道口）など数多くの遺跡が現存しているが、遺跡の現状確認、特に分布状況といった情報そのものが、これまで詳細に調査されていなかった。

本調査は、これらの遺跡の状況把握に加え、遺跡の位置を緯度経度の情報（Global Positioning System、以下GPS情報）取得を進め、このデータを活用して地理情報システム（Geographic Information System、以下GIS）による基礎的なデータベース化、GISによる構築を行うことを最終目的としている。なお、この調査は大手前大学史学研究所オープン・リサーチ・センターが猪名川町教育委員会と共同で行ったものである。

2. 調査方法

本調査は、本格的な分布調査に対する予備調査の性格を持っているので、はじめに江戸期に描かれた鉱山絵図を参照し、現在の地形図と地形の対比を行った。これを基に現地を踏査し、個々の遺構を確認できた場合、GPS情報による位置情報取得を行った。さらに、GISを用いて地形情報などの基礎データ作成を行い、GPS情報を活用したデータベース化と情報の一元化作業を行った。

平成15年度には、江戸後期に描かれた絵図（摂州多田銀山町惣絵図写し）を用いて詳細に踏査し、GPS受信機による位置情報の把握、GIS上へのデータベース化を進めてきた。しかし、1枚の絵図を基に調査することは、情報の偏りが生ずる可能性が高いことから、江戸中期の絵図（銀山町間歩絵図）を基に再度、踏査を行った。具体的な踏査方法として、現認できた遺跡の場所をGPS情報と連動したデジタルカメラにより撮影し、各遺跡それぞれに調査カードを作成、伝承名や大きさ、状況などを記した。

GISはツールとして利用し、データの構築を行なった。構築した各データ（GIS基礎データ、位置情報を含んだ遺跡データ）をGIS上にてレイヤー（データの階層化）ごとに区分けし、当該地域の形成を試み、位置情報をもつデータとして情報の一元化を行った。

3. 使用機材ならびにソフトウェア

デジタルカメラは、CASIO QV-4000GX、GPS受信機は、GARMIN etrex Legend、Summit

を使用した。ライトスタッフ社作成システムにより、デジタル写真内に GPS 情報、標高、撮影方向、日時などの情報がデジタルデータ (Exif) として格納される。GIS ソフトウェアは、ESRI ARC Map 9 (Arc Info) を使用した。使用したデータは、国土地理院発行の「数値地図 2500」ならびに「数値地図 50mメッシュ」のデジタル媒体である。

4. 結果

踏査の結果、32 箇所の遺構を確認した (表 1)。一方、絵図に記されているものの、確認できない間歩も数箇所あった。人為的に、あるいは自然災害などによる埋没、もしくは土地所有者により立ち入りできない状況となっていたためである。しかしながら、銀山町間歩絵図は、当時の景観認識による地形形状を呈しているものと推察され、今回の調査で確認調査がある程度進んだといえる。

GIS 上へは、基礎データへ GPS 情報をプロットし、データベース化を試みた。このデータと連動するよう写真データそれぞれにリンクを貼り、ポップアップ形式で視覚的な確認ができるようデータベースを構築した (図 1)。

5. 今後の展望

遺跡分布については、GIS で既存のデータを活用し、遺跡情報データを構築、管理していくことが、情報管理といった点で有効なツールであると共に、情報発信、教材としての利用といった点でも非常に有効なものといえる。GPS 情報については、野外フィールド、中でも山中や目印となるものが無く、位置が不確定なときに、GPS 受信機等を使用することにより、位置をある程度、地図上へ把握することが可能となる。加えて、GIS によるマッピングでデジタル媒体としての情報が示されることから、さまざまな解析利用が考えられる。今回使用した GPS 受信機とデジタルカメラの連動システムは、文化財調査などのフィールドワークにおいて強力なツールであることが再度確認できたことから、簡素に利用しやすい環境を提案することも必要となる。GIS は、二次元のみならず三次元による作業も可能となり、視覚的にも見やすく、インタラクティブなデータベースが構築することもできる。今後は、データを蓄積するために、継続して確認調査をすると共に、GIS による三次元解析、間歩の位置の関連性解析等を進め、データベースをさらに構築していく予定である。

表 1 調査結果

	今回確認した数
間歩	30 箇所
水貫口	2 箇所
調査期間	2005 年 1 月～2 月
延べ日数	6 日間
延べ人数	19 人

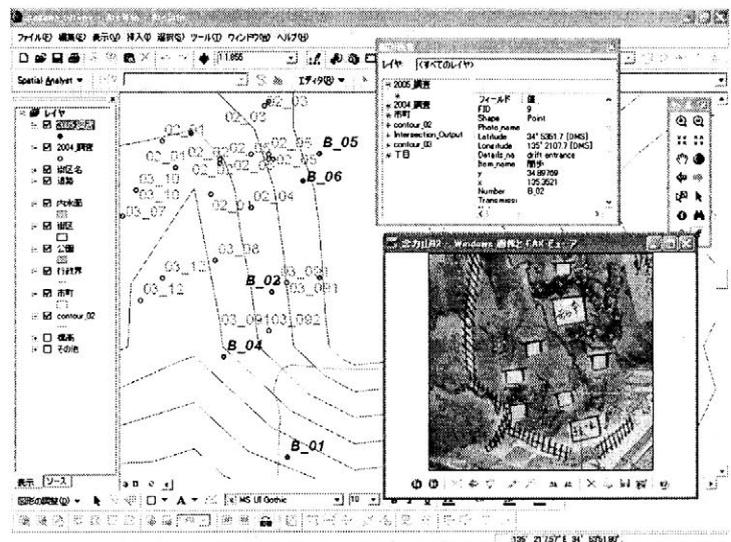


図 1 GIS データベース

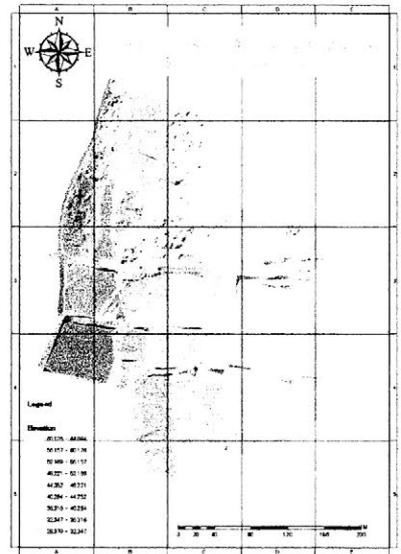
レバノン・ティール遺跡における遺跡空間の表現手法に関する研究

○ 藤本 悠*, 田中浩也**, 泉 拓良***

(*奈良大学大学院, **慶應義塾大学, ***京都大学大学院)

1. はじめに

遺跡空間を遺跡空間情報として構築するためには「効率的な空間情報の取得方法」であること、「実用的な分析・解析」へ応用できること、「効果的に表現」できることの三つの条件が必要となる。また、考古学という学問は発掘調査のプロセスに従って遺跡空間情報を取得する限り、従来の調査プロセスを大幅に変えるような構築方法は望ましくない。本稿では 2000 年から 2004 年までの 5 年間に行ったレバノン共和国ティール遺跡での調査から遺跡空間情報の取得及び表現について紹介する。なお、本研究は科学研究費補助金基盤研究(B)(2)(代表者:泉 拓良, 課題番号:14401029)で行った研究成果の一部である。



2. 遺跡空間情報の取得

考古学における遺跡空間情報の取得は、概して二つの目的の下に行う。一つ目は、調査担当者が遺跡空間を観察した結果

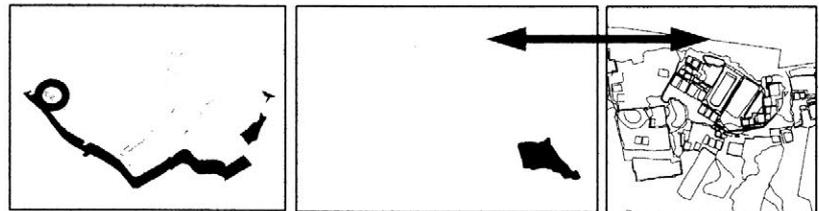


Fig1. Result of TS measuring. 3D expression (left & center) and plan (right)

を表現するための遺跡空間情報の取得である。従来は平板測量や遺構図面、遺物実測図として表現してきた。二つ目は、調査担当者が遺跡や遺構、遺物の状態や状況をよりリアルに伝えるための遺跡空間情報の取得である。本研究では、前者の目的に対してはトータルステーションを使用し、後者の目的にはデジタルカメラを使用した。

トータルステーションは基本的には「点情報」を取得するための計測機器であるが、本研究では点名から線情報を構築するためのプログラムを作成することによって平板と同様に使用した。ただし、従来の平板測量と大きく異なり、トータルステーションによって取得したデータは Z 方向(高さ)の値を持つため、分析段階や表現段階で立体的な情報や効果を加えることができる(Fig1)。

デジタルカメラで撮影した遺跡空間情報は、従来のネガフィルムと比較してパソコン上で直接画像が「見ることができる」のか「見ることができない」のかという

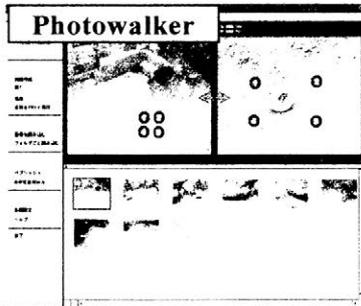


Fig2. Editing Spatial link

違いしかない。しかし、本研究ではフォトウォーカーというソフトウェアを使用することによって、それぞれの写真が空間的なつながりを持った遺跡空間情報の構築を試みた(Fig2)。本ソフトウェアを使用することによって、従来は遺跡空間を適切に表現することしかできなかった写真情報に空間的な意味を付け加えることができるようになった。なお、本ソフトウェアは、誰でも無料でダウンロード(<http://www.photowalker.net/>)することができる。

3. 遺跡空間情報の利用

取得した空間情報は、分析・解析段階で利用する必要がある。紙を媒体とした遺跡空間情報の場合、紙面から数値を読み取り、表計算ソフト等を通して分析する必要があるが、トータルステーションを使用して取得した遺跡空間情報からは直接的に分析することができる。分析の途中段階ではあるが、本研究では、トータルステーションを使用して取得した遺跡空間情報から、石切り場における分析を行っている。この分析は、石切り場における石切痕のサイズからクラスター分析を行い、遺跡における石切の傾向を出す試みを行うというものである。

4. 遺跡空間情報の表現

遺跡空間情報の表現段階では、必要に応じた形態で、資料を閲覧する者の性質を意識する必要がある。例えば、インターネットを通じて情報を公開するのであれば、色の情報を持ち、動的な情報であった方が効果的な表現であると言える。そして、一般向けの情報であるならば、アミューズメント性も必要となってくる。フォトウォーカーで構築した遺跡空間情報はこれらの情報をクリアできる。また、トータルステーションで取得した遺跡空間情報からは、3Dムービーを作成することもできる。一方、平板図面と同様の図面を作成することができるトータルステーションのデータは紙面に記載する図面も作成することができる。この図面と取得した遺跡空間情報の属性を併記すれば、研究者向けの情報も作成することができる。

参考文献

- [1] 藤本 悠, 中川雅史, 山田修二, 2004, 「3D プロファイラスキャニングデータによる考古学実測図の作成-レバノン共和国ティール市ラマリ遺跡発掘調査における3Dデータから-」『地理情報システム学会講演論文集』, PP.363-366
- [2] 田中浩也, 有川正俊, 柴崎亮介, 2003, 「時間・空間ハイパーリンクを用いた建築設計資料の編集と閲覧」『情報処理学会論文誌:データベース』 Vol.44, No.SIG8(TOD18), PP.13-20

遺跡の3Dデジタルアーカイブと発掘現場でのリアルタイム3Dデジタル形状計測 —エジプト西方砂漠ハルガオアシスにあるアルザヤーン神殿西遺跡の調査を中心として—

○塚本敏夫*、岡本一志**、金谷一郎、三好裕樹***、亀井宏行***
(*財)元興寺文化財研究所・**大手前大学・***大阪大学・****東京工業大学)

1. はじめに

考古学の研究は遺構とそこから出土した遺物の形式学的研究が基礎となっている。したがって、遺跡、遺物の持っている情報を最大限に引きだしその資料的価値を残すことが重要である。特に、発掘作業において遺物の出土状況の記録を正確にしかも迅速に記録することは遺物の保存の立場からも重要である。

本報告では3次元形状計測装置を用いた新しい遺跡計測システムの試みを短期間に調査を進めなければならない海外の発掘現場での実施事例を中心に紹介する。

2. 遺跡の概要と調査内容

2-1 アルザヤーン神殿遺跡とアルザヤーン神殿西遺跡

アルザヤーン神殿遺跡はエジプトのハルガオアシスの南方に位置するグレコローマン時代の神殿跡である。以前の調査で神殿内の井戸からグレコローマン時代のコインが多数出土している。

アルザヤーン神殿西遺跡は現在、砂漠に埋もれているが、近年我々の遺跡探査の結果、その存在が推定された遺跡であり、今回の発掘調査でその存在が確認された。

2-2 調査目的と今回の調査内容

調査の目的は遺跡探査で発見されたアルザヤーン神殿西遺跡の実態を発掘調査で確認し、探査結果を検証することを第一の目標としている。また、アルザヤーン神殿遺跡の調査とその周辺の古環境の調査により、2遺跡の有機的な関係や当時の土地利用を含めた景観復元を行うことを最終的な目的としている。同時に、調査において自然科学的手法を用いた新しい発掘調査システムの開発を目指している。

発掘調査隊は日本隊を中心にエジプトのSCA (Supreme Council of Antiquities) とNRIAG (National Research Institute of Astronomy and Geophysics) の合同調査である。

3. 使用機材 (3次元形状計測器とデータ編集ソフト)

今回の調査では2つの3次元形状計測器を使用した。

どちらの計測器もレーザー光を利用した非接触式のセンサーで同時にカラー情報を取得できる。

(1) RIEGL Z-360i (RIEGL 製) : 長距離用 (1 m ~ 200m) で、最小分解能は約 8mm である。

(2) VIVID910 (KonicaMinolta 製) : 短距離用 (7 cm ~ 5 m) で、最小分解能は約 0.2mm である。

データ編集ソフトは Poly Works Ver.8 を使用した。

4. アルザヤーン神殿の3Dデジタルアーカイブ

4-1. 神殿全体の3次元形状計測

アルザヤーン神殿の外壁及び内部の3次元形状計測をRIEGL Z-360iを用いて行った。

尚、テクスチャは別途デジタルカメラで撮影した。

(1) 計測方法 : 外壁は9箇所、神殿内部は7箇所の計15箇所から計測を行った。

各計測位置にTarget Cylinderを4個以上設置し合成基準点とし、同時にGPS測量を行った。

(2) 計測結果 : 良好で神殿全体の形状をほぼ記録することができた(図-1)。

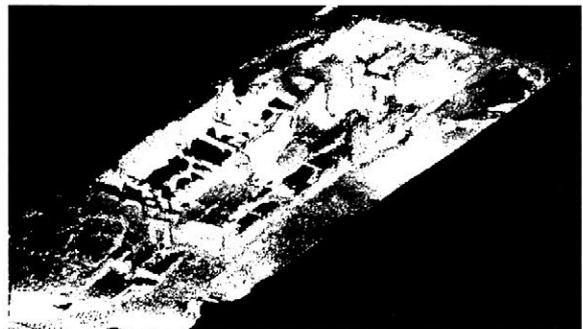


図-1 神殿全体の3D計測結果 (俯瞰)

4-2. 神殿壁面レリーフの3次元形状計測

アル・ザヤーン神殿内のレリーフの精細な3次元形状計測をVIVID910を用いて行った。

(1) 計測方法：計測は①至聖所奥壁、②至聖所入口門、③列柱室入口門の3箇所で行った。

各計測箇所の測定回数は①で13、②で52、③では合計100ショットであった。

(2) 計測結果：おおむね良好にモチーフの凹凸情報を記録することができた(図-2)。

但し、列柱室入口ゲートに関しては未計測領域ができた。

この理由は日中の計測によるノイズと最上位部分が高すぎるためにレーザーが届かない結果である。

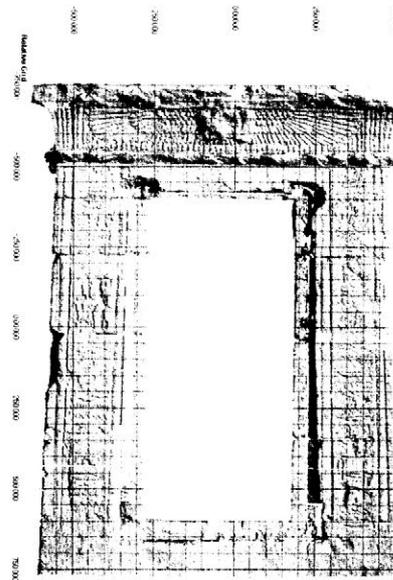


図-2 至聖所入口門の3D計測結果
(正面図のシェーディング表示)

5. 出土遺構のリアルタイム3次元形状計測

今回は発掘現場の進行状況の記録をRIEGL Z-360iを用いてリアルタイムに定点3次元形状計測を行った。

(1) 計測方法：発掘現場の進行状況に併せて、定点から5日間、同一時刻(am10:30)に計測を行った。尚、発掘終了時には定点観測地点の反対側から計測を行った。

(2) 計測結果：発掘の進行状況の立体形状情報を良好に記録することができた(図-3)。

これにより、劣化しやすい遺物の迅速な取り上げと立体的な出土状況のデータ取得ができる。また、発掘後に時系列的な発掘状況の可視化、層序的な出土状況の再現や可視化が容易に行うことができ、取得データの有効的活用がはかれる。

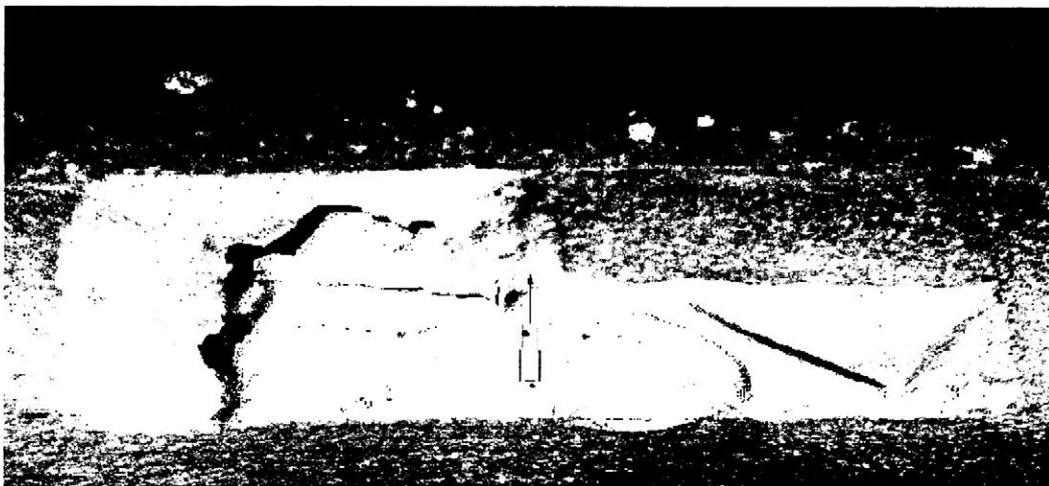


図-3 発掘調査での遺構の3D計測結果
(距離画像 measured at 10:30 a.m., Dec.1st, 2004)

6. おわりに

3次元形状計測装置を用いた遺跡計測システムは海外調査でも大いに活用できることが確認できた。次年度以降は神殿内部の詳細計測を行い、アルザヤーン神殿遺跡の3Dデジタルアーカイブを完成させる予定である。また、発掘調査でのリアルタイム遺構計測では遺物の取り上げ作業にユビキタスコンピューティング技術を利用した新しいシステムを開発し、発掘作業の効率化を計る予定である。

尚、本研究の成果は科学研究費補助金(基盤研究A課題番号15251006)「エジプト西方砂漠ハルガオアスにあるアル・ザヤーン神殿西遺跡の解明」研究代表者亀井宏行による。

地理情報システム(GIS)による地域文化財の保存活用

—山形県に残る日本最古の石鳥居と地域空間との相関—

○張 大石・米村 祥央・松田 泰典（東北芸術工科大学）・岡本 篤志（大手前大学史学研究所）

1. 緒言

地域空間は豊かな自然と風土のなかで育まれた歴史と文化の堆積地であり、グローバル化や情報化が進む現代社会においては固有文化のレファランスとして重要性を増す。しかしながら、古道、山岳、河川、田圃、祠、標石、塔など地域空間に存在する「歴史・民俗的文化痕」の多くは保存対象としての認識が薄く、活用に関する方策も観光資源化など一元的な概念に止まっている。さらに、都市の空洞化に並行して生活空間および開発範囲の郊外への拡散が進み、地域コミュニティの解体やアイデンティティの喪失が懸念されている。このことから、地域に残る歴史・民俗的文化痕の多くは「保存力」を失って劣化し、その姿さえ消す場合も少なくない。本研究では GIS による「開放+双方型情報構築システム」に基づき、文化財のもつ「面的価値と可能性」を発現・構築し、地域文化財の安全且つ創造的な保存・活用のモデル提示を行う。ただし、今回は山形県村山地域に残る日本最古の元木の石鳥居（国指定重要文化財：山形市鳥居が丘所在）をとりあげ、その現状と地域空間における鳥居の相関について報告する。

2. 石鳥居の現状

本報でとりあげる元木の石鳥居は当地の瀧山信仰と関係したもので、建立年代は平安後期とされる。文化財指定の頃（1952年）は山岳信仰と関係した石鳥居の空間性が見られるが、10年後は住宅地に囲まれ本来的な空間性を失っている。この鳥居は凝灰岩製であるため雨や雪溶け水による影響などを受け易い。近年は崩落個所の増加が加速化し、現状維持が懸念される。この現状には鳥居が特定の社寺に帰属しない事柄に加わって、都市化による地域コミュニティとの関係項の喪失が背景となっている。このようなケースは急激な近代化と関係し、全国各地で共通に見られる現象とも言える。これは文化財を取り巻く地域コミュニティの変化と解体が保存

活用に大きな影響を及ぼしている事例である。このため、石鳥居の保存活用を地域のコミュニティ再構築の一環として捉え、空間性を考慮した本来的な保存活用のあり方を共有しながら、保存事業内容を実践していく必要がある。

3. GIS による保存活用の方法論

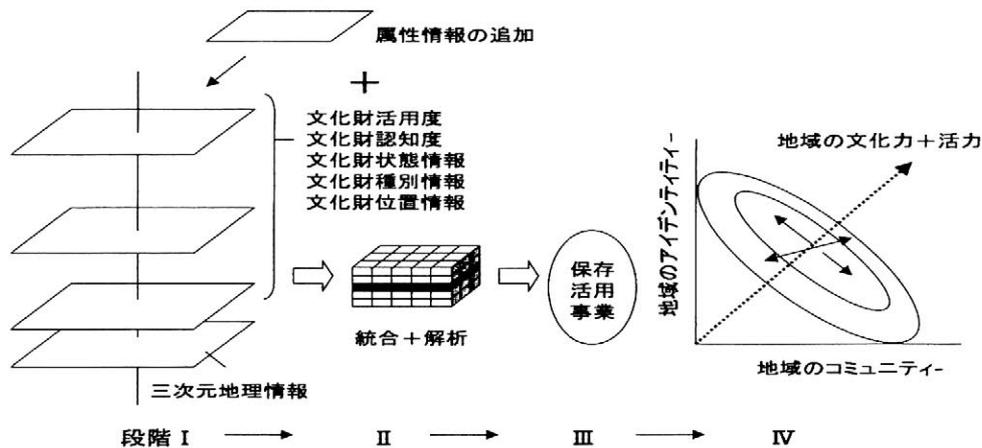
電子情報化が進む現代社会における GIS の活用範囲が広がるなか、学際的観点による多様な方法論が打ち出されている。歴史・考古学の分野では生態を含めた景観を論じる「景観考古学」が確立しているなか、文化財方面では防災関係を含む文化財マネジメント分野にその活用が期待されている。これらの分野は空間情報のアーカイブとリサーチ、復元などのシミュレーションを中心に行われ、新たな視野と展望を提示しつつある。ただし、これらは高コスト・高専門ソフト運用が必要であり、情報管理者からユーザーへと一方向的な情報提示に止まる。こうした GIS の活用は情報構築手段のデジタル化が目的となる。一方で、面的に広がる地域文化財の保存活用においては、財源の発生や財産権などの問題から市民の参加が最も重要な鍵となる。このため、情報管理者とユーザーとを直結する「開放型情報構築」や、ユーザーが情報構築に参加する「双方型情報構築」の GIS 活用がより望ましい。本研究は「開放型+双方型情報構築」の GIS 活用に基づき、石鳥居群の分布する「地域空間の属性情報」の構築を図った。この際、地域空間情報の構築には電子数値地図 1/25000 と安価で汎用性の高い GIS ソフト（Kashmir、Chizutaro、Green Map）と携帯 GPS 装置（カミン社製、GPS Map76S）を用いた。文化財情報には簡易型顕微鏡付きデジタルカメラ、および三次元レーザー計測器（Rigal 社製）などを用いた。

4. 石鳥居の空間性と保存活用

最初に、空間情報を数値化した電子地図に衛星および

空撮写真、近距離眺望写真を取り組み、石鳥居の空間特性を調査・記録した。この「地域空間の属性情報」をベースに、材質や劣化状態などを示す「文化財の属性情報」を加えて統合・解析した。さらに、得られたデータをインターネット上に掲示し、地域のユーザー自身がリサーチャーとして参加可能な「開放+双方型情報構築」を行った。また、公開講座や交流会を通して地域住民への情報提供と、文化財保存と活用に関する認識の共有を図った。この結果、元木の石鳥居は住宅地のなかで空間性を失ってはいるが、太陽信仰にまつわる形跡を読み取ることができた。従来、鳥居の向きについて山岳信仰の側面から瀧山方面を向いているとされていたが、実際には春分と秋分のお彼岸の頃に登る朝日に向かってることが検証された。これは太陽を中心とした日本古来の原始宗教と、仏教の融合による信仰世界を表すものと見られる。また、元木の石鳥居は瀧山および蔵王山から出羽三山を結ぶ空間軸上に建つことが判明した一瀧山の霊山寺は東方浄土を表す薬師如来が本尊とされるが、これに対して月山、湯殿山などの出羽三山は阿弥陀如来の西方浄土を表す。すなわち、元木の石鳥居は東西方位を中心軸と

した空間性を示し、当時の宗教思想を現代に伝えるものとして重要である。一方、石鳥居の材質や劣化状態調査、三次元計測を行った結果、石材は半径 3km に位置する採石場から運ばれたことや、風化にともなう密度の低下、組成や製作技法の特性などを解析した。以上、得られた情報はシンポジウムなどを通して公開し、石鳥居の本来の意味と保存に関する関心を高めることができた。さらに、石鳥居に近い小学校の学生や地域住民によるルート踏査会を開き、GPS 計測と情報登録活動を促した。これにより、地域空間に対する新たな価値発見や共通認識の拡大を得ることができた。今後の課題として、地域文化財登録活動を近隣のコミュニティまで広げ、地域間交流活動の拡散を誘導する。また、これらのプロセスを基盤に住民、行政、研究機関との協力体制を図りながら、住民、行政、大学研究機関の三者による保存事業の詳細な導出を行う予定である。最後に、元木の石鳥居をはじめとする山形県内に残る古い石鳥居群は、出羽三山とともに山形県における世界遺産推進候補対象として選定され、行政や地域を取り組んだ推進事業運動として新たな展開が広がりつつある。



*GIS による地域文化財の保存活用の概念図 (上)、元木の石鳥居 (下左) と春分の朝日方角 (下右)

歴史的文化財建築の屋根瓦の白華現象

○志村史夫*、原田正和*、小林章男**

* 静岡理科大学、** 瓦宇工業所

1. 序

屋根瓦には、表面から内部に至る一種の風化現象である「白華現象（虫食い）」がしばしば局部的に発生する（図1）。白華現象は、粘土を焼成して得られる瓦独特の要素が加わるとはいえ、一義的には岩石の風化に見られる「塩類風化」と同等の現象と考えてよいだろう。歴史的文化財建築物の江戸時代、明治時代に葺かれた瓦に見られる白華現象の原因と発生メカニズムについて検討した結果を報告する。



図1 白華現象（虫食い）

2. 実験

久留米・善導寺、長崎・旧グラバー邸、大阪城などの江戸時代、明治時代に葺かれた瓦の「健全部」と「白華部」から採取した試料を、蛍光 X 線分析法、SEM-EDX 法、粉末 X 線回折法を用いて調査、分析した。

3. 結果

蛍光 X 線分析結果によれば、瓦を形成する主要な 5 つの元素 (Si, Al, Fe, Ca, Mg) について、健全部と白華部との間に顕著な差を見出せなかった。S と Ca の SEM (×1000) -EDX によるマッピングの結果を図 2~5 に示す。図 2、3 より、健全部において S と Ca との間に顕著な関係は見られない。しかし図 4、5 より、白華部において S

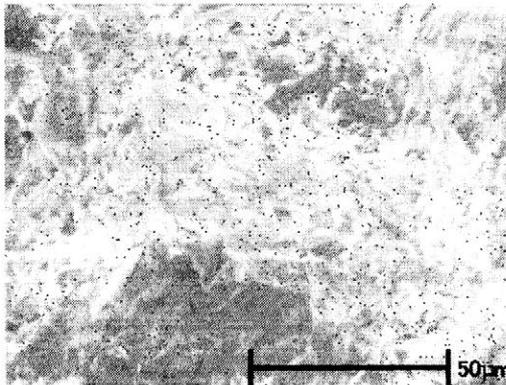


図2 健全部 S

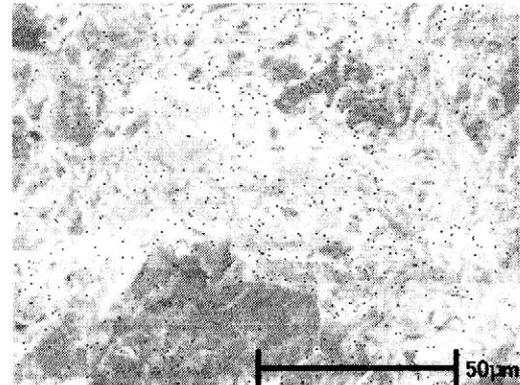


図3 健全部 Ca

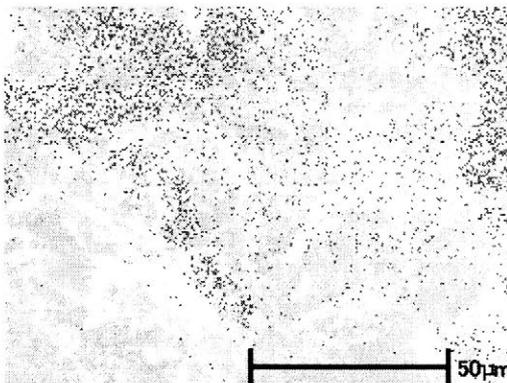


図4 白華部 S

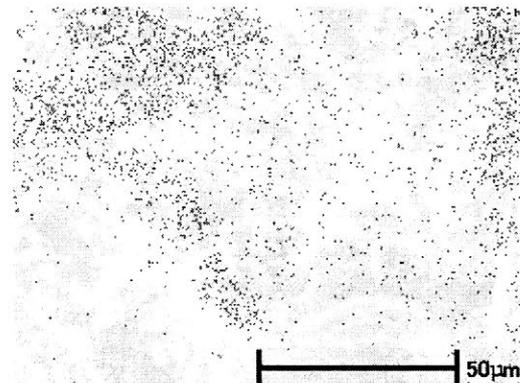


図5 白華部 Ca

と Ca はほぼ同じ位置に偏析して存在していることがわかる。このことから S、Ca が白華現象と大きな関係を持つことが明らかである。粉末 X 線回折の結果によれば、これらの S、Ca は単体（元素）としてではなく、Ca-S 化合物、例えばチオ硫酸カルシウム (CaS_2O_3) として存在しているものと考えられる。

4. 考察

図 4、5 から、また他の SEM-EDX によるマッピングの結果から、白華現象と S、Ca、Na の強い相関が伺える。しかし、「S、Ca、Na の偏析」が「白華現象」の「結果」なのか、「原因」なのかは断定できない。つまり、「何らかの原因」によって白華現象が生じ、その部位に「S、Ca、Na の偏析」が選択的に起こった場合が「結果」であり、「S、Ca、Na の偏析」が「白華現象」を引き起こした場合が「原因」である。

「結果」か「原因」かを断定するためには、今後いくつかの検証実験が必要であるが、ここでは「原因説」について考察する。

図 4 に偏析が示される S（硫黄）は通常、瓦の原料粘土には含まれない元素であるので [1]、その源として、まず第一に考えられるのは、昨今深刻さが増している大気汚染による酸性雨ではないだろうか。 SO_4^{2-} や NO_3^- などのイオンが高濃度に含まれるのが酸性雨である。また、白華現象が一種の塩類風化であり、微妙ながらも白華部に Na の偏析が見られることから、塩分 ($\text{Na}^+\text{+Cl}^-$) を含んだ大気の影響も考慮されるべきであろう。

酸性雨や塩分 ($\text{Na}^+\text{+Cl}^-$) が白華現象の原因、すくなくとも「引き金」であるとすれば、白華現象は同じ環境に晒される瓦面全体に生じるはずである。しかしながら、白華現象が瓦面全体に生じることはほとんど見られず、局部的に起こるのが一般的である。つまり、同じ環境に晒されながらも白華現象を起す部位と起さない部位があるということである。

結局、そのような「白華現象の不均一」は瓦自身が有する「不均一」に起因することになる。

例えば、上述のように、白華部で S-Ca の偏析が見られることから、瓦の原料に Ca の不均一分布があれば、その部位で選択的に Ca-S 化合物が形成され、結果的に白華現象が起こることになる。また、瓦の焼成温度や気孔率も白華現象の発生、程度に大きな影響を与えることが経験的にわかっている。つまり、焼成温度が低いほど、気孔率が大きいほど、白華現象の発生率が高まり、程度が大きくなる傾向がある。したがって、焼成時、1 枚の瓦の中で焼成温度にムラ（不均一分布）があれば、低温焼成部位で選択的に白華現象が起こると考えられる。

5. 結論

- 1) 白華部には S、Ca、(Na) の偏析が見られる。
- 2) 白華部に偏析している S、Ca は単体元素ではなく、Ca-S 化合物を形成している。
- 3) その化合物としてはチオ硫酸カルシウム (CaS_2O_3) の可能性が大きい。
- 4) 白華現象は瓦が晒された環境と瓦自身が有する「不均一性（原料組成、焼成条件）」との相乗効果によって局部的に生じる。

参考文献

- [1] 田中稔『粘土瓦ハンドブック』（技報堂出版、1980）

カンボジアのアンコール遺跡における砂岩材の塩類風化プロセス： 硫黄・ストロンチウム同位体を用いた塩類起源物質の推定

○細野高啓*・内田悦生*・須田千幸*・上野晃世*・中川武*

(*早稲田大学理工学術院)

1. 目的

アンコール遺跡の主要な建材である砂岩には、様々な要因による劣化がみられるが、中でも塩類風化による劣化は深刻な問題となっている。こうした塩類風化の原因となっている塩類の供給源をつきとめることは、塩類風化メカニズムを理解するためだけでなく、遺跡の保存に対しても重要な指針を与える。

S(イオウ)とSr(ストロンチウム)にはそれぞれ ^{32}S 、 ^{33}S 、 ^{34}S 、 ^{36}S と、 ^{84}Sr 、 ^{86}Sr 、 ^{87}Sr 、 ^{88}Sr の四つの安定同位体が存在する。多様なプロセスを経て形成された地球上の岩石や、水、生物といった物質は、それぞれ固有のS同位体比($\delta^{34}\text{S}$)やSr同位体比($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)を持つ。そのため、これら同位体比は環境システムにおいて物質の起源を知るトレーサーとして広く利用されている。Srはそれ自体、環境中にはあまり存在しないが、その化学的類似性からCaのトレーサーとして利用できる。今回、これら同位体比のもつトレーサビリティを利用し、塩類を構成する元素の起源の推定を試みた。

2. 試料および分析方法

アンコール・ワット、バイヨン、プノン・クロム、プノン・バケン、タ・ケオの各遺跡から塩類5試料と塩類の析出した劣化砂岩材10試料を採取した。また、新鮮な砂岩材計4試料をアンコール・ワット、プノン・クロム、クレン山南東麓の石切り場から採取した。コウモリの排泄物、新鮮砂岩材中の方解石脈、いくつかの水試料(雨水、環濠水、たまり水、河川水、湖水)も比較のためアンコール地域から採取した。

塩類の同定には粉末X線回折装置(XRD; Rigaku RINT-ULTIMA3)とX線マイクロアナライザー(EPMA; JOEL JSM-6360にOxford INCAx-sightを設置)を使用した。また、一部のSr同位体比の分析には筑波大学設置の表面電離型質量分析計Finnigan MAT 262RPQを用いた。化学組成分析、S同位体比、他の試料のSr同位体比はカナダのActivation Laboratories Ltd.に依頼した。

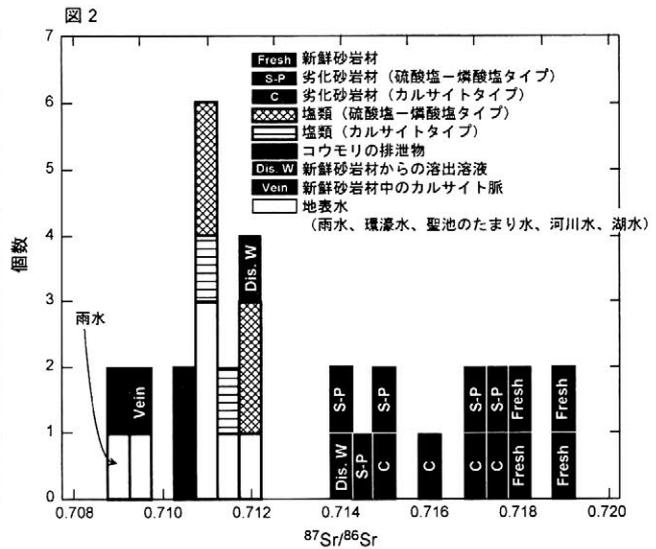
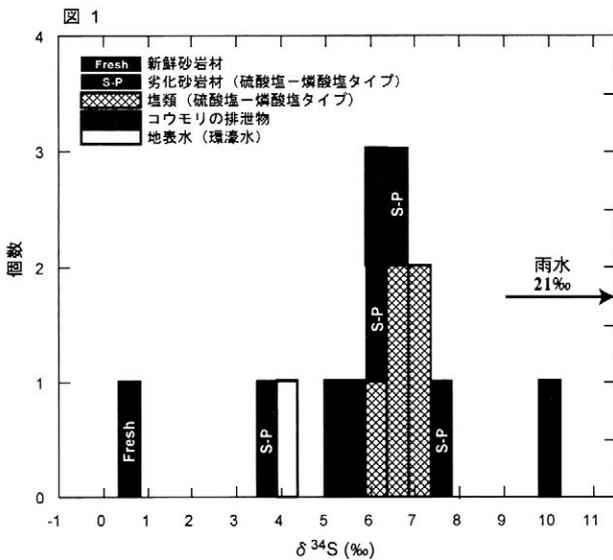
3. 結果と考察

アンコール遺跡に見られる劣化は、構成塩類と発生する場所に基づき二つのタイプに分類される。一つは硫酸塩(石膏、バッサナイト、バライト)と磷酸塩(ニューベリアイト、ブルッシュャイト等)を伴うタイプであり、内柱、内壁、窓枠の下部の、砂岩材中に浸透した水が一方向的に蒸発する場所において起こる。また、このタイプの劣化を伴う遺跡にはコウモリが生息している。一方、カルサイトに代表されるカルシウム炭酸塩の表面析出も岩石の劣化に影響を与えている。このタイプの劣化は岩石表面の剥離で特徴付けられ、主に遺跡の基壇や屋根材内側において起こっており、コウモリの排泄物と直接には関係していない。

硫酸塩の主要構成元素であるSについてその同位体比をみると(図1)、硫酸塩-磷酸塩タイプの塩類および劣化砂岩材の $\delta^{34}\text{S}$ は一つの試料(3.8‰)を除き非常に均一で(6.1-7.7‰)、起源物質の $\delta^{34}\text{S}$ がおおよそそれらの平均値(6.4‰)と近いことを示唆している。これらの同位体比は、新鮮砂岩材の値

(0.6%)と比べて有意に高く、また海水起源物質を多く含むこの地域の雨水の値(15-21‰)と比べて低い。一方、遺跡に生息するコウモリの排泄物の S 同位体比(5.3-10.0‰)は、塩類および劣化砂岩材の組成範囲と重なり(図 1)、塩類中の S はコウモリの排泄物に由来すると考えられる。ただし、両者の平均値を比較すると、塩類および劣化砂岩材(av. 6.8‰)はコウモリの排泄物(av. 6.4‰)と比べて若干高い値を示すため、より高い同位体比を持つ雨水からの寄与も可能性としてあげられる。

新鮮砂岩材の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は均質で最も高く(0.71812-0.71886)、逆に雨水の値は最も低く(0.70915)、両者はこの地域の Sr 同位体的端成分となっている(図 2)。ここで、塩類の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ はタイプに関わらず両者の中間の狭い範囲にプロットされ(0.71105-0.71196)、起源物質の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ はこれらの平均値(0.71146)と近いと推定される。周辺環境水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ はこの平均値と近いため、同位体的には塩類の起源の候補となるが、アンコール・ワットとバイオンはそれぞれ 65 m と 43 m の高さを有し、またプノン・バケンやプノン・クロムは山の上に築かれた堂山型の遺跡であるため、遺跡の大部分においてこれら環境水が毛管現象により石材に浸透することは不可能である。他方、コウモリの排泄物に多く含まれる一部の元素(Ca, S, P, Mn, Zn, Pb 等)が塩類に濃集していることおよび砂岩材は他の物質と比較して圧倒的に Sr に富むことから、両者は塩類中の Sr の起源となっている可能性が考えられる。塩類試料の Sr 同位体比が両試料の中間にプロットされることは(図 2)、こうした考えを強く支持する。最近の生物学的研究によると、コウモリの排泄物を栄養源とした硫酸化細菌が作り出す硫酸により石材の劣化が起こることが報告されている。石材中では主として斜長石などの珪酸塩鉱物に含まれる Sr は、こうした細菌の活動を介した反応によって砂岩材から溶出されると考えられる。また、雨水はその Sr 濃度は非常に低いが、同位体比はコウモリの排泄物の値と一致するため、寄与物質として無視はできない。一方、カルサイトタイプの劣化は直接コウモリの排泄物と関係しないため、塩類中の Sr は雨水および雨水により溶解した砂岩成分からもたらされたと考えられる。このことは、コウモリの排泄物に多い S、P、Mn、Zn、Pb 等の濃集が認められないことと調和する。同じアルカリ土類金属に属するCaがSrと似た挙動を持つと仮定すると、塩類中の Ca はコウモリの排泄物以外に、雨水と砂岩材からもたらされた可能性が高いと考えられ、このことは元素濃度の特徴とも矛盾しない。



モンゴル・アウラガ遺跡の地中レーダ探査による研究と焼飯遺構の検討

○岸田 徹*、酒井英男*、白石典之**、加藤晋平***

(*富山大学理学部、**新潟大学人文学部、***元國學院大学)

はじめに

モンゴル国の首都ウランバートルから南東へ約 200km、ヘンティ県デリゲルハーン郡に位置するアウラガ遺跡(図 1)は、2001 年より日本・モンゴル合同調査団(総団長:加藤・元國學院大教授、調査代表:白石・新潟大助教授)による発掘が行われ、東西約 1200m、南北約 500m にわたって広がるチンギスハンの本拠地「大オールド」跡であることが判明した。

遺跡中央に位置する第 1 基壇跡では、発掘調査の結果から 12 世紀第Ⅳ四半期から 15 世紀第Ⅲ四半期にわたり 3 つの建物跡が存在することが判明した。これらは、それぞれチンギスハンとオゴダイの宮殿、そしてチンギスの霊廟として使用されたことがわかった。

我々は、2004 年 8 月に、第 1 基壇上とその周辺部において地中レーダ探査を実施した。探査は、基壇上の未発掘の部分における礎石の位置を推定すること、及び基壇周辺の遺構の有無、様相を把握することを目的とした。

探査の概要と結果

探査は、周波数 250MHz のアンテナを採用し、第 1 基壇跡を中心に南北 123m×東西 108m の範囲で行った。設定した各測線の間隔は 0.5m、それぞれの測線における測点間隔は 5cm とした。

基壇上では、未発掘の数カ所の地点において、深度数 10cm の部分から強い応答が認められた。その後の発掘により、この応答は、礎石や柱穴跡と対応することが判明した。

また、基壇の周囲では、幅 2~5m ほどの強い応答が基壇を囲むような形で認められた(図 2 及び図 3)。この強い応答は地表下 50cm までの範囲に見られ、発掘結果と比較検討した結果、この応答は灰層に対応すると考えられた。基壇の周囲にこのように灰層が分布している理由として、考古学的には、焼けた牛や馬等の骨と灰が詰まったモンゴル祭祀の痕跡「焼飯(しょうはん)」跡の可能性が示唆されている。

基壇のさらに外側の部分では、直線状に異常応答が認められており、宮殿または霊廟に属する土壁跡と考えられる。

本研究は、焼飯が基壇周囲の数百箇所で行われていた可能性を示唆し、また複数の土壁がめぐり様相を捉えたことから、チンギス祭祀及び建物の構造を研究する上での重要な成果であるといえる。



図1 アウラガ遺跡の位置

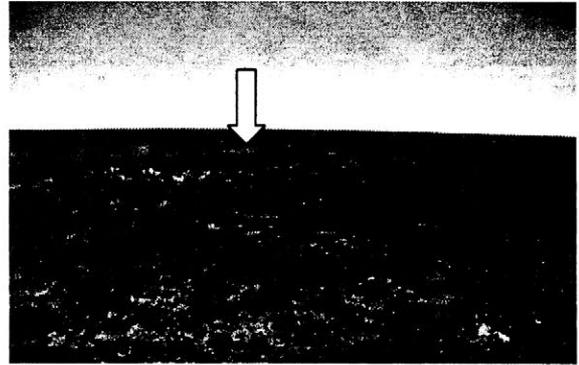


写真1 第1基壇跡

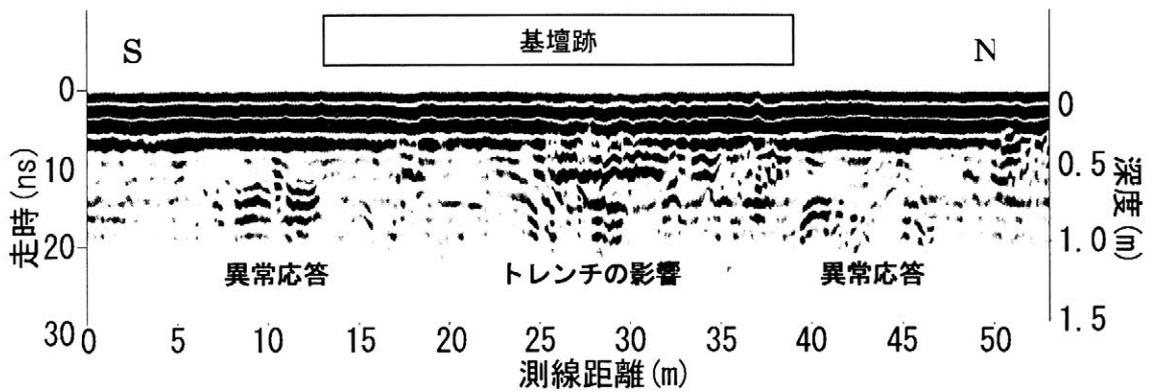


図2 代表的な測線で得た探查結果

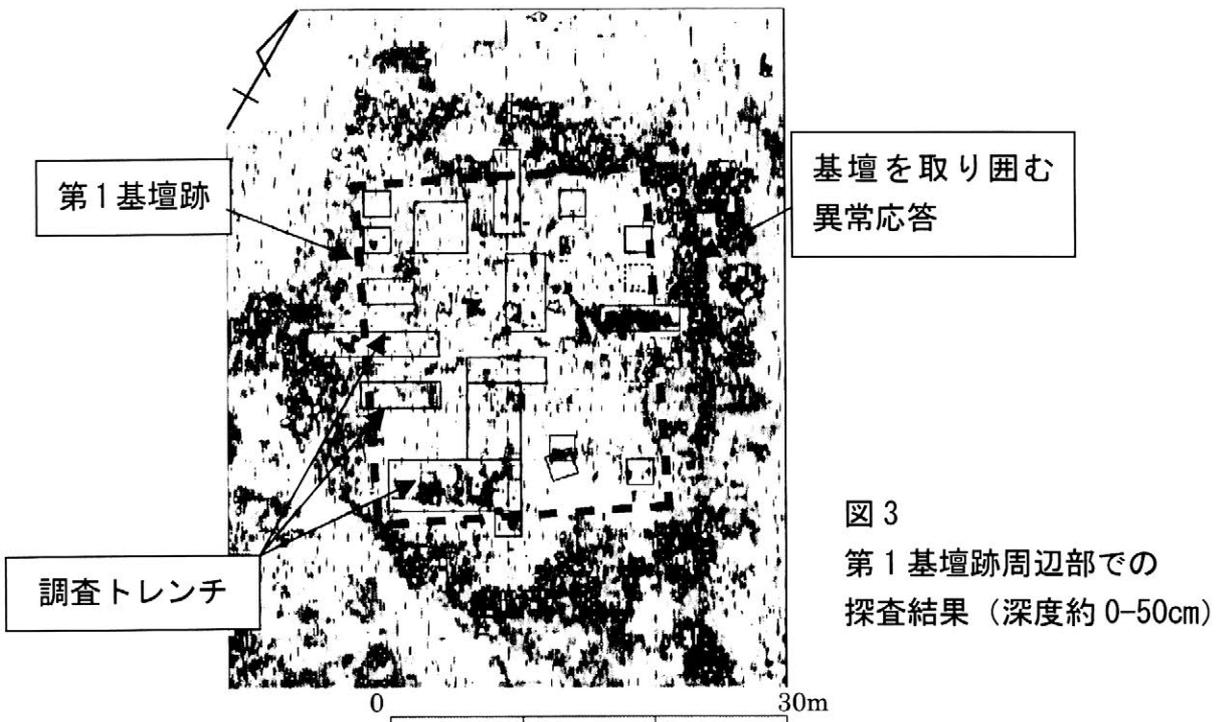


図3 第1基壇跡周辺部での探查結果 (深度約0-50cm)

スペクトル計測に基づく王塚古墳壁画の任意光源下での色再現

○朽津 信明

東京文化財研究所

○増田 智仁・猪狩 壮文・池内 克史

東京大学

三橋 徹・松戸 堅治

凸版印刷株式会社

1 はじめに

壁画などの文化財の研究において、描かれた当時に人々の目にどのように映っていたかということは重要な論点であり、これまでも様々な方法で見えの再現がなされ、議論されている。先行研究では各々の色ごとのスペクトルや、撮影写真などのせいぜい二次元の情報に基づき考察がなされているが、複雑な形状を持つ壁面に直接描かれた古墳や洞窟などの壁画の全体的な見えを厳密に再現するためには、壁面の三次元形状が必要不可欠である。

我々は既に昨年文化財科学会において、フゴッペ洞窟の三次元形状データを用いて、洞窟壁面の線刻画の見えをコンピュータグラフィックス上で再現した研究成果を発表している [1]。これは主に洞窟の形状と黄道に依存して太陽光がもたらす陰影によって、線刻画がどのように見えるかを議論するにとどまっている。そこで本稿では、豊富な色彩を持つ装飾古墳の典型である桂川王塚装飾古墳を研究対象とし、異なる光源環境下における装飾の見え方について議論する。

本稿の構成は以下のとおりである。まず最初に研究対象とする王塚古墳について説明し、本稿で具体的に議論する内容を明らかにする。次に、王塚古墳の内部の装飾の任意光源下での見えを再現する手法について述べ、その結果を提示する。最後に結果から得られる考察を述べ、全体のまとめとする。

2 研究対象と論点

本稿において研究対象とする王塚古墳は、現在の福岡県桂川町に6世紀中頃に築造されたと見られる前方後円墳で、内部に極彩色の壁画を持つことから国の特別史跡に指定されている。装飾には、赤・黄色・白・黒・緑・灰色の六色の顔料が確認される [2]。

我々は装飾古墳を構築する上で、内部の装飾を描くことができる環境条件は非常に限られていると考えている。つまり、既に模様を描かれた壁面を用いて古墳を形成したとすれば、装飾は太陽光がもたらす自然光のもとで描かれていたのではないかと考える。一方、古墳を構築した後に装飾を施したとすれば、装飾は灯明などの自然光によって描かれたと考えられる(古墳内部には灯明台と呼ばれる施設がある)が、果たして灯明のもとで六色の豊富な色彩を正確に識別しながら描けたかについては、甚だ疑問である。これらを実世界で検証するには、古墳を解体したり古墳内部で灯明をともしたりしなければならないが、これは事実上不可能である。そこで本稿では、太陽光と灯明台からの燃焼光での装飾の見えをコンピュータグラフィックス上で三次元的に再現する。

3 見えの再現手法とその条件

コンピュータグラフィックス上での三次元の見えを再現するには、対象物の形状と色の情報に合わせて、光源色などの対象物を取り巻く環境情報が必要になる。対象物の形状はレーザーレンジセンサ (Z+F Imager, KonicaMinolta VIVID) によって得られた三次元形状データを処理することによって得られる [3]。また、対象物の色情報は通常デジタルカメラなどで取得するが、こうして得られる情報は、高解像度なものであるが、一つの画素に格納される情報は通常 RGB の三つのチャンネルのみである。より厳密な色情報を取得するためには分光器を使用しなければならないが、これは可視光波長の連続スペクトルをライン上の各点で一度に取得できる反面、計測速度・画素数・感度・焦点距離などの問題のため、デジタルカメラに比べて非常に解像度が低い。本稿ではデジタルカメラ (Nikon D1X) の高密度な情報と、分光器 (Specim ImSpector) の正確な色情報を統合した [4]。環境情報としての光源色については、太陽光はプランクの公式により黒体放射のスペクトル [5] として算出し、灯明は木材を燃焼させて得た光としてスペクトルを得た。太陽光と木材の燃焼光では、実際には装飾を照らす光量が全く異なるが、本稿ではこれらを同等とし、木材の燃焼光と観察位置の距離による輝度の減衰のみを考慮した。その結果を図1に示す。

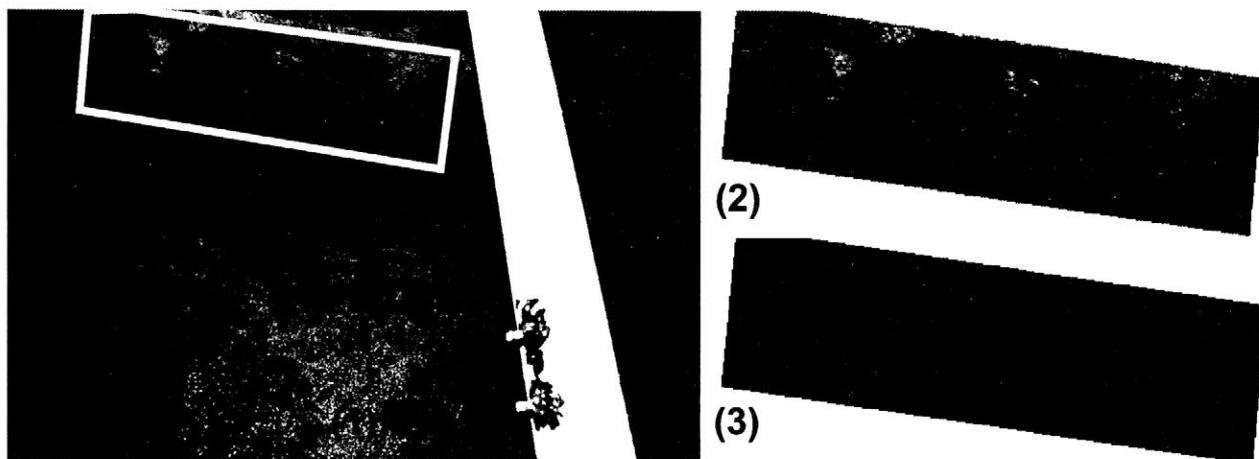


図 1: (1) 古墳内部・石室形の天井を見上げている様子。矩形のエリアに対して、(2) 太陽光での見えを再現した結果と (3) 灯明での見えを再現した結果。太陽光のもとでは装飾が分かるが、灯明ではもはや装飾が認識できない。

4 結果と考察

本稿では王塚古墳の紋様の中でも代表的な、奥室石室形内の連続三角紋部分に着目する。図 1 中 (2) は石室天井石が載せられていない状態で差し込む昼間の太陽光の灯りで見えた結果を示す。次に図 1 中 (3) は、天井石が載せられ石室が封印された条件で、石室内に置かれた二箇所灯明台に人工光が灯された状態で見えた結果を示す。本紙面では白黒でしか表示できないものの、図から明らかなように、石室を封印した後に二箇所の灯明だけで壁画を見た場合には、殆どその紋様を認識することができない。これはカラー画像(学会当日に会場で示す)で見ても、灯明だけでは色の識別はほぼ不可能である。これに対し、天井石がない状態で差し込む昼間の太陽光で見えた場合には、白黒画像でも明らかに三角紋の形状を認識することが可能であり、またカラー映像で見れば、各色の識別も十分に可能であることがわかる。むろん、人間の視覚は環境に適応しながら認識を行うため、コンピュータグラフィックス上で再現された見えは、実際の古墳を観察する時とは異なることが予想されるが、少なくとも太陽光と灯明の間では、色の輝度や色の認識に極めて大きな差異が生じている。すなわち、密閉された古墳の中で灯明を灯して装飾を施すことは困難だったと考えられる。今回の見えの再現実験は古墳の構築方法を推測するにとどまらず、構築された装飾古墳内で何らかの儀式が営まれた場合には、参列者にとっての石室内の見えがどのような意義を持つものであったかなど、検証を進めていくことによりさらなる考古学的知見を与えるものと考えられる。

参考文献

- [1] 朽津信明, 増田智仁, 山田陽介, 池内克史. 三次元計測に基づくフゴッペ洞窟への光の差し込みのシミュレーション. 日本文化財科学会第 21 回大会講演要旨集, pp. 44–45, May 2004.
- [2] 朽津信明, 川野邊渉. 九州装飾古墳の緑と「青」について. 保存科学, 第 39 巻, pp. 24–32, March 2000.
- [3] 池内克史. Crest 池内プロジェクト 概要. 情報処理学会研究報告, pp. 1–8, March 2003. ISSN 0919-6072.
- [4] G. E. Healey, S. A. Shafer, and L. B. Wolff. *Physics-Based Vision Principles and Practice*. Jones and Bartlett Publishers, 1992.
- [5] G. D. Finlayson and S. D. Hordley. Color constancy at a pixel. *Journal of the Optical Society of America A*, Vol. 18, No. 2, pp. 253–264, February 2001.

中国古代鉄鏡の材料科学と製造法に関する調査・研究

○横田 勝^{*1}、清水康二^{*2}、三船温尚^{*1}、野瀬正照^{*1}、宮原晋一^{*2}、
菅谷文則^{*3}、何 堂坤^{*4}

*1: 高岡短大産業造形学科、*2: 奈良県立橿原考古学研究所

*3 滋賀県立大学人間科学部、*4: 中国科学院自然科学史研究所

1. 緒言 我々は中国で発掘された数少ない古代鉄鏡のうち分析調査が可能な2片の鉄鏡小片を中国科学院自然科学史研究所の何堂坤氏から拝借したので、これらの試料について、腐食されていない地金部分の光学顕微鏡による金属組織の観察ならびにEPMAによる組成の分析結果からこれらの製造法について検討した。なお、何氏はこれら2片の鉄鏡はいずれも鑄造法により製造されたものと推定している(何堂坤:中国古代銅鏡の技術研究、紫禁城出版社、325-334。(1999))、我々の調査と検討結果との比較により製造法について改めて検討を行った。

2. 調査試料ならびに調査方法

調査を行った2片の鉄鏡のうち、第1小片(YG6)は1975年中国河南省固始県からの出土品であり、この鉄鏡の製造年代は後漢時代と推定している。今回調査を行った試料は鉄鏡の内区から採取されたものであり、その外形をFig.1(a)に示す。また、第2の鉄鏡小片(Y125)は中国洛陽市龍門の排水・灌漑場、隋大業九年(613年)墓から発掘されたものである。製造年代は隋の時代と推定している。分析調査を行った鉄鏡小片の外形をそれぞれFig.1(a)およびFig.1(b)に示す。

3. 調査結果ならびに考察

後漢代の鉄鏡(YG6)の低倍率および高倍率による光学顕微鏡組織はそれぞれFig.2(a)およびFig.3(a)に示すとおりである。この試料ではフェライト粒子とパーライト粒子からなり典型的な白心

可鍛鑄鉄に相当する組織を示す。炭素量は一般の鑄鉄に比較して著しく少量であり、パーライトの存在量から推定すると炭素量は0.2から0.3mass%と判断される。

中国隋代の古墳から発

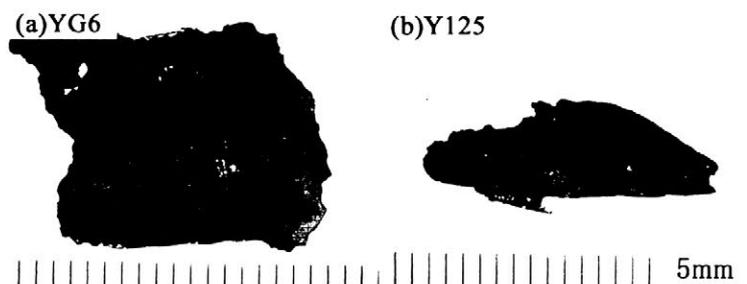


Fig.1 材料調査を行った古代鉄鏡小片の概観図

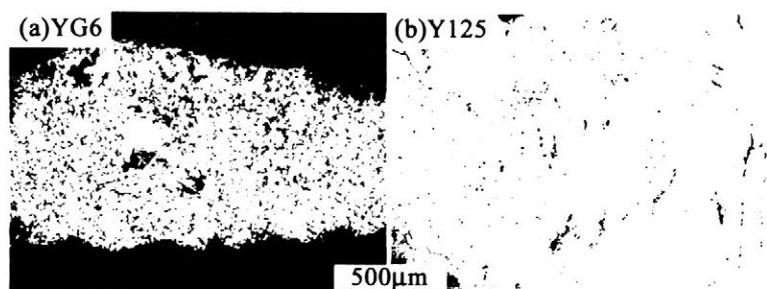


Fig.2 古代鉄鏡の低倍率による光学顕微鏡組織

掘された鉄鏡(Y125)では **Fig.2(b)** および **Fig.3(b)** に示すように、炭素が関与する黒鉛やパーライトは全く観察されず粒度が不揃いのフェライト粒とわずかな不純物と考えられる介在物が観察される。鉄鏡、Y125 の製造法は錬鉄を使用し、鍛造法によって製造されたか、または高炭素の銑鉄を原料として、脱炭が伴う鍛造法により製造されたとするのが妥当なように感じられる。なお、たたら製鉄には銑鉄を得る「銑押し法」と鋼を直接得る「鋸押し法」があるが、現在再現されているのは鋸押し法のみであり、銑押し法は記録でしか窺い知れないのが現状である。

基本的にはこれと同じ工程で鉄鏡、Y125 が製造されたのではないかと考えられる。また小鍛冶といわれる鍛冶師によって鉄鏡として体裁を整えるために鍛冶が行われていたものと想像される。製造の工程で鍛造と焼鈍が繰り返され、脱炭が進行するとともに、加工を強く受けた鉄鏡表面部に等方性のある微細なフェライト結晶が発生し、加工を強く受けない鉄鏡内部では結晶粒の粗大化が進んだものと考えられる。

4. 結言 (1) 中国後漢時代に

製造された鉄鏡(YG6)は白心可鍛鑄鉄の組織を示し、鑄造法によるものと推察したが、銑鉄の小片を原料とした鍛造と同時脱炭による製法の可能性も否定することはできない。腐食を受けていない内部母材には不純物として微量の Si と P が検出された。(2) 中国隋代墓から発掘された鉄鏡(Y125)はフェライト単相の組織を示し、脱炭を十分に行った錬鉄を用いた鍛造法によるものと考えられる。腐食を受けていない内部母材には不純物として微量の Si と P および S が検出された。

古代鉄鏡の製造法を考察するに当たり、貴重なご意見を頂戴した新日本製鉄㈱、先端技術研究所長、伊藤 叡氏、新日本製鉄㈱、八幡製鉄所製鉄部製鉄部長、三輪 隆氏ならびに JFE テクノリサーチ㈱、埋蔵文化財調査室、天辰正義氏に深く感謝いたします。なお、本研究の一部は、平成 16 年度科学研究費補助金(基盤研究 B-2、課題番号(15300294)の研究助成によるものであり、ここに記して感謝の意を表します。

Table1 古代鉄鏡の地金部分における主な不純物の分析値

Specimens	Si	P	S
YG6	0.05	0.05	-
Y125	0.15	0.10	0.05

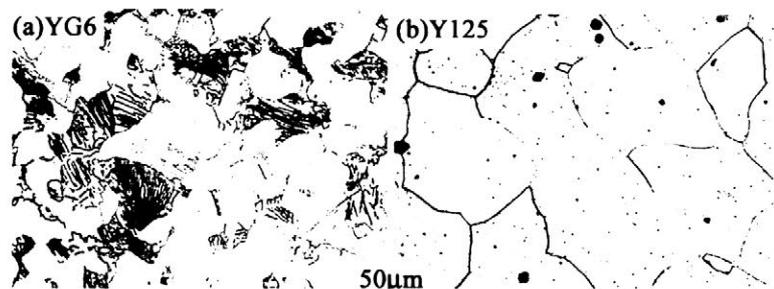


Fig.3 古代鉄鏡の高倍率による光学顕微鏡組織

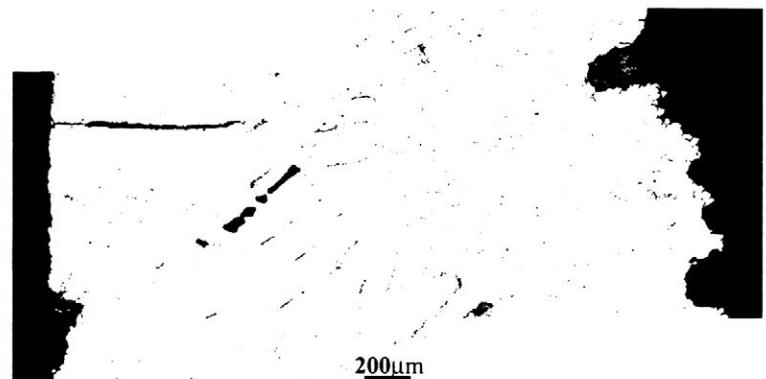


Fig.4 中国隋代製鉄鏡(Y125)の全断面光学顕微鏡組織

デジタル写真計測と画像解析による文化財建造物のアーカイブと形状解析 —タイ・マハタート寺院煉瓦建造物劣化マッピング—

○津村宏臣*・二神葉子**

*同志社大学文化情報学部, **東京文化財研究所国際文化財保存修復協力センター

1. はじめに

文化財建造物の形状の記録や保存は、これまで手実測や光波測距儀などの測量機器を用いた対象の三次元的な位置データ取得と、二次元の線画で描出する方法であった。しかし、二次元線画のように形状のトポロジーを記号化したアウトプットからは、三次元的な立体構造の再構築は難しく、記録者の技術的熟練度により情報の品質にばらつきが生じる。また、近年レーザーレンジスキャナを用いた、三次元的な点群による形状情報の記録が実践されているが、計測機器の経済的、技術的問題から一般利用は難しく、従来の二次元線画による記録方法の延長線上にないため、応用領域に限界も指摘される。

手実測による作業の利便性、光波測距儀による測量の精密性、レーザーレンジスキャン計測による三次元形状の現実性を達成し、さらにこれまで蓄積された情報との対比を可能にする計測技術の1つに、写真測量を応用したデジタル写真計測がある。このデジタル写真測量は、一般民生用のデジタルカメラを用いた比較的簡便な方法で二次元画像から三次元座標情報が取得できる。また、被写体空間の座標系を用いて写真を幾何補正すれば、中心投影画像を任意平面からの正射投影画像に変換できる。

本研究では、文化財モニタリングの主要な手法である写真撮影の延長線上にこの写真計測を位置づけ、文化財建造物の形状情報のアーカイブ技術としての有用性を確認すると共に、このデータを用いた解析によって劣化状況の定量的な把握とマッピングを試行した。

2. 対象

本研究では、東京文化財研究所国際文化財保存修復協力センターで継続的に写真撮影とモニタリングが実施されている、タイ・マハタート寺院の煉瓦建造物（壁体構造物）を対象とする。Tsumura and Futagami (2004) および二神・津村 (2005) では、この建造物を対象に写真計測の方法論を検討し、局所的な三次元形状の劣化を評価、その剥離や剥落による奥行き方向の経年劣化について検討した。これを参照し、ここでは平面的な劣化について主に検討し、そのマッピングまでを実施した。

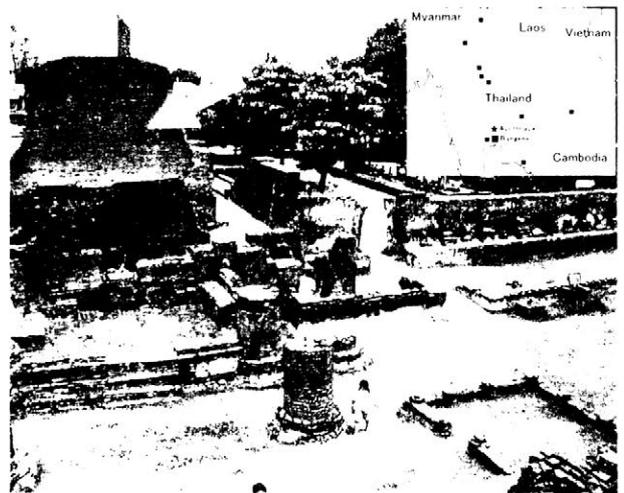


図1 マハタート寺院煉瓦建造物

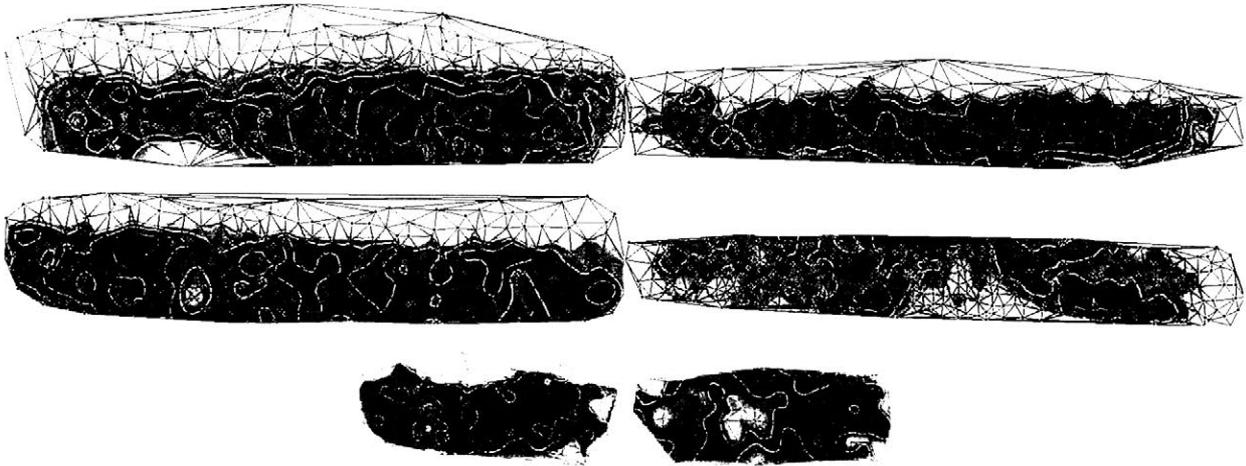


図2 煉瓦表面の三次元サーフェイスモデル

3. 検討

まず、カメラに準拠した幾何光学補正をおこない内部標定を実施した。今回のように撮影時期が異なる複数の座標系を統一するため、撮影されたオブジェクトから不動と考えられる共通点を選定し、再構築後に座標値を取得した基準点で構築したモデル座標系で統合した。次に、各時期の写真を被写体の規模で分割して相互標定し、それらを接続評定して外部標定解析をおこない、撮影のカメラ位置と対象までの被写体距離、カメラの傾きなど、共線条件の外部標定要素を計算した。最後に、標定解析結果を参照し、各段階の写真について偏位修正画像を作成した。以上から、煉瓦建造物表面の三次元点群データを作成し、空間自己相関を用いたクリギングにより内挿、煉瓦表面の三次元サーフェイスモデルを作成した(図2)。

解析については、異なった時期の三次元サーフェイスモデルの奥行き値の差分による剥離・剥落に関する評価と、連続的な劣化による形状全体の円磨化の評価、煉瓦表面に疑似平面を仮定し、その平面に対する傾斜角値の出現傾向の評価などを実施した。煉瓦表面の初期状態として擬似方形と仮定し、そこからの平面・立体的な偏差を抽出、その程度を再分類し、マッピングしたのが図3である。壁面の補習時期や補習に用いられた煉瓦の組成などの情報を埋め込むことで、位置情報を持った属性情報システムの構築が可能となると同時に、これを用いた劣化評価手法の開発が実践できる。(文責：津村)

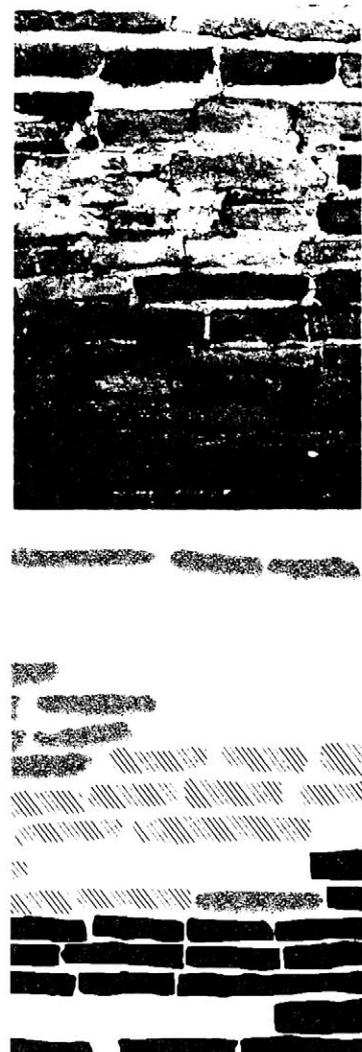


図3 煉瓦劣化状況評価のマッピング例

石狩低地帯における先史時代漁撈の研究

○富岡直人* 仙庭伸久**

(* 岡山理科大学 総合情報学部、 ** 札幌市埋蔵文化財センター)

はじめに

石狩低地帯には旧石器時代以来近世に至る数多くの遺跡群が見られ、魚類遺存体が出土している。筆者らは、札幌市、千歳市の遺跡を中心に分析を実施してきた。

出土魚類の傾向

石狩低地の遺跡群では遡河回遊魚・降河回遊魚・周縁性淡水魚が主体で、純淡水魚はほとんど出土しない。出土した主要魚種を Tab.1 に掲げる。

サケ科は縄文・続縄文・擦文時代で数多く出土するが、遺構によって含有率、出土部位に変化がみられる。検出される骨格は重量・破片数とも椎骨片、部位不明骨格破片が多く、犬歯状歯も次いで多く出土する。これらは、現在の北海道に生息するイワナ属、サケ属、イトウ属である可能性が高い。この 2 属の椎骨は特徴が類似しているが、第 1 椎骨については種の特徴が捉えやすく、属レベルの分類も容易である。現在までに遺物で種以下まで特定されているのは種はサケである。イトウは続縄文時代にのみ検出されているとされるが、点数が極めて少ない。

コイ科ではウグイ属が多く出土し、ニシン科ではニシンのみが検出されている。いずれも縄文時代後期以来、漁獲されている魚種である。ニシン出土量の多寡の偏差は激しいが、花粉分析等で推定される気候の寒暖に従った変化は看取されず、因果不明の資源の不安定性が指摘できる。ニシンは、海水から汽水域に生息・回遊する事が知られている。体格については、第 1・2 椎骨と腹椎の関節幅を計測する事で推定が可能である。ユカンボシ C2 遺跡（千歳市近世アイヌ文化期）では明らかな二峰性が看取され、限定した時期に捕獲された可能性がうかがわれ、その際には小型と大型が混獲されていたこと、おそらくは当歳と 2 歳以上のニシン科が捕獲されていたと推定される。

イトヨをはじめとするトゲウオ科は、縄文時代中期以来漁獲され、同じく気候の影響は看取されない。

漁撈活動の特徴

河川流路に堰止状トラップを設定し、刺突具によって捕獲する方法が縄文時代以来みられ近世まで継続的に利用される。縄文時代中期の資料（石狩市紅葉山 49 号）は完成度が高く、より原初的な形式存在が予想される。漁具は、縄文時代にはヤス等の刺突具が主で、続縄文時代までに沿岸・河口域に開窟式の回転式離頭鉤が展開し、近世までにマレックが成立するという様相が推定される。

この研究成果は、札幌市、千歳市からの受託研究費、文部科学省科学研究費（基盤研究(C)(2)）課題番号 13680182 の成果を含む。

遺跡土壤中の残存デンプン粒について

○ 西田泰民*、阿部千春**

*新潟県立歴史博物館、**函館市教育委員会

はじめに

近年、世界各地における注目すべき考古学的新知見として、遺跡土壤や遺物からの残存デンプン粒の検出事例が増加していることが挙げられる。その時代は数万年前にもおよび、過去の人類の植物質食料に関する情報を飛躍的に高める可能性がある。この研究については日本では以前から佐原眞氏により紹介され、松井章氏も試みられているようであるが、まだ本格的な研究は現れていない。今回、北海道のサンプルを含め遺跡土壤中の残存デンプンについて若干の知見を得たので報告する。

方法

土壤からのデンプン抽出法には複数のプロトコルが提示されている(Atchinson & Fullager 1998, Kealhofer 2003, Horrocks 2004)。基本的には土壤試料を分散させ、沈殿法により極小粒子を取り除いた上で重液分離を行い、プレパラートを作成し、偏光下で検鏡するというのが手順である。発表者は処理が短時間で済み、ほぼデンプンのみを主に取り出すことができる方法として Horrocks による方法を採用している。なお、実験室での混入の有無を確認するためにブランク試料のプレパラートも作成し確認を行っている。

試料

これまで遺跡土壤中のデンプン粒残存の可能性について述べられた唯一と思われる例は、吉崎昌一氏による科研報告書中の記述である。これは函館市(旧南茅部町)大船遺跡(旧大船C遺跡)出土の珪藻土(縄文時代中期)について述べられたもので、その観察中に椿坂恭代氏がデンプンと思われる粒子を見いだしたと記述されている。椿坂氏によれば、電顕観察を行い、ソバのデンプンに形態が類似しているとの知見を得たが、同定には至らなかったとのことであった。幸いなことに当該遺跡の珪藻土が若干残されており、採取候補とされる露頭からの珪藻土そのものとともに比較することとした。

次の試料は道東の常呂町ライトコロ右岸遺跡の土壤サンプルである。砂丘地帯に立地する遺跡であり、砂質および粘土質の層が擦文後期の住居址を埋めていた。これら2種の土壤にどの程度デンプン粒が残存しているかを確かめる意味で分析を行ってみた。

また3番目として、ごく一般的な台地上の遺跡の土壤として新潟県内の縄文時代中期の遺跡の土壤サンプルを試料とした。

結果

・大船遺跡出土の珪藻土中にはデンプン粒が見いだされた。それに対して露頭から掘削した珪藻土にはデンプン粒は見いだすことができなかった。ただし、表面採取のものからは遺跡出土珪藻土とは異なる形態のデンプン粒が検出された。

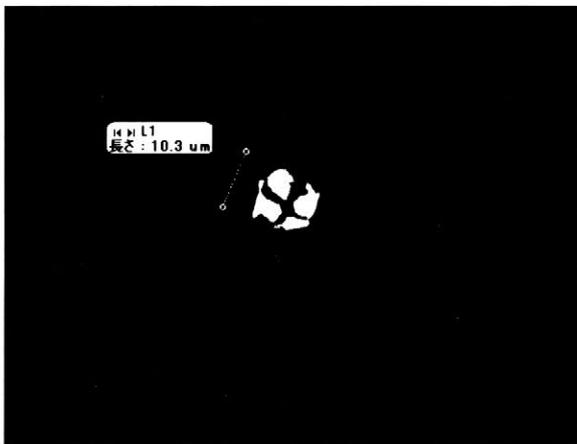
- ・ライトコロ右岸遺跡の土壌両方からもデンプン粒が検出され、アワ・キビに類似するものを含んでいた。
- ・縄文時代遺跡土壌にもデンプン粒が見いだされた。

デンプン粒は一部をのぞき候補の多い形態であるため同定には至っていないが、日本のような温暖湿潤で微生物活動も活発と思われる地域でも様々な条件下の土壌中にデンプンが残存していることが明らかになった。

課題

土壌をサンプルとした場合の問題は、土中とはいえ開放された系で長時間放置された中からのサンプリングであることで、遺物付着物の場合よりもその由来がつかみにくい。パプアニューギニアにおいて根菜類利用の証拠として土壌中のデンプン粒の濃度分布を考察した論文が発表されているが、土壌中のデンプンの移動や去就についての研究はこれまであまり行われていないようである。

そのため、これからの課題としては、様々な土壌条件の遺跡土壌のサンプリングを行うとともに、それぞれの環境下に一定濃度のデンプン塗布サンプルを埋め込んで、定期的に分解過程をチェックする作業が必要である。また、十分な量が含まれている場合には年代測定を試みる予定である。



ライトコロ右岸遺跡住居址埋土中のデンプン粒



珪藻土中のデンプン粒

実験室の使用にあたり便宜を図っていただいた県立新潟女子短大立山助教授に御礼申し上げます。なお、この研究は科研費「日本における稲作以前の植物食の研究」（課題番号 16300290）の成果の一部である。

炭化材樹種同定からみた続縄文時代前半竪穴住居での木材利用

○渡邊陽子¹⁾、佐野雄三²⁾、守屋豊人³⁾

¹⁾北大北方生物圏セ、²⁾北大院農、³⁾北大院文

【はじめに】

原始～古代の北海道における木材利用について、これまで縄文時代と擦文時代の石狩低地帯における木材利用が報告されている¹⁾。つまり、日本海側ではトネリコ属材が、太平洋側ではコナラ属材が多用されていた傾向にあることが明らかにされた。しかしながら、続縄文時代の木材利用については、これまであまり議論されていない。その理由として、続縄文時代の遺跡から出土した植物遺存体の分析例や、続縄文時代の竪穴住居址の中で炭化材や焼土が発見される「焼失住居址」の出土例が少ないためである。

本研究では、H37 遺跡丘珠空港内で発見された続縄文時代前半の焼失住居址出土炭化材(図)の樹種同定を行い、発表者らが以前樹種同定を行った K39 遺跡人文・社会科学総合教育研究棟地点から出土した続縄文時代前半の焼失住居址 (HP1 及び HP11) の上屋構造材と推定される炭化材の結果²⁾と合わせて、続縄文時代の竪穴住居での木材利用について一考察を行った。

【資料と方法】

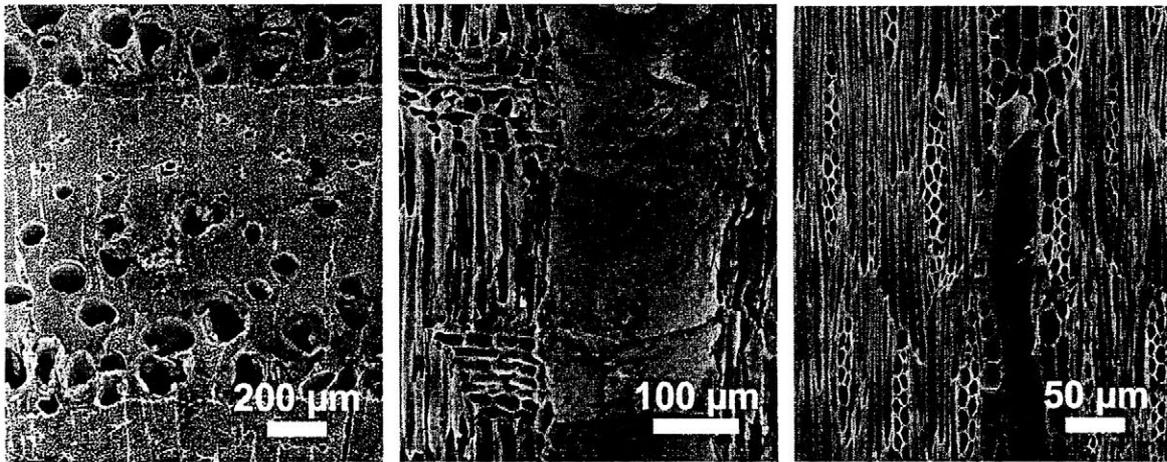
資料は札幌市 H37 遺跡丘珠空港内、第 1 号竪穴住居跡(焼失住居址と考えられる)から出土した炭化材 52 点のうち、上屋構造材と推定される 37 点とした。

樹種同定は走査電子顕微鏡 (SEM)により行った。炭化材から小片を切り出し、木口面・まさ目面・板目面観察用の試料を作製し、導電性接着剤にて試料台に固定した。その後、試料の半分は金コーティングした後に電界放射型 SEM で二次電子像の観察を行い、残り半分は試料台に固定した試料をそのまま低真空 SEM で反射電子像の観察を行った。

【結果と考察】

炭化材 37 点の同定結果を写真と表で示す。内訳はトネリコ属 25 点、ハンノキ属 3 点、ミズキ 2 点、オニグルミ 5 点、不明(植物組織) 1 点、試料作製不可 1 点であった。同定された樹種は、いずれも現在北海道の河畔林を構成する樹種である。本遺跡の焼失住居址の近くには沢地状低地が確認されおり、竪穴住居は低地に隣接した微高地に存在したと推定されている³⁾。また同 H37 遺跡栄町地点で発見された旧河川内での花粉分析の結果から、遺跡周辺はコナラ亜属、ハンノキ属、ヤナギ-ハコヤナギ属、クルミ属などの落葉広葉樹林が広がっていたと報告されている。さらに同定された樹種構成の特徴として、分枝性の比較的少ない、幹の通直な樹種が多い⁴⁾。これらの結果をあわせて考察すると、遺跡周辺の河畔林から比較的幹の通直な樹種を選んで、竪穴住居を構築したと推測される。

K39 遺跡の炭化材樹種同定の結果²⁾と比較すると、両遺跡とも竪穴住居を構築する際に、遺跡周辺の植生にみられる樹種を選択・利用したと考えられる。また K39 遺跡 HP1 では炭化材樹種ごとの分布偏在がとらえられたが、今回の分析ではトネリコ属に関して分布偏在がみられた。続縄文時代の木材利用を明らかにするためには、今後さらに調査例を増やす必要があるだろう。



トネリコ属の SEM 写真 (左から木口面・まさ目面・板目面, 二次電子像)



ミズキの SEM 写真 (左から木口面・まさ目面・板目面, 反射電子像)

	点数
トネリコ属 (<i>Fraxinus</i>)	25
ハンノキ属 (<i>Alnus</i>)	3
ミズキ (<i>Cornus controversa</i>)	2
オニグルミ (<i>Juglans ailanthifolia</i>)	5
不明 (植物組織)	1
試料作製不可	1
計	37

文献

- 1) 三野紀雄. 2000. 北海道開拓記念館紀要 28:1-25.
- 2) 守屋豊人ら. 2005. 北海道考古学会 41: 39-54.
- 3) 札幌市教育委員会. 1996. 札幌市文化財調査報告書 50
H37 遺跡丘珠空港内.
- 4) 小池孝良. 1993. 生態学から見た北海道, pp.160-168.

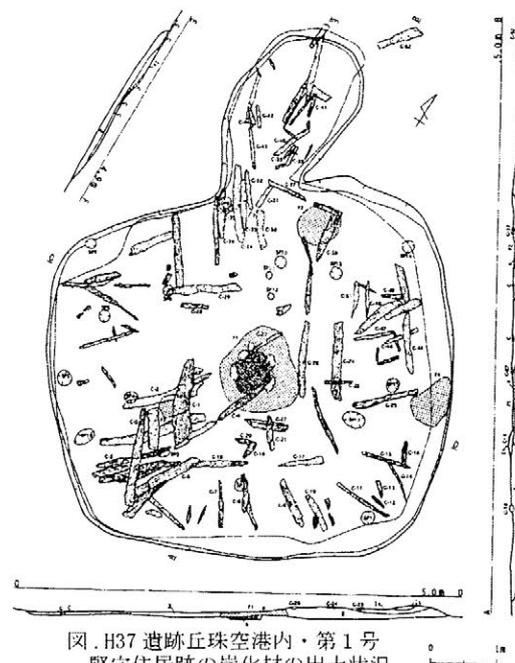


図. H37 遺跡丘珠空港内・第1号
竪穴住居跡の炭化材の出上状況

北海道東部厚岸町史跡国泰寺跡に発見された縄文時代～アイヌ文化期

までの 8 回の巨大地震津波の痕跡

○添田雄二^{*}，七山 太^{**}，熊崎農夫博^{***}，山田悟郎^{*}，赤松守雄^{*}

(^{*}北海道開拓記念館，^{**}独立行政法人産業技術総合研究所，^{***}厚岸町教育委員会)

1. はじめに

北海道東部太平洋沿岸は、地震津波の多発地帯である。同地域には、縄文海進以降に生じた湿原や海跡湖が多数存在し、七山・重野（1998）による報告以来、過去数千年間に堆積した泥炭層および湖沼堆積物中の津波堆積物に関する研究が活発に行われてきている（例えば、Nanayama et al., 2003）。

厚岸町は、釧路市と根室市の間に位置し、1804 年（文化元年）に建立された国泰寺の存在が知られている。国泰寺は厚岸湾東岸に位置し、眼前に拡がる国泰寺跡は昭和 48 年 10 月に国指定史跡となっている。同寺に伝来する「日鑑記」や木簡には、1843 年（天保十四年）におきた十勝沖地震津波（Mt 8.0）についての記述がある。このうち、日鑑記には、「向岸の番屋夷屋一件残らず流失」、「向岸の夷人男女三十四人流死」と記述されており（厚岸町，1975）、当時の国泰寺周辺で生活していたアイヌの人々にも多大な被害を与えたことが伺える。同様に、これ以前に同地域を襲ったであろう地震津波が、当時生活していた人々に深刻な被害をおよぼしていたことが推定される。しかし、この地域にはそれ以前の地震津波に関する史実は存在しない。我々は国泰寺眼前（史跡国泰寺跡）からほぼ南東方向へ伸張する汐見川低地に沿って調査測線を設定し、先史・歴史時代の津波痕跡調査を実施した。

2. 研究手法

史跡国泰寺跡において深さ約 2m のトレンチを重機で掘削し、その壁面を cm オーダーで記載した。さらに壁面の全面はぎ取りの後、プラスチックケースおよびポリカーボネートキューブをトレンチ基底から表層まで連続で壁面にさしこみ、不攪乱かつ定方位の状態で各種分析用試料を抜き取った。一方史跡国泰寺跡から伸張する汐見川低地沿いでは、検土杖による掘削調査を実施し、柱状図を作成した。

現地において記載された火山灰については、波長分散型 EPMA を用いて火山ガラスの主成分化学組成を調べ、既存の火山ガラス分析データ（古川ほか，1997）と比較検討し、給源と降灰年代を推定した。帯磁率測定には Bartington 社製 MS-2 を、各重量測定には電子天秤を、L*a*b*表色系測定には分光測色計（ミノルタ（株）SPAD-503）をそれぞれ用いた。粒度分析には、北海道立地質研究所のレーザー回折式粒度分析装置（Beckman Coulter 社製 LS230）を

使用した。珪藻遺骸分析は、層相が急激に変化する層準およびその上下位を中心に行い、200 殻について計数を行った。

3. 結果

現地において cm オーダーで柱状図を作成した結果、この地域の堆積物はほぼ泥炭層から構成され、層厚数 cm～数 10 cm の細粒砂層が、トレンチでは 8 層、汐見川低地沿い（5 地点）では 2～7 層挟在される事実がそれぞれ確認された。また、トレンチでは層厚数 cm の火山灰層が 5 層狭在された。

火山灰分析の結果、トレンチの表層直下に存在する 3 層は、上位から Ta-a（1739 年）、Ko-c2（1694 年）、Ta-b（1667 年）、その約 28 cm 下位に存在する火山灰層は B-Tm（約 10 世紀/擦文文化期）、さらに約 57 cm 下位に存在する火山灰層は Ta-c2（ca. 2500-3000 cal. yr BP ; Kelsey ほか, 2002/縄文時代晩期頃）であることが判明した。各細粒砂層について軟 X 線撮影を実施した結果、級化構造や平行葉理といった流水によって生じた堆積構造を持つこと、および明瞭な浸食基底を持つことが明らかとなった。堆積物物性値測定の結果、帯磁率、乾燥重量、含砂量、L*（明度）が砂層に対応したピークを示し、これらは含砂量に明瞭に支配されることが明らかとなった。粒度分析の結果、各砂層が海浜砂の特徴を示すことが明らかとなった。一方、珪藻遺骸分析の結果、①各砂層からは *Paralia sulcata*、*Cocconeis scutellum*、*Nitzschia granulata* などに代表される海生～汽水生種が特徴的に産出すること、②砂層中の珪藻遺骸数は泥炭層中と比べ著しく少ないこと、および③砂層中の珪藻遺骸は泥炭層中のそれと比べ完形率が低いこと、の 3 点が明確となった。これら堆積学的解析と珪藻遺骸分析の結果から、トレンチで確認された 8 層の細粒砂層は、過去に海水と共に海側からもたらされ、短時間で堆積した津波堆積物であると結論づけられる。したがって、他の 5 地点で確認された細粒砂層は、これらのいずれかに対比されると考えられる。

これらの分析結果をふまえ、前述した火山灰層序を用いて、釧路・根室地域で確認されている既存の津波イベント層序（七山ほか, 2000, 2001）と対比を試みたところ、本調査で確認された津波堆積物は Ts3～Ts10 の各津波イベントに対比されることが分かった。また、本調査地域周辺に分布する泥炭層の基底は、Maeda et al. (1992) や澤井ほか (2004) によると約 3200～3400 cal yr BP の年代値となる。したがって、厚岸地域でも、縄文時代（後期）～アイヌ文化期において 8 回の巨大津波の襲来を被った可能性が高いと判断され、各時代の人々に多大な被害を与えたと考えられる。

引用文献：七山・重野, 1998, 月刊地球号外, no. 15, 177-182 ; Nanayama et al., 2003, *Nature*, 424, 660-663 ; 厚岸町, 1975, 厚岸町史（上巻）；古川ほか, 1997, 火山, 42, 177-182 ; 七山ほか, 2000, 平成 11 年度活断層・古地震研究概要報告書, 1-17 ; 七山ほか, 2001, 活断層・古地震研究報告, no. 1, 233-249 ; Kelsey ほか, 2002, 活断層・古地震研究報告, no. 2, 223-233 ; Maeda et al., 1992, *Geophysical Res. Let.*, 19, 857-860. 澤井ほか, 2004, 活断層・古地震研究報告, no. 4, 1-7.

福岡市雀居遺跡から出土したイネ遺存体の年代測定および DNA 分析

○柴内佐知子*, 力武卓治**, 佐藤洋一郎***

(*岐阜大学大学院, **福岡市教育委員会, ***総合地球環境学研究所)

緒言

最近の年代測定により弥生時代の開始がさかのぼる可能性があるが、水田稲作の開始がそれに同調してさかのぼるか否かは弥生時代のイネ遺存体自体の年代を計測した例が少なく明らかではない。本研究では、その年代が弥生時代前期～中期とされる福岡市雀居遺跡の3遺構(SK02, SK16, SK19)から出土したイネ遺存体を用いて、AMS法による炭素14年代測定法による年代測定を試みた。また、そのイネの来歴を知るためにDNA分析を行った。

材料および方法

雀居遺跡から出土したイネ遺存体を用いた。3遺構から1粒ずつ選抜し、AMS炭素14年代測定を行った。また、1粒ずつから全DNAを抽出した。抽出した全DNAは希釈せずそのままPCR(Polymerase chain reaction)増幅のテンプレートに使用した。なお、植物遺体から抽出されたDNAは微量であるのでPCR増幅は2回行った。プライマーは、葉緑体DNA中のPS-ID(plastid subtype-ID, Nakamura *et al.* 1997)領域を増幅するPS-IDと核DNA中の一領域を増幅するDJ6(柴内ら, 未発表)を用いた。PS-ID領域とは葉緑体DNA中の*rpl16-rpl14*遺伝子間の介在配列であり、その配列によりイネ品種を*japonica*と*indica*に区別できる(Nakamura *et al.* 1997, 1998)。また*japonica*の場合、熱帯*japonica*と温帯*japonica*に区別できる場合もある。DJ6は核DNA中の第6染色体上の217bpの挿入/欠失により、熱帯*japonica*と温帯*japonica*に区別することができる領域である。これら2領域のDNAをPCR増幅し、アガロース電気泳動によりバンドの有無を確認した。その後、シーケンスにより塩基配列を決定した。

結果および考察

SK02, SK16 および SK19 のイネ遺存体の歴年代(西暦)はそれぞれ 690-540 cal BC, 570-390 cal BC および 550-390 cal BC となった(表1)。また、SK16 のイネ遺存体から PS-ID と DJ6 の塩基配列をそれぞれ 1 サンプルずつ決定することができた。PS-ID 配列は 7C6A 型(表2)、DJ6 の配列は欠失型を示した。

今回の結果から雀居遺跡では前 7~4 世紀から熱帯 *japonica* と温帯 *japonica* の両方のイネが栽培されていたことが示唆される。

糞石の基礎的研究

○ 金原正明・福富恵津子（奈良教育大学）

金原正子（(株)古環境研究所）、鳥取県埋蔵文化財センター

1. はじめに

糞石 (coprolite) とは、糞が形状を保ちつつ化石化したものである。ここでは青谷上寺地遺跡から出土した試料について糞石からどのような情報が得られるか方法的総合的な検討を加えた。特に、1) 糞石を分析する上での有効な手段の検討、2) 欧米の乾燥地帯で使用されている三リン酸ナトリウム法による糞石泥化の日本での有効性、3) 花粉分析、寄生虫卵分析を柱とした内容物の検討、4) 分析から遺跡調査にどのような情報を与えられるかに、ついて検討を行った。

2. 観察および分析

方法手順 1) 糞の色、重量、長さ、藍鉄鉱・骨片の有無をしらべ、形態の分類等を行う。糞石は千浦氏の形態分けにそって、分類する。2) Na_3PO_4 処理 フミン酸の除去の為にこなう。一日放置した後、溶液の色調を薄いほうから 0、+、++、+++ と分類する。3) HF 処理 ケイ酸体の除去の為にこなう。4) HCl 処理 5) 染色 花粉のカウントをしやすくするためにこなう。6) プレパラート作製 7) 顕微鏡観察

3 結果および考察

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
骨片	○	○		○		○	○	○	○	○	○		○	○	○
藍鉄鉱	○		○			○	○	○	○	○	○		○	○	
(Na_3PO_4) 色調変化	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
○	○		○		○	○	○	○	○		○	○	○
○	○	○	○	○	○		○	○		○		○	○
+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
+		+									+	+	
+		+									+	+	

欧米で使用される三リン酸ナトリウム法による糞石の泥化は、日本の土壌では糞自体が鉍物化しており溶け出すことがなく、有効な手段とはなり得なかった。これは欧米の乾燥的環境下で生成された糞石とは異なり、嫌氣的条件下に堆積した糞は含リン鉍物等に置換され鉍物化して保存される。また「三リン酸ナトリウムに糞を浸しておいた場合、溶液の色が、イヌの排泄物の場合は濃く、ヒトの排泄物の場合は薄くといった差が現れる」という説は、日本の糞石では成り立たなかった。糞石の分析で三リン酸ナトリウムを使用するのはフミン酸の除去の為に、三リン酸ナトリウムによる色調の変化は、糞ひとつひとつの内容や、混入物の違いによる溶けやすさに由来する部分が大きいのと思われ、今の所、単純に同定に結び付けられる材料とはなり得ないと考える。

寄生虫卵分析では、ヒト特有の寄生虫である鞭虫卵が検出されたものとマンソン裂頭条虫卵、毛頭虫卵の検出される試料の二群に分かれる。形態からヒトかイヌかという視点もあり、それぞれ人、イヌ起因の排泄物とみなされる。

花粉は極めて検出量が少なく、今まで堆積物で分析された花粉群集組成の主要花粉と極めて類似している。糞便特有の食物に起因する花粉組成は全くみられなかった。この原因としては、糞便に当初から含まれていた花粉は分解し、何らかの形で二次的に取り込まれた花粉が残存したためと考えられる。最も藍鉄鉍の生成時に周囲の堆積物から取り込まれた可能性が高い。

以上、糞石の色・形態、三リン酸ナトリウムによる色調変化、寄生虫卵分析、花粉分析について比較・検討した結果、観察結果や分析結果間による共通性や相関性を見出すことはできなかった。糞の外見（色・糞の分類）からは持ち主がだれかを特定することは難しく、寄生虫卵分析が、糞石において最も情報を提供する結果となった。

しかし、寄生虫卵、花粉ともに検出密度は低く、また検出されない試料もあり、化石化あるいは保存過程で有機質微遺体の分解が著しかったとみられる。

試料No.	寄生虫卵
1	
2	
3	鞭虫卵 172
4	鞭虫卵 150
5	鞭虫卵 8
6	毛頭虫卵 24 マンソン裂頭条虫卵 9
7	鞭虫卵 4
8	鞭虫卵 8
9	鞭虫卵 5
10	
11	
12	鞭虫卵 5
13	鞭虫卵 5
14	鞭虫卵 80
15	毛頭虫卵 23
16	鞭虫卵 13
17	
18	鞭虫卵 13
19	
20	鞭虫卵 3
21	
22	
23	鞭虫卵 3
24	
25	
26	
27	
28	
29	毛頭虫卵 3 マンソン裂頭条虫卵 8

